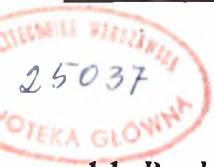


BUDOWNICTWO GOSPODARKI WODNEJ	NORMA BRANŻOWA	<b>BN-71</b>
	Budownictwo hydrotechniczne Badania hydrogeologiczne	<b>8950-04</b>
	Określenie współczynnika filtracji na podstawie próbnych pompowań oraz wydatku i promienia leja depresji pojedynczych studni lub otworów hydrogeologicznych, w warunkach ruchu ustalonego	Zamiast BN-65/8950-04
		Grupa katalogowa VII 70



## 1. WSTĘP

**1.1. Przedmiot normy.** Przedmiotem normy jest określenie współczynnika filtracji na podstawie próbnych pompowań z pojedynczych studni lub otworów hydrogeologicznych oraz określenie wydatku i zasięgu leja depresji pojedynczych studni i otworów hydrogeologicznych w porowatych i szczelinowych gruntach jednorodnych, jeżeli zachowane są warunki przepływu ustalonego i ważność liniowego prawa filtracji Darcy'ego.

**1.2. Zakres stosowania normy.** Normę należy stosować do określania współczynnika filtracji na podstawie próbnych pompowań, wykonanych zgodnie z BN-68/8950-05 z pojedynczych otworów hydrogeologicznych lub studni, oraz do określania wydatku i promienia leja depresji pojedynczych otworów hydrogeologicznych i pojedynczych studni w gruntach, które można umownie uznać za jednorodne i izotropowe.

Wzory na współczynnik filtracji i wydatek należy stosować do otworów hydrogeologicznych i studni zasilanych przez ściany boczne.

Normę należy stosować w toku hydrologicznych, hydrogeologicznych i geologiczno-inżynierskich prac badawczych wykonywanych dla potrzeb budownictwa hydrotechnicznego i gospodarki wodnej.

### 1.3. Określenia

**1.3.1. Depresja** — pionowa odległość od hydrostatycznego poziomu zwierciadła wody podziemnej do poziomu zwierciadła wody podziemnej wytworzonego wskutek próbnego pompowania odniesiona do dowolnego profilu.

**1.3.2. Depresja obliczeniowa** — depresja pozorna pomniejszona o część zeskoku depresji stanowiącą straty hydrauliczne na filtrze.

**1.3.3. Depresja pozorna** — depresja zmierzona w studni lub otworze hydrogeologicznym.

**1.3.4. Depresja rzeczywista w studni lub otworze hydrogeologicznym** — depresja na zewnętrznej ścianie tego otworu zmierzona w przyległym otworze obserwacyjnym lub depresja zmierzona w studni lub otworze hydrogeologicznym i pomniejszona o zeskok hydrauliczny.

**1.3.5. Kontur zasilania** — linia, poza którą swobodne lub napięte zwierciadło wody podziemnej nie znajduje się pod wpływem pompowania ze studni lub otworu hydrogeologicznego.

**1.3.6. Kontur zasilania umowny** — okrąg koła stanowiący ograniczenie leja depresji, współśrodkowy ze studnią lub otworem hydrogeologicznym.

**1.3.7. Lej depresji** — pojęcie umowne, pozwalające na zastąpienie rzeczywistego leja depresji przez lej fikcyjny, symetryczny w stosunku do osi studni lub otworu hydrogeologicznego, ograniczony konturem zasilania umownym taki, że wartość liczbową jego promienia podstawiona do wzorów, służących do obliczania wydatku studni lub otworu hydrogeologicznego, albo współczynnika filtracji, pozwala na obliczenie ich wartości.

**1.3.8. Lej depresji rzeczywisty** — z reguły asymetryczny w stosunku do osi studni lub otworu hydrogeologicznego lej, wywołany pompowaniem, ograniczony konturem zasilania, stanowiący obszar ograniczony hydrostatycznym zwierciadłem wody podziemnej i zwierciadłem wody podziemnej ukształtowanym pod wpływem pompowania lub obszar ograniczony powierzchniami piezometrycznymi zwierciadła wody podziemnej przed i w czasie pompowania.

**1.3.9. Promień leja depresji** — promień okręgu stanowiącego umowny kontur zasilania.

**1.3.10. Otwór analog** — studnia lub otwór hydrogeologiczny wykonany w tej samej warstwie wodonośnej i charakteryzujące się tym, że warunki hydrogeologiczne

Instytut Gospodarki Wodnej

Ustanowiona przez Prezesa Centralnego Urzędu Gospodarki Wodnej dnia 30 marca 1971 r. jako norma obowiązująca w zakresie metod badań od dnia 1 stycznia 1972 r. (Mon. Pol. nr 30/1971 poz. 193)

w otoczeniu otworu rozpatrywanego i otworu analogu można uznać za podobne.

**1.3.11. Schemat obliczeniowy** — uproszczony szkic przekroju przedstawiający położenie zwierciadła wody podziemnej lub położenie linii ciśnień piezometrycznych przed i w czasie próbnego pompowania oraz te elementy warunków hydrogeologicznych i konstrukcji studni, otworu hydrogeologicznego lub węzła hydrogeologicznego wraz z ich wymiarami, które są niezbędne do wykonania obliczeń współczynnika filtracji.

**1.3.12. Strata hydrauliczna na filtrze** — strata hydrauliczna spowodowana oporami powstającymi przy przepływie wody przez filtr studni lub otworu hydrogeologicznego.

**1.3.13. Studnia niepełna lub otwór hydrogeologiczny niepełny** — studnia lub otwór hydrogeologiczny, w którym długość czynnej części filtru jest mniejsza od miąższości warstwy nawodnionej w czasie pompowania określonej jako różnica pomiędzy miąższością warstwy nawodnionej przed rozpoczęciem pompowania a depresją rzeczywistą w studni lub otworze hydrogeologicznym.

**1.3.14. Studnia pełna lub otwór hydrogeologiczny pełny** — studnia lub otwór hydrogeologiczny, w którym długość czynnej części filtru równa jest miąższości warstwy nawodnionej w czasie pompowania, określonej jako różnica pomiędzy miąższością warstwy nawodnionej przed rozpoczęciem pompowania a depresją rzeczywistą w studni lub otworze hydrogeologicznym.

**1.3.15. Warstwa wodonośna o nieograniczonej miąższości** — umowne określenie warstwy wodonośnej, której miąższość przynajmniej 10-krotnie przewyższa długość czynnej części filtru, założonego w tej warstwie.

**1.3.16. Warstwa wodonośna o ograniczonej miąższości** — umowne określenie warstwy wodonośnej, której miąższość w stosunku do długości czynnej części filtru jest mniejsza od określonej w 1.3.15.

**1.3.17. Wydatek jednostkowy otworu hydrogeologicznego** — wydatek otworu hydrogeologicznego, przypadający na 1 m depresji ( $q = Q:s$ ).

**1.3.18. Zeskok depresji** — różnica wysokości między poziomem dynamicznym wody podziemnej na zewnątrz filtru a odpowiadającym mu poziomem wody w otworze hydrogeologicznym lub studni.

**1.3.19. Pozostałe określenia** — wg BN-68/8950-05 i BN-68/8950-06.

#### 1.4. Oznaczenia (symbole) wielkości

$a$  — pozioma odległość od osi studni lub otworu hydrogeologicznego do linii brzegowej zbiornika wody powierzchniowej, m,

$c$  — pionowa odległość górnej krawędzi czynnej części filtru od stropu lub dolnej krawędzi czynnej części filtru od spągu warstwy wodonośnej, m,

$h$  — pionowa odległość od obniżonego w rezultacie próbnego pompowania zwierciadła wody podziemnej do spągu warstwy nieprzepuszczalnej przy zewnętrznej ścianie studni lub otworu hydrogeologicznego, m,

$H$  — pionowa odległość od hydrostatycznego poziomu zwierciadła wody podziemnej do spągu warstwy wodonośnej, zmierzona przed rozpoczęciem próbnego pompowania, m,

$k$  — współczynnik filtracji (współczynnik wodoprzepuszczalności) m/s,

$l$  — długość czynnej części filtru, m,

$l_1, l_2$  — długość czynnej części filtru w pierwszym i w drugim otworze obserwacyjnym węzła hydrogeologicznego, m,

$l_0$  — zagłębienie dolnej krawędzi czynnej części filtru poniżej hydrostatycznego poziomu zwierciadła wody podziemnej, m,

$m_0$  — pionowa odległość od środka czynnej części filtru studni zawieszanej lub otworu hydrogeologicznego zawieszanego do spągu warstwy wodonośnej, m,

$M$  — miąższość warstwy wodonośnej o napiętym zwierciadle wody podziemnej, m,

$r$  — promień studni lub otworu hydrogeologicznego, m,

$r_E$  — promień otworu hydrogeologicznego przyjętego jako wzór analog, m,

$R$  — promień leja depresji, m,

$R_E$  — promień leja depresji wywołanej pompowaniem w studni lub otworze hydrogeologicznym przyjętym jako otwór analog, m,

$Q$  — wydatek studni lub otworu hydrogeologicznego, m<sup>3</sup>/s,

$s$  — depresja obliczeniowa w studni lub otworze hydrogeologicznym, którą w przypadku braku możliwości określenia straty hydraulicznej na filtrze można przyjąć jako równą w przybliżeniu depresji pozornej, m,

$s_{-1}, s_2$  — depresje w pierwszym i drugim otworze obserwacyjnym węzła hydrogeologicznego, m,

$x_1, x_2$  — pozioma odległość pierwszego i drugiego otworu obserwacyjnego od studni lub otworu hydrogeologicznego w węźle hydrogeologicznym, m,

$\varepsilon$  — współczynnik zależny od usytuowania czynnej części filtru w warstwie wodonośnej,

$\xi$  — współczynnik oporów hydraulicznych studni zawieszanej lub otworu hydrogeologicznego zawieszanego.



### 1.5. Normy związane

BN-68/8950-05 Budownictwo hydrotechniczne. Określenie współczynnika filtracji w gruntach. Wytyczne projektowania i wykonywania próbnych pompowań z pojedynczych studni i otworów hydrogeologicznych w warunkach ruchu ustalonego

BN-68/8950-06 Budownictwo hydrotechniczne. Badania hydrogeologiczne. Metody oznaczania współczynnika filtracji w gruntach i skałach. Podział metod i określenia

## 2. ZASADY OGÓLNE

**2.1. Obliczenia współczynnika filtracji i wydatku** należy wykonywać za pomocą wzorów podanych w rozdz. 3 do 6.

**2.2. Promień lejka depresji** należy określać za pomocą metod podanych w rozdz. 7.

**2.3. Wybór wzoru** do obliczeń powinien być poprzedzony analizą budowy geologicznej i sporządzeniem schematu hydrogeologicznego.

**2.4. Otwory hydrogeologiczne, studnie i węzły hydrogeologiczne** służące do przeprowadzenia próbnych pompowań należy projektować i wykonywać zgodnie z BN-68/8950-05 przy uwzględnieniu dodatkowych warunków wynikających z ograniczenia stosowalności niektórych wzorów.

**2.5. Próbne pompowania** w celu określenia współczynnika filtracji należy projektować i wykonywać zgodnie z BN-68/8950-05 z otworów hydrogeologicznych i studni zupełnych z wyjątkiem przypadków, gdy głębokość zalegania spągu warstwy wodonośnej nie uzasadnia pod względem ekonomicznym wykonania odpowiednio głębokiego otworu lub studni, albo gdy do próbnego pompowania wykorzystuje się istniejące otwory hydrogeologiczne lub studnie niezupełne.

**2.6. Długość czynnej części filtru** w otworze lub studni niezupełnej powinna być przynajmniej pięciokrotnie większa od jego średnicy ( $l \geq 10r$ ).

**2.7. Wpływ infiltracji ze zbiornika wody powierzchniowej** należy uwzględniać w przypadkach, gdy odległość otworu hydrogeologicznego lub studni od linii brzegowej zbiornika jest mniejsza od promienia lejka depresji, określonego jak dla warunków braku infiltracji ( $a < R$ ).

**2.8. Jednostki miary.** Współczynnik filtracji należy określać w m/s, wydatek w m<sup>3</sup>/s, promień lejka depresji w m.

**2.9. Dokładność określania.** Wartość współczynnika filtracji i wydatku należy określać z dokładnością do trzeciej cyfry znaczącej, a wartość promienia lejka depresji z dokładnością do jednego metra.

**2.10. Stosowanie innych wzorów** dopuszcza się w przypadkach gdy:

a) próbne pompowanie wykonano z istniejącej studni lub otworu hydrogeologicznego, którego konstrukcja nie odpowiada wymogom normy,

b) brak rozpoznania jednego z parametrów wchodzących do odpowiedniego dla danego przypadku wzoru, znajdującego się w normie,

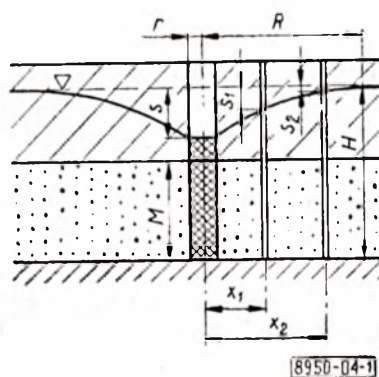
c) nie można sprowadzić warunków hydrogeologicznych do schematów udostępnionych w normie,

d) są one naukowo uzasadnione.

## 3. OBLICZANIE WSPÓLCZYNNIKA FILTRACJI ORAZ WYDATKU PRZY NAPIĘTYM ZWIERCIADLE WODY PODZIEMNEJ BEZ WPŁYWU INFILTRACJI ZE ZBIORNIKA WODY POWIERZCHNIOWEJ

### 3.1. Otwory hydrogeologiczne i studnie zupełne

**3.1.1. Schemat do obliczania współczynnika  $k$  i wydatku  $Q$**  podano na rys. 1.



Rys. 1

**3.1.2. Współczynnik filtracji** należy obliczać wg wzorów (1), (2) lub (3) w zależności od rodzaju stanowiska badawczego:

a) węzeł hydrogeologiczny z dwoma otworami obserwacyjnymi

$$k = \frac{0,366 Q \lg \frac{x_2}{x_1}}{M (s_1 - s_2)} \quad (1)$$

b) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym

$$k = \frac{0,366 Q \lg \frac{x_1}{r}}{M (s - s_1)} \quad (2)$$

c) studnia lub otwór hydrogeologiczny odosobniony

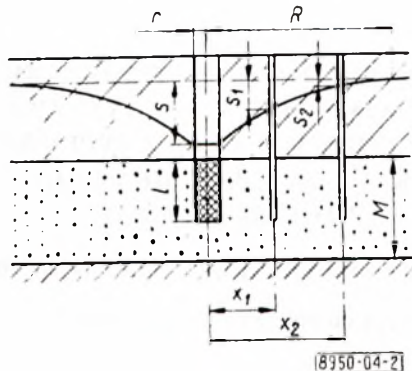
$$k = \frac{0,366 Q \lg \frac{R}{r}}{M s} \quad (3)$$

3.1.3. Wydatek studni lub otworu hydrogeologicznego należy obliczać wg wzoru

$$Q = \frac{2,73 k M s}{\lg R - \lg r} \quad (4)$$

3.2. Otwory hydrogeologiczne i studnie niepełne w warstwie wodonośnej o ograniczonej miąższości

3.2.1. Schemat do obliczania współczynnika  $k$  i wydatku  $Q$  podano na rys. 2.



Rys. 2

3.2.2. Współczynnik filtracji należy obliczać wg wzorów (5), (6) lub (7) w zależności od rodzaju stanowiska badawczego:

a) węzeł hydrogeologiczny z dwoma otworami obserwacyjnymi

$$k = \frac{0,366 Q}{M(s_1 - s_2)} \left[ \lg \frac{x_2}{x_1} + 0,217(\xi_1 - \xi_2) \right] \quad (5)$$

b) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym

$$k = \frac{0,366 Q}{M(s - s_1)} \left[ \lg \frac{x_1}{r} + 0,217(\xi - \xi_1) \right] \quad (6)$$

c) studnia lub otwór hydrogeologiczny odosobniony

$$k = \frac{0,366 Q}{M s} \left( \lg \frac{R}{r} + 0,217 \xi \right) \quad (7)$$

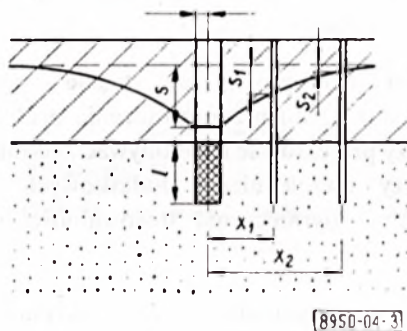
3.2.3. Wydatek studni lub otworu hydrogeologicznego należy obliczać wg wzoru

$$Q = \frac{2,73 k M s}{\lg R - \lg r + 0,217 \xi} \quad (8)$$

3.2.4. Wartości współczynników oporów hydraulicznych  $\xi$ ,  $\xi_1$  i  $\xi_2$  do wzorów (5), (6), (7) i (8) należy przyjmować na podstawie tabl. 1.

3.3. Otwory hydrogeologiczne i studnie niepełne w warstwie wodonośnej i nieograniczonej miąższości

3.3.1. Schemat do obliczania współczynnika filtracji  $k$  i wydatku  $Q$  w przypadku studni z filtrem nie przylegającym do zwierciadła wody umieszczonym w warstwie wodonośnej o nieograniczonej miąższości podano na rys. 3.



Rys. 3

Tablica 1. Wartości współczynników oporów hydraulicznych  $\xi$ ,  $\xi_1$  i  $\xi_2$

A	B									
	0,5	1	3	10	30	100	200	500	1000	2000
0,05	0,00423	0,135	2,3	12,6	35,5	71,9	94	126	149	169
0,1	0,00391	0,122	2,04	10,4	24,3	42,8	53,8	68,5	79,6	90,9
0,3	0,00297	0,0908	1,29	4,79	9,2	14,5	17,7	21,8	24,9	28,2
0,5	0,00165	0,0494	0,656	2,26	4,21	6,5	7,86	9,64	11	12,4
0,7	0,000546	0,0167	0,237	0,879	1,69	2,67	3,24	4,01	4,58	5,19
0,9	0,000048	0,0015	0,0251	0,128	0,3	0,528	0,664	0,846	0,983	1,12

Wartości współczynników  $\xi$ ,  $\xi_1$  i  $\xi_2$  należy obliczać następująco:

Wpierw należy obliczyć wartości  $A$  i  $B$ , które wynoszą:

a) dla napiętego zwierciadła wody podziemnej  $A = \frac{l}{M}$ ;  $B = \frac{M}{x_n}$ ;

b) dla swobodnego zwierciadła wody podziemnej  $A = \frac{l - 0,5 s}{H - 0,5 s}$ ;  $B = \frac{H - 0,5 s}{x_n}$ , gdzie  $n$  jest kolejnym numerem otworu obserwacyjnego.

Dla określenia  $\xi$  należy przyjąć  $x_n = r$ , dla  $\xi_1$  przyjąć  $x_n = x_1$ , dla  $\xi_2$  przyjąć odpowiednio  $x_n = x_2$ .

Następnie dla obliczonych wartości  $A$  i  $B$  należy odczytać z tablicy wartości współczynników  $\xi$ ,  $\xi_1$  i  $\xi_2$ . Wartości pośrednie można interpolować.

Jeżeli  $B < 1,0$  to można przyjmować  $\xi_1 = 0$ ,  $\xi_2 = 0$ .

Wielkości  $A$  i  $B$  należy ustalać osobno dla każdej depresji, dla której oblicza się  $k$ .

**3.3.2. Współczynnik filtracji** należy obliczać wg wzorów (9), (10) lub (11) w zależności od rodzaju stanowiska badawczego:

a) węzeł hydrogeologiczny z dwoma otworami obserwacyjnymi

$$k = \frac{Q}{2\pi l(s_1 - s_2)} \left[ N\left(\frac{l}{\varepsilon x_1}\right) - N\left(\frac{l}{\varepsilon x_2}\right) \right] \quad (9)$$

b) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym

$$k = \frac{Q}{2\pi l(s - s_1)} \left[ N\left(\frac{l}{\varepsilon r}\right) - N\left(\frac{l}{\varepsilon x_1}\right) \right] \quad (10)$$

c) otwór hydrogeologiczny lub studnia odosobniona

$$k = \frac{0,366 Q}{ls} \lg \frac{1,47 l}{\varepsilon r} \quad (11)$$

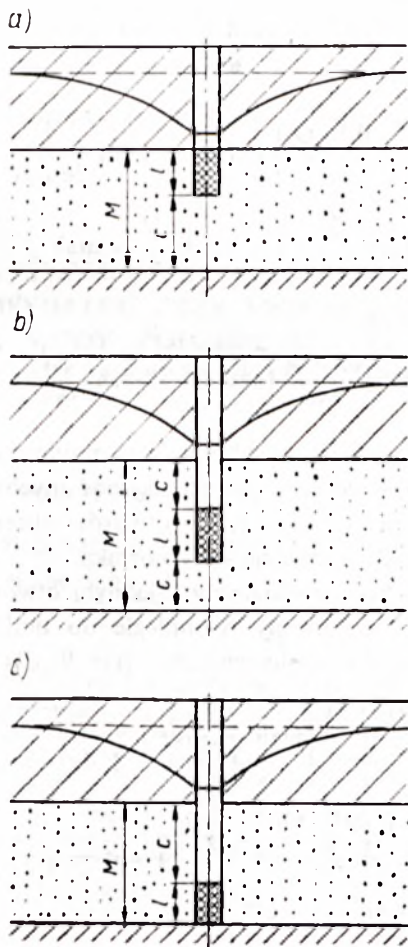
**3.3.3. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni** należy obliczać wg wzoru

$$Q = \frac{2,73 k l s}{\lg(1,47 l) - \lg \varepsilon r} \quad (12)$$

**3.3.4. Wartości współczynnika  $\varepsilon$**  należy przyjmować następująco:

a) dla czynnej części filtru przylegającej do stropu lub spągu warstwy wodonośnej (rys. 4a i c)  $\varepsilon = 1$

b) dla czynnej części filtru oddalonej od stropu i od spągu warstwy wodonośnej (rys. 4b)  $\varepsilon = 2$



Rys. 4

[8950-04-4]

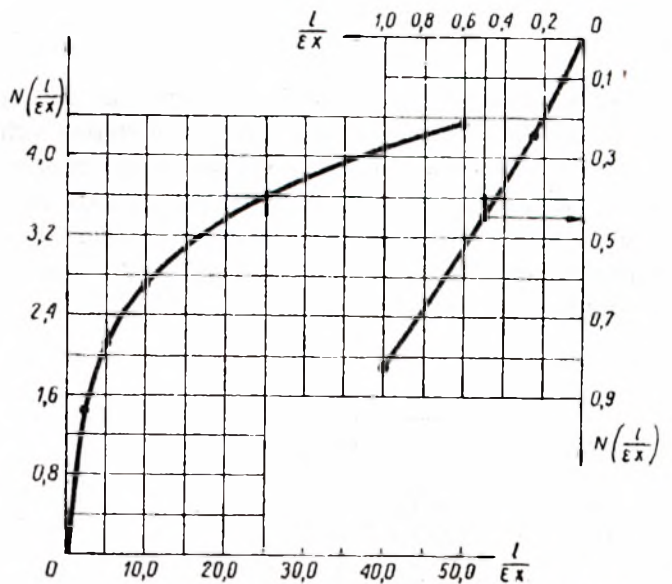
**3.3.5. Odległość krawędzi filtru od stropu lub spągu warstwy wodonośnej** w przypadkach wymienionych

w 3.3.3 b) powinna spełniać warunek  $c > \frac{1}{3} M$

**3.3.6. Wartości funkcji  $N\left(\frac{l}{\varepsilon x}\right)$**  należy odczytać z wy-

kresu rys. 5. Dla  $\frac{l}{\varepsilon x} \geq 10$  funkcja  $N\left(\frac{l}{\varepsilon x}\right) = \ln\left(1,47 \frac{l}{\varepsilon x}\right)$ ,

przy czym dla otworu hydrogeologicznego lub studni  $x = r$ , dla pierwszego otworu obserwacyjnego  $x = x_1$ , a dla drugiego otworu obserwacyjnego  $x = x_2$ .



[8950-04-5]

Rys. 5

#### 4. OBLICZANIE WSPÓŁCZYNNIKA FILTRACJI ORAZ WYDATKU PRZY NAPIĘTYM ZWIERCADLE WODY PODZIEMNEJ Z UWZGLĘDNIENIEM WPŁYWU INFILTRACJI ZE ZBIORNIKA WODY POWIERZCHNIOWEJ

##### 4.1. Otwory hydrogeologiczne i studnie zupełne

**4.1.1. Współczynnik filtracji** należy obliczać wg wzorów (13) do (17) w zależności od rodzaju stanowiska badawczego, a w przypadku węzłów hydrogeologicznych także w zależności od ich usytuowania w stosunku do linii brzegowej zbiornika wody powierzchniowej:

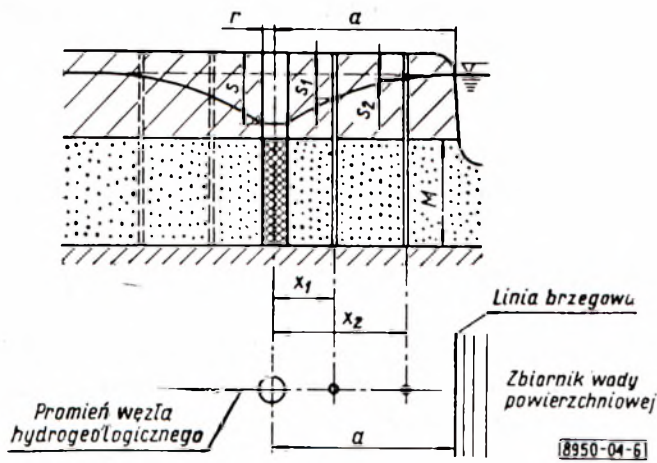
a) węzeł hydrogeologiczny z dwoma otworami obserwacyjnymi usytuowany prostopadłe do linii brzegowej zbiornika wody powierzchniowej (rys. 6)

$$k = \frac{0,366 Q}{M(s_1 - s_2)} \lg \frac{x_2(2a \pm x_1)}{x_1(2a \pm x_2)} \quad (13)$$

b) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym usytuowany jak w a)

$$k = \frac{0,366 Q}{M s_1} \lg \frac{2a \pm x_1}{x_1} \quad (14)$$

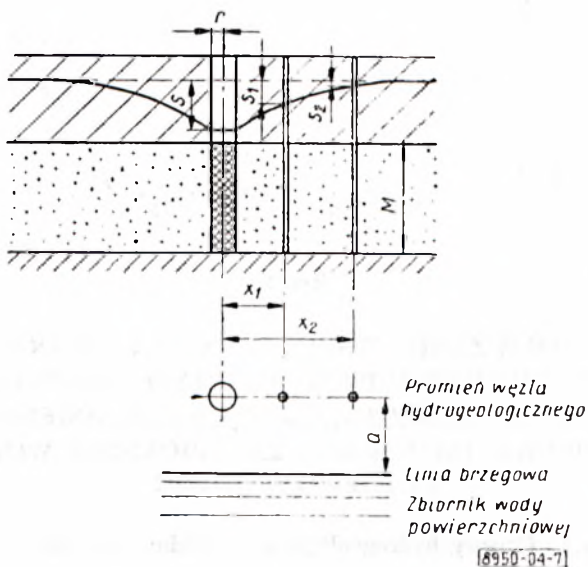




Rys. 6

We wzorach (13) i (14) należy przyjmować  $2a+x_1$  i  $2a+x_2$  dla otworów obserwacyjnych usytuowanych w rzędzie od zbiornika oraz  $2a-x_1$  i  $2a-x_2$  dla otworów obserwacyjnych usytuowanych w rzędzie do zbiornika.

c) węzeł hydrogeologiczny z dwoma otworami obserwacyjnymi usytuowanymi równoległe do linii brzegowej zbiornika wody powierzchniowej (rys. 7)



Rys. 7

$$k = \frac{0,366 Q}{M(s_1-s_2)} \left( 0,5 \lg \frac{4a^2+x_1^2}{4a^2+x_2^2} + \lg \frac{x_2}{x_1} \right) \quad (15)$$

d) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym jak w c)

$$k = \frac{0,366 Q}{M s_1} \lg \frac{\sqrt{4a^2+x_1^2}}{x_1} \quad (16)$$

e) otwór hydrogeologiczny lub studnia odosobniona

$$k = \frac{0,366 Q \lg \frac{2a}{r}}{M s} \quad (17)$$

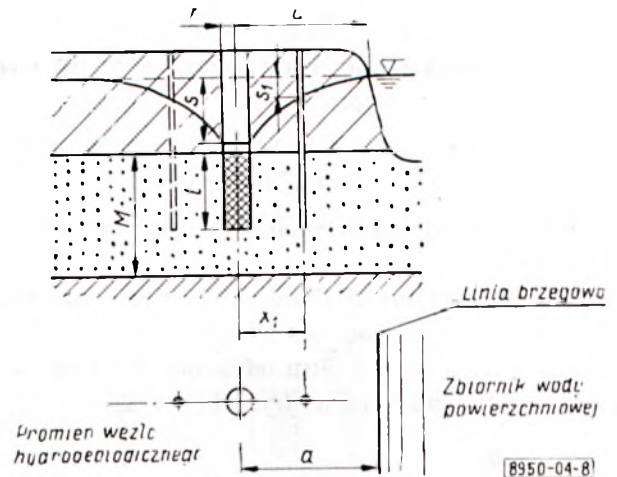
4.1.2. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni należy obliczać wg wzoru

$$Q = \frac{2,73 k M s}{\lg(2a) - \lg r} \quad (18)$$

4.2. Otwory hydrogeologiczne i studnie niezupełne

4.2.1. Współczynnik filtracji należy obliczać wg wzorów (19) ÷ (23) w zależności od rodzaju stanowiska badawczego, a w przypadku węzłów hydrogeologicznych także w zależności od ich usytuowania w stosunku do linii brzegowej zbiornika wody powierzchniowej:

a) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym, usytuowany prostopadle do linii brzegowej zbiornika wody powierzchniowej (rys. 8) dla  $l \geq 0,3 M$



Rys. 8

$$k = \frac{0,16 Q}{l s_1} \left[ \operatorname{arsh} \frac{l}{x_1} - \operatorname{arsh} \frac{l}{2a \pm x_1} + \frac{l}{M} \left( \operatorname{arsh} \frac{2a \pm x_1}{x_1} - \operatorname{arsh} \frac{M}{x_1} - \operatorname{arsh} \frac{M}{2a \pm x_1} \right) \right] \quad (19)$$

dla  $l < 0,3 M$

$$k = \frac{0,16 Q}{l s_1} \left( \operatorname{arsh} \frac{l}{x_1} + \operatorname{arsh} \frac{l}{2a \pm x_1} \right) \quad (20)$$

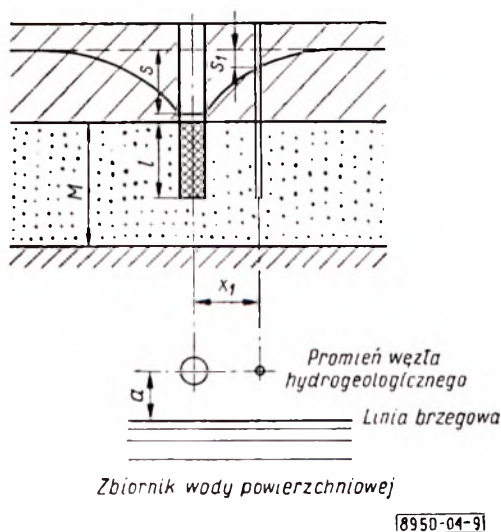
We wzorach (19) i (20) należy przyjmować  $2a+x_1$  dla otworów obserwacyjnych usytuowanych w rzędzie od zbiornika oraz  $2a-x_1$  dla otworów obserwacyjnych usytuowanych w rzędzie do zbiornika.

b) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym, usytuowany równoległe do linii brzegowej zbiornika wody powierzchniowej (rys. 9) dla  $l \geq 0,3 M$

$$k = \frac{0,16 Q}{l s_1} \left[ \operatorname{arsh} \frac{l}{x_1} - \operatorname{arsh} \frac{l}{\sqrt{4a^2+x_1^2}} + \frac{l}{M} \left( \ln \frac{\sqrt{4a^2+x_1^2}}{x_1} + \operatorname{arsh} \frac{M}{\sqrt{4a^2+x_1^2}} - \operatorname{arsh} \frac{M}{x_1} \right) \right] \quad (21)$$

dla  $l < 0,3 M$

$$k = \frac{0,16 Q}{l s_1} \left( \operatorname{arsh} \frac{l}{x_1} - \operatorname{arsh} \frac{l}{\sqrt{4a^2+x_1^2}} \right) \quad (22)$$



Rys. 9

c) otwór hydrogeologiczny lub studnia odosobniona

$$k = \frac{0,366 Q}{M s} \left( \lg \frac{2a}{r} + 0,217 \xi \right) \quad (23)$$

4.2.2. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni należy obliczać wg wzoru

$$Q = \frac{2,73 k M s}{\lg(2a) - \lg r + 0,217 \xi} \quad (24)$$

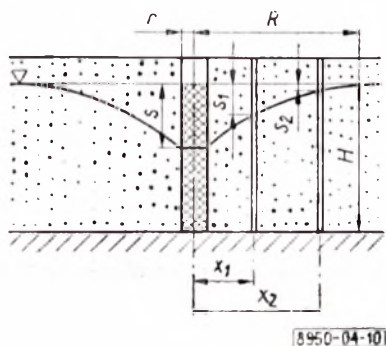
4.2.3. Konstrukcja węzła hydrogeologicznego powinna spełniać warunek  $x_1 < 0,3 M$

4.2.4. Wartości współczynnika oporów hydraulicznych do wzorów (23) i (24) należy przyjmować na podstawie tabl. 1.

## 5. OBLICZANIE WSPÓLCZYNNIKA FILTRACJI ORAZ WYDATKU PRZY SWOBODNYM ZWIERCIADLE WODY PODZIEMNEJ BEZ WPLYWU INFILTRACJI ZE ZBIORNIKA WODY POWIERZCHNIOWEJ

### 5.1. Otwory hydrogeologiczne i studnie zupełne

5.1.1. Schemat do obliczania współczynnika  $k$  i wydatku  $Q$  podano na rys. 10.



Rys. 10

5.1.2. Współczynnik filtracji należy obliczać wg wzorów (25), (26) lub (27) w zależności od konstrukcji stanowiska badawczego:

a) węzeł hydrogeologiczny z dwoma otworami obserwacyjnymi

$$k = \frac{0,732 Q \lg \frac{x_2}{x_1}}{(2H - s_1 - s_2)(s_1 - s_2)} \quad (25)$$

b) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym

$$k = \frac{0,732 Q \lg \frac{x_1}{r}}{(2H - s - s_1)(s - s_1)} \quad (26)$$

c) otwór hydrogeologiczny lub studnia odosobniona

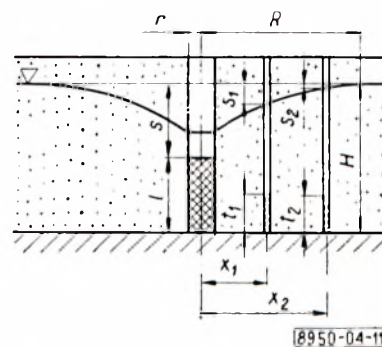
$$k = \frac{0,732 Q \lg \frac{R}{r}}{s(2H - s)} \quad (27)$$

5.1.3. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni należy obliczać wg wzoru

$$Q = \frac{1,366 k s (2H - s)}{\lg R - \lg r} \quad (28)$$

5.2. Otwory hydrogeologiczne i studnie niezupełne z filtrem przyległym do spągu warstwy wodonośnej

5.2.1. Schemat do obliczania współczynnika  $k$  i wydatku  $Q$  podano na rys. 11.



Rys. 11

5.2.2. Współczynnik filtracji należy obliczać wg wzorów (29), (30) lub (31) w zależności od rodzaju stanowiska badawczego.

a) węzeł hydrogeologiczny z dwoma otworami obserwacyjnymi

$$k = \frac{0,16 Q}{l(s_1 - s_2)} \left( \operatorname{arsh} \frac{l}{x_1} - \operatorname{arsh} \frac{l}{x_2} \right) \quad (29)$$

Konstrukcja węzła hydrogeologicznego powinna spełniać warunki:

$$l < 0,3 H; \quad x_2 < 0,3 H; \quad l_1 = l_2 \leq 0,5 l$$



b) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym

$$k = \frac{0,16 Q}{l(s-s_1)} \left( 2,31 \lg \frac{1,32 l}{r} - \operatorname{arsh} \frac{l}{x_1} \right) \quad (30)$$

Konstrukcja węzła hydrogeologicznego powinna spełniać warunki:

$$l < 0,3 H; \quad x_1 < 0,5 H; \quad l_1 \leq 0,5 l$$

c) otwór hydrogeologiczny lub studnia odosobniona

$$k = \frac{0,366 Q}{ls} \lg \frac{1,32 l}{r} \quad (31)$$

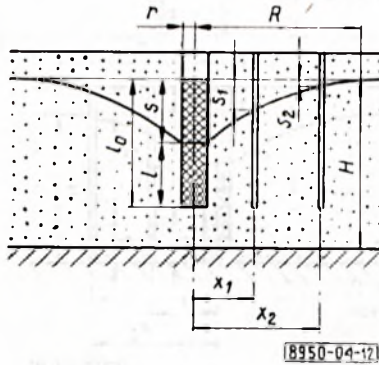
Próbne pompowania z otworów hydrogeologicznych lub studni odosobnionych należy wykonywać przy depresjach  $s < 0,3 l$ .

5.2.3. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni należy obliczać wg wzoru

$$Q = \frac{2,73 k l s}{\lg(1,32 l) - \lg r} \quad (32)$$

5.3. Otwory hydrogeologiczne i studnie niezupełne z filtrem przyległym do hydrostatycznego poziomu wody podziemnej w warstwie wodonośnej o ograniczonej miąższości

5.3.1. Schemat do obliczania współczynnika  $k$  i wydatku  $Q$  podano na rys. 12.



Rys. 12

5.3.2. Współczynnik filtracji należy obliczać wg wzorów (33), (34) lub (35) w zależności od rodzaju stanowiska badawczego

a) węzeł hydrogeologiczny z dwoma otworami obserwacyjnymi

$$k = \frac{0,732 Q}{(s_1-s_2)(2H-s_1-s_2)} \left[ \lg \frac{x_2}{x_1} + 0,217(\xi_1-\xi_2) \right] \quad (33)$$

b) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym

$$k = \frac{0,732 Q}{(s-s_1)(2H-s-s_1)} \left[ \lg \frac{x_1}{r} + 0,217(\xi-\xi_1) \right] \quad (34)$$

c) otwór hydrogeologiczny lub studnia odosobniona

$$k = \frac{0,732 Q}{s(2H-s)} \left( \lg \frac{R}{r} + 0,217 \xi \right) \quad (35)$$

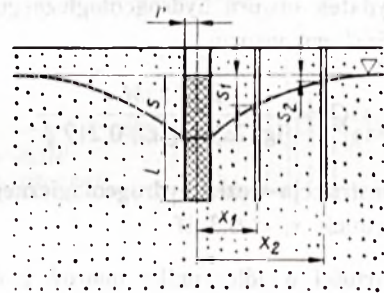
5.3.3. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni należy obliczać wg wzoru

$$Q = \frac{1,366 k s (2H-s)}{\lg R - \lg r + 0,217 \xi} \quad (36)$$

5.3.4. Wartości współczynników oporów hydraulicznych  $\xi$ ,  $\xi_1$ ,  $\xi_2$  należy przyjmować na podstawie tabl. 1.

5.4. Otwory hydrogeologiczne i studnie niezupełne z filtrem przyległym do hydrostatycznego zwierciadła wody podziemnej w warstwie wodonośnej o nieograniczonej miąższości

5.4.1. Schemat do obliczania współczynnika filtracji  $k$  i wydatku  $Q$  w przypadku studni z filtrem przylegającym do zwierciadła wody umieszczonym w warstwie wodonośnej o nieograniczonej miąższości podano na rys. 13.



Rys. 13

5.4.2. Współczynnik filtracji należy obliczać wg wzorów (37), (38) lub (39) w zależności od rodzaju stanowiska badawczego.

a) węzeł hydrogeologiczny z dwoma otworami obserwacyjnymi

$$k = \frac{0,16 Q}{l(s_1-s_2)} \left[ N\left(\frac{l}{\varepsilon x_1}\right) - N\left(\frac{l}{\varepsilon x_2}\right) \right] \quad (37)$$

b) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym

$$k = \frac{0,16 Q}{l(s-s_1)} \left[ N\left(\frac{l}{\varepsilon r}\right) - N\left(\frac{l}{\varepsilon x_1}\right) \right] \quad (38)$$

c) otwór hydrogeologiczny lub studnia odosobniona

$$k = \frac{0,366 Q}{ls} \lg \frac{1,47 l}{\varepsilon r} \quad (39)$$

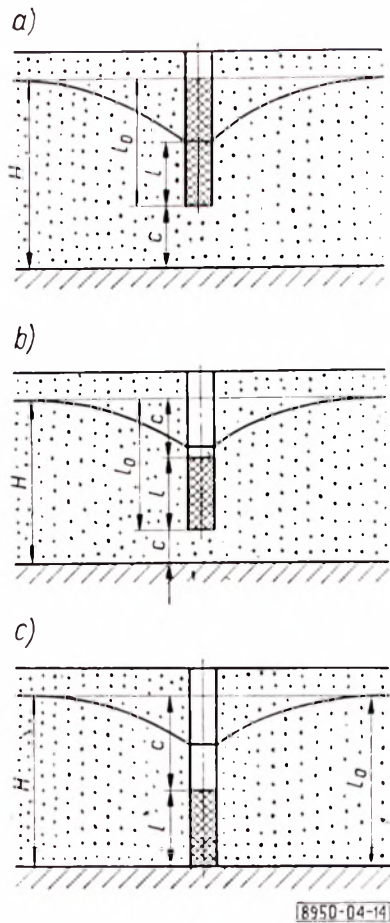
5.4.3. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni należy obliczać wg wzoru

$$Q = \frac{2,73 l k s}{\lg(1,47 l) - \lg \varepsilon r} \quad (40)$$



5.4.4. Wartości współczynnika  $\varepsilon$  należy przyjmować następująco:

a) gdy czynna część filtru przylegająca do hydrostatycznego zwierciadła wody (rys. 14a) lub do spągu warstwy wodonośnej (rys. 14c) to  $\varepsilon = 1$ ,



Rys. 14

b) gdy czynna część filtru jest oddalona od hydrostatycznego zwierciadła wody podziemnej i spągu warstwy wodonośnej (rys. 14b), to  $\varepsilon = 2$ .

5.4.5. Odległość krawędzi filtru od hydrostatycznego zwierciadła wody podziemnej i od spągu warstwy wodonośnej w przypadkach wymienionych w 5.4.3 b) powinna spełniać warunek  $c > \frac{1}{3} H$ .

5.4.6. Długość czynnej części filtru  $l$  należy zastąpić we wzorach (37) do (40) następująco:

a) gdy czynna część filtru jest zatopiona podczas próbnego pompowania (rys. 14b i c) to  $l = l_0$ ,

b) gdy czynna część filtru nie jest zatopiona podczas próbnego pompowania (rys. 14a) to  $l = l_0 - 0,5s$ .

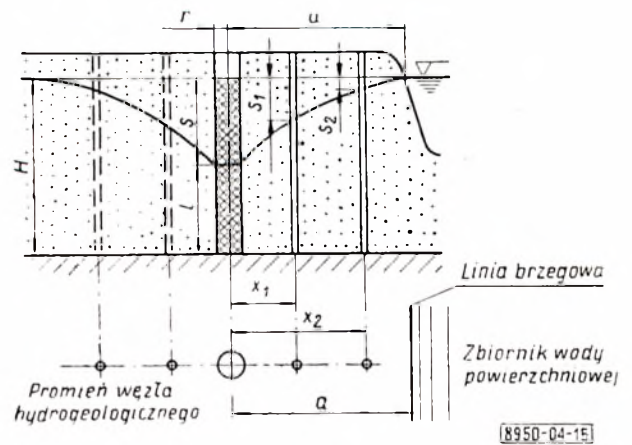
5.4.7. Wartość funkcji  $N$  należy określać zgodnie z 3.3.5.

## 6. OBLICZANIE WSPÓLCZYNNIKA FILTRACJI ORAZ WYDATKU PRZY SWOBODNYM ZWIERCIADLE WODY PODZIEMNEJ Z UWZGLĘDNIENIEM WPLYWU INFILTRACJI ZE ZBIORNIKA WODY POWIERZCHNIOWEJ

### 6.1. Otwory hydrogeologiczne i studnie zupełne

6.1.1. Współczynnik filtracji należy obliczać wg wzorów (41)–(45) w zależności od rodzaju stanowiska badawczego a w przypadku węzłów hydrogeologicznych także w zależności od ich usytuowania w stosunku do linii brzegowej zbiornika wody powierzchniowej:

a) węzeł hydrogeologiczny z dwoma otworami obserwacyjnymi usytuowany prostopadle do linii brzegowej zbiornika wody powierzchniowej (rys. 15),



Rys. 15

$$k = \frac{0,732 Q}{(2H - s_1 - s_2)(s_1 - s_2)} \lg \frac{x_2(2a \pm x_1)}{x_1(2a \pm x_2)} \quad (41)$$

b) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym usytuowany jak w a)

$$k = \frac{0,732 Q}{s_1(2H - s_1)} \lg \frac{2a \pm x_1}{x_1} \quad (42)$$

We wzorach (41) i (42) należy przyjmować  $2a + x_1$  i  $2a + x_2$  albo  $2a - x_1$  i  $2a - x_2$  zgodnie z 4.1.1.

c) węzeł hydrogeologiczny z dwoma otworami obserwacyjnymi usytuowany równolegle do linii brzegowej zbiornika wody powierzchniowej (rys. 16)

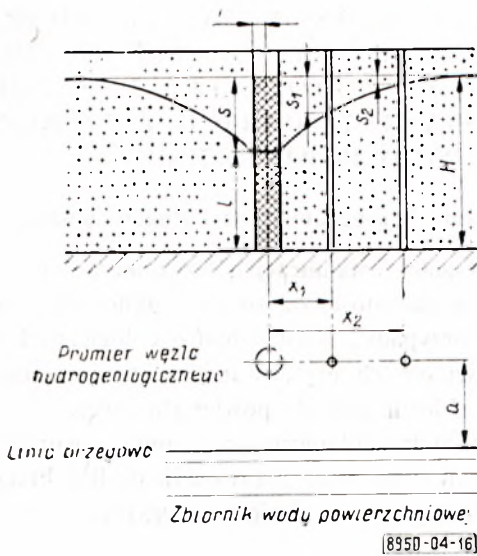
$$k = \frac{0,732 Q}{(2H - s_1 - s_2)(s_1 - s_2)} \left( 0,5 \lg \frac{4a^2 + x_1^2}{4a^2 + x_2^2} + \lg \frac{x_2}{x_1} \right) \quad (43)$$

d) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym usytuowany jak w c)

$$k = \frac{0,732 Q}{s_1(2H - s_1)} \lg \frac{\sqrt{4a^2 + x_1^2}}{x_1} \quad (44)$$

e) otwór hydrogeologiczny lub studnia odosobniona

$$k = \frac{0,732 Q}{s(2H - s)} \lg \frac{2a}{r} \quad (45)$$

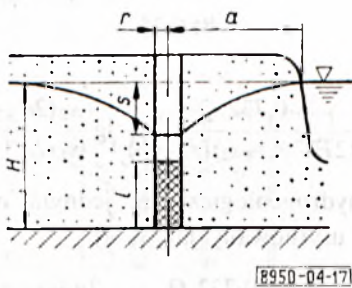


Rys. 16

6.1.2. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni należy obliczać za pomocą wzoru

$$Q = \frac{1,366 ks (2H - s)}{\lg(2a) - \lg r} \quad (46)$$

6.2. Otwory hydrogeologiczne i studnie niepełne w warstwie o ograniczonej miąższości z filtrem przyległym do spągu warstwy wodonośnej (rys. 17).



Rys. 17

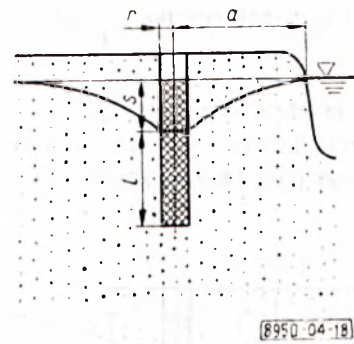
6.2.1. Współczynnik filtracji należy obliczać wg wzoru

$$k = \frac{0,16 Q}{ls} \left( 2,3 \lg \frac{1,32l}{r} - \operatorname{arsh} \frac{0,9l}{a} \right) \quad (47)$$

6.2.2. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni należy obliczać wg wzoru

$$Q = \frac{6,25lks}{2,3 \lg \frac{1,32l}{r} - \operatorname{arsh} \frac{0,9l}{a}} \quad (48)$$

6.3. Otwory hydrogeologiczne i studnie niepełne w warstwie o ograniczonej miąższości z filtrem odsuniętym od spągu warstwy wodonośnej (rys. 18)



Rys. 18

6.3.1. Współczynnik filtracji należy obliczać wg wzoru

(49)

$$k = \frac{0,732 Q}{s \left( \frac{l+s}{\lg \frac{2a}{r}} + \frac{l}{\lg \frac{0,66l}{r} + 0,25 \frac{l}{m_0} \lg \frac{a^2}{m_0^2 - 0,14l^2}} \right)}$$

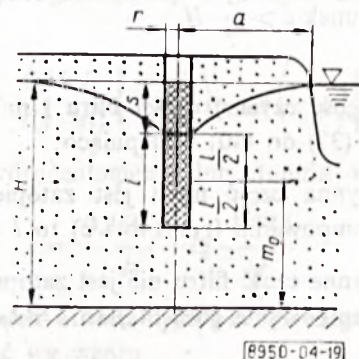
6.3.2. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni należy obliczać wg wzoru

$$Q = 1,366ks \left( \frac{l+s}{\lg \frac{2a}{r}} + \frac{l}{\lg \frac{0,66l}{r} + 0,25 \frac{l}{m_0} \lg \frac{a^2}{m_0^2 - 0,14l^2}} \right) \quad (50)$$

We wzorach (49) i (50)  $m_0 = H - \left( s + \frac{l}{2} \right)$

6.3.3. Odległość otworu hydrogeologicznego lub studni od linii brzegowej zbiornika wody powierzchniowej w przypadkach wymienionych w 6.3 powinna spełniać warunek  $a > \frac{m_0}{2}$

6.4. Otwory hydrogeologiczne i studnie niepełne w warstwie wodonośnej o nieograniczonej miąższości (rys. 19).



Rys. 19



6.4.1. Współczynnik filtracji należy obliczać wg wzorów (51) i (52);

a) dla  $l < a$

$$k = \frac{0,732 Q}{s \left( \frac{l+s}{\lg \frac{2a}{r}} + \frac{l}{\lg \frac{0,66l}{r} - 0,22 \operatorname{arsh} \frac{0,44l}{a}} \right)} \quad (51)$$

b) dla  $l > a$

$$k = \frac{0,732 Q}{s \left( \frac{l+s}{\lg \frac{2a}{r}} + \frac{l}{\lg \frac{0,66l}{r} - 0,11 \frac{l}{a}} \right)} \quad (52)$$

6.4.2. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni należy obliczać wg wzorów (53) lub (54)

a) dla  $l < a$

$$Q = 1,366ks \left( \frac{l+s}{\lg \frac{2a}{r}} + \frac{l}{\lg \frac{0,66l}{r} - 0,22 \operatorname{arsh} \frac{0,44l}{a}} \right) \quad (53)$$

b) dla  $l > a$

$$Q = 1,366ks \left( \frac{l+s}{\lg \frac{2a}{r}} + \frac{l}{\lg \frac{0,66l}{r} - 0,11 \frac{l}{a}} \right) \quad (54)$$

## 7. OKREŚLANIE PROMIENIA LEJA DEPRESJI

7.1. Wartość promienia leja depresji należy określać za pomocą metod podanych w 7.3, 7.4, 7.5 lub 7.6 w zależności od posiadanych wartości parametrów wchodzących do poszczególnych wzorów obliczeniowych oraz od przyjętego schematu obliczeniowego.

7.2. Obliczenie wartości promienia leja depresji na podstawie próbnych pompowań

7.2.1. Otwory hydrogeologiczne i studnie zupełne przy napiętym zwierciadle wody podziemnej. Promień leja depresji należy obliczać wg wzorów (55), (56) lub (57) w zależności od rodzaju stanowiska badawczego (rys. 1):

a) węzeł hydrogeologiczny z dwoma otworami obserwacyjnymi

$$\lg R = \frac{s_1 \lg x_2 - s_2 \lg x_1}{s_1 - s_2} \quad (55)$$

b) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym

$$\lg R = \frac{s \lg x_1 - s_1 \lg r}{s - s_1} \quad (56)$$

c) otwór hydrogeologiczny lub studnia odosobniona

$$\lg R = 2,73 k \frac{Ms}{Q} + \lg r \quad (57)$$

7.2.2. Otwory hydrogeologiczne i studnie zupełne przy swobodnym zwierciadle wody podziemnej. Promień leja

depresji należy obliczać wg wzorów (58), (59) lub (60) w zależności od rodzaju wyrobiska badawczego (rys. 9):

a) węzeł hydrogeologiczny z dwoma otworami obserwacyjnymi

$$\lg R = \frac{s_1 (2H - s_1) \lg x_2 - s_2 (2H - s_2) \lg x_1}{(s_1 - s_2) (2H - s_1 - s_2)} \quad (58)$$

b) węzeł hydrogeologiczny z jednym otworem obserwacyjnym

$$\lg R = \frac{s (2H - s) \lg x_1 - s_1 (2H - s_1) \lg r}{(s - s_1) (2H - s - s_1)} \quad (59)$$

c) otwór hydrogeologiczny lub studnia odosobniona

$$\lg R = 1,366k \frac{s (2H - s)}{Q} + \lg r \quad (60)$$

7.3. Obliczenie promienia leja depresji na podstawie wyniku próbnego pompowania przeprowadzonego w tej samej warstwie wodonośnej w sąsiedztwie badanej studni lub otworu hydrogeologicznego należy wykonywać drogą prób:

a) przy napiętym zwierciadle wody podziemnej wg wzoru

$$R (\lg R - \lg r) = \left[ R_E (\lg R_E - \lg r_E) \right] \frac{s}{s_E} \quad (61)$$

b) przy swobodnym zwierciadle wody podziemnej wg wzoru

$$R (\lg R - \lg r) = R_E (\lg R_E - \lg r_E) \frac{s (2H - s)}{s_E (2H - s_E)} \quad (62)$$

7.4. Obliczenie promienia leja depresji przy uwzględnieniu infiltracji wody ze zbiornika wody powierzchniowej należy wykonywać wg wzoru

$$R = 2a \quad (63)$$

7.5. Obliczenie promienia leja depresji za pomocą wzorów empirycznych w przypadku swobodnego zwierciadła wody podziemnej, gdy znana jest miąższość warstwy wodonośnej należy wykonywać wg wzoru

$$R = 575s \sqrt{Hk} \quad (64)$$

zaś w przypadku swobodnego zwierciadła wody podziemnej, gdy miąższość warstwy wodonośnej nie jest znana lub w przypadku napiętego zwierciadła wody podziemnej należy wykonywać wg wzoru

$$R = 3000s \sqrt{k} \quad (65)$$

7.6. Przyjmowanie promienia leja depresji na podstawie danych empirycznych zestawionych w tablicach. W przypadku, gdy nie jest możliwe obliczenie leja depresji za pomocą wzorów należy przyjąć go na podstawie tabl. 2, w zależności od stwierdzonego w czasie próbnego pompowania wydatku jednostkowego  $q = Q:s$ . Jeżeli próbnego pompowania nie przeprowadzono, to promień leja depresji należy przyjmować z tabl. 3, mającej

zastosowanie ograniczone do piasków i żwirów oraz do małych depresji w granicach  $2 \div 3$  metrów. Dane zawarte w tabl. 3 odnoszą się do studni i otworów hydrogeologicznych szybowych i wierconych.

**Tablica 2. Wartości promienia leja depresji  $R$  w zależności od wydatku jednostkowego  $q$**

Wydatek jednostkowy na 1 m depresji $q$ , l/s	$R$ m
do 0,2	do 10
powyżej 0,2 do 0,33	powyżej 10 do 25
powyżej 0,33 do 0,5	powyżej 25 do 50
powyżej 0,5 do 1,0	powyżej 50 do 100
powyżej 1,0 do 2,0	powyżej 100 do 300
powyżej 2,0	powyżej 300 do 500

**Tablica 3. Orientacyjne wartości promienia leja depresji  $R$  w piaskach i żwirach w zależności od ich uziarnienia**

Warstwa wodonośna	Większość ziarn o średnicy mm	$R$ m przy depresji $s = 2 \div 3$ m
piaski bardzo drobno-ziarniste	0,05 ÷ 0,10	25 ÷ 50
piaski drobnoziarniste	0,10 ÷ 0,25	50 ÷ 100
piaski średnioziarniste	0,25 ÷ 0,50	100 ÷ 200
piaski gruboziarniste	0,50 ÷ 1,00	200 ÷ 400
piaski bardzo grubo-ziarniste	1,00 ÷ 2,00	400 ÷ 500
żwir drobnoziarnisty	2,00 ÷ 3,00	500 ÷ 600
żwir średnioziarnisty	3,00 ÷ 5,00	600 ÷ 1500
żwir gruboziarnisty	5,00 ÷ 10,00	1500 ÷ 3000

KONIEC

#### INFORMACJE DODATKOWE do BN-71/8950-04

Istotne zmiany w stosunku do BN-65/8950-04. Norma BN-71/8950-04 podaje wzory do określania współczynnika filtracji, wydatku studni oraz zasięgu leja depresji w zależności od warunków hydrogeologicznych, hydrologicznych oraz liczby otworów obser-

wacyjnych, a norma BN-65/8950-04 podawała tylko wzory na obliczenie współczynnika filtracji, które należało stosować zależnie od warunków hydrogeologicznych, hydrologicznych i liczby otworów obserwacyjnych.



## 1. WSTĘP

- 1.1. Przedmiot normy
- 1.2. Zakres stosowania
- 1.3. Określenia
- 1.4. Oznaczenia
- 1.5. Normy związane

## 2. ZASADY OGÓLNE

- 2.1. Obliczenia współczynników filtracji i wydatku
- 2.2. Promień leja depresji
- 2.3. Wybór wzoru
- 2.4. Otwory hydrogeologiczne, studnie i węzły hydrogeologiczne
- 2.5. Próbné pompowania
- 2.6. Długość czynnej części filtru
- 2.7. Wpływ infiltracji ze zbiornika wody powierzchniowej
- 2.8. Jednostki miary
- 2.9. Dokładność określania
- 2.10. Stosowanie innych wzorów

## 3. OBLICZANIE WSPÓLCZYNNIKA FILTRACJI ORAZ WYDATKU PRZY NAPIĘTYM ZWIERCIADLE WODY PODZIEMNEJ BEZ WPŁYWU INFILTRACJI ZE ZBIORNIKA WODY POWIERZCHNIOWEJ

- 3.1. Otwory hydrogeologiczne i studnie zupełne
  - 3.1.1. Schemat do obliczania współczynnika  $k$  i wydatku  $Q$
  - 3.1.2. Współczynnik filtracji
  - 3.1.3. Wydatek studni lub otworu hydrogeologicznego
- 3.2. Otwory hydrogeologiczne i studnie niezupełne w warstwie wodonośnej o ograniczonej miąższości
  - 3.2.1. Schemat do obliczania współczynnika  $k$  i wydatku  $Q$
  - 3.2.2. Współczynnik filtracji
  - 3.2.3. Wydatek studni lub otworu hydrogeologicznego
  - 3.2.4. Wartości współczynników oporów hydraulicznych
- 3.3. Otwory hydrogeologiczne i studnie niezupełne w warstwie wodonośnej o nieograniczonej miąższości
  - 3.3.1. Schemat do obliczania współczynnika filtracji  $k$  i wydatku  $Q$  w przypadku studni z filtrem, nieprzylegającym do zwierciadła wody umieszczonym w warstwie wodonośnej o nieograniczonej miąższości.
  - 3.3.2. Współczynnik filtracji
  - 3.3.3. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni
  - 3.3.4. Wartości współczynnika  $\epsilon$
  - 3.3.5. Odległość krawędzi filtru od stropu lub spągu warstwy wodonośnej

$$3.3.6. \text{Wartości funkcji } N\left(\frac{l}{ex}\right)$$

## 4. OBLICZANIE WSPÓLCZYNNIKA FILTRACJI ORAZ WYDATKU PRZY NAPIĘTYM ZWIERCIADLE WODY PODZIEMNEJ Z UWZGLĘDNIENIEM WPŁYWU INFILTRACJI ZE ZBIORNIKA WODY POWIERZCHNIOWEJ

- 4.1. Otwory hydrogeologiczne i studnie zupełne
  - 4.1.1. Współczynnik filtracji
  - 4.1.2. Wydatek studni lub otworu hydrogeologicznego
- 4.2. Otwory hydrogeologiczne i studnie niezupełne
  - 4.2.1. Współczynnik filtracji
  - 4.2.2. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni
  - 4.2.3. Konstrukcja węzła hydrogeologicznego
  - 4.2.4. Wartości współczynników oporów hydraulicznych

## 5. OBLICZANIE WSPÓLCZYNNIKA FILTRACJI ORAZ WYDATKU PRZY SWOBODNYM ZWIERCIADLE WODY PODZIEMNEJ BEZ WPŁYWU INFILTRACJI ZE ZBIORNIKA WODY POWIERZCHNIOWEJ

- 5.1. Otwory hydrogeologiczne i studnie zupełne
  - 5.1.1. Schemat do obliczania współczynnika  $k$  i wydatku  $Q$
  - 5.1.2. Współczynnik filtracji
  - 5.1.3. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni

- 5.2. Otwory hydrogeologiczne i studnie niezupełne z filtrem przyległym do spągu warstwy wodonośnej
  - 5.2.1. Schemat do obliczania współczynnika  $k$  i wydatku  $Q$
  - 5.2.2. Współczynnik filtracji
  - 5.2.3. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni
- 5.3. Otwory hydrogeologiczne i studnie niezupełne z filtrem przyległym do hydrostatycznego poziomu wody podziemnej w warstwie wodonośnej o ograniczonej miąższości
  - 5.3.1. Schemat do obliczania współczynnika  $k$  i wydatku  $Q$
  - 5.3.2. Współczynnik filtracji
  - 5.3.3. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni
  - 5.3.4. Wartości współczynników oporów hydraulicznych
- 5.4. Otwory hydrogeologiczne i studnie niezupełne z filtrem przyległym do hydrostatycznego zwierciadła wody podziemnej w warstwie wodonośnej o nieograniczonej miąższości
  - 5.4.1. Schemat do obliczania współczynnika filtracji  $k$  i wydatku  $Q$  w przypadku studni z filtrem przylegającym do zwierciadła wody umieszczonym w warstwie wodonośnej o nieograniczonej miąższości
  - 5.4.2. Współczynnik filtracji
  - 5.4.3. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni
  - 5.4.4. Wartości współczynnika  $\epsilon$
  - 5.4.5. Odległość krawędzi filtru od hydrostatycznego zwierciadła wody podziemnej i od spągu warstwy wodonośnej
  - 5.4.6. Długość czynnej części filtru
  - 5.4.7. Wartości funkcji  $N$

## 6. OBLICZANIE WSPÓLCZYNNIKA FILTRACJI ORAZ WYDATKU PRZY SWOBODNYM ZWIERCIADLE WODY PODZIEMNEJ Z UWZGLĘDNIENIEM WPŁYWU INFILTRACJI ZE ZBIORNIKA WODY POWIERZCHNIOWEJ

- 6.1. Otwory hydrogeologiczne i studnie zupełne
  - 6.1.1. Współczynnik filtracji
  - 6.1.2. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni
- 6.2. Otwory hydrogeologiczne i studnie niezupełne w warstwie wodonośnej o ograniczonej miąższości z filtrem przyległym do spągu warstwy wodonośnej
  - 6.2.1. Współczynnik filtracji
  - 6.2.2. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni
- 6.3. Otwory hydrogeologiczne i studnie niezupełne w warstwie o ograniczonej miąższości z filtrem odsuniętym od spągu warstwy wodonośnej
  - 6.3.1. Współczynnik filtracji
  - 6.3.2. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni
  - 6.3.3. Odległość otworu hydrogeologicznego lub studni
- 6.4. Otwory hydrogeologiczne i studnie niezupełne w warstwie wodonośnej o nieograniczonej miąższości
  - 6.4.1. Współczynnik filtracji
  - 6.4.2. Wydatek otworu hydrogeologicznego lub studni

## 7. OKREŚLANIE PROMIENIA LEJA DEPRESJI

- 7.1. Wartość promienia leja depresji
- 7.2. Obliczenie wartości promienia leja depresji na podstawie próbnych pompowań
  - 7.2.1. Otwory hydrogeologiczne i studnie zupełne przy napiętym zwierciadle wody podziemnej
  - 7.2.2. Otwory hydrogeologiczne i studnie zupełne przy swobodnym zwierciadle wody podziemnej
- 7.3. Obliczanie promienia leja depresji na podstawie wyniku próbnego pompowania przeprowadzonego w tej samej warstwie wodonośnej.
- 7.4. Obliczenie promienia leja depresji przy uwzględnieniu infiltracji wody
- 7.5. Obliczenie promienia leja depresji za pomocą wzorów empirycznych
- 7.6. Przyjmowanie promienia leja depresji na podstawie danych empirycznych zestawionych w tablicach

Informacje dodatkowe

BG PW  
BN. 003250



40000000341605