

## WODOPRZEPUSZCZALNOŚĆ FILTRÓW STUDIENNYCH - BADANIA PORÓWNAWCZE

### WATER PERMEABILITY OF WELL FILTRATION SYSTEMS – A COMPARATIVE STUDY

Rajmund Durał, Justyna Sobolczyk, Adam Marek, Stefan Rzepa - „Poltegor – Instytut” IGO, Wrocław

*Prezentowana praca ma na celu wykazanie poprawności wyników uzyskiwanych przy stosowaniu metody badania wodoprzepuszczalności filtrów okładzinowych. W tym celu wykonane zostało nowe stanowisko do badania wodoprzepuszczalności okładzin filtracyjnych. Filtry okładzinowe, produkcji „Poltegor-Instytut” wykonane są z piasków o różnej średnicy spojone żywicą epidiamową. Długość filtrów okładzinowych wynosi od 0,3 m do 1 m, zmienne są ich średnice oraz uziarnienie piasków zastosowanych do produkcji filtrów. Prowadzenie badań filtrów ma na celu określenie wodoprzepuszczalności okładzin filtrowych uwzględniającą średnicę okładzin oraz granulometrię żwirików używanych do ich produkcji.*

*Różnice pomiędzy wynikami uzyskanymi na dwóch stanowiskach badawczych są niewielkie, co wskazuje na możliwość uzyskiwania powtarzalnych wyników przy użyciu przyjętej metodyki badawczej na dotychczasowym stanowisku.*

**Słowa kluczowe:** wodoprzepuszczalność, filtry studienne

*The aim of the present study was to demonstrate the accuracy of measurements of water permeability of sand-cladded filtration systems. To this end, the author used a newly built testing station for measurement of water permeability of filtration claddings. The filtration systems designed by the Poltegor-Institute are made of sand with variable diameter of grains glued together with epidian resin. The length of the sand-cladded filters is 0.3 m to 1 m. They vary in diameter and grain size distribution of sands used for the production of the filters. The aim of the study is to define the water permeability of filtration claddings in view of their diameter and grain size distribution of materials used in production.*

*No substantial differences have been found between the two testing stations, pointing to the possibility of obtaining repeatable results of tests based on the method employed at the testing station used to date.*

**Keywords:** water permeability, filtration systems

### Wprowadzenie

Z uwagi na zmniejszające się zasoby wody, występuje coraz to większe zainteresowanie tematami związanymi z oczyszczaniem wody. Jedną z najczęściej stosowanych metod oczyszczania wód jest filtracja ponieważ usuwa większość zanieczyszczeń, zarówno wód powierzchniowych jak i podziemnych. Filtracja jest prostym procesem, w którym cząsteczki stałe są utwierdzane do materiału filtracyjnego, a te które wcześniej się zatrzymały służą jako dodatkowa powierzchnia do usuwania zanieczyszczeń [1].

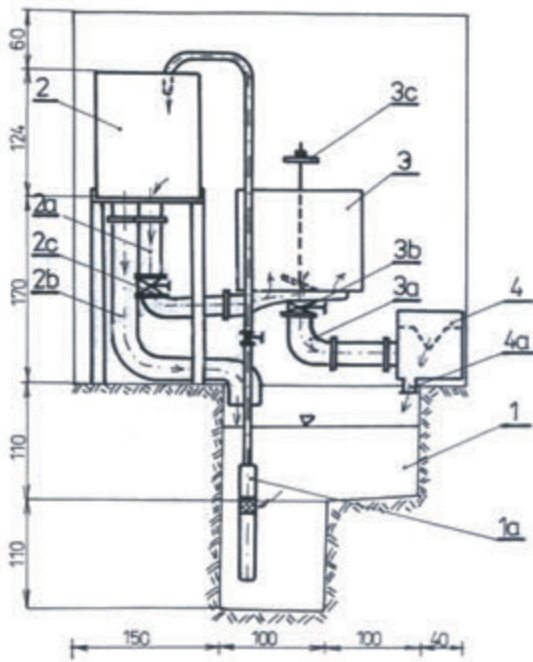
Ważnym czynnikiem procesu filtracji są parametry, takie jak prędkość i granulacja materiału filtracyjnego. Przykładowo, wahania prędkości mogą gwałtownie i ostatecznie zmniejszyć skuteczność filtracji przez zatrzymanie cząstek stałych w materiale filtracyjnym [2].

Badanie wodoprzepuszczalności filtrów jest szczególnie ważne z uwagi na możliwość określenia wydajności filtrów w procesach filtracji w zależności od granulacji zastosowanego, do produkcji filtrów żwiru oraz ich gabarytów. Stosowana metoda badań w całości jest nieznormalizowana. Podstawą jej opracowania są wyniki wieloletnich badań nad wydajnością studni i konstrukcją filtru.

Konstrukcje filtrowe, nowej generacji produkowane w „Poltegor-Instytut”, w których to elementem filtrującym jest

specjalna przepuszczalna okładzina ze struktury porowatej, nasuwana na szkielet rurowy. Elementy filtracyjne nasuwane na perforowany szkielet umożliwiają właściwy dobór struktury porowatej, w zależności od granulacji utworów geologicznych warstwy wodonośnej. Z przeprowadzonych badań na stanowisku wodoprzepuszczalności wynika, że filtry okładzinowe wykorzystywane do ujmowania wód podziemnych mają dwukrotnie większą wodoprzepuszczalność, w porównaniu do dotychczas stosowanych (siatkowych, z okładziną żwirową naklejaną na szkielet zespolony czy z luźną obsypką), przy dwukrotnie mniejszej depresji. Wszystkie materiały stosowane do produkcji filtrów posiadają atesty PZH zezwalające na ich stosowanie do ujmowania wód pitnych.

Celem walidacji w przypadku stosowanej metody było porównywanie wyników pomiarów wodoprzepuszczalności filtrów przy wykorzystaniu istniejącego stanowiska badawczego oraz wykonanie podobnych pomiarów na nowo zbudowanym stanowisku badawczym, wykorzystującym do pomiaru wydajności przepływomierz. Zasadą metody był pomiar parametru zesoku hydraulicznego i wydajności na dwóch podobnych stanowiskach badawczych oraz porównanie wyników wodoprzepuszczalności tego samego filtra. Pomiarów wykonano na obu stanowiskach w porównywalnych warunkach środowiskowych (monitorowana temperatura otoczenia i woda wodociągowa).



Rys.1. Schemat stanowiska badawczego wg Procedury badawczej nr 14.1 [3]  
Fig.1. Diagram of the test Research Procedure no. 14.1

### Metodyka badań

Badanie wodoprzepuszczalności filtra polega na pomiarze różnicy poziomów wody w zbiorniku badawczym na zewnątrz i wewnątrz filtra oraz odpowiadającego im wydatku wody. Pomiar jest pośredni, polegający na odczytach wysokości poziomów wody. Badania wykonywane są na stanowisku badawczym, którego schemat przedstawiono na rysunku 1.

Badany filtr studzienny umieszcza się w zbiorniku badawczym. Następnie za pomocą pompy podawana jest woda ze zbiornika wyrównawczego do badawczego i mierzy się różnicę między poziomem wody na zewnątrz i wewnątrz filtra ( $\Delta H = h_1 - h_2$ , gdzie  $h_1$  i  $h_2$  - odczyty z piezometrów rurkowych). Woda przepływa przez filtr do skrzyni przelewowej z przelewem trójkątnym. Na podstawie odczytu  $h_3$  z piezometrów rurkowych przy skrzyni wyznacza się przepływ

Objaśnienia:

1. Zbiornik pompowy
- 1a. Pompa głębinowa
2. Zbiornik wyrównawczy
- 2a. Rurociąg doprowadzający wodę do zbiornika badawczego
- 2b. Rurociąg odprowadzający wodę do zbiornika pompowego
- 2c. Zawór odcinający dopływ wody do zbiornika badawczego
3. Zbiornik badawczy
- 3a. Rurociąg doprowadzający wodę do skrzyni przelewowej
- 3b. Zawór odcinający dopływ wody do skrzyni przelewowej
- 3c. Element mocująco-dociskowy
4. Skrzynia przelewowa
- 4a. Doprowadzenie wody do zbiornika pompowego

wody przez filtr  $Q = f(h_3)$  [ $\text{dm}^3/\text{min}$ ].

Na podstawie otrzymanych wartości sporządza się wykres  $\Delta H = f(Q)$ .

Pomiar wydajności za pomocą skrzyni przelewowej jest pomiarem zgodnym z normą PN-61/G-53070 „Sprzęt hydrogeologiczny. Skrzynie przelewowe” (norma wycofana).

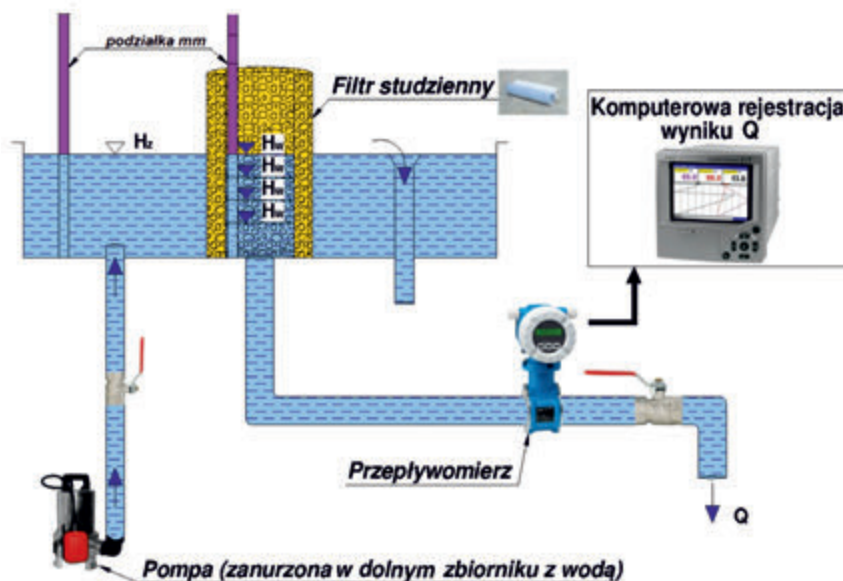
Środowisko pomiarów (temperatura wody i otoczenia) jest monitorowane przez cały czas trwania badania.

Następnie, w oparciu o uzyskane wyniki, wyznacza się wodoprzepuszczalność filtrów metodą pośrednią w dwóch etapach:

- 1) wyznaczenie zeskoku hydraulicznego

$$\Delta H = h_1 - h_2 \text{ [m]}$$

- 2) wyznaczenie wydatku skrzyni przelewowej  $Q = f(h_3)$



Rys. 2. Schemat kontrolnego stanowiska badawczego  
Fig. 2. Diagram of the control of the test

$$Q = \frac{8}{15} \mu_p \cdot h_3^2 \sqrt{2g \cdot h_3} \quad [\text{m}^3/\text{s}],$$

gdzie:

$h_1, h_2, h_3$  - wysokości odczytane z przymiarów zgodnie z PSJ 14.1 w m,

$\mu_p$  - współczynnik przepływu, dla przelewu trójkątnego równy 0,5926,

$g$  - przyspieszenie ziemskie  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

W raportach i sprawozdaniach z pomiarów stosuje się jednostki:  $\Delta H$  [mm] i  $Q$  [ $\text{dm}^3/\text{min}$ ], ze względu na stosowanie tych jednostek w kopalniach i wodociągach, które są potencjalnymi klientami.

Dla celów kontrolnych zbudowano drugie stanowisko, którego schemat przedstawiono na rysunku 2.

Nowo utworzone stanowisko kontrolne jest podobne do poprzedniego. Mierzy się również wysokość zwierciadła wody na zewnątrz i wewnątrz filtra, a odpowiadającą różnicę wysokości wydajność na przepływomierzu zainstalowanym na wypływie ze zbiornika badawczego.

Na podstawie otrzymanych wartości wyznacza się zeskok hydrauliczny  $\Delta H = H_z - H_w$  oraz sporządza wykres  $\Delta H = f(Q)$ .

Wyniki z mierzonych parametrów porównywane będą w celu walidacji metody pomiarowej.

### Niepewność pomiarów (stanowisko badawcze)

Wyznaczenie niepewności pomiarów dla stanowiska badawczego (rys. 1) obejmuje niepewność wyznaczenia zeskok hydraulicznego oraz niepewność wyznaczenia wydajności skrzyni przelewowej.

#### Niepewność wyznaczenia zeskok hydraulicznego

1) Jest to pomiar pośredni przez pomiary wysokości słupów wody w rurkach piezometrycznych  $\Delta H = h_1 - h_2$

2) Źródła niepewności pomiarów:

- niepewtarzalność pomiarów  $h_1$  i  $h_2$
- niedokładność przymiaru  $a$ , przyjęta jako podwojona działka elementarna

$$\Delta_{de} = 0,001 \text{ m}, a = 2\Delta_{de} = 0,002 \text{ m}$$

- niepewność rozszerzona wzorcowania przymiaru:  $U = (0,17 + 0,001L) \text{ mm}$ ,

gdzie  $L$  – max długość przymiaru ( $L=1\text{m}$ ), czyli  $U=0,171$  – pomijalnie mała

3) Złożona niepewności standardowa  $u_{\Delta H}$  pomiaru  $\Delta H = h_1 - h_2$ :

$$u_{\Delta H} = \sqrt{s^2(\bar{h}_1) + \frac{1}{3}a^2} + \sqrt{s^2(\bar{h}_2) + \frac{1}{3}a^2}$$

4) Niepewność rozszerzona pomiaru, dla  $k=2$ , co odpowiada poziomowi ufności 95%:

$$U_{\Delta H} = 2u_{\Delta H}$$

#### Niepewność wyznaczenia wydajności skrzyni przelewowej

1) Jest to pomiar pośredni przez pomiar wysokości słupa wody w rurce piezometrycznej i obliczenie wydajności z zależności:  $Q = \frac{8}{15} \mu_p \cdot h_3^2 \sqrt{2g \cdot h_3}$

2) Źródła niepewności pomiarów:

- niepewtarzalność pomiarów  $h_3$
- niedokładność przymiaru  $a$ , przyjęta jako podwojona działka elementarna

$$\Delta_{de} = 0,001 \text{ m}, a = 2\Delta_{de} = 0,002 \text{ m}$$

- niepewność rozszerzona wzorcowania przymiaru:

$$U = (0,17 + 0,001 \cdot L) \text{ mm},$$

gdzie  $L$  – max długość przymiaru ( $L=0,5\text{m}$ ) – pomijalnie mała.

3) Wyznaczanie niepewności standardowej pomiarów:  $u(h_3)$

$$u(h_3) = \sqrt{s^2(\bar{h}_3)} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (h_{3i} - \bar{h}_3)^2}, \quad \text{gdzie } \bar{h}_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{3i}$$

4) Niepewność standardową (całkowitą) obliczamy ze wzoru

$$u_c(h_3) = \sqrt{s_c^2(\bar{h}_3)} = \sqrt{s^2(\bar{h}_3) + \frac{1}{3}a^2}$$

5) Wyznaczanie złożonej niepewności standardowej  $U_Q$  pomiaru  $Q$ :

$$u_Q = \frac{4}{3} \mu_p \cdot \sqrt{2g \cdot h_3^3} \sqrt{s^2(\bar{h}_3) + \frac{1}{3}a^2}$$

6) Niepewność rozszerzona pomiaru, dla  $k=2$ , co odpowiada poziomowi ufności 95%:

$$U_Q = 2u_Q$$

### Niepewność pomiarów (stanowisko kontrolne)

#### Niepewność wyznaczenia zeskok hydraulicznego

Obliczenia są takie jak w przypadku stanowiska badawczego.

#### Niepewność wyznaczenia wydajności

1) Błąd graniczny urządzenia pomiarowego  $u_{(p)}$ :

$$u_{(p)}^2 = \frac{1}{3} a_p^2, \quad a_p = \frac{kl \cdot Q_{sr}}{100}$$

gdzie:

$kl$  – klasa urządzenia

$Q$  – odczyt pomiaru

2) Błąd niepewności pomiaru  $u_{(Q)}$ :

$$u_{(Q)}^2 = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2, \quad \text{gdzie } \bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i$$

3) Złożona niepewność pomiaru

$$u_c(Q) = \sqrt{u_{(Q)}^2 + u_{(p)}^2}$$

4) Niepewność rozszerzona pomiaru, dla  $k=2$ , co odpowiada poziomowi ufności 95%:

$$U_{c(Q)} = 2u_c(Q)$$

### Wyniki badań

#### Wyniki pomiarów na stanowisku badawczym

Tabela 1 przedstawia zestawienie obliczonej różnicy poziomu wody ( $\Delta H$ ), uzyskanej dzięki pomiarowi wysokości poziomu wody na zewnątrz i wewnątrz filtra oraz wydajności skrzyni przelewowej ( $Q$ ) wraz z oszacowaną niepewnością.

#### Wyniki pomiarów na stanowisku kontrolnym

W tabeli 2 zamieszczono różnicę poziomów wody ( $\Delta H$ ) oraz

Tab. 1. Wyliczenie  $\Delta H$  oraz wartości Q dla stanowiska badawczego  
 Tab. 1. The calculation of  $\Delta H$  and Q values for the test bench

Numer pomiaru	Obliczenia różnicy poziomów wody		Obliczenia wydajności skrzyni przelewowej												
	Różnica poziomów wody $\Delta H$	Niepewność rozszerzona pomiaru $U_{\Delta H}$	Średnia arytmetyczna 3 odczytów z pizometru rurkowego przy skrzyni przelewowej $h_{3sr}$	Niepewności pomiaru skrzyni przelewowej					Wydajność skrzyni przelewowej Q z oszacowaną niepewnością rozszerzoną pomiaru						
				$\Delta H = h_1 - h_2$	$U_{\Delta H} = U_{c(h1)} + U_{c(h2)}$	[m]	$u_{(h3)}^2$	$U_{(dse)}^2$		$U_{c(h3)}$	$u_o$	$U_o$			
	[mm]			[m <sup>2</sup> ]	[m]	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	[dm <sup>3</sup> /min]							
1	0,0	+/- 4,9	0	0	*10 <sup>0</sup>	1,3333	*10 <sup>6</sup>	1,1547	*10 <sup>-3</sup>	0	*10 <sup>0</sup>	0	*10 <sup>0</sup>	0	+/- 0
2	3,5	+/- 4,9	0,0140	0,1667	*10 <sup>6</sup>	1,3333	*10 <sup>6</sup>	1,2247	*10 <sup>-3</sup>	0,7100	*10 <sup>-5</sup>	1,4201	*10 <sup>-5</sup>	1,44	+/- 0,85
3	13,5	+/- 4,8	0,0208	0,0625	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1815	*10 <sup>-3</sup>	1,2359	*10 <sup>-5</sup>	2,4719	*10 <sup>-5</sup>	3,95	+/- 1,48
4	21,7	+/- 4,8	0,0263	0,0625	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1815	*10 <sup>-3</sup>	1,7586	*10 <sup>-5</sup>	3,5171	*10 <sup>-5</sup>	6,65	+/- 2,11
5	34,0	+/- 5,0	0,0310	0,1667	*10 <sup>6</sup>	1,3333	*10 <sup>6</sup>	1,2247	*10 <sup>-3</sup>	2,3396	*10 <sup>-5</sup>	4,6792	*10 <sup>-5</sup>	10,33	+/- 2,81
6	53,7	+/- 4,7	0,0383	0,0625	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1815	*10 <sup>-3</sup>	3,0932	*10 <sup>-5</sup>	6,1865	*10 <sup>-5</sup>	17,09	+/- 3,71
7	59,2	+/- 4,7	0,0398	0,0625	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1815	*10 <sup>-3</sup>	3,2770	*10 <sup>-5</sup>	6,5539	*10 <sup>-5</sup>	19,40	+/- 3,93
8	70,0	+/- 4,9	0,0405	0,0833	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1902	*10 <sup>-3</sup>	3,3952	*10 <sup>-5</sup>	6,7904	*10 <sup>-5</sup>	20,52	+/- 4,07
9	82,0	+/- 4,7	0,0430	0,1667	*10 <sup>6</sup>	1,3333	*10 <sup>6</sup>	1,2247	*10 <sup>-3</sup>	3,8221	*10 <sup>-5</sup>	7,6441	*10 <sup>-5</sup>	23,19	+/- 4,59
10	98,0	+/- 4,9	0,0440	0,1667	*10 <sup>6</sup>	1,3333	*10 <sup>6</sup>	1,2247	*10 <sup>-3</sup>	3,9562	*10 <sup>-5</sup>	7,9123	*10 <sup>-5</sup>	24,55	+/- 4,75
11	110,2	+/- 4,8	0,0458	0,0625	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1815	*10 <sup>-3</sup>	4,0463	*10 <sup>-5</sup>	8,0925	*10 <sup>-5</sup>	27,39	+/- 4,85
12	121,7	+/- 4,8	0,0483	0,0625	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1815	*10 <sup>-3</sup>	4,3824	*10 <sup>-5</sup>	8,7648	*10 <sup>-5</sup>	30,43	+/- 5,26
13	138,0	+/- 4,9	0,0503	0,0625	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1815	*10 <sup>-3</sup>	4,6577	*10 <sup>-5</sup>	9,3154	*10 <sup>-5</sup>	33,66	+/- 5,59
14	154,7	+/- 4,9	0,0523	0,0625	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1815	*10 <sup>-3</sup>	4,9385	*10 <sup>-5</sup>	9,8770	*10 <sup>-5</sup>	37,09	+/- 5,93
15	170,7	+/- 4,7	0,0545	0,0833	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1902	*10 <sup>-3</sup>	5,3000	*10 <sup>-5</sup>	10,6001	*10 <sup>-5</sup>	42,60	+/- 6,36
16	189,0	+/- 4,9	0,0555	0,0833	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1902	*10 <sup>-3</sup>	5,4466	*10 <sup>-5</sup>	10,8931	*10 <sup>-5</sup>	44,54	+/- 6,54
17	214,5	+/- 4,9	0,0565	0,0833	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1902	*10 <sup>-3</sup>	5,5944	*10 <sup>-5</sup>	11,1889	*10 <sup>-5</sup>	45,53	+/- 6,71
18	236,2	+/- 4,9	0,0583	0,0625	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1815	*10 <sup>-3</sup>	5,8131	*10 <sup>-5</sup>	11,6263	*10 <sup>-5</sup>	48,57	+/- 6,98
19	260,7	+/- 4,8	0,0593	0,0625	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1815	*10 <sup>-3</sup>	5,9635	*10 <sup>-5</sup>	11,9269	*10 <sup>-5</sup>	50,67	+/- 7,16
20	296,2	+/- 4,7	0,0603	0,0625	*10 <sup>-6</sup>	1,3333	*10 <sup>-6</sup>	1,1815	*10 <sup>-3</sup>	6,1151	*10 <sup>-5</sup>	12,2302	*10 <sup>-5</sup>	52,82	+/- 7,34
21	397,0	+/- 4,8	0,0700	0,1667	*10 <sup>6</sup>	1,3333	*10 <sup>6</sup>	1,2247	*10 <sup>-3</sup>	7,9386	*10 <sup>-5</sup>	15,8772	*10 <sup>-5</sup>	77,30	+/- 9,53

Tab. 2. Wyliczenie  $\Delta H$  oraz Q dla stanowiska kontrolnego  
 Tab. 2. The calculation of  $\Delta H$  and Q for the control of the test

Numer pomiaru	Obliczenia różnicy poziomów wody		Odczyt wartości Q z przepływomierza										
	Różnica poziomów wody $\Delta H$	Niepewność rozszerzona pomiaru $U_{\Delta H}$	Średnia arytmetyczna 4 odczytów wydajności zarejestrowanych przez przepływomierz $Q_{sr}$	Niepewności pomiaru				Wydajność przepływomierza Q z oszacowaną niepewnością rozszerzoną pomiaru					
				$\Delta H = h_1 - h_2$	$U_{\Delta H} = U_{c(h1)} + U_{c(h2)}$	[dm <sup>3</sup> /min]	$u_{(Q)}^2$		$u_{(Q)}^2$	$U_{c(Q)}$	$U_{c(Q)}$		
	[mm]			[(dm <sup>3</sup> /s) <sup>2</sup> ]	[dm <sup>3</sup> /s]	[dm <sup>3</sup> /s]	[dm <sup>3</sup> /min]						
1	0	+/- 4,6	0	0	*10 <sup>0</sup>	0	*10 <sup>0</sup>	0	*10 <sup>0</sup>	0	*10 <sup>0</sup>	0	+/- 0
2	4,5	+/- 4,7	2,5250	9,0625	*10 <sup>-2</sup>	0,0053	*10 <sup>-2</sup>	0,3011	*10 <sup>0</sup>	0,6023	*10 <sup>0</sup>	2,525	+/- 0,602
3	17,0	+/- 4,7	6,9000	0,1667	*10 <sup>-2</sup>	0,0397	*10 <sup>-2</sup>	0,0454	*10 <sup>0</sup>	0,0908	*10 <sup>0</sup>	6,900	+/- 0,091
4	24,7	+/- 4,9	9,8500	0,9167	*10 <sup>-2</sup>	0,0809	*10 <sup>-2</sup>	0,0999	*10 <sup>0</sup>	0,1998	*10 <sup>0</sup>	9,850	+/- 0,200
5	32,2	+/- 4,7	11,1750	3,7292	*10 <sup>-2</sup>	0,1041	*10 <sup>-2</sup>	0,1958	*10 <sup>0</sup>	0,3916	*10 <sup>0</sup>	11,175	+/- 0,392
6	37,0	+/- 4,9	12,5250	7,8958	*10 <sup>-2</sup>	0,1307	*10 <sup>-2</sup>	0,2833	*10 <sup>0</sup>	0,5666	*10 <sup>0</sup>	12,525	+/- 0,567
7	41,5	+/- 4,7	14,3750	1,0625	*10 <sup>-2</sup>	0,1722	*10 <sup>-2</sup>	0,1111	*10 <sup>0</sup>	0,2222	*10 <sup>0</sup>	14,375	+/- 0,222
8	51,5	+/- 4,9	16,4000	2,5000	*10 <sup>-2</sup>	0,2241	*10 <sup>-2</sup>	0,1650	*10 <sup>0</sup>	0,3301	*10 <sup>0</sup>	16,400	+/- 0,330
9	60,0	+/- 4,9	17,3250	0,2292	*10 <sup>-2</sup>	0,2501	*10 <sup>-2</sup>	0,0692	*10 <sup>0</sup>	0,1385	*10 <sup>0</sup>	17,325	+/- 0,138
10	65,5	+/- 4,9	19,1250	0,7292	*10 <sup>-2</sup>	0,3048	*10 <sup>-2</sup>	0,1017	*10 <sup>0</sup>	0,2034	*10 <sup>0</sup>	19,125	+/- 0,203
11	71,0	+/- 4,8	19,9500	1,0833	*10 <sup>-2</sup>	0,3317	*10 <sup>-2</sup>	0,1190	*10 <sup>0</sup>	0,2379	*10 <sup>0</sup>	19,950	+/- 0,238
12	139,2	+/- 4,8	28,5500	3,5833	*10 <sup>-2</sup>	0,6793	*10 <sup>-2</sup>	0,2065	*10 <sup>0</sup>	0,4129	*10 <sup>0</sup>	28,550	+/- 0,413

odczyty wydajności uzyskane z przepływomierza (Q) wraz z oszacowaną niepewnością rozszerzoną pomiaru.

Potwierdza to poprawność obu metod pomiarowych w badanym zakresie.

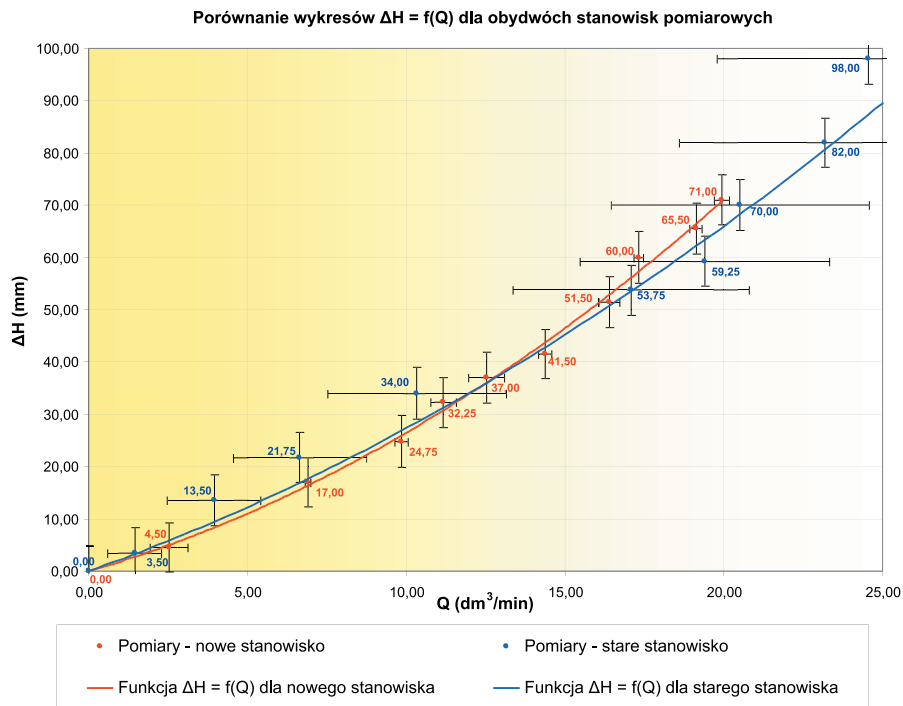
### Porównanie wyników otrzymanych z dwóch stanowisk, badawczego i kontrolnego

Na wykresie funkcji przepływu wody przez filtr w zależności od różnicy poziomów wody (rys. 3) zestawiono wyniki uzyskane w wyniku przeprowadzonych testów na stanowisku badawczym i kontrolnym.

Krzywa charakterystyki filtru (niebieska krzywa  $\Delta H = f(Q)$ ) wyznaczona na podstawie pomiarów zgodnie z obowiązującą procedurą badawczą nr PB 14.1 "Poltegor-Instytut", mieści się w polach niepewności pomiarów, wykonanych metodą porównawczą na nowym stanowisku pomiarowym oraz odwrotnie. W związku z tym, otrzymane wyniki badań oraz krzywe należy uznać za prawidłowe (dane między sobą się korelują).

### Podsumowanie

1. Przeprowadzone badania wykazały, że stosowana metoda pomiarów jest właściwa do pomiaru wodoprzepuszczalności filtrów w przyjętym zakresie pomiarowym i może być stosowana do oceny różnych konstrukcji filtrów dla studni ujęciowych i odwadniających.
2. Zwraca się uwagę na potrzebę stosowania wysoko sprawnych i wydajnych okładzin filtrowych o potwierdzonych parametrach (wodoprzepuszczalności) w przypadku budowania nowych studni ujęciowych lub odwadniających.



Rys. 3. Porównanie wodoprzepuszczalności filtra studziennego na dwóch stanowiskach  
 Fig. 3. A comparative water permeability of well filtration systems at two stations

*Badania finansowane z działalności statutowej „Poltegor-Instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, zlecenie 197008/N*

## Literatura

- [1] Lakretz A., Elifantz H., Kviatkovski I., Eshel G., Mamane H., *Automatic microfiber filtration (AMF) of surface water: Impact on water quality and biofouling evolution*. Water Res, 2014, 48: 592-604
- [2] No-Suk P., Seong-Su. K., Dong-Hark P., Sangyoung P., Seung-Il C., *The optimal composition of the filter-media for coping with daily flow-rate fluctuation*. Korean J Chem Eng, 2010, 27(5): 1492-1496
- [3] Procedura badawcza PB 14.1 „Badania wodoprzepuszczalności filtrów”, wyd. VII (2007)



Fot. Renata S-K

Z cyklu: „Pustka na granicy nicości”