

AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA  
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH  
W BYDGOSZCZY

ZESZYTY NAUKOWE NR 213

# BUDOWNICTWO 30



BYDGOSZCZ - 1998



AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA  
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH  
W BYDGOSZCZY

ZESZYTY NAUKOWE NR 213

# BUDOWNICTWO 30



BYDGOSZCZ - 1998

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO  
prof. dr hab. Ojcumiła Stefaniak

REDAKTOR NAUKOWY  
dr hab. inż. Tomasz Szczuraszek, prof. nadzw. ATR

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE  
mgr Elżbieta Rudzińska, Zbigniew Gackowski

Wydano za zgodą Rektora  
Akademii Techniczno-Rolniczej  
w Bydgoszczy

ISSN 0208-6379

WYDAWNICTWO UCZELNIANE  
AKADEMII TECHNICZNO-ROLNICZEJ W BYDGOSZCZY

---

Wyd. I. Nakład 150 egz. Ark. aut. 4,3. Ark. druk. 6,0. Papier druk. kl. III.

Oddano do druku i druk ukończono w czerwcu 1998 r.

Uczelniany Zakład Małej Poligrafii ATR Bydgoszcz, ul. Ks. A. Kordeckiego 20

Zamówienie nr 7/98

98 D 72 / 56

## Spis treści

1. Anna Podhorecka, Adam Podhorecki - Drgania płyt z uwzględnieniem efektów geometrycznie nieliniowych .....	5
2. Barbara Zając, Julita Rojek, Maciej Dutkiewicz - Analiza statyczna skrajnej komory sześciokomorowego zbiornika prostokątnego .....	15
3. Jan Gadomski, Jan Kempa - Teoretyczna i empiryczna dokładność pomiaru toru pojazdu metodą bezreflektorową z wykorzystaniem fal ultradźwiękowych .....	29
4. Jan Klugiewicz, Piotr Dzieweczyński - Badania oporów hydraulicznych pojedynczych kształtek i zaworów oraz ich układów .....	39
5. Jan Klugiewicz, Iwona Klugiewicz - Ocena przyczyn awarii sieci wodociągowej w świetle przeprowadzonych badań .....	51
6. Jan Klugiewicz, Iwona Klugiewicz - Przegląd rozwoju polskich konstrukcji oczyszczalni ścieków z tarczowymi złożami biologicznymi .....	65
7. Jadwiga Bizon-Górecka - Controlling jako instrument zarządzania w przedsiębiorstwie budowlanym .....	79
8. Jadwiga Bizon-Górecka - Czynniki sprawności funkcjonowania przedsiębiorstw budowlanych .....	87



Anna Podhorecka  
Adam Podhorecki

## DRGANIA PŁYT Z UWZGLĘDNIENIEM EFEKTÓW GEOMETRYCZNIE NIELINIOWYCH

W niniejszej pracy analizuje się drgania płyt cienkich obciążonych dowolnie zmiennymi siłami. Uwzględnia się nieliniowości geometryczne wynikające z dużych przemieszczeń. Do rozwiązania zadania początkowo - brzegowego stosuje się metodę elementów czasoprzestrzennych. Przeprowadzone w pracy obliczenia wskazują na duży wpływ geometrycznych nieliniowości na częstości drgań i stosunkowo niewielki na amplitudy przemieszczeń. Wydaje się, że w budownictwie warto prowadzić analizę dynamiczną w zakresie geometrycznie nieliniowym zwłaszcza analizę dotyczącą częstości drgań własnych. Ma to ścisły związek z takimi zagadnieniami jak, np. rezonans, wibroizolacja.

### 1. WSTĘP

Przyczynami nieliniowości geometrycznych są duże przemieszczenia oraz duże odkształcenia. Zagadnienia początkowo - brzegowe uwzględniające nieliniowości geometryczne rozwiązuje się stosując najczęściej modyfikacje metod wykorzystywanych w dynamice liniowej. Do tego celu stosuje się dyskretyzację przestrzenną według metody elementów skończonych (MES) lub metodę elementów brzegowych (MEB), co prowadzi do układu zwyczajnych równań różniczkowych względem czasu. Następnie te równania różniczkowe, w przypadku drgań nieustalonych, rozwiązuje się metodami numerycznego całkowania równań ruchu (np. metodą różnic skończonych, metodą Wilsona i Newmarka, metodą SS<sub>pp</sub>). KĄCZKOWSKI opracował oryginalną metodę rozwiązywania problemów dynamiki - metodę elementów czasoprzestrzennych (MECZ) [1,2]. Idea MECZ polega na dyskretyzacji kontinuum czasoprzestrzennego, w wyniku czego przejście od równań różniczkowych do równań algebraicznych odbywa się w jednym etapie.

W niniejszej pracy analizuje się drgania płyt cienkich obciążonych dowolnie zmiennymi siłami. Uwzględnia się nieliniowości geometryczne wynikające z dużych przemieszczeń.

### 2. RÓWNIA RUCHU W UJĘCIU MECZ

Rozważa się cienką, płaską płytę w układzie współrzędnych stacjonarnych Lagrange'a  $\underline{X}$ , którego płaszczyzna  $X_1X_2$  pokrywa się z powierzchnią środkową płyty w konfiguracji pierwotnej. Przyjęto następujące założenia:

- 1) płyta jest cienka ( $h \ll L$ ,  $L$ -wymiar w płaszczyźnie płyty),

- 2) ugięcia płyty  $u_3$  są tego samego rzędu, co grubość płyty,
- 3) kąty ugięcia płyty są małe (obroty normalnych do powierzchni środkowej),
- 4) wszystkie składowe stanu odkształcenia są nieskończenie małe,
- 5) słuszna jest hipoteza Kirchoffa,
- 6) materiał płyty opisany jest prawem Hooke'a.

Płyta w konfiguracji nieodkształconej zajmuje obszar  $V_0$  w przestrzeni Euklidesa z brzegiem  $\partial V_0 \equiv \Gamma_0$ . Po wpływie działania sił objętościowych  $\underline{b}_0(\underline{X}, t)$  oraz obciążeń powierzchniowych  $\underline{p}_0(\underline{X}, t)$  w płycie powstaje pole przemieszczeń  $\underline{u}(\underline{X}, t)$  oraz związane z nim pole odkształceń Cauchy-Greena  $\underline{E}(\underline{X}, t)$  i naprężeń Pioli-Kirchoffa  $\underline{S}(\underline{X}, t)$ . Problem ten ujęty jest w następujących równaniach [3,4]:

- równania równowagi

$$\begin{aligned} \underline{X}, t \in V_0 \times \langle 0, \infty \rangle, \\ i, j, k = 1, 2, 3, \end{aligned} \quad (2.1)$$

- równania konstytutywne

$$S_{ij} = 2\mu E_{ij} + \lambda E_{kk} \delta_{ij}, \quad \underline{X}, t \in V_0 \times \langle 0, \infty \rangle, \quad i, j, k = 1, 2, 3, \quad (2.2)$$

- równania geometryczne

$$\begin{aligned} E_{11} &= \frac{\partial u_1}{\partial X_1} - X_3 \frac{\partial^2 u_3}{\partial X_1^2} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_3}{\partial X_1} \right)^2, \\ E_{22} &= \frac{\partial u_2}{\partial X_2} - X_3 \frac{\partial^2 u_3}{\partial X_2^2} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_3}{\partial X_2} \right)^2, \\ E_{12} &= \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial u_1}{\partial X_2} + \frac{\partial u_2}{\partial X_1} - 2X_3 \frac{\partial^2 u_3}{\partial X_1 \partial X_2} + \frac{\partial u_3}{\partial X_{12}} \frac{\partial u_3}{\partial X_2} \right], \\ E_{33} &= E_{13} = E_{23} = 0, \quad \underline{X}, t \in \overline{V_0} \times \langle 0, \infty \rangle, \end{aligned} \quad (2.3)$$

- warunki brzegowe

$$\begin{aligned} u_i &= \hat{u}_i, \\ \underline{X}, t \in \Gamma_{o1} \times \langle 0, \infty \rangle \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} p_i &= S_{jk} \left( \delta_{ik} + \frac{\partial u_i}{\partial X_k} \right) n_{oj}, \\ \underline{X}, t \in \Gamma_{o2} \times \langle 0, \infty \rangle, \end{aligned} \quad (2.4) \text{ cd.}$$

$$\Gamma_{o1} \cup \Gamma_{o2} = \Gamma_0, \quad \Gamma_{o1} \cap \Gamma_{o2} = \emptyset,$$

- warunki początkowe

$$u_i = u_i^0, \quad \dot{u}_i = v_i^0, \quad \underline{X}, t \in \overline{V_0} \times \{0\}. \quad (2.5)$$



Po redukcji naprężeń względem powierzchni środkowej, równania (2.1) przyjmują postać:

$$\begin{aligned} \frac{\partial N'_{11}}{\partial X_1} + \frac{\partial N'_{12}}{\partial X_2} + \frac{\partial N'_{11}}{\partial t} + p'_1 &= 0, \\ \frac{\partial N'_{12}}{\partial X_1} + \frac{\partial N'_{22}}{\partial X_2} + \frac{\partial N'_{12}}{\partial t} + p'_2 &= 0, \\ \frac{\partial T'_{11}}{\partial X_1} + \frac{\partial T'_{22}}{\partial X_2} + \frac{\partial T'_{13}}{\partial t} + q'_3 &= 0, \end{aligned} \quad (2.6)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} T'_{11} &= \frac{\partial M'_{11}}{\partial X_1} + \frac{\partial M'_{12}}{\partial X_2} + \frac{\partial u_3}{\partial X_1} N'_{11} + \frac{\partial u_3}{\partial X_2} N'_{12} \\ T'_{22} &= \frac{\partial M'_{12}}{\partial X_1} + \frac{\partial M'_{22}}{\partial X_2} + \frac{\partial u_3}{\partial X_1} N'_{12} + \frac{\partial u_3}{\partial X_2} N'_{22}, \\ T'_{13} &= \frac{\partial M'_{11}}{\partial X_1} + \frac{\partial M'_{12}}{\partial X_2} + Q'_{13}, \quad q'_3 = p'_3 + \frac{\partial m'_{11}}{\partial X_1} + \frac{\partial m'_{22}}{\partial X_2}. \end{aligned} \quad (2.7)$$

Siły przekrojowe, po wykorzystaniu równań fizycznych (2.2) i geometrycznych (2.3), wyrażają się następująco:

$$\begin{aligned} N'_{11} &= \frac{Eh}{1-\nu^2} \left[ \frac{\partial u_1}{\partial X_1} + \nu \frac{\partial u_2}{\partial X_2} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_3}{\partial X_1} \right)^2 + \frac{\nu}{2} \left( \frac{\partial u_3}{\partial X_2} \right)^2 \right], \\ N'_{22} &= \frac{Eh}{1-\nu^2} \left[ \frac{\partial u_2}{\partial X_2} + \nu \frac{\partial u_1}{\partial X_1} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_3}{\partial X_2} \right)^2 + \frac{\nu}{2} \left( \frac{\partial u_3}{\partial X_1} \right)^2 \right], \\ N'_{12} &= \frac{1-\nu}{2} - \frac{Eh}{1-\nu^2} \left[ \frac{\partial u_1}{\partial X_2} + \frac{\partial u_2}{\partial X_1} + \frac{\partial u_3}{\partial X_1} \frac{\partial u_3}{\partial X_2} \right], \\ M'_{11} &= -D \left( \frac{\partial^2 u_3}{\partial X_1^2} + \nu \frac{\partial^2 u_3}{\partial X_2^2} \right), \\ M'_{22} &= -D \left( \frac{\partial^2 u_3}{\partial X_2^2} + \nu \frac{\partial^2 u_3}{\partial X_1^2} \right), \\ M'_{12} &= -D(1-\nu) \left( \frac{\partial^2 u_3}{\partial X_1 \partial X_2}, D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \right). \end{aligned} \quad (2.8)$$

Człony bezwładnościowe mają następującą postać:

$$N'_{t1} = -\rho_o h \dot{u}_1, \quad N'_{t2} = -\rho_o h \dot{u}_2, \quad Q'_{t3} = -\rho_o h \dot{u}_3, \quad (2.9)$$

$$M'_{t1} = -\rho_o \frac{h^3}{12} \frac{\partial \dot{u}_3}{\partial X_1}, \quad M'_{t2} = -\rho_o \frac{h^3}{12} \frac{\partial \dot{u}_3}{\partial X_2}.$$

Wielkości  $p_1, p'_2, p'_3, m'_{11}, m'_{22}$  są obciążeniami zewnętrznymi odniesionymi do konfiguracji pierwotnej. Następnie, na bazie równań (2.4) i (2.6), można sformułować zasadę czteropracy wirtualnej dla dowolnego interwału czasowego  $\langle t_o, t_1 \rangle$  [4]:

$$\int_{t_o}^{t_1} \int_{A_o} \left\{ \left[ \delta \left( \frac{\partial u_1}{\partial X_1} \right) + \delta \left( \frac{\partial u_3}{\partial X_1} \right) \frac{\partial u_3}{\partial X_1} \right] N'_{t1} + \right. \\ \left. + \left[ \delta \left( \frac{\partial u_1}{\partial X_2} \right) + 2\delta \left( \frac{\partial u_3}{\partial X_1} \right) \frac{\partial u_3}{\partial X_2} + \delta \left( \frac{\partial u_2}{\partial X_1} \right) \right] N'_{t2} + \right. \\ \left. + \left[ \delta \left( \frac{\partial u_2}{\partial X_2} \right) + \delta \left( \frac{\partial u_3}{\partial X_2} \right) \frac{\partial u_3}{\partial X_2} \right] N'_{22} - \delta \left( \frac{\partial^2 u_3}{\partial X_1^2} \right) M'_{11} - 2\delta \left( \frac{\partial^2 u_3}{\partial X_1 \partial X_2} \right) M'_{12} - \right. \\ \left. - \delta \left( \frac{\partial^2 u_3}{\partial X_2^2} \right) M'_{22} + \delta \dot{u}_1 N'_{t1} + \delta \dot{u}_2 N'_{t2} - \delta \left( \frac{\partial \dot{u}_3}{\partial X_1} \right) M'_{t1} - \right. \\ \left. - \delta \left( \frac{\partial \dot{u}_3}{\partial X_2} \right) M'_{t2} + \delta \dot{u}_3 Q'_{t3} - \delta u_1 p'_1 - \delta u_2 p'_2 - \delta u_3 q'_3 \right\} dA_o dt + \\ + \int_{A_o} \left[ \delta u_1 N'_{t1} + \delta u_2 N'_{t2} + \delta u_3 T'_{t3} \right]_{t_o}^{t_1} dt = 0.$$

Zasada pracy wirtualnej (2.10) stanowi podstawę do utworzenia algebraicznego układu równań ruchu MECZ [4]:

$$\Lambda_\alpha = K_{\alpha\beta}(\underline{\mathbf{r}}) r_\beta - R_\alpha = 0, \quad (2.11)$$

gdzie  $K_{\alpha\beta}$  jest globalną macierzą sztywności czasoprzestrzennej, a  $R_\alpha$  zawiera impulsy węzłowe. Zakładamy dalej, że analizowaną płytę opisuje pięć składowych stanu przemieszczenia:

$$\underline{V}^e(\underline{X}, t) = \begin{array}{c} | u_1^e(\underline{X}, t) | \\ | u_2^e(\underline{X}, t) | \\ | u_3^e(\underline{X}, t) | \\ | \phi_1^e(\underline{X}, t) | \\ | \phi_2^e(\underline{X}, t) | \end{array} = \text{col}\{v_i^e(\underline{X}, t)\}, \quad (2.12)$$

$$\phi_1(\underline{X}_1, t) = -\frac{\partial u_3}{\partial X_1}, \quad \phi_2(\underline{X}_1, t) = -\frac{\partial u_3}{\partial X_2},$$

$$i = 1, 2, \dots, 5,$$

$$e = 1, 2, \dots, E_1 \quad (E_1 - \text{liczba elementów czasoprzestrzennych}),$$

$$\underline{X}, t \in \Omega_e \quad (\Omega_e - \text{obszar elementu czasoprzestrzennego}).$$

Funkcje te opisujemy przemieszczeniami węzłowymi elementu czasoprzestrzennego (SKECZ)  $r_\alpha$

$$v_i^e(\underline{X}, t) = \Phi_{i\alpha}^e(\underline{X}, t) r_\alpha, \quad (2.13)$$

$$i = 1, 2, \dots, 5,$$

$$\alpha = 1, 2, \dots, A_e \quad (A_e = w_e \cdot s_e, \quad w_e - \text{liczba węzłów SKECZ}, \\ s_e - \text{liczba stopni swobody w węźle, } s_e = 5),$$

gdzie  $\Phi_{i\alpha}^e(\underline{X}, t)$  jest funkcją kształtu SKECZ. Układ równań (2.11) dla znanych warunków początkowych (2.5) przekształca się w formułę rekurencyjną

$$\Psi_\beta^i = C_{\alpha\beta}^i r_\alpha^{i-1} + (D_{\alpha\beta}^i + A_{\alpha\beta}^i) r_\alpha^i + B_{\alpha\beta}^i r_\alpha^{i+1} - R_\alpha^i = 0, \quad (2.14)$$

$$i = 0, 1, 2, \dots, T \quad (T - \text{liczba punktów na osi czasu}),$$

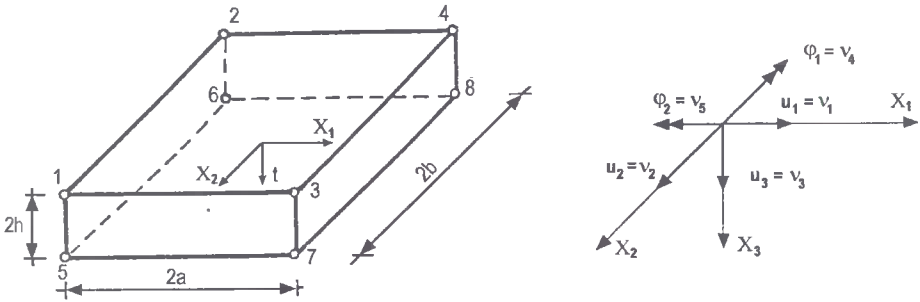
gdzie  $\underline{r}^i$  oznacza wektor przemieszczeń węzłowych płyty w chwili „i”, natomiast  $\underline{A}^i, \underline{B}^i, \underline{C}^i, \underline{D}^i$  są macierzami kwadratowymi sformułowanymi dla chwili „i”, zależnymi od przemieszczeń węzłowych  $\underline{r}^{i-1}, \underline{r}^i$  oraz  $\underline{r}^{i+1}$ , natomiast  $\underline{R}^i$  zawiera impulsy węzłowe zdyskretyzowanej struktury w chwili „i”. Równanie (2.14) jest algebraicznym równaniem nieliniowym.

### 3. PRZYKŁADY OBLICZEŃ

Do dalszych rozważań przyjęto elementy czasoprzestrzenne w kształcie graniastosłupa (rys.1). Funkcje kształtu przyjęto w następującej postaci:

$$\Phi_{1\alpha} = \begin{cases} \frac{1}{8}(1 + \xi\xi_\alpha)(1 + \eta\eta_\alpha)(1 + \tau\tau_\alpha) & \text{dla } \alpha = 1, 6, 11, 16, 21, 26, 31, 36, \\ 0 & \text{dla } \alpha \text{ pozostałych,} \end{cases}$$

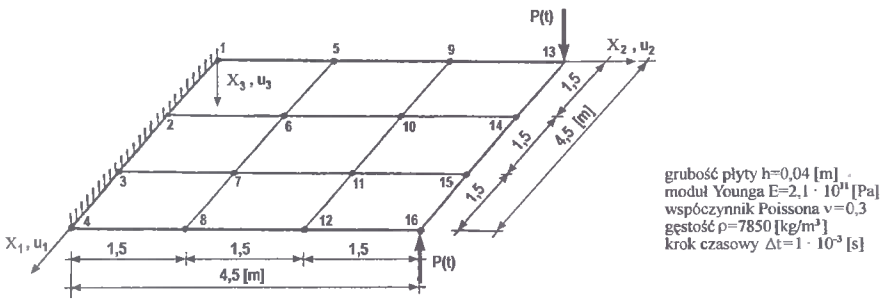
$$\begin{aligned}
\Phi_{2\alpha} &= \begin{cases} \frac{1}{8}(1 + \xi\xi_{\alpha})(1 + \eta\eta_{\alpha})(1 + \tau\tau_{\alpha}) & \text{dla } \alpha = 2,7,12,17,22,27,32,37, \\ 0 & \text{dla } \alpha \text{ pozostałych,} \end{cases} \\
\Phi_{3\alpha} &= \begin{cases} \frac{1}{32}(2 + 3\xi\xi_{\alpha} - \xi^3\xi_{\alpha})(2 + 3\eta\eta_{\alpha} - \eta^3\eta_{\alpha})(1 + \tau\tau_{\alpha}) & \text{dla } \alpha = 3,8,13,18,23,28,33,38, \\ \frac{a}{32}\xi_{\alpha}(1 + \xi\xi_{\alpha} - \xi^2 - \xi^3\xi_{\alpha})(2 + 3\eta\eta_{\alpha} - \eta^3\eta_{\alpha})(1 + \tau\tau_{\alpha}) & \text{dla } \alpha = 4,9,14,19,24,29,34,39, \\ \frac{b}{32}\eta_{\alpha}(2 + 3\xi\xi_{\alpha} - \xi^3\xi_{\alpha})(1 + \eta\eta_{\alpha} - \eta^2 - \eta^3\eta_{\alpha})(1 + \tau\tau_{\alpha}) & \text{dla } \alpha = 5,10,15,20,25,30,35,40, \\ 0 & \text{dla } \alpha \text{ pozostałych,} \end{cases} \\
\Phi_{4\alpha} &= \begin{cases} -\frac{1}{32}\xi_{\alpha}(1 - \xi^2)(2 + 3\eta\eta_{\alpha} - \eta^3\eta_{\alpha})(1 + \tau\tau_{\alpha}) & \text{dla } \alpha = 3,8,13,18,23,28,33,38, \\ -\frac{a}{32}(1 - 2\xi\xi_{\alpha} - 3\xi^2)(2 + 3\eta\eta_{\alpha} - \eta^3\eta_{\alpha})(1 + \tau\tau_{\alpha}) & \text{dla } \alpha = 4,9,14,19,24,29,34,39, \\ -\frac{3b}{32a}\xi_{\alpha}\eta_{\alpha}(1 - \xi^2)(1 + \eta\eta_{\alpha} - \eta^2 - \eta^3\eta_{\alpha})(1 + \tau\tau_{\alpha}) & \text{dla } \alpha = 5,10,15,20,25,30,35,40, \\ 0 & \text{dla } \alpha \text{ pozostałych,} \end{cases} \\
\Phi_{5\alpha} &= \begin{cases} -\frac{3}{32b}\eta_{\alpha}(2 + 3\xi\xi_{\alpha} - \xi^3\xi_{\alpha})(1 - \eta_{\alpha})(1 + \tau\tau_{\alpha}) & \text{dla } \alpha = 3,8,13,18,23,28,33,38, \\ -\frac{3a}{32b}\xi_{\alpha}\eta_{\alpha}(1 + \xi\xi_{\alpha} - \xi^2 - \xi^3\xi_{\alpha})(1 - \eta^2)(1 + \tau\tau_{\alpha}) & \text{dla } \alpha = 4,9,14,19,24,29,34,39, \\ -\frac{1}{32}(2 + 3\xi\xi_{\alpha} - \xi^3\xi_{\alpha})(1 - 2\eta\eta_{\alpha} - 3\eta^2)(1 + \tau\tau_{\alpha}) & \text{dla } \alpha = 5,10,15,20,25,30,35,40, \\ 0 & \text{dla } \alpha \text{ pozostałych,} \end{cases} \\
\xi_{\alpha} &= \begin{cases} -1 & \text{dla } \alpha = 1 \div 10, 21 \div 30, \\ 1 & \text{dla } \alpha = 11 \div 20, 31 \div 40, \end{cases} \\
\eta_{\alpha} &= \begin{cases} -1 & \text{dla } \alpha = 6 \div 10, 16 \div 20, 26 \div 30, 36 \div 40, \\ 1 & \text{dla } \alpha = 1 \div 5, 11 \div 15, 21 \div 25, 31 \div 35, \end{cases} \\
\tau_{\alpha} &= \begin{cases} -1 & \text{dla } \alpha = 1 \div 20, \\ 1 & \text{dla } \alpha = 21 \div 40, \end{cases} \\
& -1 \leq \xi, \eta, \tau \leq 1 \\
& X_1 = a\xi, \quad X_2 = b\eta, \quad t = h\tau.
\end{aligned} \tag{3.1}$$



Rys.1. Element czasoprzestrzenny płyty

Przykład liczbowy dotyczy prostokątnej płyty stalowej obciążonej siłą Heavyside'a (rys.2)

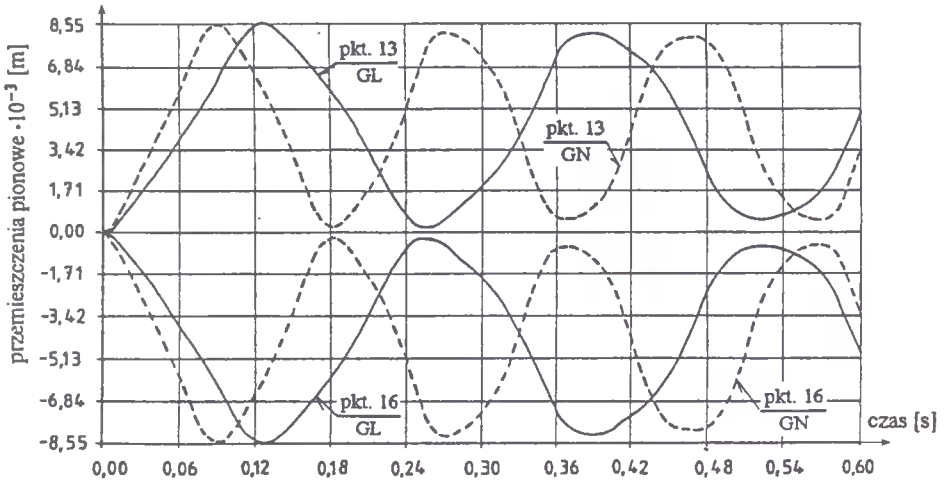
$$P(t) = P_o H(t), \quad H(t) = \begin{cases} 0 & \text{dla } t < 0, \\ 1 & \text{dla } t \geq 0. \end{cases} \quad (3.2.)$$



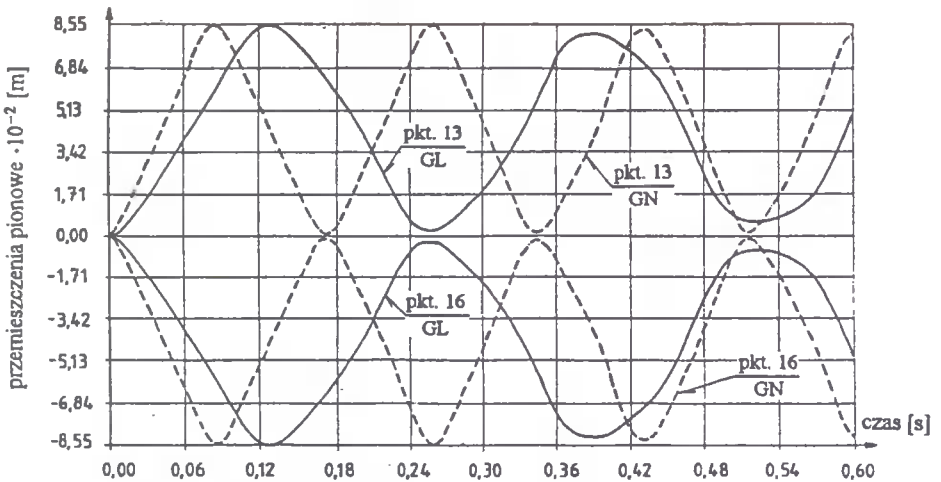
Rys.2. Analizowana płyta i przyjęta dyskretyzacja przestrzenna

Na rysunkach 3÷6 przedstawiono wykresy przemieszczeń płyty. Rozpatrywano drgania modelu geometrycznie liniowego (GL) i geometrycznie nieliniowego (GN).  
 Analizując otrzymane wyniki można sformułować następujące uwagi:

1. Geometryczne nieliniowości w niewielkim stopniu wpływają na zmiany amplitudy przemieszczeń przy zmieniającej się amplitudzie siły wymuszającej drgania. Można zatem przyjąć, że amplitudy przemieszczeń obliczone dla modelu geometrycznie liniowego mogą być traktowane jako miarodajne w praktycznych obliczeniach inżynierskich.

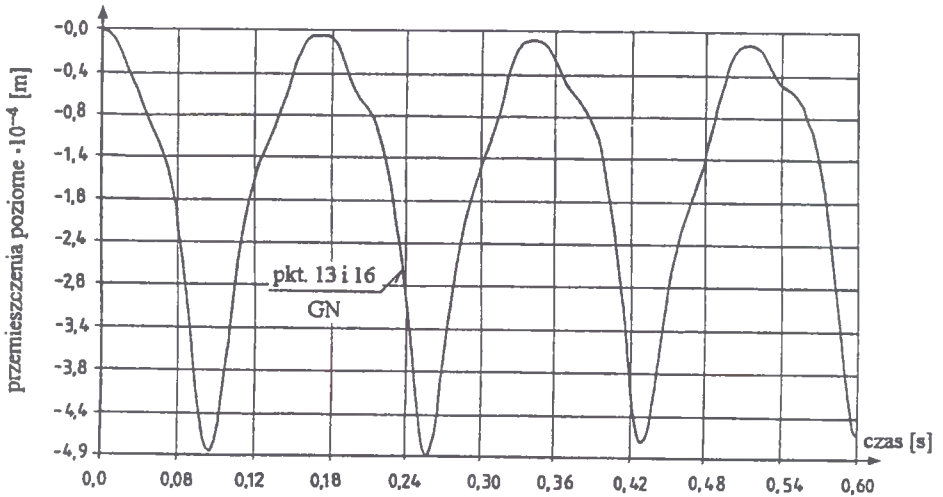


Rys.3. Wykresy przemieszczeń pionowych punktów 13 i 16 w funkcji czasu dla  $P_0 = 1,0$  [kN]

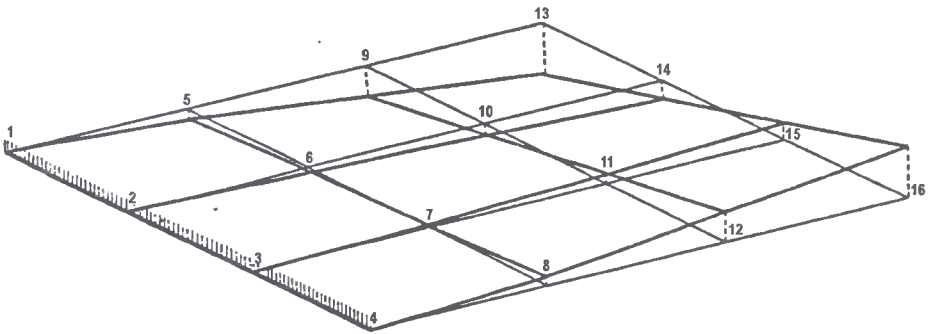


Rys.4. Wykresy przemieszczeń pionowych punktów 13 i 16 w funkcji czasu dla  $P_0 = 10,0$  [kN]

2. Geometryczne nieliniowości wraz ze wzrostem amplitudy siły wymuszającej drgania, w istotny sposób wpływają na częstotliwość drgań. Różnica okresów drgań dla modeli GL i GN wynosi około 29%, gdy  $P_0 = 1,0$  [kN] oraz około 32% gdy  $P_0 = 10,0$  [kN]. Dłuższy okres drgań otrzymano dla modelu GL.



Rys.5. Wykresy przemieszczeń poziomych punktów 13 i 16 w funkcji czasu dla  $P_0 = 10,0$  [kN]



Rys.6. Stan przemieszczeń płyty w chwili  $t=0,12$  [s] dla  $P_0 = 1,0$  [kN] (model - GL)

#### 4. WNIOSKI

- Przeprowadzone w pracy obliczenia wskazują duży wpływ geometrycznych nieliniowości na częstość drgań i stosunkowo niewielki - na amplitudy przemieszczeń.
- Wydaje się, że w budownictwie warto prowadzić analizę dynamiczną w zakresie geometrycznie nieliniowym, zwłaszcza analizę dotyczącą częstości drgań własnych. Ma to ścisły związek z takimi zagadnieniami jak, np. rezonans, wibroizolacja.
- Metoda elementów czasoprzestrzennych okazała się skutecznym narzędziem analizy drgań płyt przy uwzględnieniu efektów geometrycznie nieliniowych.

## LITERATURA

- [1] Kączkowski Z.: The method of finite space-elements in dynamics of structures, J. Techn. Phys., 16, 1, 69-84, 1975.
- [2] Kączkowski Z.: Metoda czasoprzestrzennych elementów skończonych, Arch. Inż. Łąd., 22, 365-378, 1976.
- [3] Bajaj Cz., Podhorecki A.: Space-time element method in structural dynamics, Arch. Mech. Stos., Teoret., 41, 6, 867-893, 1989.
- [4] Podhorecki A.: Metoda elementów czasoprzestrzennych w geometrycznie nieliniowej teorii lepkosprężystości, Zeszyty Naukowe Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy, Rozprawy 45, 1991.

PLATES VIBRATIONS WITH ALLOWANCE FOR GEOMETRICALLY  
NONLINEAR EFFECT

Summary

This paper includes the analysis of vibrations of thin plates, which are loaded with randomly variable forces. The geometrical nonlinearities, with randomly variable forces. The geometrical account here. The time-space elements method is used to solve the initial-boundary problem. The calculations presented in this paper show high influence of geometrical nonlinearities to the vibration amplitudes, and relatively low influence to the displacement amplitudes. It seems, that in building engineering it is worth to perform the dynamical analysis in geometrically non-linear range, and especially the analysis referring to the purity of free vibrations. It is closely related to the problems like eg. Resonance, anti-vibration insulation.

\*\*\*\*\*

Recenzent: dr hab. inż. Marek Witkowski  
prof. nadz. Politechniki Warszawskiej



Barbara Zając  
Julita Rojek  
Maciej Dutkiewicz

## ANALIZA STATYCZNA SKRAJNEJ KOMORY SZEŚCIOKOMOROWEGO ZBIORNIKA PROSTOKĄTNEGO

W artykule dokonano analizy statycznej skrajnej komory sześciokomorowego zbiornika prostokątnego, spoczywającego na podłożu gruntowym. Do rozważań przyjęto cztery schematy obliczeniowe konstrukcji: układ prostokątnych płyt krzyżowo-zbrojonych, pojedynczą skrzynię podpartą obwodowo, jednokomorową skrzynię opartą na jednoparametrowym podłożu sprężystym, sześciokomorową skrzynię spoczywającą na jednoparametrowym podłożu sprężystym.

Przeprowadzona analiza ma charakter poznawczy, a przytoczone - z konieczności fragmentaryczne - wyniki, umożliwiają zorientowanie się, jakie niekorzystne efekty powoduje zaniedbanie obciążeń termicznych i nieuwzględnienie przestrzennej pracy konstrukcji w fazie jej projektowania. Przedstawiono praktyczne wnioski do projektowania.

### 1. WPROWADZENIE

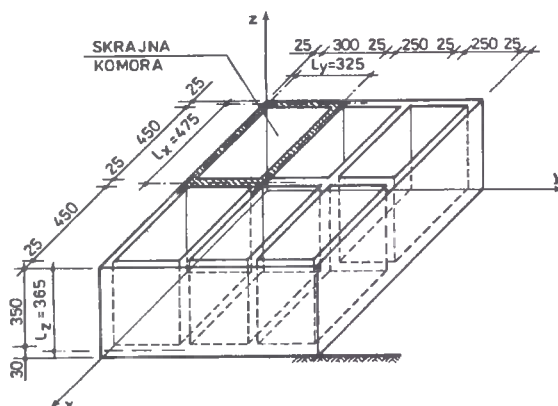
Szybki postęp w rozwoju elektronicznej techniki obliczeniowej doprowadził do powstania maszyn cyfrowych o bardzo dużej pamięci operacyjnej, pozwalającej na obliczanie zbiorników metodami numerycznymi, między innymi: metodą różnic skończonych i elementów skończonych [17]. W oparciu o te metody powstało kilka programów, służących do obliczania zbiorników jako ustrojów przestrzennych, uwzględniających różne rodzaje obciążeń, w tym, np. wpływ temperatury czy odpór podłoża [3,18].

Jednak w praktyce projektowej nadal stosuje się przybliżone metody wyznaczania sił wewnętrznych w konstrukcjach przestrzennych.

Powszechnie przyjęte uproszczenia polegają na obliczaniu zbiorników jako układu płyt dwukierunkowo zginanych, na które dzieli się zbiornik w przekrojach krawędziowych [10,11,12,16].

W celu ukazania różnic między wielkościami sił wewnętrznych, obliczonymi metodą uproszczoną oraz metodami numerycznymi, uwzględniającymi przestrzenną pracę konstrukcji a także wpływy termiczne, przeprowadzono analizę porównawczą wielkości momentów zginających w ścianach skrajnej komory zbiornika sześciokomorowego (rys.1).

Inspiracją do zajęcia się tym tematem była awaria sześciokomorowego naziemnego neutralizatora ścieków [9]. Projektanci tego obiektu wykonali obliczenia statyczne metodą uproszczoną, pomijając całkowicie problem wpływów termicznych i przestrzenną pracę konstrukcji.



Rys.1. Kształt i wymiary zbiornika

Przyjęty uproszczony model obliczeniowy nasunął podejrzenie, że jedną z przyczyn zarysowania zbiornika mogło być jego niedozbrojenie [1,2,4,6,7,8,14,15].

## 2. PRZYJĘTE MODELE OBLCZENIOWE I ZAŁOŻENIA WSTĘPNE

Analizę porównawczą przeprowadzono dla czterech modeli obliczeniowych zbiornika:

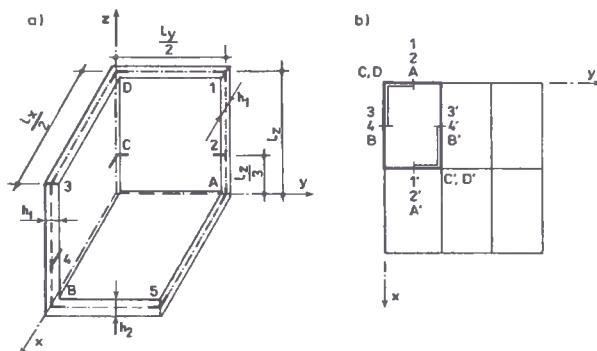
- 1 - zespołu płyt wydzielonych,
- 2 - ustroju skrzyniowego jednokomorowego podpartego obwodowo,
- 3 - ustroju skrzyniowego jednokomorowego opartego na jednoparametrowym podłożu sprężystym,
- 4 - ustroju skrzyniowego wielokomorowego opartego na jednoparametrowym podłożu sprężystym.

Do obliczeń objętych analizą przyjęto następujące założenia wstępne:

- kształt i wymiary zbiornika pokazano na rys.1,
- beton klasy B35, dla którego moduł sprężystości  $E_b = 34,4$  GPa, współczynnik Poissona przyjęto  $\nu = 0$  (ze względu na porównywalność wyników obliczeń), współczynnik rozszerzalności termicznej  $\alpha_t = 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ ,
- ciężar własny zbiornika w modelu pierwszym i drugim uwzględniono jako równomierne obciążenie dna płyty odporem gruntu, wynikającym z ciężaru ścian bocznych o wartości obliczeniowej:  $q = [2 \cdot (3,50+4,50) \cdot 3,50 \cdot 0,25 \cdot 25,0 \cdot 1,1] : 3,5 \cdot 5,0 = 22,0 \text{ kN/m}^2$ ,
- system ROBOT V6 uwzględnił ciężar własny zbiornika w modelach trzy i cztery, po zdefiniowaniu danych geometrycznych i materiałowych,
- maksymalna wartość obliczeniowa parcia ścieków:  $p = 10,0 \cdot 3,50 \cdot 1,1 = 38,5 \text{ kN/m}^2$ ,
- źródło ciepła znajduje się wewnątrz zbiornika, a temperatura zmienia się liniowo na grubości płyty; proces jest stacjonarny, temperatura jest stała w podobszarach. Uwzględniono tylko efekt zgięciowy, wywołany obliczeniową różnicą temperatur między powierzchnią zewnętrzną i wewnętrzną zbiornika o wielkości:  $\Delta\theta = 20^\circ\text{C}$ ,

- podłoże sprężyste stanowi piasek średni o współczynniku sprężystości  $C = 150\,000 \text{ kN/m}^3$ .

W tablicach 1, 2, 3 i 4 zamieszczono wartości momentów zginających od pojedynczych obciążeń, w wybranych punktach zbiornika, których położenie przedstawiono na rys.2. Jako dodatnie przyjęto te momenty, które powodują rozciąganie zewnętrznych włókien ścian i dna.



Rys.2. Numeracja punktów: a) w wyciętym fragmencie komory zbiornika, b) w zbiorniku sześciokomorowym

### 3. OBLICZENIA PORÓWNAWCZE I ICH ANALIZA

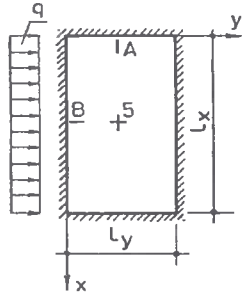
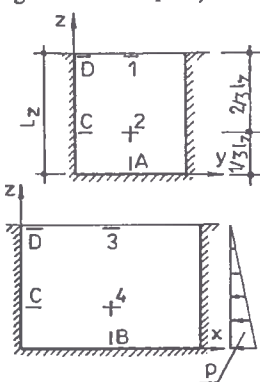
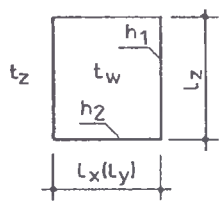
#### 3.1. Zespół płyt wydzielonych

Do obliczeń wydzielono ze zbiornika komorę skrajną, którą podzielono na płyty pionowe, zamocowane na trzech krawędziach i obciążone parciem hydrostatycznym oraz płytę denną, zamocowaną na czterech krawędziach i obciążoną odporem gruntu. Używając tablic opracowanych dla płyt prostokątnych krzyżowo - zbrojonych [11], wyznaczono wartości momentów zginających w wybranych punktach płyty.

"Przestrzenny" charakter pracy konstrukcji uwzględniono przez wyrównywanie momentów w płytach. W płaszczyźnie poziomej na krawędzi pionowej za miarodajny przyjęto większy moment utwierdzenia sąsiednich ścian, natomiast moment przęsłowy w dłuższej ścianie powiększono o różnicę momentów podporowych. Ograniczeniem górnym dla tego ostatniego była wartość odpowiadająca przypadkowi płyty swobodnie podpartej. Zdecydowano się na uproszczenia, które zawyżają wartości momentów w porównaniu z wyrównywaniem ich metodą Crossa. Momentów krawędziowych między ścianami a płytą dna nie wyrównywano.

Momenty zginające od wpływów termicznych wyznaczono według [13] stosując wzór:  $M = 0,0833 \cdot E_b \cdot h^2 \cdot \alpha_t \cdot \Delta\theta$ . Wzór ten uwzględnia grubości analizowanych płyt, ale pomija geometrię obiektu oraz warunki brzegowe na krawędziach płyt.

Tablica 1.

ZESTAWIENIE MOMENTÓW ZGINAJĄCYCH W kNm/m W WYBRANYCH PUNKTACH (wg. rys. 2) ZBIORNIKA JEDNOKOMOROWEGO			
- model obliczeniowy: ZESPÓŁ PŁYT WYDZIELONYCH			
Porównywana wielkość (oznaczenia wg. rys. 2)	Wariant obciążenia		
	Ciężar własny zbiornika - obciążenie dna odporem gruntu $q = 22,0 \text{ kN/m}^2$ grubość dna $h_2 = 0,30 \text{ m}$	Parcie hydrostatyczne $p = 38,5 \text{ kN/m}^2$ grubość ścian $h_1 = 0,25 \text{ m}$	Stacjonarne pole temperatur $t_w > t_z, \Delta\theta = 20^\circ\text{C}$ , $h_1 = 0,25 \text{ m}, h_2 = 0,30 \text{ m}$ , $M = 573,33 \cdot h_1^2$
			
1	2	3	4
MOMENTY PRZESŁOWE			
$M_{y1}$	—	3,55	35,83
$M_{y2}$	—	5,28	35,83
$M_{y5}$	- 7,12	—	51,60
$M_{x3}$	—	8,42	35,83
$M_{x4}$	—	7,64	35,83
$M_{x5}$	- 3,30	—	51,60
$M_{z2}$	—	2,80	35,83
$M_{z4}$	—	5,17	35,83
MOMENTY PODPOROWE			
$M_A$	7,36	- 15,08	51,60
$M_B$	15,92	- 24,96	51,60
$M_C$	—	- 19,87	35,83
$M_D$	—	- 13,76	35,83

Wyniki obliczeń zamieszczono w tablicy 1. Wynika z niej, że pominięcie w obliczeniach wpływów termicznych, może doprowadzić do znacznego zaniżenia wartości momentów zginających i w konsekwencji - do niewłaściwego zaprojektowania zbiornika. Nawet tak uproszczone obliczenia zwracają uwagę na możliwość pojawiania się bardzo dużych momentów zginających w ścianach i na krawędziach pionowych zbiornika (kol.4 tabl.1). Jeżeli efekt zgięciowy spowodowany wpływami termicznymi dla płyt ściennych dla  $\Delta\theta = 1^\circ$  wynosi  $1,79 \text{ kNm/m}^\circ\text{C}$ , to przy różnicy temperatur rzędu  $5^\circ\text{C}$ , należy się spodzie-

wać wystąpienia momentów zginających o wartościach porównywalnych z momentami spowodowanymi parciem hydrostatycznym (np.  $M_{x3}$  w kol.3 i 4 tabl.1).

### 3.2. Jednokomorowy zbiornik podparty wzdłuż krawędzi dolnych

Obliczenia wykonano dla wydzielonej komory skrajnej, podpartej wzdłuż krawędzi dolnych, stosując tablice [5]. Tablice te są opracowane na podstawie programu dotyczącego ustrojów skrzyniowych z symetrią dwupłaszczyznową. Program został opracowany przy wykorzystaniu metody różnic skończonych (MRS) w ujęciu wariacyjnym. Tablice [5] umożliwiają, w zależności od proporcji wymiarów zbiornika, wyznaczanie wartości momentów i sił poprzecznych krawędziowych od obciążenia parciem cieczy, gruntu i różnicą temperatur. Otrzymane wyniki obliczeń zamieszczono w tablicy 2.

Przyjęty model, w stosunku do poprzedniego, uzupełnił informacje o rozkładzie momentów w ścianach i skorygował ich rozkład w płycie dennej od obciążeń ciężarem własnym zbiornika (kol.2 tabl.2). Ujawnił w płycie dennej niebezpieczeństwo rozciągania jej powierzchni zewnętrznej w wyniku parcia cieczy ( $M_{x5}$ ,  $M_{y5}$  w kol.2 tabl.2).

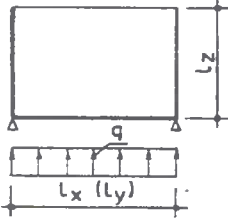
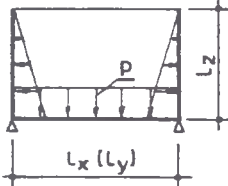
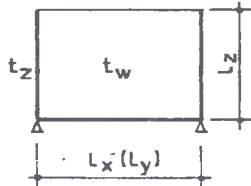
Obliczone od wpływów termicznych wartości momentów zginających na górnej krawędzi zbiornika, w sposób istotny różniły się od wartości uzyskanych przy przyjęciu modelu płyt wydzielonych, tj. wartości przeszłowe momentów wzrosły o przeszło 24%, w narożu stwierdzono rozciąganie od strony wewnętrznej zbiornika ( $M_D$  w kol.4 tabl.2 oraz rys.3). W pozostałych przekrojach poziomych, momenty od obciążeń termicznych, podobnie jak w poprzedniej metodzie, są momentami o znacznych wartościach, rozciągającymi powierzchnię zewnętrzną ścian zbiornika. Inne różnice wynikają z uwzględnienia różnych grubości płyt w poprzednim modelu oraz przyjęcia stałej grubości ścian i dna w modelu analizowanym w tym punkcie (ze względu na ograniczenia tablicowe). Analiza momentów zginających w punkcie 4 ściany zbiornika wskazuje na to, że już obliczeniowa różnica temperatur rzędu 2°C między wewnętrzną a zewnętrzną powierzchnią ściany może doprowadzić do wystąpienia momentów zginających o wartościach porównywalnych z momentami spowodowanymi parciem hydrostatycznym cieczy.

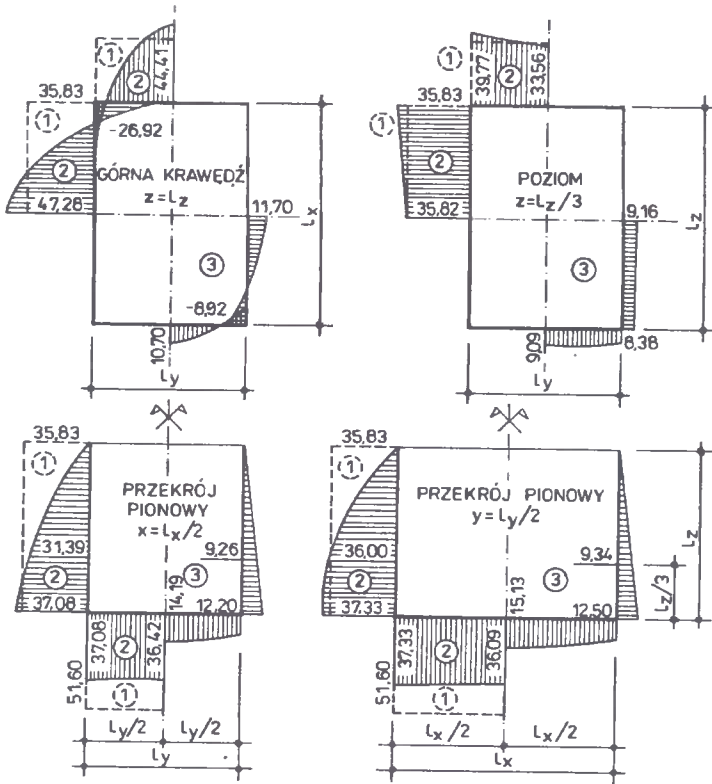
Model jednokomorowego zbiornika obliczonego metodą MRS dokładniej opisuje pracę naziemnego zbiornika prostopadłościennego niż poprzedni.

### 3.3. Jednokomorowy zbiornik na sprężystym podłożu

Obliczenia wykonano dla wydzielonej komory skrajnej, wykorzystując program ROBOT V6, bazujący na metodzie elementów skończonych (MES). Program ten umożliwia uwzględnienie dowolnego rodzaju obciążeń konstrukcji.

Tablica 2.

ZESTAWIENIE MOMENTÓW ZGINAJĄCYCH W kNm/m W WYBRANYCH PUNKTACH (wg. rys. 2) ZBIORNIKA JEDNOKOMOROWEGO			
- model obliczeniowy: USTRÓJ SKRZYNIOWY ROZWIĄZANY W OPARCIU O METODĘ WARIACYJNEGO UJĘCIA RÓŻNIC SKOŃCZONYCH			
Porównywana wielkość	Wariant obciążenia		
	Ciężar własny zbiornika - obciążenie dna odporem gruntu $q = 22,0 \text{ kN/m}^2$	Parcie hydrostatyczne $p = 38,5 \text{ kN/m}^2$	Stacjonarne pole temperatur $t_w > t_z, \Delta\theta = 20^\circ\text{C}$
			
1	2	3	4
<b>MOMENTY PRZESŁOWE</b>			
$M_{y1}$	- 0,40	1,40	44,41
$M_{y2}$	1,23	2,22	33,56
$M_{y5}$	- 10,82	15,08	36,42
$M_{x3}$	1,43	8,86	47,28
$M_{x4}$	1,78	3,39	35,82
$M_{x5}$	- 4,24	4,44	36,09
$M_{z2}$	0,81	2,99	36,00
$M_{z4}$	2,63	2,52	31,39
<b>MOMENTY PODPOROWE</b>			
$M_A$	9,80	- 17,29	37,33
$M_B$	9,83	- 28,92	37,08
$M_C$	- 3,87	- 10,14	39,77
$M_D$	- 0,64	- 10,89	- 26,92



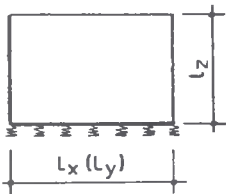
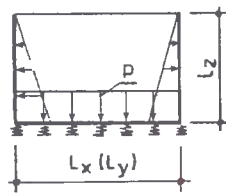
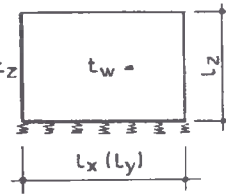
Rys.3. Momenty zginające w kNm/m wywołane w jednokomorowym zbiorniku przez stacjonarne pole temperatur ( $\Delta\theta = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ )  
 1 - zespół płyt wydzielonych  
 2 - zbiornik podparty obwodowo  
 3 - zbiornik na sprężystym podłożu

W odróżnieniu od poprzednich obliczeń przedstawionych w punkcie 3.2, uwzględniono różne grubości ścian i dna oraz zamodelowano podłoże, przy użyciu podpór sprężystych (jednoosiowe elementy o dwóch węzłach) przyłożonych w węzłach podziału dna zbiornika (sprężysty model Winklera). Układ modelujący miał 1423 sprężyste elementy powłokowe oraz 1176 węzłów. Wyniki obliczeń zestawiono w tabelicy 3.

Uwzględnienie oparcia zbiornika na sprężystym podłożu spowodowało, że uzyskano mniejsze wartości momentów zginających od ciężaru własnego, w porównaniu z modelem zbiornika podpartego obwodowo. Przykładowo, różnice w momentach przęsłowych dna wynoszą około 20%, a podporowych - dochodzą do 40% ( $M_B$  w kol.2 tabl.3 i 2). Wyniki obliczeń od parcia hydrostatycznego działającego na ściany i dno są zbliżone tylko dla górnego naroża zbiornika. Natomiast wartości momentów przęsłowych w płycie dennej świadczą o jej rozciąganiu od wewnętrznej strony. Uwidocznili się tutaj wpływ przyjętego modelu podłoża. Stwierdzono zmniejszenie momentów podporowych płyty dennej (np.  $M_A = 17,29\text{ kNm/m}$  wg tabl. 2 na  $M_A = 4,54\text{ kNm/m}$  wg tabl.3), a zwiększenie momentów przęsłowych w ścianach (np. w punkcie 4 z wartości 3.39 do 8.28 kNm/m w kierunku

poziomym i z 2.52 do 7.43 kNm/m w kierunku pionowym). Główna przyczyna tak dużych rozbieżności tkwi w innym modelowaniu współpracy zbiornika z podłożem (pominięcie jej w modelu drugim, a uwzględnienie w trzecim).

Tablica 3

ZESTAWIENIE MOMENTÓW ZGINAJĄCYCH W kNm/m W WYBRANYCH PUNKTACH (wg. rys. 2) ZBIORNIKA JEDNOKOMOROWEGO			
- model obliczeniowy: USTRÓJ SKRZYNIOWY NA PODŁOŻU SPRĘŻYSTYM ROZWIĄZANY W OPARCIU O METODĘ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH			
Porównywana wielkość	Wariant obciążenia		
	Ciążar własny zbiornika	Parcie hydrostatyczne $p = 38,5 \text{ kN/m}^2$	Stacjonarne pole temperatur $t_w > t_z, \Delta\theta = 20^\circ\text{C}$
			
1	2	3	4
<b>MOMENTY PRZESŁOWE</b>			
$M_{y1}$	- 0,27	- 1,21	10,70
$M_{y2}$	0,77	4,89	9,09
$M_{y5}$	- 8,66	- 1,83	14,19
$M_{x3}$	0,44	11,50	11,70
$M_{x4}$	1,09	8,28	9,16
$M_{x5}$	- 3,32	- 2,24	15,13
$M_{z2}$	0,14	3,81	9,34
$M_{z4}$	1,11	7,43	9,26
<b>MOMENTY PODPOROWE</b>			
$M_A$	6,32	- 4,54	12,50
$M_B$	5,85	- 20,10	12,20
$M_C$	- 1,86	- 15,06	8,38
$M_D$	- 0,01	- 9,30	- 8,92

Wpływy termiczne wywołują znacznie mniejsze momenty zginające niż w modelu pierwszym i drugim (rys.3). Maksymalne momenty zginające występują w dnie i, podobnie jak w poprzednim modelu, powodują one rozciąganie zewnętrznej strony ścian zbiornika (oprócz górnego naroża ścian). Maksymalne wartości momentów zginających w górnym narożu ścian, przy różnicy temperatur  $20^\circ\text{C}$ , są zbliżone do wywołanych par-



ciem cieczy (tabl.3, kol.3,4). W krótszej ścianie, obliczeniowa różnica temperatur w granicach 8 - 11 °C daje taki sam efekt zgięciowy jak parcie cieczy ( $M_{zz}$  i  $M_{y2}$  w kol.2 i 3 tabl.3).

### 3.4 Sześciokomorowy zbiornik na sprężystym podłożu

Obliczenia wykonano dla skrajnej komory zbiornika sześciokomorowego. W celu uwzględnienia przestrzennej pracy całego zbiornika, przeprowadzono obliczenia, wykorzystując program ROBOT V6, bazujący na metodzie elementów skończonych (MES). Układ modelujący konstrukcję miał 9064 sprężyste elementy powłokowe oraz 9098 węzłów. Każdy element powłokowy został zamodelowany jako czterowęzłowy. Zapewniało to właściwą gęstość podziału i dokładność obliczeń. Podobnie jak w poprzednim modelu, grunt pod zbiornikiem zamodelowano jednoosiowymi elementami sprężystymi.

Wyniki obliczeń przedstawiono w tabelcy 4, przy czym w nawiasach, w kolumnie 1 podano numerację punktów dla wyciętego fragmentu naroża wewnętrznego analizowanej komory (patrz rys.2b). Kolumny 2 - 4 tabelcy 4 zawierają wartości momentów w ścianach i narożach zewnętrznych oraz odpowiednio - w narożach wewnętrznych (wartości w nawiasach). Zestawienie ich obok siebie pozwala dostrzec, jak duży wpływ na rozkład momentów w pojedynczej komorze ma obecność pozostałych komór.

Ponieważ ciężar całkowity ścian w zbiorniku wielokomorowym jest mniejszy niż w przypadku takiej samej liczby samodzielnych komór, obliczenia statyczne wykazały, że w skrajnej komorze zmniejszyły się momenty zginające, spowodowane ciężarem własnym konstrukcji (kol.2 tabl.3 i 4), a we wspólnych ścianach praktycznie zredukowały się do zera. Efekt ten był większy niż wynikałoby z prostego przeliczenia ciężaru ścian przypadających na jednostkę powierzchni płyty dennej (zmniejszenie wartości  $q$  z 22,00 kN/m<sup>2</sup> na 17,41 kN/m<sup>2</sup>, t.j. o około 20%, a momentów zginających - o około 60%). Niewątpliwie wpływ na to miał przyjęty model sprężystego podłoża i sztywność całego układu.

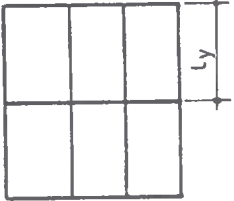
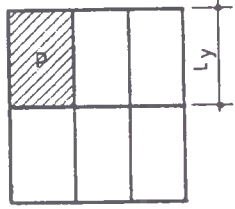
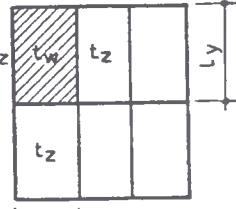

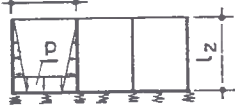
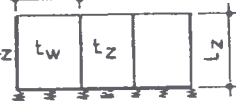
W układzie zblokowanych komór parcie hydrostatyczne cieczy wywołało zupełnie inne zjawisko niż w samodzielnej komorze, a mianowicie pojawienie się w dnie momentów rozciągających włókna zewnętrzne. Równocześnie, w stosunku do modelu poprzedniego, stwierdzono wzrost momentów podporowych o przeszło 100% w połączeniu dna z krótszą ścianą i o 22% - w połączeniu z dłuższą ścianą oraz w narożu C ( $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_C$  w kol.3 tabl.3 i 4).

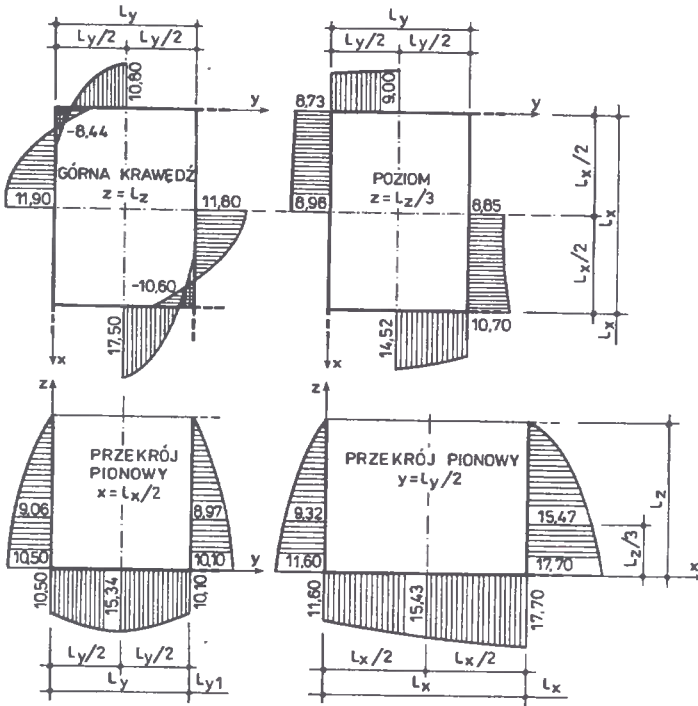
Ponadto w ścianach wspólnych z przyległymi pustymi komorami stwierdzono obecność ekstremalnych momentów podporowych, np.  $M_A = - 11,60$  kNm/m, natomiast mniejsze wartości momentów przęsłowych (tabl.3 i 4 kol.3).

Wartości momentów zginających od parcia cieczy są porównywalne z momentami obliczonymi według modelu pierwszego (tabl.1 i 4, kol.3), natomiast momenty od ciężaru własnego i od wpływów termicznych są około trzy razy mniejsze od momentów obliczonych metodą płyt wydzielonych (tabl.1 i 4, kol.2 i 4).

Tablica 4

**ZESTAWIENIE MOMENTÓW ZGINAJĄCYCH W kNm/m W WYBRANYCH PUNKTACH (wg. rys. 2) SKRĄJNEJ KOMORY ZBIORNIKA WIELOKOMOROWEGO**  
 - model obliczeniowy: USTRÓJ SKRZYŃNIOWY NA PODŁOŻU SPRĘŻYSTYM  
 ROZWIĄZANY W OPARCIU O METODĘ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH

Porównywana wielkość	Wariant obciążenia		
	Ciążar własny zbiornika	Parcie hydrostatyczne: $p = 38,5 \text{ kN/m}^2$	Stacjonarne pole temperatur $t_w > t_z, \Delta S = 20^\circ\text{C}$
			
			
1	2	3	4
<b>MOMENTY PRZESŁOWE</b>			
$M_{y1}; (M_{y1'})$	- 0,03      (-0,00)	0,62      (0,43)	10,80      (17,50)
$M_{y2}; (M_{y2'})$	0,40      (0,00)	5,03      (4,39)	9,00      (14,52)
$M_{y5}$	-2,97	2,33	15,34
$M_{x3}; (M_{x3'})$	0,11      (0,02)	10,30      (9,52)	11,90      (11,80)
$M_{x4}; (M_{x4'})$	0,40      (0,04)	7,10      (6,44)	8,96      (8,85)
$M_{x5}$	- 1,09	0,24	(15,43)
$M_{z2}; (M_{z2'})$	0,11      (0,00)	3,82      (3,48)	9,32      (15,47)
$M_{z4}; (M_{z4'})$	0,40      (0,03)	6,45      (6,06)	9,06      (8,97)
<b>MOMENTY PODPOROWE</b>			
$M_A; (M_A)$	2,08      (0,00)	- 9,26      (- 11,60)	11,60      (17,70)
$M_B; (M_B)$	2,14      (0,24)	-24,50      (-26,30)	10,50      (10,10)
$M_C; (M_C)$	-0,90      (-0,07)	- 18,30      (- 19,10)	8,73      (10,70)
$M_D; (M_D)$	-0,07      (-0,09)	- 8,06      (-10,80)	- 8,44      (- 10,60)



Rys.4. Momenty zginające w kNm/m wywołane w skrajnej komorze sześciokomorowego zbiornika przez stacjonarne pole temperatur ( $\Delta\theta = 20^\circ\text{C}$ )

Wartości momentów zginających od wpływów termicznych w ścianach zewnętrznych skrajnej komory są zbliżone do uzyskanych z modelu jednokomorowego spoczywającego na sprężystym podłożu. Dotyczy ich również uwaga podana w pkt.3.3, porównująca efekty zgięciowe od różnicy temperatur z efektami wywołanymi parciem cieczy

Obecność sąsiedniej komory miała istotne znaczenie dla momentów zginających w krótszej ścianie wewnętrznej. W porównaniu ze ścianą zewnętrzną, obciążenie tą samą różnicą temperatur wywołało w niej większe momenty przeszłowe (np. w punkcie 2 o przeszło 60%), a podobny efekt zgięciowy jak przy parciu cieczy wywołuje w niej różnica temperatur około  $5^\circ\text{C}$ .

Model sześciokomorowego zbiornika pozwolił zauważyć, że krótsza ściana wewnętrzna jest bardzo wrażliwa na wpływy termiczne.

#### 4. WNIOSKI

Przeprowadzone obliczenia i ich analiza upoważniają do sprecyzowania następujących wniosków:

1. Projektując żelbetowe zbiorniki na cieczy należy uwzględnić wszystkie możliwe obciążenia, jakie mogą pojawić się w fazie realizacji jak i eksploatacji obiektu.

2. Wydzielenie ze zblokowanego układu wielokomorowego zbiornika prostokątnego jednej komory może służyć jedynie do wstępnej oceny momentów zginających i ustalenia grubości elementów płytowych.
3. W obliczeniach zbiornika metodą zespołu płyt wydzielonych, chociaż pominięto problem modelowania podłoża pod zbiornikiem, w analizowanym przypadku otrzymano zbliżone wartości momentów zginających, od obciążeń ciężarem własnym i parciem hydrostatycznym, do uzyskanych przy przyjęciu modelu pojedynczej komory opartej na sprężystym podłożu.
4. Przy modelowaniu zbiornika wielokomorowego, jako pojedynczej komory podpartej obwodowo, otrzymane wartości momentów zginających wskazują na konieczność obustronnego, obliczeniowego zbrojenia dna.
5. W przypadku modelowania zbiornika wielokomorowego, jako pojedynczej komory opartej na sprężystym podłożu, w częściach środkowych ścian występują ekstremalne momenty zginające od parcia hydrostatycznego cieczy.
6. Pominięcie w obliczeniach statycznych wpływów termicznych, niezależnie od zastosowanego modelu obliczeniowego, prowadzi do zaniżenia, miarodajnych do wymiarowania, wartości momentów zginających (rys.3,4, tabl.1 - 4). W omawianym zbiorniku pominięcie różnicy temperatur na grubości ścian wpłynęło na znaczne obniżenie wartości momentów zginających, co w konsekwencji przyczyniło się do awarii zbiornika [9].
7. Tylko w przypadku przestrzennego modelowania zbiornika prostokątnego można stwierdzić, że różnica temperatur na grubości ścian, wywołuje naprężenia rozciągające włókna wewnętrzne w górnym swobodnym narożu ścian [1,4]
8. Różnice w wielkościach momentów zginających od obciążeń termicznych uzyskanych z programu ROBOT V6 w porównaniu z momentami otrzymanymi z innych metod wskazują na potrzebę ostrożnego ich traktowania i konieczność dalszej weryfikacji w celu wykazania, które wartości są bliższe prawdy.
9. Zachowanie się zbiornika wielokomorowego prostokątnego, spoczywającego na gruncie, najlepiej opisuje model obliczeniowy, uwzględniający sprężystość podłoża, ale tylko wówczas, gdy konsekwentnie uwzględni się obecność wszystkich komór. Uproszczenie, polegające na obliczaniu tylko jednej wyciętej komory, prowadzi między innymi do zaniżenia momentów zginających w połączeniu ścian z dnem.
10. Zastosowanie uproszczonej metody obliczeń (według modelu pierwszego), w porównaniu z przestrzenną pracą całego zbiornika (według modelu czwartego), spowodowałoby zaniżenie momentu zginającego w miejscu połączenia dłuższej ściany z dnem ( $M_B$  tabl.1 i 4 kol.2 + 3), od łącznego działania ciężaru własnego zbiornika i parcia cieczy. Natomiast pominięcie wpływu temperatury spowodowałoby w obydwu metodach znaczne zaniżenie momentów we wszystkich przekrojach.

## LITERATURA

- [1] Buczkowski W.: Momenty zginające w monolitycznych zbiornikach prostopadłościennych obciążonych temperaturą. „Inżynieria i Budownictwo” nr 5/1992.

- [2] Buczkowski W.: Potencjalne źródła błędów w projektowaniu zbiorników prostopadłościennych. Materiały Konferencji Naukowo - Technicznej „Żelbetowe i sprężone zbiorniki na materiały sypkie i ciecze”. Wrocław - Szklarska Poręba 1992.
- [3] Buczkowski W., Czajka S.: Programy do obliczeń statycznych ustrojów płytowych. „Inżynieria i Budownictwo” nr 12/1992.
- [4] Buczkowski W.: Rechteckige Behälter unter Temperatureinwirkung. „Beton und Stahlbetonbau” nr 11/1991.
- [5] Buczkowski W.: Tablice do projektowania jednokomorowych, otwartych zbiorników prostopadłościennych. Akademia Rolnicza w Poznaniu, Poznań 1989.
- [6] Buczkowski W.: Uwagi dotyczące obliczeń statycznych zbiorników prostopadłościennych. „Inżynieria i Budownictwo” nr 3/1997.
- [7] Danilecki W.: Przyczyny powstawania pęknięć w ścianach żelbetowych zbiorników prostokątnych. „Inżynieria i Budownictwo” nr 3/1980.
- [8] Grzegorzewicz J. Grzegorzewicz S.: O wymaganiach wykonania i odbioru odkrytych zbiorników oczyszczalni ścieków. „Inżynieria i Budownictwo” nr 12/1995.
- [9] Kluczykowski M., Lachiewicz - Złotowska A., Rojek J., Zając B.: Trwałość żelbetowego zbiornika na ciecze agresywne. X Międzynarodowa konferencja „Żelbetowe i sprężone zbiorniki na materiały sypkie i ciecze”, Kraków 1995.
- [10] Kłóś Cz., Mitzel A., Suwalski J. : Zbiorniki na ciecze. Arkady, Warszawa 1961.
- [11] Kobiak J., Stachurski W.: Konstrukcje żelbetowe, t.2, Arkady, Warszawa 1987.
- [12] Kobiak J., Stachurski W.: Konstrukcje żelbetowe, t.4, Arkady, Warszawa 1991.
- [13] PN-89 /B-03262. Zbiorniki na materiały sypkie i kiszonki. Obliczenia statyczne i projektowanie,
- [14] Runkiewicz L.: Analiza bezpieczeństwa zbiorników żelbetowych na wodę. „Przegląd Budowlany” nr 6/1989.
- [15] Starosolski W.: O potrzebie uwzględniania wpływu nagrzania słonecznego w projektowaniu wielopolowych płyt żelbetowych. „Inżynieria i Budownictwo” nr 7/1996.
- [16] Timoshenko S., Wojnowski - Krieger S.: Teoria płyt i powłok. Arkady, Warszawa 1962.
- [17] Wosiewicz B. : Obliczanie wielokomorowych zbiorników prostokątnych metodą elementów skończonych. „Inżynieria i Budownictwo” nr 6/1977.
- [18] Wykaz programów komputerowych z dziedziny budownictwa. „Inżynieria i Budownictwo” nr 12/1992.

THE STATIC ANALYSIS OF THE OUTLINE CHAMBER  
OF THE SIX-CHAMBER RECTANGULAR TANK

Summary

The paper considered the static analysis of the outline chamber of the rectangular tank, resting on the ground. Four computational schemes of the structure were calculated: concrete cross-reinforced plates system, singular box supported through the whole edge, one-chamber box rested on the one-parameter spring-base, six-chamber box on the one-parameter spring-base. The analysis has the cognitive meaning and shown results - by necessity enclosed in the short form - can allow to understand the effects which appear when the thermal loading or three-dimensional behaviour of the structure is omitted in the phase of designing. Herein, the practical conclusions for designing are performed.

\*\*\*\*\*

Recenzent: dr hab. inż. Wiesław Buczkowski  
prof. nadzw. AR w Poznaniu

Jan Gadomski  
Jan Kempa

## TEORETYCZNA I EMPIRYCZNA DOKŁADNOŚĆ POMIARU TORU POJAZDU METODĄ BEZREFLEKTOROWĄ Z WYKORZYSTANIEM FAL ULTRADŹWIĘKOWYCH

W pracy przedstawiono teoretyczną i empiryczną dokładność pomiaru toru pojazdu za pomocą przetworników ultradźwiękowych. Analizom poddano wpływ poszczególnych przetworników związanych z określeniem położenia punktów trajektorii pojazdów poruszających się po krzywoliniowych odcinkach dróg. Przedstawiono sposób pomiaru, błędy związane z określeniem stanowisk pomiarowych, kierunków orientujących oraz samego pomiaru.

Przeprowadzona teoretyczna analiza i eksperymentalne badania terenowe określenia współrzędnych punktów trajektorii pojazdów, za pomocą bezreflektorowej metody z wykorzystaniem przetworników ultradźwiękowych, potwierdziły wysoką dokładność opracowanej metody.

### 1. WSTĘP

Metody wyznaczania torów pojazdów, ze względu na stosowane technologie pomiarów, użyty sprzęt i sposoby rejestracji danych, można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

- 1) metody fotogrametryczne, rejestrujące dane pomiarowe na materiałach światłoczułych i nośnikach magnetycznych,
- 2) pozostałe, opierające się na różnych technikach pomiarowych bez wykorzystania metod fotogrametrycznych i ich pochodnych.

Do pierwszej grupy zaliczyć można następujące metody:

- a) fotogrametrii lotniczej, polegającej na fotografowaniu z samolotu jadących pojazdów lub śladów kół pozostawionych przez te pojazdy [10],
- b) fotogrametrii naziemnej, polegającej na fotografowaniu z naziemnego stanowiska lub kilku stanowisk śladów kół pozostawionych przez pojazdy,
- c) fotogrametrii dynamicznej, w której otrzymuje się kolejne położenia badanego pojazdu dzięki fotografowaniu bazy pomiarowej przymocowanej do tego pojazdu [1,8],
- d) zdjęć filmowych; na drodze zakłada się tzw. fotopunkty, których położenie wyznacza się metodą geodezyjną, natomiast rejestrację przejazdu badanego pojazdu dokonuje się za pomocą kamery filmowej zamontowanej na pojeździe jadącym za pojazdem badanym [11].

Do drugiej grupy można zaliczyć następujące metody:

- a) optyczną, polegającą na rejestracji przez obserwatorów, w wybranych przekrojach drogi, śladów kół pozostawionych przez pojazdy,

- b) geodezyjną, polegającą na pomiarze śladów kół pojazdów metodami geodezyjnymi [13],
- c) optyczno-elektryczną, gdzie pomiaru położenia pojazdu na drodze dokonuje się za pomocą fotokomórek odpowiednio rozmieszczonych po obu stronach drogi [6],
- d) inercyjną INS, dzięki wykorzystaniu układu akceleratorów i żyroskopów można wyznaczyć przyspieszenia kinematyczne; po podwójnym scałkowaniu tych przyspieszeń wyznacza się zmiany współrzędnych punktu toru pojazdu; metoda ta posiada jednak pewne ograniczenia polegające na narastaniu błędu wyznaczania pozycji pojazdu na skutek podwójnego całkowania niemożliwych do wyeliminowania błędów systematycznych [9],
- e) kinematyczną GPS; w wyniku jednoczesnej obserwacji co najmniej czterech tych samych satelitów GPS przez co najmniej dwa odbiorniki; pierwszy z odbiorników jest nieruchomy i umieszczony poza jezdnią drogi, a drugi na pojeździe, którego tor jest wyznaczany; na obecnym etapie rozwoju tej metody znacznym jej ograniczeniem jest pogarszająca się jakość wyników spowodowana trudnościami śledzenia sygnału satelitarnego podczas ruchu odbiornika [4,9].

W pracy [2] do pomiarów trajektorii i profili prędkości pojazdów wykorzystano, specjalnie skonstruowane do tego celu, urządzenie pod roboczą nazwą UPT-1 (ultradźwiękowy pomiar prędkości i trajektorii pojazdu). Urządzenie to składa się z jednostki centralnej i przetworników ultradźwiękowych rozmieszczonych wzdłuż badanego odcinka drogi. W przypadku pojawienia się pojazdu w polu pomiarowym przetwornika, następuje odbicie fali ultradźwiękowej. Czasy bieżące wysłania impulsu pomiarowego i wychwycenia jego odbicia przez kolejne przetworniki są rejestrowane w jednostce centralnej. Na podstawie czasów bieżących i prędkości rozchodzenia się impulsów fali ultradźwiękowej, automatycznie wyliczana jest odległość między punktem zerowym przetwornika a pojazdem.

Celem niniejszego artykułu jest teoretyczna i empiryczna dokładność określenia toru pojazdu, dokonana na podstawie pomiaru położenia pojazdu w przekroju poprzecznym drogi, za pomocą zespołu stacjonarnych przetworników ultradźwiękowych.

## 2. METODYKA POMIARU

Stanowiska pomiarowe umieszczone są poza poboczem drogi wg schematu przedstawionego na rys.1. Punkty  $P_1, P_2, \dots, P_n$  odzwierciedlają położenie punktów zerowych przetworników ultradźwiękowych. Natomiast punkty  $K_1, K_2, \dots, K_n$  są przeznaczone do orientacji urządzeń pomiarowych, gdyż te nie posiadają kręgu poziomego, a jedynie celowniki.

Metodą geodezyjną dokonuje się pomiaru współrzędnych punktów  $P_1, P_2, \dots, P_n$  oraz  $K_1, K_2, \dots, K_n$ , albo z jednego stanowiska  $TS_1$ , albo z kilku stanowisk  $TS_1, TS_2, \dots, TS_n$  w zależności od warunków terenowych. Określenie położenia pojazdu w przekroju poprzecznym drogi, polega na pomiarze odległości  $d$ , tj. odcinka  $PS$  wzdłuż zadanego kierunku. Następnie oblicza się współrzędne punktów  $S$  z następujących wzorów:

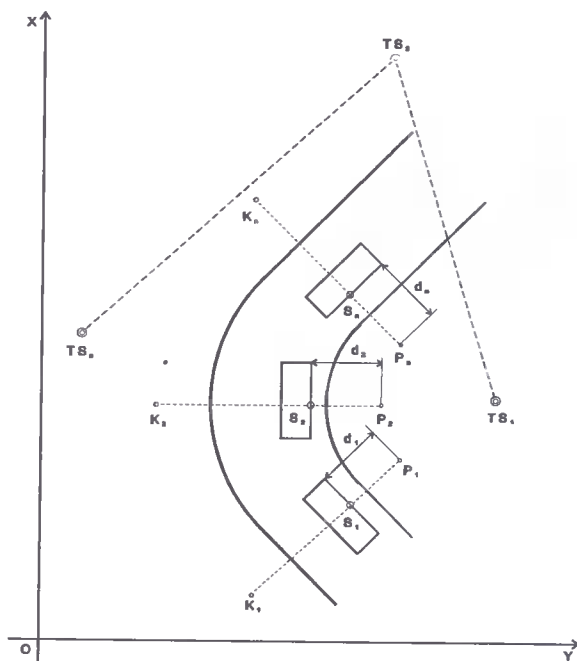
$$\begin{aligned} X_S &= X_P + d \cdot \cos \alpha \\ Y_S &= Y_P + d \cdot \sin \alpha \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie:

$X_P, Y_P$  - współrzędne stanowiska pomiarowego,

$\alpha$  - kąt orientujący, wyznaczony ze współrzędnych punktów  $P$  i  $K$ .





Rys.1. Schemat rozmieszczenia stanowisk pomiarowych i punktów orientujących

### 3. TEORETYCZNA ANALIZA DOKŁADNOŚCI POŁOŻENIA PUNKTÓW TRAJEKTORII POJAZDU

Określenia położenia punktów P i K dokonuje się z pewną dokładnością. Współrzędne tych punktów obarczone będą błędami, odpowiednio  $m_{x_P}$ ,  $m_{y_P}$ ,  $m_{x_K}$ ,  $m_{y_K}$ . Ponadto, pomiar odległości d oraz orientacja czujnika, względem punktu orientującego K, wykonywane są również z pewnymi błędami. W związku z tym (zgodnie z prawem przenoszenia się błędów), położenie punktu S określone będzie z błędami  $m_{x_S}$ ,  $m_{y_S}$ , których kwadraty można wyznaczyć ze wzorów zamieszczonych w punkcie 3.2 pracy (wzór 13 i 14).

#### 3.1. Analiza dokładności orientacji przetworników ultradźwiękowych

##### 3.1.1. Wpływ błędów stanowiska i punktu orientującego na wyznaczany kierunek urządzenia pomiarowego

Współrzędne punktów P i K obarczone są odpowiednimi błędami, wobec tego kierunek określany na podstawie tych punktów z zależności:

$$\alpha = \arctg \frac{Y_K - Y_P}{X_K - X_P} \quad (2)$$

będzie obarczony błędem  $m_\alpha$ .

Błąd funkcji (2) można wyrazić następująco:

$$m_{\alpha}^2 = \left( \frac{\partial \alpha}{\partial X_P} \right)^2 m_{X_P}^2 + \left( \frac{\partial \alpha}{\partial Y_P} \right)^2 m_{Y_P}^2 + \left( \frac{\partial \alpha}{\partial X_K} \right)^2 m_{X_K}^2 + \left( \frac{\partial \alpha}{\partial Y_K} \right)^2 m_{Y_K}^2 \quad (3)$$

Pochodne cząstkowe występujące we wzorze (3), można po przekształceniach i uproszczeniach zapisać następująco:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial X_P} = \frac{\Delta Y_{PK}}{\Delta X_{PK}^2 + \Delta Y_{PK}^2} = A_{PK} \quad (4)$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial Y_P} = \frac{-\Delta X_{PK}}{\Delta X_{PK}^2 + \Delta Y_{PK}^2} = -B_{PK} \quad (5)$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial X_K} = \frac{-\Delta Y_{PK}}{\Delta X_{PK}^2 + \Delta Y_{PK}^2} = -A_{PK} \quad (6)$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial Y_K} = \frac{\Delta X_{PK}}{\Delta X_{PK}^2 + \Delta Y_{PK}^2} = B_{PK} \quad (7)$$

Ostatecznie wzór na błąd funkcji (2) będzie miał postać:

$$m_{\alpha}^2 = A_{PK}^2 \cdot m_{X_P}^2 + B_{PK}^2 \cdot m_{Y_P}^2 + A_{PK}^2 \cdot m_{X_K}^2 + B_{PK}^2 \cdot m_{Y_K}^2 \quad (8)$$

lub

$$m_{\alpha}^2 = A_{PK}^2 \cdot (m_{X_P}^2 + m_{X_K}^2) + B_{PK}^2 \cdot (m_{Y_P}^2 + m_{Y_K}^2) \quad (9)$$

a po dalszych przekształceniach:

$$m_{\alpha} = \frac{1}{k_{PK}^2} \sqrt{\Delta Y_{PK}^2 \cdot (m_{X_P}^2 + m_{X_K}^2) + \Delta X_{PK}^2 \cdot (m_{Y_P}^2 + m_{Y_K}^2)} \quad (10)$$

Z analizy wzoru (10) wynika, że na wartość błędu kierunku  $\alpha$ , oprócz błędów współrzędnych P i K ma wpływ także odległość między tymi punktami.

### 3.1.2. Wpływ kierunku wiązki pomiarowej przetwornika ultradźwiękowego

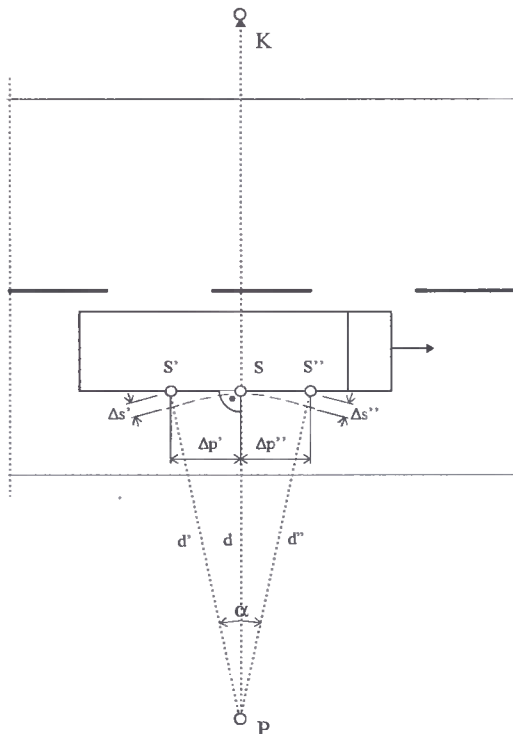
Oprócz analizowanych powyżej błędów, należy rozważyć również niedokładność ustawienia przetwornika wzdłuż zadanego kierunku PK oraz położenie miejsca zwrotu impulsu ultradźwiękowego na bocznej stronie karoserii pojazdu. Przetwornik ustawiony w punkcie P orientowany jest na punkt K za pomocą celownika, którym jest szczelina wryta na jego obudowie. Miejsce zwrotu impulsu ultradźwiękowego nie jest dokładnie określone i zależy od różnych czynników natury technicznej (ma z reguły charakter losowy). Stanowisko pomiarowe P oraz punkty orientujące K obierane są tak, aby prosta łącząca te punkty, w danym przekroju pomiarowym, była prostopadła do bocznej krawędzi karoserii pojazdu. W przypadku niespełnienia tego warunku każda mierzona odległość  $d$  jest różna od odległości PS o wielkość  $\Delta s$  - rys.2. Przeprowadzono analizę wpływu odchylenia kierunku pomiarowego w zależności od dokładności orientacji urządzenia pomiarowego.

W tabeli 1 zestawiono odsunięcia liniowe punktu S od kierunku pożądanego o wielkość  $\Delta p$  w zależności od wartości kąta  $\alpha$  i mierzonej odległości.

Tabela 1. Wartości odchyleń  $\Delta p$  [cm] w zależności od odległości PS i odchylenia kąтового kierunku  $\alpha$

Połowa kąta $\alpha$	Odległości PS [m]			
	2,0	3,0	4,0	5,0
$0^{\circ} 30'$	1,7	2,6	3,5	4,4
$0^{\circ} 45'$	2,6	3,9	5,2	6,6
$1^{\circ} 00'$	3,5	5,2	7,0	8,7
$1^{\circ} 30'$	5,2	7,9	10,5	13,1
$2^{\circ} 00'$	7,0	10,5	14,0	17,5

Ze względu na przesunięcia punktu pomiarowego S o wielkość  $\Delta p$  otrzymuje się odległości przetwornik ultradźwiękowy - pojazd dłuższe od odległości PS o wartość odchyłki  $\Delta s$  (przypadek przedstawiony na rys.2 - linia PK jest prostopadła do bocznej krawędzi pojazdu). Wartości odchyłek długości  $\Delta s$  dla tych samych wartości analizowanych powyżej wielkości zestawiono w tabeli 2.



Rys.2. Schemat pomiaru odległości  $d$  (przetwornik ultradźwiękowy - pojazd)

Tabela 2. Wartości odchyłek  $\Delta s$  [cm] w zależności od odległości PS i odchylenia kąowego kierunku  $\alpha$

Połowa kąta $\alpha$	Odległości PS [m]			
	2,0	3,0	4,0	5,0
$0^0 30'$	0,0	0,0	0,0	0,0
$0^0 45'$	0,0	0,0	0,0	0,0
$1^0 00'$	0,0	0,1	0,1	0,1
$1^0 30'$	0,1	0,1	0,1	0,2
$2^0 00'$	0,1	0,2	0,2	0,3

Z analizy danych zawartych w tabeli 1 oraz tabeli 2 wynika, że nawet przy dużych przemieszczeniach punktu pomiarowego  $\Delta p$ , odchyłki długości  $\Delta s$  są dużo mniejsze od bezwzględnej wartości błędu pomiaru odległości  $\pm m_d$ . W związku z tym, że:

$$\Delta s \ll |m_d|$$

można przyjmując, że błąd spowodowany zmianą długości z tytułu orientacji kierunku pomiarowego jest zaniedbywalny.

### 3.2. Błąd położenia punktu S

Zmienne występujące we wzorach (1) obarczone są błędami średnimi, wobec tego wyznaczone współrzędne X, Y punktu S będą posiadały błędy  $m_{X_S}$  i  $m_{Y_S}$ . Błędy te można obliczyć z następujących wzorów:

$$m_{X_S}^2 = \left( \frac{\partial X_S}{\partial X_P} \right)^2 m_{X_P}^2 + \left( \frac{\partial X_S}{\partial d} \right)^2 m_d^2 + \left( \frac{\partial X_S}{\partial \alpha} \right)^2 m_\alpha^2 \quad (11)$$

$$m_{Y_S}^2 = \left( \frac{\partial Y_S}{\partial Y_P} \right)^2 m_{Y_P}^2 + \left( \frac{\partial Y_S}{\partial d} \right)^2 m_d^2 + \left( \frac{\partial Y_S}{\partial \alpha} \right)^2 m_\alpha^2 \quad (12)$$

gdzie pochodne cząstkowe są równe odpowiednio:

$$\frac{\partial X_S}{\partial X_P} = 1; \quad \frac{\partial X_S}{\partial d} = \cos \alpha; \quad \frac{\partial X_S}{\partial \alpha} = -d \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{\partial Y_S}{\partial Y_P} = 1; \quad \frac{\partial Y_S}{\partial d} = \sin \alpha; \quad \frac{\partial Y_S}{\partial \alpha} = d \cdot \cos \alpha$$

Ostatecznie można napisać, że:

$$m_{X_S}^2 = m_{X_P}^2 + \cos^2 \alpha \cdot m_d^2 + d^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot m_\alpha^2 \quad (13)$$

$$m_{Y_S}^2 = m_{Y_P}^2 + \sin^2 \alpha \cdot m_d^2 + d^2 \cdot \cos^2 \alpha \cdot m_\alpha^2 \quad (14)$$

Dokładność położenia punktu najczęściej charakteryzuje się za pomocą błędu  $M_p$ . Jeżeli znane są błędy średnie  $m_x, m_y$  współrzędnych  $X_p, Y_p$  w dowolnym układzie ortokartezjańskim XOY, to błąd położenia punktu  $M_p$  wyznaczyć można ze wzoru

$$M_p^2 = m_x^2 + m_y^2 \quad (15)$$

Graficznym przedstawieniem tego błędu jest koło o promieniu  $M_p$ .

Sumując równania (13) (14) otrzymamy błąd położenia punktu trajektorii  $M_{Ps}$ :

$$M_{Ps}^2 = M_p^2 + m_d^2 + d^2 m_\alpha^2 \quad (16)$$

gdzie:

$M_p$  - błąd położenia punktu stanowiska pomiarowego.

Zakładając równość błędów  $m_x, m_y$  punktów P i K (takie założenie jest możliwe, przy stosowaniu sprzętu pomiarowego typu total station) można przyjąć, że:

$$m_{x_p} \cong m_{x_k} \cong m_{y_p} \cong m_{y_k}$$

Równanie (10) można zapisać następująco:

$$m_\alpha = \frac{1}{k_{PK}^2} \sqrt{\Delta Y_{PK}^2 M_p^2 + \Delta X_{PK}^2 M_p^2} \quad (17)$$

gdzie:

$$M_p = M_{Pp} = M_{Pk}$$

$M_{Pk}$  - błąd położenia punktu orientującego urządzenia pomiarowe.

Ostatecznie otrzymamy:

$$m_\alpha = \frac{M_p}{k_{PK}} \quad (18)$$

Po wstawieniu zależności (18) do wzoru (16) i odpowiednim przekształceniu uzyskamy:

$$M_{Ps} = \sqrt{\left(1 + \frac{d^2}{k_{PK}^2}\right) M_p^2 + m_d^2} \quad (19)$$

Wartości błędów położenia punktów badanej trajektorii pojazdu  $M_{Ps}$  w zależności od odległości między stanowiskiem pomiarowym (P) i punktem orientującym (K) oraz od odległości między stanowiskiem pomiarowym i pojazdem (S) przedstawiono w tabeli 3.

Analizę wykonano przy założeniu, że błąd pomiaru odległości za pomocą przetworników ultradźwiękowych wynosi  $\pm 1,0$  cm (wartość tego błędu uzyskano w testowych pomiarach terenowych).

Z analizy danych zawartych w tabeli 3 wynika, że największy wpływ na wielkość błędu położenia punktów trajektorii pojazdu ma określenie położenia stanowiska pomiarowego, a tylko w niewielkim stopniu odległość pomiędzy stanowiskiem pomiarowym i punktem orientującym oraz pomiędzy stanowiskiem urządzenia pomiarowego P i wyznaczanym punktem S (różnice te są rzędu 1 mm).

Tabela 3. Błędy położenia punktów trajektorii pojazdu  $M_{P_S}$  [cm]

Błędy położenia punktów P i K ( $M_P$ ) [cm]	Odległości między punktami P i K ( $k_{PK}$ ) [m]	Odległości (d) między punktami P i S [m]			
		2,00	3,00	4,00	5,00
0,5	8,0	1,1	1,1	1,2	1,2
	10,0	1,1	1,1	1,1	1,2
	12,0	1,1	1,1	1,1	1,1
	14,0	1,1	1,1	1,1	1,1
1,0	8,0	1,4	1,5	1,5	1,6
	10,0	1,4	1,4	1,5	1,5
	12,0	1,4	1,4	1,4	1,5
	14,0	1,4	1,4	1,4	1,5
1,5	8,0	1,8	1,9	2,0	2,0
	10,0	1,8	1,9	1,9	2,0
	12,0	1,8	1,8	1,9	1,9
	14,0	1,8	1,8	1,8	1,9
2,0	8,0	2,3	2,4	2,5	2,6
	10,0	2,3	2,3	2,4	2,5
	12,0	2,3	2,3	2,3	2,4
	14,0	2,2	2,3	2,3	2,4

#### 4. BADANIA EKSPERYMENTALNE

Badania eksperymentalne przeprowadzono na krzywych poziomych na drodze nr 254 (Brzoza-Łabiszyn). Charakterystykę odcinków pomiarowych przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Charakterystyka odcinków pomiarowych

Nr odcinka pomiarowego	Promień krzywej R [m]	Kąt zwrotu krzywej $\alpha$ [°]	Parametr kłotoidy A [m]
1	150	16,7	0
2	200	26,1	0
3	300	30,3	144,9
4	120	52,1	84,8
5	180	23,7	84,8
6	170	31,3	92,2
7	450	11,4	164,3

Do pomiarów zastosowano urządzenie UPT-1 [3] z zestawem 20 przetworników ultradźwiękowych. Przetworniki rozmieszczone były wzdłuż krawędzi jezdni w równych odległościach między sobą. Odległości te w zależności od długości krzywej poziomej wynosiły od 5,0 do 15,0 m. Każdy z przetworników zorientowany był na punkt orientujący znajdujący się po drugiej stronie jezdni. Pomiarów punktów zerowych przetworników (P) oraz punktów orientujących (K) dokonano za pomocą total station Rec Elta 15. Następnie podczas przejazdu samochodu dokonano pomiaru odległości  $d$  pomiędzy stanowiskiem pomiarowym a boczną krawędzią karoserii pojazdu. Wykonano badania dla ponad 500 samochodów osobowych poruszających się z prędkościami od 50 do 150 km/h. Po obliczeniu współrzędnych punktów toru pojazdu, dokonano ich aproksymacji za pomocą funkcji sklepanych klasy  $C^2$  [2]. Maksymalne odchyłki pomiędzy punktami trajektorii pojazdu a punktami wyaproksymowanej trajektorii nie przekraczały wartości 4.0 cm. Biorąc pod uwagę fakt, że maksymalny błąd modelu nie przekracza wartości 1.5 cm [2] uzyskany rezultat (obarczony błędami położenia punktów P i K, błędami odległości  $d$ , błędami orientacji głowicy pomiarowej dalmierza i in.) świadczy o wysokiej dokładności przedstawianej metody wyznaczania punktów toru pojazdu z wykorzystaniem przetworników ultradźwiękowych.

## 5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzona teoretyczna analiza i eksperymentalne badania terenowe określania współrzędnych punktów trajektorii pojazdów, za pomocą bezreflektorowej metody z wykorzystaniem przetworników ultradźwiękowych, potwierdziły wysoką dokładność uzyskanych wyników.

Opracowana metoda przydatna jest do pomiaru trajektorii pojazdu na krzywych w planie drogi czy pomiaru trajektorii pojazdu podczas omijania przeszkód stałych.

## LITERATURA

- [1] Gadomski J.: Pomiar toru przemieszczającego się obiektu za pomocą metod fotogrametrycznych. Materiały Konferencji nt.: Budownictwo i Ochrona Środowiska Nauka, Technika, Dydaktyka, Bydgoszcz, październik 1992.
- [2] Kempa J.: Modelowanie ruchu pojazdów na krzywych w planie dwupasowych dróg dwukierunkowych. Praca BW - 63/91. Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy. Maszynopis, 1997.
- [3] Kempa J., Kończal P., Pawłowski P.: Urządzenie do pomiaru profilu prędkości i toru pojazdu UPT - 1. Praca BW - 63/91. Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy. Maszynopis, 1997.
- [4] Koziół M., Lamparski J.: Zastosowanie kinematycznej metody GPS w geodezji. VII Sesja Naukowo-Techniczna nt. „Aktualne problemy naukowe i techniczne prac geodezyjnych”. Korbiewów, 4-6 października 1991.
- [5] Krzystek P.: Theoretische und experimentelle Genauigkeitsuntersuchungen für ein optisches Positionsmesssystem zur hochgenauen Vermessung von bewegten Objekten. Dissertation, München 1990.

- [6] Lenz K.H., Burger W.: Spurverhalten von Kraftfahrzeugen auf einer zweispurigen Landstrasse. Strasse und Autobahn, 11/1975.
- [7] Leutzbach W., Maier W., Dohler M.: Untersuchung des Spurverhaltens von Kraftfahrzeugen auf Landstrassen durch Verfolgungsfahrten. Strasse und Autobahn. 8/1981.
- [8] Linsenbarth A.: Fotogrametria naziemna i specjalna PPWK, Warszawa, 1974.
- [9] Łapucha D.: Geodezja kinematyczna - nowa dziedzina geodezji. Przegląd Geodezyjny, 7/1991.
- [10] Piasecki B.M.: Fotogrametria lotnicza i naziemna. PPWK, Warszawa 1968.
- [11] Praca zbiorowa: Drogowe warunki ruchu samochodów WKiŁ, Warszawa, 1979.
- [12] Skórczyński A.: Rachunek wyrównawczy. PPWK, Warszawa 1985.
- [13] Wiśniewski J.: Opracowanie metody badania trajektorii ruchu pojazdów samochodowych na łukach. Praca dyplomowa ART, Olsztyn 1980.

THE THEORETICAL AND EMPIRICAL ACCURACY  
OF VEHICLE TRAJECTORY MENSURATION  
BY THE REFLECTORLESS METHOD USING SUPERSONIC WAVES

Summary

In the paper, the theoretical and empirical precision of a vehicle movement trajectory test using supersonic sensors is presented. Influence of particular factors, relevant to the location determination of trajectory points of vehicle movement on curvilinear road parts, was subject of analyses. Test proceedings, errors of test stations localisation, orientating directions and tests are presented.

Theoretical analyze and experimental field-tested of vehicle movement trajectory points coordinates determination, by means of reflectorless method, using supersonic sensors, proved the high accuracy of the developed method.

\*\*\*\*\*

Recenzent: dr hab. inż. Andrzej Wanic  
prof. nadzw. AR-T w Olsztynie



Jan Klugiewicz,  
Piotr Dzieweczyński

## BADANIA OPORÓW HYDRAULICZNYCH POJEDYNCZYCH KSZTAŁTEK I ZAWORÓW ORAZ ICH UKŁADÓW

Przedstawiono analitycznie i graficznie zależności między oporami miejscowymi, a liczbą Reynoldsa  $z = f(\text{Re})$  uzyskane z badań laboratoryjnych pojedynczych i złożonych konfiguracji (kolano, zawory kulowe typu Filter-ball i zwrotny typu VT). Ponadto wyznaczono sumowane wartości pojedynczych oporów dla identycznych złożonych konfiguracji, jakie badano. Stwierdzono, że wartości pomierzone z są mniejsze do 65% od uzyskanych z sumowania oporów pojedynczo zbadanych.

### 1. WPROWADZENIE

W procesie projektowania instalacji i sieci sanitarnych, ciepłowniczych itp., bardzo ważną rolę spełniają obliczenia hydrauliczne. Umożliwiają bowiem określenia odpowiednich powierzchni przekrojów, prędkości przepływu oraz oporów (strat) hydraulicznych (energetycznych), na które składają się:

opory na długości

$$h_l = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}, \quad (1)$$

opory miejscowe (lokalne)

$$h_m = \zeta \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}, \quad (2)$$

gdzie:

- $h_l$  - opory na długości, wyrażające się stratą wysokości ciśnienia piezometrycznego, m sł. wody;
- $L$  - długość osi przewodu, m;
- $d$  - średnica wewnętrzna przewodu kołowego, m, a dla dowolnego kształtu  $d=4R_h$ ;

$R_h = \frac{F_{cz}}{U}$  - promień hydrauliczny, m;

- $F_{cz}$  - pole powierzchni czynnej,  $m^2$ ;
- $U$  - obwód zwilżony, m;
- $v$  - średnia prędkość cieczy, m/s;
- $g$  - normalne przyspieszenie ziemskie,  $m/s^2$ ;
- $\lambda$  - współczynnik oporów na długości, którego wartości obliczane są:

I) dla ruchu laminarnego (uwarstwionego) przy  $Re \leq 2300$  ze wzoru Hagen-Poiseuilla

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (3)$$

w którym

$Re$  - liczba Reynoldsa  $Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$ , natomiast

$\nu$  - współczynnik lepkości kinematycznej cieczy,  $m^2/s$ .

II) dla ruchu przejściowego i burzliwego  $Re > 2300$  wartości współczynnika  $\lambda$  są wyznaczane ze wzorów empirycznych lub wykresów sporządzonych na ich podstawie.

$h_m$  - opory miejscowe, wyrażające stratę wysokości ciśnienia piezometrycznego - m sł. wody na różnego rodzaju kształtkach, złączkach, armaturze stosowanej na sieciach i w instalacjach

$\zeta$  - współczynnik oporów miejscowych (lokalnych).

Dość często szacuje się, że udział strat wysokości ciśnienia wynikających z oporów miejscowych w sumie strat hydraulicznych ( $h_m + h_l = h_g$ ) mieści się w dość szerokim przedziale, gdyż od 5÷90%. Dla zewnętrznych rurociągów i sieci wodociągowych, ciepłowniczych i gazowych mieści się on w granicach 5÷10%, natomiast w instalacjach wodociągowych wykonanych z rur stalowych - ok. 15%, z tworzyw sztucznych w nowych technologiach 30%, a w instalacjach centralnych ogrzewań - nawet do 90%.

W zależności od charakterystyki sieci, instalacji lub innych urządzeń udział strat miejscowych w sumarycznych (ogólnych) stratach energii strumienia może być znikomy i wówczas w obliczeniach hydraulicznych są one pomijane (np. w sieciach wodociągowych). W instalacjach budownictwa mieszkalnego i budynkach przemysłowych, pompowniach itp. straty miejscowe mogą być znaczne lub dominujące w stosunku do strat na długości i dlatego muszą być obliczone [2,3,5,6,8,9].

Sporządzając wykres Ancony dla pewnej instalacji uwzględnia się rzeczywistą lokalizację odcinków prostych, dla których oblicza się wielkości strat na długości oraz rzeczywistą lokalizację kształtek, armatury itp., gdzie obliczone straty miejscowe tworzą lokalne uskoki na liniach ciśnień i energii.

W praktyce projektowej obliczając wielkości ogólnych strat miejscowych instalacji bądź jej fragmentu, w których znajduje się obok siebie kilka oporów miejscowych, stosuje się zasadę addytywności tj. sumowania wartości oporów miejscowych odczytanych z norm, poradników projektantów lub podręczników. Oznacza to, że nie uwzględnia się wzajemnego oddziaływania kilku sąsiadujących oporów miejscowych, np. połączonych szeregowo.

Tego rodzaju uproszczenia mogą budzić zastrzeżenia w świetle wymagań normy [7] dotyczącej pomiarów zwężkowych oraz informacji zawartych w poradniku [9], w którym podane są wykresy dowodzące różnych wielkości oporów dla zestawu kolan otrzymanych z sumowania pojedynczych wartości współczynnika  $\xi$  i pomierzonych na stanowisku.

W ostatnich latach dostępne są na krajowym rynku i stosowane w wykonawstwie nowoczesne przewody i armatura oraz technologie. Celowe są więc badania zagadnień określonych w tytule niniejszego artykułu.

## 2. METODYKA BADANIA

Badania oporów hydraulicznych miejscowych i na długości realizowano w laboratorium Katedry Inżynierii Sanitarnej i Wodnej ATR w Bydgoszczy. Jedno ze stanowisk specjalistycznych dostosowane jest do badań elementów instalacji o średnicy nominalnej  $15 \div 25$  mm. Pracuje ono w układzie zamkniętego obiegu wody z górnym zbiornikiem przelewowym, stabilizującym ciśnienie przed dopływem na badany element. Do pomiaru strat wysokości ciśnienia wykorzystano piezometry, umożliwiające odczyt różnicy ciśnień do 2200 mm słupa wody, natomiast wielkości strumienia wody określa się metodą podstawionego naczynia.

W laboratorium tym realizowano szereg prac dyplomowych dotyczących m.in. oporów miejscowych poszczególnych elementów i w układach o różnej konfiguracji [10]. Stosowane w nich prędkości przepływu wynosiły od setnych części do 1,5 m/s, a więc odpowiadały wielkościom występującym w instalacjach sanitarnych.

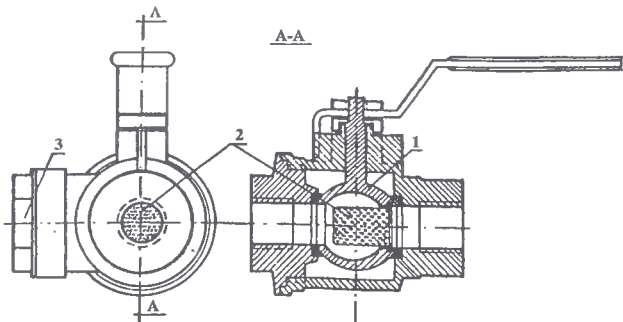
### 2.1. Zakres wykonanych pomiarów

Badaniami objęto pojedyncze elementy (1)-(3) o średnicy nominalnej 15 mm oraz ich konfiguracje (4)-(7):

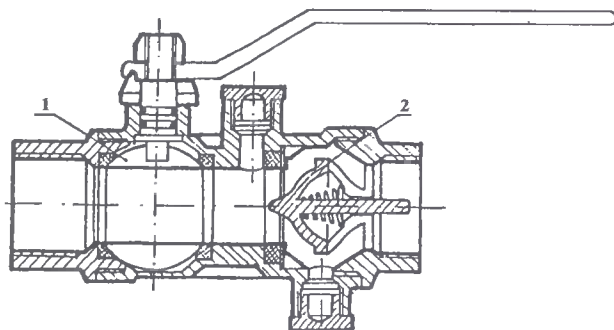
- 1) kolano,
- 2) zawór kulowy z filtrem typu Filter-ball FB (rys.1) ,
- 3) zawór kulowy zwrotny typu VT (rys.2),
- 4) dwa kolana (1) połączone w jednej płaszczyźnie,
- 5) zawór FB (2) z zaworem VT (3),
- 6) zawór VT (3) z zaworem FB (2),
- 7) kolano (1), zawór VT (3), zawór FB (2) i kolano (1).

Pomiary polegały na określeniu wysokości ciśnienia na początku i końcu przewodu z zamontowanym oporem (kształtki, zawory) lub konfiguracją kilku oporów oraz na porównawczym odcinku prostym o nominalnej średnicy 15 mm.

Obliczenia hydrauliczne strat na długości odcinka prostego wykonano według wzoru (1), stosując na współczynnik  $\lambda$  formułę (4) Zigranga - Sylwestera [1], która była też korzystniejsza ze względu na małe prędkości



Rys.1. Zawór kulowy typu Filter-ball  
1 - zamknięcia kulowe, 2 - filtr, 3 – korek



Rys.2. Zawór kulowy zwrotny typu VT  
1 - zamknięcie kulowe, 2 - grzybek zamknięcia zwrotnego

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left[ \frac{\varepsilon}{3.7} - \frac{5.02}{Re} \cdot \lg \left( \frac{\varepsilon}{3.7} + \frac{13}{Re} \right) \right], \quad (4)$$

gdzie:

$\varepsilon$  - chropowatość względna.

### 3. OPRACOWANIE I ANALIZA WYNIKÓW

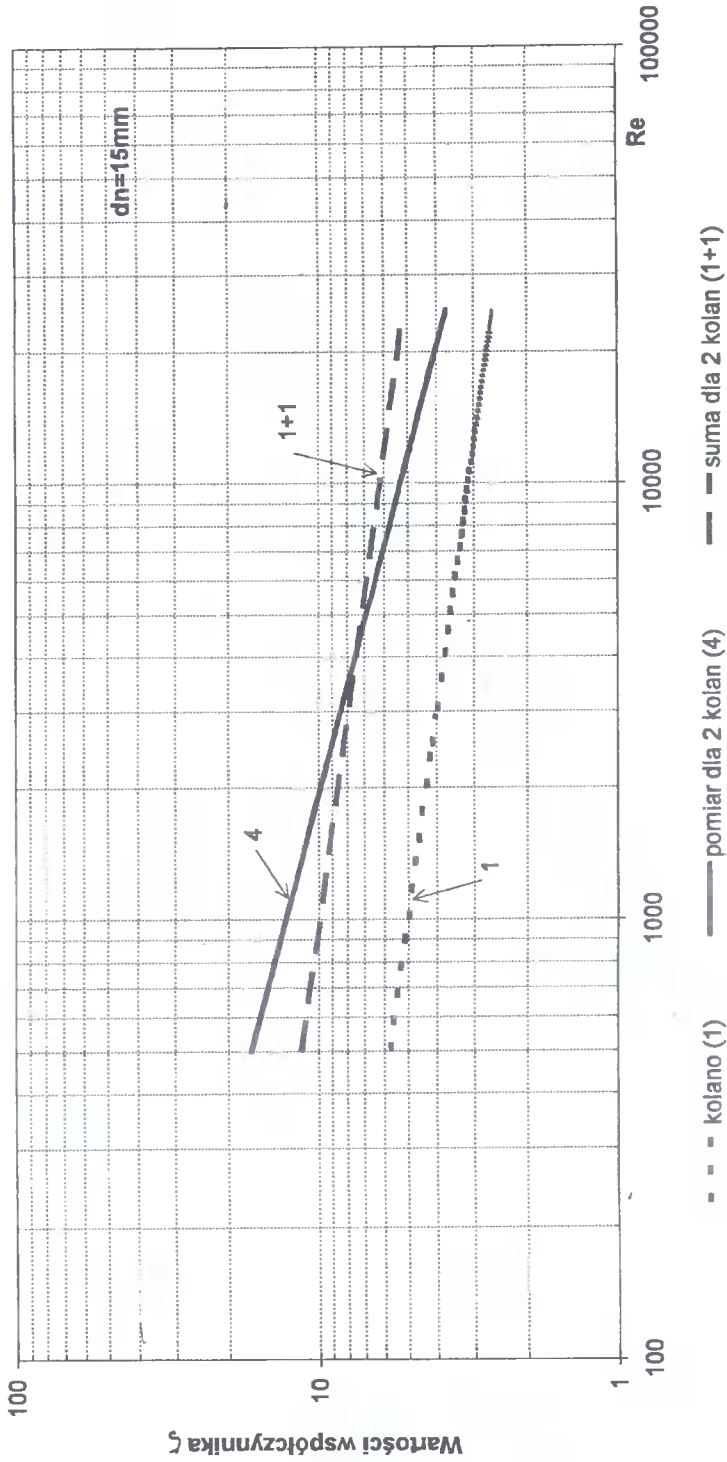
Na podstawie uzyskanych wyników badań wyznaczono równania regresji między wartościami współczynnika oporów miejscowych ( $\zeta$ ), a liczbą Reynoldsa ( $Re$ ) w postaci wykładniczej

$$\zeta = A \cdot Re^B, \quad (5)$$

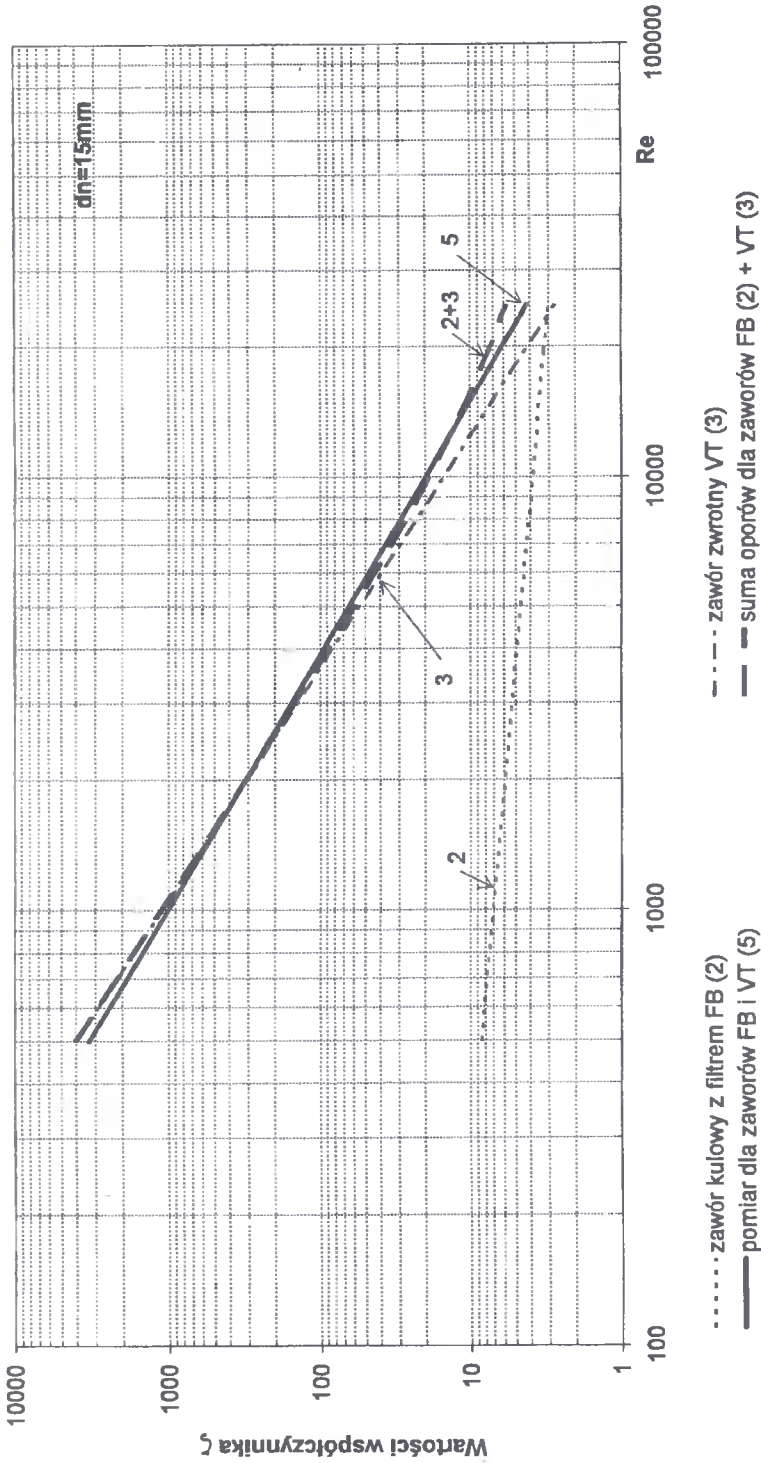
Dla każdego wariantu oporu miejscowego zostały obliczone wartości parametrów A, B równania (5) i współczynników korelacji R (tab.1). Uzyskane współczynniki posiadają wysokie wartości mieszczące się w przedziale  $0.935 \leq R \leq 0.999$ .

Tabela 1. Wyznaczone wartości parametrów zależności  $\zeta=f(Re)$  i współczynnika korelacji

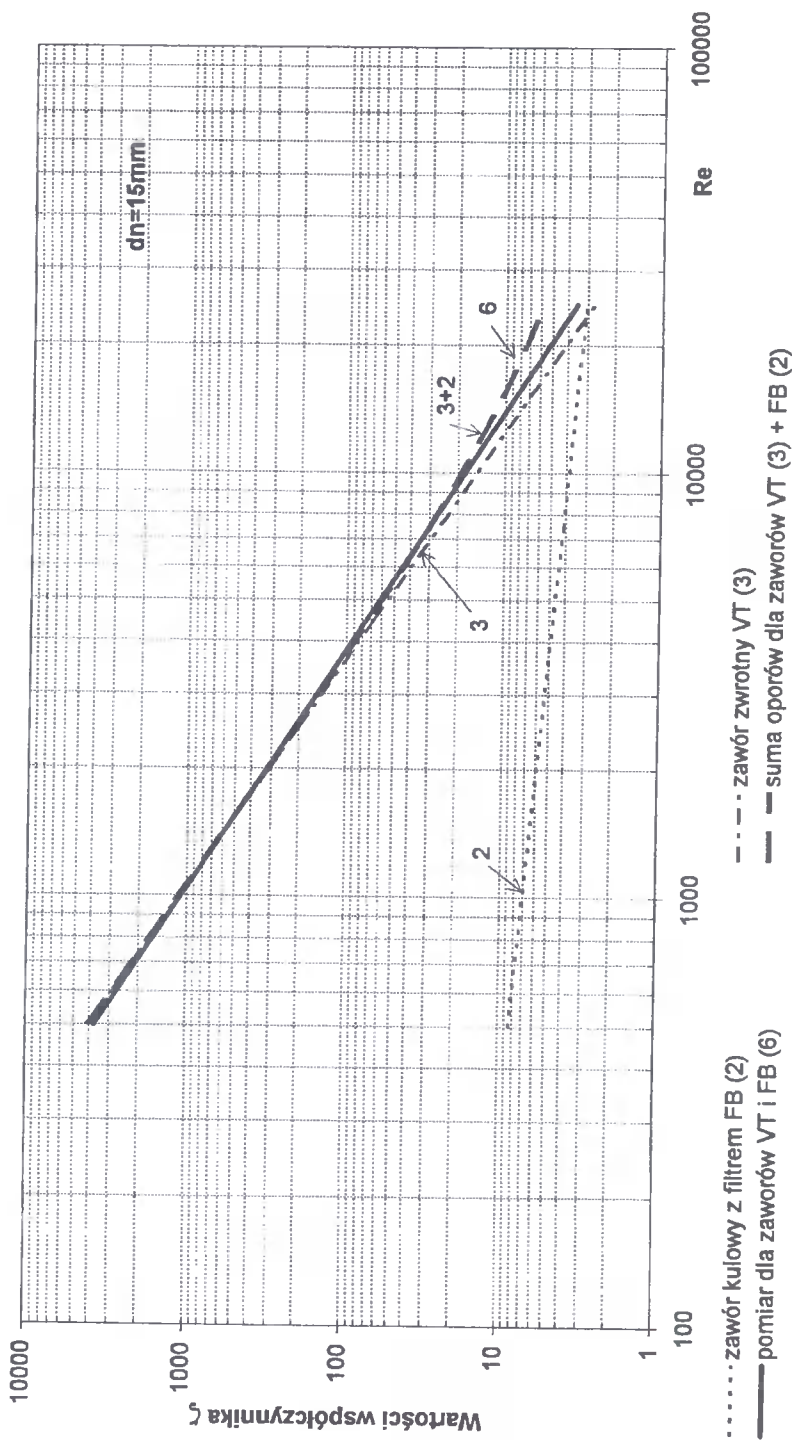
Lp.	Opis oporu miejscowego	Wartości współczynnika korelacji oraz parametrów równania regresji (5)		
		R	A	B
1	Kolano	0.977	20.163	-0.2032
2	Zawór kulowy typu Filter-ball	0.935	43.396	-0.2629
3	Zawór zwrotny typu VT	0.999	445566000	-1.8668
4	Dwa kolana połączone w jednej płaszczyźnie	0.974	185.296	-0.3863
5	Zawór Filter-ball z zaworem VT	0.999	130547000	-1.7042
6	Zawór VT z zaworem Filter-ball	0.999	238875000	-1.7811
7	Kolano z zaworem VT, Filter-ball zakończonych kolaniem	0.999	171077000	-1.7363



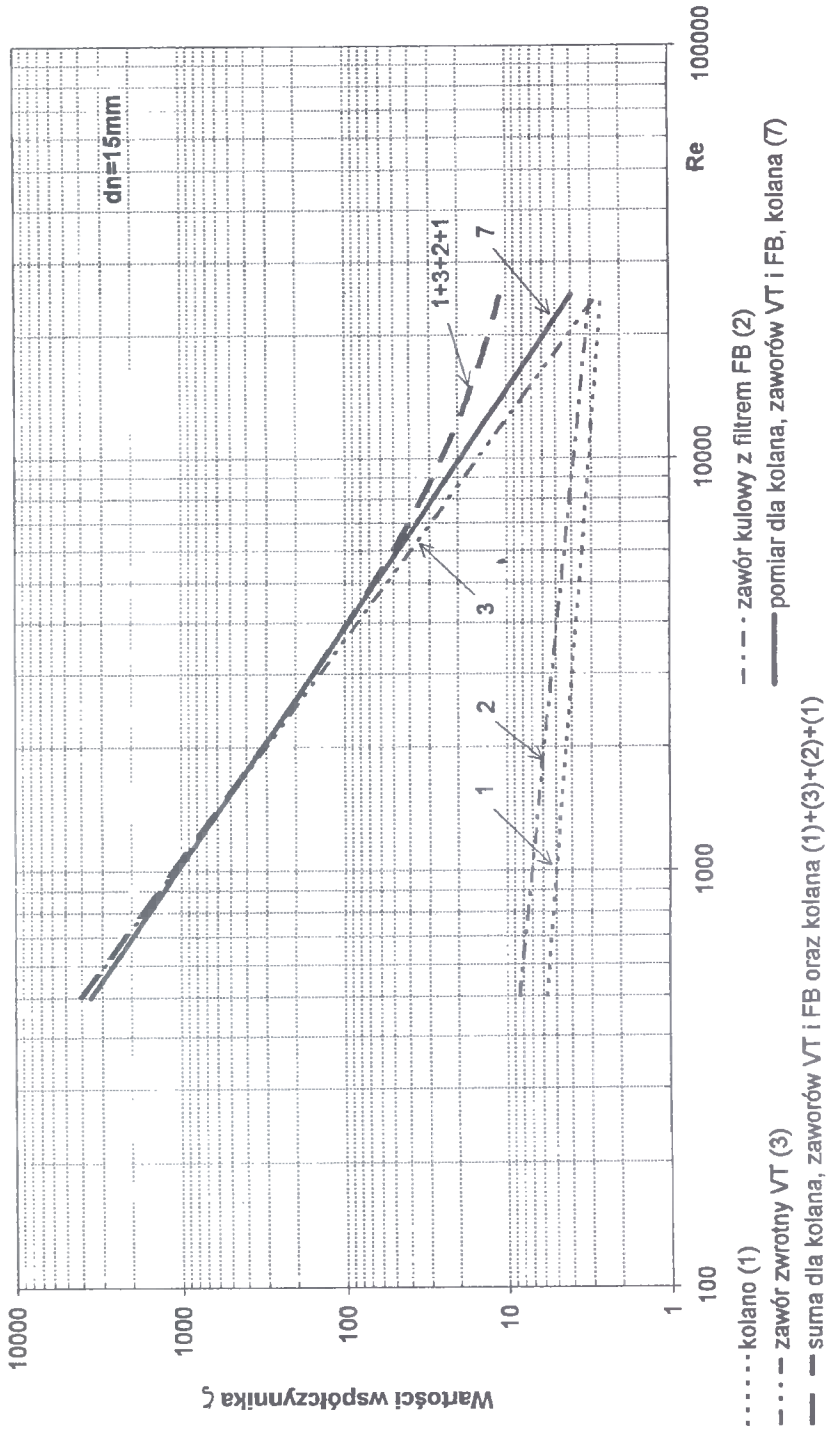
Rys.3. Wartości współczynnika  $\zeta$  oporów miejscowych dla kolan w funkcji liczby Reynoldsa (Re)



Rys. 4. Wartości współczynnika oporów miejscowych dla zaworu kulowego z filtrem (FB) i zwrotnego (VT) w funkcji liczby Reynoldsa ( $Re$ )

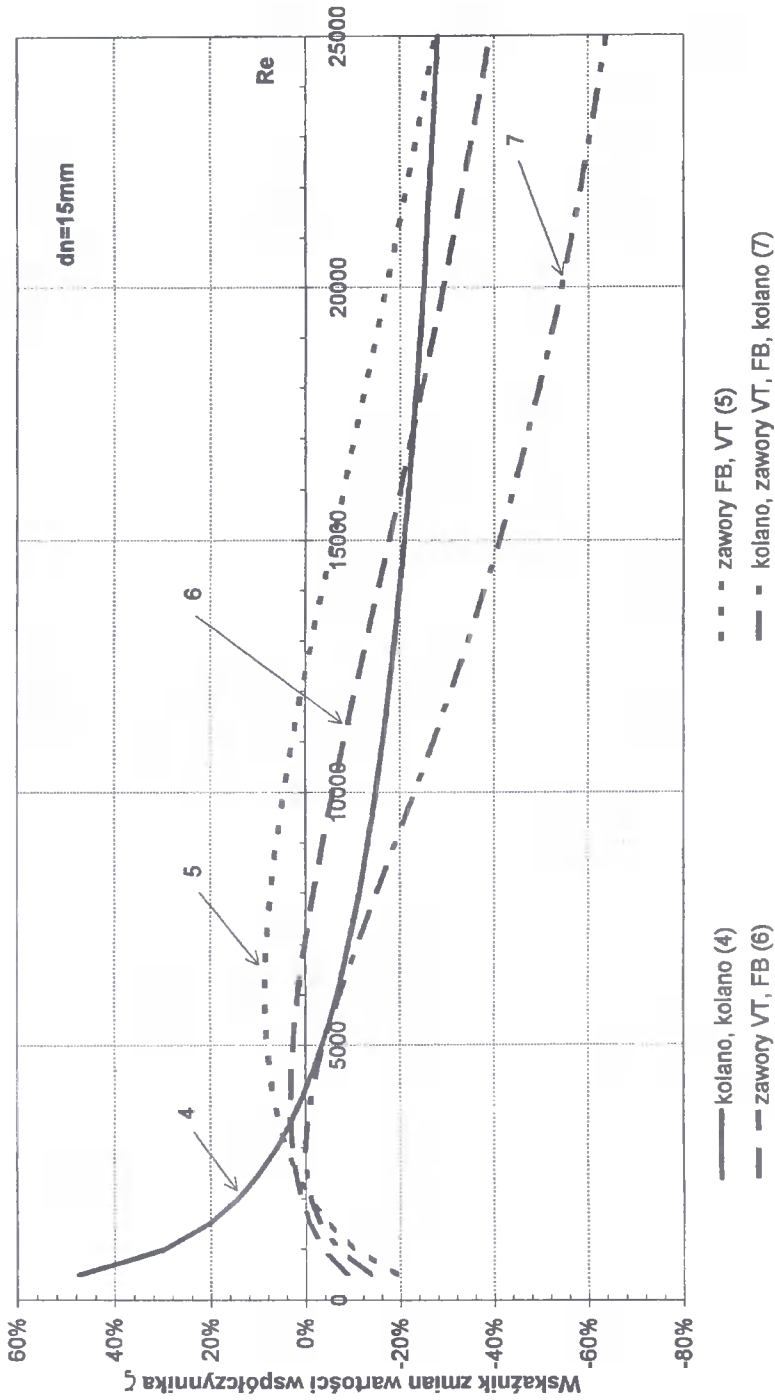


Rys.5. Wartości współczynnika oporów miejscowych dla zaworu zwrotnego (VT) i kulowego z filtrem (FB) w funkcji liczby Reynoldsa ( $Re$ )



Rys.6. Wartości współczynnika oporów miejscowych dla kolana, zaworów zwrotnego (VT) i kulowego z filtrem (FB) oraz kolana w funkcji liczby Reynoldsa ( $Re$ )





Rys.7. Procentowe odchylenie wartości współczynnika  $\zeta$  pomierzonych przy różnych konfiguracjach oporów miejscowych względem obliczonych przez sumowanie wartości pomierzonych pojedynczych oporów

Wyznaczone z analizy statystycznej zależności  $\zeta=f(Re)$  zilustrowano na wykresach (rys. 3÷6) z logarytmiczną podziałką osi rzędnych ( $\zeta$ ) i odciętych ( $Re$ ) ułatwiającą uzyskanie dużej dokładności odczytu wartości współczynnika strat miejscowych.

Na rysunku 7 przedstawiono w procentach stosunek odchylenia wartości współczynnika  $\zeta$  pomierzonych przy różnym położeniu (konfiguracje 4÷7) badanych oporów miejscowych względem obliczonych w wyniku sumowania wartości pomierzonych pojedynczych (1÷3) oporów. Służy on do oceny wielkości błędu popełnianego w praktyce projektowej w wyniku sumowania wielkości oporów miejscowych dla projektowanych konfiguracji składających się z kilku połączonych oporów.

#### 4. WNIOSKI

1. Wartości współczynników oporów miejscowych ( $\zeta$ ) są zależne od liczby Reynoldsa ( $Re$ ). Ścisłość tej zależności określają wysokie wartości współczynnika korelacji  $R=0.935\div 0.999$ . Im większa liczba  $Re$ , tym mniejsze są wartości  $\zeta$ , przy czym przyrosty  $\Delta\zeta \neq const$ .
2. Dla dwóch kolan połączonych w jednej płaszczyźnie przy  $Re \approx 4200$  uzyskano identyczne wartości  $\zeta$  badając je łącznie (4) lub sumując wartości z pojedynczego badania (1) + (1) przy  $Re \approx 4000$ . Przy mniejszych liczbach  $Re$ , wartości  $\zeta$  zbadane (4) były większe od sumowanych (1) + (1) i odwrotnie przy  $Re > 4200$  (rys.3 i 7). Procentowe odchyłki obrazuje krzywa (4) na rysunku 7.
3. Dla układu zaworów kulowego (FB) i zwrotnego (VT) uzyskano krzywą 5 (rys.7). Wyznaczyła ona identyczną wartość  $\zeta$  przy dwóch wartościach liczby  $Re \approx 2200$  i  $Re \approx 12400$ , natomiast dla przedziału  $2200 < Re < 12400$  wartości  $\zeta$  z badań układu (5) są mniejsze od sumy  $\zeta$  dla FB(2)+VT (3), natomiast znacznie większe dla pozostałych przedziałów liczby  $Re$  zwłaszcza  $Re > 15000$ .
4. Dla odwrotnej kolejności połączenia zaworów (VT) i (FB) uzyskano krzywą 6 (rys.7) o zbliżonym kształcie do krzywej 5, która również dwukrotnie przecina oś  $Re$  (~1750 i ~7100). Wartości  $\zeta$  bardziej się jednak różnią.
5. Dla układu 4 elementów (kolana, zaworów VT i FB oraz kolana) uzyskano krzywą 7 (rys.7), która jest styczna do osi  $Re$  przy wartości 2500. W pozostałym zakresie  $Re$  wartości pomierzone  $\zeta$  są mniejsze do 65% od uzyskanych z sumowania oporów pojedynczo zbadanych.
6. Pomierzone wartości  $\zeta=f(Re)$ , które zostały przedstawione na rysunkach 3÷6, można wykorzystać w praktyce projektowej, natomiast nie należy sumować wartości  $\zeta$  z pomiaru (bądź tabel) pojedynczych oporów bez znajomości % wielkości odchyłek (rys.7).

#### LITERATURA

- [1] Chen J.J.J.: Systematic explicit solutions of the Prandtl and Colebrook - White equations for pipe flow. Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Part 2. Vol. 75, 1985, June. 383-389.
- [2] Gabryszewski T.: Wodociągi, wyd. PWN, Warszawa 1971.

- [3] Klugiewicz J.: Hydraulika, skrypt ATR, Bydgoszcz 1993.
- [4] Kwiatkowski J., Cholewa L.: Centralne ogrzewanie. Pomoce projektanta, wyd. Arkady, Warszawa 1980.
- [5] Nowakowski E.: Opory miejscowe w instalacjach wodociągowych, COW2/1995, wyd. Sigma.
- [6] Polska Norma PN-76/M-34034. Rurociągi. Zasady obliczeń strat ciśnienia.
- [7] Polska Norma PN-65/M-53950. Pomiary zwężkowe.
- [8] Poradnik. Instalacje wodociągowe, kanalizacyjne i gazowe, wyd. Arkady, Warszawa 1976.
- [9] Poradnik. Ogrzewanie i klimatyzacja, wyd. EWFE, Gdańsk 1994.
- [10] Praca dyplomowa nr 2262/IŚ/Dz, ATR Bydgoszcz 1996.

INVESTIGATIONS OF THE HYDRAULIC RESISTANCE  
OF THE SINGLE PIPEFITTINGS AND VALVES  
AND THE IRCONFIGURATIONS

Summary

This paper presents analytical and graphical correlation's between the local resistance and Reynolds Numbers received from the laboratory tests at simple and compound configurations. Besides the sum of the value soft the single resistance's for identical compound configurations have been tested. During the experiments it have been slated, then the complex configurations of resistance's were characterised by the values less then of simple configurations take as the sum of the single values.

\*\*\*\*\*

Recenzent: prof. dr hab. inż. Adam Szpindor  
Instytut Budownictwa Rolniczego,  
Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska  
AR we Wrocławiu



Jan Klugiewicz  
Iwona Klugiewicz

## OCENA PRZYCZYN AWARII SIECI WODOCIĄGOWEJ W ŚWIETLE PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

Przedstawiono wyniki badań przyczyn awarii rurociągu sieci wodociągu przemysłowego. Zastosowano w nich interesującą metodykę a zwłaszcza wielofunkcyjny piezometr. Umożliwiły one stwierdzenie, że awaria nastąpiła na skutek perforacji ścianek rurociągu żeliwnego w wyniku korozji wżerowej pod wpływem prądów błądzących z pobliskiego torowiska tramwajowego i agresywnego środowiska gruntowo - wodnego mającego swoje źródło w osadnikach odpadów paleńskich elektrociepłowni.

### 1. WSTĘP

Na terenie dużego zakładu produkcyjnego uległa w 1996 r. awarii sieć wodociągowa, powodując przerwę w dostawie wody na cele produkcyjne i bytowo-gospodarcze kilkutyśięcnej załogi. Z tego względu konieczne było szybkie działanie zmierzające do usunięcia awarii i przywrócenia właściwego zaopatrzenia w wodę. Dyrekcja zakładu zainteresowana była również ustaleniem przyczyn tej awarii.

W tym celu autorzy opracowali metodykę, przeprowadzili badania i po analizie uzyskanych wyników sformułowali wnioski.

Celem niniejszego artykułu jest prezentacja najistotniejszych zagadnień uzyskanych z tych badań.

### 2. METODYKA I ZAKRES BADAŃ

W pracy wyróżnić można etapy:

- zebranie i analiza dostępnych danych oraz wizje lokalne,
- sformułowanie roboczych hipotez przyczyn awarii,
- przeprowadzenie badań i analizy wyników,
- sformułowanie wniosków.

### 3. CHARAKTERYSTYKA REJONU BADAŃ

Na terenie zakładu istnieją ujęcia wód podziemnych, w których zawarte są ponadnormatywne ilości manganu i żelaza. Część takiej wody rozprowadzona jest do nawadniania przyzakładowych ogródków działkowych, a pozostała po jej uzdatnieniu - jest doprowadzona do budynków administracyjnych i produkcyjnych.

Budowa geologiczna obszaru zakładu jest bardzo zróżnicowana. W powierzchniowych warstwach dominują produkty działalności człowieka, a pod nimi utwory pochodzące z procesów naturalnych.

W profilach hydrogeologicznych powierzchniowe warstwy zawierają utwory czwartorzędowe. Holocen reprezentowany jest przez powierzchniową warstwę nasypów o miąższości od 0,8÷5,5 m zawierającą drobny piasek, gruz ceglany, odłamki betonu, żużel, otoczaki i grunty organiczne, a także odpady poprodukcyjne. Grunty organiczne (mułowo-torfowe) zlokalizowane są w sąsiedztwie rzeki, a prostopadle do niej, czyli w kierunku tarasu, zdarzają się również żwiry i pospółki mogące ułatwić filtrację wód gruntowych zasilaną odciekami z osadników odpadów paleniskowych usytuowanych na tarasie.

Poniżej holocenu zalegają utwory trzeciorzędowe wykształcone w postaci ilów plioceńskich (poznzańskich, szarych, pstrych). W stropowej części tej warstwy (o miąższości 2,5÷4,0 m) zdarzają się kongregacje wapienne, a w środkowej - cienkie przewarstwienia drobnych piasków, pyłów piaszczystych lub glin. Pod warstwą ilów znajdują się najczęściej miocenijskie piaski drobne i pyły. W pobliżu rzeki istnieją soczewki węgla brunatnego o grubości do 2,3 m.

Charakterystyczną cechą ilów jest ich kurczliwość i pęcznienie pod wpływem zmiany uwilgotnienia, często niekorzystnie wpływające na budynki - niektóre podziemne kanały i rurociągi wrażliwe na pionowe ruchy. Wielkość maksymalnego pęcznienia różnych próbek wahała się w przedziale od 6÷13% zależnie od wilgotności początkowej.

Charakteryzując ogólnie warunki hydrogeologiczne można wyróżnić na obszarze zakładu dwie warstwy wodonośne, z których górna posiada swobodne zwierciadło wody zalegające w warstwie nasypowej. Jest ono nachylone, ze spadkiem w kierunku rzeki. Woda z tego poziomu wykazywała słabą agresywność siarczanową w stosunku do betonu z cementu portlandzkiego. W warstwie wodonośnej pod łożami znajduje się woda subartezyjna. Nie jest ona agresywna względem betonu wytworzonego m.in. z cementu portlandzkiego. Awaria przewodu żeliwnego o średnicy 80 mm nastąpiła na odcinku położonym pod chodnikiem i usytuowanym równolegle w odległości około 30 m względem torowiska tramwajowego. Za tym torowiskiem znajduje się jezdnia ulicy, która przebiega wzdłuż stopy skarpy kilkunastometrowej wysokości obwałowania osadników odpadów paleniskowych elektrociepłowni. Odpady te są transportowane hydraulicznie i wypełniają przemiennie komory osadnika. W pobliżu miejsca awarii rośnie bardzo duże drzewo.

#### 4. SFORMUŁOWANIE ROBOCZYCH HIPOTEZ PRZYCZYN AWARII I ICH WSTĘPNE UZASADNIENIE

Na podstawie analizy zebranych materiałów i wizji lokalnych autorzy wysunęli następujące hipotezy:

- a. Przyczyną awarii rurociągu były perforacje jego ścianek w wyniku korozji spowodowanej prądami błędzącymi z pobliskiej trakcji tramwajowej po ewentualnym przerwaniu przewodności elektrycznej szyn. Wskazywały na to wzery korozyjne na usuniętym podczas naprawy odcinku przewodu.
- b. Korozja typu wżerowego została spowodowana przez lokalne ogniwa galwaniczne, powstałe na zewnętrznej powierzchni rurociągu zanurzonego w przepływającej wodzie zanieczyszczonej agresywnymi substancjami z odcieków pochodzących ze składowiska odpadów paleniskowych elektrociepłowni. Położenie wyso-

kościowe zwierciadła wody w czynnej komorze osadnika oraz wody gruntowej w czwartorzędowej warstwie nasypów, a także zwierciadła wody w rzece wskazywało, że ruch wody gruntowej odbywa się od osadników do rzeki. Na drodze przepływu w pierwszym rzędzie znajduje się uszkodzony rurociąg.

- c. Mogła to być korozja typu naprężeniowego. Naprężenia spowodowały rozrastające się korzenie ogromnego drzewa rosnącego w pobliżu miejsca awarii lub pionowe ruchy terenu, ze względu na zaleganie grubej warstwy iłów pęczniejących i kurczących się pod wpływem zmian uwilgotnienia podczas poboru wody przez korzenie drzewa lub nawadniania opadami deszczu oraz dopływem wód roztopowych i odciekających z osadników odpadów paleniskowych.

## 5. METODYKA BADAŃ

W celu oceny realności przyczyn awarii według postawionych hipotez postanowiono badania przeprowadzić w następującym zakresie:

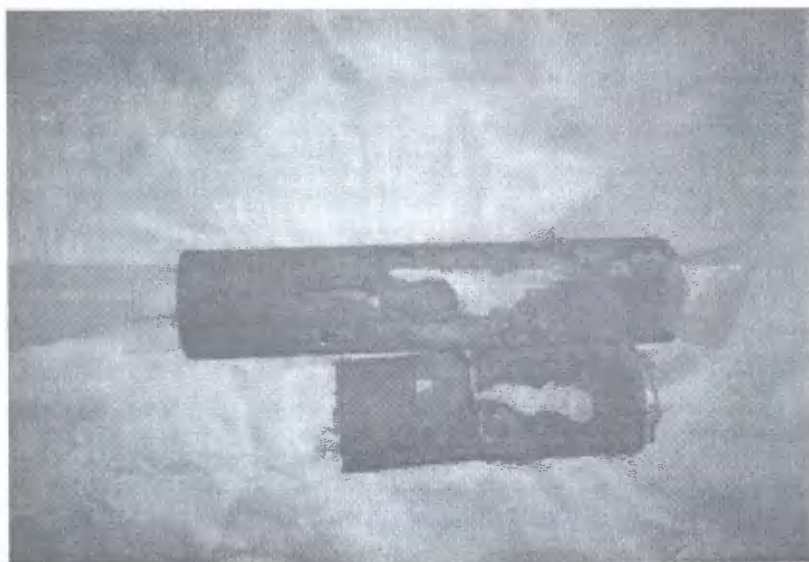
- a) pobrać próbki z rurociągu, który uległ awarii, a następnie poddać je dokładnym oględzinom,
- b) przeprowadzić wizję torowiska tramwajowego na około trzystumetrowym odcinku przylegającym do uszkodzonego rurociągu, zwracając szczególną uwagę na połączenia szyn tramwajowych ,
- c) wykonać odwodnienie i wykop do rurociągu w pobliżu jego awarii w celu zainstalowania wielofunkcyjnego piezometru oraz sprawdzenia układu warstw gruntu, położenia głównych korzeni sąsiadującego drzewa i czerepu wokół rurociągu itp.
- d) zbadać pionowe ruchy i wahania zwierciadła wody gruntowej w wielofunkcyjnym piezometrze,
- e) pobrać próbki wody z piezometru oraz z komory osadnika odpadów paleniskowych,
- f) wykonać analizy chemiczne próbek wody,
- g) opracować wyniki badań i sformułować wnioski.

## 6. BADANIA I ANALIZA WYNIKÓW

Z oględzin próbek wyciętych z uszkodzonego rurociągu wynika, że jego awaria i przerwa w funkcjonowaniu sieci wodociągowej została spowodowana nieszczelnością. Nastąpiły perforacje około 10 mm grubości ścianek żeliwnych rur o średnicy 80 mm. Na rysunku 1 i 2 przedstawiono próbki rur, przy czym na rys.2, gdy do ich wnętrza wprowadzono włókninę w celu zwiększenia widoczności charakteru uszkodzeń, stwierdzono, że perforacje ścianek są wynikiem korozji typu wżerowego, postępującej od zewnętrznego środowiska gruntowo-wodnego. Świadczą o tym zagłębienia korozyjne i nachylenia ścianek perforacji oraz umiejscowienie produktów korozji na zewnętrznej powierzchni rurociągu (na rys.1 stanowią je odłamki odpadłe od zewnętrznych ścianek). Sporadycznie można było spotkać szczelinki prostopadłe do osi rurociągu, które sugerują możliwość istnienia korozji naprężeniowej lub na działania chlorków. Ponadto stwierdzono tylko ślady antykorozyjnej powłoki bitumicznej na zewnętrznej powierzchni rur, a na wewnętrznych powierzchniach istniała warstewka osadów związków manganu i żelaza grubości ok. 1 mm.



Rys.1. Widok na wżery korozyjne w wyciętych próbkach i odłamki odkładów produktów korozji



Rys.2. Próbkki uszkodzonego rurociągu po wprowadzeniu do jego wnętrza włókny

W celu oceny realności hipotezy 4a, autorzy prowadzili kilkakrotnie wizje torowiska tramwajowego, które doprowadziły do następujących stwierdzeń:

- a. Połączenia szyn zostały przebudowane na tzw. bezстыkowe poprzez dodatkowe przyspawanie przyładek do dolnej części główek szyn oraz zamontowanie w dość dużych odstępach specjalnych kompensatorów ruchów termicznych,



gdzie iglice sąsiednich szyn mają przyspawane liny. Zapewnia to przejazd bezstukowy tramwaju oraz warunki ciągłości przepływu prądu elektrycznego.

- b. Na jednym z kompensatorów lina była oderwana od iglicy szyn, co udokumentowano wprowadzeniem kartki papieru w istniejącą przerwę (rys.3), natomiast jego lokalizację - poprzez ukierunkowanie drugiej fotografii względem wykopu w miejscu awarii rurociągu (rys.4). W jej górnym lewym rogu widoczne na pierwszym planie są drzewa, a między nimi na planie dalszym, składowisko gruntu wydobytego z wykopu oraz ogrodzenie z taśmy ostrzegawczej. Z tego miejsca wycięto próbki (rys.1 i 2).

W miejscu oderwania liny (rys.3) brak było przewodności prądu szynami, gdyż powierzchnie styku iglic były pokryte smarem. Szczególnie w okresie opadów deszczu i topnienia pokrywy śnieżnej, kiedy podtorze było wilgotne, następował upływ prądu i jego wędrowka w postaci tzw. prądów błędzących do najbliższej położonego odcinka rurociągu sieci wodociągowej powodując jego korozję typu wżerowego i perforację ścianek.



Rys.3. Oderwana lina łącząca iglice szyn na kompensatorze ruchów termicznych

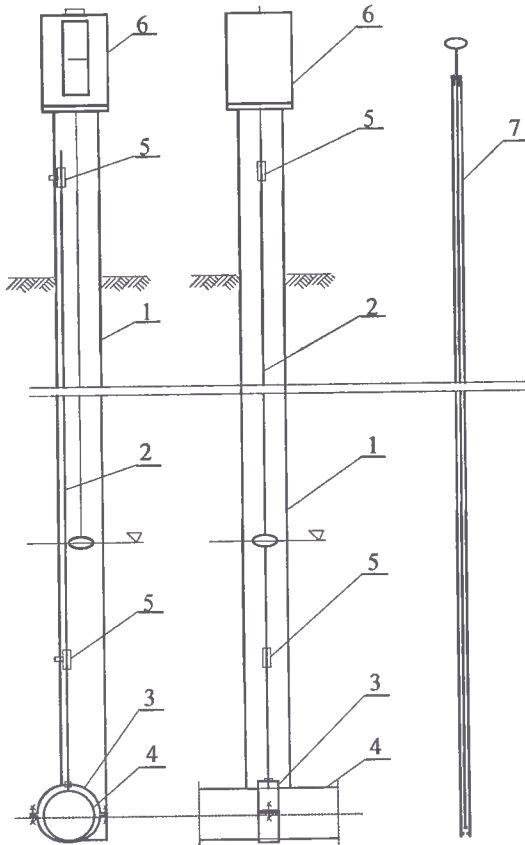
W celu zminimalizowania kosztów i czasu badań oraz ich uszczegółowienia autorzy niniejszej pracy skonstruowali nowatorski, wielofunkcyjny piezometr. Umożliwia on pobieranie próbek wody gruntowej z dowolnej głębokości, ciągły pomiar wahań zwier-

ciadła wody gruntowej, pomiar pionowych ruchów rurociągu oraz istnienia prądów błądzących i ich dynamikę wywołaną ruchem tramwajowym.



Rys.4. Lokalizacja oderwanej liny względem miejsca awarii rurociągu żeliwnego  $\varnothing$  80 mm

Ten wielofunkcyjny piezometr został przedstawiony na rysunkach 5÷7. Składa się z rury PCV (1), która u dołu jest odpowiednio wycięta i oparta na badanym rurociągu żeliwnym (4), a następnie obsypana żwirem, aby ograniczyć zamulenie wnętrza piezometru w wyniku napływu wody i sulfozji drobnych frakcji gruntu po wyłączeniu z pracy urządzeń odwadniających wykop. Na rurociągu spoczywa zaostzona końcówka stalowego pręta (2) zamocowanego w prowadnicach (5) do ścianki rury (1), tak usytuowanego, że utworzona została duża przestrzeń do pobierania próbek wody sondą (7) oraz umożliwienie wprowadzenie pływaka limnigrafu (6).



Rys.5. Schemat wielofunkcyjnego piezometru

Pływak ten przekazuje pionowe ruchy zwierciadła wody na piórko (pisak), natomiast mechanizm zegarowy wraz z obracającym się walcem i nałożoną na niego taśmę przekazują upływający czas. W ten sposób powstaje limnigram, czyli ciągły wykres wahań zwierciadła wody gruntowej w funkcji czasu.

Przed 16 października 1996 r. opady deszczu prawie nie występowały, jednak limnigram wykazywał podnoszenie się stanu wody gruntowej. Początkowo wywołwane mogło to być wypełnianiem się leja depresyjnego, lecz potem - wzmożoną eksfiltracją wody z czynnej komory osadnika w wyniku podnoszenia się zwierciadła wody po rozpoczęciu sezonu grzewczego w pobliskiej elektrociepłowni, skąd hydraulicznie transportowano do niej odpady paleniskowe.

W dniu 11 października 1996 r. pobrano próbki wody z trzech miejsc:

- nr 1 - z napełnianej komory osadnika przy skarpie obwałowania najbliższej usytuowanego względem miejsca awarii,
- nr 2 - z napełnianej komory osadnika w miejscu wypływu pulpy (wody i odpadów paleniskowych) z instalacji hydrotransportu,
- nr 3 - z wielofunkcyjnego piezometru zainstalowanego na uszkodzonym rurociągu.



Rys.6. Widok na nadziemną część piezometru z zainstalowanym limnigrafem



Rys.7. Widok na obejmę (3), grot pręta (2) i osłonową rurę (1)

Autorzy natychmiast przetransportowali pobrane próbki do laboratorium i wykonali analizy chemiczne (tab.1).

Tablica 1. Wyniki laboratoryjnych badań wody pobranej w dniu 11 października 1996 r.

Lp.	Rodzaj badań	Jednostka	Numer próbki		
			1	2	3
1.	Odczyn	pH	10.30	8.94	6.86
2.	Twardość węglanowa	mval/dm <sup>3</sup>	2.2	3.2	11.5
3.	Tlen	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	9.4	7.0	3.8
4.	CO <sub>2</sub> wolny	mg/dm <sup>3</sup>	0	0	44
5.	CO <sub>2</sub> agresywny	mg/dm <sup>3</sup>	0	0	0
6.	Chlorki	mg/dm <sup>3</sup>	327.5	87.5	510
7.	Siarczany	mg/dm <sup>3</sup>	100	20	120
6+7.	Chlorki+Siarczany	mg/dm <sup>3</sup>	427.5	107.5	630
8.	Przewodnictwo elektrolityczne	mS/cm	1.24	0.57	2.30

Na tej podstawie stwierdzono, że w otoczeniu uszkodzonego rurociągu (próbka nr 3) istnieje znaczna koncentracja związków korozyjnych (chlorków i siarczanów), których obecność została również potwierdzona badaniami przewodnictwa elektrolitycznego wody gruntowej (2.3 mS/cm). Tak więc tego rodzaju środowisko gruntowo-wodne sprzyjało tworzeniu się ogniw galwanicznych, zwłaszcza w miejscach braku izolacji bitumicznej na ściankach rurociągu. Ponadto sprzyjało to wędrówce prądów błądzących w strumieniu podziemnym, który stwierdzono w odwodnionym wykopie od strony czynnej komory osadnika. W analizie wyników (tab.1) należy uwzględnić, że próbki nr 1 i 2 dotyczą wód powierzchniowych, a nr 3 - gruntowych. Najwięcej więc tlenu (9.4) było w próbce nr 1, gdyż woda dłużej kontaktowała się z powietrzem atmosferycznym niż próbka nr 2, dla której ścianki rurociągu stanowiły izolację do czasu, gdy nie nastąpił przelot strumienia w powietrzu i upadek na czaszę komory osadnika. Próbka nr 3 została pobrana z wód gruntowych zalegających ok. 2 m pod terenem, dlatego zawartość tlenu była znacznie mniejsza. Większą zawartość chlorków i siarczanów w próbce nr 1 upatruje się w ich kumulacji w tej części komory w wyniku ruchu wody w kierunku rzeki. Podkreśla się, że zwierciadło wody w czynnej komorze jest wzniesione kilka metrów nad powierzchnią terenu zakładu i zwierciadłem wody w rzece. Tego rodzaju usytuowanie i układ hydroizohips na obszarze zakładu określa jednoznacznie kierunek ruchu wody. Prostopadle do tego ruchu istnieje luźna zasyпка na trasie uszkodzonego rurociągu sprzyjało to filtracji wody oraz koncentracji chlorków i siarczanów, a także zwiększonemu przewodnictwu elektrolitycznemu, również tworzeniu się ogniw galwanicznych i korozyjnej działalności prądów błądzących. Podczas tych badań stwierdzono ponadto otoczkę wokół rurociągu różnej grubości w postaci czerepu (rys.8). W bezpośrednim sąsiedztwie rurociągu warstwa była bardzo twarda o kolorze ciemnobrązowym, a dalej położona posiadała kolor czarny, mniej zbitą strukturę oraz skład i wygląd jak odpady paleniskowe w powyższym osadniku. Te obce produkty tworzyły nieregularne kształty zbliżone do korzeni lub żył, w których piasek zlepiony został wspomnianymi produktami. Przypuszcza się, że nimi przed zakolmatowaniem trwało sączenie wody z osadników, pozostałą przestrzeń wypełniały bowiem słabo-przepuszczalne gliny i ły.



Rys.8. Otoczka (czerep) wokół uszkodzonego rurociągu

Autorzy prowadzili okresowo pomiary niwelacyjne górnej części pręta (2) zamontowanego w piezometrze (rys.5 do 7). Umożliwiły one stwierdzenie niewielkich ( $1\div 3$  mm) ruchów pionowych rurociągu. Biorąc pod uwagę, całkowite przykrycie wodą gruntową niżej leżącej warstwy łąk, stwierdza się, że ich nasycenie osiągnęło stan maksymalny (tzw. pełną pojemność wodną) stąd niemożliwe było kurczenie i pęcznienie łąk oraz powstanie pionowych ruchów i korozji naprężeniowej. Również tego rodzaju korozji nie spowodowały korzenie pobliskiego drzewa, gdyż na podstawie wykonanej odkrywki stwierdzono ich poziome położenie nad zwierciadłem wody gruntowej, a tym samym - nad rurociągiem.

Końcowe badania dotyczyły obecności prądów błądzących w rejonie miejsca awarii. W tym celu ponownie wykorzystano pręt (2) w wielofunkcyjnym piezometrze (rys.5 do 7). Pręt (2) posłużył za jeden z biegunów, do którego przypięto zacisk na kablu łączącym przyrząd pomiarowy. Wyprowadzony od przyrządu drugi odcinek kabla także zakończonego zaciskiem podłączano kolejno do czterech szyn dwutorowej linii tramwajowej. W pierwszym etapie badano szynę z oderwaną liną (rys.3), kolejno podłączając zacisk do iglicy kompensatora przed, a potem - za oderwaną liną w okresie bardzo dużego natężenia ruchu ( $14^{\circ}\div 17^{\circ}$ ). Każdorazowo podczas zbliżania się tramwaju wzrastały wartości odczytów i zmieniały się znaki (+ - i odwrotnie), a przy oddalaniu - wartości malały. Świadczy to o istnieniu prądów błądzących w badanym rurociągu żelaznym. W drugim etapie podłączano zacisk do pozostałych szyn. Stwierdzono wtedy odczyty o wartościach około dziesięciokrotnie mniejszych i podobnie zmieniających się

znakach. Jednoznacznie nie można było ustalić, co było tego przyczyną: czy brak przewodności szyn w bardziej odległym miejscu torowiska lub upływ prądu przez wilgotne podłoże po deszczach, czy też prowadzone roboty torowe w odległości około 1 km, gdzie podczas wymiany szyn, ruch tramwajowy odbywał się mijankowo po jednym torze.

## 7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Istnieją różne przyczyny awarii sieci wodociągowych w poszczególnych miastach. Właściwą ich ocenę ogranicza skromność zasobów archiwalnych i brak ujednoliconej metodyki ich rejestracji. Pomimo tego w kraju podejmowane były próby oceny przyczyn awarii przewodów wodociągowych dla kilku miast. Jedną z ostatnich w kraju tego rodzaju analiz dotyczyła Oleśnicy [3], gdzie w okresie 12 lat wystąpiły 522 uszkodzenia przewodów ( $\varnothing$  100 ÷ 500 mm) w tym z powodu:

- (73,8%) złączy,
- (23,6 %) pęknięć rur,
- (2,6%) korozji materiału.

Największa częstotliwość uszkodzeń sieci wodociągowej następowała po 20-23 latach eksploatacji: 19,75% (uszczelnienia), 17,5% (pęknięcia) i 3% (perforacje).

Coraz większą uwagę w niszczeniu materiału zastosowanego w instalacjach i urządzeniach techniki sanitarnej przypisuje się korozji [1,2,4,5,6].

Korozję definiuje się jako niszczenie materiału wskutek jego chemicznej i elektrochemicznej reakcji z otoczeniem. Zmienia ona materiał na jego powierzchni w wyniku niezamierzonego działania chemicznego lub elektrochemicznego. Pomimo, że większość metali (z wyjątkiem szlachetnych) uzyskana jest z rud za pomocą procesów o znacznym nakładzie energii, jednak otrzymane metale są termodynamicznie nietrwałe i dlatego w reakcji ze środowiskiem mają tendencję do tworzenia związków chemicznych (np., tlenków) z równoczesnym oddawaniem energii. Zatem proces korozji doprowadza do przejścia metali w naturalny dla nich stan utleniony.

Uwzględniając efekt zniszczenia metalu rozróżnia się korozję ogólną i lokalną. Korozja metali z przyczyn elektrochemicznych może mieć charakter: elektryczno-elektrolityczny lub czysto elektrolityczny.

W pierwszym wypadku korozja jest związana z powstaniem *galwanicznych ogniw lokalnych*. Przepływ prądu wywołany jest chemicznymi reakcjami między metalem a wodą, która tworzy elektryczny obwód prądu doprowadzający dość często do rozpuszczenia i niszczenia metalu. Ponieważ nie są identyczne zarówno powierzchnie, objętości metalu oraz sposób ich pokrycia izolacją lub otaczającym gruntem, dlatego sprzyja to powstaniu pojedynczych ogniw lokalnych (korozyjnych). Składają się one z anody i katody, przy czym na anodzie ubywa metalu w wyniku oddawania do roztworu dodatnich jonów, a pozostawiane są jednocześnie elektrony i wzbogacona jest anoda w dodatkowe elektrony. W wyniku oddawania jonów metalu, anoda rozpuszcza się w wodzie z różną szybkością zależną od mocy ognia korozyjnego. Pozostałe na anodzie elektrony przepływają przez metalową powierzchnię do katody i są tutaj zużywane przez różne reakcje katodowe, lecz katoda nie jest w ich wyniku niszczone. Uwolnione na anodzie elektrony, przepływają przez metal do katody i są tam przyjmowane przez odbiorniki elektronów po części przez jony wodorowe lub tlen. Odbiornikami elektronów mogą być, np. jony żelazowe, szlam manganowy, cząstki węgla i inne. Neutralizacja obszarów anodo-

wych i katodowych lub likwidacja w inny sposób różnicy potencjałów powodują, że zatrzymane zostają przepływ prądu i proces korozji.

W drugim przypadku czysto elektrolityczny charakter korozji jest wywołany *przepływem prądu elektrycznego (prądów błądzących)* powodującego anodowe rozpuszczanie metalu. Zachodzi to szczególnie w środowisku wilgotnym zawierającym tlen lub związki elektroprzewodzące i korodujące metale (chlorki, siarczany). W pewnych okolicznościach prądy błądzące od odgromników lub szyn elektrycznych trakcji (kolejowych i tramwajowych) mogą powodować zagrożenie korozyjne, np. metalowych rurociągów oddalonych nawet o kilka kilometrów. W wyniku prądów błądzących tworzą się na zewnętrznych powierzchniach głębokie wżery lub perforacje ścianek przewodów, które doprowadzają do natychmiastowego wyłączenia ich z eksploatacji.

Na podstawie przeprowadzonych badań i przeglądu literatury związanej z podjętym tematem sformułowano następujące wnioski:

1. Awaria sieci wodociągowej spowodowana została perforacją (rys.1 i 2) ścianek rurociągu żeliwnego o średnicy 80 mm, stanowiącego odcinek tej sieci, leżący najbliżej trakcji tramwajowej.
2. Perforacje powstały w wyniku korozji wżerowej wywołanej prądami błądzącymi i związkami agresywnymi wobec żelaza.
3. Prądy błądzące powstały w skutek oderwania liny (rys.3 i 4) na kompensatorze wydłużeń termicznych szyn pobliskiego torowiska tramwajowego. Agresywne środowisko wody gruntowej w otoczeniu rurociągu wywołane zostało eksfiltracją odcieku z pobliskiego osadnika odpadów paleniskowych transportowanych hydraulicznie z elektrociepłowni. W miejscu awarii po odwodnieniu i wykonaniu odkrywki widać było podziemny strumyk napływający z kierunku osadnika.
4. Otoczkę (czerep) wokół uszkodzonego rurociągu (rys.8) stanowią produkty zjawisk elektrochemicznych i filtracyjnych.
5. Nie należy w rozpatrywanych warunkach dopatrywać się przyczyny awarii przewodu wodociągowego w ekspansywnych łąkach i sąsiedztwie drzewa.
6. W pierwszym rzędzie należy przyspawać oderwaną linię (rys.3), a następnie podjąć działania ograniczenia agresywnych związków chemicznych w środowisku gruntowo-wodnym.
7. Po zakończeniu robót torowych i usunięciu ewentualnych przerw w przewodności prądu szynami w innych miejscach, wskazane są powtórne pomiary obecności prądów błądzących dla podjęcia właściwych decyzji.
8. Osadnik odpadów paleniskowych w pobliżu zakładów powinien ulec likwidacji nie tylko ze względu na eksfiltrację związków agresywnych, ale również intensywne wywiewanie pyłów i popiołów z komory wypełnionej i osuszonej.

## LITERATURA

- [1] Dohnalik K., Golec J.: Korozja w urządzeniach wodociągowych i kanalizacyjnych. IGP i K, 1991.
- [2] Herre E.: Ochrona przed korozją instalacji sanitarnych. Arkady, 1972.
- [3] Hotłoś H., Mielcarzewicz E. Wł.: Analiza uszkodzeń przewodów sieci wodociągowej w Oleśnicy. Materiały konferencji nt. „Zaopatrzenie w wodę miast i wsi”. PZITS O/Poznań 1994 s. 957-966.



- [4] Levlin E.: Corrosion of water pipes in soil due to acidification of soil and ground water. Materiały konferencji nt. „Zaopatrzenie w wodę miast i wsi”. PZITS O/Poznań 1994 s. 43÷54.
- [5] Pourbix M.: Wykłady z korozji elektrochemicznej. PWN, 1978.
- [6] Praca zbiorowa: Ochrona przed korozją. WKiŁ, 1972.

## THE OPINION OF REASONS DAMAGES OF THE WATER MAINS IN THE LIGHT OF PASSED EXAMINATIONS

### Summary

The results of research into the causes of a damage to a pipeline of an industrial water mains was presented here. An interesting methodology was used in it, especially a multifunction piezometer. The conclusion of the research was that the damage was caused by both the partitions perforation in a cast-iron pipeline resulting from corrosion pits stimulated by stray flows from a neighbouring tramway line, as well as by the aggressive soil-water environment originating in sediment trap of hearth wastes of a generating plant.

\*\*\*\*\*

Recenzent: prof. dr hab. Adam Szpindor  
Instytut Budownictwa Rolniczego,  
Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska  
AR we Wrocławiu



Jan Klugiewicz  
Iwona Klugiewicz

## PRZEGLĄD ROZWOJU POLSKICH KONSTRUKCJI OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW Z TARCZOWYMI ZŁOŻAMI BIOLOGICZNYMI

W pracy scharakteryzowano rozwój konstrukcji oczyszczalni ścieków z tarczowymi złożami biologicznymi w Polsce w latach 1980 - 1997. Podano rysunki i opis 17 oczyszczalni tego typu.

### 1. WSTĘP

Tarczowe złoża biologiczne (TZB) pierwsi zastosowali Hartman i Pöpel w latach pięćdziesiątych do oczyszczania ścieków. Należą one do złożów obrotowych, podobnie jak złoża walcowe, które już w latach 1900 -1925 starano się wdrażać, lecz bez powodzenia ze względu na ciągłe zatykanie się ich błoną biologiczną.

Zastosowanie tarcz osadzonych na osi poziomej, wzniesionej nad zwierciadłem ścieków usunęło poprzednie mankamenty i poprawiło efekty redukcji zanieczyszczeń przy stosunkowo małym zużyciu energii. Stanowiło to istotny bodziec do szerokiego ich rozwoju w szeregu państwach. Zachodnioniemiecka firma J. Conrad Stengelin Company rozpoczęła w 1957 r. produkcję ze spienionego poliestru tarcz o średnicy 1 i 3 m, a w roku 1960 zbudowana została pierwsza oczyszczalnia z TZB. W USA tarczowe złoża biologiczne zaczęto stosować na przełomie 1968/1969r. pod nazwą BIO-DISC. Dość szybko wdrożono je w RFN, Szwajcarii, Francji, Czechosłowacji, Związku Radzieckim i Japonii.

### 2. CHARAKTERYSTYKA ROZWOJU OCZYSZCZALNI Z TZB W POLSCE

W drugiej połowie lat siedemdziesiątych zapoczątkowano [2] w Katedrze Inżynierii Sanitarnej i Wodnej Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy intensywne prace konstrukcyjne nad nowymi rozwiązaniami oczyszczalni z TZB. Do tych prac następnie włączono również dyplomantów specjalności Urządzenia sanitarne. Podstawowym impulsem do podjęcia prac były obserwacje [2] dużego tempa degradacji środowiska wodnego na znacznych odcinkach pobrzeża Bałtyku oraz wód powierzchniowych w dolinach dolnej Odry i Wisły. Degradacja ta dotyczyła wód o najwyższej klasie czystości, nad którymi zbudowano wiele domków letniskowych, rekreacyjnych lub istniały czynne zakłady przetwórstwa rolno - spożywczego. Nadmienić warto, że w niektórych rejonach Morza Bałtyckiego przy ośrodkach wczasowych istniały zbiorniki, z których okresowo wywożono ścieki wozami asenizacyjnymi, a nawet ociekającymi becz-

kowozami po drogach spacerowych dla wczasowiczów. Nie oczyszczone ścieki wlewane do sieci rowów melioracyjnych nawet w znacznym oddaleniu od linii brzegowej, dopływały dość szybko do morza, a przy często wiejących wiatrach z kierunku północno - zachodniego zanieczyszczenia były rozprowadzane wzdłuż wybrzeża.

Pierwsza konstrukcja oczyszczalni powstała w 1979 r. (rys.2.1) i posiadała trzy-stopniowe TZB ułożone w cylindrycznych niszach z możliwością poprzecznego odpływu osadów lub przerzutu wzdłużnego zgarniaczami do osadnika wtórnego, gdzie istniała przegroda wymuszająca przepływ przez osadnik wielostrumieniowy.

Druga konstrukcja oczyszczalni (rys.2.2) została opracowana na początku lat osiemdziesiątych, a potem zgłoszona w Urzędzie Patentowym. Została ona stosunkowo szybko wdrożona do seryjnej produkcji przemysłowej w wersji kontenerowej. Pierwszą wyprodukowaną w Polsce kontenerową oczyszczalnię z TZB wg patentu 140858 ilustrują rysunki 1 i 2.2. Wyprodukowano ją w Przedsiębiorstwie Instalacji Przemysłowych Budownictwa Rolniczego (PIPBRol) w Bydgoszczy w 1983 r. dla Ośrodka Wypoczynkowego Kopalni Węgla Kamiennego Knurów w Zarzeczcu koło Żywca. Drugi i trzeci egzemplarz produkcji PIPBRol zainstalowano w Rudach Raciborskich i Pilichowicach. Zapoczątkowały one seryjną produkcję kontenerowych oczyszczalni z TZB w różnych rejonach naszego kraju. Należy zwrócić uwagę, że w tej oczyszczalni zostało zespolonych z TZB kilka innych elementów jak na przykład komora fermentacyjna, które wmontowano w 20-stopowy kontener UNIKON - SZCZECIN. W tej koncepcji chodziło o wyprodukowanie ich w powszechnie stosowanych gabarytach ułatwiających transport. Ponadto przemysłowa produkcja w halach mogła trwać również zimą zapewniając zatrudnienie załogom upadających przedsiębiorstw państwowych i spółdzielczych. Wyszczelizowały się one właściwie i zostały odpowiednio wyposażone stanowiska montażowe, łącznie z końcowym, na którym odbywały się próby szczelności i zabezpieczenia antykorozyjne. Transport (rys.1) od producentów do miejsca przeznaczenia nie stwarzał problemów, a czas montażu i rozruchu technologicznego był bardzo krótki w porównaniu z oczyszczalniami konwencjonalnymi i wynosił przeciętnie 7 - 14 dni.

Od połowy lat osiemdziesiątych dynamika rozwoju oczyszczalni z TZB wzrastała. Niektórzy oceniają, że część z nich (np. rys.2.3) powstała z celu obejścia patentu 140858, z którego wyeliminowano ściankę (22) oddzielającą komorę fermentacyjną od osadnika wtórnego, mimo że to powodowało mieszanie się osadów prefermentowanych z osadami czynnymi oraz ich flotację, zatykanie się osadnika wielostrumieniowego i trudności eksploatacyjne. Analizując jednak kolejne konstrukcje można stwierdzić, że obejmowały one zmiany kilku zespołów lub nawet całej oczyszczalni. Na przykład (rys.2.5 i 2.6) oprócz zmian wprowadzonych w elementach zawartych w kontenerze przewidziano zewnętrzne zespoły składające się ze zbiornika retencyjno - uśredniającego oraz instalacji napowietrzająco - mieszającej. Charakterystyczną cechą oczyszczalni (rys.2.8) są dwa osadniki wielostrumieniowe przed i za TZB jako osadniki wstępny i wtórny, które mieściły się w małym kontenerze i podobnie jak poprzednie (rys.2.5) weszły do produkcji i uzyskiwały pozytywne efekty eksploatacyjne.



Rys.1. Pierwsza w Polsce kontenerowa oczyszczalnia ścieków z tarczowymi złożami biologicznymi patentu 140858 w czasie transportu z PIPBRol w Bydgoszczy do Zarzecza koło Żywca

Następną grupę (rys.2.4, rys.2.9 + 2.11) stanowią oczyszczalnie, które pod TZB posiadają tylko w części komorę fermentacyjną, początkowe stopnie ułożone są w niszach o różnych średnicach (rys.2.11). Kolejne wyposażone są w kilka koryt równomiernego rozdziału (rys.2.10) lub zasilania komory przepływowej i tarcz w sposób ciągły (rys.2.16) lub okresowy czerpakami (rys.2.13). Ponadto wprowadzono zbiornik i komory beztlénowe, niedotlenione, a TZB z komorą przepływową stwarzały zawsze warunki tlenowe (rys.2.15 i 2.16). W innych rozwiązaniach konstrukcyjnych wprowadzono wypełnienia wieloklatkowe (rys.2.12), względnie złożo z wypełnieniem sztucznym lub naturalnym (rys.2.16), a w ostatniej oczyszczalni (rys.2.17) zmieniono konstrukcję osadnika wtórnego.

Odmianą konstrukcję zastosowano w oczyszczalniach (rys.2.7 i 2.14), które stanowią cylindryczny zbiornik, a na jego promieniu znajduje się pojedyncze TZB z napędem na obwodzie zbiornika (końcu promienia - rys.2.7) lub w jego środku (na początku promienia - rys.2.14), co powoduje wprowadzenie dwóch prędkości TZB.

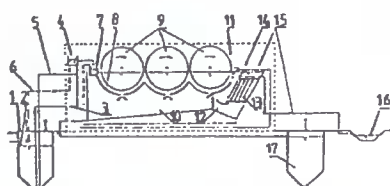
Bardzo ważną rolę w procesie oczyszczania odgrywają tarcze, dlatego należy scharakteryzować je pod względem szczelności, kształtu i położenia. Najczęściej posiadają one powierzchnię szczelną, a nieliczne odmiany są perforowane lub siatkowe, które i tak dość szybko pokrywają się obustronnie błoną biologiczną. Tak więc prawie niemożliwym staje się przepływ ścieków prostopadły do tarcz. Chociaż istnieją labiryntowe przepływy przez komory cylindryczne i trapezowe, w których przepływ odbywa się wzdłuż osi, między obwodem zwilżonym komory i płaszczyzną utworzoną przez końcówki zanurzonej części tarcz, lecz kierunek prostopadły do osi, a równoległy do powierzchni tarcz jest najistotniejszy w oczyszczaniu ścieków.

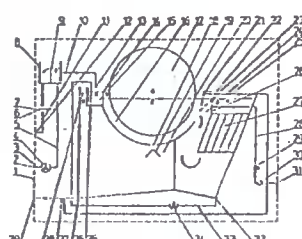
Rys. 2.1   Nr patentu: 123262		Rysunki i objaśnienia
Rok		
zgłoszenia	opublikowania	
1980	1981	
Twórcy (autorzy): Stefan Olszewski Jan Klugiewicz Lech Zabłocki		<p>1-zbiornik, 2-przegroda, 3-komora osadu, 4-osadnik wielostrumieniowy, 5-rozdzielacz przelewowy, 6-koryto rozdzielające, 7-zgarniacz osadu, 8-TZB, 9-obudowa</p>
Informacje: Opracowano typoszereg oczyszczalni o przepustowości 5-600 m <sup>3</sup> /d. Zawarto umowy licencyjne		

Rys. 2.2   Nr patentu: 140858		Rysunki i objaśnienia
Rok		
zgłoszenia	opublikowania	
1982	1984	
Twórcy (autorzy): Leon Jurecki Jan Klugiewicz Lech Zabłocki		<p>1-ścieki surowe, 2-węzeł przeplywowo-recykulacyjny, 3-przewód, 4-koryto równomiernego rozdziału, 5-komora przeplywowa, 6-TZB, 7-szczelina przeciwigazowa, 8-komora fermentacyjna, 9-rynna części pływających, 10-osadnik wtórny, 11-pakiet wielostrumieniowy, 12-komora osadowa, 13-koryto odpływowe, 14-odpływ ścieków oczyszczonych, 15-przewód recykulacji osadów, 16, 28-spust, 17-odpływ gazów, 18-obudowa, 19-ścianka, 20-szczelina, 21-lej, 22-ścianka działowa, 23-ścianka, 24-przegroda ażurowa, przesłony, 26-upust kożucha, 27-ścianka</p>
Informacje: Zawarto umowy licencyjne. Produkcja seryjna w wersji kontenerowej metodami przemysłowymi w różnych rejonach Polski. Przebadano w szerokim zakresie. Przepustowość 50 m <sup>3</sup> /d. Stosowano ogrzewania wodne, parowe lub elektryczne komory (8)		

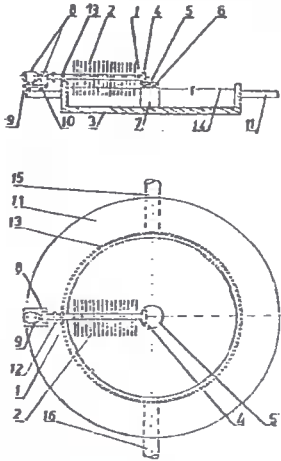
Rys.2

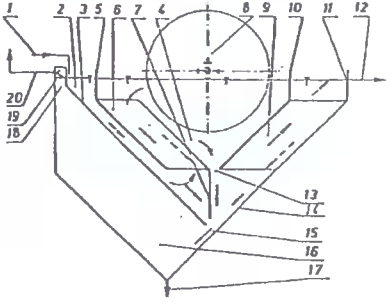
Rys. 2.3	Nr patentu: 141752	Rysunki i objaśnienia	
Rok			
zgłoszenia	opublikowania		
1984	1985		
<p>Twórcy (autorzy): Lech Zabłocki</p>			
<p>Informacje: Wdrożono do seryjnej produkcji</p> <div data-bbox="539 222 964 478" style="text-align: center;"> </div> <p>1-zbiornik, 2-ścieki surowe, 3-przewód, 4-pompa, 5-rozdzielacz, 6-przewody, 7-dysza, 8-króciec, 9-koryto równomiernego rozdziału, 10-zbiornik, 11-komora przepływowa, 12-TZB, 13-osadnik wtórny, 14-pakiet wielostrumieniowy, 15-koryto odpływowe, 16-komora fermentacyjna, 17-przewód odpływu ścieków oczyszczonych, 18-rozdzielacz, 19-odpływ do odbiornika ścieków, 20-odpływ do zbiornika (1), 21, 24, 26, 27-ścianki, 22-szczeliny, 23-umiejscowienie gazów i kożucha, 28-szczelina, 29-koryto odpływowe części pływających, 30-spust osadów</p>			
Rys. 2.4	Nr patentu: 141426	Rysunki i objaśnienia	
Rok			
zgłoszenia	opublikowania		
1984	1985		
<p>Twórcy (autorzy): Andrzej Schlichtinger Jan Sętkowski</p>			
<p>Informacje:</p> <div data-bbox="562 888 860 1041" style="text-align: center;"> </div> <p>1-komora przepływowa, 2,3-osadniki wtórne, 4-TZB, 5-szczelina, 6-przelew, 7-odpływ gazów, 8,17-ścianki, 9-pakiet wielostrumieniowy, 10-obudowa, 11-pompy, 12-siłniki, 13-grzejnik, 14-nagrzewnica, 15-przelew, 16-koryto równomiernego rozdziału, 18,19-króćce spustowe, 20-koryto odpływowe.</p>			

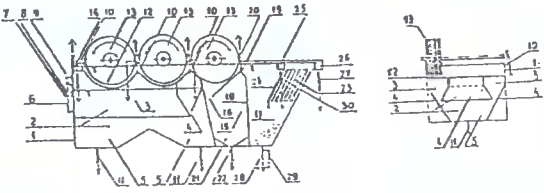
Rys. 2.5		Nr patentu: 141053	Rysunki i objaśnienia
Rok			
zgłoszenia	opublikowania		
1985	1986		
Twórcy (autorzy): Jan Klugiewicz Leon Jurecki Jacek Jodkowski			
Informacje: Zawarto ok. 20 umów licencyjnych. Produkcja w wersji kontenerowej, metodami przemysłowymi. Komora przepływowa i profilowane tarcze z tworzywa sztucznego. Stosowano różne wersje ocieplenia. Największe zastosowanie w Polsce i częściowo za granicą. Przepustowość 50 -150 m <sup>3</sup> /d Przebadana w szerokim zakresie.			
			<p>Przedstawiono schemat podstawowych elementów z pojedynczym ciągiem zasilającym. 1-zbiornik retencyjno-uśredniający, 2-krata koszowa, 3-układ pompowy, 4-urządzenie dozująco-rozdzielcze 5-instalacja do mieszania ścieków, 6-instalacja napowietrzania ścieków, 7-komora mieszania z przelewem pilastym, 8-komora przepływowa, 9-TZB, 10-komora fermentacyjna, 11-otwór zatopiony, 12-komora osadnika wórnego, 13-osadnik wielostrumieniowy, 14-koryto zbiorcze, 15-odprowadzenie ścieków oczyszczonych, 16-odbiornik, komora fermentacyjna zbiorcza</p>

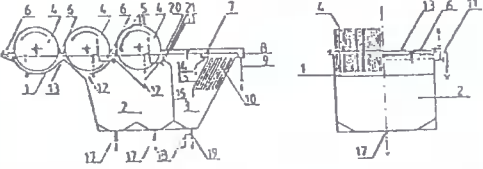
Rys. 2.6		Nr patentu: 1575933 SU	Rysunki i objaśnienia
Rok			
zgłoszenia	opublikowania		
1985	1986		
Twórcy (autorzy): Jan Klugiewicz Leon Jurecki Jacek Jodkowski			
Informacje: Ochrona na obszarze b. ZSRR Jak na rys. 2.5 patent 141053			
			<p>1-obudowa, 2-wiół ścieków, 3-rurociąg ssawny, 4-pompa, 5-przewód rozdzielczy, 6-odgałężenie przewodu mieszania, 7-połączenie ze zbiornikiem retencyjno-uśredniającym i kratą kosзовą (nie uwidocznione na rys.), 8-element rozdzielczo-dożujący, 9-zastawka przelewową, 10-przewód dozujący, 11-przewód przelewowy, 12,13,18,21,31,32,36,39-wyloty i wloty, 14-przelew, 15-komora mieszania z przelewem pilastym, 16-komora przepływowa, 17-TZB, 19-przesłona przeciwigazowa, 20-komora fermentacyjna, 22-przewód odpływu części pływających, 23-otwór zatopiony, 24-komora osadnika wórnego, 25-rytna ścieków oczyszczonych, 26-kierownica, 27-osadnik wielostrumieniowy, 28-odpływ ścieków oczyszczonych, 29-zawór, 30-przepływomierz, 31-króciec wylotowy, 33-przewód, 34-pompa recykulacji osadów czynnych, 37-spuść osadów prefermentowanych, 38-odpływ kożucha i gazów,</p>

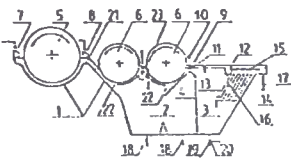


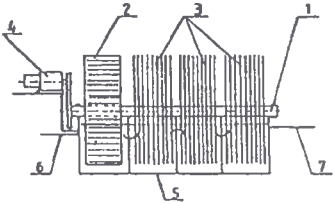
Rys. 2.7   Nr patentu: 143505		Rysunki i objaśnienia	
Rok			
zgłoszenia	opublikowania		
1985	1986		
Twórcy (autorzy): Miroslaw Krzemieniewski		<p>1-wał napędowy, 2-TZB, 3-zbiornik cylindryczny, 4-łożysko, 5,9-ruchome podstawy, 6,10-rolki, 7-występ, 8-układ napędowy, 11-obudowa zbiornika, 12-szyna z zębatką, 13-koło zębate, 14-ścieki surowe, 15-kanal, 16-odpływ do osadnika wtórnego</p>	
Informacje:			

Rys. 2.8   Nr patentu: 153794		Rysunki i objaśnienia	
Rok			
zgłoszenia	opublikowania		
1987	1989		
Twórcy (autorzy): Janusz Modzelewski Leon Jurecki Jan Klugiewicz Andrzej Schlichtinger		<p>1-dopływ ścieków surowych, 2-kanal, 3,10,14-ścianki, 4-komora przepływowa, 5-przesłona, 6-wstępný osadnik wielostrumieniowy, 7-kierownica, 8-TZB, 9-osadnik wtórny wielostrumieniowy, 11-wlot, 12-odpływ ścieków oczyszczonych, 13,15-szczeliny, 16-komora fermentacyjna, 17-spust osadów, 18-komora gazowo-kożuchowa, 19-mikser do gaszenia kożucha, 20-odpowietrzenie</p>	
Informacje: Produkowana seryjnie w wersji kontenerowej metodami przemysłowymi. Wykonano serię badań na etapie rozruchu i eksploatacji. Przepustowość oczyszczalni do 20m <sup>3</sup> /d			

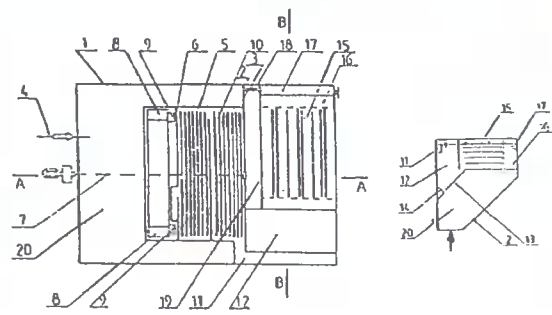
Rys. 2.9		Nr patentu:153793		Rysunki i objaśnienia	
Rok					
zgłoszenia		opublikowania			
1987		1988			
Twórcy (autorzy):					
Andrzej Schlichtinger					
Władysław Bartkowiak					
Tadeusz Wasielewski					
Leon Jurecki					
Andrzej Siwek					
Informacje:					
					
				<p>1-obudowa, 2-osadnik wstępny, 3-koryto, 4,16-szczeliny, 5-komora osadowa, 6-właz rewizyjny, 7-króciec wlotowy, 8-wylot ścieków, 9-króciec sprężonego powietrza, 10-króciec wentylacyjno-przelewowe, 11-spusty, 12-komora przepływowa, 13-TZB, 14-koryto z przelewem, 15-komora osadnika I, 17-komora wtórnego osadnika II, 18,24-ścianki, 19-krawędź przelewowa, 20-króciec wentylacyjny, 21-komora osadu, 22,28-spust, 23-pakiet wielostrumieniowy, 25-rywna, 26-koryto zbiorcze, 27-odpływ, 29-króciec recykulacji osadu, 30-ścieki oczyszczone</p>	

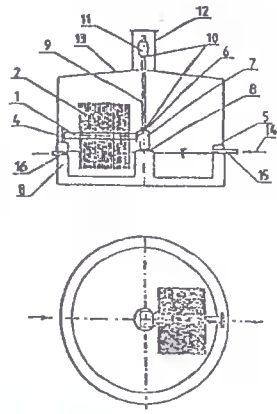
Rys. 2.10		Nr patentu:153770		Rysunki i objaśnienia	
Rok					
zgłoszenia		opublikowania			
1987		1988			
Twórcy (autorzy):					
Ewa Schlichtinger					
Jerzy Pepliński					
Andrzej Siwek					
Kazimierz Michalski					
Informacje:					
					
				<p>1-komora przepływowa, 2,3-dwustopniowy osadnik wtórny, 4-TZB, 5,13,21-krawędź przelewowa, 6-koryto równomiernego rozdziálu, 7-rywna, 8-koryto ścieków oczyszczonych, 9-króćce, 10-pakiet wielostrumieniowy, 11-otwór rewizyjno-wentylacyjno-przelewowy, 12-szczelina, 14- odpływ, 15,16- ścianki, 17,19-spust , 18-odgałęzienie, 20-przegroda perforowana</p>	

Rys. 2.11	Nr patentu: 153681	Rysunki i objaśnienia
Rok		
zgłoszenia	opublikowania	
1988	1989	
Twórcy (autorzy): Andrzej Schlichtinger Ewa Schlichtinger-Grzybek Bogdan Bejtka		
Informacje:		
		<p>1-komora przepływowa, 2,3-dwustopniowy osadnik wtórny, 4,13-ścianki, 5,6-TZB, 7,8-koryta równomiernego rozdziału, 9-krawędź, 10-króciec wentylacyjny, 11-przegroda perforowana, 12-rynna, 14-pakiet wielostrumieniowy, 15-koryto ścieków oczyszczonych, 16-19-króćce odpływowe, 20-odgałęzienie</p>

Rys. 2.12	Nr patentu: 159601	Rysunki i objaśnienia
Rok		
zgłoszenia	opublikowania	
1989	1991	
Twórcy (autorzy): Mirosław Krzemieniewski Andrzej Barcz Grzegorz Śmieciński Jarosław Pesta		
Informacje:		
		<p>1-wał napędowy, 2-wypełnienie wielokłatkowe, 3-TZB, 4-układ napędowy, 5-zbiornik, 6-dopływ ścieków surowych, 7-odpływ do osadnika wtórnego</p>

cd.rys.2

Rys. 2.13   Nr patentu: 158554		Rysunki i objaśnienia
Rok		
zgłoszenia	opublikowania	
1989	1990	
Twórcy (autorzy): Lech Zabłocki Andrzej Teleżyński		
Informacje:		
		<p>1,2-komory zbiornika, 3,6,13-ścianka, 4-dopływ ścieków surowych, 5-wanna, 7-wał, 8-czerpaki natleniające, 9-czerpaki podnoszące ścieki, 10-TZB, 11-koryto odpływowe, 12-osadnik wtórny komorowy 14-występ, 15-osadnik wtórny wielostrumieniowy, 16-przestrzeń 17-koryto odpływowe, 18-przewód, 19-szczelina na kożuch, 20-komora osadnika wtórnego</p>

Rys. 2.14   Nr patentu: 159255		Rysunki i objaśnienia
Rok		
zgłoszenia	opublikowania	
1989	1991	
Twórcy (autorzy): Miroslaw Krzemieniewski Andrzej Barcz Grzegorz Śmieciński		
Informacje:		
Jest to patent dodatkowy do nr 143505		<p>1-wał napędowy, 2-TZB, 3-zbiornik cylindryczny, 4-kolo jezdne, 5-bieżnia, 6-sprzęgło, 7-przekładnia stożkowa, 8-podstawa, 9-wał, 10-sprzęgła, 11-układ napędowy, 12, 16-obudowa, 13-dach, 14-ścieki surowe, 15-kanal</p>

Rys. 2.15   Nr patentu:		Rysunki i objaśnienia
Rok		
zgłoszenia	opublikowania	
1997		
Twórcy (autorzy): Jan Klugiewicz Iwona Klugiewicz		
Informacje:		
<p>1-dopływ ścieków surowych, 2-zbiornik retencyjno-uśredniający, 3-krata koszowa, 4-układ pompowy, 5-urządzenie dozująco-rozdzielcze ze zbiornikiem beztlenowym, 6-pokrętła, 7-przewód mieszania ścieków 8-przewód przelewowo-deszczujący, 9-komora niedotleniania, 10-komora mieszania z przelewem pilastym, 11-komora natleniania, 12-TZB, 13-otwór zatopiony, 14-łapacz części pływających, 15-złoże wielostrumieniowe z wkładem porowatym, 16-koryto zbiorcze, 17-odpływ ścieków oczyszczonych, 18-odbiornik ścieków, 19-komora osadnika wrotnego, 20-komora fermentacyjna, 21-zamknięcie przeciwigazowe, 22-pompa recyrkulacji osadów, 23-spust osadów, 24-zbiornik komora fermentacyjna</p>		

Rys. 2.16   Nr patentu:		Rysunki i objaśnienia
Rok		
zgłoszenia	opublikowania	
1997		
Twórcy (autorzy): Jan Klugiewicz Iwona Klugiewicz		
Informacje:		
<p>1-dopływ ścieków surowych, 2-zbiornik retencyjno-uśredniający, 3-krata, 4- pompy, 5-przewód mieszania, 6-przewód przelewowo-deszczujący, 7-komora beztlenowa, 8-zbiornik z urządzeniem rozdzielczym, 9-komora niedotleniania, 10-komora mieszania z przelewem pilastym, 11-komora natleniania, 12-TZB, 13-otwór zatopiony, 14-łapacz części pływających, 15-złoże z wypełnieniem sztucznym lub naturalnym, 16-koryto zbiorcze, 17-odpływ ścieków oczyszczonych, 18-odbiornik ścieków, 19-komora osadnika wrotnego, 20-komora fermentacyjna, 21-zamknięcie przeciwigazowe, 22-pompa recyrkulacji osadów, 23-spust osadów, 24-zbiornik komora fermentacyjna, 25-węzeł rozdziału ścieków na komorę mieszania i TZB</p>		

Rys. 2.17		Nr patentu:	
Rok			
zgłoszenia	opublikowania		
1997			
Twórcy (autorzy): Jan Klugiewicz Iwona Klugiewicz			
Informacje.			

**Rysunki i objaśnienia**

1-dopływ ścieków surowych, 2-zbiornik retencyjno-uśred, 3-krata, 4-pompy, 5-przewód mieszania, 6-przewód przelewowo-deszczujący, 7-komora beztleniowa, 8-zbiornik z urządzeniem rozdzielczym, 9-komora niedoileniania, 10-komora mieszania z przelewem pilasty, 11-komora natleniania, 12-TZB, 13-syfon, 14-lapacz części pływających, 15-komora centralna, 16-komora koagulanta, 17-osadnik wtórny, 18-odpływ ścieków oczyszczonych, 19-odbiornik, 20-komora fermentacyjna osadów, 21-zamknięcie przeciwwgazowe, 22,23-spust osadów, 24-zbiorniczka komora fermentacyjna

cd.rys.2

Teoretycznie można przyjąć, że w ruchu laminarnym panującym w komorze przepływowej równoległe tory cząstek ścieków nie posiadają kontaktu z błoną biologiczną sąsiadujących płaskich tarcz, przebiegając pomiędzy nimi. Autor [2] zaproponował więc zastąpienie płaskich tarcz metalowych, tarczami z tworzywa sztucznego wytworzonego poprzez laminowanie włókna lub tkaniny szklanej POLIMALEM-109 na specjalnej formie o powierzchni profilowanej. Taka tarcza w przekroju przypomina wiosło gwarantujące ciągły kontakt zanieczyszczeń z błoną biologiczną i zawieszonym osadem. Jednocześnie nadane profilowanie zwiększa pole powierzchni tarczy oraz jej wytrzymałość i sztywność. Z tego samego tworzywa wykonywano komorę przepływową i osadnik wielostrumieniowy. Wskazane jest zastosowanie go również do budowy komór fermentacyjnej i osadnika wtórnego, gdyż nie będzie wówczas problemu z korozją.

### 3. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

W latach 1980 - 1997 nastąpił w Polsce istotny rozwój myśli wynalazczej nad nowymi oczyszczalniami ścieków z TZB. Niestety, tylko kilka z nich zostało wdrożonych do gospodarki. Seryjnie, w wersji kontenerowej wyprodukowano ich prawdopodobnie kilka tysięcy z przeznaczeniem dla ośrodków wypoczynkowych sezonowo - czynnych, obiektów wojskowych, osiedli wiejskich, przemysłu rolnego - spożywczego itp. Spełniały one pozytywną rolę w ochronie wód. W wyniku utrudnień oraz ostatnich przemian ustrojowych i ekspansji wyrobów zachodnich, polskie przedsiębiorstwa państwowe i spółdzielcze produkujące oczyszczalnie z TZB upadły. Tym samym zakończono wytwarzanie nowych oczyszczalni i części zamiennych do istniejących. Jest to bardzo niekorzystne dla naszego kraju, tym bardziej, że oczyszczalnie o podobnej konstrukcji oferują obecnie zachodnie firmy. Wydaje się, iż decydenci i odpowiedzialni za ochronę

środowiska w naszym kraju, powinni uwzględnić powyższą sytuację i zachęcić krajowy przemysł do wznowienia produkcji oczyszczalni polskiej konstrukcji. Możliwości modernizacji produkowanych dotychczas tego typu oczyszczalni są teraz duże. Obecnie można wyposażać je w wyższej jakości podzespoły (pompy, motoreduktory) i materiały oraz dysponować większą ilością dostępnych wyników badań [3, 4].

W latach osiemdziesiątych zawarto 23 umowy licencyjne lub akwizycyjne i licencyjno - wdrożeniowe oraz o współwłasności na kontenerowe oczyszczalnie ścieków z TZB (wg patentów 140858 i 141053), które dotyczyły następujących podmiotów:

- ◆ Bydgoskie Biuro Projektowo-Badawcze Budownictwa Przemysłowego w Bydgoszczy,
- ◆ Przedsiębiorstwo Instalacji Przemysłowych Budownictwa Rolniczego, TERMOBUDOWA w Bydgoszczy,
- ◆ Przedsiębiorstwo Wdrażania i Upowszechniania Postępu Technicznego i Organizacyjnego POSTEOR w Poznaniu,
- ◆ EKOPOL w Bydgoszczy,
- ◆ Pomorskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Maszynami Budownictwa w Bydgoszczy,
- ◆ Hutnicze Przedsiębiorstwo Remontowe w Sosnowcu,
- ◆ Spółdzielnia Pracy Motoryzacyjno - Metalowa w Zagórowie,
- ◆ Przedsiębiorstwo Robót Instalacyjno - Montażowych Budownictwa Rolniczego w Koszalinie,
- ◆ Bydgoskie Przedsiębiorstwo Instalacji Przemysłowych BINSTAL w Bydgoszczy,
- ◆ Przedsiębiorstwo Robót Instalacyjno - Montażowych Budownictwa Rolniczego w Czarnkowie,
- ◆ Przedsiębiorstwo Robót Instalacyjno - Montażowych Budownictwa Rolniczego w Słupsku,
- ◆ Zakłady Urządzeń Galwanicznych i Lakierniczych TECHMA-ZUGIL, Wieruszów – Wieluń,
- ◆ Państwowy Ośrodek Maszynowy w Małej Grzywnie,
- ◆ Spółdzielnia Kółek Rolniczych w Gąsawie,
- ◆ Spółdzielnia Kółek Rolniczych w Rogowie,
- ◆ Państwowy Ośrodek Maszynowy w Starym Kisielinie,
- ◆ Bydgoskie Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego PRZEMYSŁÓWKA w Bydgoszczy,
- ◆ Wielobranżowe Ogólnokrajowe Przedsiębiorstwo EKOSTAL w Białymstoku,
- ◆ Spółdzielnia Kółek Rolniczych w Pruszczu Pomorskim,
- ◆ Przedsiębiorstwo Wdrożeń Nowych Technologii i Instalacji Sanitarnej - Przemysłowych INTERMEX w Bydgoszczy.

Nadmienić należy, że jakość produkowanych kontenerowych oczyszczalni oraz prac projektowych uzbrojenia (przewody, zbiorniki wyrównawczo-uśredniające itp.), montażowych, a także rozruchu technologicznego była zróżnicowana. Przy ewentualnym wznowieniu produkcji trzeba wybrać spośród wymienionych dobrych projektantów i wykonawców oraz zwrócić uwagę na prawidłową eksploatację, gdyż do nich najwięcej było zastrzeżeń.

środowiska w naszym kraju, powinni uwzględnić powyższą sytuację i zachęcić krajowy przemysł do wznowienia produkcji oczyszczalni polskiej konstrukcji. Możliwości modernizacji produkowanych dotychczas tego typu oczyszczalni są teraz duże. Obecnie można wyposażać je w wyższej jakości podzespoły (pompy, motoreduktory) i materiały oraz dysponować większą ilością dostępnych wyników badań [3, 4].

W latach osiemdziesiątych zawarto 23 umowy licencyjne lub akwizycyjne i licencyjno - wdrożeniowe oraz o współwłasności na kontenerowe oczyszczalnie ścieków z TZB (wg patentów 140858 i 141053), które dotyczyły następujących podmiotów:

- ◆ Bydgoskie Biuro Projektowo-Badawcze Budownictwa Przemysłowego w Bydgoszczy,
- ◆ Przedsiębiorstwo Instalacji Przemysłowych Budownictwa Rolniczego, TERMOBUDOWA w Bydgoszczy,
- ◆ Przedsiębiorstwo Wdrażania i Upowszechniania Postępu Technicznego i Organizacyjnego POSTEOR w Poznaniu,
- ◆ EKOPOL w Bydgoszczy,
- ◆ Pomorskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Maszynami Budownictwa w Bydgoszczy,
- ◆ Hutnicze Przedsiębiorstwo Remontowe w Sosnowcu,
- ◆ Spółdzielnia Pracy Motoryzacyjno - Metalowa w Zagórowie,
- ◆ Przedsiębiorstwo Robót Instalacyjno - Montażowych Budownictwa Rolniczego w Koszalinie,
- ◆ Bydgoskie Przedsiębiorstwo Instalacji Przemysłowych BINSTAL w Bydgoszczy,
- ◆ Przedsiębiorstwo Robót Instalacyjno - Montażowych Budownictwa Rolniczego w Czarnkowie,
- ◆ Przedsiębiorstwo Robót Instalacyjno - Montażowych Budownictwa Rolniczego w Słupsku,
- ◆ Zakłady Urządzeń Galwanicznych i Lakierniczych TECHMA-ZUGIL, Wieruszów – Wieluń,
- ◆ Państwowy Ośrodek Maszynowy w Małej Grzywnie,
- ◆ Spółdzielnia Kółek Rolniczych w Gąsawie,
- ◆ Spółdzielnia Kółek Rolniczych w Rogowie,
- ◆ Państwowy Ośrodek Maszynowy w Starym Kisielinie,
- ◆ Bydgoskie Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego PRZEMYSŁÓWKA w Bydgoszczy,
- ◆ Wielobranżowe Ogólnokrajowe Przedsiębiorstwo EKOSTAL w Białymstoku,
- ◆ Spółdzielnia Kółek Rolniczych w Pruszczu Pomorskim,
- ◆ Przedsiębiorstwo Wdrożeń Nowych Technologii i Instalacji Sanitaro - Przemysłowych INTERMEX w Bydgoszczy.

Nadmienić należy, że jakość produkowanych kontenerowych oczyszczalni oraz prac projektowych uzbrojenia (przewody, zbiorniki wyrównawczo-uśredniające itp.), montażowych, a także rozruchu technologicznego była zróżnicowana. Przy ewentualnym wznowieniu produkcji trzeba wybrać spośród wymienionych dobrych projektantów i wykonawców oraz zwrócić uwagę na prawidłową eksploatację, gdyż do nich najwięcej było zastrzeżeń.



## LITERATURA

- [1] Klugiewicz J., Jurecki L.: Kontenerowa oczyszczalnia ścieków z tarczowymi złożami biologicznymi. Materiały IV krajowej konferencji PZITS. Słupsk 1985.
- [2] Klugiewicz J.: Zblokowane oczyszczalnie ścieków z tarczowymi złożami biologicznymi. Budownictwo rolnicze, nr 3, 1989.
- [3] Klugiewicz J., Klugiewicz I.: Kontenerowe oczyszczalnie ścieków z TZB w świetle badań i obserwacji eksploatacyjnych. Materiały z VIII Sympozjum - AQUA '96 Płock 1996.
- [4] Totczyk G.: Ocena efektywności technologicznej zblokowanych oczyszczalni ścieków z tarczowymi złożami biologicznymi. Praca doktorska, promotor prof. dr hab. inż. J. Klugiewicz, Politechnika Białostocka, 1996.

THE SURVEY OF THE DEVELOPMENT  
OF POLISH PURIFICATION BIOLOGICAL SEWAGE CONSTRUCTIONS  
WITH DISK BIOLOGICAL LAYERS

Summary

The work gives a description of the development of a purification sewage construction with disk biological layers in Poland in the years 1980 -1997. The drawings and description 17 of that type of sewage are enclosed.

\*\*\*\*\*

Recenzent: dr hab. Krzysztof Kuczewski  
prof. nadzw. AR we Wrocławiu

Jadwiga Bizon-Górecka

## CONTROLLING JAKO INSTRUMENT ZARZĄDZANIA W PRZEDSIĘBIORSTWIE BUDOWLANYM

Controlling jest systemem, który koordynuje i integruje całość procesów planowania, kontroli oraz zasilania w informacje.

System controllingu jest tak ustrukturyzowany, aby mógł w miarę wcześnie niwelować odchylenia od planu i naprowadzać procesy na wyznaczony kierunek działań. Przyjęcie tego systemu jako instrumentu zarządzania przedsiębiorstwem budowlanym gwarantuje lepszą koordynację działań w świetle zmiennych warunków zewnętrznych i uwarunkowań wewnętrznych, jakie występują w tej branży.

### 1. WPROWADZENIE

Controlling narodził się w Stanach Zjednoczonych, początkowo zastosowany do kontroli spraw finansowych w przedsiębiorstwie, z biegiem czasu stał się systemem kontroli i sterowania działalnością firmy. Aktualnie controlling stanowi tam podstawowy element nowoczesnego zarządzania. Do Europy został przeniesiony głównie w wyniku zakładania filii firm amerykańskich. W Polsce pojawił się w 1990 roku w formie rozpowszechniania jego założeń i eksperymentalnych wdrożeń.

System controllingu pomaga, opiniuje i ukazuje kierownictwu możliwe kierunki działań. System ten wykorzystuje znane instrumenty i metody innych dziedzin zarządzania. Nowością controllingu jest integracja tych elementów w jeden sformalizowany system, stanowiący nowoczesną formę współczesnego zarządzania przedsiębiorstwem. Controlling, ukierunkowany na poszukiwanie i osiągnięcie celów, pozwala połączyć w jedną całość, z reguły tak silnie zautonomizowane obszary przedsiębiorstwa jak: organizację, planowanie i rachunkowość.

Celowość zastosowania controllingu w przedsiębiorstwie budowlanym uzasadnia złożoność zagadnień, w tym problemy z oceną ryzyka finansowego, które są wynikiem oddziaływania zarówno czynników ekonomicznych, jak też pozaekonomicznych.

Przedsiębiorstwa budowlane, głównie z uwagi na złożoność procesu inwestycyjnego, funkcjonują w warunkach podwyższonego ryzyka finansowego. Dlatego konieczne jest systemowe podejście do zagadnień planowania, kontroli i zasilania w informacje, wynikające z bieżącego monitoringu otoczenia i procesów wewnętrznych w przedsiębiorstwie.

## 2. CONTROLING JAKO SYSTEM KOORDYNACJI PRZEDSIĘBIORSTWA, TAKŻE BUDOWLANEGO

Organizacja controllingu zależy od wielu różnorodnych czynników, które w każdym przedsiębiorstwie muszą być indywidualnie określone i uwzględnione. Czynniki te można podzielić na trzy grupy:

- czynniki sytuacji zewnętrznej przedsiębiorstwa, np.: czynniki zbytu i zaopatrzenia, dostępna przedsiębiorstwu technologia wytwarzania, stosunki konkurencyjne, struktura odbiorców;
- czynniki sytuacji wewnętrznej przedsiębiorstwa, np.: strategia przedsiębiorstwa, struktura organizacyjna, wielkość przedsiębiorstwa, struktura produkcji;
- czynniki specyficzne związane z realizacją controllingu, np.: czas potrzebny na wprowadzenie systemu controllingu, wybór grupy projektowej nadzorującej to wprowadzenie, wymagania stawiane systemowi controllingu.

Organizacja controllingu w przedsiębiorstwie może występować w dwóch formach:

- instytucjonalnej,
- nieinstytucjonalnej.

Z reguły w większych przedsiębiorstwach controlling jest realizowany w formie instytucjonalnej, tzn. tworzony jest oddział controllingu i stanowiska controllerów. Przy realizacji formy nieinstytucjonalnej rezygnuje się z tworzenia oddziału controllingu. Zadania controllingowe realizowane są wtedy przez inne oddziały przedsiębiorstwa czy też przez same kierownictwo.

Controlling można określić jako subsystem zarządzania koordynujący procesy planowania, kontroli oraz zasilania w informacje i umożliwiający sterowanie całym systemem z punktu widzenia wyznaczonych celów. Właśnie przez centralną funkcję koordynacji wyróżnia się controlling spośród pozostałych subsystemów zarządzania, gdyż w żadnym z nich koordynacja nie jest celem głównym.

Controlling nie zastępuje zarządzania, ale wspomagając, opiniując i doradzając powoduje skuteczność zarządzania.

Potrzeba koordynacji powstaje w wyniku sprzężenia przedsiębiorstwa z otoczeniem, jak też konieczności uwzględnienia różnorodnych zależności (personalnych, przedmiotowych, czasowych) wewnątrz poszczególnych systemów zarządzania i między nimi. Koordynację określić można jako ukierunkowanie pojedynczych działań na określony cel. Koordynacja systemu zarządzania może odnosić się do nadzorowania i kierowania systemem wykonawczym (koordynacja pierwotna), a także do integracji i wzajemnego dopasowywania poszczególnych subsystemów zarządzania (koordynacja wtórna). Controlling dotyczy koordynacji wtórnej, która umożliwia koordynację pierwotną.

Zapewnienie optymalnej koordynacji wymusza stworzenie odpowiednich warunków i uwzględnienie różnorodnych wymagań przy realizacji zadań koordynacyjnych. Do wspomnianych warunków należą:

- orientacja na cele: koordynacja ma sens tylko wtedy gdy odnosi się do konkretnych celów; cele muszą być jasno sformułowane i osiągalne;
- orientacja na "wąskie gardła": konieczne jest ustalenie najbardziej krytycznych obszarów oraz dopuszczalnych odchyłeń, które determinują działalność przedsiębiorstwa; wysiłki koordynacyjne powinny się skupiać na tych obszarach, ograniczając się do opracowania linii postępowania w pozostałych segmentach działalności;

- sprzężenie wyprzedzające: ten warunek wynika już z orientacji na cele; koordynacja musi odnosić się do przyszłości; sprzężenie wyprzedzające polega na stałej obserwacji wybranych działań i obszarów przedsiębiorstwa oraz określonych segmentów otoczenia; porównanie przewidywanego stanu przyszłego z ustalonymi wcześniej celami umożliwia wykazanie odchyłeń, ich analizę i odpowiednio wczesne wprowadzanie przeciwdziałań;
- koncentracja na rachunkowości zarządzającej: optymalna koncentracja zakłada dostarczenie informacji służących rozróżnianiu wad i zalet poszczególnych wariantów decyzyjnych, jak również stworzeniu podstaw do podejmowania optymalnych decyzji; funkcję taką spełnia rachunkowość zarządzająca;
- koncentracja na aspekcie personalnym: działania koordynacyjne wiążą się z integracją w obszar działań i decyzji wielu członków organizacji (co często wywołuje sprzeciw); nieodzowne jest jednak pozyskanie poszczególnych pracowników oraz wykorzystanie ich doświadczeń, intuicji i pomysłów w procesach koordynacyjnych;
- w gospodarce rynkowej zarząd przedsiębiorstwa budowlanego musi wypracować styl zarządzania podporządkowany regułom rynku. Autorytarny styl zarządzania nie nadaje się do zarządzania przedsiębiorstwem zorientowanym na rynek. Musi on być zastąpiony przez zespołowy styl zarządzania.

Skuteczny controlling wymaga właśnie stosowania w praktyce zespołowego systemu zarządzania, uwzględniającego różne koncepcje kierowania realizowane jednocześnie. Niektóre z tych koncepcji to:

- Kierowanie przez ustalanie zadań: kierownictwo przedsiębiorstwa opracowuje cele, które realizowane są przez pracowników.
- Kierowanie przez przeniesienie uprawnień: planowane cele są rozdzielane między poszczególnych pracowników z równoczesnym określeniem ich kompetencji i zakresów odpowiedzialności.
- Kierowanie przez uwzględnianie odchyłeń: porównanie wartości wyznaczonych z wartościami osiągniętymi i dokonanie analizy odchyłeń, które są podstawą do kierowania przedsiębiorstwem.
- Kierowanie na podstawie wyników: kontrola ogranicza się jedynie do wyniku, nie zajmuje się prowadzącą do niego drogą.
- Kierowanie przez motywowanie: wywieranie pozytywnego wpływu na pracowników.

Wprowadzenie zespołowego stylu zarządzania wymaga w przedsiębiorstwie szeregu warunków wstępnych. Musi zostać opracowany schemat organizacyjny przedsiębiorstwa, wprowadzający wyraźne rozgraniczenie poszczególnych działów. Należy okazać większe zaufanie pracownikom, jednocześnie ustalić szczegółowy zakres odpowiedzialności i uprawnień zespołu kierowniczego w formie charakterystyk poszczególnych stanowisk pracy.

Ten styl zarządzania nie ogranicza się jedynie do rozdzielenia zadań i kontroli ich wykonania, ale pobudza także efektywną współpracę wszystkich pracowników w przedsiębiorstwie. Przekazanie części zadań odciąża dyrekcję przedsiębiorstwa, dzięki czemu może się ona zająć najpilniejszymi zagadnieniami strategicznymi. Inną zaletą zespołowego stylu zarządzania jest pobudzenie motywacji pracowników i ich identyfikowanie się z celami przedsiębiorstwa.

### 3. SPECYFIKA PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWLANYCH

Procesy realizowane przez przedsiębiorstwa budowlane stanowią zespół technologicznie powiązanych ze sobą robót, które wykonuje się na placach budowy oraz w zapleczu.

Celem procesów budowlanych jest wytworzenie określonych elementów budynków i budowli. Dla procesów wielokrotnie powtarzalnych opracowuje się ich technologię, organizuje zespoły robocze, dobiera odpowiednie maszyny, określa pozostałe zasoby i środki.

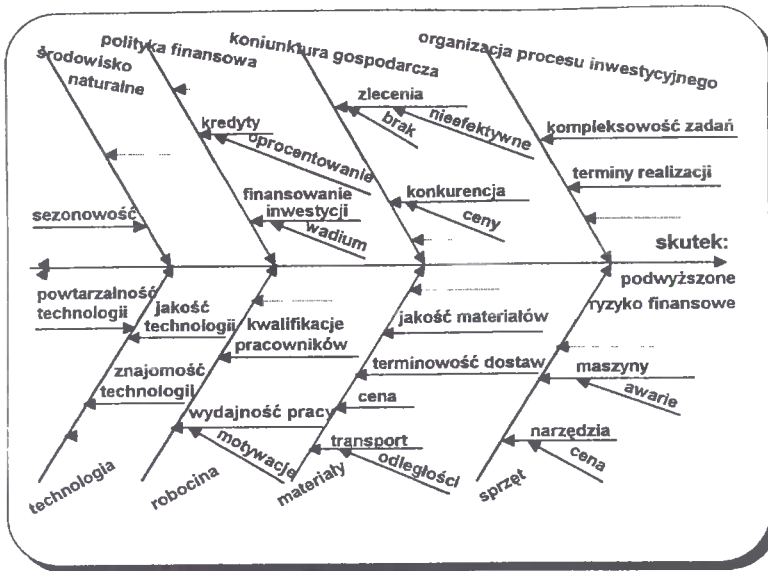
Rynek budowlany jest dla przedsiębiorstw budowlanych stosunkowo trudnym rynkiem i pozostaje w ścisłej zależności z ogólną sytuacją gospodarczą kraju. Przedsiębiorstwa budowlane niemal najszybciej zareagowały na procesy prywatyzacyjne w Polsce. Jednak w wyniku przekształceń własnościowych powstały głównie firmy małe i średnie. Rozwój przedsiębiorstw budowlanych jest uwarunkowany właściwym zarządzaniem, w tym głównie zwróceniem uwagi na obecność ryzyka finansowego. To ryzyko ma w budownictwie, z uwagi na jego specyfikę, bardzo rozległe obszary, co uwidoczniło na rysunku 1.

Wprowadzenie zasad controllingu wymaga szczegółowego planowania przedsięwzięć. Plan przedsięwzięcia jest to zbiór informacji techniczno - ekonomicznych o zamierzonej realizacji obiektu.

### 4. PRZYDATNOŚĆ CONTROLLINGU W ZARZĄDZANIU PRZEDSIĘBIORSTWEM BUDOWLANYM

Aby controlling mógł w przedsiębiorstwie budowlanym prawidłowo funkcjonować, musi być spełniony szereg warunków wstępnych. W fazie początkowej obowiązuje, w miarę możliwości, redukcja występujących strat rozruchu. Obok określenia stylu zarządzania powinny być wypracowane zasady zarządzania. Podstawą skutecznego wdrożenia koncepcji controllingu są wstępne prace organizacyjne. Z reguły musi być zmieniona struktura organizacyjna, a często także wymagana jest zmiana organizacji produkcji. Należy wprowadzić rachunek kosztów bezpośrednich, który obrazuje strukturę kosztów według miejsc ich powstawania. Można też wprowadzić wydziały rozliczane oddzielnie. Należy wprowadzić czytelny system sprawozdawczy.

Wprowadzając koncepcję controllingu do sterowania procesem budowlanym należy stworzyć system informatyczny, w którym wykorzystane będzie sterowanie ze sprzężeniem wyprzedzającym. Sterowanie takie eliminuje zakłócenia występujące w trakcie realizacji procesu. Przebieg ten porównać trzeba z wyznaczonym planem głównym, ustalić i zanalizować odchylenia oraz dokonać korekt, aby proces przebiegał bez zakłóceń. Wykształcenie systemu informatycznego do sterowania procesami wznoszenia budynków musi być poprzedzone badaniami marketingowymi.



Rys.1. Wykres Ishikawy - wycinek analizy przyczyn podwyższonego ryzyka finansowego w przedsiębiorstwie budowlanym (opracowanie własne)

Badania te przeprowadzać należy w danych warunkach rynkowych i finansowych. Mają one na celu ustalenie rynków zbytu, potencjalnych klientów z uwzględnieniem ich wymagań, rentowności przedsięwzięć itp.

Po rozpoznaniu szans i ryzyka w otoczeniu precyzuje się cele strategiczne procesu, które mogą dotyczyć, np.: minimalizacji nakładów inwestycyjnych, skrócenia czasu budowy, pełnego wykorzystania środków i zasobów.

Strukturyzacja systemu koordynacyjnego polega na zaprojektowaniu systemu planowania i kontroli procesu oraz systemu zasilania w informacje. W ramach kształtowania systemu planowania i kontroli formułuje się programy działań mające na celu ustalenie obiektów planowania. Obiektami planowania są w przypadku procesu budowlanego następujące plany cząstkowe:

- Plan zapotrzebowania materiałowego, dotyczący dostaw materiałów pod kątem minimalizacji zapasów magazynowych i składowiskowych, co wiąże się z minimalizacją kapitału obrotowego zamrożonego w zapasach.
- Plan wykorzystania maszyn i urządzeń, w którym uwzględnia się ich obciążenie, przerwy na remonty i konserwacje.
- Plan sterowania wytwarzaniem, który ujmuje zadania i przewidywane efekty oraz działania techniczne i organizacyjne, a także koszty planowanych przedsięwzięć.
- Plan finansowy, który dotyczy nakładów finansowych i osiągniętych zysków.

System zasilania w informacje należy projektować w oparciu o plany cząstkowe, a projektowanie powinno obejmować oszacowanie zapotrzebowania na informacje dla poszczególnych obiektów i plan jego pokrycia, a także pozyskanie, przetworzenie i przekazanie informacji oraz ich kontrolę.

Planowanie zapotrzebowanie i pokrycia informacji związane jest z ustaleniem, jakie technologie przyjmują się na rynku budowlanym, jak kształtują się ceny u konkurencji oraz jakie są szanse przebiegu bez zakłóceń rozpatrywanego procesu.

W planowaniu zapotrzebowania materiałowego informacje powinny określać, jakie materiały można wykorzystać w procesie budowlanym. Powinno się przeanalizować, co jest aktualnie preferowane, np. pod względem ekologicznym, jakie są koszty i jaka jest ocena tych materiałów, np. z punktu widzenia przenikalności cieplnej, zużycia materiałów czy ich wpływu na efekt użytkowy obiektów. Powinno się rozpatrzyć zagadnienia pracochłonności, trwałości, oddziaływania na zdrowie człowieka, możliwości transportowych, składowania, terminowości dostaw czy miejsc realizacji zamówień.

Informacje o maszynach i urządzeniach dotyczą przedstawienia, które z nich nadają się do wykorzystania w danym procesie. Należy znać ich parametry, tj. wydajności, zużycie energii, sposób obsługi, koszty pracy z uwzględnieniem przestojów, koszty montażu, zakupu lub wynajmu.

Informacje potrzebne do zaplanowania sterowania procesem skupiają się na kwestiach technicznych i organizacyjnych. Chodzi tu o informacje dotyczące działań odnoszących się do kolejności i terminowości wykonania, zaprojektowania zespołów roboczych, zespołów maszyn oraz transportu zewnętrznego. Chodzi również o informacje przewidujące efekty działań, czyli określające przyszły stan na podstawie badań otoczenia procesu pod kątem trudności, jakie może napotkać. Trudności mogą wiązać się, np. z podwyżką cen materiałów, energii, z nieodpowiednim wykonawstwem powodującym straty materiałowe, z warunkami atmosferycznymi wpływającymi na wydłużenie cykli wytwarzania, awarią maszyn itp.

Przy planowaniu finansów zbierane są informacje o kosztach wytwarzania, czyli poszczególnych zakupach, wynagrodzeniach, opłatach oraz zyskach czerpanych z realizowanych przedsięwzięć.

Pozyskane informacje należy skontrolować pod względem jakości i przydatności, a następnie przetworzyć tzn. wyszczególnić operacje i ich koszty dla każdego z planów częściowych.

Wyniki analizy informacji wraz ze wskazaniem możliwych odchyłeń przekazywane winny być w formie sprawozdań decydentom kształtującym plany. Informacje stanowią bazę dla określania planów częściowych, które przedstawia się w postaci projektów.

Następnym zadaniem controllingu, po stworzeniu struktur systemów planowania i kontroli oraz zasilania w informacje jest powiązanie planów zapotrzebowania materiałowego, wykorzystania maszyn i urządzeń oraz sterowania wytwarzaniem i wybór, na podstawie wariantowego projektu, optymalnego planu całościowego, zwanego harmonogramem głównym. Harmonogram główny zawiera uporządkowany całokształt działań dotyczących kolejności wnoszenia obiektów i dopasowania do tego operacji związanych z terminową dostawą materiałów, obciążeniem maszyn, urządzeń i środków transportu, zatrudnieniem, itp. Zawiera także przewidywane koszty, jakie należy ponieść przy realizacji tych działań. Harmonogram taki przedstawia się w formie planu wyrażonego w jednostkach wartościowych i ilościowych, tzn. w formie budżetów.

Budżety określają w konkretnych jednostkach potrzeby materiałowe, powierzchnie składowe i wielkości zapasów, wykorzystywane maszyny i urządzenia, zatrudnienie zespołów roboczych poszczególnych specjalności. Precyzują objętość robót składających się na dany proces oraz zapotrzebowanie czasowe na wykonanie tych robót, ustalają też wielkości nakładów przeznaczonych na poszczególne roboty i działania.

Aby móc sprawnie kontrolować przebieg procesu i sterować nim w przypadku powstawania odchylenia, opracowuje się wskaźniki, tj. liczby sprzężone z odpowiednimi działaniami, mające na celu odzwierciedlenie osiągniętych efektów. Wskaźniki pomagają w ocenie kolejnych etapów realizowanego planu, podawane są w tzw. punktach kontrolnych, czyli miejscach zamykających części wznoszonego budynku. Punktami kontrolnymi mogą być miejsca zakończenia robót ziemnych, fundamentowych, stan zerowy, wzniesienie ścian kolejnych kondygnacji, ułożenie stropów itp. Wskaźniki natomiast dotyczą zużycia materiałów, energii, nakładów pracy i kosztów wytworzenia w poszczególnych etapach.

Plan całościowy poddaje się symulacji na podstawie pozyskanych informacji i wyłania odchylenia mogące powstawać podczas realizacji obiektów budowlanych. Odchylenia od planu badane są pod kątem przyczyn ich powstawania, po czym przygotowuje się działania sterujące.

Sterowanie procesem budowlanym oparte na systemie informacyjnym stworzonym w ten sposób pozwala na minimalizację zakłóceń spowodowanych, np. wzrostem cen, przekroczeniem zużycia materiałów, kosztów lub innymi czynnikami, ponieważ w momencie powstania odchylenia system podpowiada, jak na nie zareagować. Dlatego już na etapie planowania określa się przyszłą sytuację procesu i jego otoczenia, aby napotykanne trudności w fazie realizacji nie komplikowały jego przebiegu.

## 5. WNIOSKI

- Nowoczesne metody zarządzania, wśród których można wyróżnić controlling, mogą znaleźć zastosowanie w przedsiębiorstwach budowlanych. Przedsiębiorstwa budowlane, nie tylko duże, ale też średnie i małe, aby zapewnić sobie egzystencję, muszą zająć się planowaniem swojej przyszłości. Nowoczesne systemy zarządzania przedsiębiorstwem muszą zawierać wszystkie istotne elementy planowania, tj.: strategię przedsiębiorstwa (wytyczenie celów), analizę wewnętrzną i zewnętrzną oraz plany przedsięwzięć.
- Controlling wskazuje, jak stworzyć w przedsiębiorstwie obiektywny i wiarygodny system informacji, pozwalający kierownictwu na podejmowanie trafnych decyzji, w krótkim czasie.
- System controllingu jest tak ustrukturyzowany, aby można było w miarę wcześniej niwelować odchylenia od planu i naprowadzać z powrotem procesy na wyznaczony kierunek działań, to znaczy aby mógł być wykonany plan. Prowadzi to do wzrostu efektywności i rentowności realizowanych przedsięwzięć.
- Controlling można przedstawić jako system cybernetyczny odpowiadający zamkniętemu systemowi samoregulacji, który zawiera i wiąże ze sobą wszystkie części składowe koordynowanych działań.

## LITERATURA

- [1] Durlik I.: Organizacja i zarządzanie produkcją. PWE, Warszawa 1992r.
- [2] Goliszewski J.: System controllingu. Przegląd Organizacji, 4/91.
- [3] Hilmar J. Vollmuth, Controlling - planowanie, kontrola, zarządzanie. AW "Placet", Warszawa 1993r.



CONTROLLING AS A MANAGEMENT INSTRUMENT  
IN A BUILDING COMPANY

Summary

Controlling is the system, which coordinates and integrates the whole of processes of planning, checking and providing with information. This controlling is based on the rule of feed forward control, which eliminates disturbances being of frequent occurrence during realisation of the process. Adopting this system to control the building company creates the liability to qualify a future state of situation on the ground of a regular observation of the selected activities, and environment with changes which takes place in it.

\*\*\*\*\*

Recenzent: prof. dr hab. Kazimierz Krzakiewicz  
Akademia Ekonomiczna w Poznaniu

Jadwiga Bizon-Górecka

## CZYNNIKI SPRAWNOŚCI FUNKCJONOWANIA PRZEDSIĘBIORSTW BUDOWLANYCH<sup>1</sup>

Artykuł prezentuje, że głównymi problemami strategii zarządzania przedsiębiorstwami budowlanymi są dwa rodzaje czynników: czynniki otoczenia przedsiębiorstwa oraz czynniki wewnętrzne.

Czynniki te muszą być rozpatrywane łącznie w analizie ryzyka działalności. Zarządzanie ryzykiem wymaga właśnie specyfikacji zakłóceń. Zostały one wyspecyfikowane w badaniach 25 przedsiębiorstw budowlanych. Podane zostały w postaci czynników zewnętrznych i wewnętrznych.

### 1. WSTĘP

Transformacja ustrojowa zapoczątkowana w 1989 r. wywołała radykalne zmiany na rynku budowlanym. Dominujące do tego czasu przedsiębiorstwa państwowe okazały się zupełnie nieprzystosowane do stawienia czoła nowym realiom. Większość z nich upadła, względnie uległa przekształceniom w spółki prawa handlowego lub firmy prywatne. Przedsiębiorstwa budowlane stają w obliczu coraz to wyższych wymagań.

Nowe podmioty gospodarcze, funkcjonujące na polskim rynku budowlanym, są bardziej elastyczne na wyzwania gospodarki rynkowej i aktualnych tendencji w budownictwie. Obserwuje się szybką ewolucję technik w zakresie organizacji, zarządzania, planowania, przekazu informacji przy jednoczesnym postępie w zakresie jakości, zachowania bezpieczeństwa i ochrony środowiska. Istnieje rosnące zapotrzebowanie na efektywne procesy budowlane oraz lepsze jakościowo produkty. Prowadzenie działalności gospodarczej w zakresie produkcji budowlanej obarczone jest znacznym ryzykiem (prawdopodobieństwo poniesienia strat), którego często nie można uniknąć. Powstaje więc problem zarządzania ryzykiem, który można w ogólnym pojęciu sprowadzić do sztuki podejmowania racjonalnych decyzji. Racjonalizacja tych decyzji jest uwarunkowana komplementarnością i jakością informacji.

Przedsiębiorstwa chcąc zapewnić sobie możliwość rozwoju, a przynajmniej trwania, muszą ciągle analizować czynniki sprawności swego funkcjonowania. Czynniki te dotyczą zarówno sytuacji wewnątrz przedsiębiorstwa jak i w jego otoczeniu. Znaczna liczba tych czynników oraz dynamiczny charakter wpływu na przebieg produkcji budowlanej wymaga ciągłego ich monitorowania celem pozyskiwania informacji decyzyjnych.

---

<sup>1</sup> Artykuł stanowi część wprowadzenia do dyskusji pod tym samym tytułem, dokonanego przez autorkę na otwartym posiedzeniu Sekcji Organizacji i Zarządzania w Budownictwie KILiW PAN dnia 13.06.1997 r. (Konferencja Inżynierii Procesów Budowlanych; Bydgoszcz/Zacisze'97)

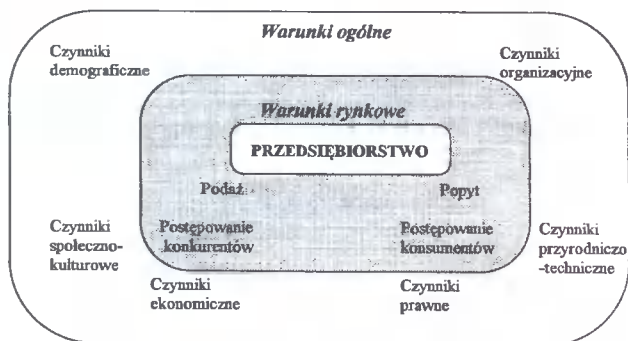
## 2. UWARUNKOWANIA FUNKCJONOWANIA PRZEDSIĘBIORSTW BUDOWLANYCH

Przedsiębiorstwa budowlane, podobnie jak innych sektorów gospodarki funkcjonują w określonym otoczeniu.

Otoczenie przedsiębiorstwa, zarówno bliższe (precyzujące konkretne warunki rynkowe), jak i dalsze (ogólne tło gospodarcze i społeczno-polityczne) wpływa na funkcjonowanie jednostek gospodarczych.

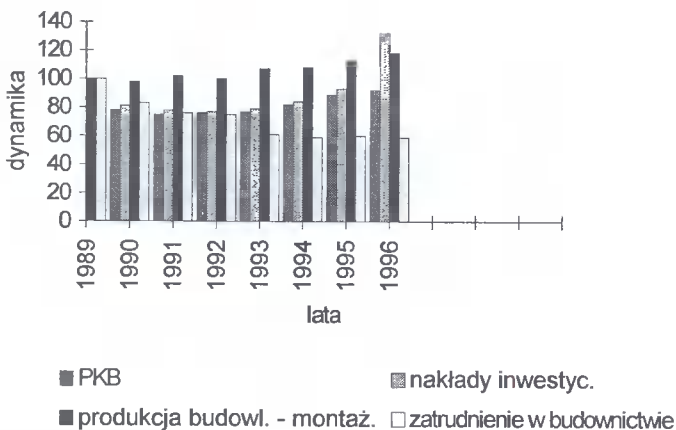
Jednocześnie organizacje gospodarcze wpływają na charakter otoczenia.

Czynniki zewnętrzne, przedsiębiorstwa funkcjonującego w gospodarce rynkowej pokazano na rysunku 1.



Rys.1. Czynniki zewnętrzne funkcjonowania przedsiębiorstwa  
Źródło: Opracowano wg [2]

Znanym jest twierdzenie, że budownictwo jest nerwem gospodarki. Obrazem tego jest wprost proporcjonalna zależność dynamiki zmian produktu krajowego brutto, nakładów inwestycyjnych i produkcji budowlano - montażowej, co ukazuje rysunek 2. Pokazano też systematyczny spadek zatrudnienia w budownictwie w latach 1989-96.



Rys.2. Dynamika PKB, nakładów inwestycyjnych, produkcji budowlano - montażowej i zatrudnienia w budownictwie (ceny stałe) (Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS)

Dynamikę nakładów inwestycyjnych w wybranych sekcjach pokazano w tablicy 1.

Tablica 1. Dynamika nakładów inwestycyjnych w wybranych sekcjach (ceny stałe)

Lp.	Wskaźniki	Lata			
		1992	1993	1994	1995
1.	<b>Budownictwo</b>	<b>100</b>	<b>84,5</b>	<b>103,3</b>	<b>120,0</b>
2.	Budownictwo mieszkaniowe	100	75,4	68,5	60,3
3.	Przemysł	100	100,7	121,5	139,7
4.	Transport, składowanie, łączność	100	118,5	118,0	150,9
5.	Handel i naprawy	100	121,0	122,1	178,5
6.	Rolnictwo, łowiectwo, leśnictwo	100	92,4	97,8	108,3
7.	Rybolówstwo, rybactwo	100	174,2	76,8	23,7
	<b>Ogółem:</b>	<b>100</b>	<b>102,3</b>	<b>110,7</b>	<b>129,5</b>

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS

Rok 1992 odwrócił niekorzystną tendencję spadku nakładów inwestycyjnych na początku transformacji ustrojowej w Polsce. Budownictwo okazało się jednak sektorem o większej bezwładności, gdyż dodatni trend w zakresie inwestycji obserwuje się w nim dopiero w 1994 roku, co ukazuje tablica 1. Wyraźnie spadkowe tendencje nie uległy zahamowaniu w budownictwie mieszkaniowym. Jednak problem budownictwa mieszkaniowego jest bardziej złożonym, z uwagi na istotne zmiany w polityce mieszkaniowej i fiskalnej.

Tablica 2 ilustruje wskaźniki cen czynników produkcji budowlano-montażowej.

Tablica 2. Wskaźniki cen czynników produkcji budowlano-montażowej (ceny stałe)

Lp.	Wskaźniki	Lata				
		1992	1993	1994	1995	
		W stosunku do roku poprzedniego				1992=100
1.	<b>Ceny robót budowlano-montażowych</b>	<b>117,2</b>	<b>124,6</b>	<b>119,7</b>	<b>121,9</b>	<b>213,1</b>
2.	Ceny materiałów budowlanych	124,2	132,4	131,4	125,4	270,9
3.	Ceny przewozów ładunków	130,4	144,4	133,9	127,5	306,3
4.	Przeciętne wynagrodzenie brutto	125,9	132,2	119,0	133,5	264,4
5.	<b>Inflacja</b>	<b>142,4</b>	<b>134,6</b>	<b>130,7</b>	<b>127,8</b>	<b>320,2</b>

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS

Tablica 2 obrazuje obniżenie kosztocłonności budownictwa, a w szczególności kosztów robót budowlano-montażowych: dynamika wzrostu ich cen jest znacznie niższa od dynamiki inflacji. Dla przedsiębiorstw budowlanych oznacza to, że rynek budowlany jest rynkiem trudnym.

### 3. SPECYFIKACJA CZYNNIKÓW SPRAWNOŚCI FUNKCJONOWANIA PRZEDSIĘBIORSTW BUDOWLANYCH

Przeprowadzone w Zakładzie Organizacji, Zarządzania i Technologii Budowy badania ankietowe na próbie 25 przedsiębiorstw budowlanych regionu pomorsko-kujawskiego, pozwalają na sprecyzowanie czynników sprawności funkcjonowania przedsiębiorstw budowlanych. Można je kategoryzować jako czynniki zewnętrzne i czynniki wewnętrzne.

Wśród zasadniczych **czynników otoczenia przedsiębiorstwa budowlanego**, mających wpływ na jego funkcjonowanie można wymienić następujące:

- ◆ Specyfika budownictwa, tj.:
  - ◇ nieruchomość budowli (plac budowy musi być za każdym razem na nowo tworzony, częste przemieszczanie maszyn i urządzeń),
  - ◇ indywidualny charakter budowli (dla każdej wznoszonej budowli trzeba powtarzać indywidualnie poszczególne etapy projektowania: projektowanie architektoniczno-konstrukcyjne, projekty branżowe, technologia wznoszenia, organizacja procesów),
  - ◇ długowieczność produktów budowlanych,
  - ◇ długie cykle inwestycyjne (duży udział produkcji w toku, prowadzący do zamrażania znacznych kapitałów),
  - ◇ duże ilości mas zużywanego materiału,
  - ◇ sezonowość robót (niekorzystne warunki klimatyczne, jak: deszcz, wiatr, mróz utrudniają, lub wręcz uniemożliwiają realizację prac na budowie),
  - ◇ fluktuacja kadr związana ze zmianą lokalizacji placów budowy i sezonowością robót,
  - ◇ konserwatyzm techniczny i ekonomiczny utrudnia wdrażanie postępu technicznego oraz zwiększa kapitałochłonność,
  - ◇ nierytmiczność produkcji,
  - ◇ znaczne koszty inwestycji budowlanych.
- ◆ Lokalizacja przedsiębiorstwa:
  - ◇ rynek zbytu,
  - ◇ konkurencja,
  - ◇ rynek pracy (zasoby ludzkie: kwalifikacje, liczba chętnych do pracy),
  - ◇ zasoby materiałowe (ceny materiałów budowlanych),
  - ◇ dostęp do infrastruktury technicznej,
  - ◇ dostęp do zasobów informacyjnych (aktualnie słabe rozpowszechnienie systemów informacji przestrzennej - GIS),
  - ◇ poziom techniki i technologii w regionie.
- ◆ Czynniki demograficzne, społeczne i kulturowe:
  - ◇ struktura, liczebność i tempo przyrostu ludności,
  - ◇ świadomość, zwyczaje, stopień wykształcenia społeczeństwa,
  - ◇ kadry dla budownictwa.
- ◆ Czynniki legislacyjne (głównie fiskalizm państwowy):
  - ◇ system przepisów regulujących działalność gospodarczą,
  - ◇ wysokie stawki ZUS,
  - ◇ brak elastyczności ze strony Urzędów Skarbowych i ZUS w stosunku do firm prywatnych,

- ◇ zmienność wymagań związanych z rozliczaniem podatku VAT,
- ◇ wysoki podatek dochodowy,
- ◇ niskie ulgi inwestycyjne.
- ◆ Procedury przetargowe:
  - ◇ słabe przygotowanie inwestorów do prowadzenia przetargów (małe doświadczenie),
  - ◇ częste stosowanie w procedurach przetargowych jedyne kryterium - ceny,
  - ◇ trudny dostęp do informacji o przetargach publicznych,
  - ◇ uciążliwe gromadzenie informacji niezbędnych do złożenia oferty przetargowej,
  - ◇ krótki czas na przygotowaniu oferty przetargowej,
  - ◇ preferencje w stosunku do przedsiębiorstw lokalnych (z powodu wpływu do budżetu lokalnego podatków od przedsiębiorstw miejscowych).
- ◆ Czynniki ekonomiczne:
  - ◇ poziom i tempo rozwoju gospodarczego kraju,
  - ◇ polityka gospodarcza, zwłaszcza: monetarna, finansowa i podatkowa rządu.
- ◆ Wysoka inflacja:
  - ◇ wobec długiej procedury przetargowej ceny podawane w ofercie dezaktualizują się,
  - ◇ wysokie wadła przetargowe, wpłacane w gotówce nie mają żadnych mechanizmów rewaloryzacyjnych,
  - ◇ kwoty wpłacane jako gwarancje dla inwestora, są uciążliwym zamrożeniem środków,
  - ◇ opóźnianie płatności przez inwestorów naraża firmy budowlane na utratę płynności finansowej.
- ◆ System kredytowy:
  - ◇ trudny dostęp do kredytów,
  - ◇ wysokie koszty kredytów.
- ◆ Warunki rynkowe:
  - ◇ kształtowanie się popytu i podaży,
  - ◇ brak stabilizacji prawno-finansowej rynku budowlanego (duże ryzyko związane z szacowaniem poziomu i tempa zmian inflacji, opodatkowania, taryf celnych itp.),
  - ◇ słaby rozwój rynku kapitałowego w Polsce.
- ◆ Nieuczciwa konkurencja:
  - ◇ zatrudnianie pracowników z ominięciem stawek ZUS (nieuczciwa przewaga przy ustalaniu ceny w przetargach),
  - ◇ działania nieformalne przy pozyskiwaniu zleceń,
  - ◇ nieuczciwe formy reklamy.

#### **Czynniki wewnętrznej sprawności przedsiębiorstwa budowlanego to:**

- ◆ Wielkość i struktura zasobów oraz umiejętność ich wykorzystania (potencjał przedsiębiorstwa):
  - ◇ potencjał kadrowy:

- stan i struktura zatrudnienia w przedsiębiorstwie,
- kwalifikacje personelu kierowniczego i wykonawczego,
- wewnętrzne formy kształcenia kadry (szkolenia, kursy),
- współdziałanie pracowników w zarządzaniu,
- sposoby pozyskiwania pracowników,
- zapewnienie bhp.
- ◇ potencjał majątkowy (majątek trwały i obrotowy):
  - struktura majątku trwałego,
  - stan maszyn, urządzeń i środków technicznych,
  - stan budynków i budowli,
  - rzeczywiste zużycie majątku trwałego,
  - modernizacja własnych środków trwałych,
  - zapewnienie niezawodności pracy maszyn i urządzeń,
  - wynajem wolnych środków trwałych osobom trzecim,
  - środki obrotowe (zapasy, środki pieniężne w kasie i na rachunkach bankowych, należności itp.),
  - struktura zapasów w przedsiębiorstwie (materiały, produkcja w toku, wyroby gotowe),
  - udziały w obcych podmiotach gospodarczych.
- ◇ potencjał finansowy:
  - kondycja finansowa (własne środki finansowe),
  - płynność finansowa,
  - rentowność przedsiębiorstwa,
  - udział kredytów w finansowaniu inwestycji i środków obrotowych,
  - współpraca z kapitałem zagranicznym.
- ◆ Organizacja przedsiębiorstwa:
  - ◇ elastyczna struktura organizacyjna,
  - ◇ szybki przepływ informacji pomiędzy poszczególnymi komórkami organizacyjnymi,
  - ◇ stosowanie nowoczesnych technik przetwarzania i przesyłania informacji,
  - ◇ szybki przepływ środków finansowych,
  - ◇ prawidłowo opracowany system obiegu dokumentów,
  - ◇ właściwe przygotowanie frontów pracy,
  - ◇ właściwe opracowanie harmonogramów robót i przydział zadań zespołom roboczym, dobra organizacja pracy na placu budowy,
  - ◇ zdolność szybkiego reagowania komórek organizacyjnych przedsiębiorstwa na zmiany zachodzące w przedsiębiorstwie i w jego otoczeniu,
  - ◇ wykorzystanie potencjału intelektualnego pracowników i stworzenie warunków zespołowego rozwiązywania problemów.
- ◆ Zarządzanie przedsiębiorstwem:
  - ◇ system zarządzania,
  - ◇ kreowanie portfela zleceń,
  - ◇ polityka przetargowa przedsiębiorstwa,
  - ◇ umiejętne planowanie zadań,
  - ◇ działania marketingowe (badania rynku, obserwacje konkurencji, wnikliwe

- badania przedmiotów przetargów, kampanie reklamowe, udział w targach, wystawach itp.),
- ◇ działania na rzecz podnoszenia jakości produktów,
  - ◇ polityka personalna (sposoby motywowania pracowników),
  - ◇ stosowanie odpowiednich technik komunikacyjnych (szczególnie do komunikacji na linii zarząd - pracownik),
  - ◇ kontrola wykorzystania materiałów, sprzętu i funduszu płac,
  - ◇ bieżąca kontrola realizacji robót,
  - ◇ działania na rzecz obniżki kosztów,
  - ◇ aktywna polityka cenowa,
  - ◇ wpływ na zarządzanie przedsiębiorstwem rady nadzorczej, zgromadzenia wspólników itp. organów,
  - ◇ polityka inwestycyjna przedsiębiorstwa,
  - ◇ działalność innowacyjna,
  - ◇ podejmowanie decyzji w oparciu o przyjętą metodykę zarządzania ryzykiem.
- ◆ Polityka dotycząca produktu:
    - ◇ spełnianie wymagań klienta,
    - ◇ estetyka, jakość i niezawodność,
    - ◇ cena sprzedaży, a koszty produkcji,
    - ◇ terminy realizacji,
    - ◇ typ produkcji,
    - ◇ praktyczna wydajność produkcji,
    - ◇ programy dostaw materiałów i półwyrobów.
  - ◆ Tradycja (okres istnienia) i misja firmy.
  - ◆ Zakres i organizacja prac badawczo-rozwojowych oraz technicznego przygotowania produkcji.
  - ◆ Koordynacja robót z podwykonawcami.

#### 4. PODSUMOWANIE

Konfiguracja i siła oddziaływania wyżej opisanych czynników sprawności funkcjonowania, może być w konkretnych przedsiębiorstwach budowlanych bardzo zróżnicowana. Powyższa specyfikacja nie stanowi zamkniętej listy problemów. Niemożliwe jest też precyzyjne wysublimowanie wpływów poszczególnych czynników. Jednak dobre rozpoznanie zagrożeń pomyślnego funkcjonowania przedsiębiorstwa budowlanego, pozwoli na skupienie uwagi zarządu na czynnikach mogących przynieść pozytywne rezultaty. Trud ten jest uzasadniony, gdyż zgodnie z regułą Pareta 20% przyczyn przynosi aż 80% strat. Warto więc poszukać tych 20% czynników ograniczających sprawność funkcjonowania firmy, aby spełnić jedną z podstawowych przesłanek zarządzania ryzykiem: skupiać wysiłki i nakłady na czynnikach przynoszących wymierne korzyści.



## LITERATURA

- [1] Biuletyny Statystyczne. GUS, Warszawa 1993, 1994, 1995, 1996.
- [2] Garbarski L. Rutkowski I., Wrzosek W.: Marketing. PWE, Warszawa 1996.
- [3] Pabian A.: Ekonomika przedsiębiorstw budowlanych. Politechnika Śląska, 1996.
- [4] Wierzchowski M.: Czynniki kształtujące sytuację polskich przedsiębiorstw budowlanych. Problemy Rozwoju Budownictwa. Warszawa nr 2, 1996.

## EFFICIENCY FACTORS OF OPERATION IN THE BUILDING ENTERPRISES

### Summary

This article presents, that the main problems of management strategy in the buiding enterprises are two kind of factors: from environment and from inside of firms. They must be consider together with risk analysis. Risk management call for specification of risk factors. This factors were specificated in examinations of 25 building enterprises. They are given in the article in two groups: environmental and in-house factors.

\*\*\*\*\*

Recenzent: dr hab. inż. Kazimierz M. Jaworski  
prof. nadzw. Politechniki Warszawskiej







