



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Budownictwo Drogowe II

ćwiczenia laboratoryjne

Ćwiczenia laboratoryjne nr 3

prowadzący: dr inż. Marcin Bilski

**Zakład Budownictwa Drogowego
Instytut Inżynierii Lądowej
pok. 324B (bud. A2)**

marcin.bilski@put.poznan.pl

marcin.bilski.pracownik.put.poznan.pl



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

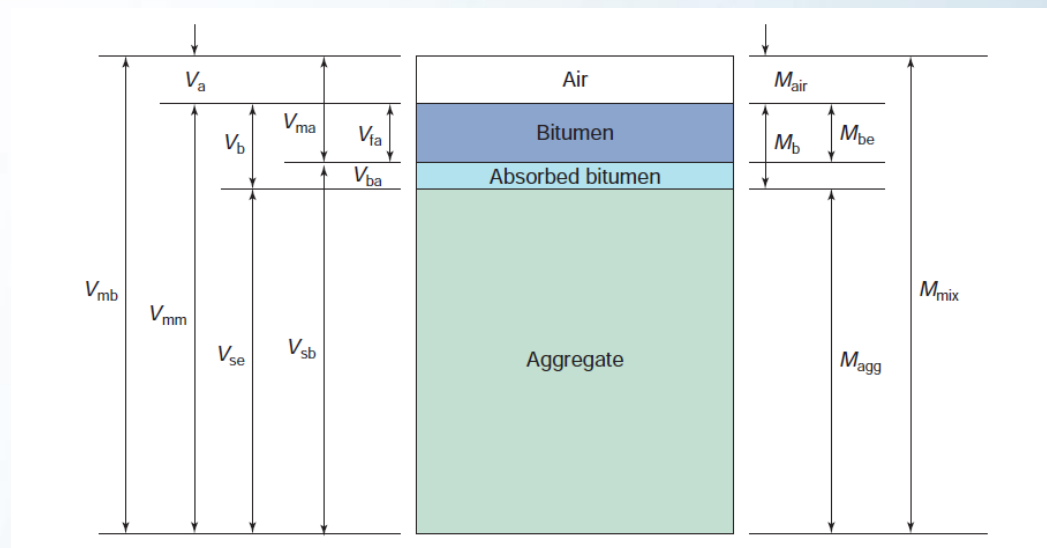
Oznaczanie zawartości wolnych przestrzeni oraz wskaźnika zagęszczenia





Oznaczenie gęstości próbki MMA metodą objętościową zgodnie z PN-EN 12697-5

gęstość MMA – masa MMA na jednostkę objętości bez wolnych przestrzeni,
w znanej temperaturze badania





Procedura wykonywania oznaczenia:

- 1) Zważyć pusty piknometr razem z nasadką (m_1) o znanej objętości (V_p).
- 2) Umieścić wysuszoną próbkę w piknometrze, pozostawić w temperaturze otoczenia i zważyć razem z nasadką (m_2).
- 3) Napełnić piknometr odpowiednią wodą lub rozpuszczalnikiem do wysokości nie większej niż 30 mm poniżej złącza z nasadką.
- 4) Odciągnąć uwięzione powietrze, stosując próżnię, która pozwoli uzyskać końcowe ciśnienie nie większe niż 4 kPa przez (15 ± 1) min.
- 5) Założyć nasadkę, a następnie ostrożnie napełnić piknometr odpowiednią wodą lub rozpuszczalnikiem (uważając, aby nie wprowadzić powietrza) prawie do poziomu kreski pomiarowej na nasadce.



- 6) Jeżeli wykorzystuje się wodę, umieścić piknometr w łaźni wodnej o znanej, stałej temperaturze ($\pm 1^\circ\text{C}$) co najmniej na 30 min., lecz nie dłużej niż 180 min. w celu doprowadzenia temperatury próbki i temperatury wody w piknometrze do temperatury wody w łaźni.
- 7) Poziom wody w łaźni powinien sięgać do 20 mm poniżej krawędzi piknometru.
- 8) Uzupełnić piknometr wodą lub rozpuszczalnikiem do kreski pomiarowej. Użyta woda lub rozpuszczalnik powinny być doprowadzone do temperatury wody w łaźni.
- 9) Wyjąć piknometr z łaźni wodnej, osuszyć ręcznikiem powierzchniowo i natychmiast zważyć (m_3).



Gęstość wody w zależności od temperatury

Temperatura wody [°C]	Gęstość wody [Mg/m ³]	Temperatura wody [°C]	Gęstość wody [Mg/m ³]
10	0,9998	20	0,9983
11	0,9997	21	0,9981
12	0,9996	22	0,9978
13	0,9994	23	0,9976
14	0,9993	24	0,9974
15	0,9992	25	0,9971
16	0,9990	26	0,9968
17	0,9988	27	0,9966
18	0,9987	28	0,9963
19	0,9985	29	0,9960
20	0,9983	30	0,9957

Oznaczenie gęstości kruszywa lub mieszanki mineralno-asfaltowej (G_{mm}) w piknometrze



Data badania:

Typ mieszanki:

Temperatura wody:

Oznaczenie próbki	Symbol, jednostka		
Oznaczenie piknomietru			
masa piknomietru z nasadką	m_1 , g		
masa piknomietru z nasadką i próbką	m_2 , g		
masa piknomietru z nasadką, próbką i wodą	m_3 , g		
pojemność piknomietru do kreski pomiarowej na nasadce	V_p , m^3		
gęstość wody w temperaturze badania	ρ_w , Mg/m^3		



$$G_{mm} = \frac{m_2 - m_1}{10^6 \cdot V_p - \frac{m_3 - m_2}{g_w}}$$

G_{mm} – gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej [Mg/m^3]

g_w – gęstość wody w temperaturze badania [Mg/m^3]

m_1 – masa piknomietru z nasadką [g]

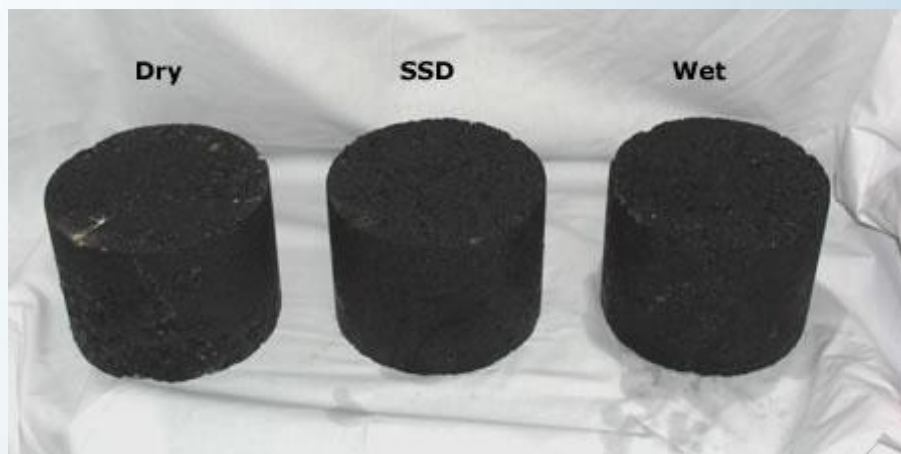
m_2 – masa piknomietru z nasadką i z badaną próbką [g]

m_3 – masa piknomietru z nasadką i z badaną próbką oraz z wodą [g]

V_p – objętość piknomietru napełnionego do kreski pomiarowej [m^3]

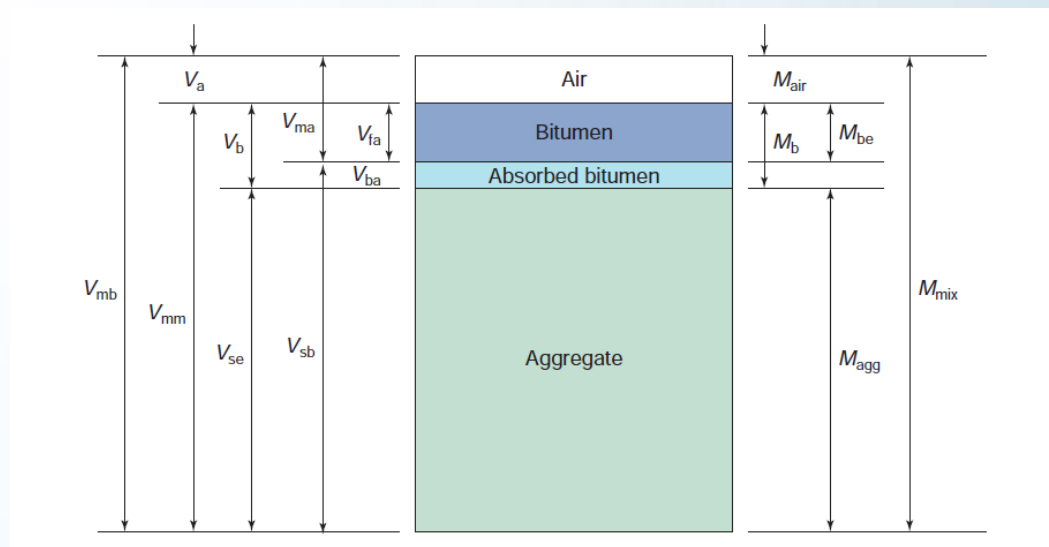


Oznaczenie gęstości objętościowej próbki MMA zgodnie z PN-EN 12697-6





gęstość objętościowa MMA – masa MMA na jednostkę objętości
z wolnymi przestrzeniami, w znanej temperaturze badania





Procedura wykonywania oznaczenia:

Oznaczenie gęstości objętościowej w stanie nasyconym, powierzchniowo suchym (SSD) odpowiednie dla próbek o zwartej powierzchni.

- 1) Oznaczyć masę suchej próbki (m_1).
- 2) Zanurzyć próbkę w kąpeli wodnej utrzymywanej w znanej temperaturze. Należy pozwolić, aby woda nasączyła próbkę przez odpowiednio długi czas tak, aby masa próbki nie ulegała zmianie. Zasadniczo konieczny czas nasączenia wynosi 30 minut, jednak nie powinien przekraczać 3 godzin.
- 3) Oznaczyć masę nasączonej próbki podczas zanurzenia (m_2) uważając, aby podczas ważenia do powierzchni próbki nie przywierały ani nie uwalniały się od niej żadne pęcherzyki powietrza.



- 4) Wyciągnąć próbkę z wody, osuszyć jej powierzchnię z kropelek znajdujących się na powierzchni za pomocą wilgotnej gienzy (zamsz, skóra kozia).
- 5) W przypadku, gdy woda nadal przesiąka przez próbkę należy przerwać pomiar i przystąpić do wykonania pomiaru według procedury C, dla uszczelnionych próbek.
- 6) Oznaczyć masę nasyconej, powierzchniowo suchej próbki w powietrzu niezwłocznie po wysuszeniu (m_3).



$$G_{mb} = \frac{m_1}{m_3 - m_2} \cdot g_w$$

G_{mb} – gęstość objętościowa (SSD) próbki [Mg/m^3]

g_w – gęstość wody w temperaturze oznaczania [Mg/m^3]

m_1 – masa suchej próbki [g]

m_2 – masa próbki w wodzie [g]

m_3 – masa próbki w powietrzu po wyjęciu jej z wody [g]



Oznaczenie gęstości objętościowej próbki MMA na podstawie wymiarów geometrycznych

WZÓR NA GĘSTOŚĆ

$$\rho = \frac{m}{V}$$

← masa

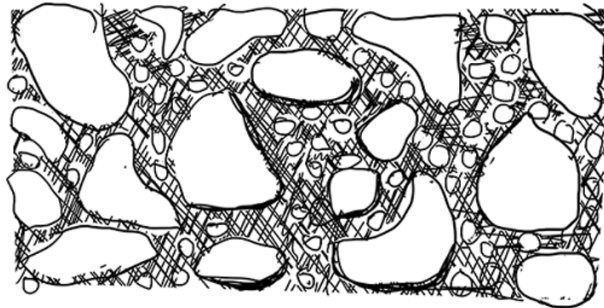
← objętość

Typ mieszanki:

[illegible]



Obliczenie zawartości wolnych przestrzeni w próbce MMA zgodnie z PN-EN 12697-8



wolna przestrzeń – przestrzeń wypełniona powietrzem pomiędzy ziarnami kruszywa otoczonego lepiszczem asfaltowym w zagęszczonej próbce MMA

zawartość wolnej przestrzeni V_a – objętość pustek powietrznych w próbce MMA wyrażona jako procent całkowitej objętości próbki



$$V_a = \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \cdot 100$$

V_a – zawartość wolnych przestrzeni (V/V) [%]

G_{mm} – gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej [Mg/m^3]

G_{mb} – gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej [Mg/m^3]



Wymagania co do zawartości wolnych przestrzeni V_a do warstwy ścieralnej wg WT-2 cz. I

Tabela 20. Wymagane właściwości betonu asfaltowego do warstwy ścieralnej, KR5÷6

Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	Wymiar mieszanki	
			AC 8 S	AC 11 S
Zawartość wolnych przestrzeni	C.1.3, ubijanie, 2 x 75 uderzeń	PN-EN 12697-8, pkt 4	$V_{min} 2,0$ $V_{max} 4,0$	$V_{min} 2,0$ $V_{max} 4,0$
Odporność na deformacje trwałe ^{a,c)}	C.1.20, wałowanie, $P_{98}-P_{100}$,	PN-EN 12697-22, metoda B w powietrzu, PN-EN 13108-20, D.1.6, 60°C, 10 000 cykli	$WTS_{AIR} 0,10$ $PRD_{AIR} 7,0$	$WTS_{AIR} 0,10$ $PRD_{AIR} 7,0$
Wrażliwość na działanie wody	C.1.1, ubijanie, 2 x 35 uderzeń	PN-EN 12697-12, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania ^{b)} , badanie w 25°C	$ITSR_{90}$	$ITSR_{90}$
Współczynnik Luminancji	-	Zgodnie z załącznikiem 4.	$Q_d \geq 70^d$ $Q_d \geq 90^e$	$Q_d \geq 70^d$ $Q_d \geq 90^e$

^{a)} grubość płyty: AC8 - 40 mm, AC11 - 40 mm

^{b)} ujednoliconą procedurę badania wrażliwości na działanie wody z jednym cyklem zamrażania podano w załączniku 1

^{c)} procedurę kondycjonowania krótkoterminowego mma przed zagęszczeniem próbek do badań podano w załączniku 2

^{d)} wymaganie dotyczy nawierzchni wykonywanych w terenie otwartym

^{e)} wymaganie dotyczy nawierzchni wykonywanych w tunelach



Wymagania co do zawartości wolnych przestrzeni V_a do warstwy wiążącej wg WT-2 cz. I

Tabela 14. Wymagane właściwości betonu asfaltowego do warstw wiążącej i wyrównawczej, KR5÷7

Właściwość	Warunki zagęszczania wg PN-EN 13108-20	Metoda i warunki badania	Wymiar mieszanki	
			AC 16 W	AC 22 W
Zawartość wolnych przestrzeni	C.1.3, ubijanie, 2 × 75 uderzeń	PN-EN 12697-8, pkt 4	V_{min} 4,0 V_{max} 7,0	V_{min} 4,0 V_{max} 7,0
Odporność na deformacje trwałe ^{a,c)}	C.1.20, wałowanie, P_{98} - P_{100}	PN-EN 12697-22, metoda B w powietrzu, PN-EN 13108-20, D.1.6, 60°C, 10 000 cykli	WTS_{AIR} 0,10 PRD_{AIR} 5,0	WTS_{AIR} 0,10 PRD_{AIR} 5,0
Wrażliwość na działanie wody	C.1.1, ubijanie, 2 × 35 uderzeń	PN-EN 12697-12, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania ^{b)} , badanie w 25°C	$ITSR$ 80	$ITSR$ 80

^{a)} grubość płyty: AC16 - 60 mm, AC22 - 60 mm
^{b)} ujednoliconą procedurę badania wrażliwości na działanie wody z jednym cyklem zamrażania podano w załączniku 1
^{c)} procedurę kondycjonowania krótkoterminowego mma przed zagęszczeniem próbek do badań podano w załączniku 2



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

**Obliczenie wskaźnika zagęszczenia warstwy wykonanej
z MMA zgodnie z PN-EN 13108-20**



Rdzeń z nawierzchni



Próbka Marshalla



$$w_z = \frac{G_{mb}}{G_{mblab}} \cdot 100$$

w_z – wskaźnik zagęszczenia [%]

G_{mb} – gęstość objętościowa próbki wyciętej z nawierzchni [Mg/m^3]

G_{mblab} – gęstość objętościowa próbki sporządzonej z tych samych materiałów co wykonana warstwa, o składzie według projektu lub różniącego się od niego w granicach dopuszczalnych odchyleń i zagęszczonej sprzętem laboratoryjnym w sposób znormalizowany [Mg/m^3]



Wymagania co do zawartości wolnych przestrzeni V_a oraz wskaźnika zagęszczenia w wykonanej warstwie - warstwa ścierna wg WT-2 cz. II

Tabela 16. Wymagany wskaźnik zagęszczenia oraz zawartość wolnych przestrzeni w wykonanej warstwie

Warstwa	Typ i wymiar mieszanki, przeznaczenie	Wskaźnik zagęszczenia [%]	Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie [% (v/v)]
Ścierzalna	AC 5 S, KR1÷KR2	≥ 98,0	1,0 ÷ 5,0
	AC 8 S, KR1÷KR2	≥ 98,0	1,0 ÷ 4,5
	AC 11 S, KR1÷KR2	≥ 98,0	1,0 ÷ 4,5
	AC 8 S, KR3÷KR4	≥ 98,0	2,0 ÷ 5,0
	AC 11 S, KR3÷KR4	≥ 98,0	2,0 ÷ 5,0
	AC 8 S, KR5÷KR6	≥ 98,0	2,0 ÷ 5,0
	AC 11 S, KR5÷KR6	≥ 98,0	2,0 ÷ 5,0
	SMA 5, KR1÷KR2	≥ 98,0	1,5 ÷ 5,0
	SMA 8, KR1÷KR2	≥ 98,0	1,5 ÷ 5,0
	SMA 5, KR3÷KR4	≥ 98,0	1,5 ÷ 5,0
	SMA 8, KR3÷KR4	≥ 98,0	1,5 ÷ 5,0
	SMA 11, KR3÷KR4	≥ 98,0	1,5 ÷ 5,0
	SMA 8, KR5÷KR7	≥ 98,0	2,0 ÷ 5,0
	SMA 11, KR5÷KR7	≥ 98,0	2,0 ÷ 5,0
	SMA LA 8, KR3÷7	≥ 97,0	9 ÷ 15



Wymagania co do zawartości wolnych przestrzeni V_a oraz wskaźnika zagęszczenia w wykonanej warstwie - warstwa wiążąca i podbudowy wg WT-2 cz. II

Tabela 16. Wymagany wskaźnik zagęszczenia oraz zawartość wolnych przestrzeni w wykonanej warstwie

Warstwa	Typ i wymiar mieszanki, przeznaczenie	Wskaźnik zagęszczenia [%]	Zawartość wolnych przestrzeni w warstwie [% (v/v)]
Podbudowa	AC 16 P, KR1÷KR2	$\geq 98,0$	$3,0 \div 9,0$
	AC 22 P, KR1÷KR2	$\geq 98,0$	$3,0 \div 9,0$
	AC 16 P, KR3÷KR7	$\geq 98,0$	$3,0 \div 8,0$
	AC 22 P, KR3÷KR7	$\geq 98,0$	$3,0 \div 8,0$
	AC 32 P, KR3÷KR7	$\geq 98,0$	$3,0 \div 8,0$
	AC WMS 16, KR3÷KR7	$\geq 98,0$	$1,0 \div 4,5$
	AC WMS 22, KR3÷KR7	$\geq 98,0$	$1,0 \div 4,5$
Wiążąca	AC 11 W, KR1÷KR2	$\geq 98,0$	$2,0 \div 7,0$
	AC 16 W, KR1÷KR2	$\geq 98,0$	$2,0 \div 7,0$
	AC 16 W, KR3÷KR7	$\geq 98,0$	$3,0 \div 8,0$
	AC 22 W, KR3÷KR7	$\geq 98,0$	$3,0 \div 8,0$
	AC WMS 16, KR3÷KR7	$\geq 98,0$	$1,0 \div 4,5$
	AC WMS 22, KR3÷KR7	$\geq 98,0$	$1,0 \div 4,5$



W sprawozdaniu należy zamieścić:

- obliczenia gęstości
- obliczenia gęstości objętościowej
- obliczenia zawartości wolnych przestrzeni
- obliczenia wskaźnika zagęszczenia





POLITECHNIKA POZNAŃSKA

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

A faint, light blue background graphic consisting of several interlocking gears of different sizes, located in the lower right quadrant of the slide.