

**KONSYSTENCJA** – stopień ciekłości mieszanki betonowej określany poprzez klasy konsystencji. Konsystencja obrazuje zdolność mieszanki betonowej do odkształceń pod wpływem obciążenia. W zależności od metody badania, obciążenie może być zarówno ciężarem własnym mieszanki, jak i dodatkowym oddziaływaniem zewnętrznym.

Pomiaru konsystencji należy dokonać jedną z metod:

- Metoda opadu stożka (wg PN-EN 12350-2 „Badania mieszanki betonowej – Część 2: Badanie konsystencji metodą opadu stożka”),
- Metoda oznaczania stopnia zagęszczalności (wg PN-EN 12350-4 „Badania mieszanki betonowej – Część 4: Badanie konsystencji metodą oznaczania stopnia zagęszczalności”),
- Metoda stolika rozpliwowego (wg PN-EN 12350-5 „Badania mieszanki betonowej – Część 5: Badanie konsystencji metodą stolika rozpliwowego”),
- Metoda rozpliwu stożka (wg PN-EN 12350-8 „Badania mieszanki betonowej – Część 8: Beton samozagęszczalny -- Badanie metodą rozpliwu stożka”),
- Metoda Ve-be (wg EN 12350-3 „Badania mieszanki betonowej – Część 3: Badanie konsystencji metodą Vebe”),
- Metoda specjalna, uzgodniona pomiędzy specyfikującym i producentem betonu – (do specjalnych zastosowań).

Do każdej metody został określony osobny podział na klasy konsystencji. We współczesnej literaturze i normach podaje się klasy konsystencji zgodne z przyjętą metodą badania mieszanki betonowej. W starszych książkach i dokumentach odniesienia klasyfikowano konsystencje na podstawie nazw, które obrazowały cechy mieszanki betonowej: ciekła, półciekła, plastyczna, gęstoplastyczna, wilgotna, sypka, granicznie sypka.

Konsystencję mieszanki betonowej należy dobierać w zależności od sposobu i czasu transportu, metody zabudowy oraz kształtu elementu i rozmieszczenia zbrojenia. W tabeli 1 przedstawiono rodzaje konsystencji mieszanki betonowej oraz zalecane metody badawcze.

Tab. 1. Zalecane metody oznaczania konsystencji mieszanki betonowej

Konsystencja	Sposoby zagęszczania mieszanki i warunki formowania elementu	Zalecana metoda badawcza
Wilgotna	Mieszanki wibroprasowane, przekroje proste niezbrojone	Nie klasyfikuje się ze względu na konsystencję
Gęstoplastyczna	Mieszanki wibrowane lub ubijane ręcznie, przekroje proste rzadko zbrojone	Stopień zagęszczalności
Plastyczna	Mieszanki wibrowane, przekroje proste normalnie zbrojone lub przekroje złożone rzadko zbrojone	Stopień zagęszczalności, opad stożka
Półciekła	Mieszanki wibrowane, przekroje złożone gęsto zbrojone	Stopień zagęszczalności, opad stożka
Ciekła	Mieszanki ręcznie sztychowane	Rozpliw, rozpliw stożka, opad stożka
Bardzo ciekła	Mieszanki samozagęszczalne	Rozpliw stożka

## UWAGA!

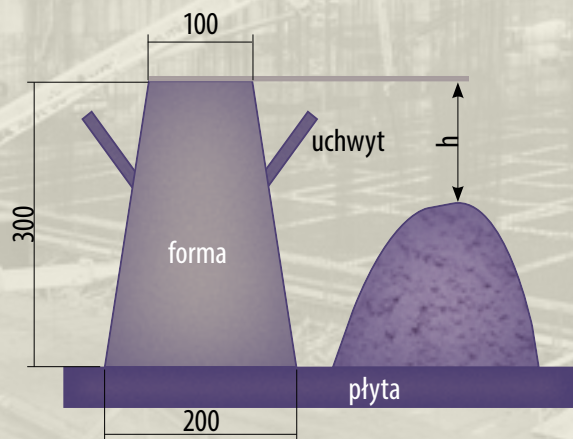
**NIEDOPUSZCZALNE JEST ZWIĘKSZANIE CIEKŁOŚCI MIESZANKI BETONOWEJ POPRZEC DODAWANIE WODY – POWODUJE TO ZWIĘKSZENIE WIELKOŚCI WSPÓŁCZYNNIKA W/C I OBNIŻENIE TRWAŁOŚCI BETONU.**

**KONSYSTENCJĘ NALEŻY REGULOWAĆ Z WYKORZYSTANIEM ODPOWIEDNIH DOMIESZEK UPŁASTYCZNIAJĄCYCH I/LUB UPŁYNNIAJĄCYCH.**

## METODA OPADU STOŻKA

Badanie przeprowadza się według normy PN-EN 12350-2. Zasada metody polega na umieszczeniu i zagęszczeniu mieszanki betonowej w formie o kształcie ściętego stożka. Opad stożka mieszanki betonowej (po zdjęciu formy) jest miarą jej konsystencji. Wg PN-EN 12350-2 metoda opadu stożka jest czuła na zmiany konsystencji mieszanki betonowej, które odpowiadają opadowi stożka w granicach od 10 mm do 210 mm. Poza tym przedziałem, pomiar konsystencji metodą opadu stożka może okazać się niemiernodajny i zaleca się stosowanie innych metod. W przypadku, gdy opad stożka podlega dalszym zmianom w czasie dłuższym niż 1 min od momentu zdjęcia formy, pomiar konsystencji metodą opadu stożka jest niemiernodajny. Badanie jest także niemiernodajne, gdy największy wymiar ziarna kruszywa w betonie jest większy niż 40 mm.

Oznaczenie konsystencji (klasy konsystencji) polega na pomiarze opadu stożka bezpośrednio po usunięciu formy (stożek Abramsa), czyli różnicy między wysokością formy, a wysokością najwyższego punktu rozformowanej próbki mieszanki betonowej (rys.1). Mieszankę betonową umieszcza się w formie w 3 warstwach, każdą zagęszcza się ręcznie przez sztychowanie (25 razy każdą warstwę). Rozformowanie polega na równomiernym podniesieniu formy do góry. Czynność tę wykonuje się w czasie około 5-10 sekund. Całe badanie, od momentu rozpoczęcia napełniania formy do jej zdjęcia, powinno zakończyć się w czasie 2,5 minuty. Po zdjęciu formy należy dokonać pomiaru opadu stożka ( $h$ ), który wyraża się różnicą wysokości formy i najwyższym punktem rozformowanej próbki mieszanki betonowej (rys. 1). Klasy konsystencji według metody stożka podano w tabeli 2.



Rys. 1. Badanie konsystencji metodą opadu stożka

**Przyrządy:** forma kształtująca próbkę do badania, pręt do sztychowania, przymiar liniowy (wyskalowany od 0 do 300 mm), płyta (powierzchnia podstawy), szufla, sekundomierz, wilgotna tkanina, łopatka (o szerokości około 100 mm).

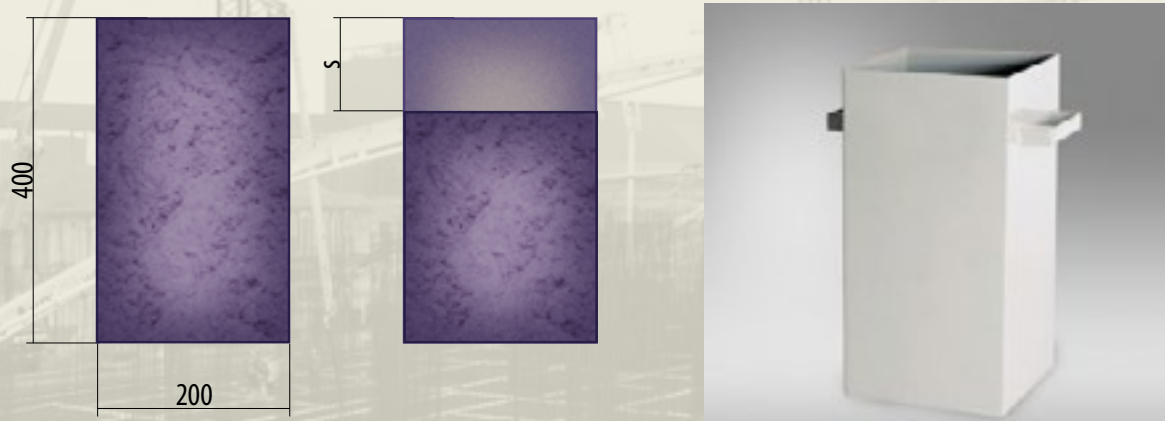
Tabela 2. Klasy konsystencji wg metody opadu stożka

Klasa	Opad stożka [mm]	Tolerancja [mm]
S1	10 - 40	± 10
S2	50 - 90	± 20
S3	100 - 150	± 30
S4	160 - 210	
S5	≥ 220	



## METODA STOPNIA ZAGĘSZCZALNOŚCI

Badanie przeprowadza się według metodyki zawartej w normie PN-EN 12350-4. Metody nie stosuje się w odniesieniu do mieszanki betonowej z kruszywem o maksymalnym wymiarze ziaren przekraczającym 63 mm. Jeżeli stopień zagęszczalności jest mniejszy niż 1,04 lub większy niż 1,46, pomiar konsystencji mieszanki betonowej metodą oznaczania stopnia zagęszczalności jest niemiernodajny. Zasada metody polega na ułożeniu w pojemniku mieszanki betonowej i wyrównaniu jej górnej powierzchni do poziomu krawędzi pojemnika oraz umieszczeniu pojemnika na stoliku wibracyjnym. Mieszankę betonową należy zagęścić wibrując do momentu, w którym przestanie ona tracić na objętość, a następnie dokonać pomiaru odległości między powierzchnią zagęszczonej mieszanki betonowej i górną krawędzią pojemnika oraz przeliczyć wynik wg wzoru podanego pod rys. 2. Klasy konsystencji według metody stopnia zagęszczalności pokazano w tabeli 3.



$$C = h_1 / (h_1 - s)$$

Rys. 2. Badanie konsystencji metodą oznaczania stopnia zagęszczalności

**Przyrządy:** pojemnik, packa metalowa, stół wibracyjny o minimalnej częstotliwości około 40 Hz, szufla, zgarniak, przyrząd liniowy, wilgotna tkanina.

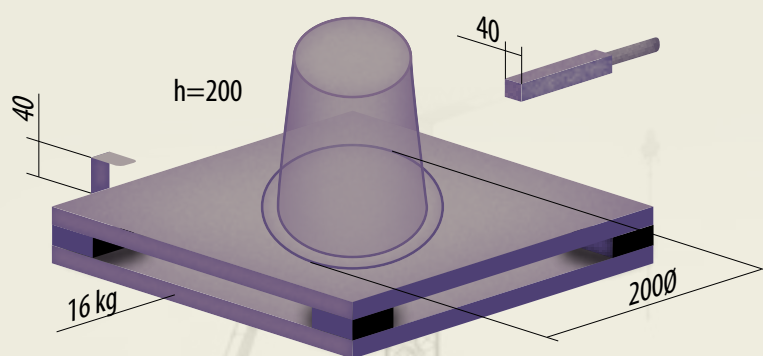
Tabela 3. Klasy konsystencji wg metody stopnia zagęszczalności

Klasa	Stopień zagęszczalności	Tolerancja [mm]
C0	1,46	± 0,13
C1	1,45 - 1,26	
C2	1,25 - 1,11	± 0,11
C3	1,10 - 1,04	± 0,08

## METODA STOLIKA ROZPŁYWOWEGO

Badanie konsystencji przeprowadza się według normy PN-EN 12350-5. Metody tej nie stosuje się do betonów samozagęszczalnych, komórkowych, jamistych ani betonów z kruszywem o maksymalnym wymiarze ziaren przekraczającym 63 mm. Metoda badania rozptywu jest czuła na zmiany konsystencji mieszanki betonowej, które odpowiadają wartościom rozptywu w granicach od 340 mm do 600 mm. Poza tym przedziałem, badanie metodą stolika rozptywowego może okazać się niemiernodajne i wówczas zaleca się wziąć pod uwagę inne metody oznaczania konsystencji.

Badanie konsystencji polega na pomiarze rozptywu mieszanki betonowej na płaskiej płycie poddanej wstrząsom. Formę stożkową, zwilżoną od wewnątrz wilgotną tkaniną, umieszcza się centralnie na górnej płycie stolika rozptywowego (rys. 3). Formę napętnia się dwoma warstwami mieszanki betonowej, zagęszczając każdą warstwę przez 10-krotne lekkie uderzenie drewnianym drążkiem zagęszczającym. Poziom mieszanki wyrównuje się do górnej krawędzi formy. Po upływie 30 sekund od wyrównania mieszanki formę podnosi się do góry. Czynność tę należy wykonać w czasie około 3-6 sekund. Po podniesieniu formy, wykonuje się 15 cykli podnoszenia i swobodnego opadania płyty górnej stolika. Klasy konsystencji według metody rozptywu podano w tabeli 4.



Rys. 3. Badanie konsystencji metodą stolika rozplywowego

**Przyrządy:** stolik rozplywowy, forma do kształtowania próbki, drążek do zagęszczania, przymiar liniowy, szufla, wilgotna tkanina, stoper.

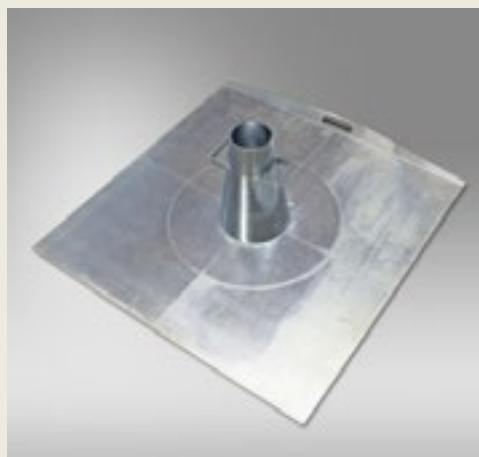
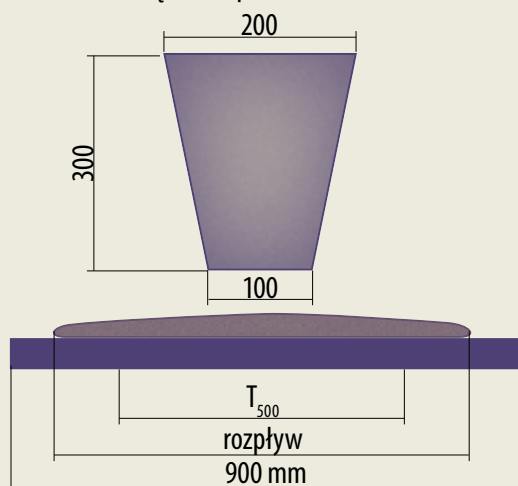
Tabela 4. Klasy konsystencji wg metody rozplywu

Klasa	Średnica rozplywu [mm]	Tolerancja [mm]
F1	≤ 340	± 40
F2	350 - 410	
F3	420 - 480	
F4	490 - 550	
F5	560 - 620	
F6	≥ 630	

## METODA ROZPLYWU STOŻKA

Badanie konsystencji przeprowadza się według normy PN-EN 12350-8. W normie określono procedurę oznaczania rozplywu stożka oraz czasu rozplywu  $t_{500}$  w odniesieniu do betonu samozagęszczalnego (czas, po którym rozplyw stożka osiągnie 500 mm). Badanie konsystencji tą metodą jest niemiernodajne, gdy wymiar ziarna kruszywa w badanej mieszance betonowej jest większy niż 40 mm.

Badanie konsystencji polega na pomiarze średnicy rozplywu mieszanki betonowej pod własnym ciężarem, po usunięciu formy. Mieszankę betonową umieszcza się w jednej warstwie, bez zagęszczania, w formie (stożek Abramsa) ustawionej szerszym otworem do góry na płycie. Po usunięciu formy mierzy się średnicę rozplywu w 2 kierunkach, jako wynik podaje się wartość średnią. Klasy konsystencji określone metodą stożka podano w tabeli 5.



Rys. 4. Badanie konsystencji metodą rozplywu stożka - rozplyw swobodny

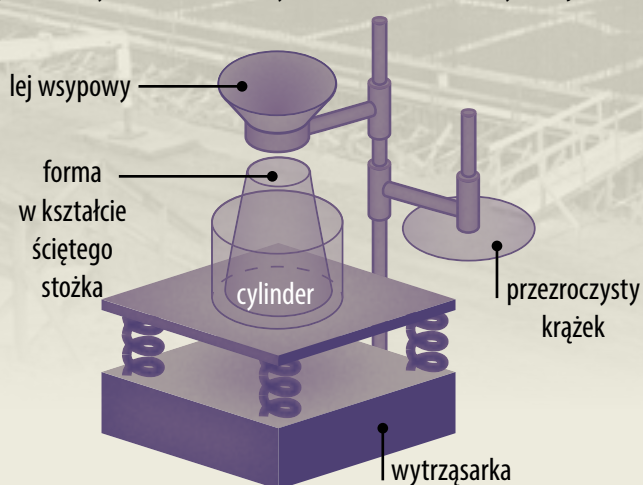
Tabela 5. Klasy konsystencji wg metody rozplywu stożka

Klasa	Rozplyw stożka	Tolerancja [mm]
SF1	550 - 650	± 50
SF2	660 - 750	
SF3	760 - 850	

## METODA VEBE

Norma PN-B-06265 „Krajowe uzupełnienie PN-EN 206:2014 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność” będąca krajowym uzupełnieniem dla PN- EN 206 „Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność” dopuszcza badanie konsystencji mieszanki betonowej metodą VEBE. Oznaczenie konsystencji przeprowadza się na podstawie procedury zawartej w normie PN-EN 12350-3. Zasada metody polega na umieszczeniu i zagęszczeniu mieszanki betonowej w formie w kształcie ściętego stożka.

Formę wstawia się do cylindra przycelowanego do stolika wibracyjnego. Nad formę umieszcza się lej zasypowy. Formę napętnia się trzema warstwami, zagęszczając każdą warstwę przez 25-krotne uderzenie prętem sztychującym. Warstwę dolną zagęszcza się tak, aby sztychy dochodziły do podstawy. Po ułożeniu trzeciej warstwy mieszanki odsuwa się lej zasypowy. Po zagęszczeniu ostatniej warstwy nadmiar mieszanki betonowej usuwa się prętem sztychującym, tak aby powierzchnia mieszanki betonowej była na poziomie górnej krawędzi formy. Rozformowanie polega na równomiernym podniesieniu formy do góry w czasie około 5-10 sekund. Po zdjęciu formy opuszcza się przezroczysty krążek na górną powierzchnię mieszanki betonowej i uruchamia się stół wibracyjny. Dokonuje się pomiaru czasu od momentu włączenia stołu wibracyjnego do momentu całkowitego zetknięcia się dolnej powierzchni krążka z mieszanką betonową. Kryteria przypisania do poszczególnych klas konsystencji podano w tabeli 6. Metody tej nie można stosować w odniesieniu do mieszanki betonowej z kruszywem o maksymalnym wymiarze ziarna przekraczającym 63 mm. Jeżeli czas pomiaru jest krótszy niż 5 s lub dłuższy niż 30 s, badanie konsystencji metodą Vebe jest niemiarodajne.



Rys. 5. Badanie konsystencji metodą Vebe

**Przyrządy:** aparat Vebe wyposażony w stół wibracyjny, naczynie cylindryczne o średnicy 240 mm i wysokości 200 mm, formę w kształcie stożka, lejek zasypowy, ubijak, pręt z krążkiem.

Tabela 6. Klasy konsystencji wg metody Vebe

Klasa	Czas Vebe (s)
V0	31
V1	30 do 21
V2	20 do 11
V3	10 do 6
V4	5 do 3



