

OPRACOWANIE MODELI KRAJOWEGO ZUŻYCIA PRĘTÓW ŻEBROWANYCH W LATACH 2004–2017 Z UWZGLĘDNIENIEM RYNKU CEMENTU I KATEGORII OBIEKTÓW BUDOWLANYCH

Celem niniejszej publikacji jest opracowanie modeli ekonometrycznych określających zależności między zużyciem prętów żebrowanych (zmienna objaśniana) w krajowym budownictwie w latach 2004–2017 i materiałami substytucyjnymi (walcówka – również stosowana do zbrojenia betonu) oraz komplementarnymi (cement), które wpływają na wielkość zużycia prętów. W opracowanych modelach zmiennymi objaśniającymi były: zużycie cementu i produkcja budowlana. Budując model zużycia prętów żebrowanych w krajowym budownictwie ustalono także poziom zależności zużycia materiałów zbrojeniowych w różnych typach obiektów budowlanych o przeznaczeniu indywidualnym, np. budynki jednorodzinne, deweloperskim (np. budynki wielorodzinne), zbiorowym (np. budynki użytkowania zbiorowego) oraz o wykorzystaniu do celów przemysłowych, infrastrukturalnych i innych. Proces specyfikacji modelu zużycia prętów żebrowanych w krajowym budownictwie w latach 2004–2017 stanowi treść niniejszej publikacji.

Słowa kluczowe: produkcja stali, zużycie prętów żebrowanych, produkcja cementu, produkcja walcówki żebrowanej, obiekty budowlane

DEVELOPMENT OF POLISH APPARENT STEEL CONSUMPTION MODELS FOR REBARS 2004–2017 INCLUDING THE CEMENT MARKET AND BUILDINGS CATEGORY

The purpose of this paper is to develop econometric models defining the relationship between the apparent consumption of rebars (dependent variable) in the domestic construction industry in 2004–2017 and substitutionary (ribbed wire rods) and complementary materials (cement) (independent variables), which affect the use of rebars. In the developed models, the independent variables were: cement consumption (material used for concrete production) and value of construction production. While building a model of the use of rebars in the domestic construction industry, the relation of consumption of individual materials in various types of construction facilities for individual use, e.g. single-family buildings, developers buildings (e.g. multi-family buildings), collective buildings (e.g. buildings for collective use) as well as industrial, infrastructural and other use, was also established. The process of model specification of the use rebars in the domestic construction industry in 2004–2017 is the content of this publication.

Keywords: steel production, apparent use of rebars, cement production, ribbed wire rod production, buildings

1. WPROWADZENIE

W gospodarce rynkowej przedsiębiorstwa produkcyjne zmuszone są do analizowania produkcji, w tym szacowania zależności między wielkością produkcji danego wyrobu a wielkością produkcji materiałów substytucyjnych i komplementarnych (warunkujących zastosowanie wytwarzanego wyrobu), a także przeznaczeniem wytwarzanego wyrobu. Warunkiem dobrego zarządzania staje się umiejętność opracowania modeli ekonometrycznych, będących formą wyspecyfikowanej zależności względem parametrów analizowanej produkcji. Proces estymacji modeli ekonometrycznych jest szczegółowo przedstawiony w publikacjach z zakresu ekonometrii [1–9]. Metodyka modelowania ekonometrycznego uwzględniona przez autorki polegała na szacowaniu

parametrów modelu klasyczną metodą najmniejszych kwadratów (KMNK), a analityczne postacie zależności były zależnościami jednorównaniowymi liniowymi lub sprowadzanymi do liniowych względem parametrów. Przy ustalaniu zależności między zmiennymi w modelu zastosowano współczynnik korelacji liniowej Pearsona (r) [10]. W trakcie testowania modeli zastosowano testy ogólne, wykrycia błędów w specyfikacji parametrów, w klasycznym opisie modeli (przy użyciu programu komputerowego: MS Excel), w tym: F Fishera-Snedecora, t -Studenta oraz współczynniki: R^2 – współczynnik determinacji, φ – współczynnik zmienności. Przyjęta metodyka polegała na specyfikacji a posteriori modelu ekonometrycznego, czyli określenia właściwości modelu na podstawie danych statystycznych z okresu historycznego. Do opracowania modeli użyto następujących

danych statystycznych (empirycznych): roczne zużycie prętów żebrowanych w budownictwie, roczna produkcja cementu, roczne zużycie walcówki. Dane zostały wyrażone w jednostkach naturalnych (kg, tony). Dane dotyczyły okresów rocznych, a zakres czasowy analizy obejmował lata 2004–2017. Źródłem danych empirycznych były raporty branżowe [11, 12], będące opracowaniami Hutniczej Izby Przemysłowo-Handlowej oraz Głównego Urzędu Statystycznego.

Praca składa się z dwóch części: analizy przebiegu zjawiska w czasie i modelowania ekonometrycznego. W części pierwszej przedstawiono wyniki analizy retrospektywnej zużycia prętów żebrowanych w kraju w latach 2004–2014. Wnioskując na podstawie przebiegu trendu zużycia wyrobu, wskazano najwyższe i najniższe wartości. Dokonano również skorygowania przebiegu trendu w latach 2010–2013, w związku z luką prawną w podatku VAT na wyroby stalowe. Druga część publikacji jest rezultatem modelowania ekonometrycznego i przedstawiono w niej uzyskane modele ekonometryczne zużycia prętów żebrowanych z uwzględnieniem wpływu wyrobów substytucyjnych i komplementarnych na poprawność specyfikacji modelu, a także rodzaju obiektów budowlanych, w których pręty żebrowane są materiałem konstrukcyjnym (budowlanym). Każda z części kończy się wnioskami, a cała praca podsumowaniem, w którym wskazano na użyteczność wykonanych badań.

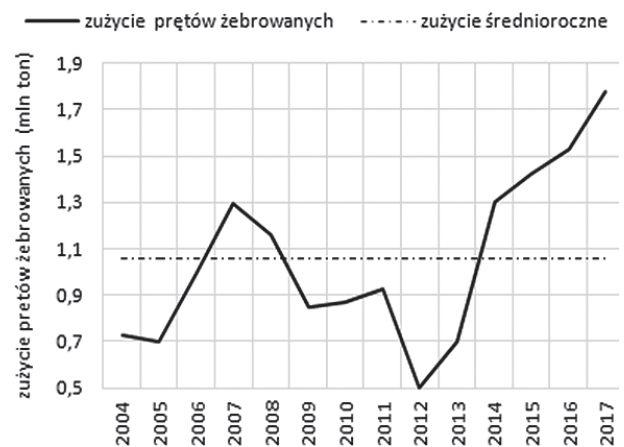
Celem pracy jest opracowanie modeli ekonometrycznych określających zależności ilościowe między zmienną objaśnianą – wielkością zużycia prętów żebrowanych a zmiennymi objaśniającymi – wielkością zużycia cementu (do produkcji betonu) i zużycia walcówki (do zbrojenia betonu). W modelach ustalono również zależności między zużyciem poszczególnych materiałów (wyrobów) a rodzajem wykonanych obiektów budowlanych. Opracowane modele posłużyły do wnioskowania o zużyciu prętów żebrowanych w krajowym budownictwie w latach 2004–2017. Niniejsza praca stanowi uzupełnienie informacji statystycznych na temat zużycia prętów żebrowanych w krajowym budownictwie.

2. ANALIZA ZUŻYCIA PRĘTÓW ŻEBROWANYCH W KRAJOWYM BUDOWNICTWIE W LATACH 2004–2017

Zużycie prętów zbrojeniowych jest powiązane z cyklami koniunkturalnymi w gospodarce. Największy przyrost zapotrzebowania na analizowane wyroby ma miejsce w trakcie wzrostu gospodarczego (PKB). Dobra sytuacja rynkowa (realizowane inwestycje budowlane) przekłada się na zwiększenie produkcji prętów żebrowanych. W badanym okresie od 2004 roku do 2017 roku w Polsce wielkość zużycia prętów żebrowanych (wyrażona w jednostkach naturalnych: mln ton) rosła przeciętnie o 7% rocznie i powiększyła się o ponad 1 mln ton. Średnioroczne zużycie prętów żebrowanych wynosiło 1 053 686 mln ton. Wyraźny wzrost zużycia prętów żebrowanych miał miejsce w 2007 roku. W 2007 roku odnotowano wzrost PKB o 7,4% i wzrost inwestycji o 23% w stosunku do roku poprzedniego. W 2007 roku przedsiębiorstwa hutnicze wyprodukowały 1 296 895 ton prętów żebrowanych. W roku następnym produkcja również była wysoka i wynosiła 1 160 104 tony. Produkcja prętów żebrowanych w la-

tach 2007–2008 przekroczyła poziom 1 mln ton. W latach 2004–2006 produkcja tych wyrobów była na poziomie poniżej 1 mln ton. Również w latach 2009–2013 produkcja prętów żebrowanych w Polsce nie przekroczyła poziomu 1 mln ton. Dopiero w latach 2014–2017 odnotowano wzrost produkcji na poziomie wyższym niż 1 mln ton rocznie, i tak w: 2014 roku produkcja wynosiła 1 202 281 ton, 2015 roku 1 420 451 ton, 2016 roku 1 525 272 ton, 2017 roku 1 775 449 ton. W latach 2012–2013 odnotowano największy spadek zużycia prętów (Rys. 1). W 2012 roku produkcja prętów żebrowanych wznosiła 503 608 ton, a w 2013 roku 699 756 ton. Spadek, który odnotowano wówczas na rynku prętów żebrowanych był związany z okresowymi wahaniami działalności inwestycyjnej i lukami prawnymi dotyczącymi podatku VAT przy sprzedaży wyrobów hutniczych, a w szczególności prętów żebrowanych. Luka polegała na wykazywaniu niezrealizowanego przepływu wyrobów w handlu wewnątrzunijnym i nierejestrowaniu zakupu w krajowych izbach celnych. W całym analizowanym okresie odnotowano 2,5-krotny wzrost zużycia (w 2004 roku zużycie wynosiło 725 302 ton, a w 2017 roku 1 775 499 ton) – szczegółowy przebieg trendu zużycia prętów żebrowanych przedstawiono na rys. 1. W analizie zużycia prętów żebrowanych skorzystano z równania (1):

$$\text{zużycie jawne wyrobu} = \text{produkcja krajowa} - \text{eksport} + \text{import} \quad (1)$$



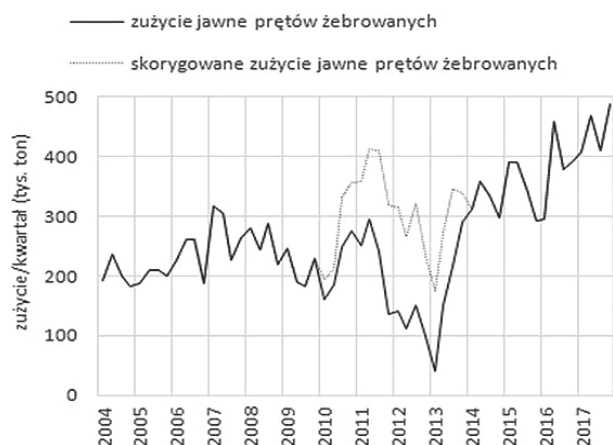
Rys. 1. Zużycie prętów żebrowanych w kraju w latach 2004–2017 (oprac. na podst. 11)

Fig. 1. Apparent consumption of rebars in Poland 2004–2017 (based on 11)

Na podstawie danych statystycznych krajowych i UE [13] dotyczących zużycia prętów żebrowanych w Polsce w latach 2010–2013 odnotowano różnice pomiędzy deklarowanym wywozem wyrobu z krajów Unii Europejskiej do Polski, a zarejestrowanym przywozem do kraju (w 2012 roku odnotowano dynamikę zmian na poziomie 125%). Od 2014 roku sytuacja wróciła do normy i różnice kształtowały się na kilkuprocentowym poziomie w stosunku do oficjalnej wielkości rynku. Na potrzeby pogłębionej analizy zużycia prętów żebrowanych w równaniu (1) uwzględniono ww. nierejestrowany import w latach 2010–2013 w celu skorygowania przebiegu trendu. Rezultat w postaci poprawionego trendu zużycia prętów żebrowanych przedstawiono na rys. 2 [więcej informacji w 14].

Wnioski:

- trend badanego zjawiska jakim jest zużycie prętów żebrowanych w kraju w latach 2004–2017 wykazuje wahania koniunkturalne (Rys. 1)
- ze względu na silne wahania przebiegu trendu w latach 2010–2013, w postaci znacznego spadku zużycia prętów żebrowanych w kraju, wskazano przyczynę tego gwałtownego spadku, którą była luka prawna w podatku VAT od wyrobów stalowych
- po porównaniu danych statystycznych opublikowanych w raportach krajowych i raportach Unii Europejskiej stwierdzono występowanie w latach 2010–2013 znacznych różnic w przebiegu danego zjawiska (stosunek różnic na poziomie przekraczającym 100% przy uśrednionej z okresów poprzednich wynoszącej około 10%)
- skorygowano przebieg trendu zużycia prętów żebrowanych w kraju w latach 2004–2017 o nierejestrowany import, tj. różnicę pomiędzy deklarowanym wywozem prętów żebrowanych z krajów UE do Polski a zarejestrowanym przywozem z UE do Polski w latach 2010–2013 i uzyskano skorygowany trend (Rys. 2) ze znacznie mniejszymi wahaniami cyklicznymi (np. średnia dynamika zmian rok do roku dla wszystkich kwartałów w badanym okresie w przypadku zużycia prętów żebrowanych zmniejszyła się z 22 do 10,5%).



Rys. 2. Skorygowane zużycie jawne prętów żebrowanych w kraju w latach 2004–2017 w ujęciu kwartalnym (oprac. na podst. [12, 13])

Fig. 2. Verified quarterly apparent consumption of rebars in Poland in 2004–2017 (based on [12, 13])

3. MODELOWANIE ZUŻYCIA PRĘTÓW ŻEBROWANYCH W KRAJOWYM BUDOWNICTWIE W LATACH 2004–2017

3.1. ANALIZA ZALEŻNOŚCI ZUŻYCIA PRĘTÓW ŻEBROWANYCH W STOSUNKU DO ZUŻYCIA CEMENTU W INWESTYCJACH BUDOWLANYCH

Cement jest podstawowym materiałem konstrukcyjnym, a rynek cementu jest uzależniony od sytuacji w sektorze budowlanym. W wielu inwestycjach budowlanych w betonowych konstrukcjach używa się stali do zbrojenia betonu, w efekcie czego wielkość zużycia prętów żebrowanych wykazuje skorelowanie z zużyciem cementu w budownictwie. Zużycie cementu w Polsce

wyniosło w badanym okresie średnio 15,25 mln ton rocznie, a w 2017 roku było najwyższe i wyniosło prawie 16,9 mln ton [15]. W analogicznym okresie średnioroczne zużycie prętów do zbrojenia betonu wynosiło 1,05 mln ton, a najwyższe było w 2017 roku i wyniosło 1,77 mln ton (Rys. 3).

Na podstawie danych statystycznych zużycia prętów żebrowanych i zużycia cementu w kraju w latach 2004–2017 obliczono współczynnik korelacji Pearsona (2).

$$r_{yx} = r_{xy} = \frac{\text{cov}(x, y)}{s(x)s(y)} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

gdzie:

y – zmienna badana, tj. wielkość zużycia prętów w budownictwie

x – zmienne objaśniające, tj. wielkość produkcji budowlanej ogółem i w segmentach

$\text{cov}(x, y)$ – kowariancja, tj. średnia arytmetyczna iloczynu odchyleń wartości zmiennych,

$s(x)$ i $s(y)$ – odchylenia standardowe odpowiednich zmiennych.

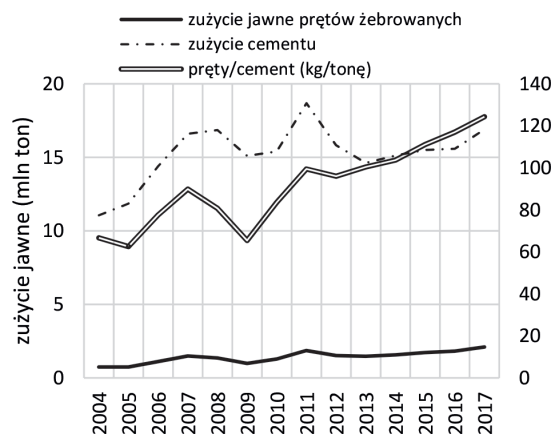
Współczynnik r_{xy} przyjmuje wartości z przedziału $\langle -1; +1 \rangle$, a związek między zmiennymi jest symetryczny dla obu zmiennych, ale nie jest to relacja funkcyjna, tzn. nie określa zależności. Przy korelacji dodatniej wzrostowi wartości jednej zmiennej towarzyszą wzrosty średnich wartości drugiej zmiennej. Im wartość bezwzględna współczynnika jest bliższa 1 tym silniejsze jest skorelowanie. Przyjmuje się następujące przedziały oceny $|r_{xy}|$: od 0 do 0,3 korelacja bardzo słaba, od 0,3 do 0,5 korelacja słaba, od 0,5 do 0,7 korelacja umiarkowana, od 0,7 do 0,9 korelacja silna, od 0,9 do 1 korelacja bardzo silna [10].

Obliczone z danych oficjalnych zużycie jawne prętów żebrowanych nie jest silnie skorelowane ze zużyciem cementu w kraju. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona dla analizowanych danych oficjalnych wyniósł 0,32. Natomiast w sytuacji, gdy uwzględniono skorygowany import prętów żebrowanych w latach 2010–2013 poziom wskaźnika wzrósł do 0,66, co oznacza, że istnieje umiarkowana dodatnia korelacja liniowa pomiędzy tymi zmiennymi.

3.2. ANALIZA ZALEŻNOŚCI ZUŻYCIA PRĘTÓW ŻEBROWANYCH W STOSUNKU DO WALCÓWKI ŻEBROWANEJ

Biorąc pod uwagę, że istnieje bardzo bliski substytut analizowanych prętów w tym konkretnym zastosowaniu, tj. walcówka żebrowana, dane użyte do analizy rozszerzono o wielkość zużycia walcówki żebrowanej. Walcówka żebrowana do zbrojenia betonu stanowi około 21% rynku używanej walcówki. Przeciętne zużycie roczne walcówki żebrowanej w kraju wynosi 204 tys. ton. Walcówka żebrowana, jak również pręty żebrowane były wyrobami nieuczciwego handlu stałą w zakresie wyłudzenia podatku VAT. Dokonano skorygowania przebiegu trendu zużycia walcówki żebrowanej w kraju na podstawie deklaracji wywozowych z państw UE do Polski. Znaczne różnice w danych zostały zaobserwowane w okresie od lipca 2011 roku do września 2013 roku. Wyniosły one przeciętnie 11,3 tys. ton na miesiąc, a maksymalnie uzyskano 21,8 tys. ton. Po wprowadzeniu zmian w ustawie o podatku VAT [16], różnice w zużyciu walcówki zmniejszyły się do przecięt-

nie mniej niż 0,5 tys. ton miesięcznie. Po skorygowaniu danych dotyczących zużycia średnioroczne zużycie walcówki żebrowanej wzrosło do 225 tys. ton w ujęciu rocznym, a łącznie z prętami żebrowanymi wyniosło 1 413 tys. ton. Otrzymane wielkości zużycia prętów żebrowanych (z walcówką żebrowaną) i zużycia cementu przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Zużycie jawne wyrobów żebrowanych (prętów i walcówki) oraz zużycie cementu w kraju w latach 2004–2017 (oprac. na podst. [17])

Fig. 3. Apparent consumption of rebars and wire rods for cement reinforcement and of cement in Poland in 2004–2017 (based on [17])

Po rozszerzeniu zakresu asortymentowego o walcówkę żebrowaną współczynnik korelacji Pearsona pomiędzy zużyciem wyrobów żebrowanych i cementu zwiększył się do 0,80. Wystąpiła silna liniowa zależność dodatnia: wraz ze wzrostem zużycia prętów rośnie zużycie cementu. Z analizy wielkości stali zbrojeniowej (w kg) na jednostkę cementu (w tonach) wynika (Rys. 3), że utrzymuje się rosnący trend tego współczynnika. W dalszych podrozdziałach pod pojęciem prętów żebrowanych i stali zbrojeniowej należy rozumieć łącznie pręty żebrowane i walcówkę żebrowaną.

3.3. ANALIZA ZUŻYCIA PRĘTÓW ŻEBROWANYCH W PODZIALE NA KATEGORIE BUDOWANYCH OBIEKTÓW

W badaniu czynników kształtujących zużycie prętów żebrowanych wzięto też pod uwagę, obok całkowitego zużycia cementu, także rodzaj budowanych obiektów. Dane statystyczne są dostępne w jednostkach naturalnych, przy czym za jednostkę klasyfikacyjną przyjmuje się zwykle pojedynczy obiekt budowlany (np. budynek, drogę, linie przesyłowe itp.). Częstotliwość publikacji danych jest roczna lub półroczna. Analiza danych dotyczących budowanych obiektów wykazuje się dużą sezonowością (wzrost w okresach letnich, spadek w okresach zimowych). Podział na obiekty budowlane według poszczególnych ich rodzajów można analizować od 2004 roku. W raportach statystycznych [17] stosowany jest podział na 11 kategorii obiektów: 1) tere-

ny zamknięte, 2) budynki jednorodzinne, 3) budynki wielorodzinne, 4) budynki zamieszkania zbiorowego, 5) budynki użyteczności publicznej, 6) budynki gospodarce, 7) budynki przemysłowe, 8) obiekty infrastruktury transportu, 9) budowle wodne, 10) rurociągi, linie telekomunikacyjne i elektroenergetyczne, 11) obiekty pozostałe. Przyjmując ten podział obiektowy w działalności budowlanej, obliczono współczynnik korelacji Pearsona między liczbą poszczególnych obiektów budowlanych oddanych do użytkowania a zużyciem prętów żebrowanych. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Na podstawie uzyskanych współczynników korelacji Pearsona ustalono, że najbardziej skorelowane ze zużyciem prętów zbrojeniowych (współczynnik korelacji Pearsona co najmniej 0,5) były ilości obiektów: b_2 – budynków jednorodzinnych, b_3 – budynków wielorodzinnych, b_4 – budynki zamieszkania zbiorowego i turystycznego, b_8 – obiekty transportu, b_{10} – rurociągi, linie telekomunikacyjne i elektroenergetyczne. W analizie uwzględniono oprócz danych ilościowych (liczba obiektów) także dane wartościowe (produkcja sprzedana). Wśród analizowanych 11 kategorii obiektów część z nich lepiej opisują dane wartościowe (np. budynki wielomieszkaniowe), a część dane ilościowe (budynki jednorodzinne). Niestety nieznana jest struktura zużycia stali w poszczególnych kategoriach obiektów, można jedynie wnioskować o korelacji z ogólnym zużyciem tego asortymentu. Korelacja zużycia stali zbrojeniowej z liczbą obiektów nie pokrywa się z korelacją z wartością sprzedaną obiektów w poszczególnych kategoriach. W przypadku, gdy działalność budowlana w danej kategorii obiektów jest bardziej zróżnicowana w ujęciu wielkościowym, lepsze dopasowanie uzyskano dla danych wartościowych, np. dla budynków wielorodzinnych oraz przemysłowo-magazynowych. Natomiast w kategoriach obiektów, których wielkość jest podobna, ale mogą być znaczne różnice wartościowe, lepsze dopasowanie jest dla danych ilościowych, np. budynki jednorodzinne czy rurociągi i linie elektroenergetyczne.

3.4. MODELE EKONOMETRYCZNE ZUŻYCIA PRĘTÓW ŻEBROWANYCH

Na podstawie wykonanej specyfikacji, czyli spreycyzowania zmiennej objaśnianej przez model (pręty żebrowane) oraz zmiennych objaśniających (modele z jedną zmienną, dwoma zmiennymi i trzema zmiennymi) i ustalenia charakteru występujących zależności, opracowano modele liniowe, których równanie ogólne ma postać:

$$y = x_i \beta_i + \beta_0 + \xi \quad \text{dla } i = 1, \dots, N \quad (3)$$

gdzie:

- β_i – parametry modelu
- β_0 – wyraz wolny
- ξ – składnik losowy.

Tabela 1. Współczynnik korelacji Pearsona ($r_{b_i a}$) między liczbą obiektów oddanych do użytkowania (b_i) a zużyciem stali zbrojeniowej (a)

Table 1. Pearson correlation coefficient ($r_{b_i a}$) between the number of objects completed (b_i) and the consumption of rebars (a)

b_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$r_{b_i a}$	0,45	0,70	0,68	0,86	0,48	-0,33	0,28	0,58	0,32	0,77	-0,51

Do modelowania zużycia prętów żebrowanych ($ZJ_{pr_zbr_t}$) użyto następujących zmiennych objaśniających:

1. Wielkość produkcji budowlanej ($B_{total_{t+1}}$) – statyczny model jednowymiarowy z jedną zmienną objaśniającą zużycie prętów żebrowanych (nie uwzględniono wpływu na zużycie prętów czynnika czasu t).
2. Wielkość produkcji budowlanej w podziale na dwie grupy: segmenty najbardziej stalochłonne dla danego wyrobu $B_{seg_stal_t}$ i segmenty pozostałe $B_{seg_poz_t}$ – statyczny model dwuwymiarowy z dwiema zmiennymi objaśniającymi zużycie prętów żebrowanych.
3. Obiekty budowlane (OB_{suma_t}) będące sumą liczby budowli najlepiej skorelowanych z prętami żebrowanymi i krajowe zużycie cementu (CEM_{zk_t}) – statyczny model dwuwymiarowy z dwiema zmiennymi objaśniającymi zużycie prętów żebrowanych.
4. Krajowe zużycie cementu (CEM_{zk_t}) i zmienna czasowa (t) – dynamiczny model dwuwymiarowy (ze względu na występowanie czynnika czasu t) z dwiema zmiennymi objaśniającymi: zużycie prętów żebrowanych.
5. Obiekty budowlane (OB_{suma_t}), krajowe zużycie cementu (CEM_{zk_t}) i zmienna czasowa (t): dynamiczny model trójwymiarowy z trzema zmiennymi objaśniającymi: zużycie prętów żebrowanych.

Dla wymienionych zmiennych uzyskano następujące modele:

Ad 1. Jednowymiarowy model regresji wiążący zużycie prętów zbrojonych (żebrowanych) $ZJ_{pr_zbr_t}$ z wielkością produkcji budowlanej $B_{total_{t+1}}$ na podstawie obserwacji kwartalnych (analizowano dane za okres od 2004 roku do 2017 roku) o postaci:

$$ZJ_{pr_zbr_t} = 3764,1B_{total_{t+1}} - 24248,9 \quad (4)$$

$$(F_{0,05} = 79,3) \quad (R^2 = 59\%)$$

gdzie:

F_α – statystyka o rozkładzie F Fishera-Snedecora do badania istotności współczynnika korelacji wielorakiej R_w z prawdopodobieństwem $1 - \alpha$ (dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$)

R^2 – współczynnik determinacji jako kwadrat współczynnika korelacji wielorakiej R_w .

Ad 2. Dwuwymiarowy model regresji wiążący zużycie prętów zbrojonych (żebrowanych) $ZJ_{pr_zbr_t}$ z produkcją budowlaną w układzie: segmenty najbardziej stalochłonne dla danego wyrobu $B_{seg_stal_t}$ i segmenty pozostałe $B_{seg_poz_t}$, na podstawie obserwacji kwartalnych (za okres od 2009 roku do 2017 roku) o postaci:

$$ZJ_{pr_zbr_t} = 4381,7B_{seg_stal_t} + 1121,3B_{seg_poz_t} - 176462 \quad (5)$$

$$(F_{0,05} = 46,9) \quad (R^2 = 73\%)$$

Uzyskane modele (4–5) zostały szczegółowo przedstawiono w publikacji [14].

Ad 3. Dwuwymiarowy model regresji wiążący zużycie prętów żebrowanych $ZJ_{pr_zbr_t}$ z obiektami budowlanymi (OB_{suma_t}) jako sumą najlepiej skorelowanych z prętami żebrowanymi (razem z walcówką żebrowaną) liczby budowli oraz krajowym zużyciem cementu (CEM_{zk_t}) na podstawie obserwacji rocznych (za okres od 2004 do 2017 roku) o postaci:

$$ZJ_{st_zbr_t} = 112,26CEM_{zk_t} + 13,14OB_{suma_t} - 1715644 \quad (6)$$

$$(F_{0,05} = 25,1) \quad (R^2 = 82\%)$$

Model (6) porównano z modelami (4–5) stwierdzając, wykazuje on lepsze dopasowanie – wyższy współczynnik determinacji R^2 . Współczynnik R^2 wynoszący dla modelu (6) 82% świadczy, że 82% danych jest odwzorowanych przez model, jest to poziom dobry. Statystyka testowa F potwierdza, na poziomie ufności 5%, że zależność regresyjna jest istotna. Współczynniki zmiennych (x_i) otrzymane w tym modelu informują, że jeżeli zużycie cementu wzrośnie o 1 tonę to można się spodziewać wzrostu zużycia prętów żebrowanych o 112 kg, a jeżeli liczba wybranych budynków oddanych do użytkowania wzrośnie o jednostkę to można się spodziewać wzrostu zużycia prętów żebrowanych o 13 ton, przy założeniu niezmienności pozostałych czynników. Dla każdego z parametrów osobno również zbadano istotność, za pomocą testu t -Studenta. Statystyki testowe wyniosły odpowiednio: 3,6 dla CEM_{zk_t} i 3,3 dla OB_{suma_t} . Z prawdopodobieństwem 95% stwierdzono istotny wpływ obu zmiennych na zużycie prętów żebrowanych.

Ad 4. Dwuwymiarowy model wiążący zużycie prętów żebrowanych $ZJ_{pr_zbr_t}$ z krajowym zużyciem cementu (CEM_{zk_t}) i zmienną czasową (t) o postaci:

$$ZJ_{st_zbr_t} = 100,97CEM_{zk_t} + 59607t - 573764 \quad (7)$$

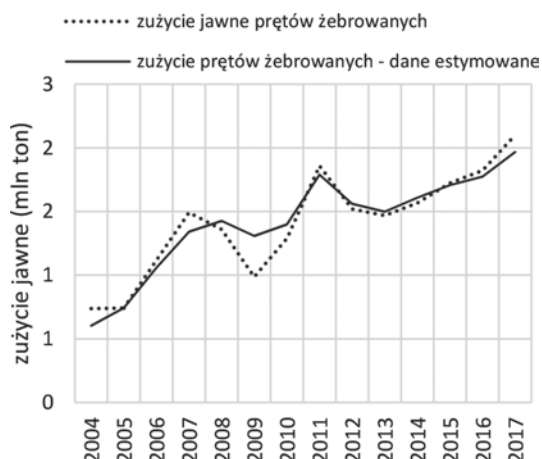
$$(F_{0,05} = 56,3) \quad (R^2 = 91\%)$$

Model jest dobrze opisywany przez zmienne: zużycie cementu i trend liniowy, dla których współczynnik R^2 wyniósł 91%.

Ad 5. Trójwymiarowy (trójczynnikiowy) model wiążący zużycie prętów żebrowanych $ZJ_{pr_zbr_t}$ z sumą obiektów budowlanych (OB_{suma_t}) i krajowym zużyciem cementu (CEM_{zk_t}) oraz zmienną czasową (t) okazał się nieistotny statystycznie. Zmienna liczba obiektów budowlanych nie spełnia kryterium istotności na podstawie testu t -Studenta (statystyka wyniosła – 0,72).

Wniosek 1: Spośród opracowanych modeli najlepsze dopasowanie zmiennych empirycznych (danych statystycznych) do zmiennych estymowanych (obliczonych na podstawie modelu) uzyskano w przypadku modelu (7). Statystyka F dla testu F Fishera-Snedecora wykazała z prawdopodobieństwem 95% (dla $\alpha = 0,05$) istotną zależność regresyjną dla otrzymanego modelu. Współczynnik determinacji R^2 wykazał bardzo silną zależność zmiennych, ponieważ 91% zmienności zużycia stali zostało wyjaśnionych przez model. Współczynniki zmiennych otrzymane w tym modelu informują, że jeżeli zużycie cementu wzrośnie o 1 tonę to można się spodziewać wzrostu zużycia stali zbrojeniowej o 101 kg, a z każdym kolejnym rokiem można się spodziewać wzrostu zużycia stali zbrojeniowej o 60 tys. ton, przy założeniu niezmienności pozostałych czynników. Dla każdego z parametrów zbadano istotność za pomocą testu t -Studenta. Statystyki testowe wyniosły odpowiednio: 4,6 dla CEM_{zk_t} i 5,8 dla t . Z prawdopodobieństwem 95% (dla $\alpha = 0,05$) stwierdzono istotny wpływ każdej ze zmiennych na zużycie prętów żebrowanych. Porównanie zmiennych empirycznych i estymowanych (wyniki z modelu 7) przedstawiono na rys. 4.

Wniosek 2: Opracowany model potwierdza istotność powiązania zużycia prętów żebrowanych ze zużyciem cementu. Pręty żebrowane i cement są materiałami do produkcji betonu zbrojonego (sprężonego). Z analizy wynika, że udział stali w ilości zużytego cementu nie jest stały i wykazuje tendencję rosnącą. Chociaż ta tendencja jest wyraźna, to istnieją też wahania związa-



Rys. 4. Zużycie jawne prętów żebrowanych w krajowym budownictwie w latach 2004–2017. Porównanie danych empirycznych i estymowanych na podstawie zużycia cementu (oprac. własne)

Fig. 4. Apparent consumption of rebars in the construction sector in Poland in 2004–2017. Comparison of empirical and estimated data based on cement consumption (own study)

ne z dużymi zmianami koniunkturalnymi. Przy znacznym spadku nakładów na działalność budowlaną (np. w okresie kryzysu ekonomicznego, którego skutkiem był znaczny spadek inwestycji w 2009 roku) można zaobserwować czasowe odchylenia od trendu związane z oszczędniejszymi technologiami produkcji. Jednak do wyznaczania prognoz zużycia stali zbrojeniowej posłużono się danymi rzeczywistymi, zakładając w opisanym modelu (7) rosnący udział stali w cemencie (Rys. 3).

4. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że istnieje kilka zmiennych opisujących w modelach ekonometrycznych zużycia prętów żebrowanych w krajowym budownictwie w latach 2004–2017. Ponadto poszczególne kategorie obiektów budowlanych, w których użytkowane są pręty żebrowane, mają zróżnicowane znaczenie dla zużycia tych wyrobów. Uzyskany model (7) opisujący zużycie prętów żebrowanych $ZJ_pr_zbr_t$ poprzez krajowe zużycie cementu (CEM_zk_t) i zmienną czasową (t) o postaci:

$$ZJ_st_zbr_t = 100,97CEM_zk_t + 59607t - 573764$$

jest istotny statystycznie. Wraz ze wzrostem zużycia cementu o 1 tonę można się spodziewać wzrostu zużycia wyrobów żebrowanych o 101 kg przy założeniu niezmienności czynnika czasu. W każdym kolejnym roku można się spodziewać wzrostu zużycia prętów żebrowanych o 60 tys. ton, przy założeniu niezmienności czynnika zużycia cementu. Opracowany model może stanowić użyteczne narzędzie do ulepszania i uzupełniania informacji statystycznej (możliwość wykorzystania danych ex post do celów predykcji). Otrzymany model może posłużyć do prognozowania zmian zużycia prętów żebrowanych na najbliższe lata. Obserwacja różnic między wartościami estymowanymi (otrzymanymi na podstawie modelu) a wartościami rzeczywistymi (dane empiryczne), umożliwia analizę rozbieżności między tymi wielkościami.

LITERATURA

- [1] B. Borkowski, H. Dudek, W. Szczęsny. *Ekonometria. Wybrane zagadnienia*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2003.
- [2] T. Kufel. *Ekonometria. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem programu GRETL*. Warszawa: PWN, 2007.
- [3] K. Kukuła (red.). *Wprowadzenie do ekonometrii w przykładach i zadaniach*. Warszawa: PWN, 2007.
- [4] J. Mycielski. *Ekonometria*. Warszawa: Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, 2010.
- [5] T. Nowak. *Ekonometria. Pierwsza pomoc*. Warszawa: Wydawnictwo Colorful Media, 2006.
- [6] A. Snarska. *Statystyka. Ekonometria. Prognozowanie*. Warszawa: Wydawnictwo Placet, 2005.
- [7] W. Szkutnik, M. Balcerowicz-Szkutnik. *Wstęp do metod ekonometrycznych. Metody i zadania*. Katowice: Śląska Wyższa Szkoła Zarządzania im. Gen. Józefa Ziętka, 2006.
- [8] A. Welfe. *Ekonometria. Metody i ich zastosowanie*. Warszawa: PWE, 2003.
- [9] D. Witkowska. *Podstawy ekonometrii i teorii prognozowania*. Kraków: Oficyna Ekonomiczna, 2006.
- [10] M. Sobczyk. *Statystyka*. Warszawa: PWN, 2004, s. 55.
- [11] Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa. *Raporty branżowe: Polski przemysł stalowy*. Katowice.
- [12] Główny Urząd Statystyczny. *Raporty w platformie analitycznej SWAID: Gospodarka materiałowa w 2017 roku*. [Online] Dostępny z: <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/przemysl-budownictwo-srodki-trwale/> [Dostęp z 20.12.2018].
- [13] Eurostat. *EU trade since 1988 by CN8*. [Online] Dostępny z: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> [Dostęp z 15.11.2018].
- [14] B. Gajdzik, M. Zagórska. *Statystyczno-modelowa analiza zużycia jawnego prętów żebrowanych w krajowym budownictwie w latach 2004-2017*. *Hutnik – Wiadomości Hutnicze*, 2018, 85 (12), s. 443–447.
- [15] Stowarzyszenie Producentów Cementu. *Wyniki: Zestawienie zbiorcze grudzień. 2004–2017*. [Online] Dostępny z: <http://www.polskicement.pl/Wyniki-59>.
- [16] Dz.U. 2013 poz. 1027. *Ustawa z dnia 26 lipca 2013 r. o zmianie ustawy o podatku od towarów i usług oraz niektórych innych ustaw*.
- [17] Główny Urząd Nadzoru Budowlanego. *Raporty: Ruch budowlany w 2004 roku. 2004–2017*. Warszawa. [Online] Dostępny z: <https://www.gunb.gov.pl/strona/ruch-budowlany>.