

W zależności od przewidzianego zastosowania projektowanego betonu, należy dobierać do wykonania mieszanki betonowej kruszywo o ustalonych właściwościach, tak aby wykonany beton spełnił oczekiwane wymagania. Jakość zastosowanego kruszywa ma zasadniczy wpływ na właściwości i trwałość zabudowanego betonu. Zapisy normy PN-EN 206+A1:2016 „Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność” jako punkt odniesienia dla ustalenia ogólnej przydatności kruszywa do betonu przywołują normę PN-EN 12620 „Kruszywa do betonu”. Norma ta określa właściwości kruszyw oraz podaje normy, według których należy oznaczać dane właściwości. Na rys.1 przedstawiono podział wymagań dla kruszyw, z uszczegółowieniem cech fizycznych.



Rys.1. Podział właściwości kruszyw wg PN-EN 12620 * dot. kruszywa stosowanego w warstwach nawierzchniowych.

Przewidziane w specyfikacji technicznej warunki środowiska (klasa ekspozycji według PN-EN 206+A1:2016) w okresie eksploatacji obiektu (konstrukcji) wpływają na dobór jakościowy kruszywa o zadeklarowanych cechach fizycznych. Przykładowo w przypadku betonów o wysokiej wytrzymałości będzie to odporność na rozdrabnianie, zaś w przypadku nawierzchni betonowych będzie to także odporność na ścieranie, polerowalność. Szczególnym przypadkiem, z uwagi na warunki atmosferyczne występujące zimą, jest stosowanie kruszywa mrozoodpornego dla uzyskania betonu odpornego na agresywne oddziaływanie zamrażania/rozmarzania (klasa ekspozycji XF1÷XF4 wg PN-EN 206+A1:2016). Z uwagi na środki odładzające stosowane do zimowego utrzymania dróg, należy w betonie nawierzchniowym stosować kruszywo mrozoodporne także w obecności soli (najczęściej NaCl). W tabeli 1 przedstawiono zestawienie właściwości fizycznych kruszyw wraz z wykazem norm według których należy wykonać oznaczenie i dokonać oceny. Część metod stanowi metody alternatywne lub rzadziej stosowane w praktyce. Przykładowo Ogólne Specyfikacje Techniczne (OST) dla betonu konstrukcyjnego, w wymaganiach dla kruszywa grubego, specyfikują mrozoodporność kruszywa w solach wg PN-EN 1367-6 i odporność kruszywa na rozdrabnianie według PN-EN 1097-2 (LA). Zaś OST dotycząca nawierzchni z betonu cementowego specyfikuje kruszywo grube dodatkowo na odporność na polerowanie wg PN-EN 1097-8 (PSV) oraz mrozoodporność wg PN-EN 1367-1 (F).

Tabela 1. Zestawienie cech fizycznych kruszywa z normami badawczymi

Właściwość	Norma badawcza	Kategoria
Odporność na rozdrabnianie kruszywa grubego	PN-EN 1097-2 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw - Część 2: Metody oznaczania odporności na rozdrabnianie	LA SZ
Odporność na ścieranie kruszywa grubego	PN-EN 1097-1 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw - Część 1: Oznaczanie odporności na ścieranie (mikro-Deval)	M_{DE}
Odporność na polerowanie i ścieranie kruszywa grubego, stosowanego w warstwach nawierzchniowych	PN-EN 1097-8 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw - Część 8: Oznaczanie polerowalności kamienia	PSV AAV
	PN-EN 1097-9 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw - Część 9: Oznaczanie odporności na ścieranie abrazyjne przez opony z kolcami - Badanie skandynawskie	A_N
Mrozoodporność kruszywa grubego	PN-EN 1367-1 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych - Część 1: Oznaczanie mrozoodporności	F
	PN-EN 1367-2 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych - Część 2: Badanie w siarczeniu magnezu	MS
Mrozoodporność kruszywa w obecności soli	PN-EN 1367-6 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych - Część 6: Mrozoodporność w obecności soli	F_{EC}

W niniejszej karcie opisano metody badań następujących właściwości kruszyw:

- odporność na rozdrabnianie kruszywa grubego – LA,
- odporność na ścieranie kruszywa grubego - M_{DE} ,
- mrozoodporność kruszywa grubego – F,
- mrozoodporność kruszywa grubego w obecności soli (NaCl) - F_{EC} .

ODPORNOŚĆ NA ROZDRABNIANIE KRUSZYWA GRUBEGO - LA

W betonach narażonych na duże obciążenia mechaniczne i agresywne oddziaływanie środowiska (beton drogowy, mostowy) należy stosować kruszywo o wysokiej odporności na rozdrabnianie, czyli o niskim współczynniku LA. Odporność na rozdrabnianie oznaczana jest na podstawie pomiaru rozdrobnienia kruszywa w wyniku obtaczania się kruszywa wraz ze stalowymi kulami w obracającym się bębnie (rys. 2). Współczynnik Los Angeles (LA) odpowiada masie próbki analitycznej, która uległa rozdrobnieniu, wyrażonej w %, która przeszła przez sito 1,6 mm, po pełnym cyklu obrotów bębna. Im niższy współczynnik LA tym kruszywo charakteryzuje się wyższą odpornością na rozdrobnienie. W tabeli 2 przedstawiono kategorie odporności kruszywa na rozdrabnianie wg PN-EN 12620. W tabeli 3 przedstawiono zasady metodyki badania odporności na rozdrabnianie.

Tabela 2. Kategorie odporności na rozdrabnianie – współczynnik Los Angeles

Kategoria odporności na rozdrabnianie LA	Współczynnik Los Angeles
LA_{15}	≤ 15
LA_{20}	≤ 20
LA_{25}	≤ 25
LA_{30}	≤ 30
LA_{35}	≤ 35
LA_{40}	≤ 40
LA_{50}	≤ 50
$LA_{Deklarowanie}$	> 50
LA_{NR}	Brak wymagań



Rys. 2. Bęben Los Angeles do badania odporności kruszywa na rozdrabnianie

Tabela 3. Ogólny opis badania odporności kruszywa na rozdrabnianie metodą Los Angeles

PN-EN 1097-2 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw - Część 2: Metody oznaczania odporności na rozdrabnianie	
Zasada metody	Obtroczenie próbki kruszywa ze stalowymi kulami w bębnie (rozdrabnianie), obracającym się ustaloną ilość cykli. Po zakończeniu, ustala się pozostałość próbki analitycznej na sicie 1,6 mm.
Przygotowanie próbki do badania	<ul style="list-style-type: none"> Przygotowanie próbki analitycznej do badania; dla kruszywa o uziarnieniu 10/14 mm masa próbki wynosi $\geq 15\text{kg}$; Dodatkowe wymagania dla uziarnienia próbki analitycznej kruszywa: <ul style="list-style-type: none"> zawartość kruszywa do 12,5mm 60-70%, lub zawartość kruszywa do 11,2mm 30-40% Aby uzyskać próbkę o wymaganym uziarnieniu należy: <ul style="list-style-type: none"> przesiać próbkę laboratoryjną przez zestaw sit 10, 11,2 (lub 12,5) i 14 mm, dla wydzielenia dwóch frakcji 10/11,2 mm (lub 10/12,5) i 11,2/14 mm (lub 12,5/14), wymyć oddzielnie każdą frakcję zgodnie z PN-EN 933-1, wysuszyć w temp. $110 \pm 5^\circ\text{C}$ do stałej masy, wymieszać frakcje (po ochłodzeniu do temp. otoczenia) Dla uzyskania próbki analitycznej, należy pomniejszyć zmodyfikowaną próbkę kruszywa zgodnie z PN-EN 932-2. Masa próbki analitycznej powinna wynosić $5000\text{g} \pm 5\text{g}$
Wykonanie badania	<ol style="list-style-type: none"> W bębnie Los Angeles należy umieścić stalowe kule, a następnie próbkę analityczną Wykonać 500 obrotów bębna, ze stałą prędkością od $31 \div 33$ obr/min Próbkę po cyklach obracania przesiać na mokro na sicie 1,6 mm, zgodnie z PN-EN 933-1 Pozostałość na sicie 1,6 mm wysuszyć w temp. $110 \pm 5^\circ\text{C}$ do stałej masy
Obliczenie wyników	<p>Wynik badania stanowi współczynnik LA, obliczony według wzoru:</p> $LA = \frac{5000 - m}{50}$ <p>m – masa pozostająca na sicie 1,6 mm [g]</p>

W zależności od współczynnika LA określa się klasę wytrzymałości betonu, dla której dane kruszywo może być zastosowane. Im niższy współczynnik LA, tym wyższa wytrzymałość betonu. W tabeli 4 podano przykładowe klasy wytrzymałości w zależności od wartości współczynnika LA.

Tabela 4. Klasy wytrzymałości betonu w zależności od współczynnika LA

Przykładowe klasy wytrzymałości	Kategoria LA
C50/60 i wyższe	$\leq LA_{30}$
C20/25 do C50/60	$\leq LA_{35}$
C16/20 do C30/37	$\leq LA_{40}$
C8/10 do C20/25	$\leq LA_{50}$

Odporności kruszywa na rozdrabnianie jest jednym z kryterium dopuszczającym kruszywo do stosowania w betonie konstrukcyjnym w budownictwie komunikacyjnym według Ogólnej Specyfikacji Technicznej (OST) „Beton konstrukcyjny w drogowym obiekcie inżynierskim”. Beton konstrukcyjny wg OST to beton zwykły w klasie wytrzymałości na ściskanie nie mniejszej niż C20/25. Zgodnie z tabelą 2 beton klasy C20/25 powinien charakteryzować się kategorią $\leq LA_{35}$. Główne kryterium dopuszczenia kruszywa do stosowania w betonie konstrukcyjnym zastrzeżone jest do kategorii LA_{25} , gdy mrozoodporność (wg PN-EN 1367-6:2008) w obecności NaCl nie przekracza 6%. Jednocześnie OST wprowadza złagodzone kryterium dla kruszyw do betonu konstrukcyjnego LA_{40} , przy czym mrozoodporność takiego kruszywa nie może przekraczać 2% (wg PN-EN 1367-6:2008). Przyjęcie takich kryteriów jest podyktowane doświadczeniem w stosowaniu kruszyw granitowych w budownictwie komunikacyjnym. Granit charakteryzuje się bardzo dobrą mrozoodpornością, aczkolwiek wytrzymałość granitu na rozdrabnianie wynosi ok. 40% (LA_{40}), co przy założonym kryterium LA_{25} dyskwalifikowałoby całkowicie możliwość stosowania granitu w betonach konstrukcyjnych w drogowych obiektach inżynierskich.

ODPORNOŚĆ NA ŚCIERANIE KRUSZYWA GRUBEGO

W przypadku betonów narażonych na ścieranie zaleca się zastosowanie kruszywa o wysokiej odporności na ścieranie – o niskim współczynniku mikro-Devala. Oznaczanie współczynnika mikro-Devala polega na określeniu zużycia kruszywa w wyniku tarcia pomiędzy kruszywem, a materiałem ściernym w obracającym się bębnie. Kategorie odporności na ścieranie, w zależności od współczynnika mikro-Devala, przedstawiono w tabeli 5. W tabeli 6 przedstawiono ogólny opis metodyki badania odporności na ścieranie kruszywa grubego

Tabela 5. Kategorie odporności na ścieranie kruszywa grubego – współczynnik mikro-Devala

Kategoria odporności na ścieranie M_{DE}	Współczynnik mikro-Devala
$M_{DE} 10$	≤ 10
$M_{DE} 15$	≤ 15
$M_{DE} 20$	≤ 20
$M_{DE} 25$	≤ 25
$M_{DE} 35$	≤ 35
M_{DE} Deklarowane	> 30
$M_{DE} NR$	Brak wymagań

Tabela 6. Ogólny opis badania odporności kruszywa na ścieranie (mikro-Deval)

PN-EN 1097-1 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw - Część 1: Oznaczanie odporności na ścieranie (mikro-Deval)	
Zasada metody	Ocena odporności próbki kruszywa na ścieranie o materiał ścierny w obracającym się bębnie, określenie ubytku masy, wyrażonej w %.
Przygotowanie próbki do badania	<ul style="list-style-type: none"> • Przygotować próbkę analityczną kruszywa o uziarnieniu 10/14mm i masie ≥ 2kg; • Dodatkowe wymagania dla uziarnienia próbki analitycznej kruszywa: <ul style="list-style-type: none"> – zawartość kruszywa do 12,5mm 60-70%, lub – zawartość kruszywa do 11,2mm 30-40%

Tabela 6 (c.d.). Ogólny opis badania odporności kruszywa na ścieranie (mikro-Deval)

PN-EN 1097-1 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw - Część 1: Oznaczanie odporności na ścieranie (mikro-Deval)	
Przygotowanie próbki do badania	<ul style="list-style-type: none"> Aby uzyskać próbkę o wymaganym uziarnieniu należy: <ul style="list-style-type: none"> – przesiać próbkę laboratoryjną przez zestaw sit 10, 11,2 lub 12,5 i 14mm, dla wydzielenia dwóch frakcji 10/11,2mm lub 10/12,5 i 11,2/14mm lub 12,5/14, – wymyć oddzielnie każdą frakcję zgodnie z PN-EN 933-1, – wysuszyć w temp. $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ do stałej masy, – wymieszać frakcje (po ochłodzeniu do temp. otoczenia) Dla uzyskania próbki analitycznej, należy pomniejszyć zmodyfikowaną próbkę kruszywa zgodnie z PN-EN 932-2. Próbka analityczna powinna składać się z dwóch próbek do badania, każda o masie $500\text{g}\pm 2\text{g}$
Wykonanie badania	<ol style="list-style-type: none"> 1. W bębnach maszyny badawczej umieścić próbki analityczne 2. Dodać stalowe kule do każdego bębna w ilości $5000\text{g}\pm 5\text{g}$ 3. Dolać $2,5\pm 0,05\text{l}$ wody do każdego bębna 4. Wykonać $12\ 000\pm 10$ obrotów bębna, z prędkością $100\pm 5\text{obr}/\text{min}$ 5. Próbki po cyklach obracania, wybrać z maszyny badawczej wraz z kulami, przemywając bęben wodą 6. Przemyć pobrany materiał na sicie 1,6mm zabezpieczonym sitem 8mm 7. Oddzielić stalowe kule od próbki kruszywa 8. Pozostałość kruszywa z sit 1,6 i 8mm wysuszyć w temp. $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 9. Oznaczyć masę pozostającą na sicie 1,6 mm wg z PN-EN 933-1
Obliczenie wyników	<p>Wynik badania stanowi współczynnik M_{DE}, obliczony dla każdej badanej próbki z dokładnością do 0,1 jednostki, według wzoru:</p> $M_{DE} = \frac{500-m}{50}$ <p>m – masa pozostająca na sicie 1,6 mm [g]</p>



Rys. 3. Bęben mikro-Deval (widok komory roboczej)

MROZODPORNOŚĆ KRUSZYWA GRUBEGO

Dla zaprojektowania i wykonania mrozoodpornego betonu, zgonie z PN-EN 206+A1:2016, w klasach ekspozycji XF, należy w składzie betonu stosować kruszywo mrozoodporne. W ramach oceny mrozoodporności kruszywa, norma PN-EN 12620 przywołuje badanie mrozoodporności zgodne z PN-EN 1367-1 "Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych - Część 1: Oznaczanie mrozoodporności". W tabeli 7 przedstawiono kategorie mrozoodporności, w tabeli 8 ogólny opis metodyki badania mrozoodporności kruszywa grubego.

Tabela 7. Kategorie mrozoodporności kruszywa grubego

Kategoria mrozoodporności F	Ubytek masy F, % wag.
F ₁	≤ 1
F ₂	≤ 2
F ₄	≤ 4
F _{Deklarowane}	> 4
F _{NR}	Brak wymagania

Tabela 8. Ogólny opis badania mrozoodporności kruszywa grubego

PN-EN 1367-1 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych - Część 1: Oznaczanie mrozoodporności	
Zasada metody	Nasączona wodą próbkę kruszywa jednofrakcyjnego poddaje się 10 cyklom zamrażania i odmrażania. Cykl składa się z zamrażania kruszywa w wodzie do temp. -17,5°C, a następnie odmrażaniu w kąpeli wodnej o temp. około 20°C. Po zakończeniu cykli określa się zmiany makroskopowe kruszywa – powstanie rys/pęknięć, straty masy oraz, jeżeli to konieczne, zmiany wytrzymałości.
Przygotowanie próbek do badania	<ul style="list-style-type: none"> Przygotować 3 próbki kruszywa do badania zgodnie z PN-EN 932-2, poprzez pomniejszenie próbki pobranej z kruszywa jednofrakcyjnego, po usunięciu nadziarna i podziarna. Zalecaną frakcja kruszywa powinna zawierać się w przedziale od 8–16mm i powinna posiadać masę 2000g±5%. Dopuszczone są także próbki kruszywa o uziarnieniu i masie (lub objętości nasypowej dla kruszywa lekkiego): <ul style="list-style-type: none"> – od 4 do 8 mm, 1000 g ± 5%, – od 16 do 32 mm, 4000 g ± 5%, – od 32 do 63 mm, 6000 g ± 5%, Próbki kruszywa do badania mrozoodporności umyć i oczyścić z przylegających ziaren. Następnie wysuszyć w temp. 110°C±5°C do stałej masy, ostudzić do temperatury otoczenia i zważyć. Kruszywo lekkie wysuszyć do stałej masy. Ważenie należy wykonać z dokładnością, dla kruszywa o wymiarze: <ul style="list-style-type: none"> – do 16mm - do ± 0,2g, – powyżej 16 mm – do ± 0,5g
Wykonanie badania	<ol style="list-style-type: none"> Wykonać nasączanie polegające na przechowywaniu próbek w pojemnikach przez 24±1godz., w temp. 20±5°C w destylowanej lub dejonizowanej wodzie. Zamknięte pojemniki z próbkami do badania umieścić w zamrażarce i poddać 10 cyklom zamrażania i odmrażania. Cykle zamrażania-odmrażania przeprowadzić w sposób: <ol style="list-style-type: none"> Zmniejszyć temp. z 20°C±5°C do 0°C±1°C w czasie 150±60min i utrzymać temp. 0°C±1°C przez 210±90min, zmniejszyć temp. z 0°C±1°C do -17,5°C±2,5°C w czasie 150±60min i utrzymać temp. -17,5°C±2,5°C przez min. 240min, odmrażać próbki w wodzie o temp. około 20°C, do czasu gdy temp. próbki osiągnie 20°C±3°C, po zakończeniu każdego etapu rozmrażania pojemnik pozostawić w wodzie o temp. 20°C±3°C przez maks. 10 godzin, każdy pełny cykl zamrażania-odmrażania powinien zostać wykonany w ciągu 24 godzin,

Tabela 8 (c.d.). Ogólny opis badania mrozoodporności kruszywa grubego

PN-EN 1367-1 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych - Część 1: Oznaczanie mrozoodporności	
Wykonanie badania	4. Po 10 cyklach badania, przemyć i przesiał badaną próbkę ręcznie na sicie. Pozostałość na sicie wysuszyć w temp. $110 \pm 5^\circ\text{C}$ do stałej masy, ostudzić i zważyć. Sito badawcze powinno być o wymiarze równym połowie dolnego wymiaru sita, stosowanego do przygotowania próbki do badania np. dla frakcji 8/16 mm należy zastosować sito 4 mm
Obliczenie wyników	Wynik badania stanowi obliczony ubytek masy, wyrażony %, i oznaczona kategoria mrozoodporność kruszywa F, zgodnie ze wzorem: $F = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$ M_1 – początkowa masa całkowita 3 wysuszonych próbek do badania [g], M_2 – końcowa całkowita masa 3 wysuszonych próbek do badania, pozostała na określonym sicie [g]

MROZOODPORNOŚĆ KRUSZYWA GRUBEGO W OBECNOŚCI SOLI (NaCl)

Konieczność zimowego utrzymania dróg powoduje, że konstrukcje betonowe mogą być narażone na działanie naprzemiennych cykli zamrażania i odmrażania w obecności soli, co stanowi szczególne zagrożenie dla trwałości betonu. W tabeli 9 przedstawiono kategorie mrozoodporności kruszywa w obecności soli, dla metody badania przeprowadzonej zgodnie z metodyką zawartą w PN-EN 1367-6. W tabeli 10 przedstawiono ogólny opis metodyki badania mrozoodporności kruszywa grubego w obecności soli.

Tabela 9. Kategorie mrozoodporności kruszywa grubego w obecności soli

Kategoria mrozoodporności F_{EC}	Ubytek masy, % wag.
$F_{EC} 2$	≤ 2
$F_{EC} 4$	≤ 4
$F_{EC} 5$	≤ 5
$F_{EC} 6$	> 6
$F_{EC} 8$	≤ 8
$F_{EC} 14$	≤ 14
$F_{EC} 25$	≤ 25
$F_{EC} 50$	≤ 50
F_{EC} Deklarowane	> 50
F_{ECNR}	Brak wymagania

Tabela 10. Ogólny opis badania mrozoodporności kruszywa grubego

PN-EN 1367-6 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych Część 6: Mrozoodporność w obecności soli	
Zasada metody	Określenie mrozoodporności próbek kruszywa nasączonych 1% roztworem NaCl poprzez przeprowadzenie 10 cykli zamrażania i odmrażania. Cykl składa się z zamrażania w roztworze soli do temp. $-17,5^\circ\text{C}$, a następnie odmrażaniu w temp. 20°C . Po zakończeniu cykli określa się ubytek masy kruszywa.
Przygotowanie próbki do badania	<ul style="list-style-type: none"> Przygotować 3 próbki kruszywa do badania zgodnie z PN-EN 932-2, poprzez pomniejszenie próbki pobranej z kruszywa jednofrakcyjnego, po usunięciu nadziarna i podziarna Zalecaną frakcją próbki powinna zawierać się w przedziale od 8 ÷ 16 mm. Możliwe jest zastosowanie kruszywa o frakcji od 4 ÷ 8 mm

Tabela 10(c.d.). Ogólny opis badania mrozoodporności kruszywa grubego

PN-EN 1367-6 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych Część 6: Mrozoodporność w obecności soli	
Przygotowanie próbki do badania	<ul style="list-style-type: none"> Masa próbek do badania, w zależności od uziarnienia: <ul style="list-style-type: none"> – 8÷16 mm, 2000 g ± 5%, – 4÷8 mm, 1000 g ± 5%, Próbki do badania umyć i oczyścić z przylegających ziaren. Następnie wysuszyć w temp. 110°C ± 5°C do stałej masy i ostudzić do temperatury otoczenia i zważyć.
Wykonanie badania	<ol style="list-style-type: none"> Wykonać nasączenie 1% roztworem NaCl, polegające na przechowywaniu próbek w roztworze (pod warstwą min. 10mm) w pojemnikach przez 24±1 godziny, w temp. 20°C ±3°C Zamknięte pojemniki z próbkami kruszywa do badania umieścić w zamrażarce i poddać 10 cyklom zamrażania i odmrażania Cykle zamrażania-odmrażania przeprowadzić w następujący sposób: <ol style="list-style-type: none"> Zmniejszyć temp. z 20°C±3°C do -1°C±0,5°C w czasie 150±30min. i utrzymuje temp. -1,0°C±0,5°C przez 360±30min., zmniejszyć temp. z -1°C±0,5°C do -17,5°C±2,5°C w czasie 540±30min. i utrzymać temp. -17,5°C ± 2,5°C przez min. 240min., odmrażać próbki w wodzie o temp. ok.20°C, do czasu gdy temp. próbki osiągnie 20°C±3°C, po zakończeniu każdego etapu rozmrażania pojemnik pozostawić w wodzie o temperaturze 20°C±3 °C przez maks. 10 godzin, każdy pełny cykl zamrażania-odmrażania powinien zostać wykonany w ciągu 24 godzin Po 10 cyklach badania, przemyć i przesiałą badaną próbkę ręcznie na sicie. Pozostałość na sicie wysuszyć w temp. 110°C±5°C do stałej masy, ostudzić i zważyć <p>Sito badawcze powinno być o wymiarze równym połowie dolnego wymiaru sita, stosowanego do przygotowania próbki do badania np. dla frakcji 8/16 mm należy zastosować sito 4 mm</p>
Obliczenie wyników	<p>Wynik badania stanowi współczynnik F, obliczony na podstawie ubytku masy, zgodnie ze wzorem:</p> $F = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$ <p>M_1 – początkowa całkowita masa 3 wysuszonych próbek do badania [g], M_2 – końcowa całkowita masa 3 wysuszonych próbek do badania, pozostała na określonym sicie [g]</p>

