Mining Science – Mineral Aggregates, vol. 21(1), 2014, 37–48

www.gornictwoigeologia.pwr.wroc.pl

Mining Science
(previously Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr., Górnictwo i Geologia)

ISSN 2300-9586
previously 0370-0798

Received February 27, 2014; reviewed; accepted March 17, 2014

badania kruszyw, niepewność rozszerzona, porównania międzylaboratoryjne

Michał FILIPCZYK [1]
Danuta KUKIELSKA

NIEJEDNORODNOŚĆ WYNIKÓW W BADANIACH KRUSZYW. PROBLEMY, ANALIZA, ZAPOBIEGANIE

Przedstawiono analizę czynników wpływających na jednorodność (a dokładniej odtwarzalność) wyników badań właściwości kruszyw wg norm europejskich PN-EN. Autorzy starają się znaleźć przyczyny często występujących w tych badaniach dużych rozrzutów wyników. Analizę oparto o wyniki badań przeprowadzonych w latach 2009–2013 w ramach programu sterowania jakością w laboratorium akredytowanym przez Polskie Centrum Akredytacji.

1. WSTĘP

Na podstawie Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. producenci kruszyw są zobowiązani do wystawiania deklaracji właściwości użytkowych dla wyrobów wprowadzanych na rynek. Producent biorący na siebie odpowiedzialność za podane w deklaracji wyniki badań powinien być świadomy, że kruszywa są bardzo specyficznym wyrobem. Na wyniki ich badań wpływa wiele czynników, a przede wszystkim naturalna zmienność złoża. Dla ograniczenia tej zmienności do akceptowalnego poziomu, normy precyzyjnie opisują sposób pobierania i przygotowania do badania próbek tak, aby można było uznać je jako reprezentatywne, symbolizujące średnie właściwości partii kruszywa. Właściwe i dokładne pobieranie oraz transport próbek jest wstępnym warunkiem uzyskania wiarygodnych wyników badań.

[1] Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Warszawa
m.filipczyk@imbigs.pl d.kukielska@imbigs.pl

Aby zobrazować, jak różne czynniki mogą w znaczący sposób wpływać na wyniki badań, przedstawione zostaną dwa elementy sterowania jakością w akredytowanych przez PCA laboratoriach (PN-EN ISO/IEC 17025:2005 *Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących*). Chodzi tu o szacowanie niepewności oraz tzw. porównania międzylaboratoryjne. Analizą objęto programy, w których uczestniczyło Laboratorium Surowców i Wyrobów Budowlanych Instytutu Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego.

2. SZACOWANIE NIEPEWNOŚCI

Niepewność pomiaru to parametr, związany z wynikiem badania, charakteryzujący rozrzut wartości, które można w uzasadniony sposób przypisać wielkościom mierzonym; takim parametrem może być odchylenie standardowe lub inna część przedziału wskazującego określony poziom ufności (JCGM/WG 2, 2006). Szacowanie niepewności w laboratorium badającym kruszywa jest w większości przypadków dość skomplikowane i oparte o wiele różnych czynników, składających się na wyliczenia (mogą wpłynąć na niepewność wyniku). W takich przypadkach, zgodnie normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005 (pkt 5.4.6.2) „laboratorium powinno starać się zidentyfikować wszystkie składniki niepewności i racjonalnie je oszacować oraz zapewnić, że sposób przedstawiania wyników nie daje błędnego wrażenia odnośnie do niepewności". Stąd w procesie szacowania niepewności badań przewidziano zarówno uwzględnienie niepewności wynikającej z niejednorodności materiału badanego, „czynnika ludzkiego" (wszystkich osób personelu laboratorium wykonujących dane badanie – metoda typu A), jak również empiryczne wyliczenie niepewności urządzeń wykorzystywanych w badaniach (metoda typu B).

Część elementów zbioru niepewności możemy oszacować na podstawie przewidywanych rozkładów prawdopodobieństwa. Jest to niepewność urządzeń pomiarowych (waga, czasomierz, miarka), określana jako systematyczna (typu B). Istnieje jednak wiele czynników, których wpływ można oszacować jedynie na podstawie serii badań porównawczych i obróbki statystycznej wyników. Do elementów składowych niepewności, trudnych do oszacowania należą błędy: niejednorodności próbki, jednostkowe personelu w trakcie badania, odczytu i opracowania wyników. Można je określić, jako przypadkowe (typu A).

W tej publikacji zostały przedstawione niepewności rozszerzone dla niektórych badań wykonywanych w laboratorium. Pojęcie niepewności rozszerzonej oznacza wielkość określającą przedział wokół wyniku pomiaru, od którego oczekuje się, że obejmie dużą część (95%) rozkładu wartości, które w uzasadniony sposób można przypisać wielkości mierzonej. Szacowania niepewności dokonano dla właściwości kruszyw: zawartość pyłów wg PN-EN 933-1:2012, wskaźnik kształtu wg PN-EN 933-4:2008, wskaźnik płaskości wg PN-EN 933-3:2012, odporność na rozdrabnianie

wg PN-EN 1097-2:2010, odporność na ścieranie – PN-EN 1097-1:2011, wskaźnik piaskowy – PN-EN 933-8:2012, nasiąkliwość – PN-EN 1097-6:2013, gęstość nasypowa – PN-EN 1097-3:2000, wskaźnik przepływu – PN-EN 933-6:2002, mrozoodporność wg PN-EN 1367-1:2007 (Kukielska i in. 2010). Dla każdej właściwości zaplanowano wykonanie 10 powtórzeń. Liczba badań została rozdzielona na wszystkich pracowników laboratorium, wykonujących dane oznaczenie. Każde powtórzenie oznaczało wykonanie pełnego badania od przygotowania próbki, przez wykonanie badania, do obliczenia wyniku. Ostatecznym celem jest oszacowanie niepewności wyniku dla poszczególnych oznaczeń dla 95% poziomu ufności. Badania miały charakter odtwarzalności wewnątrzlaboratoryjnej. Oznacza to, że badania były prowadzone w warunkach: w jednym laboratorium, tą samą metodą badawczą, przy użyciu tej samej aparatury, przez różnych wykonawców (laborantów), a do badań posłużyły różne próbki analityczne pobrane z jednej próbki laboratoryjnej. Przygotowane zostały cztery zestawy próbek:

- pospółka żwirowa, frakcja 0-31,5 mm; pyły, wskaźnik płaskości i kształtu, nasiąkliwość, wskaźnik przepływu, mrozoodporność,
- melafir kruszony, frakcja 31,5-63 mm; nasiąkliwość,
- piasek naturalny, frakcja 0-2 mm; wskaźnik piaskowy, wskaźnik przepływu, nasiąkliwość,
- bazalt kruszony, frakcja 8-16 mm; odporność na rozdrabnianie, na ścieranie, gęstość nasypowa.

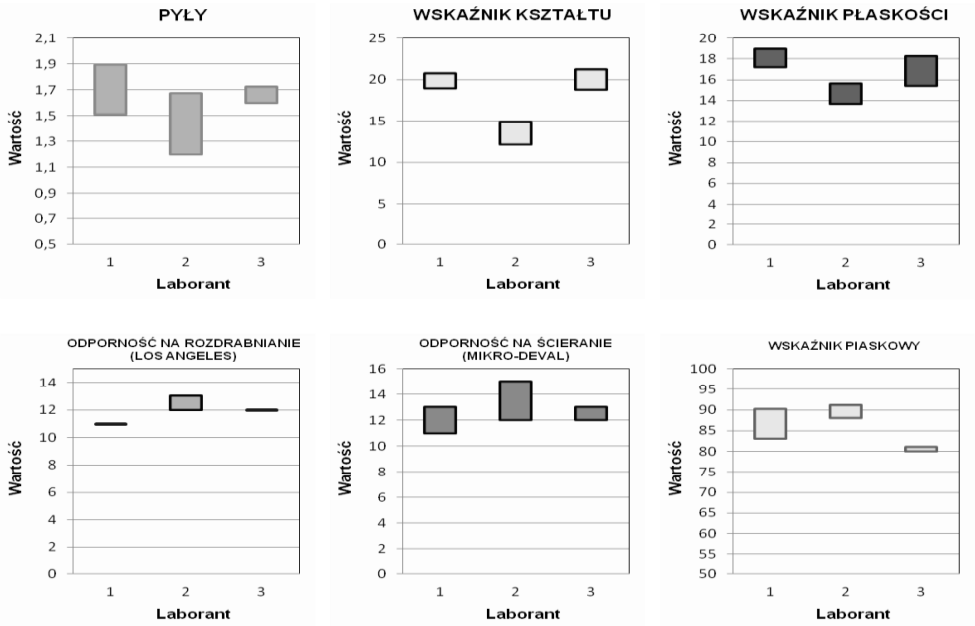
Każda z próbek została trzykrotnie uśredniona i przygotowana w ilościach niezbędnych do wykonania badań. W analizach dla poszczególnych metod zostały uwzględnione elementy budżetu niepewności oszacowane metodami typu A i B. Dla każdego badania zakres niepewności oszacowanej metodą typu B był inny ze względu na różną aparaturę zastosowaną w badaniu. Wyniki i sposób postępowania zgodne z aktualnymi w czasie wykonywania badań normami PN-EN. Metoda szacowania niepewności dla każdej właściwości wyglądała inaczej ze względu na ilość aparatury pomiarowej innej dla każdego badania oraz różne ilości parametrów mierzonych w przypadku różnych oznaczeń. Określano:

- wartość średnią arytmetyczną dla całej populacji wyników,
- odchylenie standardowe wartości średniej (przy założeniu, że rozrzut pomiarów jest rozkładem normalnym) – jest to niepewność typu A,
- odchylenie standardowe dla każdego urządzenia pomiarowego (lub ze świadectwa wzorcowania) – rozkład prostokątny; w przypadku kilku urządzeń wyniki należy zsumować geometrycznie – niepewność typu B,
- całkowita niepewność u_C – sumujemy geometrycznie niepewność typu A i B,
- niepewność rozszerzona U liczona dla prawdopodobieństwa $\alpha = 95\%$ (niepewność całkowita pomnożona przez współczynnik rozszerzalności $k_\alpha = 2$)

Wyniki niniejszej pracy zostały pozytywnie ocenione przez audytorów PCA.

Tab. 1. Ekstrema wyników z podziałem na laborantów
Tab. 1. Test results extremes for each lab worker

Wyszczególnienie	Niepewność rozszerzona poziom ufności = 95%	Laborant					
		1		2		3	
		min.	max	min.	max	min.	max
pyły	±0,45%	1,51	1,89	1,2	1,67	1,6	1,72
wskaźnik kształtu	±6,4%	19	21	12	15	19	21
wskaźnik płaskości	±3,2%	17	19	14	16	15	18
odporność na rozdrabnianie (LA)	±1,5	11	11	12	13	12	12
odporność na ścieranie (M_{DE})	±2,6	11	13	14	15	12	13
wskaźnik piaskowy	±8,2	83	90	88	91	80	81
nasiąkliwość dla frakcji 0-2 mm	±0,24%	0,27	0,29	0,43	0-59	0,42	0,49
0-4 mm	±0,58%	2,61	2,63	1,86	2,11	2,22	2,39
4-32 mm	±0,32%	1,79	1,98	1,72	1,87	2,01	2,15
32-63 mm	±0,32%	0,96	1,56	1,38	1,64	1,4	1,46
wskaźnik przepływu 0-2 mm	±1,9	26	26	25	26	25	25
0-4 mm	±1,1	19	19	20	20	21	21
mrozoodporność 4-8 mm	±0,86	2,5	2,7	1,6	1,8	1,6	1,8
8-16 mm	±0,80	1,5	1,6	0,6	0,9	0,8	1,0
gęstość nasypowa	±0,20 Mg/m^3	1,58	1,6	1,56	1,56	1,55	1,57

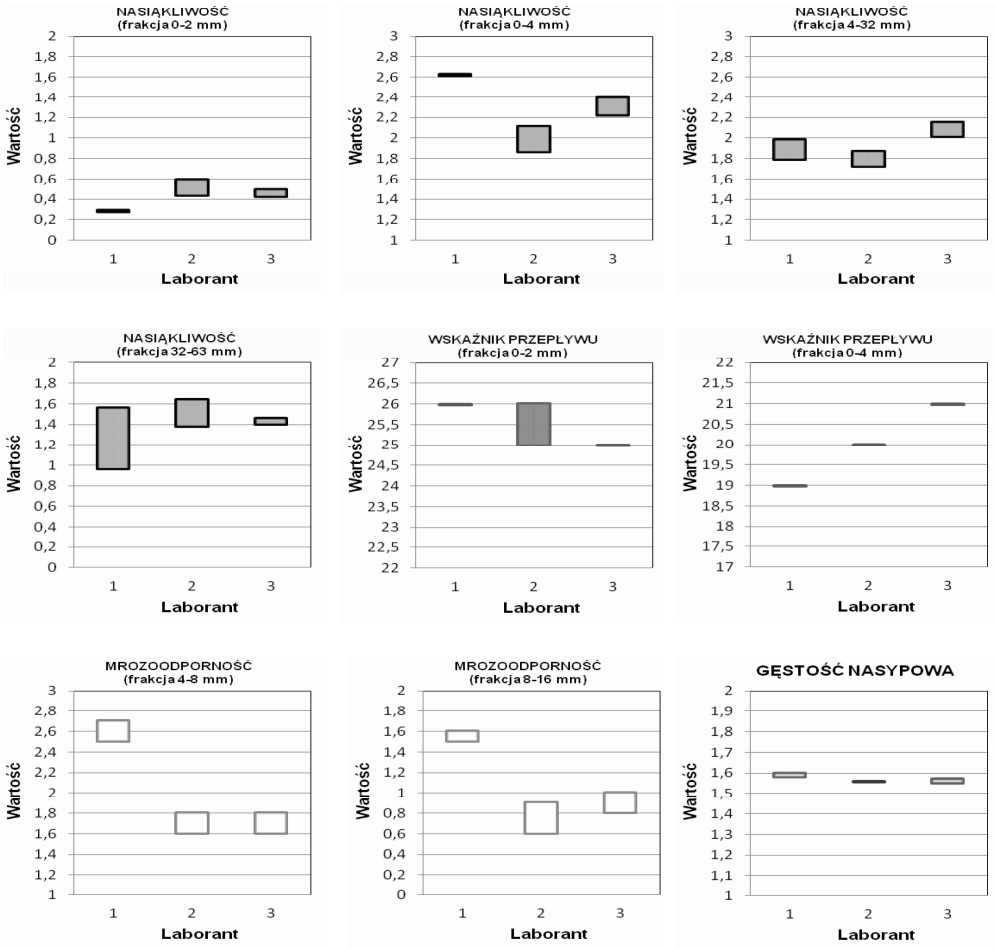


Rys. 1. Wykresy przedstawiające wyniki poszczególnych badań z podziałem na laborantów, cz. 1.
Fig. 1. Scheme diagrams shows particular test results for each lab worker, part 1.

2.1. WYNIKI SZACOWANIA NIEPEWNOŚCI

Na podstawie przeprowadzonych badań oszacowana została niepewność rozszerzona dla poziomu ufności 95% badań (Kukielska i in. 2010).

Wyniki badań uzyskane przez poszczególnych laborantów zostały przedstawione w tabeli 1 oraz na rysunkach 1 i 2.



Rys. 2. Wyniki badań z podziałem na laborantów, cz. 2.
Fig. 2. Scheme diagrams shows particular test results for each lab worker, part 2.

3. PORÓWNANIA MIĘDZYLABORATORYJNE

Porównania międzylaboratoryjne z zakresu właściwości kruszyw realizowano w ramach Klubu Polskich Laboratoriów Badawczych POLLAB, Sekcja Laboratoria Budowlane. Koordynatorem porównań było Laboratorium Surowców i Wyrobów Budowlanych IMBiGS (Filipczyk 2013). Porównania międzylaboratoryjne przeprowadzono w oparciu o wytyczne dotyczące biegłości badań zawarte w normie PN-EN ISO/IEC 17043:2011.

Celem programu porównań międzylaboratoryjnych było sprawdzenie/weryfikacja jakości wykonywanych badań kruszyw na podstawie wytypowanych metod.

W porównaniach międzylaboratoryjnych wzięły udział 22 laboratoria, w tym 13 akredytowanych. Laboratoria uczestniczące w programie nie miały obowiązku uczestniczyć we wszystkich zaproponowanych badaniach; każde deklarowało chęć uczestnictwa w poszczególnych badaniach wedle uznania. W ramach porównań międzylaboratoryjnych zaplanowano wykonanie badań wskaźnika piaskowego wg PN-EN 933-8:2012 oraz mrozoodporności wg PN-EN 1367-1:2007 (Filipczyk 2013).

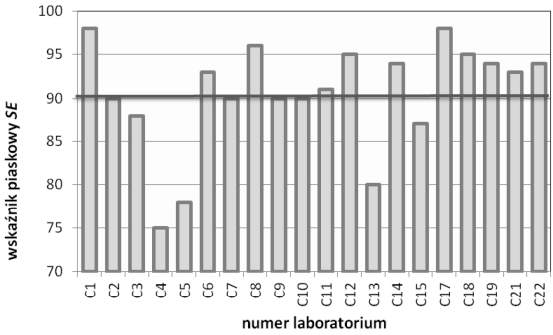
Do badania wskaźnika piaskowego został wytypowany piasek naturalny kwarcowy, natomiast do badania mrozoodporności kruszywo granitowe frakcji 8-16. Kruszywa do wszystkich badań zaplanowanych w porównaniach pochodziły ze złóż o znanej charakterystyce litologicznej. Materiał do każdego badania uśredniono i podzielono na konieczną liczbę próbek na żeberkowym dzielniku laboratoryjnym.

Tab. 2. Wyniki badań uzyskane przez poszczególne laboratoria
Tab. 2. Particular test results obtained by each laboratory

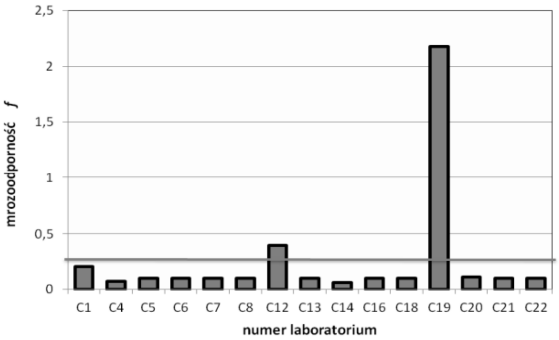
Nr (kod) laboratorium	Wskaźnik piaskowy *SE*	Mrozoodporność *F* [%]	Nr (kod) laboratorium	Wskaźnik piaskowy *SE*	Mrozoodporność *F* [%]
C1	98	0,2	C12	95	0,4
C2	90	–	C13	80	0,1
C3	88	–	C14	94	0,06
C4	75	0,07	C15	87	–
C5	89	0,1	C16	–	0,1
C6	93	0,1	C17	98	–
C7	90	0,1	C18	95	0,1
C8	96	0,1	C19	94	2,18
C9	90	–	C20	–	0,11
C10	90	–	C21	93	0,1
C11	91	–	C22	94	0,1
	SE				*F*
	90,5	⇐ wartość średnia ⇒			0,26
	6,32	⇐ odchylenie standardowe ⇒			0,537

3.1. WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań zostały przedstawione w tabeli 2 oraz na rysunkach 3 i 4.



Rys. 3. Wyniki badania wskaźnika piaskowego z zaznaczoną wartością średnią
Fig. 3. Scheme diagram shows of sand equivalent test results with avarange



Rys. 4. Wykres otrzymanych wyników badania mrozoodporności z zaznaczoną wartością średnią.
Fig. 4. Scheme diagram shows determination of resistance to freezing and thawing test results with avarange

3.2. OCENA WYNIKÓW

W celu weryfikacji otrzymanych wyników badań i odrzucenia tych z błędem grubym zastosowano test Grubbsa. Błędem grubym może być obarczona wartość skrajna. Dla uzyskanych w badaniach wartości obliczane są parametry odpowiednio $G_{\min}$ i $G_{\max}$ wg wzorów

$$G_{\min} = \frac{\bar{x} - x_{\min}}{s} \tag{1}$$

$$G_{\max} = \frac{x_{\max} - \bar{x}}{s} \tag{2}$$

gdzie:

$\bar{x}$ – wartość średnia z otrzymanych wyników
x_{min} – wartość minimalna z otrzymanych wyników
x_{max} – wartość maksymalna z otrzymanych wyników
s – miara zmienności (odchylenie standardowe z próby)

Wynik, którego wartość bezwzględna parametrów będzie większa od parametru krytycznego Grubbsa zostanie odrzucony.

Do oceny wyników badań uzyskanych przez poszczególne laboratoria zastosowano wskaźnik *z-score*. W obliczeniach dla poszczególnych wyników zastosowano wzór

$$z = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \tag{3}$$

gdzie x_i – wynik uzyskany przez laboratorium.

Kryteria dla wskaźnika *z-score*:

$\lvert z \rvert \leq 2$	wynik zadowalający
$2 < \lvert z \rvert < 3$	wynik wątpliwy
$\lvert z \rvert \geq 3$	wynik niezadowalający

3.2.1. TEST GRUBBSA

Wyniki testu Grubbsa zostały zestawione w tabeli 3. Odrzucony został wynik maksymalny badania mrozoodporności uzyskany w Laboratorium C19. Pozostałe wyniki zostały uznane za poprawne.

Tab. 3. Zestawienie wyników testu Grubbsa
Tab. 3. Grubbs test results comparison

Parametry	Wskaźnik piaskowy *SE*	Mrozoodporność *F* [%]
wartość maksymalna x_{max}	98	2,18
wartość minimalna x_{min}	75	0,06
średnia arytmetyczna $\bar{x}$	90	2,63
odchylenie standardowe s	6,3	0,537
parametr maksymalny Grubbsa G_{max}	1,19	3,57
parametr minimalny Grubbsa G_{min}	–2,44	0,37
wartość krytyczna dla poziomu istotności 1%	3,00	2,81
wartość krytyczna dla poziomu istotności 5%	2,71	2,55

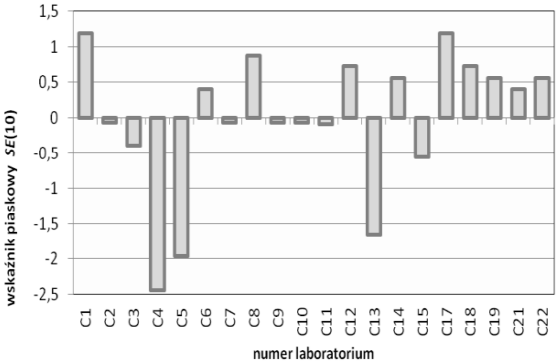
3.2.2. WSKAŹNIK *z-SCORE*

W tabeli 4 zostały przedstawione dane statystyczne zweryfikowane, po odrzuceniu wyniku obarczonego błędem grubym. Wyniki wskaźnika *z-score* zostały przedstawione na rysunkach 5 i 6. W zakresie badań wskaźnika piaskowego jedno laboratorium

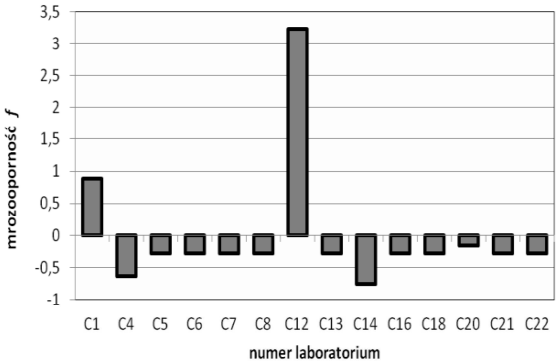
C4 uzyskało wynik wątpliwy; pozostałe uzyskały wyniki zadowalające. Wszystkie laboratoria uzyskały zadowalające wyniki mrozoodporności.

Tab. 4. Dane statystyczne po odrzuceniu błędu grubego
Tab. 4. Statistic calc date after rejecting the outliers date

Parametr	Wskaźnik piaskowy *SE*	Mrozoodporność *F* [%]
średnia arytmetyczna	90	0,12
odchylenie standardowe	6,3	0,085



Rys. 5. Wykres wskaźnika *z-score* dla wyników badania wskaźnika piaskowego
Fig. 5. Scheme diagram shows *z-score* results for sand equivalent test results



Rys. 6. Wskaźnik *z-score* dla wyników badania mrozoodporności
Fig. 6. Scheme diagram shows *z-score* results for determination of resistance to freezing and thawing test results

4. ANALIZA WYNIKÓW

Udział w powyższych pracach pozwolił na stworzenie listy czynników, które mogą wpłynąć na wynik. Należą do nich:

- subiektywne elementy metody badawczej,
- błąd aparatury pomiarowej,
- błąd ludzki (przy odczytywaniu wyników, przy obliczaniu wyników badań),
- błąd niejednorodności próbki (błąd pobrania próbki, błąd pobrania próbki laboratoryjnej, niejednorodność złoża),
- inne.

Obserwowane w pracach (Kukielska i in. 2010, Filipczyk 2013) podobne rozrzuty otrzymywanych wyników wskazują, że wpływ aparatury jest niezauważalny. Najczęściej stosowane urządzenia są pod stałym nadzorem (wymagania PCA), wzorcowane i regularnie sprawdzane, a w przypadku awarii wycofywane z użytku.

Dobra praktyka laboratoryjna (oraz polityka PCA) wymaga, aby osoby wykonujące badania były kompetentne w ramach czynności/badań, które wykonują. Zakładano, że tak jest. Zakłada się również, że metody badań wg odpowiednich norm są zapisane w nich w sposób jasny i czytelny, nie dający podstaw do nadinterpretacji i własnej inwencji twórczej laborantów. Niemniej są też takie elementy metod badawczych, w których subiektywna ocena badacza może mieć istotne znaczenie. Należy do nich np.: cena stopnia wysuszenia w badaniu gęstości i nasiąkliwości (PN-EN 1097-6:2013), i procentowego udziału powierzchni przekruszonych i zaokrąglonych przy badaniu wg PN-EN 933-5:2000. Jeżeli tak jest, można domniemywać, że błędy spowodowane czynnikiem ludzkim mogą się zdarzyć, ale jednostkowo. I o ile laboratorium ma pewne doświadczenie w wykonywaniu badań (oraz procedury), błędy te powinny zostać zauważone, a badanie powtórzone lub wyniki zweryfikowane, jeżeli istnieje taka możliwość (np. błędy w obliczeniach). Dobrym sposobem jest również nadzorowane zautomatyzowanie niektórych czynności (np. już chyba wszechobecne obliczanie wyników w programach komputerowych w sposób automatyczny).

Bardzo ważną cechą charakterystyczną dla górnictwa skalnego i badań właściwości fizykomechanicznych kruszyw, która może mieć wpływ na wyniki badań jest niejednorodność próbek (niejednorodność kruszywa). Kruszywa powstające w trakcie kruszenia z litej skały lub w procesie wydobywania skał okruchowych charakteryzują się zmiennością składu petrologicznego i mineralnego. Konsekwencją tego jest również zmienność niektórych właściwości kruszyw. Również w mniejszej skali nie można stwierdzić, że skała jest jednorodna. Oprócz samej zmienności teksturalnej w skałach mogą wystąpić wtrącenia skał/minerałów odmiennych genetycznie (ksenolity skał głębinowych w skałach wylewnych, krystalizacja stopów resztkowych, mineralizacja hydrotermalna, pneumatolityczna, itp.), a dodatkowo może występować wietrzenie, znacząco wpływające na niektóre parametry fizyko-mechaniczne kruszywa. Prowadzi do wzrostu rozrzutu otrzymywanych wyników badań.

Pomimo wcześniejszych założeń odnośnie metod badawczych, szczegółowo opisanych w poszczególnych normach PN-EN, nie ulega wątpliwości, że same metody też są źródłem rozrzutów otrzymywanych wyników. Czy w każdej przewidzianej próbce wykonanej zgodnie z wymaganiami norm będzie tyle samo ziaren płaskich? Albo ziaren poszczególnych frakcji? Nie będzie. Czy działanie czynników zewnętrznych: kul w bębnie Los Angeles, mrozu, wysokiej temperatury, wpłynie tak samo na każdą masę próbki (1, 2, czy 5 kg); nie wpłynie? Oczywiście takie różnice są niewielkie, ale zauważalne. Wyniki badań właściwości kruszyw przedstawiane są w postaci kategorii wg odpowiednich wytycznych norm. Problem nie występuje, o ile zmienność wyniku nie wpływa na zmianę kategorii dla danej właściwości.

W przypadku wyniku przy dolnej granicy dla kategorii, wówczas dla bezpieczeństwa warto przemyśleć, czy deklarowanie kategorii o stopień niższej nie będzie rozwiązaniem bezpieczniejszym, biorąc pod uwagę, że producent pod groźbą odpowiednich sankcji gwarantuje jakość kruszywa w deklaracji właściwości użytkowych.

5. PODSUMOWANIE

Badania porównawcze prowadzone w obrębie jednego lub kilku laboratoriów są dobrą formą sprawdzenia kompetencji tych jednostek, a wyciągnięte wnioski powinny służyć do samodoskonalenia. Jednak nawet najlepiej zorganizowane i zarządzane laboratorium górnictwa skalnego nie ustrzeże się niejednorodności otrzymywanych wyników. O ile czynniki aparaturowe oraz błędy ludzkie powinny być pod kontrolą i nie wpływać na wyniki badań, o tyle niejednorodność badanego materiału, tak charakterystyczną dla kruszyw naturalnych, należy świadomie brać pod uwagę.

LITERATURA

FILIPCZYK M., 2013, *Sprawozdanie z porównań międzylaboratoryjnych. Badania właściwości kruszyw LSiWB-KRUSZYWA 2012,* Nr 14/2012, Klub Polskich Laboratoriów Badawczych POLLAB, Sekcja Laboratoria Budowlane, Warszawa.

JCGM/WG 2, 2006, *International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM),* Document N318, 1/127, 3rd edition, Final draft 2006-08-01.

KUKIELSKA D., UZUNOW E., FILIPCZYK M., 2010, *Działania zamierzające do zapewnienia wysokiej jakości badań w Laboratorium Maszyn Roboczych i Górniczych – walidacja metod badawczych, spójność pomiarowa, niepewność badań,* Praca nr 12683, IMBiGS, Warszawa.

PN-EN 933-1:2012, *Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 1: Oznaczanie składu ziarnowego. Metoda przesiewania.*

PN-EN 933-3:2012, *Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 3: Oznaczanie kształtu ziarn za pomocą wskaźnika płaskości.*

PN-EN 933-4:2008, *Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 4: Oznaczanie kształtu ziarn. Wskaźnik kształtu.*

PN-EN 933-5:2000, *Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczanie procentowej zawartości ziarn o powierzchniach powstałych w wyniku przekruszenia lub łamania kruszyw grubych.*

PN-EN 933-6:2002, *Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 6: Ocena właściwości powierzchni Wskaźnik przepływu kruszyw*.
PN-EN 933-8:2012, *Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 8: Ocena zawartości drobnych cząstek. Badanie wskaźnika piaskowego*.
PN-EN 1097-1:2011, *Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 1: Oznaczanie odporności na ścieranie (mikro-Deval)*.
PN-EN 1097-2:2010, *Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 2: Metody oznaczania odporności na rozdrabnianie*.
PN-EN 1097-3:2000, *Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Oznaczanie gęstości nasypowej i jamistości*.
PN-EN 1097-6:2013, *Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 6: Oznaczanie gęstości ziarn i nasiąkliwości*.
PN-EN 1367-1:2007, *Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych. Część 1: Oznaczanie mrozoodporności*.
PN-EN ISO/IEC 17025:2005, *Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących*.
PN-EN ISO/IEC 17043:2011, *Ocena zgodności. Ogólne wymagania dotyczące badania biegłości*.
Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. *ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWGI,* Dz.U.L88 z 4.04.2011.

HETEROGENEITY OF NORMATIVE TESTS RESULTS OF AGGREGATES. PROBLEMS, ANALYSIS, PREVENTION

The article presents an analysis of factors affecting the homogeneity (and more specifically reproducibility) the results of properties of aggregates according to European standards EN. The authors try to find reasons for the large dispersions of results that shown in the tests. The analysis was based on the research carried out in 2009–2013 under the quality control of laboratory accredited by PCA.