

## PROJEKT – KANAŁ OTWARTY

Celem projektu jest analiza przepływu wody w otwartym kanale o zadanym przekroju z wykorzystaniem wiedzy z mechaniki płynów. Studenci mają za zadanie:

1. **Wybrać lokalizację hipotetycznego kanału** (np. kanał melioracyjny, kanał w systemie odprowadzania wód opadowych, rów przydrożny itp).
2. **Określić wymagany przepływ (Q)** w oparciu o założenia projektowe (np. spływ z powierzchni łąki, ulicy, itp.).
3. **Zaprojektować przekrój kanału - wyjściowo trapezowy** (szerokość dna, głębokość, nachylenie skarp) dla zadanego spadku podłużnego i rodzaju materiału (np. ziemia, beton, cegła, kamień).
4. **Obliczyć podstawowe parametry hydrauliczne**, takie jak:
  - pole przekroju poprzecznego,
  - obwód zwilżony,
  - promień hydrauliczny,
  - prędkość średnią przepływu z równania Manninga,
  - liczbę Reynoldsa i rodzaj przepływu,
  - parametry krytyczne.
5. **Zbadać wpływ zmiany nachylenia skarp lub rodzaju materiału** (zmiana współczynnika szorstkości) na wielkość przepływu i prędkość.
6. **Przygotować wykresy i wnioski**, wskazujące, które rozwiązanie jest optymalne (np. pod względem kosztów wykonania i wydajności hydraulicznej).

### Zadanie (polecenie dla wszystkich grup)

Zaprojektuj kanał otwarty, który na długości  $L$  ma różnicę poziomów  $\Delta h$ , dla założonego przepływu  $Q$  (można przyjąć przepływ z tabeli 2.1 lub rozważyć przypadek rzeczywisty), wykonany z materiału  $X$  o proponowanej głębokości  $h$ , szerokości dna  $b$  i kącie nachylenia skarp  $\alpha$ .

Przyjmij lepkość kinematyczną wody  $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ . Oceń czy przy założonej geometrii kanału utrzymany zostanie założony przepływ oraz z jakim rodzajem przepływu mamy do czynienia w kanale? Jeśli nie, to co należałoby zmienić w geometrii kanału – zaproponuj i poprzyj obliczeniami.

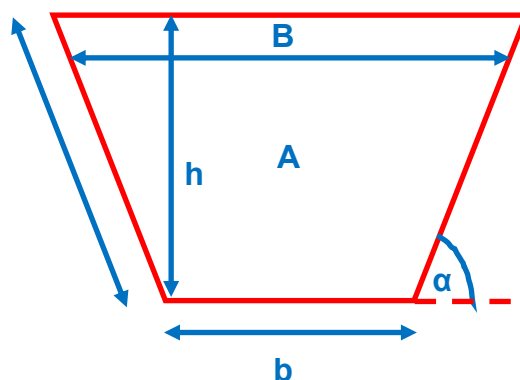
Wykonaj szkic przekroju kanału z naniesionym wymiarowaniem i oznaczeniami oraz zamieść w tabeli obliczenia parametrów hydraulicznych wraz z podstawowymi jednostkami.

Podział na grupy – założenia wstępne

Nr grupy	L[km]	Q[dm <sup>3</sup> /s]	Δh[cm]	Materiał	h[cm]	b[mm]	α[°]
1	2	1000	40	beton	40	1000	45
2	1	300	10	cegła	50	1500	30
3	1,5	800	30	kamień	60	500	60
4	2,5	1500	25	ziemia	40	1000	45
5	0,5	100	10	beton	60	500	30
6	2	300	20	cegła	50	1500	30
7	1,5	500	15	ziemia	40	1000	45
8	0,5	200	5	kamień	50	1000	60
9	2	1000	40	cegła	40	1000	30
10	1	300	10	beton	50	1500	45
11	1,5	800	30	ziemia	60	500	30
12	2,5	1500	25	kamień	40	1000	45
13	0,5	100	10	trawa	60	500	60

Tabela 2.1

### Wzór obliczeniowy – Kanał trapezowy



Rys. 1

Dane:

$$Q = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$i = 0,002$$

$$n = 0,013 \text{ (beton)}$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$m = 1 \text{ (nachylenie skarp – przykładowo)}$$

$$b = 1,0 \text{ m (szerokość dna – założenie wstępne)}$$

$$\nu = 1,3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s (lepkość kinematyczna wody w temperaturze 283K)}$$

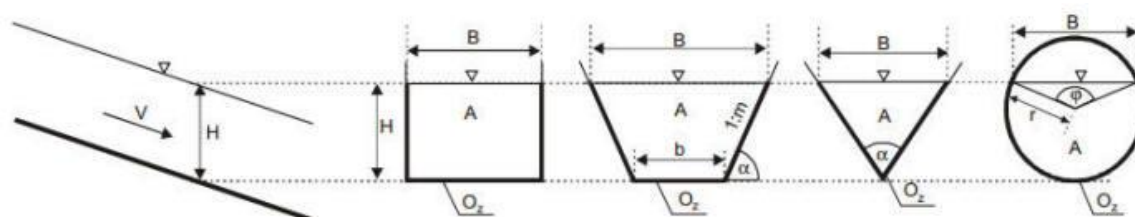
**Tabela 2.2**

Współczynnik szorstkości wg Manninga  $n$  (źródło: Sawicki, 1998)

Charakterystyka powierzchni	$n$ [ $m^{-1/3}s$ ]
Wyglądzone ścianki żelbetowe	0.011
Ścianki z glazurowanej cegły, ścianki ceglane z zaprawą	0.011÷0.015
Gładki beton w kanałach o niedużych krzywiznach, bez osadów na dnie	0.013÷0.015
Kanały betonowe z osadami dennymi, krzywizny łuków o małych promieniach	0.015÷0.018
Nierówny beton, gładka dobrze obrobiona skała	0.017
Ściany z grubego kamienia lub bruku, kanały wyciosane w skałe	0.02÷0.025
Duże kanały ziemne w średnich warunkach, rzeki o bardzo dobrych warunkach przepływu (równe, proste łóżysko, bez zagłębień i roślinności wodnej)	0.025÷0.035
Kanały ziemne źle utrzymane, rzeki o dobrych warunkach przepływu	0.030÷0.035
Kanały i rzeki w złych warunkach (nierówny przekrój, kamienie i rośliny wodne na dnie, brzegach)	0.033÷0.039
Kanały bardzo źle utrzymane, rzeki bardzo złych warunkach przepływu	0.04÷0.045
Strumienie porośnięte roślinnością, o bardzo nieregularnym kształcie	0.07÷0.1

**1. Pole przekroju poprzecznego A:**

Tabela 2.3



Powierzchnia przekroju A	$BH$	$(b + mH)H$	$mH^2$	$\frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi\varphi}{180^\circ} - \sin \varphi \right)$
Obwód zwilżony $O_z$	$B + 2H$	$b + 2H\sqrt{1+m^2}$	$2H\sqrt{1+m^2}$	$\frac{\pi r \varphi}{180^\circ}$
Szerokość zwierciadła	$B$	$b + 2mH$	$2mH$	$2r \sin \frac{\varphi}{180^\circ}$

$$m = \text{ctg} \alpha$$

$$A = 0,5 \cdot (1,0 + 1 \cdot 0,5) = 0,5 \cdot (1,0 + 0,5) = 0,5 \cdot 1,5 = 0,75 \text{ m}^2$$

**2. Obwód zwilżony  $L_u$  (Tabela 2.3):**

$$L_u = 1,0 + 2 \cdot 0,5 \cdot (1 + 1)^{(1/2)} = 1,0 + 1,0 \cdot (2)^{(1/2)} \approx 1,0 + 1,0 \cdot 1,41 = \underline{2,41 \text{ m}}$$

### 3. Promień hydrauliczny $R_h$ :

$$R_h = 0,75/2,41 \approx \underline{0,311 \text{ m}}$$

### 4. Prędkość przepływu $v$ (równanie Manninga):

$$v = (1/0,013) \cdot (0,311)^{2/3} \cdot (0,002)^{1/2}$$

$$v = \underline{1,579 \text{ m/s}}$$

### 5. Przepływ rzeczywisty $Q_v$ :

$$Q_v = 0,75 \cdot 1,579 \approx \underline{1,184 \text{ m}^3/\text{s}}$$

WNIOSEK:

Wartość  $Q$  jest **zbyt duża**.

Pytanie: *Co należy w takiej sytuacji zrobić?*

### 6. Liczba Reynoldsa $Re$ :

$$Re = (1,579 \cdot 0,311 \cdot 999) / 1,3 \cdot 10^{-3} \approx \underline{377 \ 745}$$

WNIOSEK:

Zaproponuj...

### 6. Głębokość krytyczna $h_{kryt}$ :

$$h_{kryt} = ((1,184^2) / 9,81 \cdot 2^2)^{1/3} = 0,329 \text{ m}$$

WNIOSEK:

Zaproponuj...

### 6. Prędkość krytyczna $v_{kryt}$ :

$$v_{kryt} = 1,184 / (0,329 \cdot 2) = 1,799 \text{ m/s}$$

WNIOSEK:

Zaproponuj...

WZÓR KARTY PROJEKTU:

Politechnika Łódzka

Łódź, dn. ....

Wydział: Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

Kierunek: Inżynieria Środowiska w Budownictwie

Rok akademicki: 2024/2025

Semestr: letni

KARTA PROJEKTU NR II

z przedmiotu

**Mechanika Płynów**

<b>TEMAT</b>	<b>OBLICZANIE PRZEPŁYWU W KANALE OTWARTYM</b>
<b>AUTOR</b>	
<b>SPRAWDZAJĄCY</b>	<b>Dr Rafał L. Ossowski</b>

	DATA		UWAGI
	ODDANIE PROJEKTU	ZWROT PROJEKTU	
<b>TERMIN I</b>	9.06.2025		
<b>TERMIN II</b>			
<b>TERMIN III</b>			