

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

ZESZYTY NAUKOWE NR 223

BUDOWNICTWO 31

BYDGOSZCZ - 1999

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

ZESZYTY NAUKOWE NR 223

BUDOWNICTWO 31

52
596

BYDGOSZCZ - 1999

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
prof. dr hab. Ojcumiła Stefaniak

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

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE
mgr Michał Górecki, Zbigniew Gackowski

Wydano za zgodą Rektora
Akademii Techniczno-Rolniczej
w Bydgoszczy

ISSN 0208-6379

WYDAWNICTWA UCZELNIANE
AKADEMII TECHNICZNO-ROLNICZEJ W BYDGOSZCZY

Wyd. I. Nakład 150 egz. Ark. aut. 4,9. Ark. druk. 6,25. Papier druk. kl. III.
Oddano do druku i druk ukończono w grudniu 1999 r.
Uczelniany Zakład Małej Poligrafii ATR Bydgoszcz, ul. Ks. A. Kordeckiego 20
Zamówienie nr 16/99

2000 1014/126

Spis treści

	str.
1. Zygmunt Wiśniewski, Halina Ferens-Budzyńska, Franciszek Baj - Wpływ niektórych domieszek na cechy techniczne betonów wysokowartościowych	5
2. Katarzyna Kowalczyk - Badania odporności korozyjnej betonu wysokowartościowego i standardowego.....	13
3. Maria Wesołowska - Wykorzystanie pomiarów wielkości elektrycznych do oceny kinetyki podciągania kapilarnego.....	23
4. Andrzej Dylla - Właściwości fizykalne i trwałość docieplonych przegród zewnętrznych.....	31
5. Andrzej Frydryszak, Jan Klugiewicz - Bezodkrywkowe wykonanie rurociągu pod Kanałem Bydgoskim metodą Grundojet 1500.....	37
6. Jan Gadomski, Maria Gadomska - Identyfikacja modelu przemieszczeń punktów kontrolowanych na podstawie pomiarów geodezyjnych	47
7. Małgorzata Krajewska - Wartość gruntu jako jeden z czynników wpływających na decyzje planistyczne	57
8. Monika Klemke-Pitek - Analiza konkurencji na rynku betonu towarowego	71
9. Jadwiga Bizon-Górecka - Budowanie strategii marketingowych drogą do wzmocnienia pozycji rynkowej przedsiębiorstwa budowlanego.....	77
10. Tomasz Szczuraszek - Analiza modeli stosowanych do przeliczania pojazdów rzeczywistych na pojazdy umowne	83

Zygmunt Wiśniewski
Halina Ferens-Budzyńska
Franciszek Baj

WPLYW NIEKTÓRYCH DOMIESZEK NA CECHY TECHNICZNE BETONÓW WYSOKOWARTOŚCIOWYCH

W artykule przedstawiono wyniki badań, dotyczące porównania wpływu domieszek krajowych oraz firmy SIKA na niektóre cechy mieszanki betonowej i betonu BWW.

1. WPROWADZENIE

Jak ogólnie wiadomo, jednym ze sposobów uzyskania betonów o wysokiej wytrzymałości jest zastosowanie domieszki superplastyfikatora i mikrokrzemionki. Odpowiednia kompozycja mieszanki betonowej i właściwa technologia pozwala uzyskać jednocześnie znaczne polepszenie wartości innych cech technicznych betonu, czyli uzyskać beton określony jako beton wysokowartościowy (High Performance Concrete, w Polsce o symbolu BWW).

W badaniach przeprowadzonych na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska ATR w Bydgoszczy, podjęto próbę oceny porównawczej skuteczności działania domieszek zagranicznych, firmy SIKA oraz domieszek krajowych.

Badania obejmowały: oznaczenie konsystencji i porowatości mieszanek betonowych, wytrzymałości na ściskanie, nasiąkliwości i wodoszczelności betonów. Wszystkie badania przeprowadzono zgodnie z normą PN-88/B-06250.

Podstawowe składniki betonu były pochodzenia krajowego, tj.:

- cement portlandzki marki 45 – z cementowni Kujawy,
- mieszanka kruszywa naturalnego 0 – 16, gat 1, marki 20 – z kopalni w Ostrowitem,
- grys bazaltowy 8 – 16 marki 50 – ze złoża w Winnej Górze,
- woda wodociągowa.

Celem badań było sprawdzenie, czy beton wysokowartościowy (BWW) wykonany z krajowych, lokalnych składników podstawowych (z wyjątkiem bazaltu) i krajowych domieszek osiągnie porównywalne własności jak beton BWW, wykonany z krajowych składników podstawowych, ale z domieszkami firmy SIKA.

2. MATERIAŁY SKŁADOWE

2.1. Cement (C)

W badaniach stosowano cement portlandzki CP 45N produkowany przez KCW „Kujawy” S.A. o następujących cechach:

- wytrzymałość na ściskanie po 3 dniach 21,0 MPa
- 28 dniach 47,0 MPa
- początek wiązania 2 godz. 15 min
- koniec wiązania 4 godz. 15 min
- zmiana objętości wg próby Le Chateliera 0,0 mm
- powierzchnia właściwa 3100 cm²/g > 3000cm²/g
- straty prażenia 1,5%
- skład mineralogiczny:

C ₃ S	68,46 % > 50 – 60%
C ₂ S	13,75%
C ₃ A	7,37 % < 10%
C ₄ AF	8,85%
- skład tlenkowy

SiO ₂	20,67%
Al ₂ O ₃	4,64%
Fe ₂ O ₃	2,91%
CaO	64,65%
MgO	1,70%
SO ₃	3,30%
Na ₂ O + K ₂ O	0,51 % < 0,6%

Podano wyniki wytrzymałości i czasu wiązania wg badań własnych; pozostałe – wg badań producenta. Można zauważyć, że cement ten niewiele różnił się od cementu marki 45 z rejonu chełmsko-rejowieckiego [2] oraz, że spełniał wymagania dla cementów stosowanych do betonów BWW wg [1].

2.2. Kruszywo 0 – 16 (K)

Przy doborze kruszywa wzięto pod uwagę doświadczenia innych autorów przedstawione w [1,3]. Przy kompozycji stosu okrucowego przyjęto jako zasadę krzywą uziarnienia, która pokrywała się z dolną krzywą graniczną, przedstawioną w [5], dla grupy frakcji 0 – 16. Do skomponowania mieszanki użyto kruszywa naturalnego 0 – 16, gat. 1 marki 20, z kopalni w Ostrowitem oraz grysu bazaltowego 8 – 16, marki 50, z kopalni w Winnej Górze.

Kruszywo naturalne płukano, suszono i rozdzielano na frakcje. Grysu bazaltowy przygotowano w ten sam sposób, wyodrębniając frakcję 8 – 16, bez nadziarna i podziarna. W efekcie, frakcje 0,125 – 8 pochodziły z kruszywa naturalnego, zaś frakcję 8 – 16 stanowiło kruszywo bazaltowe.

Na podstawie badania wskaźnika rozkruszenia ustalono, że frakcja żwirowa 4 – 8 odpowiadała marce 30, zaś frakcja bazaltu – marce 50. Punkt piaskowy kruszywa wynosił 25%.

2.3. Domieszki i dodatki do betonu

Do wykonania mieszanek betonowych stosowano mikrokrzemionkę Sikacrete – P i superplastyfikator Sikament 10HRB – firmy szwajcarskiej Sika i mikrokrzemionkę Silimic z Huty Łaziska oraz superplastyfikator Skorbet, produkowany przez firmę Lubanta (Luboń k/Poznań).

2.3.1. Sikacrete – P (M_k)

Sikacrete – P [7] jest szaroniebieskim proszkiem o gęstości nasypowej $0,7 - 1,0 \text{ kg/dm}^3$ zawierającym specjalnie dobraną mikrokrzemionkę z jednokrotną modyfikacją polimerową. Należy go dozować w ilości 5 – 10% masy cementu. Jest dostarczany w workach o masie 15 kg. Okres przydatności do użycia – 1 rok. Jest produktem nietoksyczny i niedrażniącym skórę.

Preparat ten poprawia jednorodność i urabialność mieszanki betonowej. Stwardniały beton z dodatkiem tym charakteryzuje się wysoką wytrzymałością, szczelnością, chemo- i termoodpornością, dzięki wiązaniu wodorotlenku wapnia przez mikrokrzemionkę.

2.3.2. Sikament 10HRB (S_p)

Sikament 10HRB [6] jest brunatnym płynem o gęstości $1,14 \text{ kg/dm}^3$, z udziałem żywic akrylowych o bardzo silnym działaniu upłynniającym. Nie zawiera formaldehydów. Należy go dozować w ilości 0,4 – 1,2% masy cementu do wody zarobowej. Jest dostarczany w opakowaniach o masie 200 kg (chronić przed mrozem). Okres przydatności do użycia – nieograniczony.

W czasie pracy z preparatem należy chronić oczy i nie odprowadzać go do wód powierzchniowych.

Stosowanie do betonu Sikamentu 10HRB zapewnia:

- obniżenie w świeżym betonie skłonności kruszywa do segregacji,
- wydłużenie okresu niezmienności konsystencji,
- możliwość redukcji wody do 30%,
- obniżenie skurczu, pęcznienia i wydzielania mleczka cementowego,
- zwiększenie szczelności i mrozoodporności betonu,
- podwyższenie odporności chemicznej betonu.

2.3.3. Silimic (M_k)

Pyły krzemionkowe (mikrokrzemionka) pod nazwą Silimic produkowane przez Hutę Łaziska spełniają wymagania [9] zamieszczone w tablicy 1.

Według [4] gęstość pyłów krzemionkowych wynosi ok. $2,2 \text{ g/cm}^3$. Pyły produkowane w Hucie Łaziska spełniają wymagania dotyczące dopuszczalnych stężeń naturalnych pierwiastków promieniotwórczych. Skład chemiczny tych pyłów charakteryzuje się dużą stabilnością.

Dodatek pyłów krzemionkowych wpływa korzystnie na właściwości świeżej mieszanki betonowej [4] dzięki kulistej formie cząstek, a w betonach stwardniałych powo-

duże zwiększenie przyczepności zaczynu do ziaren kruszywa i zmniejszenie porowatości strefy przejściowej między zaczynem a kruszywem.

Tablica 1. Wymagania dotyczące pyłów krzemionkowych wg [9]

Skład chemiczny	Pozostałe wymagania
H ₂ O max. 1,3%	Straty prażenia max. 2,0%
SiO ₂ min. 88%	C łącznie max. 1,5%
Fe ₂ O ₃ max. 1,5%	Powierzchnia właściwa min. 15 m ² /g
Al ₂ O ₃ max. 1,2%	Gęstość nasypowa:
CaO max. 0,5%	– w stanie luźnym 250 – 350 kg/m ³
MgO max. 1,5%	– w stanie zagęszczonym > 500 kg/m ³
K ₂ O max. 2,0%	
Na ₂ O max. 0,6%	
SO ₃ max. 0,3%	
Cl max. 0,3%	

2.3.4. Skorbet (S_p)

Skorbet [8] jest cieczą bezbarwną lub w kolorze słomkowym, stanowią 25 – 27% roztwór wodny modyfikowanej żywicy melaminowo-formaldehidowej. Dozowany w ilościach 2,5% masy cementu umożliwia:

- zmniejszenie ilości wody zarobowej o co najmniej 16% w porównaniu do mieszanki betonowej bez domieszki,
- podwyższenie wytrzymałości na ściskanie o 40% po 1 dniu i 15% – po 28 dniach w porównaniu z betonem kontrolnym.

3. BADANIA LABORATORYJNE

Według autorytatywnie opracowanych receptur wykonano mieszanki betonowe różniące się rodzajem dodatków i domieszek (szwajcarskich i krajowych), ich ilością oraz współczynnikiem w/c (tabl.2).

Konsystencję mieszanek badano metodą stożka opadowego, natomiast zawartość powietrza w mieszanekach – metodą ciśnieniową [5].

Średnia wytrzymałość na ściskanie poszczególnych serii określono na 15 próbkach sześciennych o boku 150 mm.

Ściskanie przeprowadzono w maszynie wytrzymałościowej Dr MB600 1 klasy dokładności.

Po zaformowaniu próbki przechowywano pod przykryciem z folii przez 1 dobę, a po rozformowaniu w komorze klimatyzacyjnej w warunkach laboratoryjnych [5].

Oznaczenie nasiąkliwości i wodoszczelności wykonano zgodnie z normą [5] dodatkowo mierząc głębokość wnikania wody. Oznaczenia te dla betonów z domieszkami zagranicznymi wykonano na próbkach serii AII i BII (wyższa wytrzymałość). Natomiast dla betonów z domieszkami krajowymi – na próbkach serii BI (niższe zużycie mikrokrzemionki niż w serii BII, a wytrzymałość niewiele niższa).

Ponadto dokonano oceny zależności wytrzymałości na ściskanie próbek typu B i C [5] – na 15 próbkach.

Tablica 2. Skład badanych betonów oraz cechy techniczne mieszanki betonowej

Składniki	Oznaczenie serii próbek							
	z domieszkami firmy SIKA				z domieszkami krajowymi			
	AI	AII	BI	BII	AI	AII	BI	BII
Cement [C] [kg]	480	480	480	480	480	480	480	480
Woda [W] [dm ³]	177	185	151	159	177	185	151	159
Mieszanka kruszywa naturalnego 0,125 – 8 [kg]	914	887	949	923	914	887	949	923
Grys bazaltowy 8 – 16 [kg]	914	887	949	923	914	887	949	923
Mikrokrzemionka [kg]	24	48	24	48	24	48	24	48
Superplastyfikator	7,68	7,68	19,2	19,2	12,0	12,0	21,6	21,6
s _p /m _c [%]	1,6	1,6	4,0	4,0	2,5	2,5	4,5	4,5
Opad stożka [mm]	160	170	210	220	210	140	200	180
Porowatość mieszanki betonowej [%]	1,04	1,20	0,36	0,32	0,28	0,34	0,42	0,42

Oznaczenia:

$$AI \rightarrow \frac{W}{C + m_k} = 0,35; m_k = 5\% m_c \quad AII \rightarrow \frac{W}{C + m_k} = 0,35; m_k = 10\% m_c$$

$$BI \rightarrow \frac{W}{C + m_k} = 0,30; m_k = 5\% m_c \quad BII \rightarrow \frac{W}{C + m_k} = 0,30; m_k = 10\% m_c$$

Tablica 3. Cechy techniczne badanych betonów

Nazwa cechy	Oznaczenie serii próbek							
	z domieszkami firmy SIKA				z domieszkami krajowymi			
	AI	AII	BI	BII	AI	AII	BI	BII
Średnia wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach [MPa]	67,4	77,3	69,9	78,8	71,8	70,6	84,7	87,8
Nasiąkliwość [%]	–	3,38	–	4,23	–	–	4,02	–
Stopień wodoszczelności	–	>10	–	>10	–	–	>10	–
Głębokość wniknięcia wody [cm]	–	2	–	3	–	–	0,50 ÷0,80	–

4. WYNIKI BADAŃ I ICH OCENA

Wyniki badań konsystencji i porowatości mieszanek betonowych zamieszczono w tablicy 2, pozostałe zestawiono w tablicy 3.

Uzyskane wartości opadu stożka w granicach 140 – 220 mm były bardzo zbliżone do rezultatów zamieszczonych w pracy [1].

Zawartość powietrza w zagęszczonych mieszankach betonowych serii B – niezależnie od rodzaju domieszek – była bardzo zbliżona i wynosiła 0,32 – 0,42%. Jedynie mieszanki serii AI i AII z domieszkami firmy SIKA zawierały więcej powietrza, od 1,04 – 1,2%. Ilości te są podobne jak w opracowaniu [1] – 1,2 – 1,4%.

Średnie wartości wytrzymałości na ściskanie wynosiły 67,4 – 87,8 MPa i były niższe od uzyskanych w [1] (101,2 – 111,6 MPa) dla betonu o podobnym składzie. Wyższe wyniki [1] można tłumaczyć odmiennym sposobem przechowywania próbek (w wodzie) podczas dojrzewania oraz stosowaniem kruszywa łamanego frakcji 2 – 16 mm. Wytrzymałości betonów z domieszkami krajowymi były na ogół wyższe niż betonów z domieszkami firmy SIKA, jedynie w próbkach serii AII była sytuacja odwrotna.

Badania wytrzymałości na ściskanie na próbkach sześciennych typu B i C [5] potwierdziły zależność podaną w [1] $R_{15} = 0,9 R_{10}$. Nasiąkliwość betonów z obydwoma rodzajami domieszek były na ogół bardzo zbliżone

Badane betony wykazały stopień wodoszczelności wyższy od W10 (dostępna aparatura nie pozwalała na pomiary wyższych stopni wodoszczelności). Jednak betony z domieszkami krajowymi charakteryzowały się znacznie mniejszą głębokością wnikania wody.

5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania nie tylko potwierdziły możliwość uzyskania BWW z lokalnych składników podstawowych i krajowych domieszek, ale wykazały, iż domieszki krajowe wpływają korzystniej na niektóre cechy betonu (wytrzymałość, wodoszczelność), aniżeli domieszki firmy SIKA.

Dla potwierdzenia uzyskanych rezultatów konieczne są dalsze badania o rozszerzonym zakresie.

LITERATURA

- [1] Glinicki M.A., Kasperkiewicz J., Potrzebowski J.: Betony wysokowartościowe (BWW) do konstrukcji inżynierskich XLI. Konferencja Naukowa KILiW, PAN, i Komitetu Nauki PZITB, Kraków – Krynica, 1996.
- [2] Peukert S.: Cementy dla betonów wysokiej jakości. Przegląd Budowlany 8–9/1992.
- [3] Piasta J.: Piasta W.: Kruszywa, a betony wysokiej wytrzymałości. Przegląd Budowlany 8–9/1992.
- [4] Wolska-Kotańska Cz.: Kształtowanie właściwości betonu pyłami krzemionkowymi. Inżynieria i Budownictwo 9/93.
- [5] PN–88/B–06250–Beton zwykły.
- [6] Katalog produktów firmy Sika : Sikament 10HRB.
- [7] Katalog produktów firmy Sika : Sikacrete – P.
- [8] Ofertówka Przedsiębiorstwa Innowacyjno – Wdrożeniowego Lubanta: SKORBET.
- [9] Specyfikacja pyłów krzemionkowych Silimic – Huta Łaziska, 1997.

THE INFLUENCE OF SOME ADMIXTURES ON HIGH PERFORMANCE CONCRETE'S CHARACTERISTICS

Summary

Our aim was to check, if the High Performance Concrete (HPC) made of national, local main ingredients (except basalt) and national admixtures can reach a level of comparable properties to HPC made of national main ingredients but including some additions coming straight from a Swiss firm SIKA.

Experiments meant: estimating consistency and porosity of the fresh concrete, finding the cube strength, absorbability and watertightness for those kinds of concrete.

Scientific research did not only prove the possibility of receiving HPC made of local main ingredients and national admixtures, but even showed, that national admixtures influence much better on some concrete's characteristics (watertightness and strength) than admixtures produced by a Swiss firm SIKA.

Recenzent: doc. dr hab. inż. Ewa Osiecka
Politechnika Warszawska

Katarzyna Kowalczyk

BADANIE ODPORNOŚCI KOROZYJNEJ BETONU WYSOKOWARTOŚCIOWEGO I STANDARDOWEGO

W artykule przedstawiono wyniki wstępnych badań odporności betonu na działanie agresywnego środowiska ogólnokwasowego, alkalicznego, magnezowego i siarczanowego. Dokonano porównania postępu korozji betonu standardowego (BS) i wysokowartościowego (BWW).

1. WSTĘP

Korozja jest procesem niszczenia materiałów wskutek reakcji chemicznych lub elektrochemicznych, zachodzących na granicy zetknięcia materiału (zwłaszcza metali) z otaczającym środowiskiem, a także wewnątrz elementów porowatych (np. betonu).

Najczęściej spotykana jest korozja metali. Procesowi temu ulegają również takie tworzywa, jak beton i żelbet. Są one najczęściej stosowanymi materiałami budowlanymi.

W praktyce budowie betonowe są często narażone na agresywne oddziaływanie różnorodnych środowisk wodnych, gruntowych oraz gazowych. Oddziaływania te w wielu przypadkach powodują uszkodzenia betonu. Należy jednak podkreślić, że (poza przypadkami silnej agresywności środowiska) prawidłowo zaprojektowany i wykonany beton jest przez wiele lat dostatecznie trwały.

Przyczyny korozji betonu mogą być różne. Przeważnie następuje ona pod wpływem czynników zewnętrznych, działających w sposób chemiczny lub fizyczny, czasem przy współdziałaniu wpływów mechanicznych. Niekiedy przyczyną niszczenia są niepożądane reakcje mechaniczne, zachodzące w samym betonie wskutek wadliwej jakości jego składników, na przykład współdziałania alkaliów zawartych w cemencie z kruszywem reaktywnym. Przyczyny te określamy agresywnością wewnętrzną [1].

Agresywność środowisk wodnych sklasyfikowano na podstawie pojedynczych zawartych w wodzie składników agresywnych. Rozróżnia się agresywność ługującą, ogólnokwasową, kwasowęglową (węglanową), magnezową i siarczanową. Są to najpowszechniejsze przyczyny natury chemicznej uwzględniane w światowych normach dotyczących agresywności środowiska. Powodują one większość uszkodzeń korozyjnych betonu.

Celem niniejszej pracy było porównanie odporności betonów standardowych (BS) i wysokowartościowych (BWW) na korozję spowodowaną oddziaływaniem różnych środowisk agresywnych.

Skróty stosowane w tekście:

BWW – beton wysokowartościowy,

- BS – beton standardowy,
 sc – usunięte produkty korozji,
 nsc – nieusunięte produkty korozji,
 pow – beton w powłoce izolacyjnej,
 w.z. – warstwa zewnętrzna,
 w.w. – warstwa wewnętrzna.

2. METODYKA I ZAKRES BADAŃ

Badaniom poddano BS o składzie podanym w tabeli 1 oraz BWB o składzie podanym w tabeli 2.

Tabela 1. Skład badanego betonu standardowego

Składniki	Ilość w 1 [m ³]
Cement portlandzki 350	278 [kg]
Piasek	645 [kg]
Żwir	1388 [kg]
Woda	143 [dm ³]

Wskaźnik wodno-cementowy wynosi: $\frac{w}{c} = \frac{143}{278} = 0,514$

Tabela 2. Skład badanego betonu wysokowartościowego wg [2]

Składniki	Ilość w 1 [m ³]
Cement portlandzki 450	480 [kg]
Woda	185 [dm ³]
Mieszanka kruszywa naturalnego 0,125 – 8	887 [kg]
Grys bazaltowy 8 – 16	887 [kg]
Mikrokrzemionka	48 [kg]
Superplastyfikator	21,6 [kg]
s_p/m_c	2,5 [%]

Wskaźnik wodno-cementowy wynosi: $\frac{w}{c + m_k} = \frac{185}{480 + 48} = 0,35$

Betony poddawano działaniu następujących roztworów agresywnych: 0,25% oraz 1% roztwór kwasu solnego (agresywność ogólnokwasowa), 2% roztwór siarczanu sodu (agresywność siarczanowa), 2% roztwór chlorku magnezu (agresywność magnezowa) oraz 1% roztwór wodorotlenku sodu (agresywność alkaliczna). W przypadku roztworu wykazującego agresywność siarczanową, do badań użyto siarczanu sodu (a nie kwasu siarkowego), aby nie łączyć korozji kwaśnej z siarczanową.

Do badań użyto sześciennych próbek betonowych (tak zwanych kostek) o boku 100 mm, wykonanych w Zakładzie Budownictwa i Materiałów Budowlanych ATR. Część próbek pokryto powłoką antykorozyjną Maxel firmy Drizoro.

Kostki przed badaniem zanurzone w wodzie wodociągowej w celu stworzenia jednakowych warunków wchłaniania cieczy agresywnej, a następnie w pojemnikach szklanych zawierających około 2,8 dm³ roztworu na jedną próbkę. Roztwory codziennie mieszano i badano stężenie czynnika agresywnego.

Do określenia postępu korozji zastosowano oznaczenie ubytku masy próbek betonowych. Pomiary przeprowadzano „na mokro”, po usunięciu z ich powierzchni nadmiaru cieczy. Próbkę BS pokrytą powłoką izolacyjną oraz wybrane próbki BWW ważono jednokrotnie, to znaczy z pokrywającą powierzchnię warstwą korozyjną, natomiast pozostałe ważono przed i po starciu warstwy korozyjnej przy pomocy szczotki drucianej.

Ważenie próbek zanurzonych w kąpielach kwaśnych odbywało się co tydzień, natomiast próbek zanurzonych w pozostałych kąpielach jedynie na początku i końcu badania, ze względu na niewielki ubytek masy próbek i małe zmiany stężenia czynnika agresywnego, co wynika z krótkiego czasu badań.

Po 14 tygodniach kąpeli kostki betonowe przechowywane były w temperaturze pokojowej przez okres około 5 miesięcy, a następnie przecięto je na dwie równe części w celu oznaczenia w warstwie zewnętrznej i wewnętrznej zawartości chlorków, siarczanów i wykładnika jonów wodorowych (pH).

Zawartość chlorków oznaczono metodą merkurymetryczną, siarczanów – metodą fotometryczną, pH – potencjometrycznie. Oznaczenia chlorków i pH wykonano w wyciągach wodnych, zaś siarczanów – w wyciągach kwaśnych.

Wyciągi wodne uzyskiwano poprzez zalanie rozdrobnionej próbki wodą destylowaną w ilości dziesięciokrotnie większej (wagowo) w stosunku do nawązki betonu. Po dokładnym wymieszaniu z wodą próbkę pozostawiano w szczelnie zamkniętym naczyniu przez jedną dobę w temperaturze pokojowej, a następnie przesączano i w przesączu oznaczano pH oraz zawartość chlorków.

W celu przygotowania wyciągu kwaśnego rozdrobnioną próbkę umieszczano w kolbie, zalewano 250 cm³ 2M kwasu solnego i gotowano przez 3 minuty. Po ochłodzeniu odsączono osad i przemywano go kilkakrotnie wodą destylowaną. W otrzymanym przesączu ilościowo oznaczano siarczany.

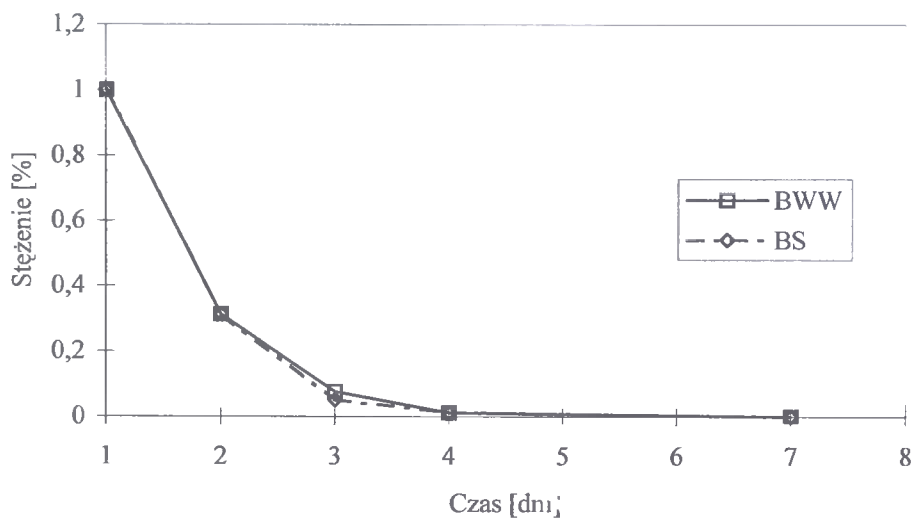
Metodykę badań chemicznych betonu przyjęto według [4].

3. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

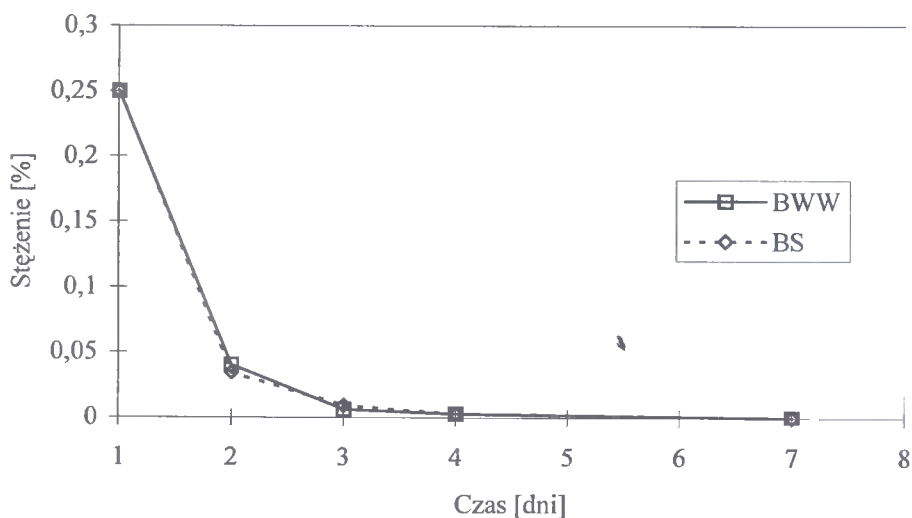
3.1. Korozja kwasowa

W trakcie tygodniowego cyklu zaobserwowano znaczne zmiany stężenia kwasu w kąpeli (rys.1 i 2).

Podczas badań zauważono wykruszanie się żwiru z BS bez powłoki izolacyjnej. Powłoka izolacyjna pod działaniem kwasu miękła, a z czasem zaczęła się złuszczać. W przypadku BWW nie zaobserwowano wykruszania się bazaltu, a jedynie niewielkich ilości piasku.



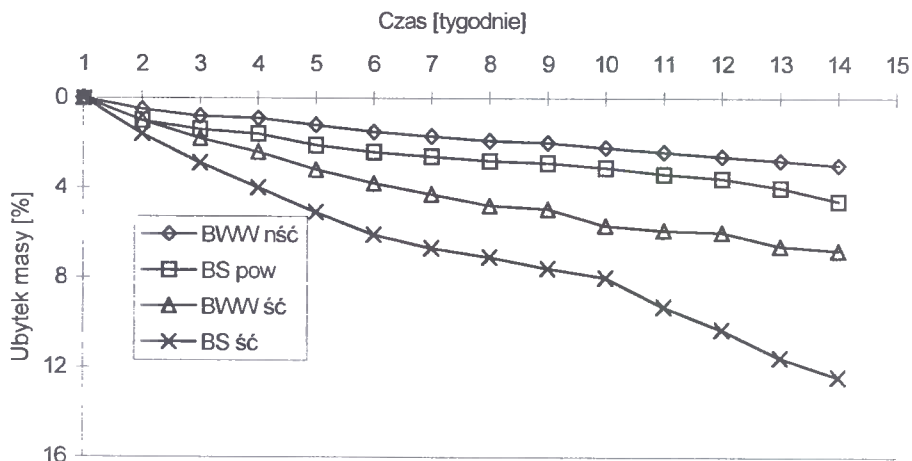
Rys.1. Zmiany stężenia kwasu solnego w kąpeli w funkcji czasu dla 1% roztworu kwasu solnego



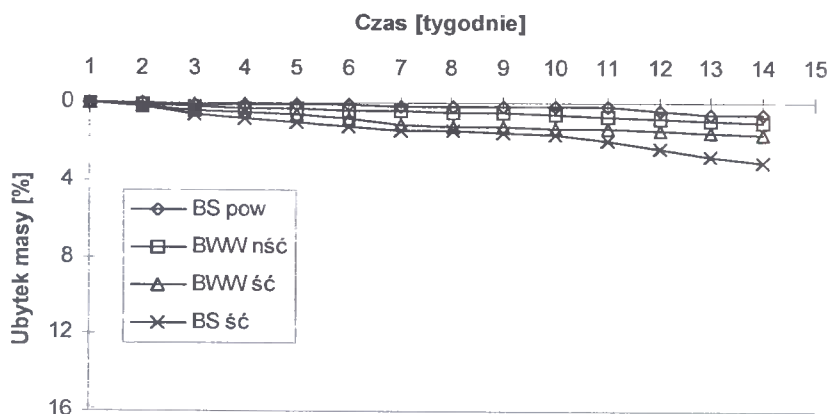
Rys.2. Zmiany stężenia kwasu solnego w kąpeli w funkcji czasu dla 0,25% roztworu kwasu solnego

W kąpielach stwierdzono obecność żelaza, glinu, wapnia, siarczanów i krzemionów, przy czym w kąpielach z próbkami BWW zawartość żelaza ogólnego była dwukrotnie wyższa niż w próbkach BS. Natomiast zawartość wapnia była identyczna.

Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono przebieg zmian masy próbek w kąpielach kwaśnych.



Rys.3. Zmiany masy próbek poddanych działaniu 1% roztworu kwasu solnego w funkcji czasu



Rys.4. Zmiany masy próbek poddanych działaniu 0,25% roztworu kwasu solnego w funkcji czasu

Objawy korozji w betonach BS i BWW w roztworach o stężeniu kwasu 1% i 0,25% były podobne, jednak w kąpielach o stężeniu 0,25% korozja przebiegała znacznie wolniej. Stężenie kwasu solnego w obu kąpielach kwaśnych spadało po 7 dniach praktycznie do zera.

Trwałość betonów określona przez ubytek masy próbek była w przypadku BWW sc około 1,8 razy większa niż w przypadku BS sc zarówno dla próbek poddanych działaniu 1% HCl, jak i dla przetrzymywanych w 0,25% HCl. Dla betonów nieścieranych trwałość BWW w kąpeli 1% HCl była 1,5 razy większa niż BS z powłoką, zaś w kąpeli 0,25% HCl – 1,8 razy mniejsza niż BS pow. Wynika to z faktu, że HCl o niższym stężeniu nie zdołał w czasie badania zniszczyć powłoki antykorozyjnej.

Dwukrotnie większa (w porównaniu z zawartością w roztworach w których przetrzymywano BS) zawartość żelaza ogólnego w kąpielach, w których zanurzono BWW wynika prawdopodobnie z zastosowania bazaltu jako kruszywa do BWW.

Z codziennej obserwacji próbek wynika, że BWW charakteryzuje się bardziej równomiernym ubytkiem masy na całej powierzchni. W przypadku BS występowały wżery oraz wykruszanie się żwiru i piasku, który gromadził się na dnie naczynia.

3.2. Korozja siarczanowa

Ubytek jonów siarczanowych z roztworu siarczanu sodu był niewielki. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Przyrosty mas próbek betonów zanurzonych w kąpeli siarczanowej

Próbka	Przyrost masy [%]
BWW nsc	+0,27
BS nsc	+0,50
BS pow	+0,43

Dla korozji siarczanowej charakterystyczny jest niewielki przyrost masy wszystkich próbek. Można to wytłumaczyć przechodzeniem wodorotlenku wapnia w siarczan wapnia o większym ciężarze cząsteczkowym. Przyrost masy BWW nsc jest 1,85 razy mniejszy od BS nsc i 1,59 razy mniejszy od BS pow. Zjawiska narastania soli Candlota nie stwierdzono ze względu na zbyt krótki czas oddziaływania środowiska korozyjnego.

3.3. Korozja magnezowa

W trakcie badania zaobserwowano powstawanie białego amorficznego osadu wodorotlenku magnezu, początkowo na próbkach BS z powłoką oraz bez niej, a w późniejszym okresie również na próbkach BWW. Różnicę mas próbek przed i po okresie przebywania w kąpeli przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Przyrosty mas próbek betonów zanurzonych w kąpeli magnezowej

Próbka	Przyrost masy [%]
BWW nsc	+0.42
BS nsc	+1.12
BS pow	+1.75

Podczas badania korozji magnezowej stwierdzono wcześniejsze niż dla BWW pojawienie się białego osadu wodorotlenku magnezu na powierzchni próbek BS i BS pow. Wskazuje to na większą podatność BS na ten typ korozji. Potwierdzają to również wyniki badań zmian masy. Przyrost masy próbek BS nsc jest 2,6 razy większy niż BS nsc. Należy zauważyć, że przyrost masy BS pow jest 4,16 razy większy niż BWW nsc.

3.4. Korozja alkaliczna

Nie wystąpiły widoczne uszkodzenia powierzchni próbek.

Zmianę masy próbek w trakcie badania uwidocznilo w tabeli 5.

Tabela 5. Przyrosty mas próbek betonów zanurzonych w kąpeli alkalicznej

Próbka	Przyrost masy [%]
BWW nsc	+0,18
BS nsc	+0,46
BS pow	+0,39

We wszystkich próbkach, po kąpeli alkalicznej, stwierdzono niewielki przyrost masy, co wskazuje na degradację betonu zgodnie z drugim rodzajem korozji. Niewielki przyrost masy próbek wynika z krótkiego czasu badań. Próbki BWW nsc charakteryzują się 2,55 razy mniejszym przyrostem masy niż BS nsc i 2,16 razy mniejszym niż BS pow. Świadczy to o większej odporności BWW na działanie alkaliów.

3.5. Wyniki analiz chemicznych betonów

Po kąpielach w roztworach agresywnych próbki betonów poddano oznaczeniom na zawartość chlorków, siarczanów oraz wartość wykładnika stężenia jonów wodorowych (pH). Wyniki analiz chemicznych próbek przedstawiono w tabelach 7÷11, zaś wyniki analiz próbek zerowych w tabeli 6. Zawartość procentową anionów podano w stosunku do masy użytej do analizy próbki.

Tabela 6. Wyniki analiz chemicznych próbek zerowych

Nazwa próbki	Wartość pH	Zawartość chlorków		Zawartość siarczanów	
		[mg·dm ⁻³]	[%]	[mg·dm ⁻³]	[%]
BWW w. z.	12,30	40,0	0,07	320,0	0,58
	12,40	40,0	0,07	320,0	0,58
BS w. z.	12,22	6,0	0,0011	215,0	0,39
	12,32	4,0	0,00074	180,0	0,32

W normalnych warunkach wyciągi wodne z betonów na bazie cementu portlandzkiego charakteryzują się pH o wartości w granicach 12,3÷12,6. Po kąpielach w kwasie solnym wyciągi wodne z wszystkich próbek wykazywały obniżenie wartości pH zarówno dla wyciągów z warstw zewnętrznych, jak i wewnętrznych.

Tabela 7. Wyniki analiz próbek betonów po kąpieli w 1% kwasie solnym

Nazwa próbki		Wartość pH	Zawartość chlorków		Zawartość siarczanów	
			[mg·dm ⁻³]	[%]	[mg·dm ⁻³]	[%]
BWW nsc	w. z.	11,43	296,0	0,39	580,0	1,03
	w. w.	12,25	136,0	0,17	960,0	1,65
BWW sc	w. z.	11,26	308,0	0,42	585,0	1,03
	w. w.	11,73	154,0	0,21	620,0	1,08
BS nsc	w. z.	10,58	210,0	0,35	60,0	0,06
	w. w.	11,83	168,0	0,25	20,0	0,04
BS sc	w. z.	11,29	328,0	0,44	20,0	0,02
	w. w.	11,94	228,0	0,30	16,0	0,02

Tabela 8. Wyniki analiz próbek betonów po kąpieli w 0,25% kwasie solnym

Nazwa próbki		Wartość pH	Zawartość chlorków	
			[mg·dm ⁻³]	[%]
BWW nsc	w. z.	10,45	230,0	0,37
	w. w.	11,94	98,0	0,15
BWW sc	w. z.	11,96	244,0	0,34
	w. w.	11,85	118,0	0,23
BS sc	w. z.	11,68	148,0	0,27
	w. w.	11,95	120,0	0,21
BS pow nsc	w. z.	11,24	308,0	0,50
	w. w.	12,00	134,0	0,26

Tabela 9. Wyniki analiz próbek betonów po kąpieli w 2% roztworze siarczanu sodu

Nazwa próbki		Wartość pH	Zawartość chlorków		Zawartość siarczanów	
			[mg·dm ⁻³]	[%]	[mg·dm ⁻³]	[%]
BWW nsc	w. z.	12,19	2,0	0,002	360,0	0,66
	w. w.	12,21	2,0	0,002	400,0	0,80
BS nsc	w. z.	12,11	24,0	0,01	290,0	0,51
	w. w.	12,03	12,0	0,005	260,0	0,44
BS pow nsc	w. z.	11,98	14,0	0,008	300,0	0,58
	w. w.	12,01	18,0	0,01	180,0	0,31

Tabela 10. Wyniki analiz próbek betonów po kąpieli w 2% roztworze chlorku magnezu

Nazwa próbki		Wartość pH	Zawartość chlorków		Zawartość siarczanów	
			[mg·dm ⁻³]	[%]	[mg·dm ⁻³]	[%]
BWW nsc	w. z.	12,21	34,0	0,13	360,0	0,61
	w. w.	12,33	32,0	0,11	300,0	0,44
BS nsc	w. z.	11,88	80,0	0,26	80,0	0,12
	w. w.	11,94	33,0	0,09	160,0	0,24
BS pow nsc	w. z.	12,03	120,0	0,41	160,0	0,19
	w. w.	11,86	70,0	0,24	84,0	0,16

Tabela 11. Wyniki analiz próbek betonów po kąpeli w 1% roztworze wodorotlenku sodu

Nazwa próbki		Wartość pH	Zawartość chlorków		Zawartość siarczanów	
			[mg·dm ⁻³]	[%]	[mg·dm ⁻³]	[%]
BWW nsc	w. z.	12,18	30,0	0,11	650,0	1,15
	w. w.	12,19	40,0	0,09	440,0	0,80
BS nsc	w. z.	11,73	30,0	0,08	170,0	0,30
	w. w.	12,07	20,0	0,06	84,0	0,14
BS pow nsc	w. z.	12,30	13,0	0,04	160,0	0,28
	w. w.	11,69	7,0	0,02	86,0	0,16

W obu warstwach wzrosła również znacznie zawartość chlorków. Zawartość chlorków w betonach zanurzonych w 1% roztworze HCl jest większa niż w odpowiednich próbkach przetrzymywanych w 0,25% roztworze kwasu. Stosunkowo wysokie pH warstwy zewnętrznej po kąpeli w kwasie solnym wynikają z faktu, iż wystąpił znaczny jej ubytek (po wyjęciu z kąpeli zewnętrzna warstwa próbek odpadła). Zmiany zawartości siarczanów w betonach po kąpielach kwaśnych wynikają prawdopodobnie z przejścia siarczanów w formy łatwiej rozpuszczalne, które w przypadku BS ulegają wymyciu (stąd ich niższa zawartość w porównaniu z próbką zerową).

W próbkach betonu BWW i BS poddanych korozji siarczanowej nastąpiło zwiększenie zawartości siarczanów. Wartości pH wyciągów wodnych były wyższe od próbek zanurzonych w kwasie solnym.

Zaobserwowano wzrost zawartości chlorków w betonach standardowych przetrzymywanych w roztworze chlorku magnezu.

W próbkach poddanych działaniu kąpeli alkalicznej zaobserwowano wzrost zawartości siarczanów w przypadku betonu BWW, natomiast obniżenie ich zawartości w próbkach BS. Ilość chlorków nieznacznie wzrosła w betonie BS.

4. WNIOSKI

1. Trwałość próbek określona ubytkami masy korodujących elementów, w przypadku agresji kwaśnej była dla betonów BWW większa od BS. W przypadku korozji siarczanowej, magnezowej i alkalicznej BWW charakteryzują się najmniejszymi przyrostami masy, a więc większą odpornością od BS.
2. Próbkki betonu wysokowartościowego BWW i standardowego BS po kąpeli w 2% roztworze Na₂SO₄, 2% roztworze MgCl₂ i 1% roztworze NaOH posiadają wartość pH zbliżoną do 12. Wartość pH poniżej 12 wykazują próbki betonu BWW i BS po kąpeli w 1% i 0,25% roztworze kwasu solnego.
3. Porównując wyniki badania zawartości jonów chlorkowych w próbkach betonu wysokowartościowego i standardowego, obserwuje się najwyższe ich wartości po kąpielach w 0,25% i 1% roztworze HCl oraz 2% roztworze MgCl₂. Śladowe ilości jonów chlorkowych zawierają próbki BWW i BS po kąpeli w 2% roztworze Na₂SO₄.

- 4 Próbki BWW po kąpieli w 1% roztworze HCl, 2% roztworze $MgCl_2$, 1% roztworze NaOH i 2% roztworze Na_2SO_4 zawierają większe ilości jonów siarczanowych niż próbki BS. Warstwy wewnętrzne próbek BWW zawierają więcej jonów siarczanowych niż zewnętrzne.

LITERATURA

- [1] Gruener M.: Korozja i ochrona betonu. Arkady, 1983.
- [2] Wiśniewski Z., Ferens-Budzyńska M. i Baj F.: Wpływ niektórych domieszek na cechy techniczne betonów wysokowartościowych. Materiały z sesji naukowej. Aktualne problemy budownictwa, Bydgoszcz, 1998.
- [3] Materiały badawcze KİŚiW ATR w Bydgoszczy.
- [4] Instrukcja 125 Wytoczne badania konstrukcji kablobetonowych w obiektach eksploatowanych. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa, 1972.

TESTING OF CORROSION RESISTANCE OF HIGH STRENGTH AND ORDINARY CONCRETE

Summary

This paper demonstrates the results of preliminary tests of resistance of concrete to impact of acidic, alkaline, magnesium and sulphate environment. The advancement of corrosion in ordinary (BS) and high performance (BWW) concrete has been compared.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Kazimierz Braun

Maria Wesołowska

WYKORZYSTANIE POMIARÓW WIELKOŚCI ELEKTRYCZNYCH DO OCENY KINETYKI PODCIĄGANIA KAPILARNEGO

W pracy zaprezentowano wykorzystanie bezpośrednich pomiarów wielkości elektrycznych jako metodę oceny prędkości podciągania kapilarnego w ciałach porowatych na przykładzie cegły ceramicznej pełnej.

1. WPROWADZENIE

W materiale kapilarno-porowatym wypełnionym wodą, przy granicy rozdziału dwóch faz powstaje obszar, w którym natężenie pola elektrycznego ma wartość różną od zera. Źródłem tego pola jest nadmiarowy ładunek elektrycznie naładowanych cząstek – jonów i zorientowanych dipoli. Obszar ten nosi nazwę podwójnej warstwy elektrycznej [1]. Schematyczną strukturę podwójnej warstwy elektrycznej przedstawiono na rysunku 1.

Można tutaj wyróżnić:

- obszar, w którym znajdują się zdehydratyzowane jony, przylegające bezpośrednio do ciała stałego,
- nieruchomą warstwę, zbudowaną z jonów hydratyzowanych silnie związaną siłami elektrostatycznymi i siłami Van der Waalsa (warstwa Sterna),
- warstwę dyfuzyjną, zbudowaną z hydratyzowanych jonów, związanych jedynie przez siły elektrostatyczne i podlegających dyfuzji w wyniku ruchu cieplnego (warstwa Gouya).

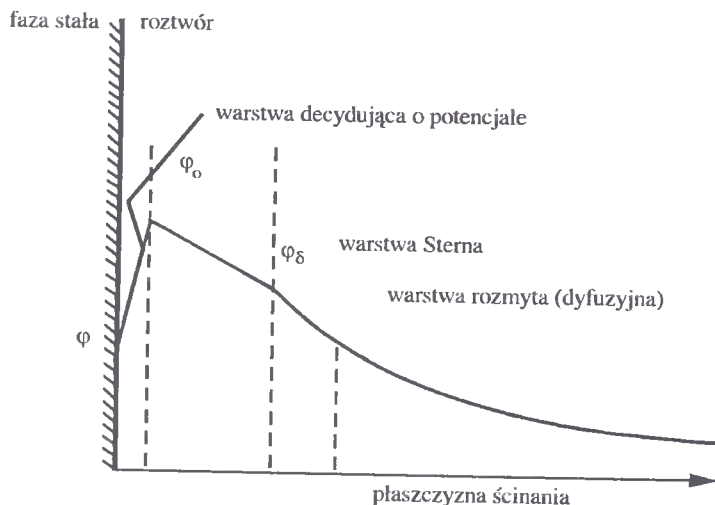
W trakcie ruchu fazy ciekłej względem fazy stałej, wewnątrz roztworu powstaje płaszczyna ścinania. Między rozdzielonymi warstwami powstaje napięcie zwane potencjałem elektrokinetycznym: ciało stałe i związana z nim warstwa ładuje się przeciwnie w stosunku do poruszającej się cieczy. Jednocześnie poruszająca się ciecz niesie ze sobą jony warstwy dyfuzyjnej, co prowadzi do wytworzenia się różnicy potencjałów między końcami kapilar [4]. Zjawisko to nosi nazwę potencjału przepływu. Jego wielkość dla pojedynczej kapilary wyraża wzór Smoluchowskiego [3]:

$$E = \frac{\zeta PD}{4\pi\eta\kappa} \quad (1)$$

gdzie:

E – potencjał przepływu,

- ζ – potencjał elektrokinetyczny,
 η – lepkość cieczy,
 κ – przewodność właściwa,
 D – stała dielektryczna,
 P – ciśnienie kapilarne,



Rys. 1. Struktura podwójnej warstwy elektrycznej

Występujące we wzorze parametry cieczy: lepkość i przewodność właściwa oraz ciśnienie kapilarne zależne są od temperatury [1]. W konsekwencji potencjał przepływu zależny jest od temperatury. Wprowadzając ogólne zależności temperaturowe oraz ciśnienie kapilarne wg równania [1]:

$$P = \frac{2\sigma \cos \Theta}{r} \quad (2)$$

otrzymujemy:

$$E(t) = \frac{D\zeta}{2\pi r} \frac{\sigma(t) \cos \Theta(t)}{\eta(t)\kappa(t)} \quad (3)$$

gdzie:

- Θ – kąt zwilżania,
 σ – napięcie powierzchniowe cieczy,
 r – promień kapilary.

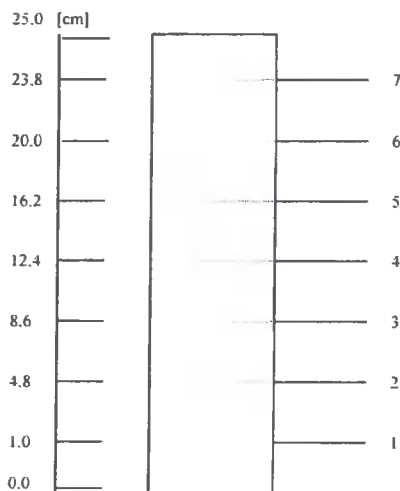
Analizując ogólnie przyjęty model ciała kapilaro-porowatego w postaci wiązki kapilar o różnych promieniach, przy podciąganiu kapilarnym należy spodziewać się wystąpienia potencjału przepływu, którego wartość będzie można określić na podstawie bezpośredniego pomiaru napięcia stałego.

2. OPIS BADAŃ

W celu zweryfikowania założeń teoretycznych przeprowadzono cykl badań laboratoryjnych na próbkach ceglanych o wymiarach 6,0 x 6,5 x 25,0 cm. Próbki wykonano z cegły ceramicznej pełnej o następujących właściwościach fizycznych:

- gęstość pozorną: 1680 kg/m³,
- nasiąkliwość wagowa: 14%.

Uformowane metodą plastyczną próbki poddano naturalnemu suszeniu przez okres 21 dni, a następnie wypalono w temperaturze 960°C. Przed wysuszeniem i wypaleniem, w próbkach umieszczono sondy, wykonane z drutu grzejnego o średnicy 1,1 mm. Głębokość zatopienia sond: 5,5 cm. Rozmieszczenie sond wg rysunku 2.



Rys.2. Rozmieszczenie sond pomiarowych w próbce (scan)

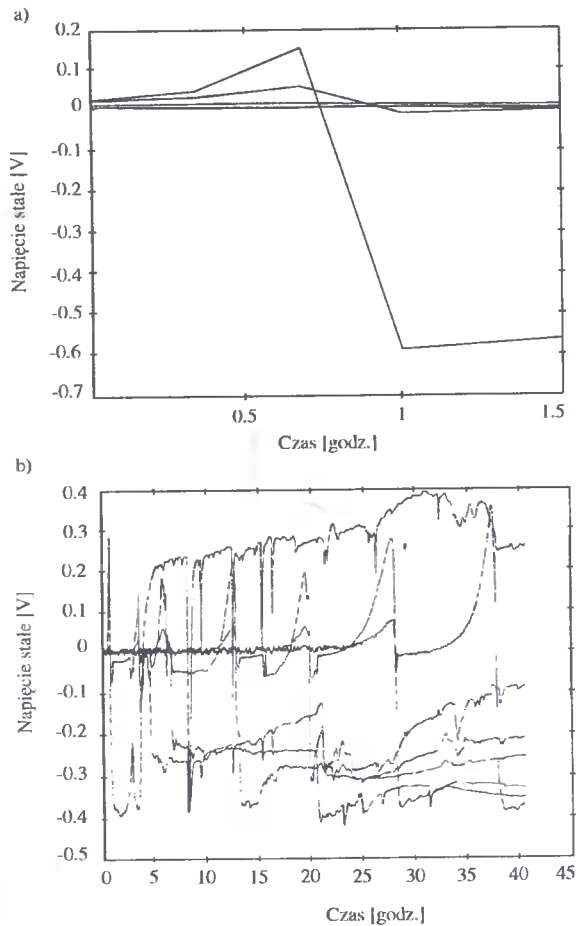
W celu zapewnienia jednokierunkowego przepływu na powierzchniach bocznych próbek wykonano wodoszczelną izolację w postaci jednej warstwy żywicy akrylowej Epidian 51. Przez cały okres badania zapewniono stały kontakt dolnej powierzchni próbki z wodą.

- Pomiar potencjału wykonano wysokiej klasy multimetrem FLUKE 45 o rozdzielczości do 1 mV \pm 0,02%. Do monitorowania zmian temperatury w okresie pomiarów wykorzystano rezystancyjny półprzewodnikowy czujnik temperatury, umieszczony bezpośrednio na badanej próbce. Procesem pomiarów sterował komputer PC PENTIUM 75 a przygotowane do obsługi pomiarów oprogramowanie MATLAB umożliwiało ogląd zmian każdej z mierzonych wielkości w każdym punkcie lub we wszystkich punktach pomiarowych jednocześnie. Dodatkowo prowadzona była rejestracja przyrostu masy próbek, z dokładnością ważenia 0.2 g. W trakcie trwania eksperymentu prowadzono ciągłą rejestrację wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniu termohigrografem THG-26N. Rejestracja wielkości potencjału i zmian temperatury odbywała się co 20 minut, a kontrolę masy próbek prowadzono odpowiednio:

- ⇒ w pierwszej dobie – co 1 godz.,
- ⇒ w kolejnych trzech dobach – co 6 godz.,
- ⇒ w pozostałym czasie – co 24 godz.,
- Badania podzielono na dwa etapy:
 - ⇒ Etap I – badania wstępne, przeprowadzone na trzech próbkach obejmujące sprawdzenie powtarzalności wyników pomiarów,
 - ⇒ Etap II – badania podstawowe, weryfikujące wstępne założenia teoretyczne.

3. WYNIKI BADAŃ

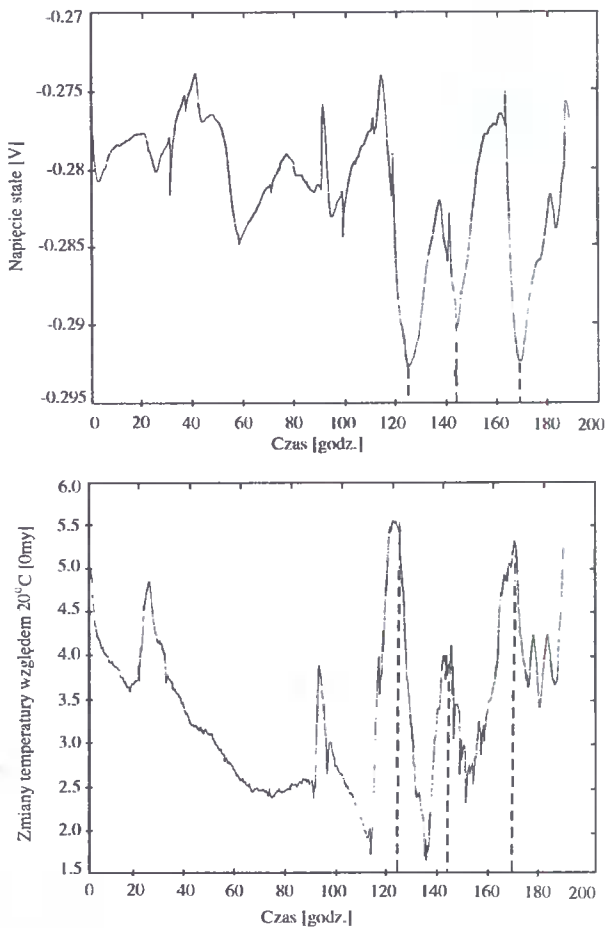
Zmierzone wartości napięcia stałego na sondach pomiarowych w próbce suchej oscylują wokół 0 (rys.3a).



Rys.3. Przebieg zmian potencjału w początkowej fazie pomiarów: a) w pierwszych 90 minutach, b) w ciągu pierwszych 40 godzin

Dotarcie wody do sondy pomiarowej powoduje wyraźny skok potencjału o wartość 400÷600 mV (rys.3a, b), określając w ten sposób dokładnie czas osiągnięcia przez czoło wilgoci danego poziomu pomiarowego.

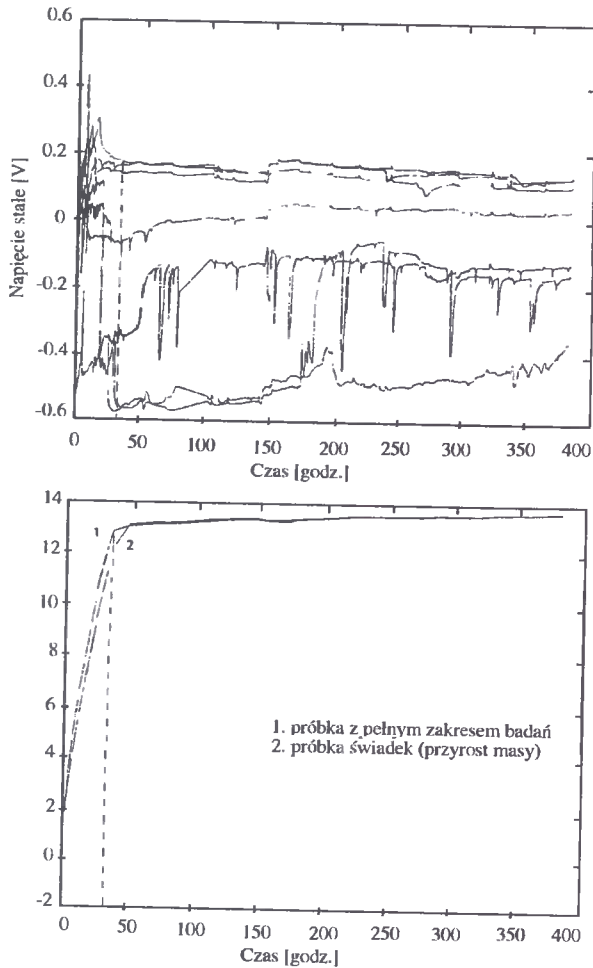
Prowadzona równoległe rejestracja zmian temperatury wykazała jej związek z wartością potencjału: dobowe oscylacje temperatury powodują zmiany wartości badanych potencjałów (rys.4).



Rys.4. Wpływ dobowych oscylacji temperatury na przebieg potencjału w 6 punkcie pomiarowym w okresie $\tau = 1250 \div 1450$ h cyklu

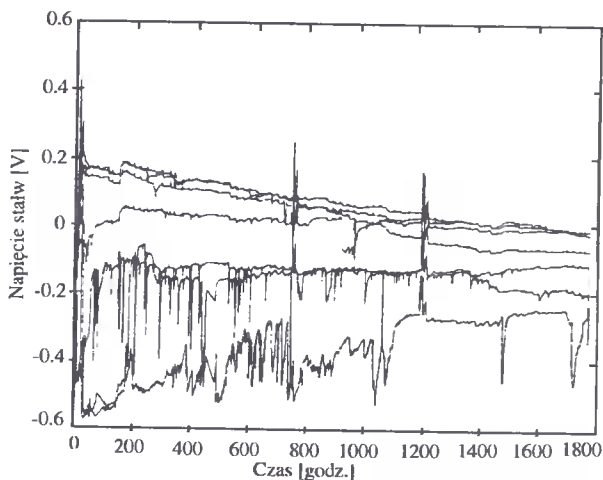
Stwierdzony wpływ temperatury znajduje potwierdzenie w wyprowadzonej zależności (3). Równoległe prowadzona kontrola przyrostu masy wykazała zbieżność z przebiegiem potencjału w badanej próbce (rys.5). Widoczny na wykresie szybki przyrost wilgotności, od 0% do 12.8% w pierwszych 30 godzinach pokrywa się z osiągnięciem przez wodę 7 poziomu pomiarowego, a w konsekwencji górnej, nieizolowanej powierzchni próbki. Druga część wykresu wilgotności (od 30-tej godziny) obrazuje powolny przyrost masy próbki. Wilgotność próbki zmierza asymptotycznie do wartości

nasiąkliwości wagowej (rys.5b) i w 900 godzinie cyklu pomiarowego stabilizuje się (masę próbki) uznano za ustabilizowaną, jeżeli w kolejnych trzech dobach nie uległa przyrostowi $\geq 0.2g$).



Rys.5. Przebieg potencjałów w poszczególnych punktach pomiarowych i wilgotności próbki w pierwszych 380 godzinach cyklu pomiarowego

Natomiast stabilizacja wartości potencjałów w badanej próbce nastąpiła po 1500 godzinach i utrzymywała się do końca cyklu pomiarowego (rys.6).



Rys.6. Przebieg potencjałów w poszczególnych punktach pomiarowych w czasie całego cyklu pomiarowego

4. PODSUMOWANIE

Otrzymane rezultaty sugerują możliwość wykorzystania bezpośredniego badania potencjału do jakościowej analizy kinetyki podciągania kapilarnego w warunkach laboratoryjnych. Na ich podstawie można określić prędkość przemieszczania się czoła wilgoci oraz czas, w którym następuje stabilizacja przepływu.

W najbliższym czasie opisana metoda pomiarowa zostanie sprawdzona pod kątem możliwości jej zastosowania do laboratoryjnej oceny sposobów osuszania zawilgoczonych murów.

LITERATURA

- [1] Adamson A. W.: Chemia fizyczna powierzchni. PWN, Warszawa, 1980.
- [2] Basiński A.: Zarys fizykochemii koloidów. PWN, Warszawa, 1957.
- [3] Brdička R.: Podstawy chemii fizycznej. PWN, Warszawa, 1970.
- [4] Trajan I.: Fizyka dla przyrodników. PWN, Warszawa, 1975.

USING ELECTRIC QUANTITIES MEASUREMENTS FOR ASSESSMENT OF KINETICS OF CAPILLARY PULLING UP

Summary

Using direct measurements of electric quantities has been presented in this work as a method of assessment of pulling up velocity in porous substances with a brick as an example.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Piotr Klemm
Politechnika Łódzka

Andrzej Dylla

WŁAŚCIWOŚCI FIZYKALNE I TRWAŁOŚĆ DOCIEPLONYCH PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH

W pracy oceniono skuteczność przyjętych w praktyce sposobów ochrony cieplej i wilgotnościowej przegrody budowlanej zewnętrzną warstwą osłaniającą. Podano szczegółowe zasady projektowania wentylowanej szczeliny powietrznej w przegrodach zewnętrznych trójwarstwowych.

1. UWAGI OGÓLNE

Ostatnie lata w budownictwie polskim charakteryzują znaczne rozmiary prac docieplających, najczęściej od strony zewnętrznej elewacji budynków mieszkalnych i usługowych. Akcja docieplania mieszkań, zupełnie zrozumiała i uzasadniona względami ekonomicznymi, może budzić wątpliwości w zakresie technologicznym i konstrukcyjnym – również co do jakości i trwałości używanych materiałów budowlanych, a przede wszystkim skutków fizykalnych dla przegrody wynikających z zastosowania określonej metody docieplania.

Na rynku dominują prawie wszystkie lekkie metody mocowania na elewacjach płyt styropianowych czułych na klawiszowanie i ugięcia pokrywanych następnie cienką warstwą tynku zewnętrznego o wątpliwej długotrwałości bądź oblicówką z tworzyw sztucznych.

Tego rodzaju technologia, być może bardziej zasadna na budynkach wielokondygnacyjnych, wydaje się zupełnie nie trafiona na obiektach niskich – domach jednorodzinnych itp. Równocześnie coraz częściej, wymieniona wyżej, lekka metoda docieplania przegród, zagościła jako trwały sposób wykonywania ścian zewnętrznych budynków nowowznoszonych, traktowana jako swoista, ostatnia faza robót wykończeniowych – elewacyjnych.

2. FIZYKALNE UWARUNKOWANIA NIEKTÓRYCH METOD DOCIEPLEŃ ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

Działania zmierzające do oszczędzania energii wypromowały przegrody o niskich wartościach współczynnika przenikania ciepła oraz dużej szczelności. Taki sposób postępowania spowodował pojawienie się w krajach północnej Europy, USA i Kanadzie

domów szkieletowych drewnianych, w których drewno w ścianie konstrukcyjnej zewnętrznej zostało obudowane od strony pomieszczenia barierą powietrznoszczelną oraz najczęściej dodatkowo paroizolacją – warstwą opóźniającą i ograniczającą przenikanie pary wodnej dyfundującej na zewnątrz na skutek różnicy ciśnień.

W konsekwencji tych działań pojawił się problem niedostatecznego zwentylowania pomieszczeń – prowadzący do obniżenia jakości powietrza wewnętrznego – a przez to zagrożenia zdrowia i bezpieczeństwa mieszkańców. Współczesne drewniane domy szkieletowe są dlatego obligatoryjnie wyposażone w system wentylacji mechanicznej sterowanej ręcznie lub automatycznie, pozwalającej na co najmniej 1/2-krotną wymianę powietrza na godzinę w pomieszczeniu w sezonie grzewczym [4].

Takiej wentylacji brakuje w domach polskich, docieplanych warstwami styropianu, który jest swoistym opóźniaczem pary, generującym porównywalny do typowych paroizolacji opór dyfuzyjny. Płyta grubości 12 cm (aktualnie obowiązuje wymóg obniżenia k_{\max} w domkach jednorodzinnych do 0,3 W/(m²K)) posiada opór dyfuzyjny 100 m²·h·hPa/g zbliżony do oporu dyfuzyjnego papy asfaltowej z obustronną powłoką (120 m²·h·hPa/g) a nawet wyższy od powłoki z folii etylenowej (66 m²·h·hPa/g) [3].

Mieszkania oraz domy oddzielane od atmosfery coraz grubszymi warstwami styropianu stają się faktycznie prawie całkowicie szczelne na przenikanie pary wodnej. Można z dużym przybliżeniem określić, że strumień pary wodnej dyfundującej przez takie przegrody nie przekracza 1 – 5% całości wytworzonej w mieszkaniu wilgoci (8 – 20 l w ciągu doby dla przeciętnej rodziny). Całą resztę powinien odprowadzić sprawny system wentylacji, a przy zastosowaniu nowych, szczelnych okien – system wentylacji mechanicznej, która usuwa zanieczyszczenia, dostarczając świeżego powietrza potrzebnego zarówno do życia mieszkańców, jak i niezbędnego w procesie spalania i wytwarzania ciągu w kanałach kominowych oraz utrzymywania wilgotności pomieszczeń na pożądanym poziomie.

Znacznie korzystniejsze właściwości wilgotnościowe wykazują płyty i maty wiórkowo – cementowe z wełny mineralnej i z włókna szklanego (opór dyfuzyjny tych materiałów relatywnie mniejszy od styropianu odpowiednio 31, 40 i 60 razy). W ścianach ocieplonych tymi materiałami, o ile nie zastosowano równocześnie warstw paroizolacyjnych – co jest w pełni uzasadnione dla pomieszczeń suchych i średniowilgotnych – ma miejsce naturalny ruch wilgoci do powietrza atmosferycznego. Ściana oddycha. Komfort cieplny wnętrza może więc zostać zachowany przy utrzymaniu tradycyjnych sposobów wentylacji grawitacyjnej.

W krajach zachodnich do izolowania termicznego ścian zewnętrznych i dachów stosuje się najczęściej wełny mineralne bądź waty szklane. Materiały te, dostępne w postaci rulonów lub miękkich mat, płyt sztywnych lub półsztywnych mogą mieć również postać sypką do nasypywania lub wdmuchiwania między warstwy ścienne. Izolacje piankowe i styropianowe służą zasadniczo do ocieplania ścian fundamentowych lub jako izolacja obwodowa płyt fundamentowych układanych na gruncie.

Uważniejsze odczytanie podanych w załączniku 2 normy [3] zasad projektowania przegród pod względem wilgotnościowym potwierdza powyższe spostrzeżenia, lecz sposób określania wymagań w tym zakresie jest niejasny i dalece niewystarczający. Mówi się „że „warstwy o dużym oporze dyfuzyjnym (pokrycia papowe, blacha, szkło itp.) należy stosować z pozostawieniem szczeliny powietrznej wentylowanej” (wymaganie 2 normy [3]). Gruba warstwa styropianu, posiadająca znaczny opór dyfuzyjny, zastosowana we wnętrzu przegrody, powinna być więc również wentylowana od stro-

ny wnętrza pomieszczenia (utrudnia to bowiem zasadniczo przepływ wilgoci), sprzyjając kondensacji wewnętrznej. Tego norma nie uściśliła.

Zastrzeżenia budzi sformułowanie wymagania normy [3] odnoszące się do przegród trójwarstwowych z izolacją termiczną między dwiema warstwami konstrukcyjnymi lub okładzinowymi, abstrahujące od wielkości oporu dyfuzyjnego izolacji termicznej przegrody. Wymaganie to nie powinno dotyczyć ścian szkieletowych drewnianych, które jak powiedziano wyżej, zgodnie z tendencjami światowego budownictwa, powinny być od wnętrza w każdym przypadku chronione izolacją paroszczelną.

3. WENTYLOWANIE ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ

Pojawienie się na rynku szerokiego asortymentu elewacyjnych kształtek ceramicznych oraz powrót do pewnej tradycyjnej surowej faktury zewnętrznej budynku, w powiązaniu ze współczesnymi warunkami technicznymi wymagają nowych badań i modyfikacji ścian warstwowych zarówno ceramicznych, betonowych – ciężkich, jak i lekkich szkieletów drewnianych obudowanych licówką ceramiczną.

W obu przypadkach niezbędne staje się wykonanie pod warstwą faktury ceramicznej szczeliny powietrznej połączonej systemem otworów z powietrzem atmosferycznym.

Mamy tu do czynienia z pewnym skomplikowaniem ruchem wilgoci w przegrodzie. Nakładają się bowiem dwa niezależne zjawiska dyfuzji, a więc przemieszczania się pary wodnej przez przegrodę w kierunku zewnętrznym, w stronę powietrza o mniejszej ilości wilgoci – mniejszym ciśnieniu cząstkowym. Szczelina „skomunikowana” z powietrzem zewnętrznym kończy proces dyfuzji i służy do odprowadzenia wilgoci do atmosfery. W warstwie fakturowej zachodzi inne złożone zjawisko – przecieki deszczu, włączanego wiatrem przez nieszczelności w zaprawie spoin, a także na skutek mechanizmu ruchu kapilarnego w ceramice faktury.

W neutralizowaniu negatywnego wpływu tych zjawisk na stan wilgotnościowy całej przegrody szczelina wentylowana odgrywa zasadniczą rolę, chociaż jej parametry techniczne powinny być w obu przypadkach nieco inne. O grubości szczeliny, sposobie połączenia z powietrzem atmosferycznym mogą decydować wzajemne ilościowe relacje wilgoci dyfuzyjnej z wnętrza i przedostającej się z atmosfery poprzez warstwę fakturową.

Ściany warstwowe prowadzące znaczny strumień wilgoci (bez paroizolacji, z materiałów o niskich oporach dyfuzyjnych) wymagają szczeliny o znacznie większej grubości (zwykle ≥ 4 cm), połączonej dołem i górami z atmosferą licznymi otworami umożliwiającymi intensywną wymianę powietrza. Łączna powierzchnia (przekrój) tych otworów powinna wynosić około 1/1500 (0,7‰) powierzchni całej ściany [1]. Tak określone wymagania wydają się być rozsądne (przykładowo dla szczeliny 4 cm oraz ściany wysokości 1 kondygnacji [3 m] powierzchnia otworów wynosi dołem i górami po 10 cm²/mb ściany) w przeciwieństwie do zaleceń normy [3] (wymaganie 2, załącznik 2) trudnych do spełnienia dla licówek ceramicznych opartych na konstrukcji budynku.

Uszczelnienie warstwy wewnętrznej przegrody wraz z zastosowaniem paroizolacji (np. ściana dziełowa drewniana) pozwala na zamianę konstrukcji szczeliny wentylowanej. Strumień wilgoci dyfuzyjnej jest wtedy znacznie ograniczony. Celowym staje się przeciwdeszczowe ekranowanie przegrody, które polega między innymi na

zmniejszenie grubości szczeliny do 2,5 cm, zamknięciu szczeliny w górnej jej części i podziale na szczelne sekcje wzdłuż przegrody z pozostawieniem ograniczonej ilości otworów dolnych.

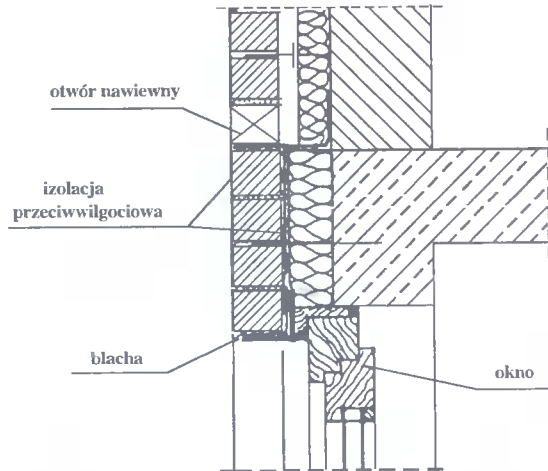
Wiatr wdmuchuje przez te otwory powietrze, powodując wzrost ciśnienia w szczelinie. Wyrównanie ciśnień po obu stronach warstwy fakturowej znacznie ogranicza przenikanie wilgoci do wnętrza przegrody.

W ten sposób wyjaśnić można zasadnicze różnice w budowie i parametrach geometrycznych szczelin wentylacyjnych, zależnych bezpośrednio od struktury warstw przegrody.

Wydaje się rzeczą istotną, dla uniknięcia zasadniczych błędów fizykalnych we wznoszonych budynkach, dokładniejsze sprecyzowanie wymagań normowych w tym zakresie, poprzedzonych stosownymi badaniami.

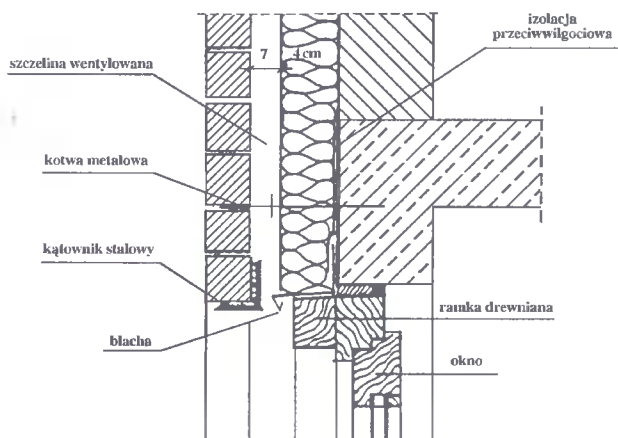
Szczególnej staranności wymaga wykonanie obrzeży ściany zewnętrznej w miejscach osadzania stolarki. Publikowane rozwiązania dla ścian warstwowych ceramicznych, z reguły przewidują na wysokości nadproża oraz wieńca stropowego a także węgarzków pionowych dosunięcie warstwy fakturowej do konstrukcji wewnętrznej z zaniechaniem szczeliny wentylowanej [1], [2].

Nadproże, wymurowane z cegieł licowych na profilu ze stali z powłoką antykorozyjną, powinno posiadać izolację przeciwilgociową, ułożoną na konstrukcji podtrzymującej w sposób pozwalający na odprowadzenie przedostającej się przez warstwę licową wody (rys.1).



Rys.1. Okno w ścianie zewnętrznej trójwarstwowej

Mankamenty takiego rozwiązania można usunąć przez rozdzielenie warstw w ścianie w sposób podany na rysunku 2, wypróbowany przez autora w praktyce. Użytkuje się przez to łatwe wietrzenie od dołu szczeliny wentylacyjnej oraz trwałość konstrukcji nadproża



Rys.2. Okno w ścianie zewnętrznej trójwarstwowej wg autora

LITERATURA

- [1] Schild E., Oswald R., Rogier D., Sweikert H., Schnapauff V.: Słabe miejsca w budynkach. Tom II – Ściany zewnętrzne i otwory na stolarkę. Arkady, Warszawa, 1982.
- [2] Dietz A.: Dwelling house construction. Cambridge, Massachussets, M.I.T. Press 1991.
- [3] PN-91/B-02020: Ochrona cieplna budynków.
- [4] Humidity, Condensation and Ventilation in Houses Building, Science Insight. Seminar, X, XI, 1983, NRCC 23293, Ottawa Canada, National Research Council 1984, s.66.

PHYSICAL PROPERTIES AND DURABILITY OF WARMER OUTER PARTITIONS

Summary

In the work, effectiveness of accepted in design practice ways of heat and humidity protection in building partition with outer shield layer, detailed principles determination of space in three-layered outer walls were given.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Roman Orłowicz
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski

Andrzej Frydryszak
Jan Klugiewicz

BEZODKRYWKOWE WYKONANIE RUROCIĄGU POD KANAŁEM BYDGOSKIM METODĄ GRUNDOJET 1500

W pracy omówiono różne sposoby podziemnego wykonywania rurociąarów, kabli i kanałów kanalizacyjnych pod przeszkodami (np. rzekami). Zaprezentowano metodę Grundojet i praktyczne jej zastosowania w Bydgoszczy pod ulicą i Kanałem Bydgoskim. Podano dane o uzyskanych efektach ekonomicznych i przyspieszenia wykonania rurociąagu.

1. WSTĘP

W inżynierii sanitarnej i wodnej, a także w melioracjach, gazownictwie, energetyce i telekomunikacji zachodzi często konieczność budowy rurociąarów, kanałów, kabli podziemnych w trudnych warunkach hydrogeologicznych i pod różnego rodzaju przeszkodami znajdującymi się na ich trasie.

Dotychczas dość powszechnie stosowane były metody odkrywkowe, polegające na uprzednim wykonaniu systemów odwadniających, prac rozbiórkowych nawierzchni oraz wykonaniu robót ziemnych i ubezpieczających ściany wykopów. Potem dopiero można położyć przewód (np. znacznie zagłębiony kanał kanalizacyjny), wykonać próby szczelności oraz zabezpieczyć go antykorozyjnie. Kolejnymi czynnościami było zasypanie wykopu gruntem i odpowiednio jego zagęszczenie, usunięcie umocnień i systemu odwadniającego oraz założenie nawierzchni i przywrócenie stanu ulicy do wymagań ruchu.

Charakterystyczną cechą tradycyjnej metody są duże koszty i powolny postęp robót oraz dezorganizacja ruchu drogowego, kolejowego i pieszego. Ponadto odwodnienia mogą prowadzić do sufozji oraz osiadań i uszkodzeń budynków, budowli itp.

Celem niniejszego artykułu jest omówienie sterowanych, podziemnych przewiertów metodą GRUNDOJET. Podane zostaną praktyczne efekty jej zastosowania w 1997 r. przy budowie kanału kanalizacyjnego pod ulicą i Kanałem Bydgoskim.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA METOD BEZODKRYWKOWEGO WYKONYWANIA PRZEWODÓW W GRUNCIE

W zależności od średnicy przewodu kablowego, wodociągowego lub kanału kanalizacyjnego, czy tunelu na szlaku metra stosowane były metody przecisku, przebijania, wierceń poziomych tunelowe i tarczowe.

Metoda przecisku bywa stosowana, gdy grunt w naturalnych warunkach jest suchy lub też został sztucznie odwodniony (zespołem igłofiltrów, igłostudni, studni). W tym celu wykonuje się wykop nieco poniżej trasy planowanego przejścia rurociągiem. Umacnia się ścianę stanowiącą opór dla dźwigników (pras hydraulicznych) wciskających odcinki rur (stalowe lub żelbetowe), z których pierwsza wyposażona jest w nóż stalowy o średnicy nieco większej, celem zmniejszenia tarcia wciskanych rur. Urobek gruntu z wnętrza rury bywa usuwany ręcznie i wywożony wózkami, a gdy średnica rury jest mniejsza od 800 mm stosuje się specjalne urządzenia (czerpaki, świdry spiralne) wprowadzane do wnętrza rury przy pomocy skręcanych odcinków żerdzi. Wciskane rury stalowe mogą być osłonowymi, w które wprowadza się przewody stalowe zabezpieczone antykorozyjnie bądź z tworzyw sztucznych o długości ok. 15 m. Jeżeli są wciskane rury żelbetowe (nawet na długość ok. 100 m), wówczas zamiast noża stosuje się tarczę, za nią dźwigniki, a kolejne dźwigniki dociskają stalową konstrukcję opartą na ostatniej rurze żelbetowej. Dużym ułatwieniem jest wtłoczenie cieczy tiksotropowych (np. uwodnionego bentonitu) w szczelinę między zewnętrzną ścianą wciskanej rury a gruntem, co zmniejsza tarcie i siły nacisku dźwigników. W byłym ZSRR stosowano metodę wibropróżniową. Wymaga ona wykonania sztyków na początku i na końcu odcinka. Przyrząd wibracyjnopróżniowy jest wyposażony w zaostrzoną krawędź stalową stanowiącą nóż. Za nim jest ok. 1,5 m długości rura, którą dociska za pomocą wciągarki odpowiedni układ lin. Włączony przyrząd wytwarza warstewkę wody na styku z gruntem zmniejszającą tarcie oraz próżnię, którą wsysa w grunt i przesuwa go do przodu. Umożliwia to zakładanie następnych elementów żerdzi umocowanych z głowicą rury. Powoduje to powstanie kołowego otworu z silnie zagęszczonymi ściankami. Następnie w otwór ten wprowadza się odpowiednią rurę.

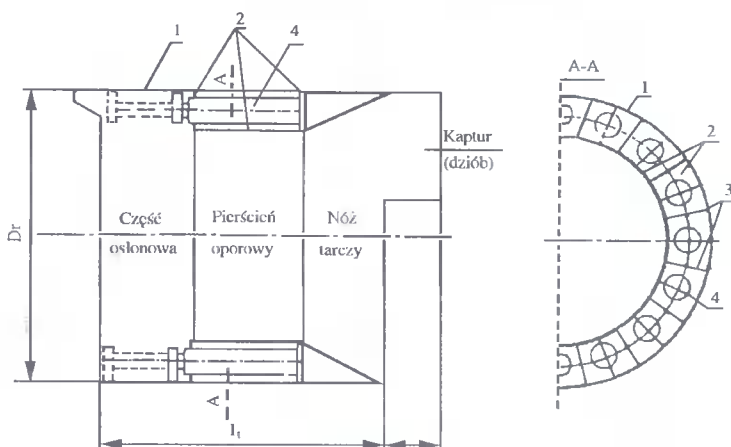
Metoda tunelowa znalazła najszersze zastosowanie w górnictwie przy budowie chodników (sztolni). Realizuje się ją na całej powierzchni (1,5 – 15,0 m²) przekroju poprzecznego wraz z zabezpieczeniem ścian i stropów chodników obudową tymczasową. Stanowią ją trapezowe ramy rozstawione co 1,0 m lub gęściej (przy większym parciu gruntu – gdy nie stosuje się podchwytów) a poszycie wykonane jest z desek (klepek) o grubości 5 cm wprowadzane za te ramy. Najczęściej stosowanym materiałem jest drewno, rzadziej stal lub żelbet.

Bourel w 1825 r. zastosował metodę tarczową przy budowie tunelu pod Tamizą w Londynie. Z biegiem lat wprowadzano różne ulepszenia tej metody, m. in. zastąpiono kształt prostokątny kołowym. Nadal stosuje się ją również przy budowie tuneli kolejowych, drogowych, kanałów kanalizacyjnych oraz tuneli na szlaku metra.

Metoda tarczowa wymaga odwodnienia lub wprowadzenia sprężonego powietrza dla uniemożliwienia napływu wody, lecz są to zabiegi kosztowne i zmniejszające tempo robót.

Optymalne warunki stosowania metody tarczowej są wówczas, gdy przekrój poprzeczny jest kołowy a długość odcinka wynosi około 1000 m. Po wykonaniu pracy tarcza powinna być zdemontowana, poddana generalnemu remontowi. Zaleca się aby koszty remontu wliczone zostały do kosztów zrealizowanego odcinka.

Schemat tarczy podano [3] na rysunku 1. Składa się ona z części osłonowej w postaci cylindrycznej powłoki stalowej (1) o grubości 20 ± 25 mm. Środkową część stanowi pierścień oporowy, który posiada w części przedniej tzw. nóż tarczy służący do urabiania gruntu, załadowywania i odwożenia go w kierunku przeciwnym do drążenia.

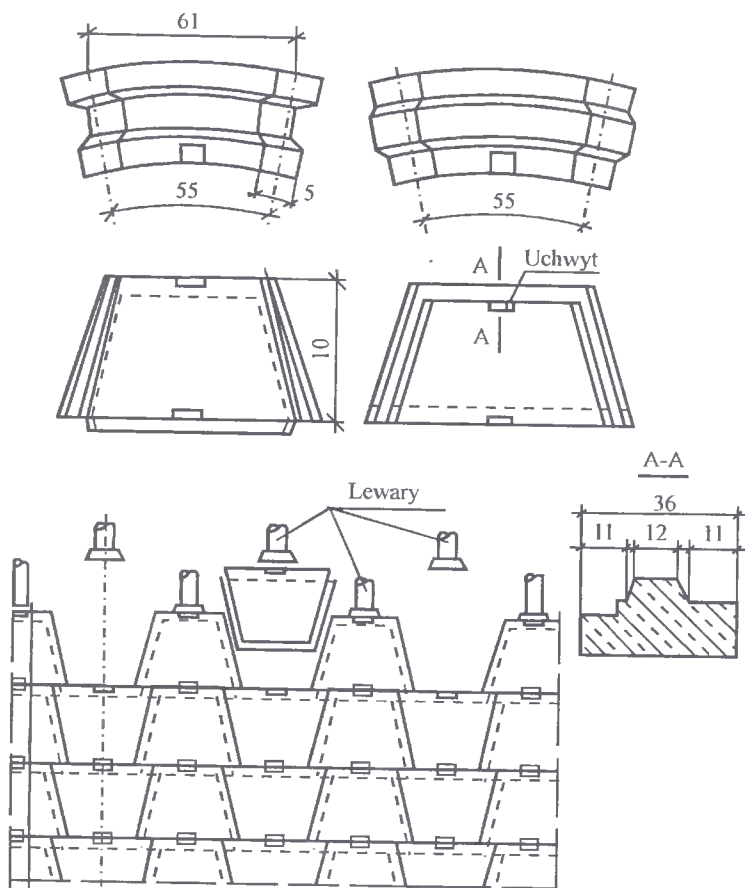


Rys.1. Schemat tarczy tunelowej:

- 1 – cylindryczna powłoka tarczy, 2 – pierścienie oporowe – usztywniające,
3 – żebra usztywniające, 4 – dźwigniki hydrauliczne

Górna część noża posiada najczęściej kaptur (dziób), pod osłoną którego robotnicy pracujący w tzw. przodku często zakładają osłonę czołową z blachy lub desek. Dzieje się tak wówczas, gdy napotkają grunty słabe (miękkoplastyczne i płynne), które w nadmiarze same wpływają do wnętrza tarczy. W części środkowej tzw. pierścieniu oporowym mieszczą się pod osłoną (1) dźwigniki hydrauliczne do przesuwu tarczy ku przodowi. Część tylna tzw. osłonowa służy do wykonania obudowy tunelu ze skręconych tubingów lub z prefabrykowanych bloków betonowych (z wpustami i piórami) zakładanych na kit asfaltowy, bez skręcania śrubami (rys.2). Te ostatnie nie mogą przenosić momentów zginających, lecz muszą posiadać taką wytrzymałość, aby zrównoważyć parcie gruntu oraz nacisk dźwigników hydraulicznych w wysokości około 200 ton (gdy tarcza jest ϕ 2,0 m) i ok. 700 t (dla ϕ 3,6 m). Zakłada się, że wszystkie dźwigniki powodują nacisk ok. 65 t/m^2 przekroju poprzecznego czoła tarczy dla zapewnienia przesuwu. Szybkość przesuwu i budowy tunelu między szybami wynosi średnio 50 – 80 m na miesiąc, a oszczędności wynoszą od 35% w kosztach i 50% w robociznie.

Istnieją również tarcze zmechanizowane w zakresie urabiania gruntu (poprzez urządzenia skrawające w postaci obrotowego bębna z frezami promieniowymi na przodku) i transportu urobku gruntu. Najlepiej jest, gdy drążony grunt jest jednorodnym iłem, bowiem wówczas osiąga się najlepsze efekty ekonomiczne i szybkości wykonania [3].



Rys.2. Trapezowe bloki oporowe

3. CHARAKTERYSTYKA METODY GRUNDOJET

Urządzenie jest zamontowane na podwoziu:

- samochodu ciężarowego (GRUNDOJET – 1500 lub BOR – MOR 1500 TK). Wymaga stanowiska roboczego o długości 14 m wzdłuż osi przewiertu i szerokości 3 m przy realizacji długich przewiertów, gdy laweta ustawiona jest na wprost trasy. Natomiast przy jej obrocie i ustawieniu pod kątem (30° , 60° , 90°) do osi przewiertu potrzebne jest mniejsze stanowisko robocze – $8,0 \times 3,0$ m,
- gąsienicowym (GRUNDOJET – 450 S), wówczas można nim manewrować w promieniu 20 m od jego środka a do ustawienia na stanowisku roboczym wymagany jest teren o długości 5 m wzdłuż osi przewiertu i szerokości 2 m.

W pierwszym przypadku (a) można metodą bezodkrywkową wykonywać przepusty rurowe o długości do 300 m i średnicy do 400 mm, np. pod bocznicami i torami kolejowymi, placami, drogami i wzdłuż nich, a także pod rzekami i zbiornikami jako syfony

oraz rurociągi i kanały o kształcie kołowym. Metoda ta nadaje się również do wykonywania przewiertów w terenach bagnistych słabonośnych oraz zadrzewionych, nie powodując niszczenia drzew.

W drugim przypadku (b) można urządzeniem tym wykonywać bezodkrywkowo rurociągi o długości do 100 m i średnicy do 160 mm.

Charakterystyczną cechą maszyn GRUNDOJET – 1500 i 450 S oraz BOR – MOR 1500 TK jest sterowanie przewiertem względem osi drążenia za pomocą urządzenia pomiarowego Radiodetection RD – 385 do głębokości 13 m od poziomu terenu, a gdy przewiert odbywa się pod dnem rzeki, jeziora na głębokości przekraczającej 13 m od zwierciadła wody, wówczas stosuje się antenę podwodną pośredniczącą w przekazywaniu sygnału z sondy umieszczonej w głowicy wiercącej. Powiększa się przez to głębokość sterowania o dodatkowe 10 m. Teoretycznie minimalny promień ugięcia żerdzi (sztang) wynosi 42 m (dla urządzenia a) i 25 m (dla b), co umożliwi ominięcie przeszkód naturalnych lub sztucznych (pod dokładną komputerową kontrolą).

Zapoczątkowanie drążenia otworu może odbywać się, bez konieczności wykonania wykopu (szybu), lecz z powierzchni ziemi, pod kątem wejścia głowicy wiercącej do 20°, a dalej po linii parabolicznej. Wykorzystuje się tu metodę płuczaco-wierzącą specjalnymi rozwiertakami, przy czym grunt nie jest wydobywany, lecz zagęszczany na boki otworu oraz wprowadzany jest uwodniony bentonit chroniący kanał przed zasypaniem i wtargnięciem do niego wody. Średnica jest stopniowo powiększana przy pomocy coraz to większej średnicy rozwiertaka. Po uzyskaniu projektowanej średnicy wprowadzana jest rura polietylenowa lub stalowa.

Prezentowane powyżej maszyny mogą wykonywać przepusty składające się z kilku rur w jednym otworze. Schemat wykonania przewiertu sterowanego metodą GRUNDOJET 1500 przedstawiono na schemacie (rys.3).



Rys.3. Schemat wykonania przewiertu sterowanego metodą GRUNDOJET 1500

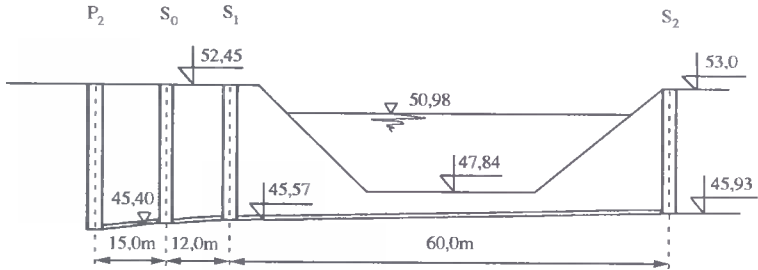
4. WYKONANIE KANAŁU KANALIZACYJNEGO POD KANAŁEM BYDGOSKIM

4.1. Projektowane przejście pod Kanałem Bydgoskim

W rozwiązaniu projektowym [2] przewidywano wykonanie komory przeciskowej o długości 16 m i szerokości 3,5 m na głębokość 7,07 m pod powierzchnią terenu rozdzielonego Kanałem Bydgoskim. Przed i w czasie wykonywania przejścia miał działać system odwodnieniowy składający się z 3 studni $\phi 14''$ i głębokości 20 m. Założono, że

przewiert będzie wykonany w rurze stalowej o ϕ 813 x 16. Do niej miała być wprowadzona druga rura stalowa ϕ 508 x 10, a przestrzeń między nimi miała być wypełniona betonem. Do wnętrza tej ostatniej miała być wprowadzona rura PE ϕ 315 x 18,7.

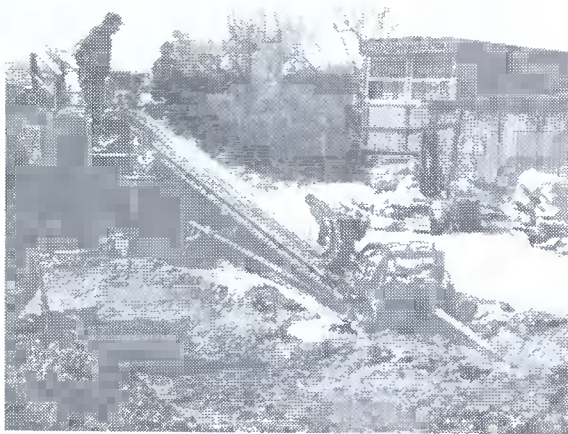
Planowana długość przewiertu wynosiła 60 m, ze względu na panujący ruch na ulicy Spacerowej. Dlatego pod nią i pod Kanałem Bydgoskim miał być wykonany (rys.4) przecisk (począwszy od ul. Mińskiej). Ponieważ był to teren zalesiony planowano wycinając ok. 80 drzew, zgodnie z opracowanym operatem [4].



Rys.4. Projekt przejścia pod Kanałem Bydgoskim

4.2. Zmiana sposobu wykonania przejścia podziemnego pod Kanałem Bydgoskim

Z analizy warunków hydrogeologicznych, a zwłaszcza dużego zasilania wodą z Kanału Bydgoskiego przewidywano, że rozwiązanie projektowe (p.4.1.) będzie uciążliwe, kosztowne i długotrwałe. Jako alternatywny sposób rokujący oszczędności wybrano wykonanie przewiertu metodą GRUNDOJET. Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono urządzenie w trakcie realizacji tego przewiertu wraz z zawiesziną bentonitu wypełniającą przestrzeń otworu pilotażowego, który kolejno był powiększany po stopniowej wymianie rozwiertaków (rys.7) o średnicach 100; 150; 200; 300 i 400 mm. Każdorazowo do otworu włączana była zawieszina bentonitu aktywnego TIXOTON.



Rys.5. Widok urządzenia Grundojet w czasie pracy w Bydgoszczy



Rys.6. Widok wiercenia i wypełnienia otworu zawiesiną z bentonitu



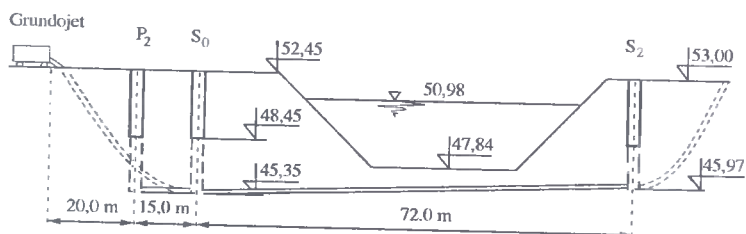
Rys.7. Widok rozwiertaków

Kolejnym etapem prac było wciągnięcie w otwór wypełniony bentonitem uprzednio przygotowanej rury osłonowej PEHD ϕ 400 łącznie ze znajdującą się w niej rurą przewodową PE ϕ 315 x 17,7 o łącznej długości 72 m. Jej końcówki znalazły się dokładnie w miejscu studni kontrolnych przewidzianych projektem (p. 4.1.) tj. S₂ i S₀ (rys.8).

Równocześnie z realizowanym przewiertem metodą Grundojet wykonywano wykopy pod studnię zbiorczą i zapuszczano w grunt komory pompowni P-2 tylko do głębokości ok. 4,0 m, aby nie naruszyć przewiertu i nie doprowadzić do ubytku zawiesiny bentonitu.

Po zakończeniu wprowadzania rur zwiększono - jak przewidywał projekt (p.4.1) - zagłębienie studni zbiorczej do 7,07 m.

Autorzy niniejszego artykułu uczestniczyli w realizacji robót i odbiorze technicznym przepompowni ścieków i przejścia metodą Grundojet. Dokonali porównania kosztów tej metody z projektem (pkt 4.1).



Rys.8. Wykonane przejście pod Kanałem Bydgoskim metodą Grundofjet 1500

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zmiana technologii wykonania kanału kanalizacyjnego pod ulicą Spacerową w Bydgoszczy i Kanałem Bydgoskim przyczyniła się do uzyskania znaczących efektów ekonomicznych. Świadczą o tym dane przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Porównanie kosztów wykonania przejścia 2 metodami wg cen z 1997 r.

Lp.	Wyszczególnienie	Metoda	
		przewidziana projektem (por. pkt 4.1)	Grundofjet – zastosowana (por. pkt 4.2)
1.	Robocizna	70 000	20 000
2.	Sprzęt	100 000	35 000
3.	Materiał	74 000	110 000
4.	Wycinka drzew	50 000	0
R a z e m		294 000	165 000

W projekcie (pkt 4.1) przewidywano 8 022 roboczogodzin na wykonanie zadania, tj. pracy około 10 pracowników w okresie 4 miesięcy. Zastosowanie metody Grundofjet (pkt 4.2) wymagało nakładu 1 440 roboczogodzin. Pracę tę zrealizowano w ciągu 10 dni.

Na podstawie powyższego można sformułować następujące wnioski:

- W wyniku zmiany technologii przejścia rurociągiem pod Kanałem Bydgoskim uzyskano oszczędności w wysokości 129 000 zł wg cen z 1997 r. (tj. 43,9%).
- Skrócono czas wykonania z 4 miesięcy do 10 dni.
- Wyeliminowano kosztowne i długotrwałe prace związane z wykonaniem komory przeciskowej przewidywanej projektem (p. 4.1).
- Wyeliminowano kosztowne odwodnienia studniami. Zastosowano zestaw igłofiltrów do wykonania studni S₀ i przy demontażu uchwytu łączącego rurę z zerdzią.
- Wyeliminowano kosztowną wycinkę drzew, które szczególnie w mieście powinny być chronione.
- Obawy wykonania przejścia ze spadkiem odbiegającym od przewidzianego w projekcie nie były uzasadnione. Okazało się, że dokładność prowadzenia przewiertu wg Radiodetection RD-385 jest wystarczająca.
- W czasie wykonywania przewiertu nie należy prowadzić odwodnień wykopu (np. pod studnie i inne objekty), bowiem tłoczona do otworu zawiesina bento-

nitu aktywnego przemieszcza się w kierunku studni odwadniających, powodując kolmatację filtrów i awarię systemu odwadniającego.

LITERATURA

- [1] Prospekty urządzenia Grundojet 1500 i 450 S oraz BOR – MOR 1500 TK.
- [2] Projekt na przejście pod Kanałem Bydgoskim opracowany przez Biuro Projektów „Miastoprojekt” w Bydgoszczy, 05.1996.
- [3] Mielcarzewicz E.W., Wartalski J.: Systemy zaopatrzenia w wodę i usuwanie ścieków. Wybrane zagadnienia. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, 1990.
- [4] Operat dendrologiczny opracowany przez B.P. „Miastoprojekt” w Bydgoszczy, 09.1997.

CONSTRUCTION OF A PASSAGE UNDER THE BYDGOSZCZ CANAL USING THE GRUNDOJET 1500 METHOD

Summary

The paper discusses various methods of underground construction of pipelines, cables and sewage channels under obstacles (e.g. rivers). The Grundojet method and its practical application in Bydgoszcz under a street and Bydgoszcz Canal have been presented. Data about the achieved economic results and the activation of the pipeline construction have been given.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Tadeusz Bednarczyk
Akademia Rolnicza w Krakowie

Jan Gadomski
Maria Gadomska

IDENTYFIKACJA MODELU PRZEMIESZCZEŃ PUNKTÓW KONTROLOWANYCH NA PODSTAWIE POMIARÓW GEODEZYJNYCH

W artykule przedstawiono problemy związane z identyfikacją modelu przemieszczeń punktów kontrolowanych. Zwrócono uwagę na relacje pomiędzy kryteriami dokładności dopasowania modelu do zbioru danych empirycznych a zgodnością wyaprosymowanej krzywej ze zbiorem danych wyjściowych. Przedstawiono przykłady aproksymacji za pomocą różnych typów funkcji.

1. WSTĘP

Głównym źródłem obiektywnych informacji o właściwościach zjawisk i ciał są wyniki pomiarów. Poprzez pomiar na drodze eksperymentu można scharakteryzować cechy zjawiska, ciała lub procesu i matematycznie je opisać.

Z zagadnieniem pomiaru łączą się dwa pojęcia: modelowanie matematyczne i mierzenie. Modelowanie matematyczne polega na odwzorowaniu cech przedmiotów lub zdarzeń – liczbami, a związków między tymi cechami – związkami między liczbami. Mierzenie natomiast jest eksperymentem prowadzącym do wyznaczenia liczb modelujących konkretne cechy przedmiotów i zdarzeń [7].

Sztuka modelowania polega na dopasowaniu przebiegu obliczanego procesu do przebiegu procesu reprezentowanego przez serię pomiarów [8].

Osoba modelująca powinna starać się wymyślić układ równań, które zachowują informacje w takim samym stopniu jak układ rzeczywisty i dzięki temu umożliwiają uzyskanie najlepszej fizycznie możliwej prognozy.

W modelowaniu nie można osiągnąć takiej ścisłości jak w matematyce. Niemożliwe jest przeprowadzenie modelowania z założoną dowolnie dużą precyzją.

Jednym ze sposobów modelowania układów stochastycznych jest traktowanie ich jako ciągów losowych. Stosując analizę regresji otrzymujemy informację, jakiej przeciętnej wartości zmiennej zależnej należy spodziewać się, gdy wartość zmiennej niezależnej wzrośnie lub obniży się o jednostkę. Zatem analiza regresyjna przedstawia mechanizm działania badanych zjawisk.

2. OGÓLNE PODSTAWY STATYSTYCZNEJ METODY IDENTYFIKACJI

Identyfikacja polega na sporządzeniu matematycznego opisu zjawiska charakteryzującego się dwiema istotnymi cechami: nieznaną zależnością wielkości zależnych od niezależnych oraz obecnością zakłóceń niemierzalnych. Opis matematyczny zjawiska nazywa się często modelem matematycznym [7]. Przy opracowywaniu metodyki identyfikacji należy uwzględnić następujące wymagania:

- prostotę realizacji algorytmu identyfikacji,
- ograniczony czas rozwiązywania zadania identyfikacji,
- skończony czas obserwacji procesu identyfikowanego,
- minimalne naruszenie naturalnych warunków przebiegu procesu.

W pracy tej rozpatrywana będzie wyłącznie statystyczna metoda identyfikacji z wykorzystaniem metody analizy regresji.

Najprostszą funkcją, oszacowaną na podstawie próby statystycznej jest funkcja regresji zmiennej zależnej Y tylko od jednej zmiennej niezależnej X o postaci:

$$Y = a_0 + a_1 X + e \quad (1)$$

gdzie:

- a_0 , a_1 – oceny parametrów w modelu wyznaczone na podstawie prób,
- e – błąd (reszta) modelu.

Do oszacowania wartości parametrów równania wykorzystuje się metodę najmniejszych kwadratów. Szuka się więc takich wartości parametrów, których suma kwadratów odchyłeń wartości empirycznej zmiennej zależnej od jej wartości teoretycznych wynikających z modelu jest minimalna:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i)^2 \rightarrow \min. \quad (2)$$

gdzie:

- y_i i x_i – to i -te obserwacje odpowiednio zmiennej Y i X .

Po wyznaczeniu pochodnych funkcji S względem a_0 i a_1 , przyrównaniu ich do zera oraz rozwiązaniu układu równań otrzymuje się parametry a_0 i a_1 .

W przypadku modeli nieliniowych przed zastosowaniem metody najmniejszych kwadratów należy wybrany wzór empiryczny doprowadzić do takiej postaci, w której parametry są w nim związane liniowo. Można tego dokonać, np. poprzez transformację liniową. Na podstawie oszacowanych parametrów funkcji liniowej (po transformacji) można obliczyć wartości parametrów funkcji nieliniowej.

Funkcje regresji są generowane na bazie danych empirycznych, dlatego rezultaty estymacji (oszacowania) zawsze należy porównać z rzeczywistą wartością zmiennej opisywanej (zależnej). Podstawą tych porównań jest tzw. składnik resztowy e . W celu oceny stopnia dopasowania funkcji regresji do punktów empirycznych (x_i, y_i) najczęściej stosuje się współczynnik zbieżności φ^2 , nieraz określane jako współczynnik „dobroci” dopasowania funkcji do rozkładu zmiennej [5], [6].

Współczynnik zbieżności φ^2 można otrzymać następująco:

$$\varphi^2 = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

gdzie:

y_i – wartości empiryczne zmiennej losowej,

\hat{y}_i – wartości teoretyczne zmiennej zależnej, obliczone na podstawie funkcji,

\bar{y} – średnia arytmetyczna empirycznych wartości zmiennej zależnej.

Współczynnik zbieżności mierzy zgodność występującą pomiędzy danymi empirycznymi i teoretycznymi oszacowaniami za pomocą funkcji. Przyjmuje on wartości z przedziału:

$$0 \leq \varphi^2 \leq 1$$

Jeżeli $\varphi^2 = 0$, to punkty z pomiaru dokładnie pokrywają się z linią teoretyczną. Im większe wartości przyjmuje współczynnik zbieżności, tym mniejsza jest zgodność pomiędzy danymi empirycznymi i teoretycznymi, a model przebiegu osiadania gorzej charakteryzuje empiryczny szereg.

Inną miarą zgodności określonej funkcji może być: błąd przeciętny, średni błąd kwadratowy i średni błąd absolutny [6].

Jako drugiej miary zgodności zostanie użyte odchylenie przeciętne (odpowiada ono średniemu błędowi absolutnemu wg [6])

$$d = \sum_{i=1}^n |e_i| : n \quad (4)$$

gdzie:

e_i – składniki losowe (reszty),

n – liczba obserwacji.

W przypadku występowania funkcji nieliniowych, miary zgodności dla tych funkcji obliczane są z pierwotnych (przed transformacją liniową) realizacji szeregu empirycznego.

3. DOBÓR RÓWNIANIA DOŚWIADCZALNEGO

Proces doboru funkcji opisującej przebieg badanego zjawiska z reguły składa się z następujących etapów [2]:

- wybór typu jednej lub kilku krzywych (dokonujemy najczęściej w sposób arbitralny),
- obliczenie minimalnej sumy kwadratów odchyień punktów od danej krzywej,
- określenie współczynnika informującego o jakości dopasowania,
- sprawdzenie istnienia innych miar oceny dopasowania krzywych do danych empirycznych.

Analizując wyniki kilkuletnich obserwacji przemieszczeń podłoża gruntowego można zaobserwować następną nieliniowość względem czasu. Zagadnieniu nieliniowości przemieszczeń poświęcono ostatnia praca [9].

Do opisu większości sytuacji spotykanych w praktyce wystarcza w zupełności jedna z poniższych funkcji [2]:

$$y = a_0 + a_1 x,$$

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2,$$

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_k x^k,$$

$$y = a x^b,$$

$$y = a b^x.$$

Dwa ostatnie typy funkcji można sprowadzić do postaci liniowej stosując proste przekształcenia logarytmiczne. Można też stosować inne typy funkcji, również łatwe do transformacji liniowej.

Do badań wykorzystano wyniki pomiarów przemieszczeń pionowych budynku będącego w trakcie prac zabezpieczających przed katastrofą budowlaną.

A) Modele wielomianowe

Rozpatrywano modele wielomianowe różnych stopni (od pierwszego do piątego stopnia). Dla każdego przypadku obliczono parametry na podstawie próby oraz współczynnik zbieżności φ^2 i odchylenie przeciętne d na podstawie reszt modelu.

Wyniki przedstawiono na rysunku 1.

Jak wynika z tego zestawienia, współczynnik zbieżności φ^2 i odchylenie przeciętne d maleje wraz ze wzrostem stopnia wielomianu. Wskazywałoby to na coraz większe zgodności funkcji regresji z danymi empirycznymi, ale chociażby analiza samych rysunków wskazuje, że nie ma takiej zgodności z badanym zarejestrowanym przebiegiem osiadań. W związku z powyższym analizowanie samych niektórych współczynników dopasowania modelu nie jest wystarczające.

B) Modele nieliniowe sprowadzalne do liniowych

Modele nieliniowe (tzn. nieliniowe względem parametrów, które mają być estymowane) można podzielić na dwa typy:

- modele sprowadzalne do liniowych,
- modele niesprowadzalne do liniowych.

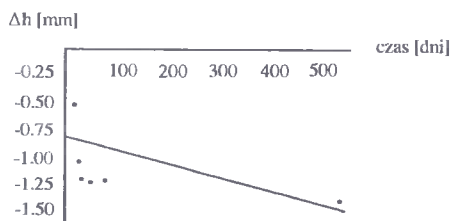
Przedstawione zostaną tutaj niektóre modele, które są sprowadzalne do liniowych. Przykłady takich funkcji możliwych do obliczenia pokazano na rysunku 2. Wynika z niego, że jedynie funkcje hiperboliczne mogłyby odzwierciedlać rzeczywisty przebieg przemieszczeń, jednak obydwie mają nieadekwatny przebieg, jedna w początkowej fazie przemieszczeń a druga w fazie końcowej.

C) Propozycja modelu przemieszczeń pionowych punktów kontrolowanych

Na podstawie wielokrotnych dopasowań funkcji do zbioru empirycznego ustalono, że najodpowiedniejszą będzie funkcja o postaci:

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^{1/k}; \quad k > 1 \quad (5)$$

Dokonując zmiany parametru k dokonano dopasowania funkcji do danych z szeregu empirycznego. Na rysunku 3 przedstawiono cztery warianty. We wszystkich przypadkach współczynnik zbieżności jest bardzo mały, co świadczy o dużej „dobroci” dopasowania. Są też bardzo niewielkie różnice w wartości odchylenia przeciętnego.

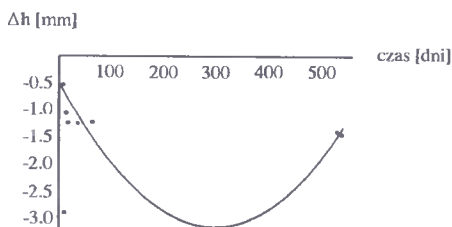


$$y = a_0 + a_1 x$$

$$y = 0.822731 - 0.0012039 x$$

$$\varphi^2 = 0.69$$

$$d = 0.33$$

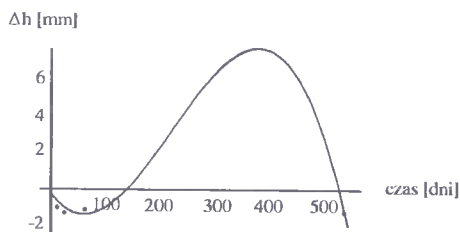


$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$$

$$y = -0.443 - 0.0183468 x + 0.000030723 x^2$$

$$\varphi^2 = 0.30$$

$$d = 0.23$$

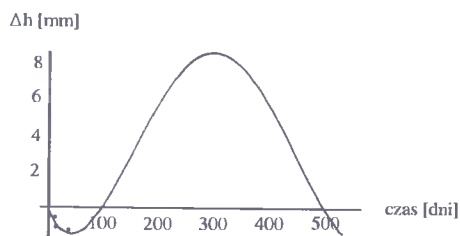


$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3$$

$$y = -0.265146 - 0.0388513 x + 0.000371157 x^2 - 5.66754 \cdot 10^{-7} x^3$$

$$\varphi^2 = 0.27$$

$$d = 0.19$$

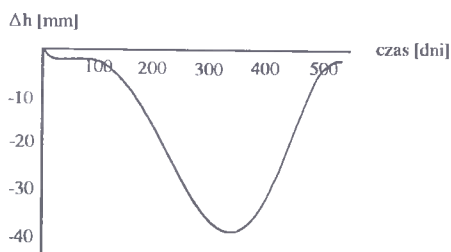


$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x^4$$

$$y = -0.0393108 - 0.06880325 x + 2.80028 \cdot 10^{-6} x^3 - 2.336862 \cdot 10^{-9} x^4$$

$$\varphi^2 = 0.05$$

$$d = 0.07$$



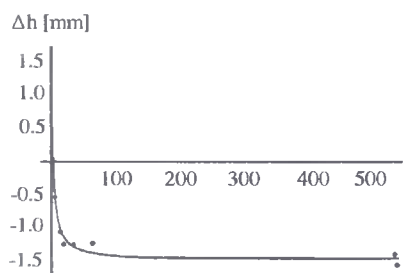
$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x^4 + a_5 x^5$$

$$y = -0.0112068 - 0.0889147 x + 0.00211818 x^2 - 0.0000190572 x^4 + 5.15002 \cdot 10^{-8} x^4 - 4.2462 \cdot 10^{-11} x^5$$

$$\varphi^2 = 0.02$$

$$d = 0.054$$

Rys.1. Modele wielomianowe (dla punktu I)

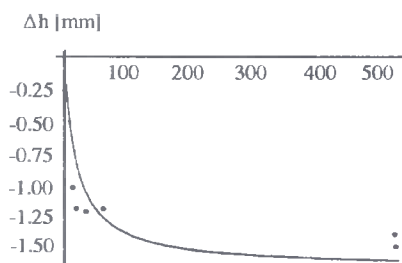


$$y = a_0 + a_1 x^{-1}$$

$$y = -1.47096 + 8.07871 x^{-1}$$

$$\varphi^2 = 0.06$$

$$d = 0.06$$

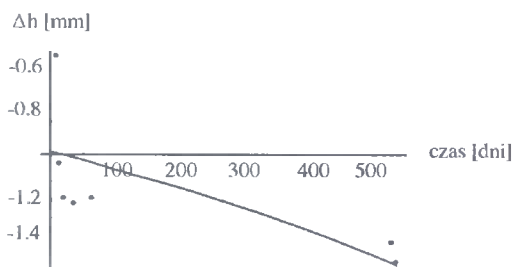


$$y = \frac{a_1 x}{x + a_2}$$

$$y = -\frac{1.78053x}{20.7694264 + x}$$

$$\varphi^2 = 0.16$$

$$d = 0.16$$

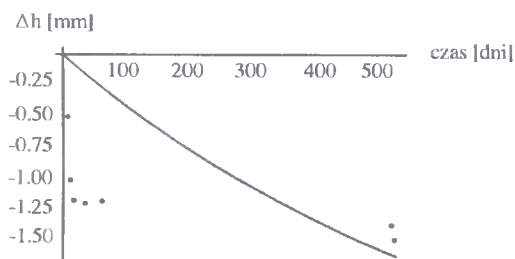


$$y = a_1 \exp(a_2 x)$$

$$y = -0.983581 \exp(0.00083875 x)$$

$$\varphi^2 = 0.56$$

$$d = 0.17$$



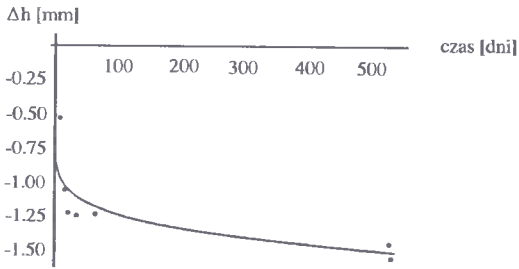
$$y = \frac{a_1 x}{a_1 + a_3 x}$$

$$y = \frac{0.0048642x}{-0.804318 - 0.00134263x}$$

$$\varphi^2 = 0.87$$

$$d = 0.64$$

Rys.2. Funkcje nieliniowe sprowadzalne do liniowych (dla punktu I)

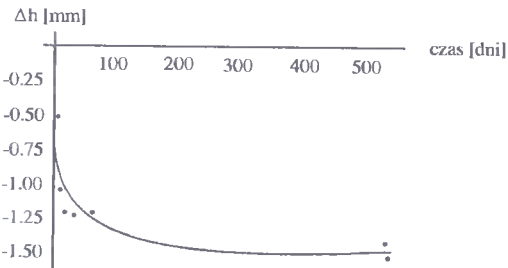


$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^{0.1}$$

$$y = 0.0419592 - 0.0000994026 x - 0.788446 x^{0.1}$$

$$\varphi^2 = 0.13$$

$$d = 0.11_6$$

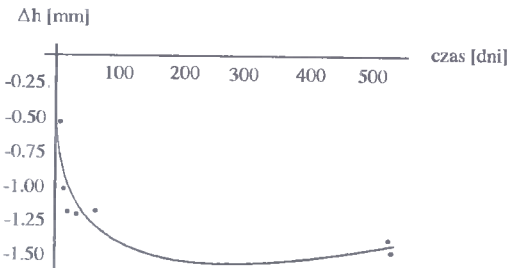


$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^{0.2}$$

$$y = 0.0486128 + 0.00103165 x - 0.0.593013 x^{0.2}$$

$$\varphi^2 = 0.8$$

$$d = 0.10_9$$

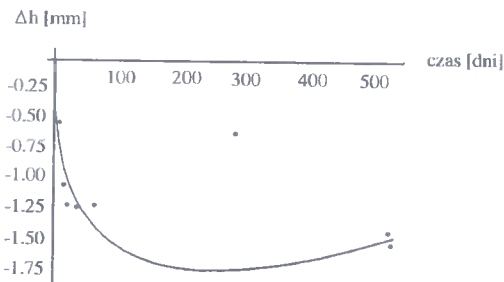


$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^{0.3}$$

$$y = 0.025724 + 0.00253375 x - 0.434366 x^{0.3}$$

$$\varphi^2 = 0.8$$

$$d = 0.11_0$$



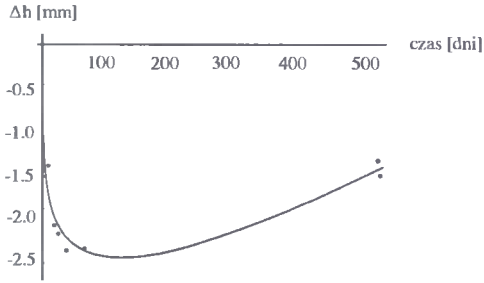
$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^{0.4}$$

$$y = -0.0136207 + 0.00452304 x - 0.31443 x^{0.4}$$

$$\varphi^2 = 0.8$$

$$d = 0.11_4$$

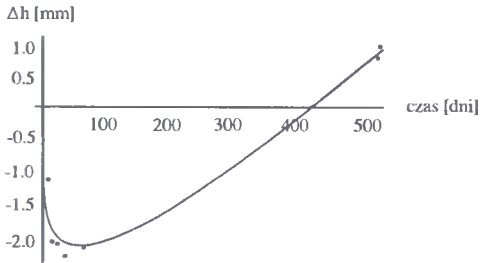
Rys.3. Model $y = a_0 + a_1 x + a_2 x^{1/k}$, $k > 1$



$$y = -0.0617283 + 0.0050829 x - 1.20197 x^{0.2}$$

$$\varphi^2 = 0.4$$

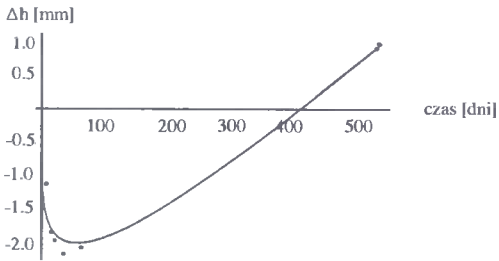
$$d = 0.12_0$$



$$y = -0.9824 + 0.00964642 x - 1.26439 x^{0.2}$$

$$\varphi^2 = 0.2$$

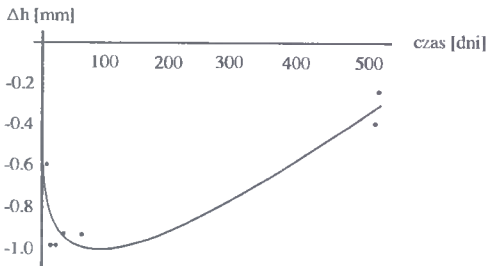
$$d = 0.12_5$$



$$y = -0.100188 - 0.00905921 x - 1.1555 x^{0.2}$$

$$\varphi^2 = 0.01$$

$$d = 0.12_7$$



$$y = -0.00606908 + 0.00273029 x - 0.50895 x^{0.2}$$

$$\varphi^2 = 0.01$$

$$d = 0.07_2$$

Rys.4. Model $y = a_0 + a_1 + a_2x^{0.2}$

Model $y = a_0 + a_1 x + a_2 x^{0.2}$, gdzie jest najmniejsze odchylenie przeciętne, zastosowano do opisu przemieszczeń innych punktów na badanym obiekcie. Należy zaznaczyć, że na badanym obiekcie obserwowano nierównomierne osiadania.

Wyniki aproksymacji przedstawiono na rysunku 4. Analizując rysunki i współczynnik zbieżności ϕ^2 można stwierdzić wysoką zgodność modelu z danymi empirycznymi. Obliczenia wykonano za pomocą programu Mathematica 3.0 [9].

Należy pamiętać, że stopień do jakiego matematyka opisuje rzeczywistość zależy od niezawodności i dokładności modelu, a także od szczegółów matematycznych. Wiele zastosowań odnosi się do rzeczywistości, a nie do jej modeli. Coś pewnego można powiedzieć tylko o modelu, gdyż jest on konstrukcją matematyczną.

4. PODSUMOWANIE

Zadaniem identyfikacji modelu osiadań podłoża gruntowego jest prognoza jego zachowania się. Analiza modelu opisującego badane zjawisko pozwala na optymalizację procesu pomiarowego [10], a mianowicie:

- uściślenia harmonogramu obserwacji,
- określenia niezbędnej dokładności pomiaru,
- uściślenia metody w zakresie procedur pomiarowych.

Może być również przydatna przy interpretacji branżowej, np. podczas analizy prowadzonych prac zabezpieczających obiekt przed katastrofą budowlaną [1]. Mając model osiadań oraz harmonogram i zakres prac zabezpieczających można przesądzić prawidłowość podjętych działań zaradczych.

Modele dostarczają pewnych algorytmów obliczeniowych. Wejściowe dane liczbowe generują pewne wyniki, które mogą być predykcją lub interpolacją.

LITERATURA

- [1] Gadomska M., Gadomski J.: Badanie przemieszczeń pionowych obiektu w trakcie prac zabezpieczających przed katastrofą. XIII Konferencja Katedr Geodezji na Wydziałach Niegeodezyjnych, Szklarska Poręba 27-29 wrzesień 1998.
- [2] Godziszewski J., Mania R., Pampuch R.: Zasady planowania doświadczeń i opracowania wyników pomiarów. Wydawnictwo AGH, Kraków, 1987.
- [3] Gil J.: Badanie nieliniowego geodezyjnego modelu kinematycznego przemieszczeń (na przykładzie obciążanego podłoża gruntowego). Rozprawa habilitacyjna. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Zielonej Górze, Seria Monografie 76, Zielona Góra, 1995.
- [4] Jakubiec W., Malinowski J.: Metrologia wielkości geometrycznych. WNT, Warszawa, 1996.
- [5] Kukuła K.: Elementy statystyki w zadaniach. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1998.

- [6] Luszniwicz A., Słaby T.: Statystyka stosowana. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 1996.
- [7] Mańczak K.: Metody identyfikacji wielowymiarowych obiektów sterowania. WNT, Warszawa, 1979.
- [8] Morrison F.: Sztuka modelowania układów dynamicznych (deterministycznych, chaotycznych, stochastycznych). WNT, Warszawa 1996.
- [9] Wolfram S.: The Mathematica Book, 3 rd ed. Wolfram Media/Cambridge University Press, 1996.
- [10] Wolski B.: Geodezyjna identyfikacja procesu deformacji podłoża gruntowego. Rozprawa habilitacyjna. Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej, Seria Inżynieria Sanitarna i Wodna, Monografia 201, Kraków, 1996.

THE IDENTIFICATION OF THE CHECK POINTS DISPLACEMENT MODEL ON THE GROUND OF GEODETIC SURVEYS

Summary

The problems of check points displacement model is presented in this paper. The relation between accuracy fitting model of empirical data file and compatibility of approximate curve taken from input data has been notice. The approximation examples using several types of function have been presented.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Władysław Dąbrowski
Akademia Rolniczo-Techniczna w Olsztynie

Małgorzata Krajewska

WARTOŚĆ GRUNTU JAKO JEDEN Z CZYNNIKÓW WPLYWAJĄCYCH NA DECYZJE PLANISTYCZNE

Artykuł dotyczy problematyki wyboru sposobu zagospodarowania obszarów z uwzględnieniem wartości gruntów. Zaproponowano procedurę postępowania, którą można wykorzystać przy konstrukcji planu zagospodarowania przestrzennego. Zagadnienie to zostało zilustrowane przykładem, w którym dokonano między innymi oceny skutków finansowych uchwalenia i realizacji ustaleń planu miejscowego osiedla Jachcice w Bydgoszczy.

1. WPROWADZENIE

Podstawowym założeniem ustawy o zagospodarowaniu przestrzennym (1994) jest fakt, że proces planowania odbywa się zawsze na terenie gminy, niezależnie od rodzaju, znaczenia i rozmiaru inwestycji lub przedsięwzięcia, jak również ich realizatora. Oczywiście realizacja tych przedsięwzięć jest możliwa jedynie na terenach przeznaczonych na ten cel, bowiem według Kodeksu Cywilnego, właściciel może korzystać z nieruchomości zgodnie z jej społeczno-gospodarczym przeznaczeniem. Tak więc, w przepisach prawnych ustalono uprawnienia w zakresie decydowania o przeznaczeniu terenów. I tak, stosownie do przepisów ustawy o samorządzie terytorialnym, jak i ustawy o zagospodarowaniu przestrzennym kompetencje w zakresie kształtowania ładu przestrzennego przez określenie przeznaczenia terenów oraz sposobu ich zabudowy i zagospodarowania, powierzono gminom. Tylko rada gminy przez uchwalenie miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego stanowi o społeczno-gospodarczym przeznaczeniu terenów, które wraz z innymi przepisami prawa kształtują sposób wykonywania własności. To dopiero po ustaleniu przeznaczenia terenów i warunków ich zabudowy i zagospodarowania mogą być realizowane określone przedsięwzięcia.

Przedsięwzięcia takie planowane są w różnym czasie i na różnych, często odległych od siebie terenach. Tak więc, dla ich realizacji niezbędne jest sporządzenie odpowiednich miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego.

Obowiązująca od 1995 roku ustawa o zagospodarowaniu przestrzennym wprowadziła istotne zmiany w sposobie planowania przestrzeni. Nowoczesny plan miejscowy winien być realizowany przy uwzględnieniu nie tylko ładu przestrzennego, urbanistyki i architektury, walorów krajobrazowych, wymagań ochrony środowiska przyrodniczego i dziedzictwa kulturowego, potrzeb obronności państwa i bezpieczeństwa ludzi, ale także (i to jest pewne novum) walorów ekonomicznych przestrzeni i poszanowaniu

prawa własności. W dotychczasowej praktyce planistycznej, zwłaszcza te ostatnie warunki nie były dostatecznie uwzględniane.

W prowadzonych dyskusjach zarówno w środowisku planistów przestrzennych jak i wśród innych podmiotów odpowiedzialnych za gospodarowanie nieruchomościami widoczna jest ewolucja poglądów prowadząca do przekonania, że wartość przestrzeni powinna być jednym z parametrów decydujących o rozwiązaniach planistycznych. Kryterium ekonomiczne zapisane w ustawie może być realizowane z wykorzystaniem metod wartościowania terenów. Realizacja takiego podejścia uwidacznia ścisły związek planowania przestrzennego z szacowaniem nieruchomości.

Zatwierdzone plany miejscowe mają zdecydowany wpływ na wartość poszczególnych nieruchomości, ale również i odwrotnie, aktualna i przyszła wartość nieruchomości powinna także mieć znaczenie w rozwiązaniach planistycznych. Wpływ ten może być kreowany poprzez odpowiednie kształtowanie układu funkcjonalnego (w zależności od wartości terenu), przestrzenny rozwój obszarów zabudowanych i normatywów powierzchniowych terenu przeznaczonych pod różne funkcje (Cymerman 1995). Ponieważ ceny gruntów są zazwyczaj zróżnicowane przestrzennie jak i podmiotowo (Pietraszewski 1989) wnioski z zachowań rynków nieruchomości winny być również przesłanką w podejmowaniu decyzji o sposobie użytkowania terenu. Istnieje więc potrzeba szczegółowego zbadania występujących relacji i zależności.

Z punktu widzenia ekonomii ograniczoność zasobów jest podstawową przyczyną konieczności racjonalnego gospodarowania. Jego istotą jest dokonywanie najbardziej korzystnych (optymalnych) wyborów przy podejmowaniu decyzji w zakresie celów gospodarczych oraz środków i metod realizacji tych celów. Aby tego rodzaju wybory mogły mieć miejsce, muszą istnieć różne konkurencyjne wobec siebie rozwiązania lub warianty poszczególnych decyzji, a ponadto należy dysponować odpowiednimi kryteriami wyboru. Decyzja najbardziej efektywna ekonomicznie może być niezbyt korzystna w sensie społeczno-politycznym (i odwrotnie).

Ogólnych wskazówek do dokonywania wyboru najbardziej korzystnych (optymalnych) rozwiązań w procesie gospodarowania dostarcza tzw. zasada racjonalnego gospodarowania, zwana też zasadą gospodarności. Może być ona ujmowana dwojako:

- a) jako zasada największego efektu przy danym nakładzie środków,
- b) jako zasada najmniejszego nakładu środków na osiągnięcie danego efektu.

Porównywanie uzyskiwanych z danej działalności gospodarczej efektów z ponoszonymi w związku z nią nakładami w celu wyboru możliwie najlepszych, czyli najbardziej efektywnych ekonomicznie wariantów podejmowanych decyzji, określamy rachunkiem ekonomicznym.

Część z wyżej wymienionych zagadnień została w niniejszej pracy rozpoznana. Zaproponowano także procedurę postępowania, zmierzającą do uwzględnienia wartości gruntów przy podejmowaniu decyzji planistycznych.

Rozwiązania powyższe zostały zilustrowane przykładem, w którym dokonano oceny ekonomicznych skutków ustaleń planu z uwzględnieniem wartości gruntów przed i po zmianie funkcji oraz kosztów transformacji obszaru. Badaniami objęto projekt miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego osiedla Jachcice w Bydgoszczy.

Określony zapis planu niesie ze sobą pewne konsekwencje prawne i ekonomiczne, za które odpowiada organ sporządzający plan miejscowy. Wyniki z przeprowadzonej analizy mogą być więc pomocne na etapie decyzyjnym przy przyjmowaniu odpowiednich ustaleń planu.

2. NOWE INSPIRACJE I OCZEKIWANIA SAMORZĄDÓW LOKALNYCH

Początek dyskusji w polskiej literaturze ekonomicznej i planistycznej nad koniecznością reaktywowania kategorii renty gruntowej, sięga początku lat sześćdziesiątych. Uzasadniono ją wysuwaniem twierdzeniem, że warunkiem racjonalnego wykorzystania ziemi - również w gospodarce centralnie planowanej - jest kreowanie jej ceny, która eliminowałaby mało efektywne użytkowanie gruntów (Ciesielski 1992). Obecnie konieczność ta nie jest kwestionowana, jednak rola jaką cena ziemi ma odgrywać w rachunku efektywności inwestycji, a także w planowaniu miast nie zostały dokładnie określone.

Według Neya i Ziobrowskiego (1997) rynek nieruchomości spełnia w gospodarce przestrzennej dwie podstawowe funkcje:

- pozyskiwanie terenów pod rozwój miasta,
- pozyskiwanie środków finansowych ze sprzedaży nieruchomości komunalnych na rozwój i modernizację miasta. Wprowadzenie nieruchomości komunalnych na rynek powinno uwzględniać rolę renty gruntowej i technicznego uzbrojenia terenu. Gmina (miasto) jako właściciel gruntów może zwiększyć ich atrakcyjność handlową, jeśli (postępując jak typowy developer) przed wprowadzeniem terenu na rynek wyposaży go w urządzenia infrastrukturalne.

Niestety, jak piszą autorzy, tak oczywiste spostrzeżenia w praktyce gospodarki przestrzennej miast są niekiedy pomijane (zapomniane).

Kośka i Przewłocki (1994) podkreślają, że analizowane przez nich miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego (w ich części opisowej) nie zawierały żadnych analiz cen gruntów ani ich wartości. Autorzy stwierdzają, że opracowywane i uchwalane przez rady gmin i miast plany zagospodarowania nie uwzględniają w dalszym ciągu wartości gruntu w dochodzeniu do zaspokojenia zbiorowych potrzeb wspólnot samorządowych przez organizowanie zamierzonego ładu przestrzennego.

Podstawowe funkcje gruntów wyznacza się w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego na podstawie opracowania fizjograficznego, analizy przebiegu infrastruktury technicznej (istniejącej i planowanej) oraz ewidencji gruntów. Powoduje to, że konstrukcja planu miejscowego nie jest uwarunkowana przesłankami rynkowymi. Istnieje więc, jak piszą dalej autorzy, pilna potrzeba stworzenia systemu informacji o cenach rynkowych gruntu jako narzędzia dla projektantów, przygotowujących plan zagospodarowania oraz decydentów, którzy mocą uchwały rady gminy przygotowany projekt miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego podnoszą do rangi prawa miejscowego.

2.1. Niektóre spostrzeżenia związane z przeglądem miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego

W 45-ciu miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego (lub zmianach do planu) udostępnionych autorce opracowania dotyczących gminy Bydgoszcz nie znaleziono analiz cen gruntów ani ich wartości, które byłyby uwzględniane przy definiowaniu w planie zmian funkcji terenu. Potwierdziła się także opinia wyrażona przez Kośkę i Przewłockiego (1994), że w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego nie bilansuje się kosztów w kategorii zysków i strat z powodu zmian funkcji

terenu, jak również nie prognozuje się nakładów na pełne zrealizowanie zaplanowanego rodzaju użytkowania obszaru.

Bezpośrednie rozmowy autorki z przedstawicielami samorządów lokalnych i projektantami wykazały, że ogromnego znaczenia nabiera obecnie ocena ekonomicznych skutków ustaleń planu, w tym określenie wartości obszarów przeznaczonych na cele publiczne, ewentualnych korzyści płynących ze sprzedaży terenów gminnych, a także niezbędnych nakładów ponoszonych w związku z realizacją zapisów zawartych w planie.

Zapewnienie ładu przestrzennego zgodnie z zasadą racjonalnego gospodarowania będzie możliwe po dostarczeniu samorządom lokalnym niezbędnych informacji z rynku nieruchomości i przeprowadzeniu uproszczonego rachunku efektywności inwestycji, którą jest rozwój obszaru.

3. PROPOZYCJA PROCEDURY POSTĘPOWANIA ZMIERZAJĄCA DO UWZGLĘDNIENIA WARTOŚCI GRUNTÓW PRZY PODEJMOWANIU DECYZJI PLANISTYCZNYCH

Proponowaną procedurę postępowania można zapisać w postaci schematu przedstawionego na rysunku 1.

Podjęcie decyzji planistycznej dotyczącej wyboru sposobu zagospodarowania terenu może być poprzedzone analizą ekonomiczną projektów, a w efekcie oceną wariantów planu, tworzonych przy różnych założeniach, lecz spełniających przyjęte na początku ograniczenia i uwzględniających cele główne rozwoju obszaru.

W niniejszych rozważaniach (propozycji) skoncentrowano się na następujących zagadnieniach:

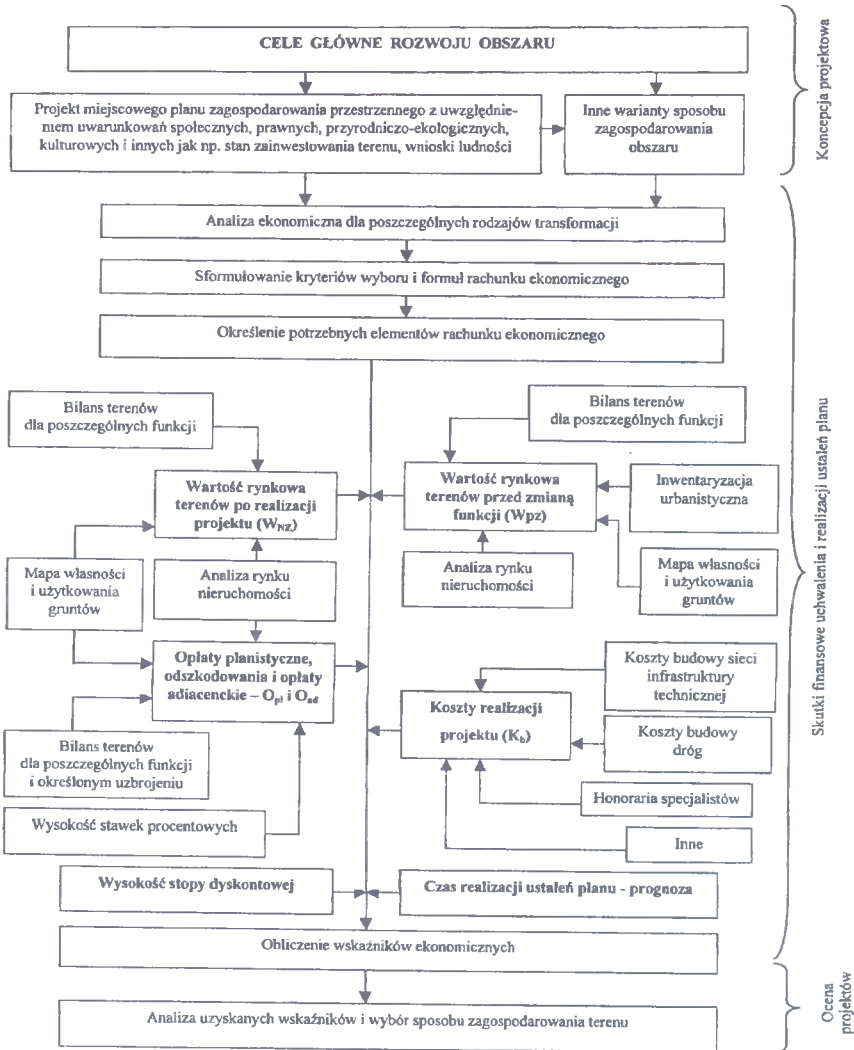
- 1) związanych z dotychczasowym wykorzystaniem terenów, tj. wartości rynkowej gruntów przed zmianą funkcji (W_{pz}),
- 2) wynikających wprost z uchwalenia planu (z ustawy o zagospodarowaniu przestrzennym), tj. wysokości opłat planistycznych, odszkodowań (O_{pi}),
- 3) wynikających z realizacji ustaleń planu, tj. kosztów transformacji obszaru (K_b), opłat adiacenckich (O_{ad}), wartości rynkowej gruntów po zmianie funkcji (W_{NZ}).

Zdaniem autorki, bezpośrednio oddziałują one na relację nakłady – korzyści, która jest istotna dla gminy w kontekście uchwalenia i realizacji ustaleń planu miejscowego. Mogą mieć wpływ na kolejne budżety gminy i dlatego też powinny być brane pod uwagę przy podejmowaniu decyzji planistycznych.

Punktem wyjścia analizy nakładów i efektów związanych z inwestowaniem w konkretny obszar będą uwarunkowania wynikające z fizjografii, warunków naturalnych terenu, stanu zainwestowania, ograniczeń planistycznych, prawnych, możliwości zaspokojenia oczekiwań przyszłych użytkowników realizowanego projektu oraz jego wykonania z punktu widzenia technicznego i ekonomicznego (Malisz 1963, Żróbek 1994). Czynniki te są niejako dane. Należy dodać, że rozwój obszaru powinien być ściśle związany z tzw. ekorozwojem, a więc rozwojem:

- pożądanym społecznie,
- dopuszczalnym ekologicznie,
- uzasadnionym ekonomicznie.

Proces wyboru sposobu zagospodarowania obszaru na podstawie analizy ekonomicznej



Rys.1. Proces wyboru sposobu zagospodarowania obszaru na podstawie analizy ekonomicznej (scan)

Dla tak przygotowanych przez projektantów – urbanistów koncepcjach projektowych, uwzględniających wszystkie wyżej wymienione uwarunkowania, można przystąpić do przeprowadzenia rachunku efektywności. W niniejszych rozważaniach rozwój obszaru jest rozumiany jako inwestowanie w celu podniesienia jego wartości. Ocena określonej liczby wariantów planu musi być prowadzona za pomocą jednolitych kryteriów. Dla potrzeb wyboru sposobu zagospodarowania terenu autorka proponuje skorzystać ze znanych w ekonomii formuł rachunku efektywności i dokładnej analizie poddać:

- w ujęciu statycznym,
 - zysk globalny możliwy do osiągnięcia z danego przedsięwzięcia,

- w ujęciu dynamicznym,
 - wartość zaktualizowaną netto NPV,
 - wewnętrzną stopę zwrotu IRR,

Zysk globalny możliwy do osiągnięcia z danego przedsięwzięcia można określić za pomocą wzoru:

$$Z = W_{NZ} - W_{pz} - K_b \pm O_{pl} + O_A \quad (1)$$

gdzie:

- Z – przyrost wartości obszaru w wyniku zmiany jego dotychczasowego przeznaczenia,
- W_{NZ} – wartość rynkowa terenów w nowej funkcji,
- W_{pz} – wartość rynkowa terenów w funkcji dotychczasowej,
- K_b – całkowity koszt przekształcenia obszaru,
- O_{pl} – opłaty planistyczne i odszkodowania wynikające z ustawy o zagospodarowaniu przestrzennym,
- O_A – opłaty adiacenckie z tytułu budowy przez gminę urządzeń infrastruktury technicznej.

W kontekście powyższych rozważań konieczne staje się oszacowanie wartości terenów i kosztów.

Wartość gruntów w ich dotychczasowej i nowej funkcji (W_{pz} , W_{nz}) można oszacować na podstawie porównywania cen transakcyjnych podobnych nieruchomości, np. przy użyciu analizy statystycznej rynku (w każdym przypadku należy dobrać odpowiednie próbki reprezentatywne). W przypadku braku pełnych i wiarygodnych danych o cenach transakcyjnych wycenę można przeprowadzić metodami dochodowymi, znanymi w teorii wyceny (Hopfer i inni 1993, 1995, S. Żróbek 1994, Boczek 1996). Wartość gruntu określona jest wówczas jako skapitalizowany dochód z gruntu:

$$W_G = \frac{J_G}{R_G} \quad (2)$$

gdzie:

- W_G – wartość gruntu,
- J_G – dochód z gruntu o takiej samej funkcji jak analizowana,
- R_G – rynkowa stopa kapitalizacji dla gruntu o tym samym przeznaczeniu.

Koszty związane z transformacją obszaru, to głównie koszty nabycia gruntu, jego przystosowania do nowej funkcji, oraz koszty budowy sieci infrastruktury technicznej. Ich wysokość można określić na podstawie opinii ekspertów (współautorów planu) w zakresie budownictwa, inżynierii komunalnej, rolnictwa oraz leśnictwa.

Opłaty planistyczne, odszkodowania i opłaty adiacenckie. Ustawa z 1994 roku o zagospodarowaniu przestrzennym zobowiązuje właścicieli nieruchomości do poniesienia konsekwencji finansowych, jeżeli w wyniku uchwalenia lub zmiany miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego wzrośnie wartość nieruchomości. Wówczas przy jej sprzedaży przed upływem 5 lat do daty uchwalenia planu właściciel uiszcza gminie jednorazową opłatę tzw. **planistyczną**, stanowiącą nie więcej niż 30% wzrostu wartości nieruchomości (jest to górna granica parametru podana przez ustawodawcę, jego wysokość powinna być ustalona w planie miejscowym). Przyjęcie tego parametru

winno być poprzedzone wnikliwą analizą czynników powodujących wzrost wartości nieruchomości, a wynikających ze zmiany przeznaczenia obszaru. Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto stawkę opłaty planistycznej w wysokości 30%.

Uchwalenie (zmiana) planu może powodować obniżenie wartości nieruchomości. Dzieje się tak wówczas kiedy ustalenia nowego planu zmieniają przeznaczenie terenu na funkcję mniej cenną, ograniczają możliwość wykorzystania inwestycyjnego terenu poprzez wprowadzenie listy dopuszczalnych funkcji lub zaostrzonych warunków inwestowania. Dodatkowym powodem obniżenia wartości nieruchomości mogą być także decyzje planu dotyczące jej sąsiedztwa np. przeznaczenie przyległych obszarów dla funkcji niekorzystnie oddziałujących na otoczenie w sensie fizycznym lub psychologicznym (lokalizacja cmentarza). Ustawodawca zdecydował, że gmina zrekompensuje pełną różnicę wartości w przypadku obniżenia wartości nieruchomości na skutek zmiany planu.

Zgodnie z ustawą o gospodarce nieruchomościami (1997) cyt. „właściciele nieruchomości uczestniczą w kosztach budowy urządzeń infrastruktury technicznej przez wnoszenie na rzecz gminy **opłat adiacenckich** w wysokości nie większej niż 50% różnicy między wartością, jaką nieruchomość miała przed wybudowaniem urządzeń infrastruktury technicznej a wartością, jaką nieruchomość ma po ich wybudowaniu”. Na etapie ogólnej koncepcji projektu sieć infrastruktury technicznej, a tym samym braku szczegółowych danych dotyczących rozwiązań technicznych określenie stawki opłat adiacenckich i ich wysokości jest bardzo trudne. W związku z powyższym na potrzeby tego artykułu szacowanie wielkości opłat adiacenckich oparto na założeniu, że wysokość tej stawki wynosić będzie 50%.

Wartość zaktualizowana netto NPV (ang. net present value) obliczana jest ze wzoru:

$$NPV = NCF_1 \frac{1}{(1+r)} + NCF_2 \frac{1}{(1+r)^2} + \dots + NCF_m \frac{1}{(1+r)^m} \quad (3)$$

gdzie:

NPV – sumaryczny dochód z przedsięwzięcia,

NCF_t – wpływy netto w roku t (dochód lub strata w prognozowanych okresach),

$t = 1 \dots m$ – okres prognozy,

r – stopa dyskontowa.

Wskaźnik NPV jest sumą zaktualizowanych wpływów netto obliczonych dla wszystkich lat okresu obliczeniowego wraz z okresem poprzedzającym okres obliczeniowy. Moment rozpoczęcia realizacji inwestycji przyjmuje się jako „początek pierwszego roku”, a wszystkie nakłady poniesione przed tą datą traktujemy jako poniesione w roku „0”.

Wskaźnik ten określa sumaryczny dochód z przedsięwzięcia i tym samym jest syntetyczną miarą jego ekonomicznej efektywności. Minimalny wymóg bezwzględnej efektywności inwestycji jest spełniony, gdy:

$$NPV \geq 0$$

Ustalenie okresu obliczeniowego (t) jest punktem wyjścia do analizy efektywności. Okres ten dla przedsięwzięcia, jakim jest inwestowanie w obszar wynikać będzie z polityki gminy dla danego terenu oraz prawnych i technicznych możliwości wykonania całego przedsięwzięcia.

Stopa dyskontowa (r) musi być równa oczekiwanej stopie zwrotu, winna też być pochodną rynku kapitałowego, a także może wynikać z założonego okresu realizacji ustaleń planu.

Wewnętrzna stopa zwrotu IRR (ang. internal rate of return) może być wyrażona następującą relacją:

$$IRR = r \Leftrightarrow NPV = 0$$

Wskaźnik ten służy określeniu przeciętnej w całym okresie obliczeniowym stopy zwrotu, jaka może zostać osiągnięta dzięki zrealizowaniu danego przedsięwzięcia. Wewnętrzna stopa zwrotu równa jest stopie dyskontowej, dla której wartość zaktualizowana NPV jest równa zero.

W przypadku dużej liczby okresów t i zmiennych wielkościach CF znalezienie rozwiązania powyższego równania jest niestety skomplikowane. Można je rozwiązać stosując, np. metodę prób i błędów, tj. postępowanie iteracyjne, aż do uzyskania IRR z założoną dokładnością.

Przez analogię do NPV należy przyjąć, że minimalny wymóg efektywności jest spełniony jeśli:

$$IRR \geq r$$

Kryterium względne nakazuje wybrać wariant, dla którego IRR jest najwyższe.

Z zaprezentowanego schematu (rys.1) postępowania wynika, że przy wyborze danego przedsięwzięcia inwestycyjnego podejmujący decyzję będzie posiadał komplet informacji dotyczącej rozważanej problematyki, w tym doskonałą znajomość wszystkich kosztów i cen. W praktyce nie jest możliwe spełnienie wszystkich założonych celów całkowicie. Dostępne informacje są często niekompletne, a dane przyjmowane w obliczeniach (np. ceny gruntów, koszty budowy) odnoszą się do przyszłości, której nie można przewidzieć z dużą dokładnością. Decyzja podejmowana jest zatem w warunkach ryzyka i niepewności, a nie na podstawie ścisłej znajomości wszystkich warunków (Armand 1980, Leśniak 1985, Rheenen 1980, S. Żróbek 1994).

Dla poszczególnych wariantów – przy tej samej wartości obszaru przed zmianą funkcji (W_{pz}) i tych samych kosztach transformacji – należy wybrać takie użytkowanie przy którym wartość rynkowa wydzielonych stref przestrzeni (W_{NZ}) będzie największa oraz NPV i IRR będą najwyższe.

4. ZASTOSOWANIE ZAPROPONOWANEJ PROCEDURY NA OBSZARZE JACHCICE

4.1. Charakterystyka obszaru objętego projektem planu

Jednostka planistyczna „Jachcice” zlokalizowana jest w odległości 3,0÷5,0 km od centrum miasta Bydgoszczy. Ze względu na położenie na dwóch tarasach doliny Brdy, jest to teren o szczególnie korzystnej ekspozycji i wysokich walorach krajobrazowych. W jednostce można wyróżnić następujące struktury funkcjonalne:

- pradolinę rzeki Brdy ze skarpgą w części środkowej obszaru z dominującą funkcją upraw rolnych i ogrodnictwa,

- taras dolny z zabudową mieszkaniową jednorodzinną,
- północno-wschodnią część obszaru, taras górny z terenami leśnymi.

Właśnie ten obszar, czyli górny taras (około 94,00 ha) jest obiektem szczególnego zainteresowania ze strony potencjalnych inwestorów, także gminy Bydgoszcz. Obecnie są to tereny leśne i nieużytki. Według opinii ekspertów z zakresu leśnictwa, występujące tam drzewa charakteryzują się niską wartością użytkową drzewostanu (głównie sosna tzw. „samosiejka”). Dla gruntów leśnych wyrażona jest zgoda na zmianę przeznaczenia na grunty nieleśne. Warunki fizjograficzne są bardzo korzystne dla lokalizacji funkcji mieszkaniowej. Występują tutaj grunty stanowiące:

- mienie komunalne,
- mienie państwowe,
- mienie prywatne.

Obszar objęty opracowaniem obejmuje około 260,00 ha, z tego około 67,00 ha przewiduje się do wykupu od osób fizycznych i Skarbu Państwa na rzecz gminy.

Obowiązującym przepisem prawnym, regulującym przeznaczenie terenów jest miejscowy plan ogólny zagospodarowania przestrzennego miasta Bydgoszczy, który określa generalnie zasady przeznaczenia terenu pod mieszkalnictwo wielorodzinne i jednorodzinne. Natomiast nie przedstawia on szczegółowego sposobu zagospodarowania terenów.

Projekt planu miejscowego osiedla Jachcice uwzględni ograniczenia planistyczne i prawne, stan zainwestowania, oczekiwania przyszłych użytkowników realizowanego projektu, warunki fizjograficzne i naturalne. Przewiduje on na tym terenie, jako dominującą funkcję mieszkaniową wielorodzinną z usługami.

Podstawowe założenia programowe:

- Powierzchnia opracowania – 260 ha
- Liczba mieszkańców – 12000
w tym:
 - w istniejącym osiedlu – 4560
 - na terenach projektowanej zabudowy – 7450
- Powierzchnia terenów mieszkalnictwa netto – 115 ha
- Zabudowa wielorodzinna – około 80%
- Zabudowa jednorodzinna – około 20%
- Projektowane usługi na wydzielonych działkach (szkoła podstawowa, ośrodek usługowy, targowisko, kościół, 2 przedszkola, zespół zakładów usługowo-technicznych z parkingami, usługi opieki zdrowotnej) – około 10,8 ha
- Formy zabudowy:
 - budynki wielorodzinne o średniej wysokości – III kondygnacyjne w kwartałach o powierzchni 1,0 ha
 - małe domy mieszkalne (4÷6 mieszkań) – na działkach o powierzchni około 1000 m²
 - zabudowa jednorodzinna szeregowa – średnia powierzchnia działek 250÷300 m²
 - zabudowa jednorodzinna wolnostojąca, głównie jako wtórne podziały na istniejącym osiedlu
 - budownictwo rezydencjalne na gruntach prywatnych w strefach krajobrazowych, na działkach o średniej powierzchni około 2500 m²

4.2. Szacowanie wartości terenów dla aktualnego i alternatywnego użytkowania

Realne oszacowanie wartości nieruchomości zależy w głównej mierze od możliwości otrzymania wiarygodnych i niezbędnych danych wyjściowych. Za podstawowe źródła informacji przy wycenie terenów przyjęto dane uzyskane z następujących źródeł: Urzędu Miejskiego i Urzędu Rejonowego, Urzędów Skarbowych, Nadleśnictwa, Agencji Własności Rolnej Skarbu Państwa, agencji obrotu nieruchomościami, ewidencji gruntów i budynków, ewidencji sieci uzbrojenia technicznego, monitoringu rzeczoznawców, przetargów, wywiadów terenowych i prasy fachowej. Skorzystano też z informacji wytworzonych i zgromadzonych na terenie Bydgoszczy, takich jak: inwentaryzacja urbanistyczna miasta, inwentaryzacja urbanistyczna osiedla Jachcice i miejscowy plan ogólny zagospodarowania przestrzennego miasta Bydgoszczy. Podstawą analizy wartości obszarów stały się dane z 350 transakcji kupna – sprzedaży nieruchomości.

Estymację wartości 1 m² gruntu przeprowadzono dla różnych funkcji obszaru – aktualnego i alternatywnego użytkowania. Otrzymane wyniki wykorzystano przy określeniu wartości obszaru W_{pz} i W_{NZ} .

W obliczeniach wykorzystano podstawy metodyczne szacowania wartości nieruchomości. Z uwagi na cel wyceny i charakter obiektu zdecydowano się jednak na odejście od wyceny pojedynczej nieruchomości i przejście do wyceny poszczególnych wydzielonych stref przestrzeni miasta. Wycenę oparto na wartości rynkowej, czyli najbardziej prawdopodobnej cenie możliwej do uzyskania ze sprzedaży nieruchomości na wolnym rynku, przy spełnieniu określonych warunków. Wartość rynkową stref przestrzeni oszacowano podejściem porównawczym lub dochodowym. W podejściu porównawczym wykorzystano metodę cenowo-porównawczą, technikę analizy statystycznej rynku, w podejściu dochodowym – metodę inwestycyjną, technikę kapitalizacji prostej (ustawa o gospodarce nieruchomościami).

Koszty transformacji obszaru oszacowano na podstawie kalkulacji kosztów wykonania niezbędnych robót, a więc uzbrojenia terenu i budowy dróg.

Oszacowane wartości jednostkowe gruntów w zestawieniu z odpowiednimi powierzchniami terenów o określonych funkcjach pozwoliły określić wartości W_{pz} i W_{NZ} , które wykorzystano przy obliczaniu wskaźników ekonomicznych.

4.3. Wyniki rachunku efektywności inwestycji – obszar Jachcice w Bydgoszczy

W toku przeprowadzonych analiz otrzymano następujące wyniki:

1) Koszty realizacji projektu ($W_{pz} + K_b$)

Lp.	Wyszczególnienie	Wartość w zł (PLN) w cenach 31.12.96 r.
1.	Koszt nabycia terenów rozwojowych (około 65,0 ha) jest to jednocześnie W_{pz}	2.290.000,00
2.	Koszt nabycia terenów pod przebudowę istniejących dróg	529.500,00
3.	Koszty budowy sieci infrastruktury technicznej, w tym:	39.500.000,00 (35.000.000,00)*
	– wodociągi	1.900.000,00
	– kanalizacja sanitarna	5.000.000,00
	– kanalizacja deszczowa	14.300.000,00
	– gazownictwo	1.500.000,00 (1.050.000,00)*
	– ciepłownictwo	3.300.000,00
	– elektroenergetyka	13.500.000,00 (9.450.000,00)*
4.	Koszty budowy i przebudowy dróg	12.000.000,00
5.	Honoraria specjalistów (5% kosztów budowy)	2.500.000,00
Razem ($W_{pz} + K_b$)		56.819.500,00 (52.319.500,00)*
*) Przyjęto możliwość partycypacji (około 30%) gestorów poszczególnych urządzeń w kosztach ich budowy.		

2) Wartość rynkowa obszaru po realizacji projektu (W_{NZ})

Lp.	Wyszczególnienie	Wartość w zł (PLN) w cenach 31.12.96 r.
1.	Mn (11,86 ha) $118.600,00 \text{ m}^2 \times 46,00 \text{ zł/m}^2 =$	5.455.600,00
2.	Mw (25,74 ha) $257.400,00 \text{ m}^2 \times 43,00 \text{ zł/m}^2 =$	11.068.200,00
3.	Usługi (7,47 ha) $74.700,00 \text{ m}^2 \times 50,00 \text{ zł/m}^2 =$	3.175.000,00
4.	Zakłady usługowo–techniczne i parkingi (4,09 ha) $40.900,00 \text{ m}^2 \times 52,00 \text{ zł/m}^2 =$	2.126.800,00
Razem 49,06 ha (W_{NZ})		21.825.600,00 ≅ 21.826.000,00
(Źródło: opracowanie własne)		

3) Przychody z tytułu opłat planistycznych

Założono, że wszyscy właściciele nieruchomości, których funkcja zmieni się z rolniczej (R) na mieszkalną (MR), zbędą je w okresie 5 lat od uchwalenia planu.

$$O_{pl} = 0,30(46,00 - 2,70)259.600,00 \text{ m}^2 = 3.372.204,00 \text{ zł} \cong 3.372.000,00 \text{ zł} \quad (7)$$

4) Przychody z tytułu opłat adiacenckich

$$O_{ad} = 0,50(43,00 - 32,00)378.500,00 \text{ m}^2 = 2.081.750,00 \text{ zł} \cong \mathbf{2.082.000,00 \text{ zł}} \quad (8)$$

Obliczone wskaźniki efektywności wyniosły:

- w ujęciu statycznym

Zysk (strata) z rozwoju obszaru określone na podstawie metody pozostałościowej:

$$Z = W_{NZ} - (W_{pz} + K_b) \pm O_{pl} + O_{ad}$$

• wartość rynkowa po realizacji inwestycji (W_{NZ})	→	+21.826.000,00 zł
• koszty realizacji projektu i koszt nabycia terenów rozwojowych ($W_{pz} + K_b$)	→	-52.319.500,00 zł
• przychody z tytułu opłat planistycznych	→	+ 3.372.000,00 zł
• przychody z tytułu opłat adiacenckich	→	+ 2.082.000,00 zł
Zysk (strata) Z		= -25.039.500,00 zł

- w ujęciu dynamicznym

Wartość zaktualizowana netto NPV

Przy obliczaniu wskaźnika NPV przyjęto:

- okres realizacji projektu 15 lat,
- wysokość stopy dyskontowej $r = 6,5\%$,
- wszystkie wartości potrzebne w analizie wyrażono w wartościach realnych (nieuwzględniających zmian spowodowanych inflacją), czyli sprowadzono poziom przyszłych kwot do momentu dokonywania analizy i uwzględniono jedynie przewidywany, rzeczywisty wzrost dochodu. Przyjęto dla nieruchomości gruntowych roczny, realny wzrost wartości o 5%.

$$NPV (r = 6,5\%) = -8.980.120,00 \text{ zł} < 0$$

Nie ma takiej stopy dyskontowej (r), przy której wartość zaktualizowana NPV byłaby = 0, zatem wariant ten nie jest opłacalny ekonomicznie.

5. ANALIZA OTRZYMANYCH WYNIKÓW I WNIOSKI KOŃCOWE

Powyższa kalkulacja ilustruje wynik oceny przedsięwzięcia inwestycyjnego. Przy takich założeniach i warunkach realizacji inwestor (gmina) poniesie stratę, czyli wariant nie jest opłacalny ekonomicznie. Przedstawiony przykład dotyczy jednak tylko jednej z możliwości zagospodarowania przestrzeni. Jeżeli byłyby opracowane inne warianty, to obliczone wskaźniki ekonomiczne porównane z rezultatami oceny alternatywnego wariantu mogłyby dać inwestorowi (gminie) podstawę do podjęcia optymalnej decyzji planistycznej, uwzględniającej przyszłą wartość gruntu jako źródło potencjalnych korzyści płynących z rozwoju obszaru.

W ramach tego konkretnego projektu inwestycyjnego wyniki przeprowadzonej analizy winny stymulować inwestora do polepszenia relacji nakłady – korzyści, np. przez zmniejszenie kosztów budowy. Powinny też zmuszać gminę do przeprowadzenia negocjacji z gestora-ami sieci w sprawie partycypacji w kosztach budowy infrastruktury technicznej.

6. PODSUMOWANIE

Celem pracy było zaprezentowanie procedury postępowania dotyczącej wyboru funkcji obszaru, która może być wykorzystana przy konstrukcji planu zagospodarowania przestrzennego. Plan miejscowy ma na celu określenie polityki przestrzennej gminy, a zatem wybrany wariant zagospodarowania przestrzeni musi uwzględnić również korzyści ekonomiczne płynące dla gminy z rozwoju obszaru. Korzyści te skorelowane są z wartością rynkową nieruchomości, a ta z kolei w znacznym stopniu zależy od funkcji zapisanej w planie zagospodarowania przestrzennego. Występują tu sprzężenia zwrotne, z których wynika, że wartość nieruchomości powinna być regulatorem przy opracowywaniu planów miejscowych, a szacowanie nieruchomości i zagospodarowanie przestrzenne są ze sobą ściśle powiązane.

Zaprezentowany przykład wskazuje na praktyczne możliwości wprowadzenia kryterium ekonomicznego do konstrukcji planu zagospodarowania przestrzennego.

LITERATURA

- [1] Boczek Z.: Opłacalność inwestowania w nieruchomości i przedsiębiorstwa. WSKS, Sopot, 1996.
- [2] Chmielewski J.: Kształtowanie zespołów niskiej intensywnej zabudowy wielorodzinnej i jednorodzinnej. Centralny Ośrodek Badawczo-Projektowy Budownictwa Ogólnego, Warszawa, 1991.
- [3] Cymerman R.: Planowanie przestrzenne a szacowanie nieruchomości. Rzeczoznawca Majątkowy 5/95, PFSRM, Warszawa, 1995.
- [4] Cymerman R., Jabłoński J.: Związek planów przestrzennych z wyceną nieruchomości. Materiały konferencyjne: Szacowanie nieruchomości, Olsztyn – Kortowo, 1994.
- [5] Czekiel-Świtalska E.: Czynniki optymalizacji procesu wyboru formy zagospodarowania przestrzennego. Wycena 3/96, Olsztyn, 1996.
- [6] Domański R.: Gospodarka przestrzenna. PWN, Warszawa, 1993.
- [7] Hopfer A., Jędrzejewski H., Żróbek R., Żróbek S.: Wycena nieruchomości i przedsiębiorstw, tom 1, Szacowanie nieruchomości. Wyd. Twigger, Warszawa, 1993.
- [8] Hopfer A., Krawczyk M., Żróbek R., Żróbek S.: Zasady gospodarki przestrzennej i szacowanie nieruchomości. Wyd. ZCO, Zielona Góra, 1995.
- [9] Hopfer A., Żróbek S.: Szacowanie w procesie wyboru optymalnego użytkowania nieruchomości. Wycena 2/96, Olsztyn, 1996.
- [10] Kośka T., Przewłocki S.: Informacje o cenach rynkowych gruntów jako narzędzie w procesie planowania przestrzennego. Materiały konferencyjne: Szacowanie nieruchomości, Olsztyn-Kortowo, 1994.
- [11] Krajewska M.: Wartość nieruchomości jako regulator przy opracowywaniu miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. Materiały konferencyjne: Rynek nieruchomości – zagospodarowanie przestrzenne, Spała, 1997.

- [12] Kucharska – Stasiak E., Nykiel L.: Wycena a ocena efektywności inwestycji w nieruchomości. Materiały konferencyjne: Rynek nieruchomości – zagospodarowanie przestrzenne, Spała, 1997.
- [13] Łojewski S.: Elementy wiedzy o projektowaniu. Wyd. SGGW-AE, Warszawa, 1982.
- [14] Malisz B.: Ekonomia kształtowania miast. Tom IV. KPZK PAN, Studia, Warszawa, 1963.
- [15] Ney B., Ziobrowski Z.: Rola rynku nieruchomości w przełamywaniu barier rozwoju miast. Materiały konferencyjne: Rynek nieruchomości – zagospodarowanie przestrzenne, Spała, 1997.
- [16] Piskorski M.: Ekonomiczne skutki uchwalenia planu miejscowego według ustawy o zagospodarowaniu przestrzennym z punktu widzenia zarządu gminy i projektanta planu. Materiały konferencyjne: Algorytm szacowania ekonomicznych skutków zmian miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego na przykładzie miasta Szczecina, Szczecin, 1998.
- [17] Praca zbiorowa pod redakcją naukową R. Borowieckiego: Efektywność przedsięwzięć rozwojowych. AE w Krakowie, TNOiK, Warszawa – Kraków, 1996.
- [18] Praca pod redakcją naukową M. Ciesielskiego: Polityka ekonomiczna miast. Skrypt AE w Poznaniu, 1992.
- [19] Praca zbiorowa pod redakcją S. Łojewskiego, E. Śpiewakowskiego: Zasady długofalowej polityki ekologicznej dla miasta Bydgoszczy. ATR, Bydgoszcz, 1995.
- [20] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 roku o zagospodarowaniu przestrzennym.
- [21] Ustawa z dnia 21 sierpnia 1997 roku o gospodarce nieruchomościami.
- [22] Żróbek S.: Metodyka wyboru funkcji użytkowania terenów obrzeżnych miast. ART Olsztyn, 1994.

THE VALUE OF THE LAND AS A ONE OF FACTORS THAT EFFECT ON PLANNING DECISIONS

Summary

The paper presents issues concerning the selection of methods of development planning taking the value of the land into consideration. The author proposed the procedure which can be used to construct the spatial plan. This issue was illustrated by an example, which, among other things, shows the assessment of financial effects of the resolution and execution of the local plan of Jachcice district in Bydgoszcz.

Recenzent: dr hab. Sabina Żróbek
Akademia Rolniczo-Techniczna w Olsztynie

Monika Klemke-Pitek

ANALIZA KONKURENCJI NA RYNKU BETONU TOWAROWEGO

Artykuł jest syntetycznym sprawozdaniem rynku, które zostało przeprowadzone we wrześniu 1997. Dotyczyło ono producentów betonu towarowego, znajdujących się 40 km od Bydgoszczy. Badaniu zostały poddane firmy, które w swojej działalności gospodarczej zajmują się produkcją betonu towarowego i sprzedają go w celach handlowych na skalę większą niż 60 metrów sześciennych miesięcznie. Prezentację badanych przedsiębiorstw uwzględniającą najważniejsze elementy strategii konkurencji przedstawia tablica 1.

1. WSTĘP

Integralną część strategii marketingowej każdego przedsiębiorstwa powinno stanowić zagadnienie określenia pozycji konkurencyjnej firmy i jej produktów na rynku. W ostatnich latach konkurencja pojawiła się jako jeden z najważniejszych obszarów zainteresowania w budowaniu strategii. Sytuacja, jaka wystąpiła w Polsce po roku 1989 jest doskonałą ilustracją tego problemu.

2. PRZEPROWADZONE BADANIE

Przedsiębiorstwo, tworząc strategię marketingową powinno obok takich elementów jak produkt, cena, dystrybucja, promocja czy konsument, w możliwie szerokim zakresie uwzględniać konkurentów i ich zachowania. Zatem konieczne jest przeprowadzenie analizy konkurencji, której wyniki powinny znaleźć odzwierciedlenie w przygotowanej i wdrażanej strategii marketingowej przedsiębiorstwa.

Analiza konkurencji realizowana jest w następujących etapach.

Określenie przedmiotu konkurencji:

1. Identyfikacja konkurentów.
2. Identyfikacja strategii konkurentów.
3. Określenie sił i słabości konkurentów.
4. Tworzenie przewidywanych wzorów reakcji konkurentów.
5. Wybór odpowiedniej strategii konkurencji.

Tablica 1. Syntetyczne przedstawienie badanych producentów betonu towarowego

Zestawienie producentów betonu								
L.p.	Nazwa firmy	Średnio-miesięczna wielkość produkcji	Liczba pracowników	Liczba węzłów betoniar-skich	Liczba mieszalni-ków samo-chodowych	Wiek firmy	Cena B-15	Cena B-20
		[m ³]	[osób]	[sztuk]	[sztuk]	[lat]	PLN/m ³	PLN/m ³
1	Firma A	1000	80	1	4	7	113	132
2	Firma B	1500	18	3	2	5	119	139
3	Firma C	1300	32	1	0	4	114	134
4	Firma D	2250	35	2	0	7	115	138
5	Firma E	800	5	1	0	8	115	134
6	Firma F	1300	370	2	0	0,5	115	138
7	Firma G	1000	46	2	3	5	113	132
8	Firma H	200	5	1	1	7	115	135
9	Firma I	100	5	1	0	8	118	138
10	Firma J	300	8	1	0	5	116	139
11	Firma K	200	5	1	2	4	117	135
12	Firma L	150	25	1	0	8	115	138
13	Firma M	200	153	4	0	5	118	128
14	Firma N	250	25	1	0	6	147	157
15	Firma O	300	37	1	0	27	113	132
16	Firma P	150	9	1	0	17	109	125
17	Firma R	140	9	1	1	10	107	120
18	Firma S	900	22	3	2	5	113	132
19	Firma T	300	10	1	3	9	115	138
20	Firma U	65	40	1	3	5	112	130
21	Firma W	360	65	1	2	6	147	157
Razem		12765	1004	31	23	–	–	–

We wrześniu 1997 roku przeprowadzono badanie rynku, które dotyczyło producentów betonu towarowego. Badanie to obejmowało swym zakresem pierwsze trzy elementy składające się na analizę konkurencji. Przedmiotem konkurencji była produkcja betonu towarowego. Analizie zostały poddane firmy, które w swojej działalności gospodarczej zajmują się produkcją betonu towarowego i sprzedają go w celach handlowych na skalę większą niż 60 metrów sześciennych miesięcznie. Identyfikacja strategii konkurentów polegała na rozpoznaniu zewnętrznych i wewnętrznych elementów strategii konkurencji. Podstawowe elementy strategii, które uwzględniono w przeprowadzonym badaniu to:

⇒ **wewnętrzne:**

- Jakość postrzegana jako:
 - stosowanie do produkcji kruszywa rozdzielonego na frakcje,
 - posiadanie własnego laboratorium.
- Oferta firmy.
- Polityka cenowa.

- Średnia miesięczna wielkość produkcji w [m³].

⇒ **wewnętrzne:**

- Forma własności działki pod wytwórnią.
- Wiek firmy i liczba pracowników.
- Liczba i typ węzłów betoniarskich.
- Liczba i typ mieszalników samochodowych.
- Posiadanie pompy i jej wysięg.

3. SYNTETYCZNE OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

3.1. Charakterystyki statystyczne

Podstawowe charakterystyki statystyczne dotyczące niektórych elementów strategii jak liczba: węzłów betoniarskich, mieszalników samochodowych, pracowników oraz wiek firmy i średnia miesięczna wielkość produkcji pozwalają stwierdzić, że:

- **w 25% badanych firm:**
 - miesięczna produkcja betonu wynosiła mniej niż 200 metrów sześciennych,
 - pracuje mniej niż 9 osób,
 - obecność na rynku była krótsza niż 5 lat.
- **50% firm produkujących beton:**
 - produkowało miesięcznie mniej niż 300 metrów sześciennych,
 - zatrudnia mniej niż 25 osób,
 - nie posiada mieszalników samochodowych,
 - posiada jeden węzeł betoniarski,
 - istnieje na rynku krócej niż 6 lat ,
- **75% producentów betonu:**
 - produkowało miesięcznie mniej niż 1000 metrów sześciennych,
 - zatrudnia mniej niż 40 pracowników,
 - posiada mniej niż dwa mieszalniki samochodowe,
 - posiada mniej niż dwa węzły betoniarskie,
 - działa krócej niż 8 lat.
- **przeciętnie na każdą badaną firmę przypada średnio:**
 - 608 metrów sześciennych betonu na miesiąc,
 - 1,1 mieszalnika samochodowego,
 - 1,48 węzła betoniarskiego,
 - 48 pracowników,
 - 7 i pół-letnia działalność na rynku.
- najczęściej sprzedawaną mieszanką betonową są B15 i B 20, które stanowią od 70–90% całej sprzedaży:
 - **średnia cena netto podstawowej mieszanki betonowej klasy B 15** wynosiła we wrześniu 1997 **117,43 PLN** i nie obserwowano dużego zróżnicowania cen w poszczególnych betonowniach (25% betonowni sprzedawało powyższą mieszankę w cenie niższej niż 113 PLN, 5% w cenie niższej niż 115 PLN, a 75% poniżej 117 PLN),

- **średnia cena netto podstawowej mieszanki betonowej klasy B 20** wynosiła we wrześniu 1997 **135,76 PLN** i również nie było dużych różnic w poszczególnych betonowniach (25% betonowni sprzedawało powyższą mieszankę w cenie niższej niż 132 PLN, 50% w cenie niższej niż 135 PLN, a 75% poniżej 138 PLN),
- porównując zależność pomiędzy średniomiesięczną wielkością sprzedaży betonu towarowego a pozostałymi elementami podlegającymi badaniu (przedstawionymi w tabeli) zaobserwowano:
 - brak zależności pomiędzy sprzedażą a liczbą posiadanych mieszalników samochodowych i węzłów betoniarskich,
 - brak wpływu ceny podstawowych mieszanek B 15 i B 20 na wielkość sprzedaży,
 - mało znaczącą zależność pomiędzy wyposażeniem w pompę a wynikami w sprzedaży (współczynnik korelacji 0,35),
 - zauważalną zależność wielkości sprzedaży od stosowania kruszywa frakcjonowanego (współczynnik korelacji 0,56),
 - znaczącą zależność wielkości sprzedaży od posiadania przez firmę własnego laboratorium (współczynnik korelacji 0,67).

3.2. Omówienie elementów strategicznych

- 1) Większość firm (20) produkujących beton wykorzystuje go do własnej produkcji różnorodnej galanterii budowlanej. Beton towarowy stanowi najczęściej produkcję dodatkową. Wszystkie firmy posiadają wolne moce przerobowe. Sprzedają przeciętnie 608 metrów sześciennych miesięcznie, przy znacznie większych zdolnościach produkcyjnych.
- 2) Przewaga z nich to młode firmy powstałe po okresie transformacji, działające na rynku od kilku lat. Zdecydowaną mniejszość (pięć) stanowiły byłe przedsiębiorstwa państwowe.
- 3) Nieruchomość użytkowana pod wytwórnie betonu stanowi najczęściej własność prywatną lub wieczystą dzierżawę. W przypadku dzierżawy kilkuletniej, firmy starają się o wykupienie działki.
- 4) Najczęstszą formą prawną działających firm jest spółka z ograniczoną odpowiedzialnością (dziesięć betonowni), w trzech przypadkach są to spółki akcyjne, natomiast małymi firmami kierują indywidualni właściciele.
- 5) Łączna liczba węzłów betoniarskich na omawianym terenie wynosiła we wrześniu 1997 roku 31. Wśród nich dominowały następujące typy: Stetter 1000 w liczbie 5 sztuk, Stetter 750 w liczbie 6 sztuk, Stetter 500 w liczbie 3 sztuk, BMK 500 w liczbie 7 sztuk oraz BTS 500 w liczbie 4 sztuk.
- 6) Wśród badanych 21 firm tylko 8 posiadało własne laboratorium, pozostałe 13 korzystały z usług innych betonowni.
- 7) Większość firm produkuje beton klasy B 7,5 do B 25. Przeważa jednak produkcja betonu B 15 i B 20. Wynika to z takiego zapotrzebowania rynku. Oferta 18 firm dotyczy wyłącznie betonów o niskiej klasie wytrzymałości (maksymalnie do B 35). Oznacza to, że w przypadku zamówienia na beton o wysokiej klasie, np. B 50 pojawiłyby się trudności w szybkiej realizacji tego zamówienia.

- 8) Połowa producentów nie posiada własnych mieszalników samochodowych. Zdecydowana większość nie dysponuje też pompami do betonu, posiada je jedynie 6 betonowni (cztery z nich to typ Stetter o wysokości tłoczenia 18-21 metrów). Pozostałe firmy korzystają z usług firm wypożyczających mieszalniki samochodowe, tj. głównie TRANS-SPRZĘT i MATRA w Bydgoszczy.
- 9) Większość z omówionych producentów (15) stosuje do produkcji betonu kruszywo niefrakcjonowane. Tylko 6 firm używa kruszywa rozdzielonego na frakcje: 0-8, 8-16, 16-32 mm. Ze względów oszczędnościowych wiele firm decyduje się na słabe gatunkowo kruszywo z okolic Bydgoszczy (Bydgoskie Kopalnie Surowców Mineralnych-Wojdał, Radziki, Ostrowite, Elgiszewo oraz Kopalnia Żwiru i Piasku Wojdał II w Pakości).
- 10) Zdecydowana większość producentów korzysta z cementu portlandzkiego (klasa R-32,5, R-42), którego dostawcą jest LAFARGE KCW KUJAWY S.A. w Bielawach, 88-192 Piechcin (obecnie firma joint venture z kapitałem francuskim). Wykorzystywanym dostawcą cementu są w mniejszym zakresie Zakłady Cementowo-Wapiennicze w Nowinach S.A.

4. PODSUMOWANIE

Reasumując można stwierdzić, że na dotychczasowe wyniki firm produkujących beton nie miało większego znaczenia zaplecze w postaci np.: samochodów, pomp. Świadczy to o bardzo dobrej współpracy i elastyczności pomiędzy firmami wypożyczającymi sprzęt a betoniarzami. Ta sytuacja może ulec zmianie, gdy firmy dotychczas wypożyczające samochody i pompy - postawią własny węzeł betoniarski i staną się wówczas konkurencyjnymi dla zależnych od nich betonowni. Największe znaczenie dla wielkości sprzedaży miały dwa elementy: własne laboratorium i stosowanie kruszywa rozdzielonego na frakcje. Cena natomiast nie była czynnikiem decydującym. Dodatkowym elementem potęgującym sprzedaż w opinii badanych firm jest marka, która tworzona jest przez długoletnią współpracę kreowaną dobrym jakościowo betonem i niezawodnością dostawy. Dowodzi to o dużej możliwości konkurowania jakością produktu i wizerunku firmy.

Należy nadmienić, że badany rynek posiada cechy oligopolu. Ten zaś oznacza niewielu dużych sprzedawców, którzy dominują na rynku, sprzedając homogeniczne bądź nieznacznie zróżnicowane produkty. Charakterystyczne dla rynków oligopolistycznych są bariery wejścia na rynek, tajne porozumienia producentów i inne praktyki zmierzające do uzyskania dużych zysków przez kilku sprzedających i dominujących na tym rynku.

Wśród 21 firm działających na omawianym terenie, sześć zajmuje pozycję liderów rynkowych. Ich produkcja kształtuje się powyżej 1000 metrów sześciennych miesięcznie. Można spodziewać się przyjęcia strategii współpracy liderów rynkowych i stworzeniu w ten sposób silnego oligopolu. Wówczas, małe ale dość liczne firmy mogą odpaść z gry rynkowej.

LITERATURA

- [1] Bielski I.: Marketing 96, Oficyna Wydawnicza Ośrodka Postępu Organizacyjnego sp. z o.o., Bydgoszcz, 1996, s. 156.
- [2] Kotler P.: Marketing, Northwestern University, Gebethner & Ska, Warszawa, 1994, s. 209
- [3] Praca zbiorowa pod redakcją H. Mruka: Podstawy marketingu. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań, 1996, s. 57

THE MARKET OF CONCRETE COMPETITION ANALYSIS

Summary

This article is a report of research market of concrete. The research was made in September 1997 and concern firms which there are in Bydgoszcz and also in the area about 40 km around the town. The research was made only to the firms which produce and sale more 60 m³ concrete per month. There are research results in the table 1

Recenzent: prof. dr hab. Edward Urbańczyk
Uniwersytet Szczeciński

Jadwiga Bizon-Górecka

BUDOWANIE STRATEGII MARKETINGOWYCH DROGĄ DO WZMOCNIENIA POZYCJI RYNKOWEJ PRZEDSIĘBIORSTWA BUDOWLANEGO

W artykule wskazano strategię marketingową, jako ważny element zarządzania przedsiębiorstwem budowlanym. Podkreślono znaczenie pozycji konkurencyjnej w procesie formułowania strategii marketingowych. Aktualne doświadczenia w budowie tych strategii, na przykładzie przedsiębiorstw budowlanych regionu kujawsko-pomorskiego, zaprezentowano na podstawie badania ankietowego.

1. WPROWADZENIE

Przez strategię marketingową należy rozumieć określanie celów dla długiego okresu działalności przedsiębiorstw oraz środków realizacji tych celów. Są one jednak, uzależnione są od warunków zewnętrznych, znajdujących w otoczeniu wewnętrznych, tj. zasobów istniejących w przedsiębiorstwach oraz. Strategie marketingowe są nie tylko elementem zarządzania przedsiębiorstwem, ale przede wszystkim należy je traktować jako decydujący warunek maksymalizacji wyniku finansowego w długim okresie. Służą one wzmocnieniu pozycji rynkowej przedsiębiorstwa. Każda jednostka gospodarcza musi podjąć decyzje dotyczące celów marketingowych, które pragnie zrealizować. Celami przedsiębiorstwa mogą być m.in. chęć utrzymania się na rynku, bieżąca maksymalizacja zysku, maksymalizacja udziału w rynku, wiodąca rola w oferowaniu produktu najwyższej jakości. Aby osiągnąć dany cel należy zastanowić się nad wyborem najlepszej drogi wiodącej do niego. Właśnie projektowanie sposobu osiągnięcia celu określa się mianem strategii marketingowej.

2. POZYCJA KONKURENCYJNA, JAKO ISTOTNY ELEMENT FORMUŁOWANIA STRATEGII MARKETINGOWYCH

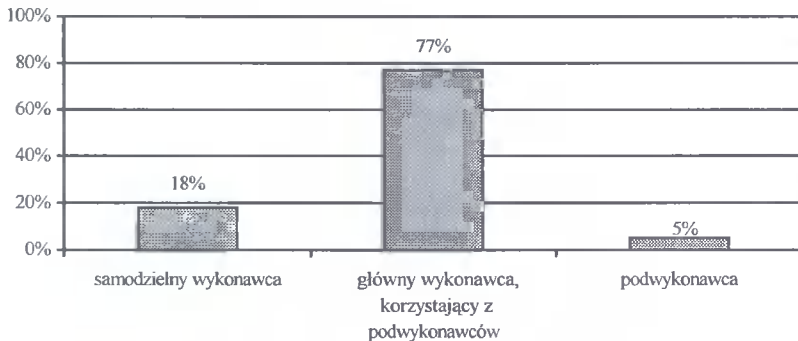
Ważnym problemem jest projektowanie skutecznych strategii marketingowych, uwzględniających konkurencję. W tym celu przedsiębiorstwo musi zdać sobie sprawę z własnej pozycji rynkowej.

Przedsiębiorstwa mogą zajmować na rynku jedną z sześciu pozycji konkurencyjnych:

- dominującą – firma kontroluje zachowania innych konkurentów i ma możliwość wyboru strategii marketingowych,
- silną – pozycji firmy nic nie zagraża w długim okresie,
- korzystną – firma ma możliwość poprawienia swojej sytuacji,
- średnią – firma zależy od przedsiębiorstw dominujących na rynku, ale utrzymuje się na rynku,
- słabą – firma funkcjonuje na niskim poziomie, ma możliwość poprawy swej sytuacji,
- niekorzystną – firma funkcjonuje na niskim poziomie i nie ma możliwości poprawy swej sytuacji.

Pozycję rynkową przedsiębiorstwa budowlanego można określić również na podstawie roli, jaką pełni ono w procesach inwestycyjnych, w których uczestniczy, będąc wykonawcą robót budowlano-montażowych.

Badania ankietowe 65 przedsiębiorstw budowlanych regionu kujawsko-pomorskiego przedstawia rysunek 1.

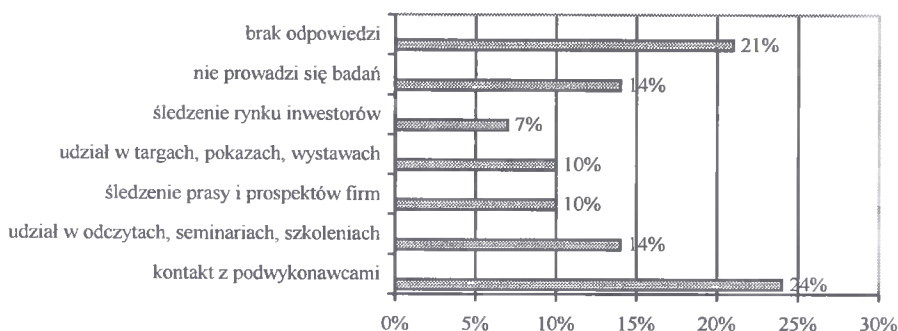


Rys.1. Struktura roli w procesie inwestycyjnym badanych przedsiębiorstw budowlanych regionu kujawsko-pomorskiego
(Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania ankietowego)

Dominującą rolę, jaką pełnią badane jednostki okazała się rola głównego wykonawcy korzystającego z podwykonawców.

Badania nad zmieniającymi się potrzebami klientów, nowymi technikami i technologiami oraz poczynaniami konkurencji prowadzi 65% ankietowanych przedsiębiorstw.

Sposoby prowadzenia tych badań przedstawiono na rysunku 2. 21% analizowanych przedsiębiorstw nie chciało zdradzić sposobów badania, 14% przedsiębiorstw przyznało, że nie prowadzą takich badań.



Rys.2. Struktura form prowadzenia badań nad nowymi technikami i technologiami, potrzebami klientów i konkurencją w przedsiębiorstwach budowlanych regionu kujawsko-pomorskiego

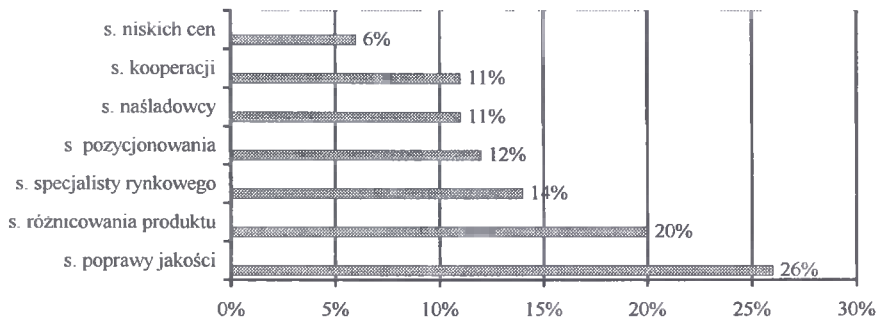
(Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego)

3. SPECYFIKACJA STRATEGII MARKETINGOWYCH W PRZEDSIĘBIORSTWACH BUDOWLANYCH NA PODSTAWIE BADAŃ ANKIETOWYCH

Badaniom ankietowym na temat strategii marketingowych poddano 65 przedsiębiorstw budowlanych regionu kujawsko-pomorskiego. Jedynie 9% badanych przedsiębiorstw powstało przed 1989 rokiem, 39% w latach 1989-91, 30% w latach 1992-93, a 22% po 1993 roku. Wśród badanych przeważały przedsiębiorstwa małe i średnie, tj.: 35% zatrudniających do 20 pracowników, 26% od 20-50 pracowników, 26% 51-100 pracowników, oraz 13% zatrudniających powyżej 100 pracowników. W znacznej liczbie przedsiębiorstw istnieją komórki marketingowe, zajmujące się badaniem rynku (w 52% badanych przedsiębiorstw). Badania wykazały, że rodzaje i struktura (rys.3) strategii marketingowych kształtują się następująco:

Strategia poprawy jakości, wynikająca ze zmian strukturalnych zarządzania przedsiębiorstwem nakierowanych na poprawę jakości wyrobów, czy usług (zarządzanie przez jakość). Realizacja tej strategii odbywa się często przez wdrożenie systemu zapewnienia jakości według standardów ISO serii 9000. Strategia ta znalazła największe zainteresowanie wśród badanych przedsiębiorstw, 26% firm stosuje ją jako dominującą.

Strategia różnicowania produktu (dyferencjacji), polegającą na oferowaniu produktu unikatowego, innego niż proponują firmy konkurencyjne. W przedsiębiorstwie budowlanym unikatowa oferta może dotyczyć atrakcyjnej technologii wykonawstwa, nowoczesnych materiałów, kompleksowości realizacji, wysokiego standardu, krótkich terminów. Strategia ta wymaga dobrej znajomości potrzeb i gustów klientów, a więc prowadzenia systematycznych badań marketingowych.



Rys.3. Struktura strategii marketingowych przedsiębiorstw budowlanych regionu kujawsko-pomorskiego
(Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego)

Strategia specjalisty rynkowego wykorzystująca zagospodarowywanie nisz rynkowych. Stosują ją zwykle małe jednostki, unikające konkurowania z dużymi firmami.

Strategia pozycjonowania wymagająca podkreślania szczególnych atrybutów wyrobów, czy usług oferowanych przez przedsiębiorstwo. Charakterystyczna jest dla dużych przedsiębiorstw, lub wąsko specjalizowanych, wykorzystujących nisze rynkowe.

Strategia naśladowcy polegająca na korzystaniu z doświadczeń liderów w branży. Znane są trzy typy strategii naśladowczych: klon (całkowicie naśladowujący lidera – pasywny), imitator (kopiuje tylko niektóre pomysły lidera), usprawniacz (podbiera liderowi pomysły i usprawnia je).

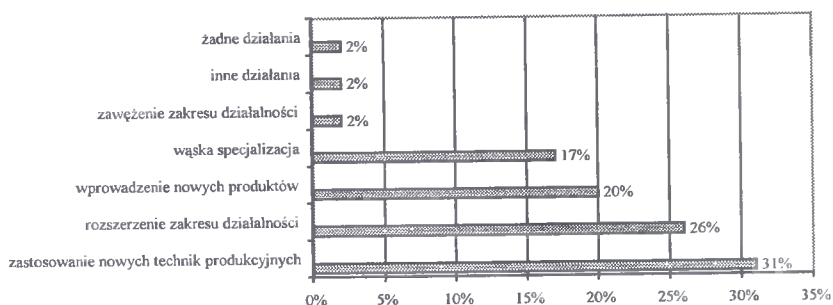
Strategia kooperacji wykorzystującą efekt synergii we współpracy z innymi partnerami. Korzystają z niej zwykle przedsiębiorstwa posiadające mały majątek.

Strategia niskich cen polegająca na oferowaniu usług po cenach niższych od konkurentów, jest dla firm o ugruntowanej pozycji rynkowej, dość popularna w innych branżach, jednak jak wskazują przeprowadzane badania niechętnie akceptowana w budownictwie. Traktowana jest jako dominująca w najmniejszej liczbie badanych przedsiębiorstw (6%).

Obok zamierzeń strategicznych zarejestrowano zamierzenia badanych jednostek na najbliższe dwa lata. Przedstawia je rysunek 4.

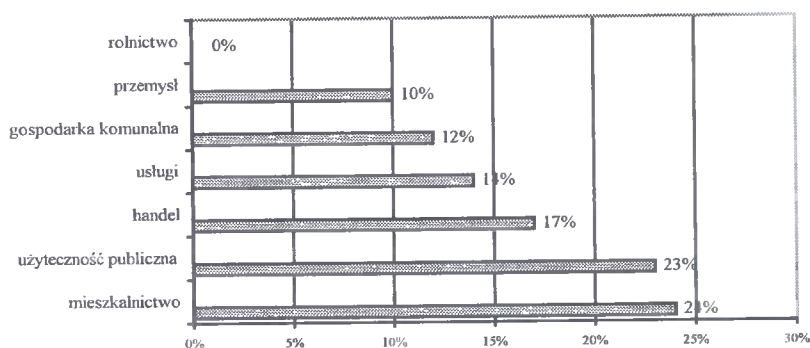
Wśród zamierzeń krótkofalowych największym zainteresowaniem cieszy się stosowanie nowych technik i technologii budowlanych (31% badanych) oraz rozszerzanie zakresu swej działalności (26%). Rzadziej przedsiębiorstwa planują wprowadzanie nowych produktów (20%) oraz wąską specjalizację (17%). Firmy swoje strategie przedsiębiorstwa podporządkują także sytuacji poszczególnych grup inwestorów na rynku.

Badane jednostki widzą źródła zleceń głównie ze strony mieszkalnictwa (24% badanych), użyteczności publicznej (23%) oraz handlu (17%). W mniejszym stopniu liczą na usługi (14%), gospodarkę komunalną (12%) oraz przemysł (10%). Badani nie wskazali rolnictwa, jako branży od której spodziewają się zleceń.



Rys.4. Zamierzenia przedsiębiorstw budowlanych regionu kujawsko-pomorskiego na najbliższe 2 lata

(Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego)



Rys.5. Grupy inwestorów dla яких przedsiębiorstwa regionu kujawsko-pomorskiego planują swoją działalność

(Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego)

4. PODSUMOWANIE

Sukces w marketingu osiąga się drogą kreatywnego odkrywania ewolucyjnego potencjału rynku. Drogą do jego osiągnięcia jest projektowanie skutecznych strategii marketingowych. Wiele wysoko dochodowych firm zawdzięcza swą pozycję udanej realizacji strategii marketingowych. Znaczny wpływ na tworzenie skutecznych planów marketingowych przedsiębiorstwa budowlanego ma jego kadra zarządzająca, której wiedza może dynamicznie przyspieszyć rozwój branży budowlanej.

Przeprowadzone badania ukazują pozytywne zjawisko zaawansowanej orientacji rynkowej przedsiębiorstw budowlanych. Zbierane przez kadre menedżerską doświadczenia pozwalają na budowanie strategii adekwatnych dla prowadzonej działalności, marketingowych, stabilizujących pozycję rynkową firmy.

LITERATURA

- [1] Kotler Ph.: Marketing – Analiza, planowanie, wdrażanie i kontrola. Gebethner i Ska, Warszawa, 1994.
- [2] Nogalski B. Rybicki J.: Metodyka tworzenia skutecznej strategii marketingowej. OPO-TNOiK, Bydgoszcz, 1997.

THE CONSTRUCTION OF THE MARKETING STRATEGY
AS THE WAY TO STRENGTHEN MARKET POSITION
OF THE CONSTRUCTION ENTERPRISE

Summary

The work presents marketing strategy, as an important element of management in the construction enterprise. The role of competitive position in the process of formulating of marketing strategy is underlined. Actual experiences in building of these strategies, on the example of construction enterprises in kujawsko-pomorski region, are presented on the base of questionnaire investigation.

Recenzent: dr hab. inż. Kazimierz M. Jaworski, prof. PW
Politechnika Warszawska

Tomasz Szczuraszek

ANALIZA MODELI STOSOWANYCH DO PRZELICZANIA POJAZDÓW RZECZYWISTYCH NA POJAZDY UMOWNE

W pracy zawarto przegląd stosowanych w świecie modeli przeliczania pojazdów rzeczywistych na pojazdy umowne w analizach ruchu. Przeprowadzono także matematyczny opis tych modeli przy zastosowaniu wspólnych założeń oraz wspólnych zmiennych niezależnych. Przedstawione wzory umożliwiają dokonanie oceny poszczególnych modeli obliczeń oraz porównanie ich ze sobą. Ma to szczególne znaczenie dla właściwego doboru modelu obliczeń przy szczególnych analizach przepustowości oraz poziomu warunków ruchu drogowego.

1. WPROWADZENIE

Uwzględnienie udziału w ruchu pojazdów o dużym zróżnicowaniu pod względem właściwości konstrukcyjnych i eksploatacyjnych nastręcza wiele problemów przy szczegółowych analizach warunków ruchu drogowego. Jeden z najbardziej rozpowszechnionych i chętnie stosowanych w praktyce sposobów rozwiązania tego problemu polega na wykorzystywaniu ekwiwalentnych współczynników do przeliczania pojazdów różnych rodzajów na pojazdy, tzw. „umowne”. Sposób ten zaczerpnięty został z amerykańskiej metody HCM-50 [3] i był kontynuowany w HCM-65 [4] i HCM-85 [5]. Polega on na wykorzystaniu wag dla poszczególnych rodzajów pojazdów, umożliwiających sprowadzenie każdego potoku pojazdów do potoku jednorodnego pod względem składu. Oszacowanie tych wag przeprowadza się przez – specjalnie do tego celu opracowane – teoretyczne modele obliczeniowe.

Duża liczba stosowanych w świecie modeli obliczeń oraz różnorodność ich interpretacji, a także brak w literaturze syntetycznego ujęcia tego problemu skłoniło autora do napisania niniejszego artykułu. Należy podkreślić, że od wielu lat trwa dyskusja dotycząca sensowności stosowania ekwiwalentnych współczynników w metodach obliczania przepustowości i oceny warunków ruchu, szczególnie na odcinkach międzywęzłowych.

Celem niniejszego artykułu jest przegląd opracowanych dotychczas modeli obliczania współczynników ekwiwalentnych, zastosowanych do analiz ruchu na międzywęzłowych odcinkach dróg oraz matematycznie opisanie tych modeli poprzez wspólne, zmienne niezależne. Taki matematyczny opis stwarza możliwość dokonania później szczegółowej analizy poszczególnych modeli oraz dokonania porównania prezentowanych modeli obliczeń.

2. ZESTAWIENIE STOSOWANYCH MODELI OBLICZEŃ

Ekwiwalentny współczynnik można zdefiniować w sposób następujący: współczynnik ekwiwalentny E dla danego rodzaju pojazdu (danej grupy rodzajowej pojazdów) wyraża liczbę samochodów osobowych, tzw. umownych, które wpływają w tym samym stopniu na warunki ruchu potoku, co pojazd analizowany [6,8,14].

Wykaz najważniejszych modeli obliczania współczynników E przedstawia tablica 2.1.

Tablica 2.1. Wykaz modeli obliczania współczynnika ekwiwalentnego

Nr modelu	Podstawa wyznaczenia modelu	Przyjęte mierniki warunków ruchu	Pozycja literatury
I	Porównanie natężeń ruchu potoku pojazdów osobowych i potoku pojazdów mieszanych przy jednakowym poziomie warunków ruchu	Średni czas podróży pojazdów potoku	[2,6]
II		Średnia prędkość podróży lub chwilowa pojazdów	[1]
III		85% kwantyl prędkości pojazdów potoku	[12]
IV		Maksymalne natężenie ruchu (przepustowość)	[9]
V		Łączny czas podróży wszystkich pojazdów potoku	[6,11]
VI		Średnia prędkość pojazdów osobowych	[6,7]
VII	Porównanie gęstości ruchu potoku pojazdów osobowych i potoku pojazdów mieszanych przy jednakowym poziomie warunków ruchu	Maksymalne natężenie ruchu lub maksymalna gęstość ruchu	[6]
VIII	Porównanie średnich odstępów czasu lub odległości między pojazdami w dwóch jednorodnych potokach (potoku pojazdów osobowych i potoku pojazdów analizowanej grupy rodzajowej) przy jednakowym poziomie warunków ruchu	Średni czas podróży lub średnia prędkość podróży pojazdów potoku	[8]
IX		Maksymalne natężenie ruchu – przepustowość (model Webstera i Greenshieldsa)	[8]
X	Porównanie w zakresie danego potoku mierników warunków ruchu dwóch pojazdów: osobowego i analizowanej grupy rodzajowej	Średnia liczba wyprzedzeń	[2,10]
XI		Średni czas zwłoki spowodowany wyprzedzaniem danego pojazdu w potoku	[2]

Modele służące do obliczania wartości współczynników ekwiwalentnych można podzielić na cztery grupy. Podstawą wyznaczenia w każdej grupie jest:

- porównanie natężeń dwóch potoków (osobowego i mieszanego) przy jednakowych warunkach ruchu (modele I do VI),
- porównanie gęstości ruchu dwóch potoków (osobowego i mieszanego) przy jednakowych warunkach ruchu (model VII),
- porównanie średnich odstępów czasu lub odległości pomiędzy pojazdami w dwóch jednorodnych potokach (potoku pojazdów osobowych i potoku po-

jazdów analizowanej grupy rodzajowej) przy jednakowych warunkach ruchu (modele VIII i IX),

- d) porównanie pewnych charakterystyk związanych z wyprzedzaniem w potoku dla dwóch pojazdów: osobowego i analizowanej grupy rodzajowej (model X i XI).

Jednym z najczęściej stosowanych w praktyce modeli obliczania współczynników E dla ruchu na międzywęzłowych odcinkach dróg (zwłaszcza dróg zamiejskich) jest model II i X. Ten ostatni został wykorzystany, między innymi w amerykańskiej metodzie oceny warunków ruchu HCM-65 [4]. W nowej wersji tej metody z roku 1985 użyto modelu XI [5]. Modele X i XI mają zastosowanie jednak tylko do ruchu pojazdów na dwupasowych drogach dwukierunkowych. Najmniej używane – w przypadku odcinków międzywęzłowych – są modele IV, VII, VIII i IX. Modele VIII, jak i IX (opracowany przez Webstera i Greenshieldsa), są za to jednymi z podstawowych do obliczania współczynnika E stosowanymi w obliczeniach przepustowości skrzyżowań [8]. Warto też zauważyć, że model VIII stanowi szczególny przypadek modelu I oraz II, tj. przy strukturze 100% udziału pojazdów analizowanej grupy w potoku.

3. MATEMATYCZNY OPIS STOSOWANYCH MODELI OBLICZANIA WSPÓŁCZYNNIKA

W celu dokonania analizy stosowanych w praktyce modeli obliczania współczynników przeliczeniowych, a zwłaszcza możliwości ich porównania przyjęto następujące założenia ogólne:

- ruch potoku pojazdów na odcinku międzywęzłowym można opisać modelem Greenshieldsa [16],
- potok składa się tylko z dwóch grup rodzajowych pojazdów, tj. osobowych i ciężarowych,
- rozkład prędkości pojazdów w potoku ma charakter rozkładu normalnego,
- rozkład odstępów czasu między pojazdami w potoku można scharakteryzować poprzez rozkład wykładniczy.

Powyższe założenia umożliwiły wyznaczenie funkcji współczynnika E dla poszczególnych rozpatrywanych modeli obliczeń przy ujednoczonych warunkach wyjściowych i jednocześnie (w bardzo ogólnym przybliżeniu), przy zachowaniu rzeczywistego charakteru ruchu. Starano się przy tym wykorzystać w miarę jednolite zmienne niezależne. W tym celu wprowadzono do analizy następujące współczynniki:

- a) prędkości swobodnej

$$m_v = \frac{\overline{V}_{fc}}{\overline{V}_{fo}} \quad (3.1)$$

- b) poziomu warunków ruchu

$$m_{vi} = \frac{\overline{V}_{io}}{\overline{V}_{fo}} \quad (3.2)$$

- c) prędkości potoku przeciwbieżnego

$$m_p = \frac{\overline{VP}}{\overline{V}_{io}} \quad (3.3)$$

d) gęstości maksymalnej

$$m_k = \frac{K_{zc}}{K_{zo}} \quad (3.4)$$

gdzie:

$\bar{V}_{fo}, \bar{V}_{fc}$ – średnia prędkość pojazdów (odpowiednio osobowych i ciężarowych) określona na podstawie średniego czasu podróży w warunkach ruchu swobodnego,

\bar{V}_{io} – średnia prędkość potoku pojazdów osobowych określona na podstawie średniego czasu podróży, przy poziomie warunków „i”,

\bar{V}_P – średnia prędkość potoku przeciwbieżnego określona na podstawie średniego czasu podróży,

K_{zo}, K_{zc} – gęstość ruchu potoku pojazdów, odpowiednio: osobowych i ciężarowych w warunkach zatoru (gęstość maksymalna).

Model I

Warunkiem wyznaczenia współczynnika ekwiwalentnego E według modelu I jest spełnienie równości (rys.3.1):

$$Q_{im} \cdot (p_c \cdot E + p_o) = Q_{io},$$

przy $\frac{1}{\bar{V}_{im}} = \frac{1}{\bar{V}_{io}}$, czyli $\bar{V}_{im} = \bar{V}_{io}$ (3.5)

gdzie:

\bar{V}_{im} – średnia prędkość potoku mieszanego określona na podstawie średniego czasu podróży, przy poziomie warunków ruchu „i”,

p_o, p_c – częstość występowania w potoku pojazdów, odpowiednio osobowych i ciężarowych (w częściach jednostki),

Q_{io}, Q_{im} – natężenie ruchu potoku, odpowiednio: pojazdów osobowych i potoku mieszanego, przy poziomie warunków ruchu „i”.

Ponieważ w myśl modelu Greenshieldsa można napisać [16]:

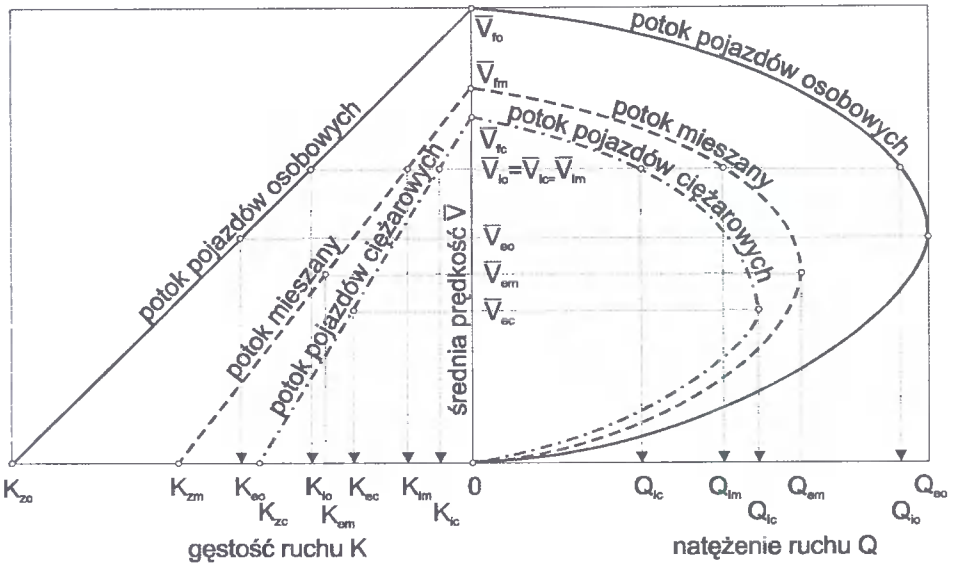
$$Q_{io} = \bar{V}_{io} \cdot \left(1 - \frac{\bar{V}_{io}}{\bar{V}_{fo}}\right) \cdot K_{zo} \quad (3.6)$$

$$Q_{im} = \bar{V}_{io} \cdot \left(1 - \frac{\bar{V}_{io}}{\bar{V}_{fm}}\right) \cdot K_{zm} \quad (3.7)$$

gdzie:

\bar{V}_{fm} – średnia prędkość potoku mieszanego określona na podstawie średniego czasu podróży w warunkach ruchu swobodnego,

K_{zm} – gęstość ruchu potoku mieszanego w warunkach zatoru,



Rys.3.1. Przyjęte do analizy modelu I, IV, VIII i IX schematy zależności pomiędzy natężeniem, prędkością i gęstością ruchu potoków pojazdów

$$\frac{1}{V_{fm}} = \frac{1}{V_{fo}} \cdot p_o + \frac{1}{V_{fc}} \cdot p_c \tag{3.8}$$

to po wykorzystaniu wyników badań własnych autora, dotyczących gęstości ruchu potoku przy zatorze [13,15]:

$$\frac{1}{K_{zm}} = \frac{1}{K_{zo}} \cdot p_o + \frac{1}{K_{zc}} \cdot p_c \tag{3.9}$$

oraz zależności (3.1), (3.2), (3.4) i (3.5), otrzymano następujący wzór na wartość współczynnika E:

$$E = \frac{m_v(1 - m_{vi}) + m_{vi} \cdot m_k \cdot (1 - p_c) \cdot (1 - m_v)}{[m_v(1 - m_{vi}) - m_{vi} \cdot p_c \cdot (1 - m_v)] \cdot m_k} \tag{3.10}$$

Model II

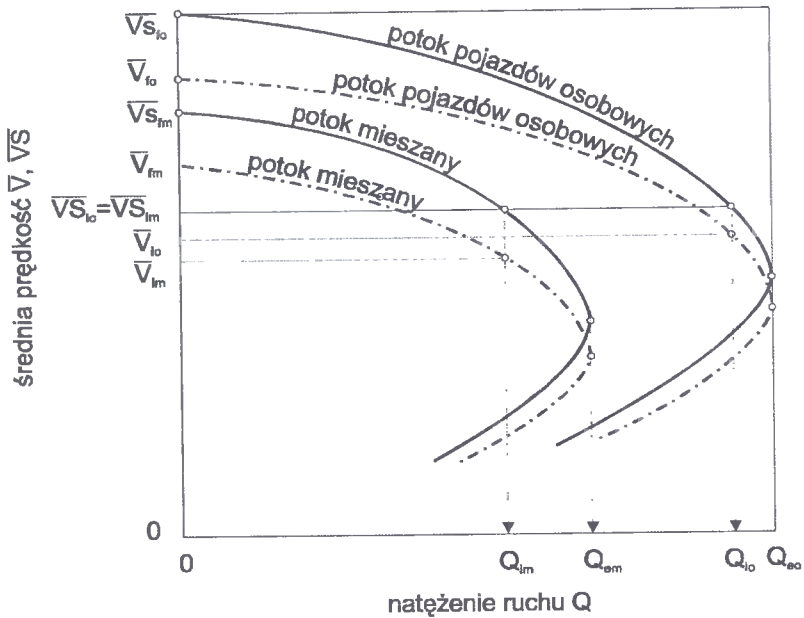
Zgodnie z definicją modelu II można napisać (patrz rys.3.2):

$$Q_{im} \cdot (p_c \cdot E + p_o) = Q_{io} \tag{3.11}$$

przy $\overline{VS}_{im} = \overline{VS}_{io}$

gdzie:

$\overline{VS}_{io}, \overline{VS}_{im}$ – średnia prędkość potoku, odpowiednio: pojazdów osobowych i potoku mieszanego, przy poziomym warunków ruchu „i”.



Rys.3.2. Przyjęte do analizy modelu II schematy zależności pomiędzy natężeniem, prędkością i gęstością ruchu potoków pojazdów

Ponieważ [12]:

$$\overline{VS}_{io} = (1 + Z_{io}^2) \cdot \overline{V}_{io} \quad (3.12)$$

$$\overline{VS}_{im} = (1 + Z_{im}^2) \cdot \overline{V}_{im} \quad (3.13)$$

gdzie:

Z_{io}, Z_{im} – współczynnik zmienności prędkości potoku V , odpowiednio: pojazdów osobowych i potoku mieszanego, przy poziomie warunków ruchu „i”;

to wykorzystując własności modelu Greenshieldsa (3.6) i (3.7) oraz zależności (3.1), (3.2) i (3.4), można napisać:

$$E = \frac{(1 - m_{vi}) \cdot m_v \cdot [(1 - p_c) \cdot m_k + p_c]}{m_k \cdot \varphi_1 \{m_v - \varphi_1 \cdot m_{vi} \cdot [p_c + (1 - p_c) \cdot m_v]\}} - \frac{1 - p_c}{p_c} \quad (3.14)$$

gdzie:

$$\varphi_1 = \frac{1 + Z_{io}^2}{1 + Z_{im}^2}, \quad (3.15)$$

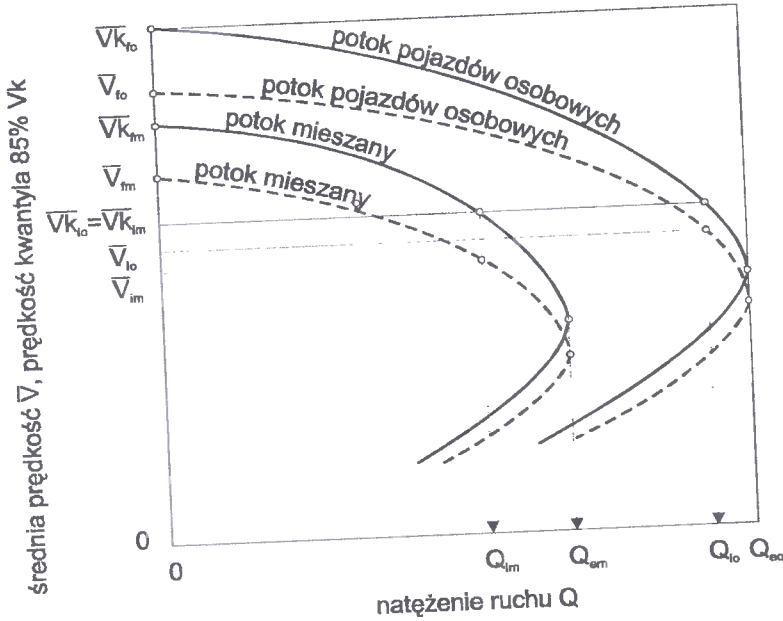
Model III

Dla modelu III warunkiem wyjściowym jest (patrz rys.3.3):

$$Q_{im} \cdot (p_c \cdot E + p_o) = Q_{io} \quad (3.16)$$

przy $WK_{im} = WK_{io}$

gdzie:
 WK_{io}, WK_{im} – 85% kwantyl prędkości potoku, odpowiednio: pojazdów osobowych i potoku mieszanego, przy poziomie warunków ruchu „i”.



Rys.3.3. Przyjęte do analizy modelu III schematy zależności pomiędzy natężeniem, prędkością a gęstością ruchu potoków pojazdów

Ponieważ w przypadku rozkładu normalnego można założyć [12]:

$$WK_{io} \cong (1 + ZS_{io}) \cdot \overline{VS}_{io} \quad (3.17)$$

$$WK_{im} \cong (1 + ZS_{im}) \cdot \overline{VS}_{im} \quad (3.18)$$

gdzie:
 ZS_{io}, ZS_{im} – współczynnik zmienności prędkości potoku VS , odpowiednio: pojazdów osobowych i potoku mieszanego, przy poziomie warunków ruchu „i”.

stąd, wykorzystując zależności (3.12) i (3.13) oraz (3.1), (3.2) i (3.4) otrzymano:

$$E = \frac{(1 - m_{vi}) \cdot m_v \cdot [(1 - p_c) \cdot m_k + p_c]}{p_c \cdot m_k \cdot \varphi_2 \cdot \{m_v - \varphi_2 \cdot m_{vi} \cdot [p_c + (1 - p_c) \cdot m_v]\}} \cdot \frac{1 - p_c}{p_c} \quad (3.19)$$

gdzie:

$$\varphi_2 = \frac{(1 + Z_{io}^2)}{(1 + Z_{im}^2)} \cdot \frac{(1 + ZS_{io})}{(1 + ZS_{im})} \quad (3.20)$$

Model IV

Równanie wyjściowe dla modelu IV można zapisać następująco (rys.3.1):

$$Q_{em} \cdot (p_c \cdot E + p_o) = Q_{eo} \quad (3.21)$$

Na podstawie teorii Greenshieldsa otrzymamy [16]:

$$Q_{eo} = \frac{\bar{V}_{fo} \cdot K_{zo}}{4} \quad (3.22)$$

$$Q_{em} = \frac{\bar{V}_{fm} \cdot K_{zm}}{4} \quad (3.23)$$

gdzie:

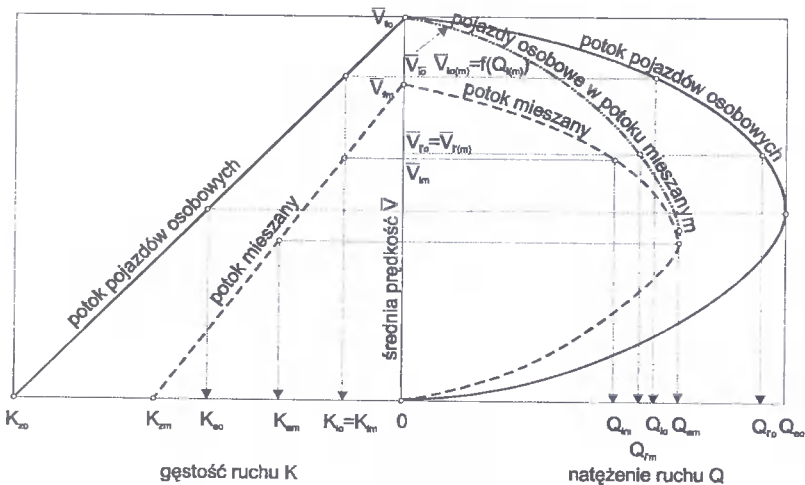
Q_{eo}, Q_{em} – maksymalne natężenia ruchu, odpowiednio: potoku pojazdów swobodnych oraz potoku mieszanego.

Wykorzystując więc powyższe zależności oraz wzory (3.1), (3.2), (3.4), (3.8) i (3.9) uzyskamy następujący wzór na obliczanie wartości współczynnika E:

$$E = \frac{(1 - m_v) \cdot [p_c + (1 - p_c) \cdot m_k] + m_v}{m_v \cdot m_k} \quad (3.24)$$

Model V

W tym modelu musi być spełniona następująca zależność (rys.3.4):



Rys.3.4. Przyjęte do analizy modelu V, VI i VII schematy zależności pomiędzy natężeniem, prędkością a gęstością ruchu potoków pojazdów

$$Q_{im} \cdot (p_c \cdot E + p_o) = Q_{io}$$

$$\text{przy } T_{io} = T_{im} \Rightarrow \frac{Q_{io}}{V_{io}} = \frac{Q_{im}}{V_{im}} \Rightarrow K_{io} = K_{im} \quad (3.25)$$

gdzie:

T_{io}, T_{im} – łączny czas podróży pojazdów potoku, odpowiednio: pojazdów osobowych i potoku mieszanego na danym odcinku drogi, przy poziomie warunków ruchu „i”,

K_{im} – gęstość ruchu potoku mieszanego, przy poziomie warunków ruchu „i”,

Podstawiając do równania (3.25) następujące zależności [16]:

$$Q_{io} = K_{io} \cdot \bar{V}_{io} = K_{io} \cdot \bar{V}_{fo} \cdot \left(1 - \frac{K_{io}}{K_{zo}}\right)$$

$$Q_{im} = K_{im} \cdot \bar{V}_{im} = K_{io} \cdot \bar{V}_{im} = K_{io} \cdot \bar{V}_{fm} \cdot \left(1 - \frac{K_{io}}{K_{zm}}\right)$$

$$K_{io} = \frac{Q_{io}}{V_{io}}$$

a także wykorzystując równania (3.1), (3.2), (3.4), (3.6), (3.8) i (3.9), uzyskamy następujący wzór na obliczanie wartości współczynnika ekwiwalentnego:

$$E = \frac{m_k \cdot m_{vi} + m_v \cdot (1 - m_{vi}) \cdot (1 - p_c) \cdot (1 - m_k)}{[m_k \cdot m_{vi} - (1 - m_{vi}) \cdot (1 - m_k) \cdot p_c] \cdot m_v} \quad (3.26)$$

Model VI

W przypadku modelu VI warunek wyjściowy przedstawia się następująco (rys.3.4):

$$Q_{im} \cdot (p_c \cdot E + p_o) = Q_{io}, \quad \text{przy } \bar{V}_{io} = \bar{V}_{io(m)} \quad (3.27)$$

gdzie:

$V_{io(m)}$ – średnia prędkość pojazdów osobowych w potoku mieszanym, przy poziomie warunków ruchu „i”.

Dla złożzeń przyjętych w niniejszej pracy, wzór na wartość E ma postać:

$$E = \frac{1}{m_v \cdot m_k} \quad (3.28)$$

Wyprowadzenie powyższego wzoru przedstawione jest w pracy Hubera [6].

Model VII

Zgodnie z założeniami tego modelu (patrz rys.3.4) można napisać:

$$\begin{aligned} K_{em} \cdot (p_c \cdot E + p_o) &= K_{eo} \\ \text{lub } K_{zm} \cdot (p_c \cdot E + p_o) &= K_{zo} \end{aligned} \quad (3.29)$$

Stąd po wykorzystaniu zależności (3.4), wzór na wartość E przybierze następującą postać:

$$E = \frac{1}{m_k} \quad (3.30)$$

Model VIII

Wartość współczynnika ekwiwalentnego w tym modelu definiuje się następująco (patrz rys.3.1):

$$E = \frac{\overline{dt}_{ic}}{\overline{dt}_{io}} = \frac{Q_{io}}{Q_{ic}}, \quad \text{przy } \overline{V}_{io} = \overline{V}_{ic} \quad (3.31)$$

gdzie:

\overline{dt}_{io} , \overline{dt}_{ic} – średni odstęp czasu pomiędzy pojazdami w jednorodnym potoku pojazdów, odpowiednio pojazdami osobowymi i ciężarowymi.

Wykorzystując więc zależności wynikające z modelu Greenshieldsa (3.6) i (3.7) oraz zależności (3.1), (3.2) i (3.4), otrzymać można następujący wzór na wartość E:

$$E = \frac{m_v \cdot (1 - m_{vi})}{m_k \cdot (m_v - m_{vi})} \quad (3.32)$$

Model IX

W modelu IX wzór na wartość współczynnika ekwiwalentnego przedstawia iloraz średnich odstępów czasu między pojazdem: ciężarowym a osobowym lub iloraz średniej liczby pojazdów osobowych i ciężarowych w warunkach przepustowości [8]. Stąd można zapisać:

$$E = \frac{\overline{dt}_{ec}}{\overline{dt}_{eo}} = \frac{Q_{eo}}{Q_{ec}}, \quad \text{przy } Q_o \text{ i } Q_m = \max \quad (3.33)$$

gdzie:

\overline{dt}_{eo} , \overline{dt}_{ec} – średni odstęp czasu pomiędzy pojazdami potoku w warunkach maksymalnego natężenia ruchu, odpowiednio w potoku pojazdów osobowych i ciężarowych.

Przy wykorzystaniu wzoru (3.22) i (3.23) oraz (3.1) i (3.4) otrzymamy:

$$E = \frac{\overline{V}_{fo} \cdot K_{zo}}{\overline{V}_{fc} \cdot K_{zc}} = \frac{1}{m_v \cdot m_k} \quad (3.34)$$

Jak widać wzór przyjmuje taką samą postać, jak w modelu VI.

Model X

W myśl jego założeń wartość współczynnika określa iloraz średniej liczby wyprzedzeń jednego pojazdu ciężarowego LW_c i średniej liczby wyprzedzeń jednego pojazdu osobowego LW_o w danym potoku ruchu:

$$E = \frac{LW_c}{LW_o} \quad (3.35)$$

Przy określaniu współczynnika E zakłada się, że [2, 10]:

- wszyscy kierowcy wykorzystują możliwości wyprzedzania, bez względu na rozkład odstępów czasu na pasie analizowanym i przeciwbieżnym,
- prędkość pojazdów jest niezmienna na długości rozpatrywanego odcinka (1 km),
- analizowany potok składa się z pojazdów osobowych i jednego pojazdu ciężarowego,
- pojazd ciężarowy porusza się ze średnią prędkością, odpowiadającą warunkom ruchu swobodnego.

Ponieważ średnią liczbę wyprzedzeń jednego pojazdu ciężarowego przez pojazdy osobowe w potoku można wyrazić wzorem [13]:

$$LW_c = \sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{v_c} - \frac{1}{v_{oj}} \right) \cdot q_{oj} \quad (3.36)$$

natomiast średnią liczbę wyprzedzeń jednego pojazdu osobowego przez pojazdy osobowe wzorem [13]:

$$LW_o = \frac{1}{n_o} \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^n \left(\frac{1}{v_{or}} - \frac{1}{v_{oj}} \right) \cdot q_{or} \cdot q_{oj} \quad (3.37)$$

gdzie:

- v_c – prędkość pojazdu ciężarowego w potoku określona na podstawie czasu podróży,
- v_{or} , v_{oj} – prędkość pojazdów osobowych, odpowiednio z przedziału klasowego r oraz j określona na podstawie czasu podróży,
- q_{or} , q_{oj} – natężenie ruchu pojazdów osobowych jadących z prędkością, odpowiednio v_{or} , v_{oj} ,
- n – liczba pojazdów osobowych w potoku,

stąd wartość współczynnika E można przedstawić następująco:

$$E = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{v_c} - \frac{1}{v_{oj}} \right) \cdot p_{oj}}{\sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^n \left(\frac{1}{v_{or}} - \frac{1}{v_{oj}} \right) \cdot p_{or} \cdot p_{oj}}, \text{ przy } v_{oj} \geq v_c \text{ i } v_{oj} \geq v_{or} \quad (3.38)$$

gdzie:

P_{or}, P_{oj} – prawdopodobieństwo wystąpienia w potoku pojazdów osobowych jadących z prędkością, odpowiednio: v_{or} i v_{oj} .

Dokonując następujących przekształceń licznika i mianownika wyrażenia (3.38):

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{v_c} - \frac{1}{v_{oj}} \right) \cdot P_{oj} &= \sum_{j=1}^n \frac{1}{v_c} \cdot P_{oj} - \sum_{j=1}^n \frac{1}{v_{oj}} \cdot P_{oj} = \frac{1}{V_{fc}} - \frac{1}{V_{io}} \\ \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^j \left(\frac{1}{v_{or}} - \frac{1}{v_{oj}} \right) \cdot P_{or} \cdot P_{oj} &= \frac{1}{V_{io}} \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^j \left(\frac{\bar{V}_{io}}{v_{or}} - \frac{\bar{V}_{io}}{v_{oj}} \right) \cdot P_{or} \cdot P_{oj} = \\ &= \frac{1}{V_{io}} \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^j \left(\frac{1}{u_{or} \cdot Z_{io} + 1} - \frac{1}{u_{oj} \cdot Z_{io} + 1} \right) \cdot P_{or} \cdot P_{oj} = \frac{1}{V_{io}} \cdot \varphi_3 \end{aligned}$$

gdzie:

$$\begin{aligned} u_{or} &= \frac{v_{or} - \bar{V}_{io}}{S_{io}}, \quad u_{oj} = \frac{v_{oj} - \bar{V}_{io}}{S_{io}} \\ \varphi_3 &= \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^j \left(\frac{1}{u_{or} \cdot Z_{io} + 1} - \frac{1}{u_{oj} \cdot Z_{io} + 1} \right) \cdot P_{or} \cdot P_{oj} \end{aligned}$$

S_{io} – odchylenie standardowe prędkości pojazdów osobowych V ,

oraz wykorzystując wcześniej przyjęte zmienne niezależne, uzyskano następującą zależność wyrażającą wartość współczynnika E :

$$E = \frac{1}{\varphi_3} \left(\frac{m_{vi} - m_v}{m_v} \right) \quad (3.39)$$

Wartość wyrażenia φ_3 jest ściśle określona przy zadanej wartości Z_{io} i można ją obliczyć, wykorzystując tablice standaryzowanego rozkładu normalnego $N(0,1)$. W wyniku dokonania takich obliczeń przy różnych wartościach Z_{io} oraz poddania wyników obliczeń analizie regresji uzyskano następującą zależność na wartość φ_3 .

$$\varphi_3 = \frac{0,56 \cdot Z_{io}}{1 - 2 \cdot Z_{io}^2} \quad (3.40)$$

Model XI

Współczynnik ekwiwalentny E dla pojazdu ciężarowego w XI-tym modelu jest definiowany jako stosunek średniego czasu zwłoki przy wyprzedzaniu spowodowanego przez pojazd ciężarowy d_c do średniego czasu zwłoki przy wyprzedzaniu spowodowanego przez pojazd osobowy d_o w danym analizowanym potoku ruchu [2]:

$$E = \frac{d_c}{d_o} \quad (3.41)$$

Przy dokonaniu takich samych założeń jak w modelu X oraz przyjmując, że pojazdy w potoku przeciwbieżnym poruszają się ze stałą prędkością równą średniej wartości w danych warunkach drogowo-ruchowych, wzór na wartość współczynnika ekwiwalentnego E przybiera następującą postać:

$$E = \frac{\sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{1}{v_c} - \frac{1}{v_{oj}} \right) \cdot q_{oj} \cdot f(QP, dT_c) \cdot \left(\frac{\overline{VP}}{\overline{VP} + v_c} \right) \right]}{\frac{1}{n_o} \cdot \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^j \left[\left(\frac{1}{v_{or}} - \frac{1}{v_{oj}} \right) \cdot q_{or} \cdot q_{oj} \cdot f(QP, dT_o) \cdot \left(\frac{\overline{VP}}{\overline{VP} + v_{or}} \right) \right]} \quad (3.42)$$

gdzie:

$$f(QP, dT_c) = \frac{1 - \exp(-QP \cdot dT_c)}{QP \cdot \exp(-QP \cdot dT_c)}$$

$$f(QP, dT_o) = \frac{1 - \exp(-QP \cdot dT_o)}{QP \cdot \exp(-QP \cdot dT_o)}$$

QP – natężenie ruchu potoku przeciwbieżnego,

dT_o, dT_c – minimalny odstęp czasu w przeciwbieżnym potoku, który umożliwia dokonanie manewru wyprzedzania, odpowiednio: pojazdu osobowego i ciężarowego,

\overline{v}_{or} – średnia prędkość wyprzedzanych pojazdów osobowych.

Jeśli licznik i mianownik wyrażenia (3.42) podzieli się przez n_o , to po odpowiednich przekształceniach wzór na wartość współczynnika E można także przedstawić w postaci:

$$E = \frac{\overline{VP} + \overline{v}_{or}}{\overline{VP} + \overline{v}_{fc}} \cdot A \cdot E_X \quad (3.43)$$

gdzie:

$$A = \frac{1 + dT_c \cdot QP - \exp(QP \cdot dT_c)}{1 + dT_o \cdot QP - \exp(QP \cdot dT_o)} \quad (3.44)$$

E_X – wartość współczynnika E określona na podstawie modelu X.

Wartość średniej prędkości wyprzedzanego pojazdu osobowego \overline{v}_{or} można określić następująco:

$$\begin{aligned} \bar{v}_{or} &= \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^j \left[v_{or} \cdot \frac{p_{or} \cdot p_{oj}}{\sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^j p_{or} \cdot p_{oj}} \right] = \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^j \left[(u_{or} \cdot S_{io} + \bar{v}_{io}) \cdot \frac{p_{or} \cdot p_{oj}}{\sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^j p_{or} \cdot p_{oj}} \right] = \\ &= \frac{S_{io} \cdot \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^j u_{or} \cdot p_{or} \cdot p_{oj}}{\sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^j p_{or} \cdot p_{oj}} + \bar{v}_{io} = \frac{-0,2779 \cdot S_{io}}{0,4293} + \bar{v}_{io} = (1 - 0,65 \cdot Z_{io}) \cdot \bar{v}_{io} \end{aligned} \quad (3.45)$$

Przy wyprowadzaniu niniejszego wzoru wykorzystano następujące wyniki obliczeń, wykonane za pomocą tablic standaryzowanego rozkładu normalnego $N(0,1)$:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^j u_{or} \cdot p_{or} \cdot p_{oj} = -0,2779, \quad \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^j p_{or} \cdot p_{oj} = 0,4293$$

Ostatecznie więc, po uwzględnieniu zależności (3.43) i (3.45) oraz po wykorzystaniu zmiennych (3.1), (3.2) i (3.3), można napisać:

$$E = \frac{m_{vi} \cdot (m_p + \varphi_4) \cdot (m_{vi} - m_v) \cdot \varphi_3}{(m_p \cdot m_{vi} + m_v) \cdot m_v} \cdot A \quad (3.46)$$

gdzie:

$$\varphi_4 = 1 - 0,65 \cdot Z_{io}$$

A – według wzoru (3.44).

Minimalne odstępów czasu pomiędzy pojazdami w przeciwbieżnym potoku ruchu dT_o, dT_c , niezbędne do wyznaczenia wartości A, można na podstawie [2], określić następująco:

$$dT_{o/c} = \left[7,2 \cdot (\bar{v}_p + \bar{v}_{or/c}) + 46,32 \right] \cdot \frac{1}{v_p}, \text{ [s]} \quad (3.47)$$

Po wykorzystaniu przyjętych wcześniej zmiennych (3.1), (3.2) i (3.3) oraz wzoru (3.45) odstępów te można wyrazić także następującymi wzorami:

$$dT_o = \frac{1}{m_p \cdot m_{vi}} \cdot \left[7,2 \cdot m_{vi} \cdot (m_p + \varphi_4) + 46,32 \cdot \bar{v}_{fo}^{-1} \right], \text{ [s]} \quad (3.48)$$

$$dT_c = \frac{1}{m_p \cdot m_{vi}} \cdot \left[7,2 \cdot (m_p \cdot m_{vi} + m_v) + 46,32 \cdot \bar{v}_{fo}^{-1} \right], \text{ [s]} \quad (3.49)$$

4. LITERATURA

- [1] Aerde van M., Yagar S.: Volume Effects on Speeds of 2-lane Highways in Ontario. *Transportation Research* 4/1983.
- [2] Craus J., Polus A., Grinberg J.: A Revised Method for the Determination of Passenger Car Equivalencies. *Transportation Research A*. 14A. 4/1980.
- [3] Highway Capacity Manual. Practical Applications of Research U.S. Government Printing Office. Washington, D.C. 1950.
- [4] Highway Capacity Manual 1965. Transportation Research Board, Special Report 87, Washington, D.C. 1965.
- [5] Highway Capacity Manual 1985. Transportation Research Board, Special Report 209, Washington, D.C. 1985.
- [6] Huber M.J.: Estimation of Passenger – Car Equivalents of Trucks in Traffic Stream. *Transportation Research Record* 869/1982.
- [7] John A. D. ST.: Nonlinear Truck Factor for Two – lane Highways TRB. *Transportation Research Record* 615/1976.
- [8] Kimber R.M., Mc Donald M., Housell N.: Passenger car Units in Saturation Flows: Concept, Definition, Derivation, Transportation Research Board 1/1985.
- [9] Road Capacities. Queues and Delays. Swedish Road Administration. Raport 197702, TV 131, Stockholm 1981.
- [10] Roess R.P., Linzer E. M., Mc Shane W. R., Pignataro L. J.: A Revised Procedure for the Capacity Analysis of Basic Freeway Sections. *Transportation Research* 1/1980.
- [11] Szczuraszek T.: Metoda uwzględniania struktury rodzajowej pojazdów w modelowaniu ruchu na międzywęzłowym odcinku drogi. Raport z badań – Centralny Program Badań Podstawowych nr 02.19–02.09. Warszawa 1986–1990.
- [12] Szczuraszek T.: Model ruchu na międzywęzłowym odcinku drogi. *Archiwum Inżynierii Lądowej PAN*, 3/1988.
- [13] Szczuraszek T.: Model ruchu potoku pojazdów na dwupasowej drodze dwukierunkowej. *Zeszyty Naukowe ATR, Rozprawy nr 40*, Bydgoszcz 1990.
- [14] Szczuraszek T.: The Influence of Type Structure of Vehicles on Road Capacity and Traffic Conditions. *Third International Symposium on Highway Capacity*. Copenhagen. Denmark, 1998.
- [15] Szczuraszek T.: Nasycenie ruchu na drodze zamiejsciej w warunkach zatoru. *Archiwum Inżynierii Lądowej PAN*, 3/1989.
- [16] Model Greenshieldsa: *Transportation and traffic engineering handbook*. Prentice – Hall Inc. Englewood Cliffs. New Jersey 1976. Kotler Ph.: *Marketing – Analiza, planowanie, wdrażanie i kontrola*, Gebethner i Ska, Warszawa 1994.

ANALYSIS OF MODELS USED FOR RECOUNTING REAL VEHICLES INTO EQUIVALENT PASSENGER CARS

Summary

In the paper review of models for recounting real vehicles into equivalent passenger cars, used all over the world in traffic analyses, is presented. Mathematical description of those models using the same thesis and common independent variables has also been done. Presented equations make possible each model of calculations estimation and their comparison. It has special meaning for proper model of calculations selection at detailed analyses of capacity and of level of service.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Ryszard Krystek
Politechnika Gdańska

ISSN 0208-6379