

JERZY GAŃCZARCZYK, JAN SUSCHKA

WPŁYW NIEKTÓRYCH PARAMETRÓW KONSTRUKCYJNYCH
NA KINETYKĘ I EKONOMIĘ NAWIEWIETRZANIA
WG SYSTEMU INKA

Dla dalszego uzupełnienia znajomości systemu nawiewiania Inka kontynuowano dotychczasowe badania technologiczne [1] [2] [3] w kierunku pomiarów wpływu zmian wielkości przegrody cyrkulacyjnej, kształtu komory nawiewiania oraz centralnego umieszczenia rusztu na kinetykę i ekonomię tej operacji nawiewiania.

Znaczenie powyższych parametrów konstrukcyjnych systemu nawiewiania Inka nie było dotychczas przedmiotem pomiarów w skali półtechnicznej czy technicznej. Jedynie niektóre elementy tego zagadnienia były badane w skali laboratoryjnej przez autorów [4] oraz przez Rybińskiego i Lewandowskiego [5].

Część doświadczalna

Doświadczenia przeprowadzono na poprzednio opisanym [1] urządzeniu modelowym o objętości $5,4 \text{ m}^3$, przy zastosowaniu tej samej metodyki pomiarowej.

Pomiary wpływu wielkości przegrody cyrkulacyjnej na badaną operację nawiewiania wykonano przy wysokości przegród $0,5$, $0,7$ i $0,9$ m oraz przy stałym zanurzeniu rusztu na głębokości $0,8$ m. Przy zastosowaniu przegrody o wysokości $0,5$ m dolna jej krawędź oddalona była od dna zbiornika o $0,7$ m a od powierzchni wypełnienia o $0,8$ m. Przegroda cyrkulacyjna o wysokości $0,7$ m [1] oddalona była także od dna o $0,7$ m, natomiast od powierzchni wypełnienia o $0,6$ m. Ostatnia zastosowana przegroda ($0,9$ m) umieszczona była w połowie wysokości wypełnienia zbiornika. Oddalona zatem była równocześnie od dna zbiornika i powierzchni wypełnienia o $0,55$ m. Schemat urządzenia doświadczalnego z zastosowaniem przegród cyrkulacyjnych przedstawiono na rys.1.

Kształt komory napowietrzania zmieniano przez ścięcia naroży w przekroju poprzecznym komory. Przeprowadzono tutaj dwie serie pomiarów: przy szerokości płaszczyzn ścięć naroży równej 55 cm, oraz równej 95 cm. Sposób umieszczenia tych płaszczyzn pokazano schematycznie na rys.2. Płaszczyzny ścięć umieszczone były w obu seriach badań pod kątem 45° w stosunku do dna zbiornika i jego ścian bocznych. Płaszczyzny ścięć wystawały 10 cm ponad powierzchnię wypełnienia komory przy ich szerokości 55 cm oraz 15 cm przy szerokości 95 cm.

Przeprowadzono dalej pomiary operacji napowietrzania przy centralnym umieszczeniu rusztu z rur perforowanych przy głębokościach zanurzenia rusztu 0,4 ; 0,6 oraz 0,8 m poniżej powierzchni wypełnienia (rys.3).

Wyniki tych doświadczeń przedstawiono graficznie za pomocą szeregu wykresów. Uzyskane wartości kinetyki napowietrzania OC w zależności od natężenia doprowadzonego powietrza przy stosowaniu i niestosowaniu centralnych przegród cyrkulacyjnych przedstawiono na rys.4. Ekonomia napowietrzania dla tej samej serii pomiarów przedstawiona została na kolejnym rys.5. Zależność uzyskanych wyników napowietrzania oraz ekonomii tej operacji przy zmianach kształtu komory napowietrzania przez ścięcia naroży od natężenia doprowadzonego powietrza podano na rys.6 i 7. Porównanie uzyskanych wartości OC przy centralnym i bocznym umocowaniu rusztu w badanym zakresie jego zanurzeń podano na rys.8. Na kolejnym rysunku 9 przedstawiono porównanie ekonomii napowietrzania dla centralnego i bocznego umieszczenia rusztu.

Omówienie wyników

Zastosowanie przegród cyrkulacyjnych umieszczonych w połowie szerokości komory napowietrzania wydaje się posiadać duży wpływ na kształtowanie się rozkładu szybkości cieczy w takich zbiornikach. W pracy niniejszej starano się określić tylko wpływ przegród na wskaźniki operacji napowietrzania. Zmiany hydrodynamiki układu przy zastosowaniu przegród cyrkulacyjnych aczkolwiek bardzo ciekawe i istotne w procesie osadu czynnego, nie były tu bezpośrednio mierzone, głównie z powodu trudności opracowania odpowiedniej metodyki pomiarów.

Na podstawie pomiarów wpływu wielkości przegród cyrkulacyjnych na uzyskiwane efekty napowietrzania OC w g $O_2/m^3.h$ stwierdzono korzystny wpływ zastosowanych przegród o wysokości 0,5 oraz 0,7 m tylko w pewnym zakresie intensywności napowietrzania (rys.4).

W zakresie natężeń przepływu powietrza od 32 do 220 m^3/h (5,93 do 40,8 $m^3/m^3.h$) zastosowanie żadnej z badanych przegród nie poprawia wyraźnie uzyskiwanych wartości OC. Dopiero większe wartości przepływu powietrza prowadzą do zróżnicowania wyników. Przegrody cyrkulacyjne o wysokości 0,5 i 0,7 m są czynnikiem zwiększającym uzyskiwane wartości OC, podczas gdy przegroda wysokości 0,9 m nie wywiera żadnego wpływu na te wartości. Znamienny jest ponadto fakt, że zastosowanie przegród o wysokości 0,5; 0,7 oraz 0,9 m nie doprowadziło w żadnym przypadku do obniżenia wskaźników operacji napowietrzania. Wydaje się jednak, że zastosowanie przegród o znacznych wysokościach może obniżyć efekty napowietrzania. Największa stosowana przegroda cyrkulacyjna posiadała wysokość stanowiącą 45% wysokości wypełnienia komory napowietrzania. Wysokość taką uważać można za maksymalną w badanym systemie napowietrzania. Ruch cyrkulacyjny wody w komorze napowietrzania jest niewątpliwie mniej korzystny przy zbyt dużych przegrodach. Wynika to już w pewnym stopniu z analizy geometrycznej przekroju poprzecznego takiej komory.

Podobne wnioski co do znaczenia przegród cyrkulacyjnych wynikają z rys.5, na którym podano zależność ekonomii napowietrzania E (w g O_2/kWh) od natężenia objętościowego doprowadzonego powietrza V_n (w $m^3/m^3.h$).

Amerykańska firma Dorr - Oliver Co.Ltd. [6] zaleca stosowanie przegród cyrkulacyjnych o wysokościach zależnych od głębokości komory napowietrzania zgodnie z niżej podanym równaniem empirycznym:

$$C = A - 1,68 \quad (1)$$

gdzie:

C = wysokość przegrody cyrkulacyjnej (m),

A = głębokość komory napowietrzania (m).

Dla zaleconych z kolei wartości A w granicach od 3,0-4,5m wysokość przegrody cyrkulacyjnej stanowi odpowiednio 45-63% głębokości komory napowietrzania.

Zależność powyższa nie może być uważana jednak za powszechnie obowiązującą. Dla głębokości 2,0 m jaką posiadało badane urządzenie doświadczalne, przegroda stanowiłaby wg powyższego równania zaledwie 18%. Stwierdzono jednak, że w badanym układzie doświadczalnym dopiero przegrodę stanowiącą 45% wysokości wypełnienia komory napowietrzania, można uznać było za graniczną,

Inną formą modyfikacji systemu napowietrzania wg schematu Inka, mającą na celu poprawę intensywności mieszania zawartości komory, były próby zmiany kształtu komory napowietrzania polegające na zabudowaniu płaszczyzn ścinających naroża, o szerokościach równych 0,55 i 0,95 m. Na podstawie rys.6 stwierdzono, że zastosowanie ścięć naroży nie prowadzi do wyraźnego polepszenia wyników napowietrzania. Podczas przeprowadzonych badań nie miano możliwości ścisłego wyizolowania przestrzeni zawartych pomiędzy ścięciami naroży a ścianami zbiornika. Nie uwzględniano zatem także przy obliczaniu wielkości pochodnych, dotyczących tych dwóch serii pomiarów, poprawki ze względu na pozornie zmniejszoną objętość komory napowietrzania. Wydaje się jednak prawdopodobne, że nieściśle wyizolowanie wspomnianych wyżej przestrzeni mogło mieć tylko nieznaczny wpływ na uzyskiwane wyniki napowietrzania. Brak znacznego wpływu na wskaźniki operacji napowietrzania wynika także z porównania ekonomii napowietrzania przedstawionej na rys.7.

Nie mniej jednak, wydaje się, że w rozwiązaniach praktycznych procesu osadu czynnego z napowietrzaniem wg systemu Inka, celowe będzie stosowanie ścięć naroży dla zmniejszenia ewentualności odkładania się zawiesziny osadu czynnego w strefie dennej,

Przez porównanie wyników uzyskanych przy bocznym i centralnym umieszczeniu rusztu stwierdzono, że to drugie ustawienie rusztu prowadzi do uzyskania lepszych efektów napowietrzania w części badanych zakresów intensywności napowietrzania przy zanurzeniu rusztu 0,4 oraz 0,6 m. Natomiast przy zanurzeniu rusztu 0,8 m odpowiednie wskaźniki są niższe dla umieszczenia centralnego (rys.10).

Najbardziej istotnym rezultatem przeprowadzonych badań przy centralnym umieszczeniu rusztu są stwierdzenia wynikające z porównania wskaźników ekonomii napowietrzania.

Dla boczego ustawienia rusztu ekonomia ulega wyraźnemu pogorszeniu przy zmniejszeniu zanurzenia rusztu. Równocześnie centralne ustawienie rusztu prowadzi do uzyskania znacznej stałości efektywności napowietrzania niezależnie od głębokości zanurzenia rusztu napowietrzającego. Stwierdzono tutaj optimum ekonomii w bardzo małym zakresie intensywności napowietrzania od 30 do ok. 50 m³/m³.h, osiągające maksymalną wartość 2880 g O₂/kWh dla zanurzenia rusztu 0,8 m.

Bardzo wąski zakres optymalnych wartości ekonomii dla środkowego ustawienia rusztu w porównaniu z jego bocznym ustawieniem związany jest niewątpliwie z wyraźną zmianą warunków hydrodynamicznych układu.

Przedstawienie uzyskanych wyników napowietrzania przy centralnie umieszczonym ruszcie za pomocą współczynnika przenikania tlenu K_A [7] wydaje się być interesujące. Wartość K_A określa objętość zaadsorbowanego tlenu na jednostkę objętości doprowadzonego powietrza, jednostkę deficytu tlenowego oraz jednostkę głębokości cieczy poprzez którą przechodzą banieczki powietrza. Współczynnik ten wyrażony jest w jednostkach:

$$\left[\frac{\text{ml}}{100 \text{ ml} \times \text{mg/l} \times \text{m}} \right]$$

Zależność współczynnika K_A od natężenia doprowadzanego powietrza dla środkowego ustawienia rusztu przedstawiono na rys.11. Charakterystyczna jest tutaj duża zgodność uzyskanych wartości K_A dla poszczególnych zanurzeń rusztu. Zgodność ta odnosi się szczególnie dla znacznych intensywności napowietrzania.

Powyżej ilości powietrza równej ok. 50 m³/m³ . h współczynnik K_A obniża się jednostajnie prawie wzdłuż linii prostej wyrażanej równaniem:

$$K_A = (48 - 0,2 V_n) 10^{-3}$$

Podobnej zgodności wyników dla różnych głębokości zanurzeń rusztu nie zaobserwowano przy bocznym jego umieszczeniu. Wynika to prawdopodobnie, jak to już podkreślano uprzednio, z różnej turbulencji w takich układach napowietrzania.

Zestawienie wyników

1. Przebadano wpływ zmian wielkości przegrody cyrkulacyjnej, kształtu komory napowietrzania oraz umieszczenia rusztu z rur perforowanych na kinetykę i ekonomię operacji napowietrzania w modelu doświadczalnym wg systemu Inka o obj. ok. $5,4 \text{ m}^3$.

2. Stwierdzono na podstawie otrzymanych wyników, różny wpływ przegród cyrkulacyjnych na wartość OC w zależności od intensywności napowietrzania. Powyżej natężenia doprowadzanego powietrza rzędu ok. $40 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{h}$, badane przegrody o wysokości 0,5 i 0,7 m są czynnikiem zwiększającym uzyskiwane wartości OC.

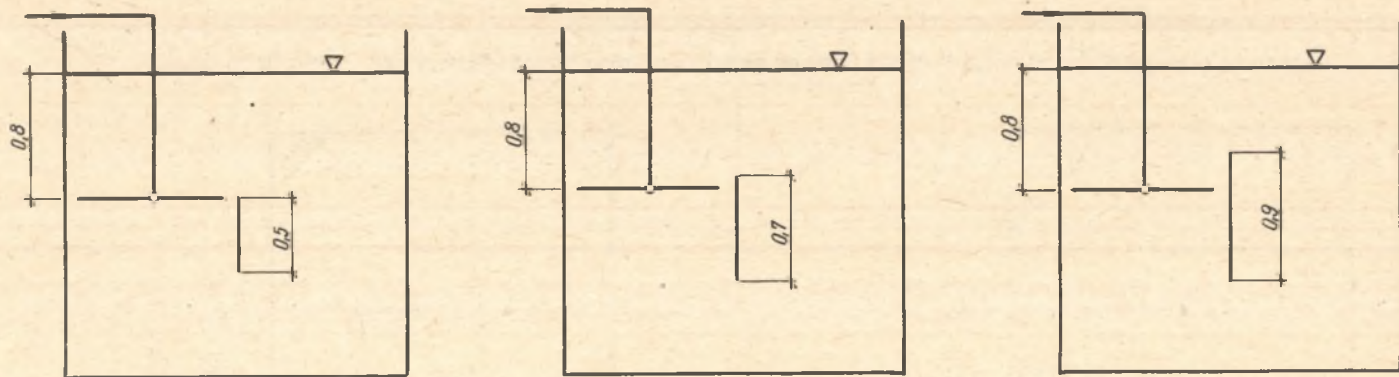
3. Zastosowanie żadnych z badanych przegród cyrkulacyjnych nie doprowadziło do obniżenia kinetyki napowietrzania.

4. Zmiana kształtu komory napowietrzania przez zabudowania płaszczyzn ścinających naroża nie doprowadziła do wyraźnego polepszenia kinetyki napowietrzania ani jej ekonomii.

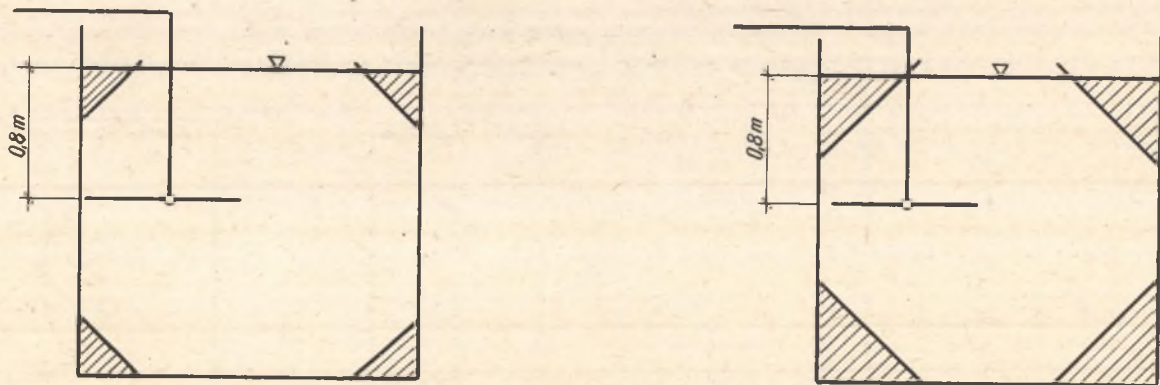
5. Centralne umieszczenie rusztu prowadzi do uzyskania lepszych efektów napowietrzania w części badanych zakresów intensywności napowietrzania przy zanurzeniu rusztu na głębokości 0,4 oraz 0,6 m. Natomiast przy zanurzeniu rusztu na głębokość 0,8 m boczne umieszczenie jest bardziej właściwe.

6. Przy bocznym umieszczeniu rusztu ekonomia napowietrzania ulega wyraźnemu pogorszeniu przy zmniejszeniu zanurzenia rusztu podczas gdy przy centralnym umieszczeniu uzyskuje się bardziej zbliżone wartości ekonomii przy zmiennych zanurzeniach rusztu.

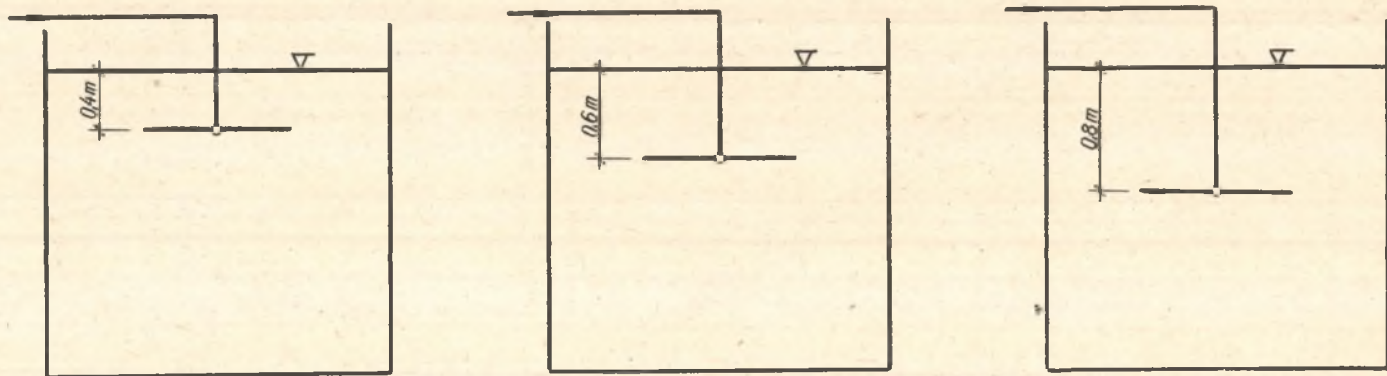
7. Powyżej natężenia doprowadzonego powietrza równego o ok. $50 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ współczynnik przenikania tlenu K_A dla centralnego umieszczenia rusztu i zanurzeń 0,4, 0,6 i 0,8 m ująć można równaniem $K_A = (48 - 0,2 V_n) 10^{-3}$



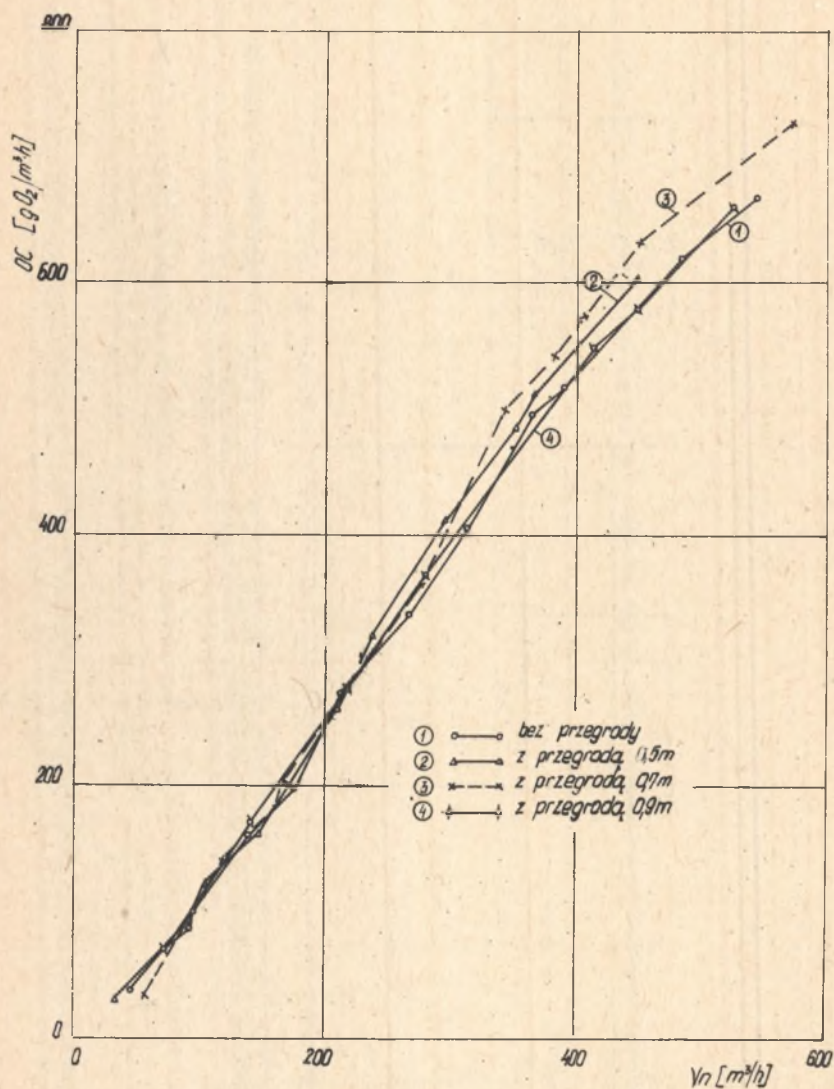
Rys.1. Schematy urządzenia doświadczalnego przy zastosowaniu przegród cyrkulacyjnych



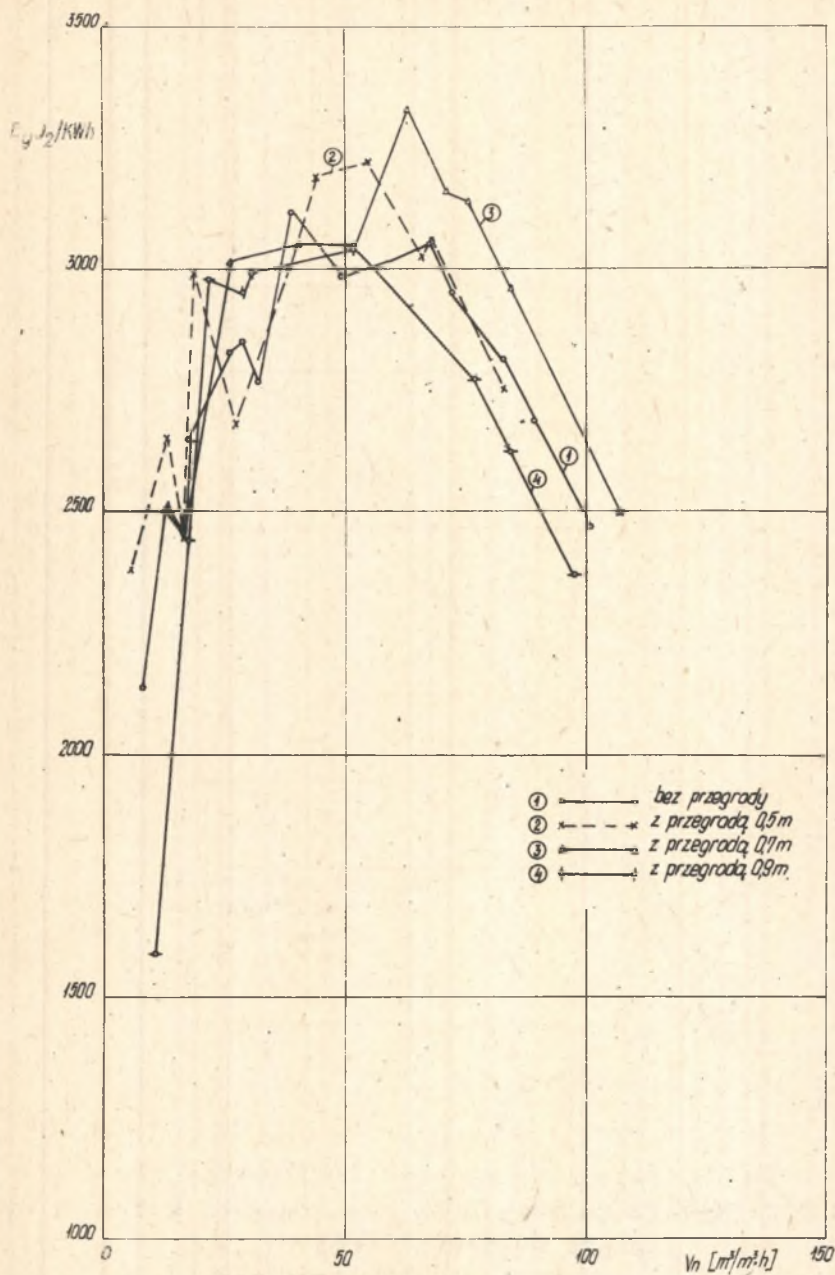
Rys.2. Schematy urządzenia doświadczalnego przy ściętych narożach



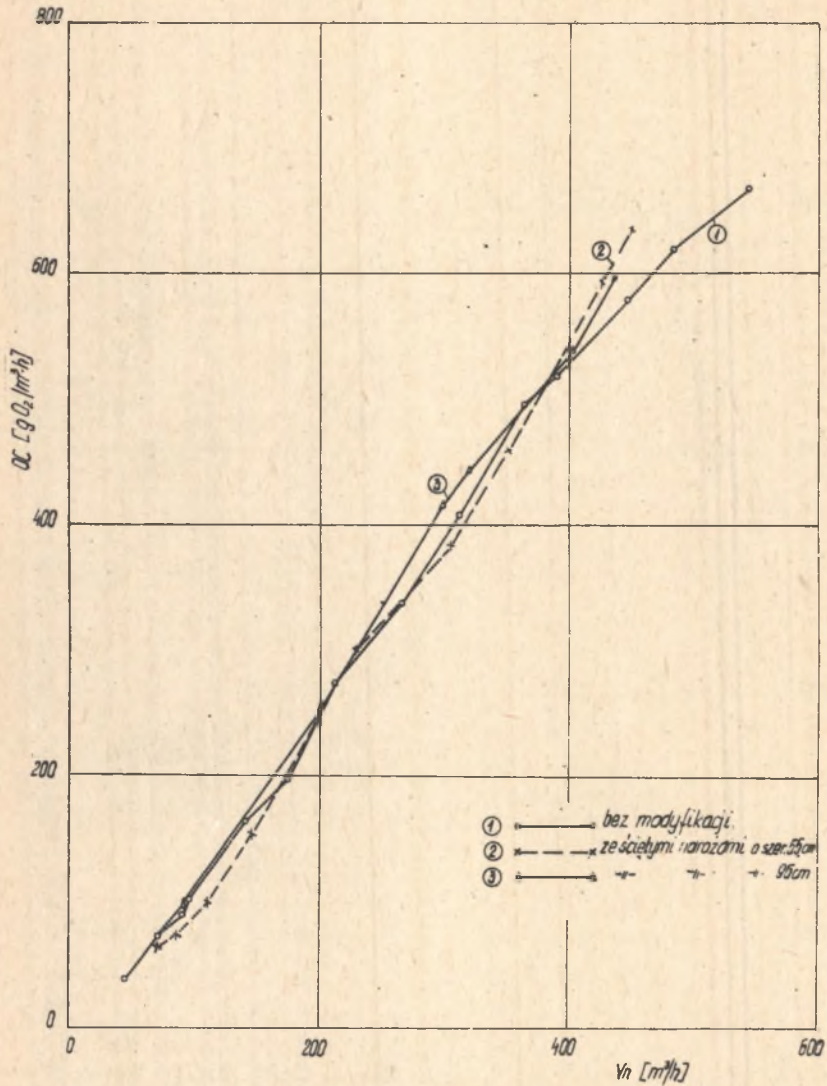
Rys.3. Schematy urządzenia doświadczalnego przy centralnym umocowaniu rusztu



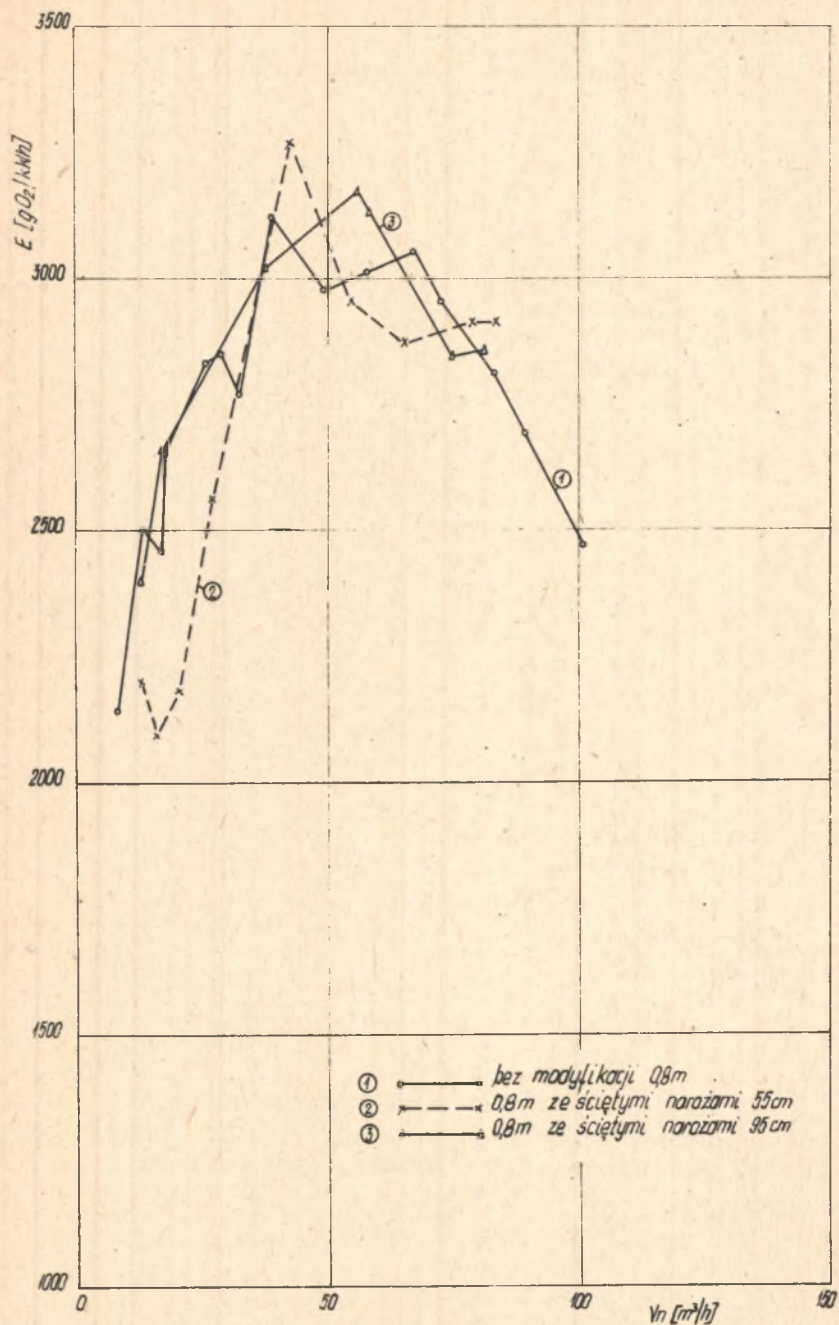
Rys.4. Zależność wyników napowietrzania od ilości doprowadzonego powietrza przy bocznym umieszczeniu rusztu i zastosowaniu przegród



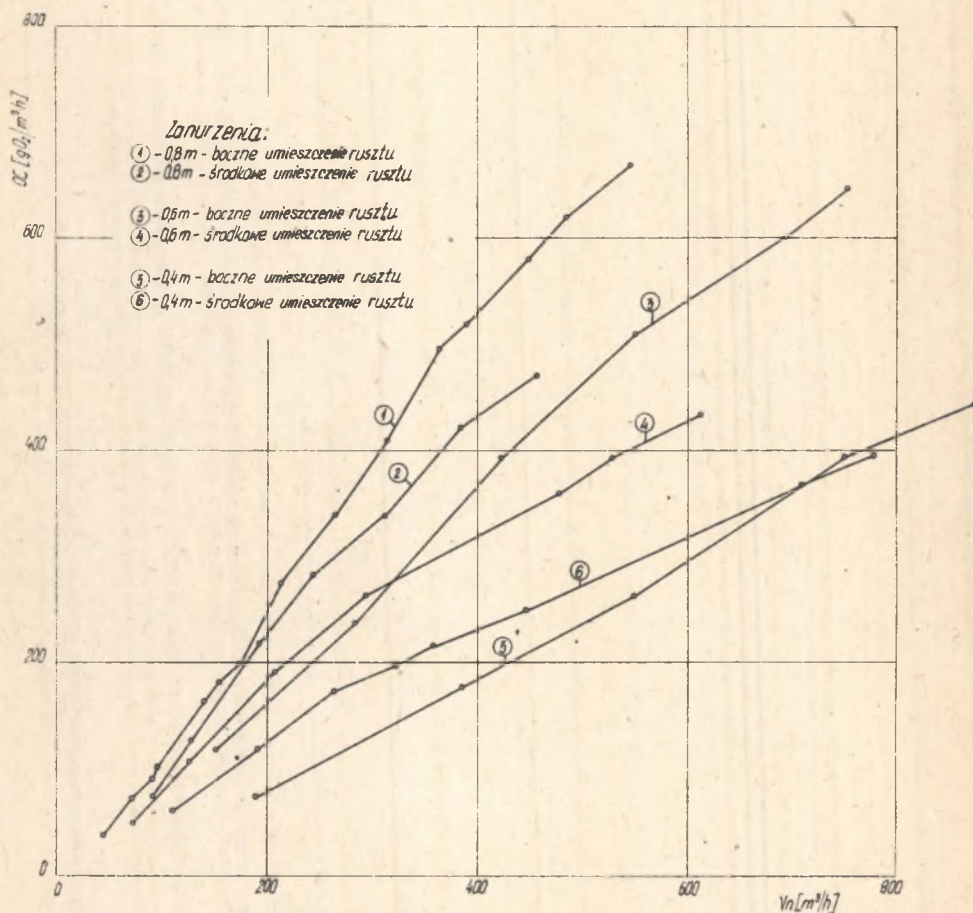
Rys.5. Zależność ekonomii napowietrzania od ilości doprowadzanego powietrza przy zastosowaniu przegród cyrkulacyjnych



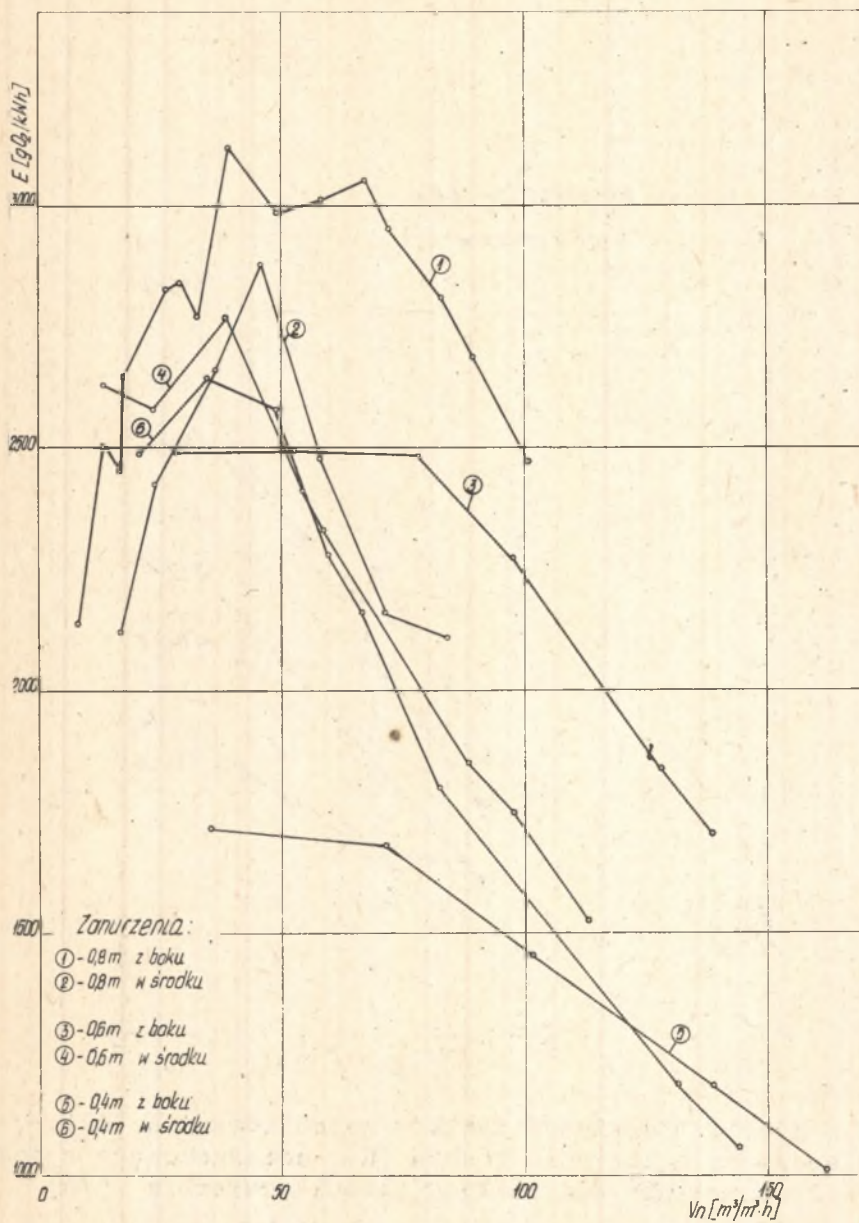
Rys. 6. Zależność wyników napowietrzania od ilości doprowadzanego powietrza przy zmianie kształtu komory przez ścięcie naroży.



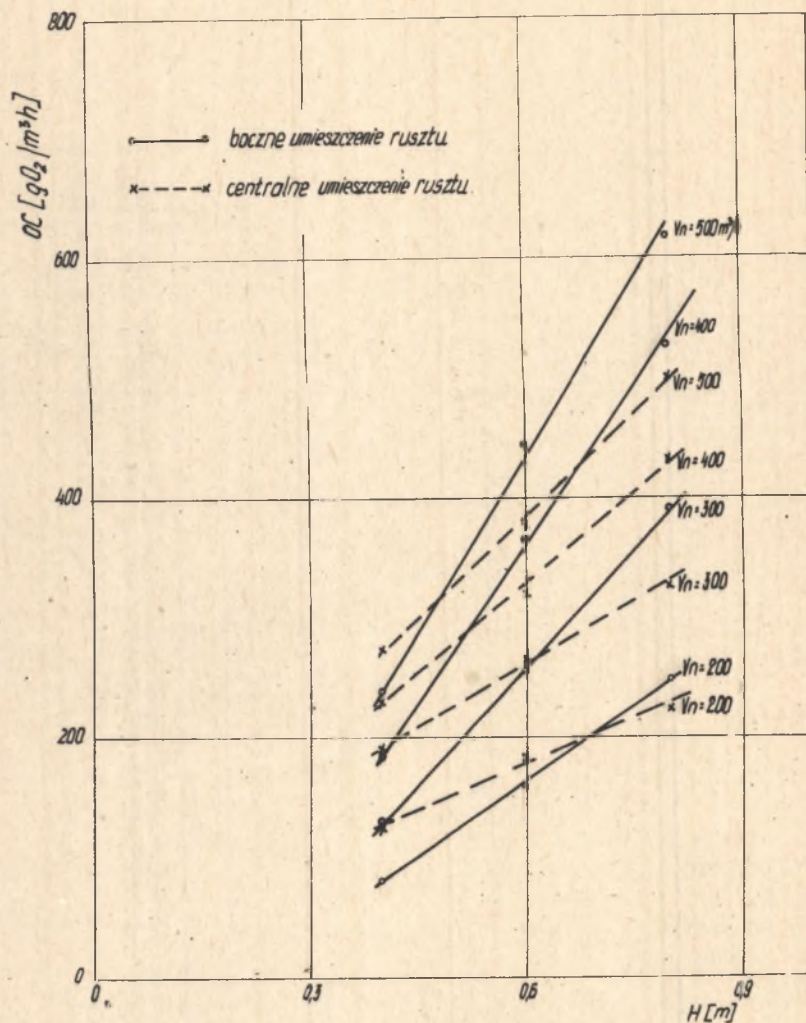
Rys.7. Zależność ekonomii napowietrzania od ilości doprowadzanego powietrza przy komorze o ściętych narażach



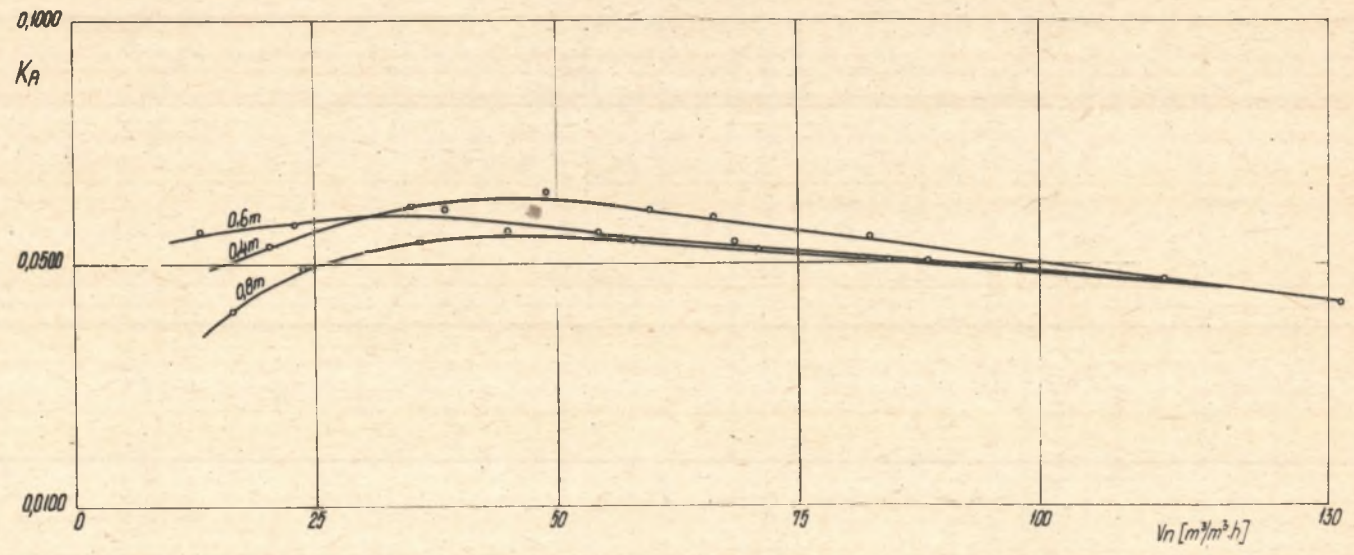
Rys.8. System napowietrzania Inka
Zależność wyników napowietrzania od ilości doprowadzanego powietrza dla bocznej i centralnej umieszczenia rusztu



Rys.9. System napowietrzania Inka
 Zależność ekonomii napowietrzania od ilości doprowadzanego powietrza dla bocznego i środkowego umieszczenia rusztu



Rys.10. Zależność wyników napowietrzania [OC] od głębokości zanurzenia rusztu (H), umieszczonego z boku i centralnie dla stałych ilości powietrza (V_n)



Rys.11. Zależność współczynnika przenikania tlenu K_A od ilości doprowadzonego tlenu dla centralnego umieszczenia rusztu

LITERATURA

- [1] J. Gańczarczyk i J. Suschka: "Doświadczenia półtechniczne nad napowietrzaniem ścieków według systemu Inka", Gaz, Woda i Tech. Sanit. 35, 206 (1961).
- [2] J. Gańczarczyk i J. Suschka: "Doświadczalna ocena rusztów napowietrzających systemu Inka", Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Inżynieria Sanitarna Nr 2, 27, Gliwice (1961).
- [3] J. Gańczarczyk i J. Suschka: "Wpływ wielkości otworów perforacyjnych rusztów systemu Inka na kinetykę i ekonomię tej operacji napowietrzania", Gaz, Woda i Tech. Sanit. (w druku).
- [4] J. Gańczarczyk i J. Suschka: "Wstępne badania nad kinetyką napowietrzania sprężonym powietrzem o niskim nadciśnieniu", Gaz, Woda i Tech. Sanit. 34, 248 (1960).
- [5] B. Lewandowski i J. Rybiński: "Hydraulika i sprawność różnych układów konstrukcyjnych napowietrzania sprężonym powietrzem o niskim ciśnieniu", IV Konf. Nauk. Techn. "Postęp Techniczny w Dziedzinie Oczyszczania Ścieków", Katowice, maj 1961.
- [6] Dorr - Oliver Co., Ltd.: "The D=O Inka Aeration System", Bul. No 7318, Stamford, Conn. 1961.
- [7] A. L. Downing: "Aeration in the Activated Sludge Process", Inst. Publ. Health Engrs 59, Pt. 2, 80 (1960).

The Effects of Some Construction Factors on the Oxygenation Capacity and Economy of Inka Aeration System

(English Summary)

The circulation baffles in the middle of Inka aeration tank played different roles at different immersions of air distributor and by various air flows- but the depth of studied circulation baffle was not important for the measured factors, because it did not noticeably disturb the flow of water. Baffles with sizes equal to 0,5 m, 0,7 m and 0,9 m (from 25 to 45 per cent of the depth of the tank) were studied.

On the other hand the effect of changing the shape of the aeration tank by using fillets of various sizes, seemed to be negligible from the point of view of the oxygenation capacity and aeration economy of the unit. Probably this is important in connection with water flow velocities in the tank, but these effects were not within the scope of this investigation.

In a further continuation of this study OC and E values were measured with central placing of the air distributor in the aeration tank, immersed to 400, 600 and 800 mm depth. Moreover, for these tests the diffused - air coefficients were calculated (K_A).

The results obtained with immersions of 400 mm and 600m, compared favourably with those obtained with side placing of the air distributor, but at 800 mm immersion the side placing was normally much better.

It seems that the central placing of the air distributor might be the proper technical solution for low oxygenation capacities requirements.

Moreover, it is also interesting that the K_A values for this placing of the distributor, calculated by various immersions, were almost constant, which was not the case for the side placing. From these experiments, for air flows higher than $50 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{h}$, K_A - values are given roughly by the equation:

$$K_A = (48 - 0,2 G) \times 10^{-3}$$

where G is the air flow in $\text{m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{h}$.