

MODELOWANIE ZMIAN PRĘDKOŚCI INFILTRACJI WODY Z BASENÓW INFILTRACYJNYCH

Infiltracja po latach zapomnienia, coraz częściej jest rozpatrywana jako proces technologiczny uzdatniania zanieczyszczonych wód powierzchniowych oraz jako jedna z metod, mających duże możliwości zastosowania w odnowie wody. Walory infiltracji, które decydują o coraz szerszym jej zastosowaniu, to przede wszystkim znaczna efektywność usuwania związków refrakcyjnych i biogennych, stabilizacja składu wody oraz wyrównanie jej temperatury.

W krajowym piśmiennictwie fachowym mało miejsca poświęca się hydraulice basenów infiltracyjnych. Niniejszy artykuł ma na celu zapoznanie z podstawowymi modelami służącymi do prognozowania zmian prędkości infiltracji wody do gruntu z basenów, których dno znajduje się bezpośrednio w warstwie wodonośnej.

Definicja prędkości infiltracji

Chwilową prędkość infiltracji wody z basenu do warstwy wodonośnej definiuje się jako iloraz natężenia dopływającej wody do basenu do powierzchni całkowitej basenu:

$$V_{inf}(t) = \frac{Q \text{ dop}(t)}{F} \quad (1)$$

W przypadku braku pomiaru ilości wody, dopływającej do basenu prędkość infiltracji określa się w sposób przybliżony przez pomiar obniżenia zwierciadła wody w basenie ΔH przy zamkniętym dopływie wody i czasu Δt po jakim to obniżenie nastąpiło:

$$V_{inf}(t) = \frac{\Delta H}{\Delta t} \quad (2)$$

Tak zdefiniowana prędkość infiltracji nie daje obrazu zmian lokalnych prędkości infiltracji na obszarze basenu. W rozważaniach inżynierskich średnia prędkość infiltracji z całej powierzchni basenu jest wystarczająca do scharakteryzowania hydraulicznych właściwości basenu.

Charakterystyczne okresy pracy basenu

Baseny infiltracyjne eksploatowane są w sposób periodyczny. Na cykl pracy basenu infiltracyjnego składają się następujące okresy:

- zalewania basenu wodą
- napełniania basenu wodą
- eksploatacji basenu przy stałym poziomie zwierciadła wody
- wyłączenia basenu z eksploatacji
- regeneracji zdolności filtracyjnych basenu.

Zmiany prędkości infiltracji wody w okresie zalewania basenu wodą

W chwili rozpoczęcia zalewania basenu wodą, zwierciadło wód podziemnych znajduje się najczęściej poniżej dna basenu. Lokalne zmiany prędkości infiltracji wody do gruntu można określić na podstawie znanych i stosowanych w melioracjach wzorów na infiltrację deszczu do nienasyconego wodą gruntu [3, 12, 13]. Prędkość infiltracji wody do warstwy wodonośnej, o niepełnym nasyceniu wodą jest większa od prędkości jaka wynika ze współczynnika filtracji gruntu. W przypadku filtracji wody, przez strefę aeracji powstaje dodatkowe ciśnienie ssące h_s , będące funkcją wilgotności gruntu $h_s = h_s(w)$, które jest wynikiem sił kapilarnych i osmotycznych. Przy pełnym nasyceniu gruntu wodą wpływ sił fizykochemicznych zanika ($h_s = 0$). Uogólniony współczynnik filtracji gruntu k jest funkcją ciśnienia ssącego gruntu $k = k(h_s)$ i tylko przy pełnym nasyceniu gruntu wodą przyjmuje wartość współczynnika filtracji ($k = k_t$), natomiast dla gruntów o niepełnym nasyceniu wodą jest od niego większy ($k > k_t$). Prędkość infiltracji wody do warstwy wodonośnej, ze strefą aeracji, w miarę wzrostu wilgotności gruntu, jak wynika z powyższych rozważań, maleje teoretycznie do wartości współczynnika filtracji warstwy wodonośnej, przed zalaniem basenu wodą. W praktyce, wskutek procesów kolmatacji, następuje zmniejszanie współczynnika filtracji gruntu w dnie basenu infiltracyjnego. Spadek

lokalnych prędkości infiltracji jest wywołany zatem nie tylko zmianą wilgotności gruntu, ale także jego kolmatacją. Etap zalewania basenu ma decydujący wpływ na proces kolmatacji dna basenu. Stosowanie zbyt dużych intensywności zalewania basenu wodą może spowodować gwałtowne uszczelnienie dna basenu infiltracyjnego. Mała intensywność zalewania jest również niekorzystna, ze względu na nierównomierne obciążenie hydrauliczne urządzeń ujmujących wodę, oraz możliwość pogorszenia się jakości wody po infiltracji. Z tych względów, szczególnie ważne jest określenie intensywności zalewania basenu wodą.

Maksymalną intensywność zalewania basenu wodą można określić, kierując się eksploatacyjną, możliwą technicznie wydajnością ujęcia wód podziemnych i zasobami dynamicznymi — naturalnymi i sztucznymi wód podziemnych. Jeżeli zdolność produkcyjna ujęcia (wydajność) wód podziemnych wynosi w danej chwili Q_c , a dyspozycyjne zasoby dynamiczne wód podziemnych (naturalne i sztucznie uformowane) Q_p , to przy założeniu powierzchni basenu F , intensywność zalewania może maksymalnie wynosić:

$$q_{\max} = \beta \frac{Q_c - Q_p}{F} \quad (3)$$

gdzie:

β — jest współczynnikiem uwzględniającym straty wynikłe z parowania i nie ujętego odpływu wód podziemnych. Wartość tego współczynnika przyjmuje się w granicach 1,1—1,25.

Przy określaniu maksymalnej intensywności zalewania basenu wodą należy za wartość Q_c przyjmować, nie wydajność całkowitą ujęcia wód podziemnych, ale wydajność tej części ujęcia, która jest pod bezpośrednim wpływem rozpatrywanego basenu infiltracyjnego. Na przykład: w przypadku zalewania ostatniego basenu ujęcia infiltracyjnego, na kierunku przepływu wód podziemnych, należy uwzględnić tylko wydajność ujęcia wód podziemnych w bezpośrednim sąsiedztwie tego basenu, natomiast przy zalewaniu pierwszego basenu można uwzględnić wydajność całego ujęcia. Wynika stąd wniosek, że maksymalna intensywność zalewania basenu na danym ujęciu będzie różna dla różnych basenów. Takie podejście ma na celu minimalizację strat wody sztucznie wprowadzanej do gruntu, które wywołane są odpływem wód podziemnych w kierunku największych gradientów hydraulicznych poza teren ujęcia.

Intensywność zalewania basenu wodą wg P. Brinkhausa powinna wynosić 1,0—1,2 m³/m² d, natomiast A. König i H. Bruns zalecają wartości 0,5—0,6 m³/m² d [4, 17]. Maksymalna intensywność zalewania basenu wodą, ze względu na kolmatację dna basenu, nie powinna przekroczyć stosowanej prędkości filtracji na filtrach powolnych tj. 2,5 m³/m² d.

Zmiany prędkości infiltracji wody w okresie zalewania zależą od ilości wody dopływającej do basenu. Przy stałym natężeniu dopływu

wody do basenu prędkość infiltracji będzie stała. Zalewanie basenu ze stałym natężeniem jest niekorzystne. Na długości basenu, przy punktowym doprowadzeniu wody do basenu obserwuje się zmniejszenie zalanej powierzchni dna basenu, gdyż równolegle z zalewaniem nowych powierzchni dna zachodzi wsiąkanie wody do gruntu na powierzchni już zalanej. Utrzymanie stałej szybkości zalewania wymaga rosnącego natężenia dopływu wody do basenu. Wartość chwilową natężenia dopływu wody do basenu można określić z wyrażenia:

$$Q_{\text{dopl}}(t) = Q_z + Q_w(t), \quad (4)$$

$Q_{\text{dopl}}(t)$ — ilość wody doprowadzanej do basenu w chwili t ,

Q_z — intensywność zalewania basenu,

$Q_w(t)$ — ilość wody wsiąkającej do gruntu w chwili t .

Czas trwania okresu zalewania basenu wodą można określić ze wzoru T. W. Burczak [4]:

$$t_1 = \frac{2G}{(V_{zp} + V_{zk}) \cdot M} \quad (5)$$

w którym:

G — obciążenie złoża zawiesin, kg/m²

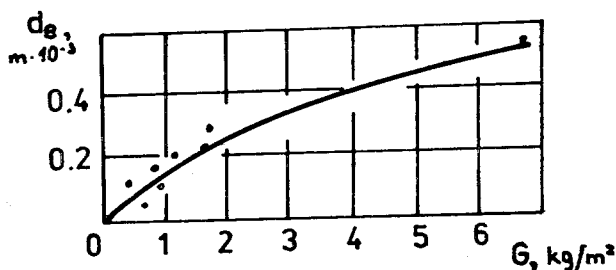
V_{zk} — prędkość początkowa infiltracji podczas zalewania basenu, m/d

V_{zp} — prędkość końcowa infiltracji podczas zalewania basenu, m/d

M — mętność wody doprowadzanej do basenu w okresie zalewania kg/m³

Wyprowadzenie wzoru (5) oparto na założeniu, że czas trwania zalewania basenu zależy wyłącznie od kolmatacji mechanicznej dna basenu, wywołanej zawiesinami i mętnością wody. Przyjęcie takiego modelu jest dużym uproszczeniem zjawiska kolmatacji, gdyż równolegle z kolmatacją mechaniczną, dno basenu ulega kolmatacji biologicznej, wskutek zatrzymywania w złożu skorupiaków, glonów, pierwotniaków i bakterii. Kolmatacja biologiczna dominuje w przypadku, gdy w wodach użytych do infiltracji występuje zakwit. W tym przypadku czas określony wg wzoru (5) może dalece różnić się od rzeczywistego czasu zalewania basenu wodą.

Obciążenie złoża zawiesiną (G), jest parametrem ustalonym doświadczalnie. Charakteryzuje on kolmatację dna basenu i wyrażony jest w jednostce masy zatrzymanej zawiesiny, na jednostce powierzchni basenu. Na rys. 1 przedstawiono obciążenie złoża zawiesiną w funkcji średnicy efektywnej uziarnienia gruntu dna basenu infiltracyjnego [4].



Rys. 1 Obciążenie złoża gruntowego zawiesiną w funkcji średnicy efektywnej gruntu

Obciążenie złoża zawiesiną jest parametrem zmiennym w czasie eksploatacji basenu infiltracyjnego. Po kolejnych czyszczeniach ulega on najczęściej zmniejszeniu, co jest wynikiem zachodzenia głębokiej kolmatacji, lub mało efektywnego sposobu czyszczenia dna basenu. Przy systematycznych obserwacjach eksploatacyjnych okresu zalewania basenów infiltracyjnych, można określić skuteczność czyszczenia basenów i szybkość zachodzenia głębokiej kolmatacji warstwy wodonośnej.

N. S. Płotnikow i K. I. Syczew [14] podają, że czas zalewania basenu nie powinien być dłuższy niż 5–10 dni, ponieważ wydłużanie okresu zalewania powoduje pogorszenie się jakości wody po infiltracji. J. Łomotowski [12] obserwował zalewanie jednego z basenów infiltracyjnych w Legnicy, którego czas zalewania wynosił 3 miesiące. W tym przypadku nie stwierdzono ujemnego wpływu długiego czasu trwania okresu zalewania basenu, na jakość ujmowanej wody. Można wnosić, że czas zalewania nie ma zasadniczego wpływu na jakość wód podziemnych.

Zmiany prędkości infiltracji wody w okresie napełniania basenu wodą

Napełnianie basenu rozpoczyna się z chwilą zalania całej powierzchni dna basenu wodą a kończy, gdy poziom wody osiągnie wysokość określoną konstrukcją basenu. W okresie napełniania basenu wodą obserwuje się stałą prędkość infiltracji wody do gruntu. Wzrost strat ciśnienia wywołany wzrostem oporu zakolmatowanej warstwy (gruntu) dna basenu i tworzącej się błony mechaniczno-biologicznej na dnie basenu jest kompensowany wzrostem ciśnienia słupa wody w basenie. Szybkość podnoszenia się zwierciadła wody, przy stałym natężeniu dopływu wody do basenu jest miarą stopnia uszczelniania się dna basenu infiltracyjnego. Przybliżony czas napełniania basenu wodą można określić ze wzoru:

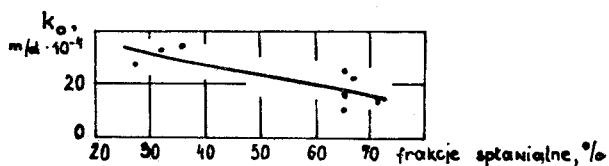
$$t_2 = \frac{H_{\max} \cdot k_o \cdot \gamma_o}{V_{\text{inf}}^2 \cdot M} \quad (6)$$

gdzie:

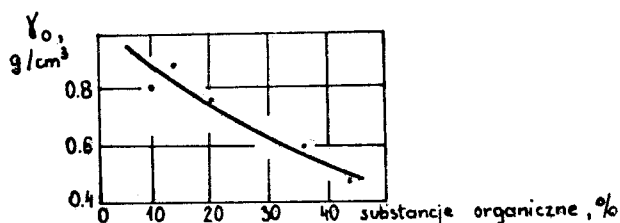
- $H_{\max}$ — głębokość wody w basenie
- k_o — współczynnik filtracji błony mechaniczno-biologicznej (osadu) powstałej na dnie basenu
- γ_o — gęstość osadu
- V_{inf} — prędkość infiltracji wody
- M — mętność wody.

Analogicznie do wzoru (5), przy wyprowadzaniu wzoru (6) założono między innymi, że o przyroście oporu decydują osady powstałe wyłącznie z zawiesin. Założenie to budzi największe zastrzeżenia.

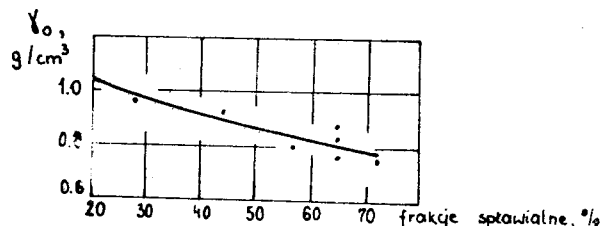
Wartość współczynnika filtracji (k_o) i gęstości (γ_o) osadu określa się doświadczalnie. Na współczynnik filtracji osadu ma m.in. wpływ zawartość frakcji spławialnej w osadzie. Zależność ta została pokazana na rysunku 2 [4]. Gęstość osadu zależy natomiast od zawartości części spławialnych (rys. 3) i zawartości substancji organicznych w osadzie (rys. 4).



Rys. 2 Współczynnik filtracji osadu w funkcji zawartości frakcji spławialnej w osadzie



Rys. 3 Gęstość osadu w funkcji zawartości frakcji spławialnej w osadzie



Rys. 4 Gęstość osadu w funkcji zawartości substancji organicznych

Obserwacje zmian wysokości zwierciadła wody w basenie, w czasie jego napełniania pozwalają na określenie właściwości hydraulicznych osadu, powstającego podczas infiltracji.

Przyrost oporu hydraulicznego błony biologiczno-mechanicznej (ΔR_H), w czasie napełniania basenu można obliczyć ze stosunku przyrostu wysokości napełnienia basenu wodą (ΔH), do prędkości infiltracji (V_{inf}):

$$(0) - V_{\text{inf}}^k \cdot e$$

$$\Delta R_H(t) = \frac{\Delta H(t)}{V_{\text{inf}}} \quad (7)$$

Gdy przy stałym natężeniu dopływu wody do basenu występuje liniowy przyrost wysokości zwierciadła wody w basenie, to osady są nieściśliwe, natomiast krzywoliniowy wzrost świadczy o ściśliwości osadu.

We wszystkich modelach, opisujących ten okres pracy basenu infiltracyjnego zakłada się, że o spadku prędkości infiltracji decyduje przyrost grubości warstwy osadu, powstającej na dnie basenu. Założenie to jest słuszne w przypadku, gdy pod dnem basenu wytworzy się strefa aeracji. Warunek konieczny do przerwania strugi wody pod dnem basenu jest określony nierównością [10]:

$$\frac{H_{\max}}{l} < \frac{k_f}{k_o} - 1 \quad (8)$$

gdzie:

- l — grubość warstwy osadu
- k_f — współczynnik filtracji warstwy wodonośnej

a pozostałe oznaczenia jak w równaniu (6). Współczynnik filtracji osadu wynosi najczęściej $k_o = 0,01 - 0,0005$ m/d [8]. Dla basenu,

o głębokości napełnienia 2,0 m, współczynnika filtracji warstwy wodonośnej 50 m/d i współczynnika filtracji osadu 0,002 m/d wystarczy 0,8 mm warstwa osadu, aby pod dnem basenu powstała strefa aeracji. Jak z tego wynika, już dla bardzo małych grubości warstwy osadu, pod dnem basenów infiltracyjnych może powstać strefa aeracji.

Modele paraboliczne

Prędkość infiltracji wody do gruntu, przy założeniu całkowitej straty ciśnienia hydrostatycznego w warstwie osadu, można określić z prawa Darcy:

$$V_{\text{inf}}(t) = k_o \cdot \frac{H_{\text{max}}}{l(t)} \quad (9)$$

Przyrost grubości warstwy osadu dl na dnie basenu, przy założeniu, że następuje on tylko wskutek odkładania się cząstek, powodujących mętność wody w czasie dt , można określić ze wzoru:

$$dl = V_{\text{inf}}(t) \frac{M}{\gamma_o} \cdot dt. \quad (10)$$

Wykorzystując we wzorze (10) zależność (9), otrzymamy:

$$dl = k_o \cdot \frac{H_{\text{max}}}{l(t)} \cdot \frac{M}{\gamma_o} \cdot dt, \quad (11)$$

a po scałkowaniu równania (11):

$$l(t) = \sqrt{l_o^2 + 2H_{\text{max}} \cdot \frac{k_o \cdot M}{\gamma_o} \cdot t} \quad (12)$$

gdzie:

l_o — grubość warstwy osadu w chwili rozpoczęcia obserwacji

t — czas obserwacji.

Podstawiając zależność (12) do wzoru (9) otrzymamy funkcję opisującą zmiany prędkości infiltracji, w okresie pracy basenu ze stałą wysokością napełnienia:

$$V_{\text{inf}}(t) = \frac{k_o \cdot H_{\text{max}}}{\sqrt{l_o^2 + 2H_{\text{max}} \cdot \frac{k_o \cdot M}{\gamma_o} \cdot t}} \quad (13)$$

Zmiany prędkości infiltracji wody w analizowanym okresie pracy basenu, jak wynika z równania (13), zależą wyłącznie od właściwości hydraulicznych błony mechaniczno-biologicznej, napełnienia basenu wodą i mętności wody dopływającej; nie zależą natomiast od rodzaju gruntu. Przy założeniu, że właściwości osadu nie ulegają zmianie w czasie tj. $k_o = \text{const}$, $\gamma_o = \text{const}$, napełnienie basenu jest stałe $H_{\text{max}} = \text{const}$, o szybkości spadku prędkości infiltracji decyduje mętność wody doprowadzonej do basenu. Jak już stwierdzono wcześniej, o szybkości kolmatacji i odkładania się osadu decyduje nie tylko mętność wody ale również zawartość w wodzie infiltrowanej zawieszin i domieszek biologicznych. Z tych względów, aby zmniejszyć spadek prędkości infiltracji wody do gruntu, należy domieszki te usuwać z wody przed infiltracją.

Według normatywów radzieckich [4, 15], dopuszczalna mętność wody przeznaczonej do in-

filtracji wynosi 20 mg SiO_2/dm^3 — dla gruntów o $d_e = 0,5-1,0$ mm i 10 mg SiO_2/dm^3 — dla gruntów o $d_e = 0,15-0,3$ mm. Zawartość planktonu w wodzie nie powinna przekroczyć 10 000 komórek/ cm^3 , a ogólna liczba bakterii 1.000 szt./ cm^3 , dla piasków o $d_e = 0,5-1,00$ mm i 5.000 szt./ cm^3 , dla piasków o $d_e = 0,15-0,3$ mm. W NRD [9, 11] zaleca się do opisu prędkości infiltracji, w okresie pracy basenu, model będący uogólnieniem równania (13):

$$V_{\text{inf}}(t) = \frac{V_{\text{inf}}(0)}{\sqrt{1 + A \cdot t}} \quad (14)$$

gdzie:

$V_{\text{inf}}(0) = \frac{H_{\text{max}} \cdot k_o}{l_o}$ — prędkość infiltracji w chwili rozpoczęcia obserwacji

$A = \frac{2H_{\text{max}} \cdot k_o}{l_o^2 \cdot \gamma_o} \cdot B$ — stała dla danego basenu w danym cyklu pracy

B — stała dla danego cyklu pracy basenu będąca funkcją mętności, barwy i domieszek biologicznych.

Równanie (13) może służyć do określenia orientacyjnych prędkości infiltracji, na etapie projektowania ujęcia infiltracyjnego. Przeprowadzona przez A. Czamarę [5] analiza porównawcza modelu, z danymi ustalonymi w warunkach terenowych wykazała duże różnice w przebiegu zmian rzeczywistych prędkości a prędkości modelowanych. Uściślenie modelu można uzyskać stosując równanie (14) po określeniu stałej A , na pilotowym ujęciu infiltracyjnym.

Modele wykładnicze

Przedstawione modele dość dobrze opisują zmiany prędkości infiltracji, przy kilkumiesięcznym cyklu pracy basenu infiltracyjnego. Długi czas eksploatacji basenów wymaga uwzględnienia powstającego w warstwie osadu podciśnienia, powodującego wzrost prędkości infiltracji. Wielkość podciśnienia podczas przepływu wody przez trzy ośrodki porowate, o znacznie różniących się współczynnikach filtracji (osad, warstwa zakolmatowana, warstwa wodonośna) można określić na podstawie wzorów teoretycznych lub eksperymentalnych, które podane są w pracach T. W. Burczak [4] i B. Kutilka [10]. Korzystanie z tych formuł jest praktycznie niemożliwe gdyż wymagają one znajomości grubości i współczynnika filtracji zakolmatowanej warstwy gruntu. W czasie eksploatacji basenów wielkości te ulegają zmianie i są praktycznie niemierzalne. Przy długim czasie eksploatacji basenu stosuje się modele empiryczne, najczęściej w postaci funkcji wykładniczych.

Berend (za Bowerem) [3] i W. C. Bianchi [1] do zmian prędkości infiltracji zaproponował funkcję:

$$V_{\text{inf}}(t) = V_{\text{inf}}(0) \cdot e^{-\beta_1 \cdot t} \quad (15)$$

gdzie:

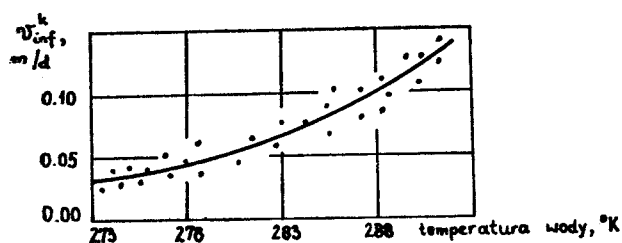
β_1 — jest stałą oznaczaną doświadczalnie.

Model ten, podobnie jak modele paraboliczne, daje dużą zgodność, przy krótkich cyklach pracy basenu infiltracyjnego. Doświadczenia z praktyki wykazały, że przy długim czasie eksploatacji basenu infiltracyjnego, prędkość infiltracji nie dąży do zera, jak to wynika z modeli określonych równaniami (13), (14), (15) ale do pewnej granicznej prędkości V_{inf}^k . Jak wykazały doświadczenia [1, 8, 16], do modelowania zmian prędkości długich cykli eksploatacyjnych basenu infiltracyjnego najlepiej nadaje się funkcja:

$$V_{inf}(t) = (V_{inf}(0) - V_{inf}^k) \cdot e^{-\beta \cdot t} + V_{inf}^k \quad (16)$$

Wartości współczynnika β i prędkości końcowej V_{inf}^k wyznacza się na podstawie danych doświadczalnych, otrzymanych w czasie eksploatacji basenów.

Prędkość końcowa V_{inf}^k , jak wykazały badania, zależy od temperatury wody infiltrującej (rys. 5.) [8]:



Rys. 5 Końcowa prędkość infiltracji wody w funkcji temperatury wody

Wpływ temperatury na prędkość końcową można wytłumaczyć wpływem procesów życiowych mikroorganizmów, nagromadzonych w powierzchniowej warstwie osadu dennego. Liczba bakterii w wierzchniej warstwie osadu dennego może osiągnąć wartość do 10^9 komórek/gram suchej masy osadu [7]. W przypadku gdy w wodzie basenu ma miejsce zakwit, w osadzie występują również, w znacznych ilościach glony lub skorupiaki. S. H. Czekałow [6] stwierdził, że liczba glonów, w jednocentymetrowej warstwie osadu dennego, w jednym z basenów infiltracyjnych wynosiła $3 \cdot 10^6$ komórek/cm³ osadu, przy czym 95% komórek było żywych. W badaniach M. Błażejewskiego [2] osadu z basenów infiltracyjnych ujęcia w Poznaniu stwierdzono od 20.000 — 33.000 kolonii grzybów w 1 g osadu.

Przedstawione powyżej wyniki badań pozwalają na jednoznaczne stwierdzenie, że wierzchnia warstwa osadu jest żywą barierą biologiczną, która pozostaje w ciągłym ruchu. Przy wzroście temperatury wody intensyfikują się procesy metaboliczne organizmów, co powoduje rozluźnienie warstwy osadu, a zatem ulega zwiększeniu współczynnik filtracji osadu. Obniżenie temperatury wody przyczynia się do wzrostu oporu hydraulicznego osadu. Wynika z tego cenna wskazówka do eksploatacji basenów: baseny infiltracyjne należy czyścić z osadu przed okresem zimowym, gdyż przy niskiej temperaturze wody ich wodoprzepuszczalność jest najmniejsza [8].

Gdy prędkość infiltracji wody spadnie poniżej wartości minimalnej, basen infiltracyjny wy-

łącza się z eksploatacji w celu usunięcia powstałej warstwy osadu i zakolmatowanej warstwy gruntu. W celu szybszego osuszenia basenu, zgromadzoną w nim wodę najczęściej się odpompowuje. Czas czyszczenia basenu trwa średnio od 10 do 20 dni.

W warunkach krajowych nie zostało rozwiązane dotychczas zagadnienie czyszczenia basenów infiltracyjnych. Z braku siły roboczej zaprzestano stosowania ręcznego czyszczenia basenów, natomiast nie wdrożono technologii mechanicznego ich oczyszczania. Stosowane najczęściej czyszczenie basenów infiltracyjnych za pomocą spycharek prowadzi do niepotrzebnego pogłębiania basenów oraz ich dewastacji, gdyż najczęściej grunt w dnie basenu, pod ciężarem użytych maszyn budowlanych ulega zagniecioniu, a nierzadko część osadu zostaje wgniecioną w dno. Powoduje to, że po czyszczeniu baseny wykazują zmniejszenie średniej prędkości infiltracji, w porównaniu z cyklem poprzedzającym to czyszczenie. Dalszy rozwój ujęć infiltracyjnych w kraju, oraz racjonalne wykorzystanie już istniejących jest ściśle związane z opanowaniem technologii czyszczenia basenów infiltracyjnych.

Podsumowanie

Przedstawione w pracy modele mogą służyć do wstępnego ustalania zmian wydajności basenów infiltracyjnych w fazie projektowania, oraz posłużyć do ustalenia wytycznych dotyczących badań jakie należy prowadzić podczas eksploatacji ujęć infiltracyjnych. Brak danych z eksploatacji basenów infiltracyjnych w kraju wynika z faktu, że nie są prowadzone przez ich użytkowników systematyczne pomiary eksploatacyjne. Poznanie hydrauliki basenów infiltracyjnych jest możliwe tylko na podstawie badań, prowadzonych na czynnych ujęciach infiltracyjnych. Z badań tych można dopiero określić podstawowe parametry, wpływające na wydajność basenów. Nie mniej ważne dla użytkowników ujęć infiltracyjnych jest poznanie modeli zmian wydajności basenów infiltracyjnych, gdyż pozwala to na określenie dyspozycyjnych bieżących i perspektywicznych zasobów dynamicznych wód infiltracyjnych; ustalenia harmonogramów eksploatacji poszczególnych basenów infiltracyjnych, ich czyszczeń, intensywności zalewania itd. Wynika stąd, że zarówno dla użytkowników jak i dla rozwoju wiedzy o hydraulice basenów infiltracyjnych, potrzebne są systematyczne badania basenów podczas ich eksploatacji. Autorzy pracy postulują, aby wprowadzić jednolitą metodykę badań hydrauliki basenów infiltracyjnych na terenie kraju. Badania te powinny obejmować:

- pomiary ilości wody doprowadzonej do basenu w czasie ich eksploatacji
- pomiary prędkości infiltracji wody
- pomiary szybkości podnoszenia zwierciadła wody w okresie zalewania basenów
- badania jakości wody dopływającej do basenu, oraz wody zmagazynowanej w basenie.

Na podstawie tych pomiarów, jak wynika z treści referatu, można opracować ścisłe modele, służące do prognozowania zmian prędkości infiltracji z basenu, podczas pełnego cyklu jego pracy.

LITERATURA

1. W. C. BIANCHI i inni: Fresno, Calif. subsurface drain collector — deep well recharge system. JAWWA 1978 str. 427—435.
2. M. BŁAŻEJEWSKI: Sztuczna infiltracja w uzdatnianiu wód powierzchniowych. Z.W. Instytutu Kształtowania Środowiska, Warszawa 1982.
3. H. BOUWER: Groundwater hydrology. Mc. Graw-Hill — Company, 1978.
4. T. V. BURČAK: Infiltracionnyje bassejny. Budi-velnik, Kiev 1978.
5. A. CZAMARA: Wpływ kolmatacji i osadów den-nych na przesiąki ze zbiorników wodnych zloka-lizowanych na gruntach żwirowych. Praca doktor-ska, Maszynopis A.R. we Wrocławiu, Wrocław 1979.
6. S. H. CZEKAŁOV: Bałans biogenego ugle-roda w sisteme infiltracionnogo popołnienia podzem-nych vod. Gigiena i sanitaria 1977 nr 2 str. 103—104.
7. H. FRANK, K. SCHMIDT: Biologische Studien zur Weiterentwicklung der Künstlichen Grund-wasseranreicherung. GWF 1965 nr 20 str. 565—567.
8. H. HOTŁOŚ: Badania wpływu wybranych czyn-ników na wodochłonność basenów infiltracyjnych. Praca doktorska. Wrocław, 1983.
9. **Iskusstvennoe dopolnenie podzemnych vod.** Ob-zornaja Informacja Seria: Vodosnabżenie i kana-lizacja nr 1 (41) Moskva 1979.
10. M. KUTILEK: Stacionarni infiltrace do predniho profilu se skralaupem. Vodohospodarsky casopis 1974 nr 5 str. 535—549.
11. H. LÖFFER i inni: Erhöhung der Grundwasser-anreicherung weitere Ergebnisse zu Einsatz, Tech-nologie und Bemessung. WWT 1973 str. 260—273.
12. J. ŁOMOTOWSKI: Zmiany jakości wody podczas infiltracji. Maszynopis Inst. Inż. Ochrony Środo-wiska (praca doktorska) Wrocław 1981.
13. J. PHILIP: Theory of infiltration. Advances of Hydrosience 1969 nr 5 str. 216—291.
14. N. A. PŁOTNIKOV, K. U. SYČEV: Ocenka eks-pluatacyjnych zasobov podzemnych vod z isskus-tvennym ich vospołnenem. Niedra, Moskva 1976.
15. N. A. PŁOTNIKOV i inni: Hidrogeologiczeskie os-nowy iskusstviennogo vospołnenija zasobov pod-zemnych vod. Niedra, Moskva 1978.
16. **Sprawozdanie z badań terenowych i laboratoryj-nych wykonanych w celu określenia wielkości natężenia infiltracji ze stawów nawadniających ujęcia wód podziemnych dla LGOM-u w Przyb-kowie.** Maszynopis BPBK we Wrocławiu, Wrocław 1977.
17. A. WIECZYSTY: Hydrogeologia inżynierska. PWN Warszawa 1982.