

PRACE NAUKOWE
Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu nr 309
RESEARCH PAPERS
of Wrocław University of Economics No. 309

Spółeczno-gospodarcze aspekty statystyki

Redaktorzy naukowi

**Zofia Rusnak
Edyta Mazurek**



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2013

Redaktor Wydawnictwa: Joanna Szynal

Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz

Korektor: Barbara Cibis

Łamanie: Beata Mazur

Projekt okładki: Beata Dębska

Publikacja jest dostępna w Internecie na stronach:

www.ibuk.pl, www.ebscohost.com,

The Central and Eastern European Online Library www.ceeol.com,

a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych BazEkon

http://kangur.uek.krakow.pl/bazy_ae/bazekon/nowy/index.php

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania znajdują się na stronie internetowej Wydawnictwa

www.wydawnictwo.ue.wroc.pl

Kopiowanie i powielanie w jakiegokolwiek formie wymaga pisemnej zgody Wydawcy

© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wrocław 2013

ISSN 1899-3192

ISBN 978-83-7695-398-4

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk: Drukarnia TOTEM

Spis treści

Wstęp	9
Tadeusz Bednarski: Rola Jerzego Sławy-Neymana w kształtowaniu metod statystycznej analizy przyczynowości	11
Filip Borowicz: Ocena możliwości uzupełnienia danych BAEL informacjami ze źródeł administracyjnych w celu dokładniejszej analizy danych o bezrobociu	19
Mariusz Donocik, Bogdan Kisiała, Mirosław Mróz, Beata Detyna, Jerzy Detyna: Przydatność testów nieparametrycznych Kruskala-Wallisa i mediany w długoterminowej ocenie parametrów kruszyw melafirowych	27
Mariusz Donocik, Bogdan Kisiała, Mirosław Mróz, Beata Detyna, Jerzy Detyna: Karty kontrolne w ocenie jakości kruszyw dla budownictwa drogowego.....	42
Czesław Domański: Uwagi o procedurach weryfikacji hipotez z brakującą informacją.....	54
Stanisław Heilpern: Zależne procesy ryzyka.....	62
Artur Lipieta, Barbara Pawelek, Jadwiga Kostrzewska: Badanie struktury wydatków w ramach wspólnej polityki UE z wykorzystaniem analizy korespondencji.....	78
Agnieszka Marciniuk: Dwa sposoby modelowania stopy procentowej w ubezpieczeniach życiowych	90
Beata Bieszk-Stolorz, Iwona Markowicz: Model nieproporcjonalnej intensywności Coxa w analizie bezrobocia	114
Edyta Mazurek: Statystyczna analiza podatku dochodowego od osób fizycznych.....	127
Katarzyna Ostasiewicz: Awersja do nierówności w modelowaniu użytkowania dóbr wspólnych.....	159
Piotr Peternek: Porównanie kart kontrolnych indywidualnych pomiarów uzyskanych z wykorzystaniem uogólnionego rozkładu lambda oraz krzywych Johnsona.....	179
Małgorzata Podogrodzka: Starzenie się ludności a płodność w Polsce w latach 1991-2010 – ujęcie regionalne	192
Renata Rasińska, Iwona Nowakowska: Jakość życia studentów w aspekcie znajomości wskaźników zrównoważonego rozwoju	203

Maria Rosienkiewicz, Jerzy Detyna: Analiza efektywności metod wyboru zmiennych objaśniających do budowy modelu regresyjnego	214
Jerzy Śleszyński: National Welfare Index – ocena nowego miernika rozwoju trwałego i zrównoważonego	236
Maria Szmuksta-Zawadzka, Jan Zawadzki: Wykorzystanie oszczędnych modeli harmonicznych w prognozowaniu na podstawie szeregów czasowych o wysokiej częstotliwości w warunkach braku pełnej informacji.....	261
Anna Zięba: O możliwościach wykorzystania metod statystycznych w badaniach nad stresem	278

Summaries

Tadeusz Bednarski: Role of Jerzy Sława-Neyman in statistical inference for causality	18
Filip Borowicz: Assessing the possibility of supplementing the Polish LFS data with register records for more detailed unemployment data analysis.	26
Mariusz Donocik, Bogdan Kisiała, Mirosław Mróz, Beata Detyna, Jerzy Detyna: Usefulness of nonparametric Kruskal-Wallis and median tests in long-term parameters assessment of melaphyre crushed rocks	41
Mariusz Donocik, Bogdan Kisiała, Mirosław Mróz, Beata Detyna, Jerzy Detyna: Control charts in the assessment of aggregates quality for road construction.....	53
Czesław Domański: Some remarks on the procedures of the verification of hypotheses under incomplete information.....	61
Stanisław Heilpern: Dependent risk processes	77
Artur Lipieta, Barbara Pawelek, Jadwiga Kostrzewska: Study of the structure of expenditure under the EU's common policy using correspondence analysis	89
Agnieszka Marciniuk: Two ways of stochastic modelling of interest rate in life insurances	113
Beata Bieszk-Stolorz, Iwona Markowicz: The Cox non-proportional hazards model in the analysis of unemployment.....	126
Edyta Mazurek: Statistical assessment of Personal Income Tax	158
Katarzyna Ostasiewicz: Inequality aversion in modeling the use of common pool resources	178
Piotr Peternek: Comparison of control charts of individual measurements based on general Lambda distribution and Johnson curves.....	191
Małgorzata Podogrodzka: The ageing of the population and fertility in Poland in the years 1991-2010 by voivodeships.....	202
Renata Rasińska, Iwona Nowakowska: Students' life quality in terms of knowledge of sustainable development indicators	213

Maria Rosienkiewicz, Jerzy Detyna: Efficiency analysis of chosen methods of explanatory variables selection within the scope of regression model construction.....	235
Jerzy Śleszyński: <i>National Welfare Index</i> – assessment of a new measure of sustainable development.....	260
Maria Szmuksta-Zawadzka, Jan Zawadzki: The application of harmonic models in forecasting based on high frequency time series in condition of lack of full information.....	277
Anna Zięba: About statistical methods in the study on stress	284

Mariusz Donocik, Bogdan Kisiala, Mirosław Mróz

Kopalnie Melafiru w Czarnym Borze, Sp. z o.o.

Beata Detyna

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. A. Silesiusa w Wałbrzychu

Jerzy Detyna

Politechnika Wroclawska

PRZYDATNOŚĆ TESTÓW NIEPARAMETRYCZNYCH KRUSKALA-WALLISA I MEDIANY W DŁUGOTERMINOWEJ OCENIE PARAMETRÓW KRUSZYW MELAFIROWYCH

Streszczenie: Zdaniem autorów opisana próba wykorzystania testów nieparametrycznych do oceny i poprawy jakości kruszyw melafirowych pozwala na bardziej efektywne wykorzystanie parku maszynowego, eksploatację maszyn i urządzeń, których trwałość i niezawodność powinny być systematycznie monitorowane. Zastosowanie odpowiednich metod statystycznych pozwala bowiem na analizę sprzężeń zwrotnych: pogorszenie jakości – analiza przyczyn techniczno-technologicznych. Systematyczna ocena jakości produkcji ma na celu ograniczenie czasu przestoju (który łatwo przeliczyć na stratę finansową) oraz zapobiega wyprodukowaniu kruszywa o parametrach wykraczających poza normy. W artykule przedstawiono przykładowe zastosowania testu Kruskala-Wallisa oraz testu mediany w procesie wytwarzania kruszyw przez kopalnie należące do międzynarodowego koncernu STRABAG.

Słowa kluczowe: testy nieparametryczne, surowiec melafirowy, ocena parametrów kruszyw, test Kruskala-Wallisa, test mediany.

1. Wstęp

Z uwagi na długookresową ocenę stabilności procesu produkcyjnego konieczne jest porównanie kilku (bądź więcej) grup empirycznych pochodzących z różnych przedziałów czasowych (miesięcznych, tygodniowych). Taka ocena jest możliwa z wykorzystaniem analizy wariancji. Klasyczna analiza wymaga jednak sprawdzenia założeń o normalności rozkładu badanego parametru jakościowego oraz jednorodności wariancji. W przypadku analizy parametrów jakościowych kruszyw testowanie wy-

mienionych założeń daje wynik negatywny, co wyklucza możliwość wykorzystania klasycznej analizy wariancji.

Niedogodności związane z tymi założeniami można wykluczyć poprzez próbę wykorzystania testów nieparametrycznych dla wielu prób. Zastosowanie testów nieparametrycznych do długoterminowej oceny kruszyw melafirowych może istotnie wpłynąć na poprawę ich jakości (poprzez działania techniczno-technologiczne).

Na przykładzie licznych krajów europejskich można zauważyć, że wzrost gospodarczy powoduje zwiększenie zapotrzebowania na kruszywa. Obserwowany w Polsce rozwój budownictwa mieszkaniowego i infrastrukturalnego wpływa wyraźnie na wzrost zapotrzebowania na ten materiał. Ogromnie ważna jest jakość stosowanych kruszyw, gdyż warunkuje ona trwałość i niezawodność budowanej infrastruktury. Wolniejsze zużywanie się budowli, dróg i mostów nie naraża społeczeństwa na zbędne straty i przyczynia się do poprawy jakości życia. Jednocześnie w wyniku produkowania wyrobów o dobrej jakości unika się reklamacji, pozyskuje nowych i utrzymuje stałych klientów. Zadowolenie klientów korzystnie wpływa na wizerunek marki przedsiębiorstwa. W opisywanych Kopalniach Melafiru w Czarnym Borze głównymi następstwami podnoszenia poziomu jakości wyrobów są:

- większa trwałość i niezawodność wyrobu końcowego (drogi, mosty, wiadukty, wyroby budowlane), do którego kruszywa zostały użyte,
- zmniejszenie strat związanych z szybkim zużywaniem się wyrobu końcowego,
- zwiększenie przewagi konkurencyjnej,
- zwiększenie sprzedaży,
- zmniejszenie liczby składanych reklamacji.

Przedsiębiorstwo, chcąc przetrwać w warunkach silnych i często nieprzewidywalnych turbulencji otoczenia, nie może, zdaniem autorów, koncentrować swojej działalności jedynie na realizacji krótkofalowych celów i na wielkościach osiąganego zysku. Aby wartość firmy systematycznie wrastała, musi być spełniony warunek zadowolonego klienta, który „wraca” i który zachęca innych do korzystania z oferty produkcyjnej przedsiębiorstwa. Konieczne staje się zatem tworzenie efektywnych systemów doskonalenia jakości, które dzięki wdrożonym procedurom, standardom, metodom oraz technikom monitorowania procesów produkcyjnych zwiększają szansę na wzrost konkurencyjności danej organizacji na rynku.

W procesie doskonalenia jakości wyrobów wykorzystywane są m.in. nieparametryczne testy statystyczne. Ich zaletą jest możliwość zastosowania bez spełnienia warunków, tj.: dysponowanie zmiennymi mierzalnymi, mającymi rozkład normalny oraz spełniającymi warunek jednorodności zbioru. Celem pracy jest przedstawienie przykładu zastosowania testów nieparametrycznych w długoterminowej ocenie jakości kruszyw melafirowych w wybranej kopalni melafiru. Zdaniem autorów systematyczna i długookresowa analiza danych dotyczących istotnych cech jakościowych może istotnie wpłynąć na stabilizację jakościową produkcji (poprzez np. identyfikację sezonowości, poprawę niezawodności systemu produkcyjnego), a tym samym na poprawę pozycji konkurencyjnej.

2. Kopalnie Melafiru w Czarnym Borze

2.1. Ogólna charakterystyka

W skład Kopalni Melafiru w Czarnym Borze wchodzi dwa zakłady (kopalnie w miejscowości Grzędy i Borówno). W zakładach tych wydobywa się melafir, a eksploatacja prowadzona jest metodą odkrywkową. Kopalnie Melafiru w Czarnym Borze należą do międzynarodowego koncernu STRABAG, swoim zasięgiem obejmującego prawie całą Europę, w tym także Polskę, w której działa pod marką Mineral. Łącznie w jego skład wchodzi ponad 170 zakładów produkujących kruszywa w różnych krajach Europy. Na rysunku 1 przedstawiono lokalizację kopalń grupy Mineral.



Rys. 1. Lokalizacja kopalń surowców mineralnych grupy Mineral

Źródło: <http://www.mineral-cesko.com/pl-1/kopalnie-oferta/> (dostęp 10.09.2012 r.).

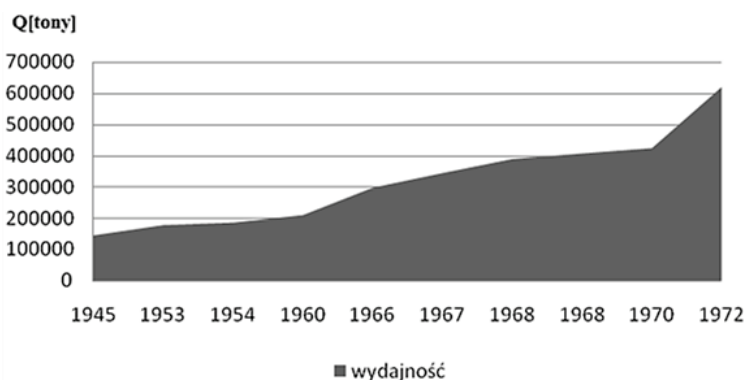
Głównym rodzajem prowadzonej działalności jest wydobywanie kruszyw i surowców mineralnych, takich jak: bazalt, melafir, granit, a także żwir i piasek. Do głównych produktów należą: grysy drogowe i budowlane, mieszanki na podbudowy dróg i autostrad, tłucznie i kłince do budowy dróg i linii kolejowych, piasek łamany. Działalność związana z pozyskiwaniem kruszyw jest bardzo złożona. Jest do niej niezbędna wiedza w zakresie mechaniki górotworu oraz gruntowna znajomość danych warstw geologicznych. Bardzo ważnym elementem jest zatrudnianie osób z wykształceniem kierunkowym. W zakres działalności przedsiębiorstwa wchodzi także lokalizowanie możliwie dobrze rokujących miejsc pozyskiwania kruszyw.

Uwzględnia się przy tym kryteria opłacalności, biorąc pod uwagę sytuację gospodarczą, prognozę popytu itp. Bieżące wydobywanie kruszyw z określonego miejsca zmusza przedsiębiorstwo do podejmowania badań z zakresie zachowania się danego terenu w celu uniknięcia groźnych sytuacji i niebezpieczeństwa wypadków. Do pozyskania danego kruszywa używany jest specjalistyczny sprzęt i maszyny, które wymagają stałego nadzoru technicznego oraz kontroli wybranych parametrów, a zaniedbania mogą narazić przedsiębiorstwo na ogromne straty.

2.2. Krótka historia rozwoju kopalni

Początek działalności kopalni w Czarnym Borze sięga roku 1945. Wówczas wydobywanie i transport kruszyw opierał się głównie na sile ludzkich mięśni. Przedsiębiorstwo zatrudniało 150 pracowników, a jego możliwości wydobywcze kształtowały się na poziomie 145 000 ton kruszywa rocznie. Kruszywo było wówczas ładowane na wózki, które przeciągali pracownicy. W roku 1953 zakupiono „ciuchcie” – najszerszej stosowane lokomotywy spalinowe manewrowe SM03, którymi kruszywo było przewożone, lecz nadal załadunek odbywał się ręcznie. Wówczas zdolność produkcyjna wrosła do 178 000 ton przy 189 zatrudnionych pracownikach. Po 6 latach zakupiono ładowarkę, która zwiększyła w znacznym stopniu tempo produkcji, gdyż urobek nie był już ładowany ręcznie. W 1960 roku produkcja wyniosła już 210 000 ton, przy zatrudnieniu 233 pracowników. Kolejną istotną zmianą był zakup w 1965 roku samochodu Dumper, który zastąpił lokomotywy spalinowe. Stopniowo, z upływem czasu stosowane maszyny się zmieniały, były coraz szybsze i bardziej wydajne. W roku 1972 produkcja wyniosła 630 000 ton przy zatrudnionych 280 pracownikach.

Dzisiejsza średnia produkcja miesięczna wynosi 200 000 ton, czyli tyle ile produkowała kopalnia w całym 1960 roku. Wpływ działań modernizacyjnych oraz inwestycji w nowe technologie na skalę produkcji kruszyw w Kopalniach Melafiru w Czarnym Borze przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Produkcja surowców drogowych w latach 1945-1972

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów źródłowych Kopalni Melafiru w Czarnym Borze.

W 1972 roku w celu zapewnienia dalszego rozwoju kopalni postanowiono zbudować bocznice kolejową. Miała ona ułatwić dostęp do produkowanych kruszyw większej liczbie zainteresowanych podmiotów. Bocznicą ta funkcjonowała do 1984 roku, kiedy musiała zostać zmodernizowana, ponieważ nie była w stanie zapewnić odpowiedniej przepustowości kruszywa – kopalnie produkowały go więcej niż wynikało z założeń przy powstawaniu bocznic. Obecnie bocznicą kolejową Kopalni Melafiru jest zdolna do załadunku maksymalnie 5 wahań na dobę. Jest to bocznicą normalnotorowa przeznaczona do: przyjmowania pustych wagonów pod załadunek, podstawiania wagonów przyjętych, ładowania kruszywa kamiennego do podstawionych wagonów i zdawania wagonów ładownych dla PKP. Jest ona w stanie pomieścić 146 wagonów dwuosiowych, a załadunek kruszywa odbywa się mechanicznie taśmociągami z lejów zsypanych, do których kruszywo dostarczane jest samochodami. Jej zdolność załadunkowa to 20 000 ton kruszywa dziennie. Obsługa na bocznicę odbywa się za pomocą lokomotyw PKP. Obecne plany produkcyjne powodują konieczność jej kolejnej modernizacji – tak by mogła spełniać swoją funkcję.

2.3. Surowiec melafirowy

Melafir jest skałą magmową pochodzącą z paleozoiku. Skała ta pod względem jakościowym w większości odpowiada trzeciorzędowym bazaltom i znajduje szerokie zastosowanie jako surowiec do produkcji kamienia łamanego zwykłego i granulowanego.

W Polsce melafiry występują głównie w złożach na Dolnym Śląsku, a także w województwie małopolskim¹.

Surowiec melafirowy jest stosowany przede wszystkim w budownictwie drogowym, kolejowym i kubaturowym (mosty, przepusty itp.). Wyroby Kopalni Melafiru w Czarnym Borze znajdują zastosowanie m.in. do produkcji gorących i zimnych asfaltów.

2.4. Zakładowa Kontrola Jakości

Asortyment produkowany w kopalniach objęty jest Zakładową Kontrolą Produkcji. Jakość wyrobów nadzoruje niezależne laboratorium TPA, które regularnie prowadzi badania i kontrole jakości produkowanych frakcji kruszyw. Aby zamówienie było zgodne ze specyfikacją, prowadzone są specjalistyczne badania laboratoryjne. Na ich podstawie dobiera się odpowiedni skład procentowy kruszywa w celu uzyskania jak najlepszej jakości przy minimalizacji kosztów. Wszystkie te procesy odbywają się na terenie bocznic kolejowej w Czarnym Borze oraz na terenie zakładu Mineral, który jest wyposażony w pomieszczenia specjalistyczne, np. laboratoria dysponujące nowoczesnym sprzętem badawczym.

¹ http://www.lafarge.pl/Ulotka_Melafir_Lafarge_Kruszywa.pdf (dostęp 18.11.2012 r.).

Tabela 1. Zalecenia noramtywne dotyczące zakładowej kontroli jakości kruszyw w zakładach górniczych

Obszary i elementy systemu fabrycznej kontroli dotyczącej produkcji kruszyw	
Obszary/numer rozdziału w Załączniku H normy	Elementy
Organizacja/H.2	Odpowiedzialność i uprawnienia
	Pełnomocnik kierownictwa do spraw zakładowej kontroli produkcji
	Nadzór kierownictwa
Procedury kontrolne/H.3	Kontrola dokumentów i danych
	Podwykonawcy
	Wiedza o surowcu
Zarządzanie produkcją/H.4	Wymagania dla systemu zakładowej kontroli produkcji dotyczą: <ul style="list-style-type: none"> – procedur dotyczących identyfikowania i kontrolowania materiałów, – procedur dotyczących identyfikacji i kontroli różnych materiałów niebezpiecznych, – procedur kontroli prawidłowości składowania materiału oraz identyfikacji lokalizacji i zawartości stanowisk, – procedur zapewniających, że jakość materiału pobieranego ze stanowiska nie pogarsza się w takim stopniu, że jego przydatność staje się problematyczna, – możliwości zidentyfikowania wyrobu pod względem pochodzenia i rodzaju, aż do miejsca jego sprzedaży
Kontrola i badanie/H.5	Wyposażenie
	Częstotliwość i miejsce kontroli, pobieranie próbek i badanie
Zapisy/H.6	Rejestracja kontroli z podaniem: miejsca, daty, czasu pobrania próbek, prowadzonych badań wyrobów i innych informacji np. warunków pogodowych. Należy sporządzać zapisy wymagane w poszczególnych rozdziałach Załącznika H normy PN-EN 12620:2002+A1:2008
Postępowanie z wyrobami niezgodnymi/H.7	Po stwierdzeniu niezgodności podczas kontroli lub badania materiał powinien być: <ul style="list-style-type: none"> – przetworzony lub – skierowany do innego zastosowania, w którym spełni wymagania lub – odrzucony i oznaczony jako niezgodny
Przemieszczanie, składowanie i przechowywanie w rejonach produkcji/H.8	Producent powinien zastosować wszelkie niezbędne środki zapewniające utrzymanie jakości wyrobu podczas jego przemieszczania i składowania. Zaleca się zwracanie uwagi na: <ul style="list-style-type: none"> – zanieczyszczenie wyrobu, – segregację, – czystość sprzętu obsługującego i powierzchni do składowania
Transport i pakowanie/H.9	Transport
	Pakowanie
Szkolenie personelu/H.10	Producent powinien wprowadzać procedur szkolenia całego personelu w systemie zakładowej kontroli produkcji i ich przestrzegać. Należy zachować odpowiednie zapisy dotyczące szkoleń

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Załącznik H (normatywny), *Zakładowa kontrola produkcji*, Polska Norma, PN-EN 12620+A1, grudzień 2010, *Kruszywa do betonu*, Polski Komitet Normalizacyjny, s. 34-40.

Konieczność badania wszystkich właściwości kruszyw powinna być ograniczona do poszczególnych zastosowań lub pochodzenia kruszywa. Jeśli jest to wymagane, należy przeprowadzić badania określone w rozdziale 4 normy PN-EN 12620:2002+A1:2008². Jednymi z podstawowych badań są analizy wymagań geometrycznych kruszywa grubego³ i drobnego⁴. Wśród nich analizuje się: uziarnienie, zawartość pyłów, jakość pyłów, kształt kruszywa grubego, procentową zawartość ziarn o powierzchni przekruszonej i łamanej w kruszywie grubym oraz kanciastość kruszywa drobnego⁵.

Z punktu widzenia jakości kruszywa istotna jest również identyfikacja właściwości fizycznych, tj.: odporność na rozdrabnianie kruszywa grubego, odporność na polerowanie kruszywa grubego stosowanego do warstw nawierzchniowych, odporność na ścieranie powierzchniowe, odporność na ścieranie kruszywa grubego, gęstość ziarn, nasiąkliwość, trwałość, mrozoodporność, odporność na szok termiczny itp.⁶ Jeśli jest to wymagane, laboratoria oznaczają skład chemiczny kruszywa, grube zanieczyszczenia lekkie, rozpad krzemianu oraz związków żelaza w żużlu wielkopieczowym chłodzonym powietrzem itp.⁷

Producent kruszyw powinien, według normy PN-EN 12620:2002+A1:2008, posiadać system zakładowej kontroli produkcji, odpowiadający wymaganiom podanym w załączniku H⁸. Załącznik ten opisuje system kontroli kruszyw, mającej na celu zapewnienie ich zgodności z wymaganiami wyżej wymienionej normy. Zalecenia dotyczą wielu obszarów działalności przedsiębiorstwa, które w syntetyczny sposób przedstawiono w tab. 1.

3. Testy nieparametryczne

Podstawowym narzędziem statystyki eksperymentalnej służącym do wykrywania różnic między średnimi w populacjach są testy analizy wariancji (ANOVA). Wywodzą się one z nauk rolniczych, przyrodniczych, a dziś są powszechnie stosowane w różnych dziedzinach (marketing, ubezpieczenia, medycyna, inżynieria mechaniczna

² Polska Norma, PN-EN 12620+A1, grudzień 2010, *Kruszywa do betonu*, Polski Komitet Normalizacyjny, s. 7-13.

³ Kruszywo grube zgodnie z normą PN-EN 13043:2002 posiada wymiary ziaren D równe 45 mm lub mniejsze oraz d równe 2 mm lub większe. Oznaczenie kruszywa poprzez określenie dolnego (d) i górnego (D) wymiaru sita wyrażone jest jako relacja d/D i potwierdza wymiar kruszywa.

⁴ Kruszywo drobne zgodnie z normą PN-EN 13043:2002 posiada wymiary ziarn D równe 4 mm lub mniejsze.

⁵ Polska Norma, PN-EN 13043, marzec 2004, *Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych, utrwałe stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu*, Polski Komitet Normalizacyjny, s. 7-12.

⁶ Polska Norma, PN-EN 13043, marzec 2004, op. cit., s. 12-17.

⁷ Tamże, s. 17-18.

⁸ Załącznik H (normatywny), *Zakładowa kontrola produkcji*, Polska Norma, PN-EN 12620+A1, grudzień 2010, *Kruszywa do betonu*, Polski Komitet Normalizacyjny, s. 34-40.

itd.). Obecnie powszechność wykorzystywania tego rodzaju testów należy uzasadniać głównie poprzez nieskomplikowaną interpretację wyników, a także zaimplementowanie tej metody do wielu pakietów komputerowych. Zastosowanie analizy wariancji wymaga spełnienia następujących założeń:

- próby są pobrane losowo i niezależnie od siebie z k populacji,
- w każdej z k badanych populacji rozkład zmiennej jest normalny,
- wariancje porównywanych populacji są jednorodne:

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 . \quad (1)$$

W wielu pracach naukowych, w których wykorzystano analizę wariancji, można zaobserwować, że istotność różnicy pomiędzy średnimi w k populacjach jest oceniana na podstawie prób małych (liczących niejednokrotnie mniej niż 10 obserwacji). Z praktycznego punktu widzenia w takiej sytuacji nie można przeprowadzić testu zgodności rozkładu populacji z rozkładem normalnym, gdyż podstawowym ograniczeniem zastosowania takiego testu jest duża liczebność próby. Poza tym badanie jednorodności wariancji na podstawie małych prób, nawet przy założeniu, że pochodzą one z populacji o rozkładzie normalnym, często wskazuje na występowanie istotnych różnic pomiędzy wariancjami.

W przypadku niespełnienia chociaż jednego z założeń wymienionych wyżej zastosowanie analizy wariancji jest poważnym błędem w praktyce eksperymentalnej. Istnieją jednak inne narzędzia statystyczne dające odpowiedź na pytanie, czy pomiędzy średnimi w populacjach występują różnice statystycznie istotne, których stosowanie nie wymaga spełnienia powyższych założeń. Przykładami testów nieparametrycznych wykorzystywanych do badania istotności różnic w k populacjach mogą być: test Kruskala-Wallisa i test mediany (Mooda).

Testy nieparametryczne (ogólnie) nie zależą od kształtu rozkładu zmiennej oraz od pewnych parametrów rozkładu populacji. Wzory służące do ich obliczenia są proste, a same obliczenia nie zajmują dużo czasu. Możemy je stosować w przypadku posiadania danych jakościowych, danych uporządkowanych według określonych kryteriów lub w przypadku grup o małej liczebności.

Nieparametrycznym odpowiednikiem klasycznej analizy wariancji (ANOVA) jest wspomniany wyżej test Kruskala-Wallisa. Jedynym założeniem koniecznym do zastosowania tego testu jest losowość i niezależność prób pobranych z odpowiednich k populacji.

Za pomocą tego testu weryfikowana jest hipoteza zerowa:

H_0 : wszystkie k populacji mają takie same rozkłady (są podobne ze względu na rozpatrywane zmienne porównawcze) wobec hipotezy alternatywnej:

H_1 : nie wszystkie k populacji mają takie same rozkłady.

Chociaż hipotezy testu są wyrażone poprzez rozkłady badanych populacji, test ten jest najbardziej wrażliwy na różnice w położeniu populacji. Dlatego może on być używany do testowania hipotezy o równości wartości średnich k populacji. W teście Kruskala-Wallisa, w odróżnieniu od analizy wariancji, zamiast samych wartości obserwacji używa się ich rang.

W celu nadania rang porządkujemy rosnąco wszystkie dane w całym zbiorze od najmniejszej do największej bez względu na to, z których prób pochodzą. Następnie kolejnym wartościom nadajemy rangi przyjmujące wartości 1, 2, ..., n . W przypadku wystąpienia dwóch lub więcej obserwacji o tych samych wartościach przypisujemy im rangi będące średnią arytmetyczną z ich kolejnych rang.

Statystyka testu Kruskala-Wallisa ma postać [Stanisz 1998, s. 266]:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \left(\sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} \right) - 3(n+1), \quad (2)$$

gdzie:

$$n = n_1 + n_2 + \dots + n_j,$$

(n_1, \dots, n_j) – liczebności kolejnych prób,

R_j – suma rang w obrębie j -tej próby.

Dla prób o liczebności nie mniejszej niż 5 obserwacji rozkład statystyki testu H jest dobrze przybliżony przez rozkład *chi*-kwadrat z $k - 1$ stopniami swobody. Stąd obliczoną wartość testu H porównujemy z wartością krytyczną rozkładu dla przyjętego poziomu istotności α i dla $k - 1$ stopni swobody i podejmujemy jedną z dwóch możliwych decyzji [Kala 2002]:

- jeżeli $H < \chi_{\alpha, k-1}^2$, wówczas brak jest istotnych podstaw do odrzucenia H_0 ,
- jeżeli $H \geq \chi_{\alpha, k-1}^2$, wówczas H_0 odrzucamy na korzyść H_1 .

Jeśli wynik testu prowadzi do odrzucenia hipotezy zerowej, tj. stwierdzenia, że nie wszystkie średnie są jednakowe, zachodzi potrzeba wskazania, pomiędzy którymi średnimi (populacjami) występują różnice statystycznie istotne. W klasycznej analizie wariancji korzysta się wówczas np. z metody Tukeya lub z testu NIR. W przypadku testu Kruskala-Wallisa dalsza analiza różnic pomiędzy średnimi opiera się na średnich rangach z prób obliczanych dla każdej z par populacji, które chcemy porównać (np. populacja i i j):

$$\bar{R}_i = \frac{R_i}{n_i}, \quad \bar{R}_j = \frac{R_j}{n_j}. \quad (3)$$

Sprawdzianem hipotezy zerowej, która głosi, że średnie populacji i oraz j są identyczne, jest statystyka D :

$$D = |\bar{R}_i - \bar{R}_j|. \quad (4)$$

Test przeprowadzamy przez porównanie wartości statystyki D z wartością punktu krytycznego obliczoną wg następującej formuły [Greń 1972]:

$$D^* = \sqrt{\chi_{\alpha, k-1}^2 \cdot \left[\frac{n(n+1)}{12} \right] \cdot \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}. \quad (5)$$

W przypadku gdy $D > D^*$, odrzucamy hipotezę zerową i stwierdzamy, że pomiędzy średnimi z badanych populacji i oraz j występują różnice statystycznie istotne.

Innym testem nieparametrycznym, który może być wykorzystany do oceny istotności różnic między badanymi k populacjami o liczebnościach n_1, n_2, \dots, n_k , może być test mediany (test Mooda). W przypadku gdy wartość mediany nie jest znana w populacji, to należy ją obliczyć za pomocą znanych formuł [Sobczyk 2012]:

$$\tilde{m} = \frac{x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}}{2}, \text{ dla parzystej liczby obserwacji,} \quad (6)$$

$$\tilde{m} = \frac{x_{\frac{n+1}{2}}}{2}, \text{ dla nieparzystej liczby obserwacji,} \quad (7)$$

gdzie:

$$n = \sum_{i=1}^k n_i, \quad (8)$$

$x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(n)}$ są kolejnymi wartościami z próby uporządkowanymi w kolejności rosnącej.

Procedura testu mediany wymaga przyjęcia stosownych hipotez (jak dla testu Kruskala-Wallisa), a następnie określenia liczebności wartości powyżej i poniżej wartości mediany (tab. 2).

Tabela 2. Liczebności prób powyżej i poniżej wartości mediany

	Próba 1	Próba 2	...	Próba k	Łącznie
Wyniki $\leq \tilde{m}$	n_{11}	n_{12}	...	n_{1k}	R_1
Wyniki $> \tilde{m}$	n_{21}	n_{22}	...	n_{2k}	R_2
Łącznie	n_1	n_2	...	n_k	n

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [http://www.originlab.com/www/helponline/origin/en/User-Guide/Algorithm_\(median\).html](http://www.originlab.com/www/helponline/origin/en/User-Guide/Algorithm_(median).html) (dostęp 17. 11. 2012 r.).

Testowanie przeprowadza się w oparciu o wartość statystyki χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^2 (n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}}, \quad (9)$$

gdzie:

$$e_{ij} = \frac{R_i n_j}{n}. \quad (10)$$

Obliczoną wartość testu χ^2 porównujemy z wartością krytyczną rozkładu $\chi^2_{\alpha, k-1}$ dla przyjętego poziomu istotności α i dla $k - 1$ stopni swobody i podejmujemy jedną z dwóch możliwych decyzji (jak w przypadku testu Kruskala-Wallisa) [Koronacki, Mielniczuk 2004].

4. Materiał badawczy

Badania w zakresie możliwości wykorzystania testów nieparametrycznych w długookresowej ocenie parametrów kruszyw przeprowadzono w dwóch zakładach górniczych: w kopalni Grzędy i w kopalni Siedlimowice. Z uwagi na wskazanie uniwersalności testów przebadano różne frakcje (wielkości uziarnienia) kruszyw. W niniejszym artykule zamieszczono jedynie część wyników dotyczących kruszyw o uziarnieniu 5/8 mm oraz 2/8 mm. Badania jakościowe dotyczyły kilku parametrów kruszyw, istotnych z uwagi na ich możliwość wykorzystania w budownictwie drogowym oraz kubaturowym. Najważniejsze z nich to współczynnik kształtu, wytrzymałość na ściskanie, nasiąkliwość, mrozoodporność, które opisano powyżej. Ze względu na ograniczoną objętość niniejszej publikacji wyniki ograniczono do jednego parametru: współczynnika kształtu, niezwykle ważnego w aspekcie koncentracji naprężeń, wpływającego na ogólną wytrzymałość budowli.

W celu pracy określono możliwość wykorzystania testów do oceny parametrów kruszyw w dłuższych przedziałach czasowych. W badaniach przyjęto okresy kilkunastodniowe (liczebności podane w tabelach z wynikami), gdzie znaczny wpływ na jakość produktów miały warunki meteorologiczne. Zestawione wartości do dalszych analiz stanowiły wartości uśrednione danego parametru jakościowego z danego dnia (z trzech zmian, podczas każdej wykonano co najmniej trzy pomiary). Wymagania odbiorców są dzisiaj dosyć wysokie i niezwykle istotną rolę odgrywa tutaj stabilność w zakresie jakości.

5. Wyniki zastosowania testów nieparametrycznych w długoterminowej ocenie parametrów kruszyw melafirowych

Wartości badanych parametrów zestawiono w postaci tablic, a wszelkie analizy prowadzono w pakiecie komputerowym Statistica firmy StatSoft. W tabeli 3 przedstawiono wyniki testu Kruskala-Wallisa dla współczynnika kształtu kruszywa o wymiarze 5/8 pochodzącego z kopalni w Grzędach. Natomiast wyniki testu dla współczynnika kształtu kruszywa o wymiarze 2/8 z kopalni w Siedlimowicach, która również działa pod marką Mineral, prezentuje tab. 4.

Na podstawie przeprowadzanych w kopalniach analiz wymagań geometrycznych kruszywa przeprowadzone zostały testy mediany. Przykładowe wyniki zestawiono w tab. 5.

Tabela 3. Wyniki testu Kruskala-Wallisa dla współczynnika kształtu kruszywa o wymiarze 5/8 z kopalni w Grzędach (w trzech okresach badawczych)

Depend.: Wskaźnik kształtu, 5/8, Grzędy		Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Wskaźnik kształtu, 5/8, Grzędy Independent (grouping) variable: Okres badań Kruskal-Wallis test: $H(2, N=50) = 8.0771$ $p = .0176$			
		Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
I		101	17	295.500	17.3823
II		102	17	511.500	30.0882
III		103	16	468.000	29.2500

Źródło: opracowanie własne na podstawie dokumentacji kopalni w Grzędach.

Tabela 4. Wyniki testu Kruskala-Wallisa dla współczynnika kształtu kruszywa o wymiarze 2/8 z kopalni w Siedlimowicach (w trzech okresach badawczych)

Depend.: Wskaźnik kształtu, 2/8, Siedlimowice		Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Wskaźnik kształtu, 2/8, Siedlimowice Independent (grouping) variable: Okres badań Kruskal-Wallis test: $H(2, N=32) = 5.568224$ $p = .0618$			
		Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
I		101	11	236.500	21.5000
II		102	11	171.500	15.5909
III		103	10	120.000	12.0000

Źródło: opracowanie własne na podstawie dokumentacji kopalni w Siedlimowicach

Tabela 5. Wyniki testu mediany dla współczynnika kształtu kruszywa z kopalni: Grzędy (powyżej) i Siedlimowice (poniżej) w trzech okresach badawczych, poziom $p = 0,05$

Dependent: Wskaźnik kształtu, 5/8, Grzędy		Median Test, Overall Median = 18.0000; Wskaźnik kształtu, 5/8, Grzędy Independent (grouping) variable: Okres badań Chi-Square = 7.565413 df = 2 p = .0228			
		I	II	III	Total
<= Median: observed		14.0000	8.0000	6.0000	28.0000
expected		9.5200	9.5200	8.9600	
obs.-exp.		4.4800	-1.5200	-2.9600	
> Median: observed		3.0000	9.0000	10.0000	22.0000
expected		7.4800	7.4800	7.0400	
obs.-exp.		-4.4800	1.5200	2.9600	
Total: observed		17.0000	17.0000	16.0000	50.0000

Dependent: Wskaźnik kształtu, 2/8, Siedlimowice		Median Test, Overall Median = 19.5000; Wskaźnik kształtu, 2/8, Siedlimowice Independent (grouping) variable: Okres badań Chi-Square = 3.963636 df = 2 p = .1378			
		I	II	III	Total
<= Median: observed		3.0000	6.0000	7.0000	16.0000
expected		5.5000	5.5000	5.0000	
obs.-exp.		-2.5000	0.5000	2.0000	
> Median: observed		8.0000	5.0000	3.0000	16.0000
expected		5.5000	5.5000	5.0000	
obs.-exp.		2.5000	-0.5000	-2.0000	
Total: observed		11.0000	11.0000	10.0000	32.0000

Źródło: opracowanie własne na podstawie dokumentacji kopalni w Grzędach i Siedlimowicach.

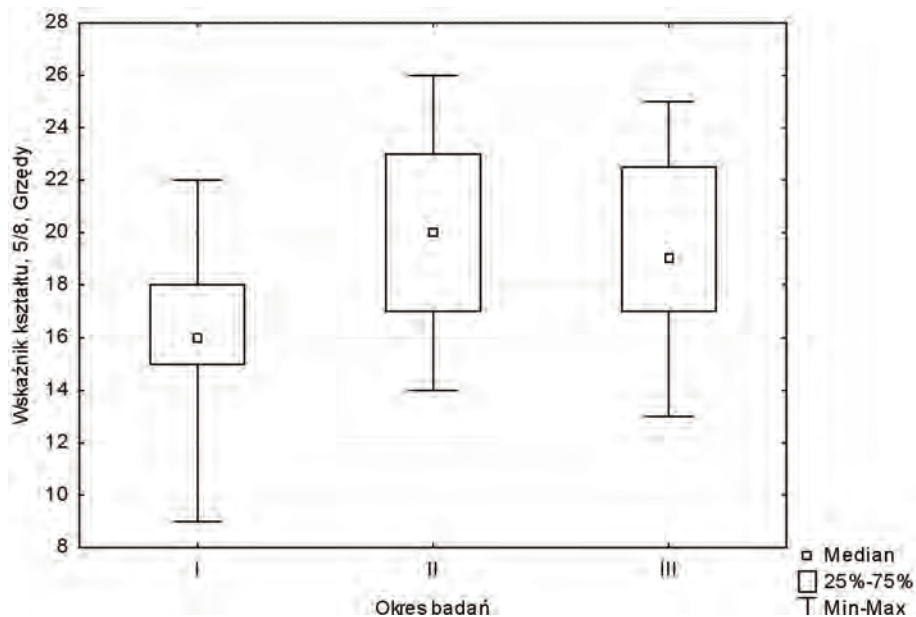
Przedstawione wyniki wskazują na konieczność odrzucenia hipotezy H_0 dla próbek pozyskanych z kopalni w Grzędach. Wartości statystyki (testującej) H Kruskala-Wallisa należą do obszaru krytycznego dla ustalonego poziomu istotności $\alpha = p = 0,05$ (osiągnięto poziom istotności dla wartości statystyk odpowiednio: dla testu Kruskala-Wallisa – 0,0176, a dla testu mediany – 0,0228). Wartości statystyk dla kruszywa z kopalni Sedlimowice nie dają podstaw do odrzucenia hipotezy o równości średnich w populacjach w badanych okresach.

Różnice, które się pojawiły dla badanego kruszywa w kopalni Grzędy, wskazują na kierunek dalszych analiz – zbadanie zróżnicowania pomiędzy parami

Tabela 6. Arkusz wyników wielokrotnych testu Kruskala-Wallisa dla współczynnika kształtu kruszywa z Kopalń: Grzędy, poziom $p = 0,05$

Depend.:	Multiple Comparisons p values (2-tailed); Wskaźnik kształtu, 5/8, Grzędy (Spr Independent (grouping) variable: Okres badań Kruskal-Wallis test: $H(2, N=50) = 8,077$ $p = 0,0176$		
	I	II	III
Wskaźnik kształtu, 5/8, Grzędy	R:17,38	R:30,08	R:29,25
I		0,0331	0,0583
II	0,0331		1,0000
III	0,0583	1,0000	

Źródło: opracowanie własne na podstawie: dokumentacji kopalń w Grzędach i Siedlimowicach



Rys. 3. Wykres ramka-wąsy dla współczynnika kształtu kruszywa o wymiarze 5/8 z kopalni Grzędy (w trzech okresach badawczych)

Źródło: opracowanie własne na podstawie dokumentacji kopalni w Grzędach.

poszczególnych okresów. Wyniki takich badań mogą być podstawą do dalszych sądów dotyczących przyczyn rozregulowania systemu wydobywania i przeróbki kruszywa. W ramach dalszego „sprzężenia zwrotnego” pozwoli to na poznanie przyczyn błędów i wyeliminowanie ich (ewentualnie) w przyszłości. Na podstawie pozyskanych danych z kopalni w Grzędach przeprowadzono test wielokrotny Kruskala-Wallisa dla współczynnika kształtu kruszywa w trzech okresach badawczych – poziom $p = 0,05$ (tab. 6). Dla współczynnika kształtu kruszywa o wymiarze $5/8$ z kopalni w Grzędach wykonano także wykres ramka-wąsy (rys. 3). Tylko dla dwóch interwałów wartości jakościowe kruszywa są istotnie różne: dla okresów I i II. Okresy II i III są niemal identyczne względem badanego parametru jakościowego.

6. Podsumowanie

Zarządzający kopalniami, mając na uwadze dobro swoich klientów, jakość inwestycji związanych z zastosowaniem surowców melafirowych, a także realizację długofalowych planów strategicznych, muszą kłaść nacisk na działania doskonalące jakość. Działania te powinny, zdaniem autorów, dotyczyć nie tylko kontroli wyrobów gotowych czy też procesów, które towarzyszą w ich produkcji, ale przede wszystkim zapobiegania produkcji złej jakości i wyprzedzania sytuacji niepożądanych.

Systematyczne stosowanie testów nieparametrycznych, jako komplementarnych względem innych narzędzi statystycznych, powinno zwiększyć szansę na wczesne wykrywanie zużytych i nieefektywnych maszyn stosowanych w produkcji kruszyw melafirowych. Zazwyczaj defekty parku maszynowego są jedną z głównych przyczyn (poza zmiennymi warunkami pogodowymi w przypadku kopalń odkrywkowych) błędów, które powodują odejście wartości jakościowych poza obszar tolerancji. Dzięki zastosowaniu testów (m.in. test Kruskala-Wallisa oraz testu mediany) można relatywnie wcześnie uchwycić niepokojące odchylenia np. kształtu kruszywa od przyjętych norm produkcyjnych.

Przeprowadzone badania dają podstawę do sformułowania następujących wniosków:

- testy nieparametryczne (test Kruskala-Wallisa oraz test mediany) mogą mieć zastosowanie w systemach fabrycznej kontroli dotyczącej produkcji kruszyw melafirowych, gdyż przedstawione wyniki badań opracowane na podstawie danych z dwóch kopalń: Grzędy i Siedlimowice, wskazują na możliwość wykrycia zróżnicowania jakościowego danego produktu w badanych okresach;
- opisana próba wykorzystania testów nieparametrycznych do oceny jakości produktów może stanowić podstawę do podjęcia działań, których celem będzie efektywne wykorzystanie parku maszynowego, a także eksploatacja maszyn i urządzeń, których trwałość i niezawodność powinny być w znacznym stopniu monitorowane.

Literatura

- Greń J., *Modele i zadania statystyki matematycznej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1972.
- Kala R., *Statystyka dla przyrodników*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego, Poznań 2002.
- Koronacki J., Mielniczuk J., *Statystyka*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2004.
- Ostasiewicz S., Rusnak Z., Siedlecka U., *Statystyka. Elementy teorii i zadania*, Wyd. AE im. O. Langego we Wrocławiu, Wrocław 1995.
- Sobczyk M., *Statystyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.
- Stanisz A., *Przystępny kurs statystyki*, Wyd. StatSoft Polska Sp. z o.o., Kraków 1998.
- Statystyczne metody analizy danych*, red. W. Ostasiewicz, Wyd. AE im. O. Langego we Wrocławiu, Wrocław 1999.
- Wawrzynek J., *Planowanie eksperymentów zorientowane na doskonalenie jakości produktu*, Wyd. Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2009.
- Wawrzynek J., *Wybrane metody opisu i wnioskowania statystycznego w biznesie*, Wyd. AE im. O. Langego we Wrocławiu, Wrocław 1996.

Inne źródła

- Polska Norma, PN-EN 12620+A1, grudzień 2010, *Kruszywa do betonu*, Polski Komitet Normalizacyjny, s. 7-13.
- Polska Norma, PN-EN 13043, marzec 2004, *Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych, utrwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu*, Polski Komitet Normalizacyjny, s. 7-12.
- Załącznik H (normatywny), *Zakładowa kontrola produkcji*, Polska Norma, PN-EN 12620+A1, grudzień 2010, *Kruszywa do betonu*, Polski Komitet Normalizacyjny, s. 34-40.
- http://www.lafarge.pl/Ulotka_Melafir_Lafarge_Kruszywa.pdf (dostęp 18.11.2012 r.).
- <http://www.mineral-cesko.com/pl-1/kopalnie-oferta/> (dostęp 10.09.2012 r.).
- [http://www.originlab.com/www/helponline/origin/en/UserGuide/Algorithm_\(median\).html](http://www.originlab.com/www/helponline/origin/en/UserGuide/Algorithm_(median).html) (17.11.2012).

USEFULNESS OF NONPARAMETRIC KRUSKAL-WALLIS AND MEDIAN TESTS IN LONG-TERM PARAMETERS ASSESSMENT OF MELAPHYRE CRUSHED ROCKS

Summary: This paper describes an attempt to use non-parametric tests to evaluate and improve the quality of melaphyre aggregates. According to the authors it allows for more efficient use of machinery and exploitation of machinery and equipment, which durability and reliability should be monitored regularly. Applied appropriately selected statistical methods allow for the analysis of feedback loops: deterioration of the quality – analysis of technical and technological reasons. The systematic assessment of production quality reduces downtimes (which can easily be converted to a financial loss) and prevents the manufacture of aggregate that exceeds the value stored in the standards. The paper presents the example use of Kruskal-Wallis test and the median test in the manufacture of aggregates.

Keywords: nonparametric tests, melaphyre material, crushed rocks parameters evaluation, Kruskal-Wallis test, median test.