

SPIS TREŚCI

Bogusław JANUSZEWSKI: O podprzestrzeniowych rzutowaniach ze środków rozproszonych na utworach stopnia drugiego	5
Jan JAREMSKI: Analiza porównawcza terenów wodonośnych aglomeracji miasta Wrocławia i zbiornika wód podziemnych miasta Rzeszowa	13
Jan JAREMSKI, Grzegorz CZUDEK: Występowanie warstwy sztywnej w wyjątkowych warunkach geologicznych	23
Jan JAREMSKI, Grzegorz GRYZ: Badania nad zastosowaniem popiołów lotnych z Elektrociepłowni Rzeszów do poprawy właściwości geotechnicznych gruntów pylastych	33
Janusz ŁAKOMY, Jacek ZYGMUNT: Projektowanie betonów zwykłych metodą trzech równań z kruszywa dwuskładnikowego	45
Aleksandra PROKOPSKA: Analiza metodologiczna wybranych brył architektonicznych	53
Aleksandra PROKOPSKA: Analiza metodologiczna wybranych działań projektowych w procesie architektonicznym	71
Adam RYBKA: Rozwój myśli urbanistycznej – dwie Karty Ateńskie	81

Bogusław JANUSZEWSKI
Politechnika Rzeszowska

O PODPRZESTRZENIOWYCH RZUTOWANIACH ZE ŚRODKÓW ROZPROSZONYCH NA UTWORACH STOPNIA DRUGIEGO

W rodzinie rzutowań podprzestrzeniowych przestrzeni wielowymiarowych przebadano już struktury aparatów rzutowań oraz zasady ich działania w stosunku do tzw. rzutowań wiązkowych oraz rzutowań ze środków wiązkowo rozproszonych. Naturalnym poszerzeniem tych rozważań jest prześledzenie właściwości aparatów rzutowań i sposobów posługiwania się nimi w przypadku rzutowań ze środków rozproszonych na utworach stopnia drugiego. Analizie takich zagadnień poświęcony jest niniejszy artykuł.

Zasady działania oraz właściwości *rzutowań podprzestrzeniowych*, tzn. rzutowań, których środki i utwory rzutujące poszczególne punkty odwzorowanej przestrzeni są podprzestrzeniami, zostały przedstawione w stosunku do tzw. *rzutowań wiązkowych* (ze stałego środka), w pracy [1], oraz dla *podprzestrzeniowych rzutowań ze środków rozproszonych wiązkowo*, w pracach [2, 3]. W niniejszym referacie podaje się ogólne informacje o właściwościach *rzutowań podprzestrzeniowych przestrzeni rzutowych realizowanych ze środków rozproszonych na utworach drugiego stopnia*. Rzutowania tego rodzaju oznacza się tutaj symbolem **PQ**.

W celu zdefiniowania aparatu rzutowania **PQ** n -wymiarowej przestrzeni rzutowej P_n wyróżnijmy w tej przestrzeni trzy wiązki: $\langle P_n, \mathcal{K} \rangle$, $\langle \mathcal{F}_1, \mathcal{C}_1 \rangle$ oraz $\langle \mathcal{F}_2, \mathcal{C}_2 \rangle$ tego samego gatunku (czyli o identycznych współczynnikach rozmaitości $f_M = n - \dim \mathcal{K} + 1$), mające następujące właściwości:

- $\dim \mathcal{F}_1 = \dim \mathcal{F}_2$ oraz $\dim \mathcal{C}_1 = \dim \mathcal{C}_2$,
- $\mathcal{F}_1 = \mathcal{F}_2$, zaś $\mathcal{C}_1 \neq \mathcal{C}_2$ w przypadku definiowania aparatu rzutowania **PQ** należącego do rodziny tzw. *rzutowań iloczynowych* oznaczanych w dalszym ciągu przez **PQP** (rys.1b),
- $\mathcal{F}_1 \neq \mathcal{F}_2$, zaś $\mathcal{C}_1 = \mathcal{C}_2$ w przypadku definiowania aparatu rzutowania **PQ** należącego do rodziny tzw. *rzutowań złączowych* oznaczanych w dalszym ciągu przez **PQJ** (rys.1a).

a)

b)

Rys. 1. Schemat ideowy struktury i zasad działania aparatów rzutowań:
a) podprzestrzeniowego złączowego **PQJ**, b) podprzestrzeniowego iloczynowego **PQP**

Ustalmy ponadto przekształcenia rzutowe:

- **CI** będące kolineacją przekształcającą wiązkę $\langle \mathbf{P}_n, \mathcal{K} \rangle$ na wiązkę $\langle \mathcal{F}_1, \mathcal{C}_1 \rangle$,
- **Cr** będące korelacją przekształcającą wiązkę $\langle \mathbf{P}_n, \mathcal{K} \rangle$ na wiązkę $\langle \mathcal{F}_2, \mathcal{C}_2 \rangle$.

Przy tak określonych przekształceniach rzutowych wiązki $\langle \mathcal{F}_1, \mathcal{C}_1 \rangle$ oraz $\langle \mathcal{F}_2, \mathcal{C}_2 \rangle$ odpowiadają sobie w korelacji $\mathbf{CR} = \mathbf{Cr} (\mathbf{CI}^{-1})$.

Wyróżnione wiązki oraz zdefiniowane przekształcenia rzutowe pozwalają między innymi przypisać każdemu punktowi $X_i \in \mathbf{P}_n$ podprzestrzenie (rys. 1.):

- $\mathcal{L}_i = X_i \circ \mathcal{K}$,
- ${}_1\mathcal{D}_{X_i} = \mathbf{CI} (\mathcal{L}_i) \in \langle \mathcal{F}_1, \mathcal{C}_1 \rangle$,
- ${}_2\mathcal{D}_{X_i} = \mathbf{Cr} (\mathcal{L}_i) \in \langle \mathcal{F}_2, \mathcal{C}_2 \rangle$.

W dalszym ciągu przyjmijmy, że środkiem tego rzutowania dla wyróżnionego punktu $X_i \in \mathbf{P}_n$ jest:

- w przypadku tzw. iloczynowego rzutowania podprzestrzeniowego **PQP** – iloczyn ${}_1\mathcal{D}_{X_i} \cap {}_2\mathcal{D}_{X_i} = \mathcal{S}_i$ o wymiarze równym $\dim \mathcal{C}_1 = \dim \mathcal{C}_2$ (rys. 1b),
- w przypadku tzw. złączowego rzutowania podprzestrzeniowego **PQJ** – złącz ${}_1\mathcal{D}_{X_i} \circ {}_2\mathcal{D}_{X_i} = \mathcal{S}_i$ o wymiarze równym $\dim \mathcal{F}_1 = \dim \mathcal{F}_2$ (rys. 1a).

Łatwo wykazać, że:

- w rzutowaniu **PQP** środki \mathcal{S}_i tego rzutowania, jako iloczyny homologicznych elementów korelacyjnych wiązek $\langle \mathcal{F}_1, \mathcal{C}_1 \rangle$ oraz $\langle \mathcal{F}_2, \mathcal{C}_2 \rangle$, są podprzestrzeniowymi tworzącymi odpowiedniego utworu stopnia drugiego Σ_P ,

- w rzutowaniu **PQJ** środki \mathcal{S}_i tego rzutowania jako złącza homologicznych elementów korelacyjnych wiązek $\langle \mathcal{S}_1, \mathcal{C}_1 \rangle$ oraz $\langle \mathcal{S}_2, \mathcal{C}_2 \rangle$ są podprzestrzeniowymi tworzącymi odpowiedniego utworu stopnia drugiego Σ_J .

Wobec tego zdefiniowane zbiory środków rzutowań **PQP** oraz **PQJ** są podprzestrzeniami rozproszonymi odpowiednio na utworach stopnia drugiego Σ_P oraz Σ_J i tym samym czynią zadość założeniom wstępnym przyjętym w niniejszych rozważaniach.

W celu skompletowania aparatów rzutowań **PQP** oraz **PQJ** należy jeszcze wyróżnić w przestrzeni P_n rzutnie tych rzutowań. Jak w każdym przypadku klasycznego rzutowania podprzestrzeniowego, tak i dla obecnie rozważanych rzutowań, rzutnię \mathcal{P} należy wyróżnić jako podprzestrzeń wyznaczającą wraz z prawie każdym ze środków \mathcal{S}_i odwzorowywaną przestrzeń P_n . Ponadto w zależności od tego, czy definiowane rzutowania mają mieć charakter *rzutowań zwyczajnych* czy *uogólnionych* [4], wyróżniana rzutnia \mathcal{P} powinna być rozłączna z prawie wszystkimi środkami rzutowań, albo mieć części wspólne z tymi środkami o wymiarach nieujemnych i nie większych od $\dim \mathcal{P} - 2$.

Rzutowania **PQ** mają szansę praktycznego zastosowania, gdy prowadzą do graficznych zapisów odwzorowywanej przestrzeni P_n . Uzyskuje się to, gdy na rzutnie tych rzutowań przyjmuje się płaszczyzny oznaczane zwyczajowo przez π . W takiej sytuacji z dotychczasowych ustaleń wynika, że jeżeli rzutowanie **PQ** ma być:

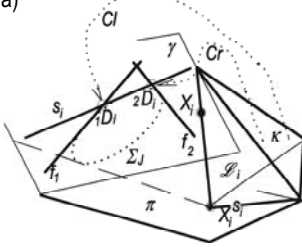
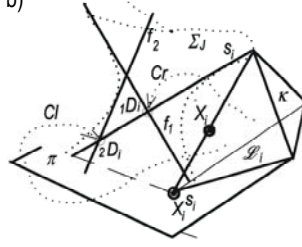
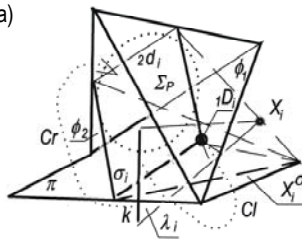
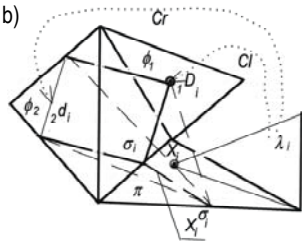
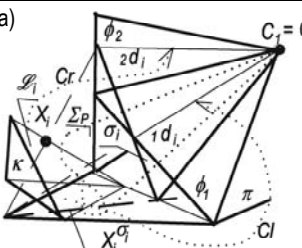
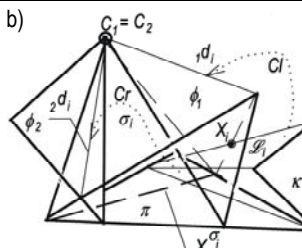
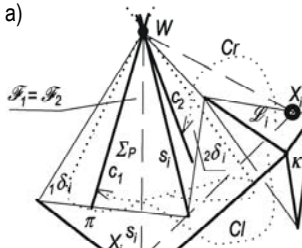
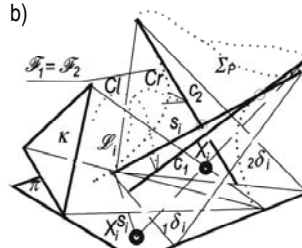
- rzutowaniem zwyczajnym, to $\dim \mathcal{C}_1 = \dim \mathcal{C}_2 = n - 3 = \dim \mathcal{S}_i$, gdy rozważane rzutowanie ma cechy rzutowania **PQP**, natomiast $\dim \mathcal{S}_1 = \dim \mathcal{S}_2 = n - 3 = \dim \mathcal{S}_i$, gdy rzutowanie **PQ** należy do rodziny rzutowań **PQJ**,
- rzutowaniem uogólnionym, to $\dim \mathcal{C}_1 = \dim \mathcal{C}_2 = n - 2 = \dim \mathcal{S}_i$, gdy rozważane rzutowanie ma cechy rzutowania **PQP**, natomiast $\dim \mathcal{S}_1 = \dim \mathcal{S}_2 = n - 2 = \dim \mathcal{S}_i$, gdy rzutowanie **PQ** należy do rodziny rzutowań **PQJ**.

Struktury aparatów rzutowań **PQ** dających graficzne zapisy przestrzeni P_3 i P_4 pokazano poglądowo na rysunkach zestawionych odpowiednio w tabl. 1 i 2.

Tablica 1. Struktura aparatów odwzorowań graficznych PQ przestrzeni P_3

Rodzaj rzutowania PQ	Dim \mathcal{E}_i	dim \mathcal{A}_i	Rysunek poglądowy struktury aparatu rzutowania	
PQJ uogólnione	-1	1	a) Σ_J – stożkowa obwiedniowa	b) Σ_J – kwadryka skośna
PQP zwyczajne	0	2	 Σ_P – stożkowa	
PQP zwyczajne	0	3	 Σ_P – kwadryka krzywokreślna	
PQP uogólnione	1	3	a) Σ_P – powierzchnia wiązkowa	b) Σ_P – kwadryka skośna

Tablica 2. Struktura aparatów odwzorowań graficznych PQ przestrzeni P_4

Rodzaj rzutowania PQ	dim \mathcal{E}_i	dim \mathcal{F}_i	Schemat ideowy struktury aparatu rzutowania
PQJ zwyczajne	-1	1	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>a)</p>  <p>Σ_J – stożkowa obwiedniowa</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>b)</p>  <p>Σ_J – kwadryka skośna</p> </div> </div>
PQJ uogólnione	-1	2	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>a)</p>  <p>Σ_P – kwadryka obwiedniowa</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>b)</p>  <p>Σ_P – hiperkwadryka skośna</p> </div> </div>
PQJ uogólnione	0	2	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>a)</p>  <p>Σ_P – obwiedniowa powierzchnia wiązkowa</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>b)</p>  <p>Σ_P – hiperpowierzchnia wiązkowa o płaszczyznowych tworzących</p> </div> </div>
PQP zwyczajne	1	3	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>a)</p>  <p>Σ_P – powierzchnia wiązkowa</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>b)</p>  <p>Σ_P – kwadryka skośna</p> </div> </div>

Tablica 2 (cd.)

Rodzaj rzutowania PQ	dim \mathcal{E}_i	dim \mathcal{F}_i	Schemat ideowy struktury aparatu rzutowania	
PQP zwyczajne	1	4	a) Σ_P – prostoliniowa hiperpowierzchnia wiązkowa	b) Σ_P – prostoliniowa hiperpowierzchnia skośna
PQP uogólnione	2	4	a) Σ_P – hiperpowierzchnia wiązkowa liniowo-wierzchołkowa	b) Σ_P – hiperpowierzchnia wiązkowa o płaszczyznowych tworzących

Literatura

1. Polański S., *Rzutowania wiązkowe w odwzorowaniach przestrzeni n-wymiarowych*, Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej nr 152, Budownictwo, z. 22, Lublin 1986
2. Januszewski B., *Subspace projections with bundle dispersed centres*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Proceedings of 4-th Seminar „Geometry and Graphics in Teaching Contemporary Engineer”, Gliwice–Szczyrk 2003
3. Januszewski B., *Rodzaje podprzestrzeniowych rzutowań o wiązkowo rozproszonych środkach*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, z. 39, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2005
4. Januszewski B., Steciak A., *Podstawy pewnej klasyfikacji wykreślonych odwzorowań wielorzutowych wiązkowych*, Materiały Poseminaryjne Międzyuczelnianego Seminarium „Geodezja i geometria inżynierska w budownictwie i inżynierii”, t. 2, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1996

**ABOUT SUBSPACE PROJECTIONS WITH CENTRES DISPERSED
ON SECOND-DEGREE FORMS****S u m m a r y**

The rules of operation and properties of *subspace projections*, i.e. the projections whose centres and projecting forms for individual points of representing space are subspaces, were already specified in relation to so-called *bundle projections* (with steady centres), and to *subspace projections with bundle dispersed centres*. The paper discusses general properties of *subspace projections with centres dispersed on second-degree forms* is given in this paper.

Złożono w Oficynie Wydawniczej w maju 2006 r.

Jan JAREMSKI
Politechnika Rzeszowska

ANALIZA PORÓWNAWCZA TERENÓW WODONOŚNYCH AGLOMERACJI MIASTA WROCŁAWIA I ZBIORNIKA WÓD PODZIEMNYCH MIASTA RZESZOWA

W pracy przeanalizowano możliwości wykorzystania wód podziemnych rejonu Rzeszowa do zaopatrzenia miasta w wodę. Porównano sposoby poboru wody dla miast Wrocławia i Rzeszowa. Stwierdzono, że zasoby wód podziemnych rejonu Rzeszowa zapewniają nieograniczony rozwój miasta i mogą stanowić alternatywę dla obecnego sposobu zaopatrzenia ludności w wodę. Wykorzystanie wody podziemnej do produkcji wody pitnej wpłynie zdecydowanie na poprawę stanu zdrowia mieszkańców Rzeszowa, ponieważ nawet najlepsze metody oczyszczania wód powierzchniowych nie dadzą produktu porównywalnego z wodami podziemnymi.

1. Wprowadzenie

Wodociągi miasta Rzeszowa pobierają wodę z pozaklasowej rzeki Wisłok. Na podkreślenie zasługuje fakt, że woda do produkcji jest pobierana bezpośrednio z rzeki. Powszechnie uważa się, że zbiornik rzeszowski wybudowano głównie w celu zabezpieczenia ujęć wody dla Rzeszowa. Zbudowany w 1971 r. próg wodny z kaskadą na Wisłoku wywołuje jedynie cofkę do rzeszowskiego ujęcia wody w Zwiężycy (miejscowość granicząca z miastem od strony południowej) i nie spełnia roli rezerwuaru w czasie stanów niskich. Lokalizacja miejsca poboru wody, tj. przed Zalewem, wyklucza wpływ retencyjny i oczyszczający zbiornika.

Ujęcia wód powierzchniowych są integralnie związane ze zbiornikami wód powierzchniowych ze względu na wspomniane już ich funkcje, a przede wszystkim korzysta się z roli stabilizującej poziomu składu wody. W przypadku ujmowania wody bezpośrednio z rzeki, a tym bardziej z rzeki, której wody są pozaklasowe, utrudnione jest prowadzenie procesów oczyszczania pobieranej wody. Charakteryzuje się ona zmiennym składem. Określany w trakcie produkcji skład wody surowej jest składem wody, jaka przepływała w rzece w danym czasie poboru wody i to ten losowy skład decyduje o doborze dawki koagulanta itp. W praktyce dawka koagulanta ustalana jest dla wody, która już dawno odpłyne-

ła. Zatem nie znamy na bieżąco składu wody surowej poddawanej oczyszczaniu na stacji uzdatniania.

Wrocławskie wodociągi czerpią wodę surową z zasobów rzeki Oławy zasilanej kanałem przerzutowym z Nisy Kłodzkiej. Wrocławski system przerzutowy zaczyna się ujęciem wody w Michałowie, 60 km od Wrocławia, a kończy na terenach wodonośnych, na których znajdują się 54 stawy infiltracyjne i system rowów zasilająco-nawadniających o łącznej długości około 20 km. Woda jest ujmowana systemem lewarowym z 536 studni wierconych, następnie podawana do studni zbiorczych i tłoczona do Zakładu Produkcji Wody „Na Grobli”, gdzie jest poddawana procesom uzdatniania. Woda ta pochodzi w całości z ujęć podziemnych (infiltracyjnych) z wrocławskich terenów wodonośnych. Wody infiltracyjne, dzięki kilkutygodniowemu przebywaniu w gruncie, nabierają korzystnych cech wody podziemnej i stabilnych parametrów jakościowych. Stanowią tym samym bardzo dobry surowiec do dalszego uzdatniania [1].

Propozycja wykorzystania wód podziemnych rejonu Rzeszowa opiera się na zasobach wód podziemnych w formacji czwartorzędowej (obszar zlewni rzeki Czarnej), zatwierdzonych ostatecznie w ilości około 1600 m³/h. Na terenie województwa podkarpackiego występują wyjątkowe warunki hydrogeologiczne. Zasadnicza część wód podziemnych występuje na obszarze zbiornika Dębica–Rzeszów–Stalowa Wola. Około dwudziestu procent wód podziemnych Podkarpacia występuje w części górzistej, co wynika z braku wykształconych warstw wodonośnych. Przegląd materiałów archiwalnych wielu studzien wierconych, istniejących ujęć i zatwierdzonych zasobów wód podziemnych skłania do przeanalizowania możliwości wykorzystania tych zasobów do produkcji wody pitnej.

Obszar województwa podkarpackiego jest bardzo zróżnicowany, zarówno pod względem ukształtowania terenu, jak też budowy geologicznej. Województwo podkarpackie wchodzi w obręb górskiego pasma łuku karpackiego i obniżenia podkarpackiego. Zróżnicowane ukształtowanie i geologia terenu decydują m.in. o hydrografii, klimacie, bogactwie flory i fauny, glebach i zasobach surowcowych. Na obszarze województwa podkarpackiego przebiega wododział pomiędzy zlewnią Morza Bałtyckiego i Morza Czarnego. Istotną cechą klimatu województwa podkarpackiego jest dominujące oddziaływanie mas powietrza kontynentalnego, kształtowane przez wpływ Pogórza Karpackiego i Karpat. Górską część województw podkarpackiego i małopolskiego należy do wspólnego karpackiego regionu klimatycznego z warunkami termicznymi zmieniającymi się w zależności od poziomu wzniesienia i charakterystycznymi dużymi opadami w okresie letnim.

Wody podziemne zbiornika Dębica–Rzeszów–Stalowa Wola pod względem stosunków ilościowych i jakościowych zależą w dużej mierze od środowiska hydrogeologicznego. W procesie decyzyjnym należy uwzględnić fakt, że zbiornik ten jest zasilany wodami spływowymi z Karpat Wschodnich, stanowiących enklawę wyjątkowych warunków środowiskowych. Zasoby wód podziemnych

występują na tym obszarze (północna część Podkarpacia) w wyjątkowo dużej ilości. Rezerwuarem dla tego zbiornika wód podziemnych będą zapewne wielofunkcyjne zbiorniki retencyjne na obszarze Bieszczad [2]. Czysta woda docelowo gromadzona w zbiornikach retencyjnych i podziemnych może być skarbem tego regionu. Zapewne już w niedalekiej przyszłości o rozwoju wielu obszarów będą decydować zasoby wody. Należy zwrócić uwagę na konieczność właściwego wykorzystania obszarów zbiornika wód podziemnych celem zahamowania wzrostu zanieczyszczeń antropogenicznych, w tym zawartości związków azotowych, które należy traktować jako bardzo ważny wskaźnik zanieczyszczeń organicznych.

2. Charakterystyka zbiornika wód podziemnych rejonu miasta Rzeszowa

Województwo podkarpackie należy do średniozasobnych w wody podziemne. Z występujących na tym obszarze trzech poziomów wodonośnych zwykłych wód podziemnych, największe znaczenie mają wody ujmowane z utworów czwartorzędowych. Zbiornik Dębica–Rzeszów–Stalowa Wola leży na obszarze pasma przedkarpackiego i jest zaliczany do głównych zbiorników wód podziemnych. Miąższość czwartorzędowych utworów wodonośnych w obrębie zbiornika wynosi przeciętnie od 10 do 20 m. Współczynnik filtracji wodonośca wynosi od $1,4 \cdot 10^{-4}$ do $2 \cdot 10^{-4}$ m/s. Wydajność pojedynczych studni wynosi do 70 m³/h [3, 4]. W zbiorniku tym dominują wody nieznacznie zanieczyszczone klasy Ib i klasy II, łatwe do uzdatniania [5÷7]. Powierzchnia tego zbiornika to około 1500 km², powierzchnia przebadana wynosi zaledwie 140 km² – jest to mało rozpoznany zbiornik. Wykonano badania modelowe zasobów tylko dla kilku ujęć, w tym dla Mielca, Dębicy, Stalowej Woli. Z badań tych wynika, że w warunkach pierwotnych jednostkowy odpływ z obszaru badań wynosi od 3,02 do 3,4 l/s·km² [3, 4]. Na podkreślenie zasługuje fakt, że zasoby rejonu Zbydnio-wa–Turbi określono na ponad 90 000 m³/d. Zasoby tego zbiornika są odnawialne i uzupełniane wodami pochodzącymi z infiltracji wód opadowych oraz powierzchniowych [4].

W spągu warstw wodonośnych na obszarze zbiornika Rzeszów–Stalowa Wola w rejonie analizowanego terenu zlewni rzeki Czarnej występują ily trzeciorzędowe na głębokości od 18 do 27 m. Na nich zalegają utwory młodszego czwartorzędu – osady aluwialne. Partię spągową osadów fluwioglacjalnych stanowią żwiry z otoczkami i domieszką piasków o miąższości od 4 do 6 m. Warstwa ta przechodzi w pakiet piasków różnoziarnistych, a dalej w coraz drobniejsze frakcje do piasków drobnych, miejscami z domieszką piasków pylastych, o miąższości sumarycznej lokalnie przekraczającej 20 m. Grunty wodonośne przykryte są pakietem pyłów bądź piasków zaglinionych oraz warstwą humusu o miąższości wynoszącej miejscami około 1 m.

3. Charakterystyka terenów wodonośnych miasta Wrocławia

Za niezwykle zasadne należy uznać zaopatrzenie w wodę aglomeracji miasta Wrocławia, gdzie pomimo niezwykle trudnych warunków, podjęto optymalne rozwiązanie. Całkowita powierzchnia terenów wodonośnych Wrocławia wynosi około 1026 ha [1]. Zasadnicze tereny wodonośne ciągną się wzdłuż sztucznych stawów infiltracyjnych, położonych na lewym brzegu rzeki Oławy. Cały teren ujęć leży w dolinie rzek Odry i Oławy. Teren jest płaski, poprzecinany licznymi stawami, rowami, korytami i kanałami nawadniającymi, w nomenklaturze morfologicznej stanowi Pradolinę Wrocławsko–Magdeburgską. W spągu warstw wodonośnych tego obszaru występują, podobnie jak na obszarze zbiornika Rzeszów–Stalowa Wola, ility trzeciorzędowe na głębokości od 10 do 14 m. Na nich zalegają utwory młodszego czwartorzędu – osady aluwialne. Partię spągową osadów fluwioglacjalnych stanowią żwiry z otoczkami i domieszką piasków o miąższości od 4 do 6 m. Warstwa ta przechodzi w coraz drobniejsze frakcje piasków o miąższości od 4 do 7 m. Grunty wodonośne przykryte są pakietem glin i mułu osiadłego po powodziach, o miąższości od 1 do 2,5 m, a miejscami tylko 0,5 m. W rejonie jednej z grup studzien pakiet ten prawie nie występuje.

W warstwie wodonośnej występuje tylko jeden poziom wodonośny w partii piaszczysto-żwirowej. Poziom ten jest swobodny i pojawia się na głębokości od 2 do 3,5 m ppt. Omawiany obszar jest zasilany przez infiltrację wód rzecznych, w niewielkim stopniu wodami opadowymi, a przede wszystkim wodami ze stawów infiltracyjnych. Na kształtowanie się zwierciadła wody gruntowej znaczny wpływ ma również ciągła eksploatacja terenu wodonośnego. Warunki hydrogeologiczne tego rejonu są na ogół korzystne. Wynika to z korzystnego wykształcenia warstwy wodonośnej w postaci aluwialnych żwirów z otoczkami i piasków, które charakteryzują się znaczną przepuszczalnością. Współczynnik filtracji wg Thiema można przyjmować jako równy ok. 80 m/d. Wielkość ta została potwierdzona przez próbne pompowania i nie jest ona stała – dla niektórych rejonów wynosi ok. 65 m/d, dla innych 35 m/d. Wody gruntowe omawianych terenów nie stanowią silnego strumienia, ich zasoby określone są jedynie na ok. 16 tys. m³/d. Na podkreślenie zasługuje fakt, że wiele lat temu podjęto decyzję połączenia kanałem otwartym rzeki Oławy z Nysą Kłodzką. Skład wody Nysy Kłodzkiej jest stabilizowany przez retencję w dwóch zbiornikach retencyjnych, tj. Zbiorniku Otmuchowskim i Nyskim. Podjęta decyzja sztucznej infiltracji jest nadal rozwiązaniem nowoczesnym. Zasilanie zbiornika wód podziemnych (nawet o tak małych zasobach własnych) wodami powierzchniowymi, transportowanymi z rzeki oddalonej wiele kilometrów i wprowadzanymi do warstwy wodonośnej za pomocą stawów infiltracyjnych jest zasadne. Tak zagospodarowana woda powierzchniowa nabiera cech wody podziemnej.

4. Wpływ zmian fizykochemicznych złóż wodonośnych i procesów w nich zachodzących na skład wód

Skład wody podziemnej pod względem stosunków ilościowych i jakościowych zależy w dużej mierze od środowiska hydrogeologicznego, od jego składu, rozpuszczalności substancji, z którymi styka się woda. Zachodzą tu następujące procesy:

- a) rozpuszczanie przez wodę substancji stałych,
- b) wydzielanie osadów z roztworów,
- c) wymiana jonów pomiędzy substancją stałą i jonowym składem wody,
- d) pochłanianie gazu przez wodę,
- e) wydzielanie gazu z wody,
- f) ustalenie równowagi pomiędzy fazą gazową i jonowym składem wody,
- g) procesy utleniająco-redukcyjne,
- h) mineralizacja substancji organicznych,
- i) procesy biochemiczne i inne.

Na skład wody gruntowej i zachodzące w wodonoścu procesy wywiera znaczny wpływ przewietrzanie złoża. Zależnie od tego rozróżnia się w złożu strefę aeracji i saturacji. W strefie aeracji pory wypełnione są powietrzem, parą wodną, różnymi postaciami wody związanej (hygroskopijnej, kapilarnej, błonkowej). Niewielka odległość poziomu wody od powierzchni terenu wyraźnie zwiększa stopień parowania, stwarza możliwość przewietrzania warstwy wodonośnej (natlenia), zatem wpływa na procesy biologiczne, fizykochemiczne, na mineralizację substancji organicznych, a także procesy rozpuszczania substancji mineralnych występujących na powierzchni ziaren kwarcu warstwy wodonośnej. Istotną rolę odgrywają strefy różnych prędkości wody w przekroju poprzecznym i podłużnym warstw wodonośnych, zmiany depresji w studniach – wywołują one przemieszczanie się stref aeracji i saturacji oraz natlenienie złoża.

Innym bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na skład fizykochemiczny wód podziemnych, są procesy fizykochemiczne zachodzące w samym złożu, w wyniku których w środowisku wodonośca zachodzą procesy sorpcji oraz desorpcji jonów i substancji. Rozróżnia się tu jony wymienne – jako wodór i kationy metaliczne. Wymiana kationów jest procesem odwracalnym, dlatego też całkowita wymiana może zachodzić wówczas, kiedy jony, które mogą być wyparte, zostaną usunięte ze strefy działania. Równowaga pomiędzy materiałem stałym warstwy wodonośnej a wodą zawierającą jony wypierające ustala się bardzo szybko. Kationy wymienne wodonośca mogą być wypierane przez wymywanie, np. chlorkami, i całkowicie lub częściowo zastępowane przez inne kationy. Przez analogię do wymiany kationów podobna jest tu pojemność wymienna w stosunku do anionów i ilość poszczególnych anionów wymiennych. Najważniejszymi są jony wodorotlenowe i fosforanowe. Ulegają też wymianie małe ilości jonu siarczanowego, natomiast jon chlorkowy nie bierze udziału w tej reakcji. Pojemność wymienna rośnie ze wzrostem kwasowości.

Za bardzo istotną dla obydwu zbiorników wodonośnych należy uznać zawartość żelaza. Według analiz z odwierconych studni dla miasta Rzeszowa jest ona zmienna i zróżnicowana podobnie jak i w wodzie pobieranej za pomocą poszczególnych grup studzien na terenach wodonośnych miasta Wrocławia. Na zawartość żelaza w składzie wód z poszczególnych studzien wpływa przede wszystkim występowanie żelaza w poziomie i w pionie profilu geologicznego. W okresach, gdy ilość żelaza jest mniejsza, jego desorbowanie przez wodę zachodzi intensywniej, oczywiście zależy to od warunków, szczególnie od zawartości tlenu. Obecność żelaza w wodzie gruntowej maleje ze wzrostem czasu eksploatacji terenów wodonośnych, bowiem ciągle wypłukiwanie żelaza z gruntu zmniejsza jego ilość.

W przyszłości powstanie nowych studzien powinno być poprzedzone wykonaniem otworów rozpoznawczych w celu oznaczenia zanieczyszczeń gruntów już w trakcie odwiertu. Następnie należy określić zmiany w składzie i w intensywności procesów biologicznych danego profilu gruntowego. Projektant nowych studzien na eksploatowanym już wodonoścu powinien ustalać sorpcję anionów i kationów, aby zorientować się, jaka jest zdolność sorbowania i jaki może być udział desorpcji, mając przy tym na uwadze zwiększanie się lub zmniejszanie ilości zanieczyszczeń w wodzie zasilającej.

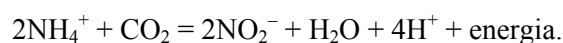
Jednym ze sposobów korzystnie wpływających na jakość wody w warstwie wodonośnej, zarówno na terenach wodonośnych Wrocławia, jak i na terenie ujęć wód podziemnych miasta Rzeszowa, jest wapnowanie terenów wodonośnych. W gruncie o odczynie kwaśnym łatwo przebiegają procesy wypłukiwania związków żelaza i manganu, a także związków organicznych, szczególnie związków humusowych oraz pośrednich produktów rozkładu i humunifikacji. Zabieg wapnowania jest stosunkowo mało kosztowny. Wapnowanie poprawiłoby skład wody, w tym także jej barwę. Żelazo i związki organiczne występowałyby w ilościach mniejszych i ich zawartość zmieniałaby się mniej gwałtownie. Należy eksploatować tereny wodonośne przy możliwie stabilnej depresji. Każdy rodzaj wodonośca posiada ściśle ograniczoną zdolność mineralizacji związków organicznych, a mianowicie przekroczenie granicznej ilości związków organicznych prowadzi do spadku zdolności przerobowej wodonośca. Należy zatem wydzielić obszary, które powinny być szczególnie chronione.

5. Procesy redukcji substancji organicznych w warunkach hydrogeologicznych warstw wodonośnych występujących na obszarach pradolin

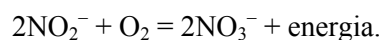
Mineralizacja substancji organicznych przebiega pod wpływem szeregu skomplikowanych procesów chemicznych i biochemicznych. Szczególną rolę odgrywają procesy biochemiczne. Mikroorganizmy żyjące w wodzie zmieniają pod wpływem swoich procesów życiowych skomplikowane substancje orga-

niczne na prostsze związki nieorganiczne. Rezerwuarem mikroorganizmów dla rejonu zbiornika wód podziemnych jest gleba i warstwa żwirowo-piaszczysta, w której ilość drobnoustrojów jest związana z rozkładem substancji organicznej i ze zmineralizowaniem zawartego w niej węgla. Substancje organiczne, które zostały odłożone na powierzchniach cząstek skalnych są także źródłem procesu rozkładu prowadzącego do powstania soli amonowych. Sole te powstają tylko wtedy, kiedy następuje rozkład organicznych związków azotowych. Sole amonowe są pierwszymi nieorganicznymi związkami azotowymi powstającymi w wyniku działania bakterii. Białka ulegają rozszczepieniu na aminokwasy i związki azotowe, z których w wyniku hydrolizy enzymatycznej stosunkowo łatwo uwalnia się amoniak. Dodatkowe źródło wyługowanych związków azotowych to wynik stosowania nawozów azotowych.

Obok organizmów rozkładających substancje organiczne żyją również bakterie i grzyby, w tym także bakterie nityfikacyjne i inne, które przerabiają substancje mineralne. Przy infiltracji pionowej wodonośca obok procesów fizycznych i chemicznych zachodzą procesy biochemiczne, głównie pod wpływem bakterii i grzybów. Intensywność życia biologicznego zmniejsza się poniżej strefy aeracji. W końcowym etapie mineralizacji powstają sole. Występująca na całym obszarze roślinność z warstw humusu absorbuje lub wiąże chemicznie fosforany i związki azotowe, które zostają zużyte przez roślinność lub też zasorbowane dostają się do wody [8]. W warunkach hydrogeologicznych rejonu zbiornika Dębica–Rzeszów–Stalowa Wola występuje działanie kompleksu sorpcyjnego warstwy aeracji, w której zachodzi redukcja zanieczyszczeń i samoczyszczanie wód ze względu na krótki czas przepływu. Podobnie jak w warunkach glebowych, w całej warstwie wodonośnej cząstki zanieczyszczeń występują w stanie dyspersji. Niekiedy zachodzi tu koagulacja, która jest rezultatem mieszania się infiltrujących do zbiornika wód powierzchniowych z wodami opadowymi, w których znajdują się rozpuszczone sole ze skały macierzystej warstwy wodonośnej. Drobne cząstki po zmianie pH grupują się w charakterystyczne kłaczkę, następuje proces koagulacji i sedymentacji. Przyczyną koagulacji są właściwości elektrokinetyczne tego układu. W odpowiednich warunkach występujący tu jon amonowy ulega przy udziale bakterii procesowi nityfikacji, podobnie jak na obszarze zbiornika wód podziemnych Prószków–Utrata [9]. Nityfikacja jest procesem enzymatycznego utleniania azotu i przebiega w dwóch kolejnych skoordynowanych procesach. Pierwszy proces zachodzi za pomocą bakterii nitrosomas:



Drugi proces nityfikacji zachodzi przy udziale nitrobakterii:



Bakterie nitryfikacyjne są niezmiernie wrażliwe na warunki środowiska. Dodatkowo zawartość illitu i smektytu, jako pozostałości po wietrzeniu przetransportowane przez wody powierzchniowe, działają jako flokulant wspomagający proces koagulacji. Warstwa wodonośna zbiornika zbudowana z gruntów fluwioglacjalnych z korzystną strefą aeracji tworzy wzorcowy naturalny filtr biologiczny.

6. Proponowane prace wstępne dotyczące wodociągów miasta Rzeszowa

W proponowanej koncepcji wykorzystania istniejących studzien, należy przeprowadzić pompowanie oczyszczające, a następnie włączyć do eksploatacji te studnie, których wody spełniają parametry stawiane wodom pitnym. Wody z niektórych studzien zawierają żelazo w ilości nieprzekraczającej normy [10]. Celem maksymalnego zmniejszenia kosztów proponuje się wprowadzenie poboru wody ze studni za pomocą pomp głębinowych i włączenie rurociągu łączącego studnie do sieci miejskiej w dzielnicy Baranówka (jedno z największych osiedli mieszkaniowych w Rzeszowie, położone od strony północno-zachodniej, w bezpośrednim sąsiedztwie istniejących studzien).

W ramach pracy nad wspomnianą koncepcją przeanalizowano przekroje hydrogeologiczne studni zlokalizowanych w innej części zbiornika (kilka kilometrów na wschód od granic miasta) i stwierdzono występowanie żwirowej warstwy wodonośnej o większej miąższości [10, 11]. Dlatego też należy rozważyć zlokalizowanie dodatkowego ujęcia wód podziemnych, które umożliwi włączenie tych wód bez przebudowy istniejącej sieci wodociągowej.

Bardzo ważnym zagadnieniem jest ustalenie terenów występowania wód związanych z zanieczyszczeniami antropogenicznymi, a także terenów ze zwiększoną zawartością związków żelaza itp. Dodatkowe czynniki, przemawiające za włączeniem do eksploatacji istniejących ujęć wód podziemnych wolnych od wpływów zanieczyszczeń przemysłowych i pochodnych, to przede wszystkim rozwój chemii śladów oraz powstawanie wciąż nowych metod i urządzeń badawczych. Wyniki badań analitycznych dotyczą przeważnie wstępnie wytypowanych zanieczyszczeń, uważanych za szkodliwe albo też za wskaźnikowe. Istotny jest również poziom kosztów, a także wyposażenie laboratoriów. Analiza możliwości skażenia wód omawianej części zbiornika (na wschód i północny zachód od Rzeszowa) eliminuje ich skażenie substancjami chemicznymi pochodzenia przemysłowego. Według kryteriów Unii Europejskiej (dyrektywa 779) w przypadku stwierdzenia w wodzie nienormowanych substancji szkodliwych dla zdrowia należy stosować badania metodą bioindykacyjną, która określa kompleksowo oddziaływanie szkodliwych substancji. Z doniesień zagranicznych nad uzdatnianiem wód wynika, że zastosowanie nawet dwukrotnego ozonowania oraz filtracji na węglu aktywowanym wykazuje niekiedy niewystarczającą sku-

teczność. W wodzie wodociągowej z ujęć powierzchniowych może występować ponad tysiąc toksycznych związków chemicznych, w tym ponad połowa związków biologicznie aktywnych. Podkreślić trzeba fakt, że określenie tolerancji jednego związku chemicznego na organizm nie wyjaśnia skutków oddziaływania kompleksowego grupy zanieczyszczeń chemicznych – występuje bowiem oddziaływanie synergiczne różnych substancji. W środowiskach naukowych stwierdza się potrzebę stosowania metod bioindykacyjnych, celem kompleksowej oceny jakości wody, w tym szkodliwego biologicznego oddziaływania zawartych w wodzie substancji. Metody te prowadzą do jednoznacznego stwierdzenia tego szkodliwego oddziaływania. Jedną z nich jest test Ames, który prowadzi do wykrycia chemicznych mutagenów, wykorzystując mutanty niektórych bakterii, np. *Escherichii coli*.

7. Podsumowanie

Analiza porównawcza pomiędzy terenami wodonośnymi miasta Wrocławia i wodami podziemnymi rejonu Rzeszowa, których zasoby dyspozycyjne szacowane są na około 340 tys. m³/d, a zatwierdzone już zasoby eksploatacyjne w kategorii „b” wynoszą 1648 m³/h, prowadzi do stwierdzenia, że warunki występowania i ujmowania wód podziemnych na potrzeby miasta Wrocławia są o wiele mniej korzystne niż warunki występowania i potencjalnego ujmowania tych wód dla miasta Rzeszowa.

Zasoby wód podziemnych są cennym rezerwuarem wody pitnej dla rozrastającego się miasta, sprzyjają jego rozwojowi, zwiększają atrakcyjność terenów inwestycyjnych w rejonie Rzeszowa (np. terenów pod budowę nowych osiedli mieszkaniowych) i mogą stanowić alternatywę dla obecnego sposobu zaopatrzenia ludności w wodę.

Zbiornik wód podziemnych, o którym była mowa w tym artykule, jest skarbem regionu podkarpackiego i na pewno prędzej czy później będzie wykorzystywany do produkcji wody pitnej, co wpłynie zdecydowanie na poprawę zdrowia mieszkańców miasta, bowiem nawet najlepsze metody oczyszczania wód powierzchniowych nie dadzą produktu porównywalnego z wodami podziemnymi.

Literatura

1. Strona internetowa <http://www.mpwik.wroc.pl/galeria-pomp.html>
2. Jaremski J., *O niektórych aspektach budowy wielofunkcyjnych zbiorników retencyjnych na obszarze Bieszczad*. Ref. konferencji naukowej „Cywilizacja i żywioty wczoraj, dziś, jutro”, Warszawa 2005
3. Bury W., Hejmanowski J., *Wstępna charakterystyka wyników ważniejszych badań poligonowych realizowanych dla ochrony wód podziemnych*, CPBP 04.10, Kraków 1990

4. Haładus A., Kulma R., *Charakterystyka i wyniki hydrogeologicznych badań modelowych wykorzystanych w ramach Podprogramu 04.10.09 „Strategia ochrony wód podziemnych w Polsce”*. CPBP 04.10, Kraków 1990
5. Adamczyk A.F., *Jakość wód głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce*. CPBP 04.10, Kraków 1990
6. *Stan środowiska w województwie podkarpackim w roku 1999*. Raport Inspekcji Ochrony Środowiska Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Rzeszowie
7. Macioszczykowa A. i inni, *Ocena aktualnego tła hydrochemicznego ukształtowanego pod wpływem gospodarki rolniczej w odsłoniętym zbiorniku wód podziemnych typu sandrowego (badania eksperymentalne na poligonach doświadczalnych)*. CPBP 04.10, Kraków 1990
8. Jaremski J., *Some aspects of waste deposit in the marl open-air casts*. Proc. of 7th Int. Cong. IAEG, Lisboa, A.A. Balkema, 1994
9. Jaremski J., *Analiza niektórych problemów ochrony środowiska występujących na obszarze zbiornika wód podziemnych Prószków–Utrata*. Interdyscyplinarna Konferencja Naukowo-Techniczna „Aktualne problemy rolniczej technologii, budownictwa i bezpieczeństwa pożarowego”, z. 44, Turawa 2000
10. Jaremski J., *The analysis of possibilities of underground waters use for water-supply needs of the Rzeszow region*. Proc. of 10th Scientific Conference Rzeszow–Lviv–Kosice, Kosice 2005, CD s. 264-267.
11. Jaremski J., *O możliwościach wykorzystania wód podziemnych rejonu Rzeszowa*. Materiały IX Konferencji Naukowej Rzeszowsko-Lwowsko-Koszyckiej „Aktualne problemy budownictwa i inżynierii środowiska”, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo, z. 37, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004

COMPARATIVE ANALYSIS OF WATERBEARING AREAS OF WROCLAW TOWN AGGLOMERATION AND UNDERGROUND WATERS RESERVOIR OF RZESZÓW TOWN

S u m m a r y

Possibilities of use of Rzeszów region ground waters for the town water-supply needs have been analysed. Ways of water consumption for Wrocław and Rzeszów have been compared in the work. It is claimed that resources of Rzeszów region underground waters assure unlimited town development and may be alternative for present water-supply way. Use of underground water to drinking water production will decidedly influences improvement of Rzeszów inhabitants health state because even the best methods of surface water purification will not give product comparable with underground waters.

Złożono w Oficynie Wydawniczej w marcu 2006 r.

Jan JAREMSKI
Politechnika Rzeszowska
Grzegorz CZUDEK
GEOTECH Sp. z o.o., Rzeszów

WYSTĘPOWANIE WARSTWY SZTYWNEJ W WYJĄTKOWYCH WARUNKACH GEOLOGICZNYCH

W pracy przedstawiono rezultaty wykonywanych od wielu lat w Zakładzie Geotechniki i Hydrotechniki badań zeskalania pyłów na próbkach preparowanych. Badania te pozwalają stwierdzić, że procesy zeskalania pyłów pobranych z masywu lessów prowadzą do przyrostu parametrów wytrzymałościowych porównywalnych z parametrami skał litych. Praca zawiera obok badań laboratoryjnych rezultaty wielorodzajowych badań in situ, takich jak sondowanie statyczne (CPT), badania za pomocą dylatometru Marchettiego (DMT), wyniki badań sondą dynamiczną ciężką (DPH). Wykonane testy potwierdzają i dokumentują występowanie warstwy sztywnej w masywie gruntów pylastych.

1. Wprowadzenie

Wykonywane od wielu lat badania parametrów wytrzymałościowych gruntów pylastych występujących na obszarze Podkarpacia pozwalają stwierdzić, że zeskalanie lessów prowadzi do przyrostu ich parametrów wytrzymałościowych, osiągających wartości porównywalne z parametrami skał litych. Proces ten jest ściśle związany z powstawaniem i identyfikacją wędrującej warstwy sztywnej w podłożu lessowym [1÷3].

Procesy fizykochemiczne występujące w gruntach pylastych, prowadzące do zeskalania, przebiegają podobnie jak w zwietrzelinach skał miękkich [4÷6]. Procesy te w analizowanym podłożu są ściśle związane z powstawaniem i identyfikacją wędrującej warstwy sztywnej w podłożu lessowym [1÷3]. Stwierdzenie wędrującej warstwy wzmocnienia ma istotne znaczenie w analizie pracy podłoża lessowego, poddawanego deformacjom w czasie i wpływowi zmian zawilgocenia a także obciążenia.

W pracach [2, 3, 7] podano rezultaty poszerzonych badań parametrów geotechnicznych, wykonanych na próbach preparowanych pochodzących z masywu lessowego, z uwzględnieniem czynnika czasu umożliwiające zarejestrowanie odbudowy sił spójności i zmian kąta tarcia wewnętrznego.

Na ekstremalne stany występujące w warstwie sztywnej ma wpływ procentowy udział minerałów ilastych (grup illitowych i smektytowych) przy przejściu pyłów w typowy grunt spoisty. Obecnie analizowane są procesy zachodzące w tak powstałej warstwie gruntu spoistego, który przechodzi ze stanów plastycznych do stanu półzwarłego i zwartego, co następuje w wyniku infiltracji pionowej i wiązania wody.

Identyfikacja wędrującej warstwy sztywnej w obrębie strefy aktywnej pod fundamentem ma istotne znaczenie w założeniach przyjmowanych do obliczeń i rozwiązaniach fundamentowych, a także w symulacjach przeprowadzanych za pomocą programów komputerowych. Stabilizacja warstwy sztywnej na danej głębokości jest bardzo ważna w obliczaniu odkształceń i powinna być uwzględniona w zagospodarowaniu wód opadowych i ich odprowadzeniu poza obszar zabudowań.

W pracy, obok badań laboratoryjnych, przedstawione zostaną rezultaty wielorodzajowych badań *in situ*, takich jak sondowanie statyczne (CPT), badania z wykorzystaniem dylatometru Marchettiego (DMT), wyniki badań sondą dynamiczną ciężką (DPH). Wykonane testy potwierdzają i dokumentują występowanie warstwy sztywnej w masywie gruntów pylastych. W analizowanych warunkach geologiczno inżynierskich potwierdzenie zaistnienia warstwy sztywnej na namierzonej głębokości uzyskano również w czasie wprowadzania prefabrykowanych pali.

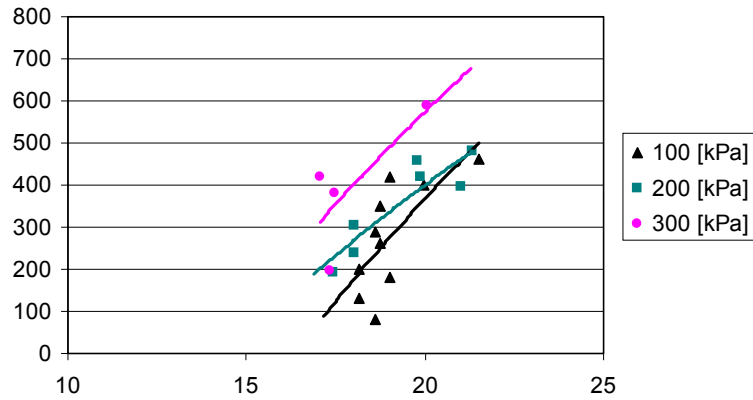
2. Badania laboratoryjne

W masywie lessowym zachodzą w sposób ciągły zjawiska fizykochemiczne na poziomie mikrostrukturalnym i makrostrukturalnym. W Zakładzie Geotechniki i Hydrotechniki od wielu lat prowadzone są badania, których celem jest poznanie tych procesów za pomocą badań laboratoryjnych na próbkach przetworzonych, polegających na symulacji zawilgocenia i obciążenia [1÷7]. Pobrane z odsłonecia less przygotowano w pojemnikach, nawilgacając go do założonej w programie badań zawartości wody. Następnie z tego materiału przygotowano próbki, symulując warunki zachodzące w masywie lessowym.

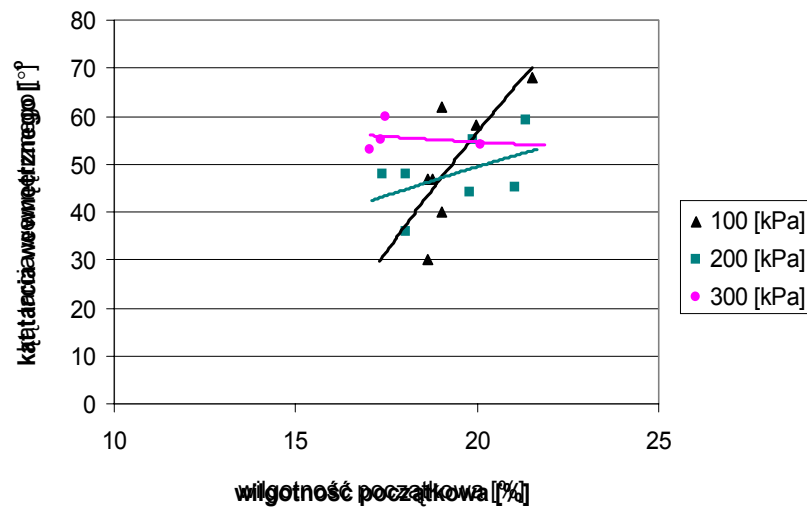
W ramach działalności eksperckiej analizowano przyczyny dodatkowych osiadań, jakie wystąpiły w części adaptowanego do pełnienia reprezentacyjnej funkcji jednego z budynków rzeszowskiej starówki, w którym wystąpiły znaczne zarysowania ścian, a nierównomierne osiadania uniemożliwiały także otwieranie okien. Osiadania budynku wystąpiły w okresie ok. 20 lat po wybudowaniu obiektu. W strefie aktywnej zidentyfikowano warstwę sztywną jako pakiet gruntów pylastych w stanie półzwarłym. Wyżej występowały grunty spoiste w stanie twardoplastycznym.

Wykonano kilkaset badań, których celem było odpowiedzieć na pytanie, czy wędrujące wzmocnienie, a we wcześniejszej pracy [2, 3] warstwa nieprzepuszczalna, mogą być określane jako warstwa sztywna. Dlatego też przeanalizowano

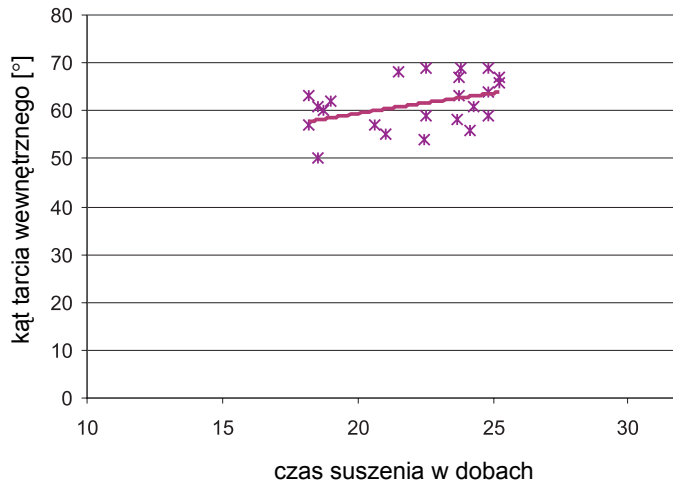
zowano wykonane badania w zakresie zależności kąta tarcia wewnętrznego i spójności od wpływu wilgotności początkowej (zarobowej), przy uwzględnieniu czynnika czasu i obciążenia (rys. 1÷4).



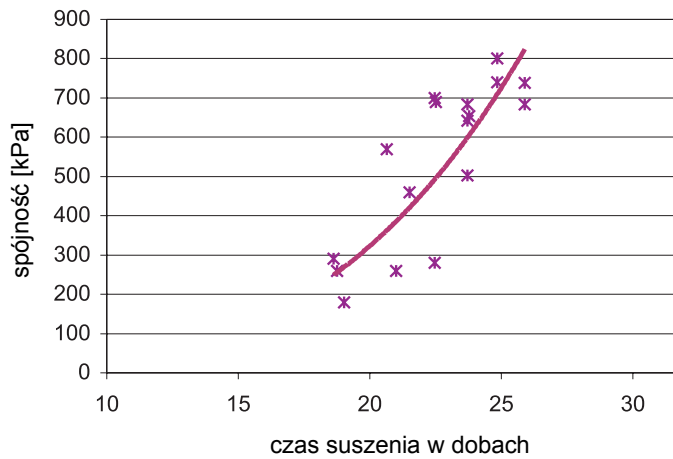
Rys. 1. Zależność spójności od wilgotności zarobowej próbek lessu poddawanych różnym obciążeniom



Rys. 2. Zależność kąta tarcia wewnętrznego od wilgotności zarobowej próbek lessu poddawanych różnym obciążeniom



Rys. 3. Wykres zależności kąta tarcia wewnętrznego od czasu suszenia próbek lessu ścinanych w aparacie skrzynkowym typu AB-2a



Rys. 4. Wykres zależności spójności od czasu suszenia próbek lessu ścinanych w aparacie skrzynkowym typu AB-2a

Z analizy przedstawionych wykresów wynika, że kąt tarcia wewnętrznego przybiera wartości od 50 do 70°, a spójność od 200 do 800 kPa dla próbek poddanych obciążeniu 100 kPa w warunkach pokojowych, przez okres powyżej 15 dni. Po tym czasie wilgotność ściętych próbek wynosiła od 1 do 1,7%. Zauważono, że próbki pochodzące z przedziału wilgotności zarobowej od 17 do 26% przybierały maksymalne wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności. Za traktowaniem podłoża o takich parametrach jako warstwy sztywnej przemawia za-

obserwowane kruche zniszczenie jakie wystąpiło w trakcie wykonywania badań, co potwierdza niewielkie odkształcenie podłużne, gwałtowny i duży spadek naprężenia po osiągnięciu granicy wytrzymałości oraz analiza powierzchni ściana. Dodatkowo jeszcze potwierdza to fakt, że w trakcie ścinania momentowi zniszczenia próbki towarzyszy efekt akustyczny. Jest to nieodłączny atrybut kruchego zniszczenia.

3. Badania in situ

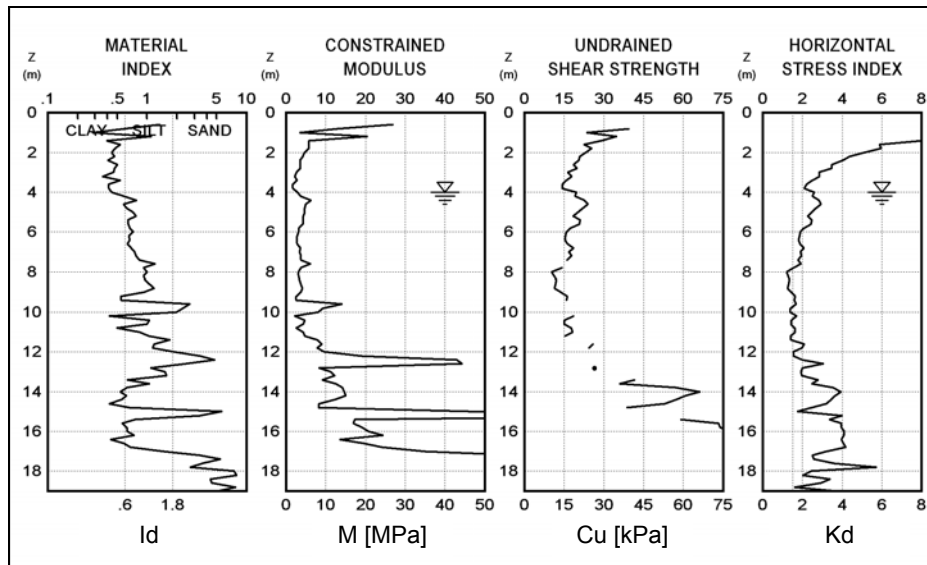
We wcześniejszych pracach [6÷10] badaniom in situ przypisywano rolę kluczową w ocenie parametrów geotechnicznych, spełniały one też rolę weryfikatora wielorodzajowych badań.

Prezentowane dalej badania in situ przeprowadzono w rejonie wzniesienia Lisia Góra w Rzeszowie. Teren ten jest położony w południowo-wschodniej części miasta i stanowi fragment wysoczyzny plejstoceniowej. W budowie geologicznej omawianego terenu udział biorą utwory trzeciorzędowe i czwartorzędowe. Trzeciorząd wykształcony jest w postaci ilów oraz ilów pylastych, które nawiercono na głębokości poniżej 20 m ppt. Na starszym podłożu zalega pakiet osadów czwartorzędowych. Bezpośrednio na osadach miocenu znajduje się warstwa osadów rzecznych, wykształconych w postaci żwirów oraz żwirów z przewarstwieniami piasku grubego o miąższości od 2,0 m do 2,4 m. Stanowią one najstarszy element osadów czwartorzędowych. Grunty te przechodzą w osady eoliczne, litologicznie wykształcone jako pyły, gliny pylaste i gliny pylaste humusowe. Występują one w formie przewarstwień z pyłami lessopodobnymi, pyłami na pograniczu gliny pylastej. W warstwie tej występuje pakiet utworów organicznych, nawiercony w dwóch otworach. Pod względem litologicznym są to gliny pylaste z zawartością około 7% części organicznych.

Jak wspomniano we wstępie, wykonane zostały wielorodzajowe badania in situ, takie jak sondowanie statyczne (CPT), badania za pomocą dylatometru Marchettiego (DMT). Wyniki badań sondą dynamiczną ciężką (DPH) potwierdzają i dokumentują występowanie warstwy sztywnej w masywie gruntów pylastych. W analizowanych warunkach geologiczno-inżynierskich potwierdzenie zaistnienia warstwy sztywnej na namierzonej głębokości uzyskano w czasie wprowadzania prefabrykowanych pali, które nie przeszły przez omawianą warstwę.

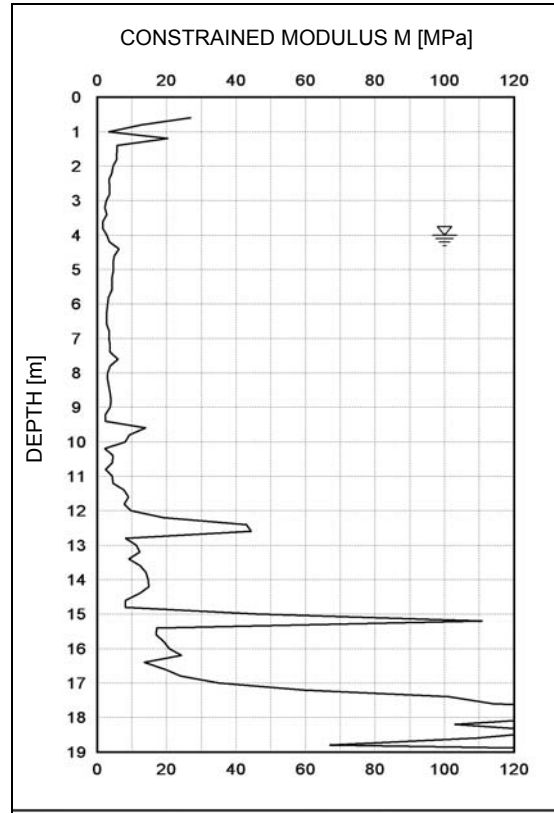
Na procesy zeskalania istotny wpływ ma zawartość minerałów ilastych w tym także zawartość związków organicznych. W pracach [5, 11, 12] stwierdzono, że o wytrzymałości gruntów pylastych decydują procesy fizykochemiczne związane ze zmianą zawilgocenia frakcji ilowej łączącej ziarna kwarcu. Materiał wypełniający przestrzenie międzyporowe składa się z minerałów grupy illitu, smektytu i części humusowych w pakietach zakwalifikowanych do namulów organicznych. Podczas narastającego zawilgocenia w takiej mieszaninie wieloskładnikowej następuje powiększanie się warstw dyfuzyjnych micel kolo-

idalnych. Minerale ilaste zeskalające połączenia międzyziarnowe kwarcu stają się mikroplaszczyznami poślizgu, tworząc nowy układ międzyziarnowy, wywołując deformacje warstw poddających się tym zmianom zawilgocenia – towarzyszy temu zagęszczenie cząstek i uszczelnienie, bardzo istotne w procesie zeskalania. Zmiany warunków atmosferycznych wywołują w analizowanych gruntach ich nawilgacanie bądź suszenie, decydując o zawartości wody, która determinuje odbudowę i budowę więzi na poziomie mikrostrukturalnym, a następnie w miarę narastania tych zjawisk wywołuje zmiany mikrostrukturalne, w wyniku których występują procesy zeskalania. W analizowanym przypadku sprzyja tym procesom subartezyjski poziom wody gruntowej. Analiza badań in situ prowadzi do stwierdzenia, że występujące związki humusowe wpłynęły wyraźnie na zwiększenie parametrów zeskalonych gruntów warstwy sztywnej (rys. 5÷7).

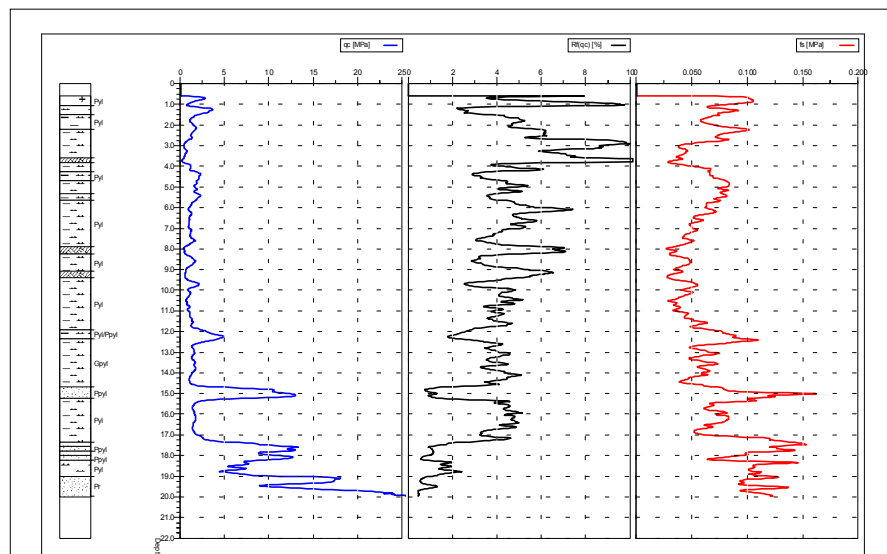


Rys. 5. Rezultaty sondowań statycznych CPT

W pracy [12] podjęto próbę badań gruntów pylastych z zawartością części organicznych na jednym z poligonów. Zawartość części organicznych wynosiła tam ok. 4% i wpływała na parametry wytrzymałościowe gruntów pylastych. Właściwości wspomagające części organicznych w procesie zeskalania mieszanin gruntowych były i są z powodzeniem wykorzystywane przy budowie elementów ściennych siedlisk w krajach południowych. Potwierdzeniem słuszności wyprowadzonych wniosków jest wytrzymałość i trwałość bloków (cegieł) wytwarzanych przed wiekami do wznoszenia murów w Babilonie, gdzie elementy te były formowane z mułów rzecznych, a następnie suszone na powietrzu.

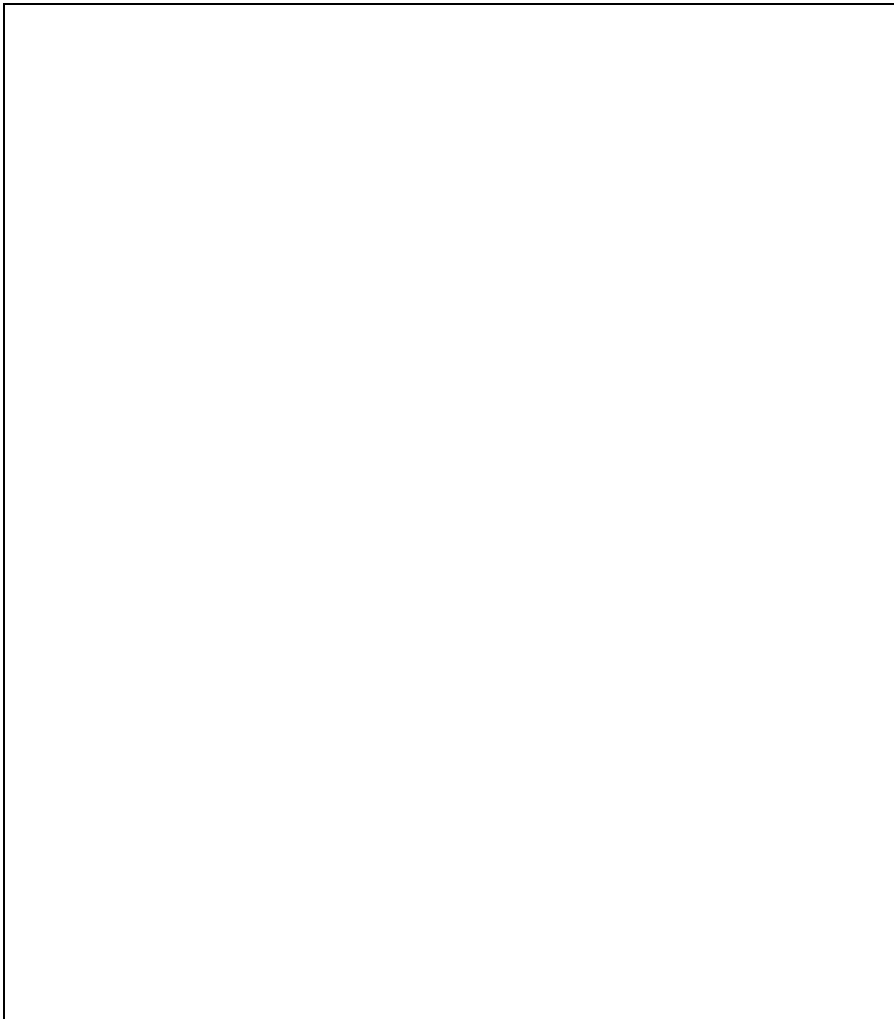


Rys. 6. Ustalony na podstawie sondowań moduł odkształcenia w zależności od głębokości



Rys. 7. Rezultaty badań dylatometrem Marchettiego DMT

W pracy [13] przeanalizowano wykonane sondowanie statyczne CPT ze stożkiem elektrycznym do głębokości 20 m. Wyniki badań obrazuje rys. 5. – warstwy wzmocnienia występują na głębokości 15 m ppt i poniżej 17 m. Podobnie moduł dylatometryczny opisuje zależność pomiędzy naprężeniem działającym na membranę a jej milimetrowym przemieszczeniem i charakteryzuje sztywność badanego gruntu – moduł ściśliwości (rys. 6.). Warstwa wzmocnienia występuje na głębokości 15 m i poniżej 17,5 m. Bardzo wyraźnie potwierdzają istnienie warstwy wzmocnienia (warstwy sztywnej) kompatybilne wyniki badań sondą dynamiczną ciężką DPH (rys. 8.) – wyraźne wzmocnienie zaznacza się na głębokości poniżej 15 m.



Rys. 8. Wyniki badań z sondą dynamiczną ciężką DPH

4. Wnioski

Analizowane badania dokumentują powstawanie warstwy sztywnej w masywie lessowym, a także w tych terasach rzeki Wisłok, które składają się z gruntów pylastych. Wskazują one, że główną przyczyną powstawania dosiadań, tj. dodatkowych odkształceń podłoża w czasie, jest powstawanie tej warstwy. Dosiadania te występują niekiedy w czasie odległym i trudnym do ustalenia, co potwierdzają zarysowania i spękania występujące na obiektach starówki rzeszowskiej.

Wędrująca warstwa sztywna zmienia w sposób zasadniczy obliczenia osiadań podłoża pod fundamentami bezpośrednimi, ponieważ w obliczeniach przyjmuje się podłoże wielowarstwowe, dla którego oblicza się osiadania. Fakt tworzenia się wędrującej warstwy sztywnej w górnej części strefy aktywnej podłoża fundamentowego zmienia w sposób zasadniczy warunki pracy podłoża.

Literatura

1. Jaremski J., *O niektórych aspektach zmian parametrów geotechnicznych lessów i lessopodobnych rejonu Rzeszowa*. Mat. konf. V Konferencji Naukowo-Technicznej „Aktualne problemy naukowo-badawcze budownictwa”, Olsztyn–Łańsk, 2002
2. Jaremski J., *Badanie parametrów geotechnicznych gruntów lessowych z rejonu Rzeszowa*. Mat. konf. Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej, Olsztyn–Łańsk, 2004
3. Jaremski J., *Propozycja badań zmiany parametrów geotechnicznych ze szczególnym uwzględnieniem zmian zawilgocenia w czasie*. Mat. konf. VI Konferencji Naukowo-Technicznej „Aktualne problemy naukowo-badawcze budownictwa”, Olsztyn–Kortowo, 2003
4. Jaremski J., *Influence of physical and chemical processes occurring in eluvium of the Opole marls and their influence on the geotechnical parameters*. Proc. of 7th International Congress IAEG, A.A. Balkema, Lisboa, 1994
5. Jaremski J., *The influence of changes of the weathering water content on formation of landslides in the Carpathian Flysch*. Proc. of 9th Australia New Zealand Conference on Geomechanics, Aucland, New Zealand 2004
6. Jaremski J., *Creep property of Opole marls weathering on the base of the model laboratory research on the research in situ*. Proc. 7th Int. Cong. on Rocks Mech., A.A. Balkema, Aachen 1991
7. Jaremski J., *Parametry geotechniczne niektórych gruntów występujących na obszarze województwa podkarpackiego*. Mat. konf. XIII Krajowej Konferencji Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, Szczyrk 2003
8. Jaremski J., *Some aspects of landslides in the Carpathian flysch area*. Proc. of the International Conference on Soil Nailing. China, Nanjing 2004
9. Jaremski J., *Characteristic of weathering as foundation strata for pile construction on the basis of the researches of the Opole marl eluvium*. Proc. of 4th Int. Conf. Piletalk International 91, K. Lumpar 1991

10. Jaremski J., *Wandering attenuation zone of marl weathering on the basis of investigation on marl eluvium*. Proc. of Int. Symp. Geotechnical Engineering of Hard Soils-Soft Rocks, A.A. Balkema, Athens 1997
11. Jaremski J., *Determination of swelling in marl eluvia and illite clays*. Proc. of An International Conference on Problematic Soils, United Kingdom, Nottingham 2003
12. Jaremski J., Straż G., *Badania parametrów gruntowych pyłów rzeszowskich przy pomocy aparatu G.D.S. Instruments Ltd*. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 208, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, z. 36, Rzeszów 2004
13. Czudec G., Czudec K., *Dokumentacja geotechnicznych warunków posadowienia komina na terenie "EC-WSK" w Rzeszowie*, GEOTECH, Rzeszów 2005

OCCURRENCE OF THE STIFF LAYER IN UNUSUAL GEOLOGICAL CONDITIONS

Summary

Results of silts petrification tests of prepared samples have been presented in the contribution. The investigations, carried out for many years by Division of Geotechnics and Hydraulic Engineering, permit to affirm that petrification processes of taken from loess massif silts lead to increase of strength parameters which are comparable with the parameters of some solid rocks. Beside laboratory investigation results, the work contains effects of multifarious "in situ" tests like static sounding (CPT), testing by means of Marchetti's dilatometer (DMT) and dynamic heavy sounding (DPH). The executed tests confirm and document occurrence of the stiff layer in the massif of silty soils.

Złożono w Oficynie Wydawniczej w marcu 2006 r.

Jan JAREMSKI
Grzegorz GRYZ
Politechnika Rzeszowska

BADANIA NAD ZASTOSOWANIEM POPIOŁÓW LOTNYCH Z ELEKTROCIĘPŁOWNI RZESZÓW DO POPRAWY WŁAŚCIWOŚCI GEOTECHNICZNYCH GRUNTÓW PYLASTYCH

W pracy przedstawiono badania nad zastosowaniem popiołów z EC Rzeszów do zmniejszenia wrażliwości pyłów lessowych na zmiany zawilgocenia. Badania te pozwoliły na zarejestrowanie bardzo ważnej cechy mieszanek popiołowo-pyłowych, tj. utratę zdolności do pęcznienia pyłów. Wykonane badania mogą być wykorzystane m.in. przy posadowieniu na pęczniejącym pylastym podłożu.

1. Wprowadzenie

Celem prowadzonych i opisanych w pracy badań jest wzmocnienie podłoża z gruntów pylastych przez wykorzystanie popiołów powęglowych z Elektrociepłowni Rzeszów i ustalenie procentowej zawartości popiołów w mieszaninie pyłowo-popiołowej z możliwością wykorzystania rezultatów tych badań w budownictwie, budownictwie drogowym, wodnym i innych zastosowaniach [1].

Na znacznym obszarze województwa podkarpackiego występują grunty pylaste. W środkowej jego części, od Ropczyc poprzez Rzeszów, Przeworsk, Przemyśl, występują czwartorzędowe lessy, które zatraciły cechującą je makroporowatość. Grunty te są wyjątkowo wrażliwe na zmiany zawilgocenia. Przy małej zawartości wody wykazują wysokie wartości parametrów wytrzymałościowych, natomiast przy progowym zawilgoceniu rzędu 24% tracą wytrzymałość, jak to wynika z wykonanych badań [2÷4]. Potwierdzają to również rezultaty badań in situ [5]. Na zmiany te ma istotny wpływ zawartość minerałów ilastych, przy ich przejściu z pyłów w typowy grunt spoisty. Potwierdzają to wykonane badania podane we wcześniejszych pracach [6, 7]. Stąd też podstawowym celem prowadzonych badań jest zmniejszenie wrażliwości gruntów pylastych i lessowych na zmiany zawilgocenia oraz analiza możliwości wykorzystania popiołów z Elektrociepłowni Rzeszów jako materiału stosowanego w robotach ziemnych. Badania prowadzone są pod kątem wykorzystania właściwości

wiązujących związków znajdujących się w popiołach oraz zdolności do absorbowania wody. Związki wiążące mogą powodować stabilizację gruntu rodzimego, a absorbowana woda zmniejsza wrażliwość na zmiany zawilgocenia.

Jednym z najważniejszych celów prowadzonych badań jest ustalenie niezbędnej, ale optymalnej ilości wody zarobowej potrzebnej do wbudowywania mieszanki oraz zapewniającej dobre warunki do zeskalania i trwałości powstałego materiału.

2. Charakterystyczne cechy badanych materiałów

Wykorzystywany w badaniach grunt pylasty występuje na znacznym obszarze województwa podkarpackiego. Często stanowi on podłoże dla bezpośredniego posadowienia obiektów budowlanych, w tym również budowli komunikacyjnych (drogi dojazdowe lub osiedlowe, parkingi, chodniki).

W ramach prac badawczych oznaczono cechy fizyczne i wytrzymałościowe analizowanego gruntu rodzimego. Oznaczenia wykonywano na próbkach preparowanych w laboratorium [1]. Dla szukanych parametrów wyznaczone średnie wartości wynoszą: granica płynności $w_L = 30,1\%$, granica plastyczności $w_P = 19,8\%$ i wskaźnik plastyczności $I_P = 10,3\%$. Natomiast na podstawie normalnej próby Proctora [8] otrzymano wilgotność optymalną o wartości $w_{opt} = 13,7\%$ oraz maksymalną gęstość objętościową szkieletu gruntowego $\rho_{dsmax} = 1,80 \text{ g/cm}^3$.

Drugim składnikiem mieszanki jest popiół lotny. W pracy wykorzystano charakterystyki materiałowe popiołów udostępnione przez EC Rzeszów. Do badań pobierano popioły w stanie suchym i wilgotnym o składzie przedstawionym w tab. 1÷3.

Tabela 1. Właściwości fizyczne popiołu z EC Rzeszów (wg badań GIG w Katowicach)

Oznaczenie	Wartość
Gęstość rzeczywista	2,08 g/cm ³
Gęstość nasypowa	
stan luźny	667 kg/m ³
stan utrzęsiony	800 kg/m ³
Wodoządnosc	8,56%

Z badań składu fizykochemicznego popiołów z EC Rzeszów, wykonanych przez Główny Instytut Górnictwa w Katowicach (Raport z badań nr 310/SC-1/2002) oraz przez laboratorium chemiczne EC Rzeszów (Wyniki badań nr 20/02) i comiesięcznych pomiarów koncentracji naturalnych pierwiastków promieniotwórczych wykonanych przez AGH w Krakowie za 2001 i 2002 rok,

wynika możliwość zakwalifikowania ww. popiołów do odpowiedniej grupy. Zgodnie z pracą [9] są dwa sposoby klasyfikacji:

- według BN nr 6732.09 z 1979 r. (Popioły lotne i żużle z kotłów opalanych węglem kamiennym i brunatnym) badany popiół zalicza się do popiołów krzemowych (symbol k),
- według ustaleń Europejskiej Komisji Gospodarczej (ECE 1973 r.) badany popiół zalicza się do grupy I (popioły glinowo-krzemianowe).

Natomiast według PN-S-96035:1997 [10] analizowany popiół można zaliczyć do odmiany „a” lub „b” i oznaczyć jako PKa lub PKb.

Tabela 2. Skład chemiczny popiołu z EC Rzeszów (wg badań GIG w Katowicach)

Oznaczony tlenek	Zawartość po przepaleniu w 815°C [% wag.]	Zawartość po przeliczeniu na stan wyjściowy [% wag.]
SiO ₂	50,94	42,86
Al ₂ O ₃	24,74	20,81
Fe ₂ O ₃	7,52	6,33
CaO	5,12	4,31
MgO	4,12	3,47
Na ₂ O	0,76	0,64
K ₂ O	3,08	2,59
SO ₃	1,12	0,94
TiO ₃	1,07	0,90
P ₂ O ₅	0,57	0,48
BaO	0,25	0,21
Mn ₃ O ₄	0,10	0,08
SrO	0,14	0,12
Straty prażenia	–	15,87
Suma	99,53	99,61

Tabela 3. Wartości naturalnej koncentracji pierwiastków promieniotwórczych

Nazwa próbki	Aktywność właściwa [Bq/kg]		
	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th
Mieszanka popiołowo-żużłowa z kwatery mokrego odprowadzania odpadów	670	90	76

Oznaczone wartości koncentracji naturalnych pierwiastków promieniotwórczych pozwalają na obliczenie dwóch wskaźników aktywności [11], które wynoszą odpowiednio $f_1 = 0,903$ i $f_2 = 90$ Bq/kg. Wartości te nie przekraczają wartości granicznych ($f_1 = 1$, $f_2 = 200$ Bq/kg), przyjętych dla materiałów budowlanych stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi. Dodatkowo

w myśl Rozporządzenia Ministra Środowiska [12] popiół nie jest odpadem niebezpiecznym. Na tej podstawie można wnioskować, że mieszanina powstała przy 30% udziale popiołu lotnego nie stanowi zagrożenia promieniotwórczego dla środowiska naturalnego.

3. Badania wstępne

Badania wstępne polegały na określeniu procentowego udziału popiołów w mieszaninie pyłowo–popiołowej [1], w nawiązaniu do prowadzonych od lat badań nad zeskalaniem lessów i gruntów lessopodobnych rejonu Podkarpacia [3, 13, 14].

W tej części badań skoncentrowano się na określeniu najkorzystniejszego udziału popiołu w mieszaninie, dozując popiół co 5%, zaczynając od stosunku popiół : pył równego 1:9, a kończąc na proporcji 5:5. Zawartość wody w zależności do masy części stałych była niezmienna i wynosiła około 20%. Próbkę zagęszczano przy użyciu aparatu Proctora, według PN-88/B-04481 [8]. Każda partia mieszaniny była zagęszczana w ten sam sposób, a uzyskiwana wartość wilgotności optymalnej i maksymalnej gęstości objętościowej zawierała się w przedziale: $w_{opt} = 15,0 \div 29,3\%$, $\rho_{ds} = 1,72 \div 1,28 \text{ g/cm}^3$. Badania te wykonywano na próbkach preparowanych i mieszanych ręcznie.

Na podstawie wykonanych badań ustalono następującą prawidłowość: dla zawartości popiołów od 5 do 50% spójność rosła wraz ze wzrostem udziału popiołu, z nieznaczną stabilizacją przy udziale popiołu do pyłu około 4:6 i większym [15], natomiast kąt tarcia wewnętrzznego utrzymywał się na podobnym poziomie.

Na tej podstawie oraz ze względu na dosyć wysoki procent udziału popiołów z EC Rzeszów, do dalszych badań przyjęto mieszaninę o składzie: 30% popiołu, 70% pyłu, przy zmiennej ilości wody.

4. Badania parametrów geotechnicznych na próbkach preparowanych

Badania parametrów geotechnicznych polegały na:

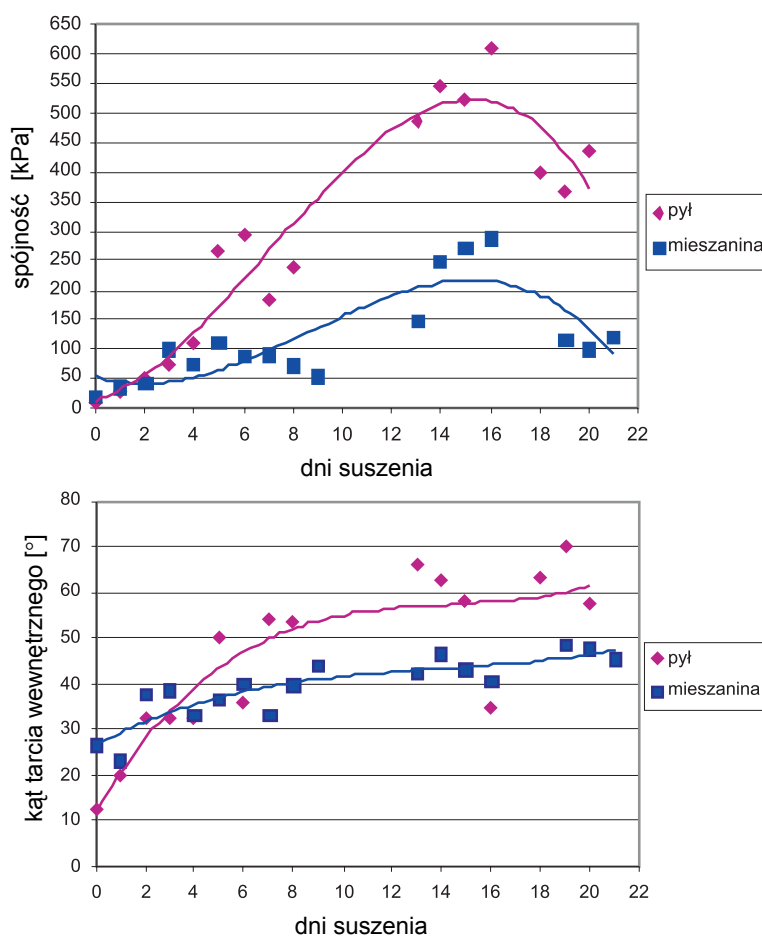
- określeniu wilgotności optymalnej mieszaniny popiołowo-pyłowej,
- określeniu i porównaniu wskaźnika pęcznienia pyłu i mieszaniny popiołowo-pyłowej,
- sprawdzeniu wpływu popiołu na wartości parametrów geotechnicznych pyłu.

Sposób przygotowania samego gruntu, a następnie mieszaniny popiołowo-pyłowej był analogiczny jak w badaniach wstępnych. Próbkę preparowano przy podobnym zawilgoceniu, tj. około 20% (wilgotność ta umożliwia zeskalanie), zachowując te same warunki zagęszczania. Równocześnie dla obydwu rodzajów

próbek wykonywano badania parametrów geotechnicznych w aparacie bezpośredniego ścinania i trójosiowego ściskania.

Istotnym celem badań na tym etapie było poddanie tak przygotowanych prób symulowanym warunkom zeskalania i badanie zmian parametrów geotechnicznych z uwzględnieniem czynnika czasu. Grupa próbek była poddawana procesom zeskalania w środowisku powietrznosuchym i temperaturze pokojowej.

Kąt tarcia wewnętrzny (ϕ) dla mieszanki suszonej w warunkach powietrznosuchych z uwzględnieniem czynnika czasu osiągał wartości $23\div 49^\circ$, natomiast spójność (c) oscylowała w granicach od 20 do 290 kPa (rys. 1.). Parametry te dla pyłu, określane w tych samych warunkach, wynosiły odpowiednio: $\phi = 12\div 65^\circ$, $c = 0\div 600$ kPa.



Rys. 1. Spójność i kąt tarcia wewnętrzny pyłu i mieszanki w funkcji czasu suszenia w warunkach pokojowych

Gęstość objętościowa przygotowanych próbek mieszaniny zawierała się w przedziale $1,67 \div 1,83 \text{ g/cm}^3$ (dla próbek ścinanych w ABS) i $1,68 \div 1,79 \text{ g/cm}^3$ (dla próbek ściskanych w ATS), natomiast gęstość próbek pyłu wynosiła odpowiednio: $1,92 \div 2,08 \text{ g/cm}^3$ i $1,95 \div 2,03 \text{ g/cm}^3$. Wilgotność początkowa mieszaniny była zbliżona do wilgotności optymalnej, zawierała się w przedziale $18,5 \div 21,5\%$, a wilgotność pyłu miała wartość około $19,5 \div 21,0\%$. Wilgotność próbek przy ścinaniu zależała od sposobu i czasu przechowywania próbek. Próbki ścinano w cyklu suszenia trwającego od 1 do 21 dni w warunkach powietrznosuchych.

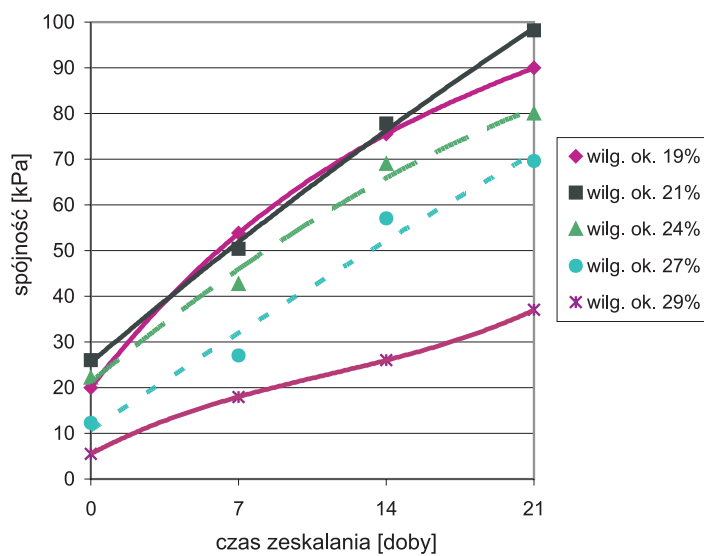
5. Inne badania wytrzymałości mieszaniny pyłu i popiołu

Przedstawiona w pracy seria badań obejmowała wykonanie kilkudziesięciu próbek mieszaniny popiołowo-pyłowej o tym samym składzie: 30% popiołu i 70% pyłu i o różnej wilgotności początkowej: od 18,5 do 29,5%. Przyjęty przedział wilgotności początkowej był tak dobrany, aby umożliwił przygotowanie próbek maksymalnie zagęszczonych, przy wilgotności zbliżonej i równej wilgotności optymalnej, oraz mniej zagęszczonych, o wilgotności nieznacznie przekraczającej granicę plastyczności. Tak wykonane próbki przechowywane były w środowisku powietrznowilgotnym w eksykatorze. Następnie próbki ścinano w aparacie AB-2a po upływie 7, 14 i 21 dni, przy prędkości ścinania 1 mm/min.

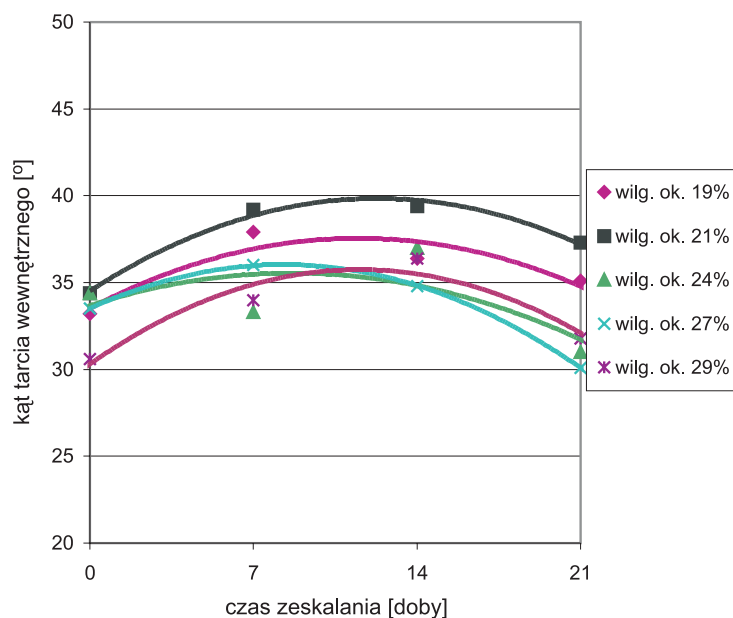
W trakcie przygotowywania próbek zauważono, że wilgotność niższa niż 18,5% była niewystarczająca do całkowitego zawilgocenia mieszaniny wodą, co objawiało się suchymi grudkami w przekroju próbki. Natomiast wilgotność wyższa niż 29,5% utrudniała wykonanie próbek o regularnych kształtach, co z kolei utrudniało umieszczenie ich w aparacie badawczym.

Z całego przedziału wilgotności wyodrębniono pięć grup o wilgotności zbliżonej do 19%, 21%, 24%, 27% i 29%, w celu łatwiejszego przeanalizowania wpływu ilości wody zarobowej na wytrzymałość mieszaniny. Uzyskane wartości parametrów w wyodrębnionych przedziałach są zbliżone, dlatego możliwe było ich uśrednienie, a przyjęta liczba grup pozwalała dobrze zobrazować zachowanie się mieszaniny w całym analizowanym przedziale wilgotności. Interpretację otrzymanych wyników przedstawiono na rys. 2. i 3.

Analizując przebieg zmienności spójności oraz kąta tarcia wewnętrznego w czasie, należy zauważyć, że jest on podobny dla każdej grupy wilgotności. Największe wartości parametrów uzyskano dla wilgotności równej wilgotności optymalnej. Przewaga ta utrzymuje się właściwie przez cały analizowany okres zeskalania i najwyraźniej po jego upływie.



Rys. 2. Spójność mieszanki w funkcji czasu zeskalania



Rys. 3. Kąt tarcia wewnętrznego mieszanki w funkcji czasu zeskalania

Na tym etapie badań nie określano wytrzymałości po dłuższym przedziale czasu. Niemniej jednak należy zaznaczyć, że proces zeskalania mieszanki przebiega bardzo wolno.

6. Przykładowe badania trwałości mieszaniny

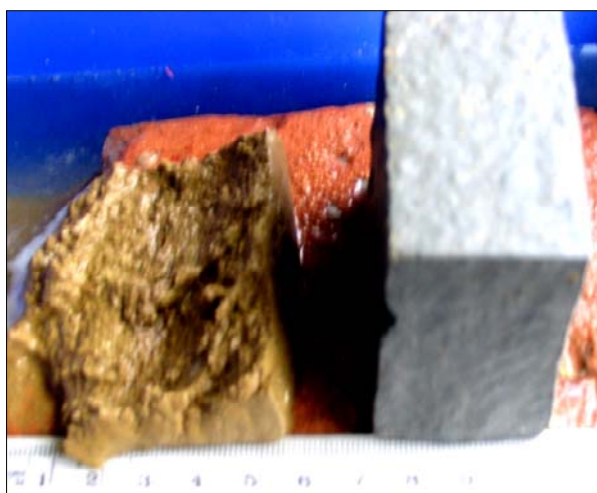
Badania trwałości mieszaniny i pyłu lessowego przeprowadzono na próbkach zeskalonych w warunkach powietrznosuchych. W tym celu obydwie rodzaje zeskalonych próbek poddano jednocześnie podsiąkaniu kapilarnemu (rys. 4÷6). Na uwagę w przeprowadzonych badaniach zasługuje fakt, że podsiąkanie kapilarne w próbkach lessowych zachodzi bardziej intensywnie (rys. 4.). Zaobserwowano, że po upływie kilku godzin w próbkach lessowych pojawiają się



Rys. 4. Przykładowe próbki pyłu i mieszaniny poddane podsiąkaniu kapilarnemu – I etap badania



Rys. 5. Przykładowe próbki pyłu i mieszaniny poddane podsiąkaniu kapilarnemu – II etap badania



Rys. 6. Przykładowe próbki py-łu i mieszaniny poddane podsiąkaniu kapilarnemu – III etap badania

wyraźne rysy i pęknięcia. Towarzyszy temu intensywne pęcznienie. Na podkreślenie zasługuje fakt, że w próbkach mieszaniny nie rejestruje się tych zjawisk (rys. 5.). Maksymalne zawilgocenie próbek lessowych doprowadziło do ich rozpadu (rys. 6.), podczas gdy w niektórych próbkach mieszaniny zarejestrowano kąt tarcia wewnętrznego $\phi = 32^\circ$ i spójność $c = 45$ kPa, przy wilgotności ścinania około 17%. Część próbek poddano kilkakrotnemu nawilgacaniu i suszeniu w temperaturze pokojowej, celem zarejestrowania regeneracji zeskalania.

7. Wnioski

Podjęcie próby modyfikacji pyłów powstałych z lessów, które utraciły makroporowatość, przy wykorzystaniu popiołów wskazuje na możliwość wykonywania mieszanek popiołowo-pyłowych jako podbudów dla dróg, a dróg osiedlowych w szczególności. Mieszaniny popiołowo-pyłowe mogą być stosowane w podbudowach i konstrukcji nasypów na pęczniejącym pylastym podłożu.

Ważną zaletą mieszanek popiołowo-pyłowych jest zarejestrowana wstępnie na kilku próbkach utrata zdolności do pęcznienia podłoża pylastego i ewentualne wyeliminowanie wysadzinowości. Badania te będą nadal prowadzone.

Prace nad ustaleniem optymalnego udziału popiołów w mieszaninie, podobnie jak i wody zarobowej potrzebnej w procesie zeskalania, będą kontynuowane.

Literatura

1. Jaremski J., Gryz G., *Zastosowanie popiołów lotnych z Elektrociepłowni Rzeszów do poprawy właściwości geotechnicznych gruntów lessowych*. Mat. konf. Sesji Na-

- uko-
wej „Zastosowanie odpadów przemysłowych i geosyntetyków w budownictwie ziemnym, Kraków 2004
2. Jaremski J., *O konieczności prowadzenia badań gruntów lessowych i lessopodobnych rejonu Rzeszowa*. Mat. konf. IV Konferencji Naukowo-Technicznej „Aktualne problemy naukowo-badawcze budownictwa”, Olsztyn–Łańsk 2000
 3. Jaremski J., *Parametry geotechniczne lessów i lessopodobnych rejonu Rzeszowa*. Mat. konf. VII Międzynarodowej Konferencji Naukowej Lwowsko-Koszycko-Rzeszowskiej, Koszyce 2002
 4. Jaremski J., *Parametry geotechniczne niektórych gruntów występujących na obszarze województwa podkarpackiego*. Mat. konf. XIII Krajowej Konferencji Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, Szczyrk 2003
 5. Jaremski J., Czudec G., *Wpływ osiadania sufozyjnego na stateczność skarpy przy Alejach Wyzwolenia w Rzeszowie*. Mat. konf. Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy osuwisk w budownictwie komunikacyjnym”, Zakopane 2000
 6. Jaremski J., *Determination of swelling in marl eluvia and illite clays*. Proc. of An International Conference on Problematic Soils, United Kingdom, Nottingham 2003
 7. Jaremski J., *O niektórych aspektach zmian parametrów geotechnicznych lessów i lessopodobnych rejonu Rzeszowa*. Mat. konf. V Konferencji Naukowo-Technicznej „Aktualne problemy naukowo-badawcze budownictwa”, Olsztyn–Łańsk 2002
 8. PN-88/B-04481: *Grunty budowlane. Badania laboratoryjne*
 9. Quant B., *Silikatyżacja popiołów lotnych i fosforogipsów – bezpieczna dla środowiska metoda utylizacji odpadów*. Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej, nr 557, Budownictwo wodne XLIV, Gdańsk 1997
 10. PN-S-96035: *Drogi samochodowe. Popioły lotne*
 11. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r. (Dz.U. Nr 220)
 12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. Nr 112, poz. 1206)
 13. Jaremski J., *Propozycja badań zmiany parametrów geotechnicznych ze szczególnym uwzględnieniem zmian zawilgocenia w czasie*. Mat. konf. VI Konferencji Naukowo-Technicznej „Aktualne problemy naukowo-badawcze budownictwa”, Olsztyn–Kortowo 2003
 14. Jaremski J., *Badania parametrów geotechnicznych gruntów lessowych rejonu Rzeszowa*. Mat. konf. Jubileuszowej Międzynarodowej Konferencji Naukowej, Olsztyn 2004
 15. Szadkowski P., *Wykorzystanie popiołów lotnych z kotłów fluidalnych do stabilizacji podtorza kolejowego*. Mat. konf. IX Międzynarodowej Konferencji „Popioły z energetyki”, Ustroń 2002

**INVESTIGATIONS ON APPLICATION OF THE RZESZÓW HEAT AND
POWER STATION FLY ASHES TO IMPROVEMENT
OF GEOTECHNICAL PROPERTIES OF SILTY SOILS**

S u m m a r y

Investigations on application of ashes from EC Rzeszów to decrease loess silts sensitivity to water content changes have been presented in the contribution. These investigations permit to registration very important feature of silt-ash mixtures, namely loss ability to silts swelling. Performed tests may be applied among other things in foundation on silty swelling subsoil.

Złożono w Oficynie Wydawniczej w marcu 2006 r.

Janusz ŁAKOMY
Jacek ZYGMUNT
Politechnika Rzeszowska

PROJEKTOWANIE BETONÓW ZWYKŁYCH METODĄ TRZECH RÓWNAŃ Z KRUSZYWA DWUSKŁADNIKOWEGO

W artykule przedstawiono zalecenia dotyczące projektowania betonów zwykłych metodą trzech równań z kruszywa dwuskładnikowego. Autorzy zaproponowali oryginalny sposób obliczania gęstości i wodozadności mieszanki kruszywa. Szczególną uwagę zwrócono na sposób ustalenia składu mieszanki kruszywa. Wyniki badań eksperymentalnych wykazały, że dobór optymalnego punktu piaskowego kruszywa w metodzie trzech równań powinien uwzględniać klasę betonu (C/W), konsystencję mieszanki betonowej oraz zawartość zaprawy i zaczynu.

1. Wprowadzenie

Jedną z najczęściej stosowanych metod projektowania betonów zwykłych jest metoda trzech równań, w której kruszywo traktowane jest jako jednoskładnikowe. W betonach zwykłych kruszywo jest najczęściej mieszanką kruszywa drobnego i grubego. Aby wykorzystać metodę trzech równań do projektowania betonów zwykłych z kruszywa dwuskładnikowego, w obliczeniach należy uwzględnić parametry mieszanki kruszywa.

Na podstawie analizy literatury [1÷5] oraz własnych doświadczeń autorzy stwierdzili różnice w zaleceniach do projektowania oraz uzyskanych właściwości mieszanki betonowej i betonu zaprojektowanego metodą trzech równań. Przeprowadzone badania eksperymentalne pozwoliły wyjaśnić wpływ punktu piaskowego kruszywa na właściwości mieszanki betonowej i betonu.

2. Ustalenie parametrów kruszywa

Klasyczna metoda trzech równań wykorzystuje równania wytrzymałości (1), ciekłości (2) i szczelności (3), które pozwalają obliczyć masę cementu (C), kruszywa (K) i wody (W) na 1000 dm³ mieszanki betonowej.

$$\bar{R} = A \left(\frac{C}{W} \pm 0,5 \right) \quad (1)$$

$$W = C \cdot w_c + K \cdot w_k \quad (2)$$

$$1000 = \frac{C}{\rho_c} + \frac{K}{\rho_k} + W \quad (3)$$

Ze względu na zróżnicowane właściwości kruszywa drobnego i grubego w podanych wzorach należy przyjąć gęstość (ρ_k) i wodożądność (w_k) mieszanki kruszywa drobnego i grubego. Zaproponowany sposób obliczania gęstości i wodożądności kruszywa pozwala uniknąć rozwiązywania układu czterech równań z czterema niewiadomymi.

Gęstość kruszywa

Do równania szczelności (3) powinna być przyjmowana gęstość pozorna kruszywa. Kruszywo używane do betonów jest najczęściej mieszaniną kruszywa drobnego (piasek) i grubego (żwir, grys). Z badań autorów wynika, że gęstość pozorna kruszywa naturalnego (piasek, żwir) może się znacząco różnić od wartości najczęściej podawanych w literaturze – 2,65 g/cm³ [1÷5]. Gęstość pozorna piasku użytego do badań określona zgodnie z normą [6] wynosiła 2,47÷2,63 g/cm³, a żwiru 2,36÷2,55 g/cm³.

Do równania szczelności (2) należy podstawić średnią ważoną gęstość mieszanki kruszywa obliczoną ze wzoru:

$$\rho_k = \frac{\rho_p + \rho_z \cdot X}{1 + X} \quad (4)$$

gdzie: ρ_p – gęstość pozorna piasku,

ρ_z – gęstość pozorna żwiru (lub grysu),

$X = Z/P$ (proporcja wagowa kruszywa grubego do drobnego).

Wodożądność kruszywa

Zapotrzebowanie na wodę w mieszance betonowej wynika z hydratacji cementu, nasiąkliwości kruszywa oraz dodatkowej ilości wody potrzebnej do uzyskania odpowiedniej konsystencji mieszanki betonowej. Wskaźniki wodożądności poszczególnych frakcji kruszywa podane są dla kruszywa otoczkowego o gęstości pozornej 2,65 g/cm³ [1÷5]. Niektórzy autorzy podają inne wskaźniki wodożądności kruszywa łamanego [3], dla których dodatkowo należy uwzględnić gęstość kruszywa. Obliczanie wodożądności mieszanki kruszywa metodą tradycyjną jest szczególnie utrudnione w przypadkach, kiedy kruszywo drobne ma nadziarno, a kruszywo grube podziarno. Autorzy proponują oryginalny sposób obliczania wodożądności mieszanki kruszywa – zarówno otoczkowego, jak i łamanego.

Należy obliczyć wodożądność każdego kruszywa (osobno), ze wzoru:

$$w_{kj} = \alpha \cdot \frac{2,65}{\rho_{kj}} \cdot \Sigma(f_i \cdot w_{ki}) \quad (5)$$

gdzie: α – współczynnik zależny od rodzaju kruszywa (dla kruszywa otoczkowego $\alpha = 1$, dla kruszywa łamanego $\alpha = 1,15$ [4, 5]),
 2,65 – gęstość pozorną kruszywa otoczkowego [g/cm^3],
 w_{kj} – wodożądność kruszywa j ,
 ρ_{kj} – gęstość pozorną kruszywa j (piasku, żwiru, gysu),
 f_i – udział frakcji,
 w_{ki} – wskaźniki wodożądności dla kruszywa otoczkowego o gęstości pozornej $2,65 \text{ g/cm}^3$.

W równaniu ciekłości (3) należy przyjąć średnią ważoną wodożądność kruszywa, obliczoną ze wzoru:

$$w_k = \frac{w_p + w_z \cdot X}{1 + X} \quad (6)$$

gdzie: w_p – wodożądność piasku,
 w_z – wodożądność żwiru (lub gysu),
 $X = \dot{Z}/P$ (proporcja wagowa kruszywa grubego do drobnego).

Przykład obliczenia wodożądności mieszanki kruszywa drobnego (piasek) i grubego (grys bazaltowy) przedstawiono w tab. 1. Wskaźniki wodożądności poszczególnych frakcji (w_{ki}) przyjęto wg pracy [4] dla kruszywa otoczkowego o gęstości pozornej $2,65 \text{ g/cm}^3$ oraz plastycznej konsystencji mieszanki betonowej (K-3).

Tabela 1. Wodożądność kruszywa drobnego i grubego

Frakcja	K-3	Piasek		Grys bazaltowy	
	w_{ki}	udział f_i	$f_i \cdot w_{ki}$	udział f_i	$f_i \cdot w_{ki}$
[mm]	[dm^3/kg]	[%]	[%]	[%]	[%]
0÷0,125	0,239	7	1,673	0	0
0,125÷0,25	0,122	10	1,220	0	0
0,25÷0,5	0,084	47	3,948	0	0
0,5÷1	0,058	22	1,276	0	0
1÷2	0,043	12	0,516	6	0,248
2÷4	0,032	2	0,064	31	0,988
4÷8	0,026	0	0	36	0,945
8÷16	0,020	0	0	27	0,540
			$\Sigma = 8,70$	$\Sigma = 2,72$	

Dla mieszanki piasku o gęstości pozornej $2,55 \text{ g/cm}^3$ ($\alpha = 1$) i grysu bazaltowego o gęstości pozornej $2,9 \text{ g/cm}^3$ ($\alpha = 1,15$) oraz $X = 2,806$, ze wzorów (5) i (6) otrzymano:

- wodożądność piasku $w_p = 9,04\%$,
- wodożądność grysu bazaltowego $w_b = 2,86\%$,
- wodożądność kruszywa $w_k = 4,48\%$.

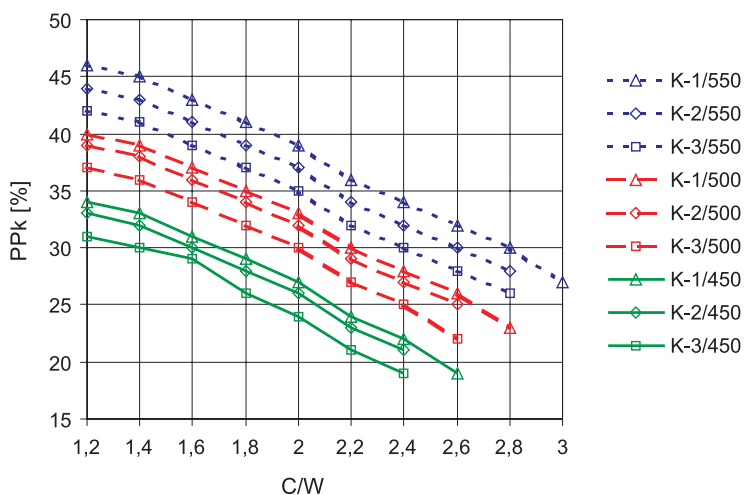
Przedstawiona metoda obliczania wodożądności kruszywa pozwala uzyskać dokładne rozwiązanie, nawet w przypadku występowania tych samych frakcji kruszywa drobnego i grubego.

Skład ziarnowy kruszywa

Podczas projektowania betonów zwykłych z kruszywa dwuskładnikowego należy ustalić proporcję kruszywa grubego do drobnego, którą najczęściej określa się za pomocą optymalnego punktu piaskowego. W literaturze dotyczącej projektowania betonów [1÷5] opisanych jest kilka metod ustalania optymalnego punktu piaskowego.

Według J. Słowińskiego [5] optymalny punkt piaskowy można ustalić na podstawie minimalnej sumy jamistości i wodożądności kruszywa. Z założenia tej metody wynika, że jest tylko jeden optymalny punkt piaskowy dla danego kruszywa, niezależnie od klasy projektowanego betonu oraz zawartości zaprawy i konsystencji mieszanki betonowej.

Według J. Piasty i W.G. Piasty [3] optymalny punkt piaskowy należy ustalić tak, aby zaczyn wypełnił wolne przestrzenie między ziarnami kruszywa (jamy) przy jak najmniejszej wodożądności kruszywa. Aby skorzystać z tej metody, niezbędne jest określenie jamistości mieszanki kruszywa przy różnych udziałach kruszywa grubego i drobnego.



Rys. 1. Optymalne punkty piaskowe, na podstawie pracy [2]

J. Małolepszy oraz Z. Jamróży [2, 4] podali optymalne punkty piaskowe w zależności od proporcji C/W, założonej konsystencji i objętości zaprawy (rys. 1.).

Z przedstawionych metod doboru optymalnego punktu piaskowego kruszywa wynika, że można otrzymać różne wartości optymalnych punktów piaskowych dla tego samego kruszywa. Podjęte badania miały na celu określenie wpływu punktu piaskowego na uzyskiwane właściwości mieszanki betonowej i betonu.

3. Badania eksperymentalne

Ze względu na założony cel badań na etapie projektowania betonów przyjęto kilka wartości C/W, które przy założeniu wytrzymałości średniej równej 1,3 wytrzymałości gwarantowanej oraz współczynnika $A = 18$ MPa, powinny spełnić wymagania dla betonów klas B10÷B25. Dla wszystkich mieszanek założono konsystencję plastyczną (K-3). Wskaźniki wodożądności dla kruszywa i cementu przyjęto wg pracy [2]. Gęstość i wodożądność kruszywa obliczono metodami przedstawionymi w p. 2. Gęstość pozorną piasku i żwiru oznaczono doświadczalnie, zgodnie z normą [6].

Materiały i plan badań

Do badań przyjęto następujące materiały:

- CEM I 32,5R (Ożarów) o wytrzymałości średniej 32,6 MPa,
- piasek naturalny 0÷4 płukany (Mokrzec), $\rho_p = 2,55$ g/cm³,
- żwir 1÷16 mm (Dwudniaki), $\rho_z = 2,45$ g/cm³.

Plan badań obejmował betony o 4 wartościach C/W oraz 3 punktach piaskowych kruszywa (PPk):

- C/W = 1,22 (B10); 1,58 (B15); 1,94 (B20); 2,31 (B25),
- PPk = 20; 30; 40%,

Receptury mieszanek betonowych obliczono metodą trzech równań. Zawartości cementu w mieszankach betonowych podano w tab. 2. Wykonano 12 mieszanek – z każdej po 6 próbek 10x10x10. Mieszanki zagęszczono przez wibrowanie na stoliku wibracyjnym od aparatu Vebe. Próbkę przechowywano w warunkach laboratoryjnych.

Tabela 2. Zawartość cementu w mieszankach betonowych

C/W	C [kg/m ³]		
	PPk = 20%	PPk = 30%	PPk = 40%
1,22	146	166	186
1,58	212	240	266
1,94	296	332	366
2,31	406	452	494

Wyniki badań

Badania konsystencji mieszanek betonowych metodą Vebe przeprowadzono zgodnie z zaleceniami normy [8] i przedstawiono w tab. 3.

Tabela 3. Wyniki badań konsystencji

C/W	Vebe [s]		
	PPk = 20 %	PPk = 30%	PPk = 40%
1,22	-	50	18
1,58	42	16	11
1,94	21	8	6
2,31	10	8	6

Badania wytrzymałości na ściskanie przeprowadzono po 28 dniach, zgodnie z zaleceniami normy [8]. Średnią wytrzymałość na ściskanie z 6 wyników oraz wartości odchylenia standardowego przedstawiono w tab. 4.

Tabela 4. Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie

C/W	Wytrzymałość na ściskanie wraz z odchyleniem standardowym [MPa]		
	PPk = 20%	PPk = 30%	PPk = 40%
1,22	5,7 ± 0,3	10,9 ± 1,1	13,7 ± 0,9
1,58	13,5 ± 1,3	26,9 ± 2,4	24,7 ± 0,6
1,94	23,5 ± 2,2	29,7 ± 1,1	25,9 ± 0,9
2,31	35,0 ± 1,3	30,9 ± 2,2	30,6 ± 1,4

Z badań wynika, że punkt piaskowy ma znaczący wpływ na wytrzymałość betonu na ściskanie – ze wzrostem C/W optymalny punkt piaskowy maleje.

Kryteria zgodności

Na podstawie wyników wytrzymałości na ściskanie, beton zakwalifikowano do odpowiedniej klasy wg zaleceń starej i nowej normy do betonu. Wyniki kwalifikacji betonu do odpowiedniej klasy przedstawiono w tab. 5. (w nawiasach podano klasy betonu wg nowej normy).

Tabela 5. Wyniki kwalifikacji betonu

C/W	Klasa betonu		
	PPk = 20%	PPk = 30%	PPk = 40%
1,22	-	B7,5	B10
1,58	B10	B20(C16/20)	B20(C16/20)
1,94	B17,5(C12/15)	B25(C20/25)	B20(C16/20)
2,31	B30(C25/30)	B25(C20/25)	B25(20/25)

Kryteria zgodności wykazały, że punkt piaskowy kruszywa ma istotny wpływ na uzyskiwaną klasę betonu. Betony o punktach piaskowych odpowiadających zaleceniom podanym na rys. 1. uzyskały założoną w projekcie klasę betonu.

4. Podsumowanie i wnioski

Do prawidłowego zaprojektowania metodą trzech równań betonów zwykłych z kruszywa dwuskładnikowego niezbędne są poprawne wartości przyjmowane w równaniach (1÷3) oraz kruszywo o odpowiednim składzie ziarnowym. Aby uzyskać poprawne rozwiązanie układu trzech równań (1÷3), do obliczeń należy przyjąć gęstość (ρ_k) i wodożądność (w_k) mieszanki kruszywa drobnego i grubego. Autorzy zaproponowali oryginalny sposób obliczania gęstości i wodożądności mieszanki kruszywa.

Z przeprowadzonych badań wynika, że konsystencja mieszanki betonowej i wytrzymałość betonu zaprojektowanego metodą trzech równań zależy od przyjętego punktu piaskowego kruszywa. Dla betonów o punkcie piaskowym odpowiadającym wartościom podanym na rys. 1. uzyskano konsystencję mieszanki oraz klasę betonu zgodną z założoną w projekcie. W przypadkach betonów o punkcie piaskowym niższym od optymalnego uzyskano mieszanki o gorszej urabialności oraz betony o niższej wytrzymałości. Z obliczeń wynika, że objętość zaczynu w tych mieszankach była mniejsza od jamistości kruszywa. Dla betonów o punkcie piaskowym wyższym od optymalnego uzyskano mieszanki o lepszej urabialności, lecz betony o niższej wytrzymałości. Objętość zaczynu w tych mieszankach była znacząco większa od jamistości kruszywa.

Na podstawie kryteriów zgodności dotyczących wytrzymałości na ściskanie stwierdzono, że betony o punkcie piaskowym odpowiadającym zaleceniom podanym na rys. 1. spełniają wymagania co do klasy betonu zarówno starej, jak i nowej normy do betonu.

Wyniki badań eksperymentalnych wykazały, że dobór optymalnego punktu piaskowego kruszywa w metodzie trzech równań powinien uwzględniać klasę betonu (C/W), konsystencję mieszanki betonowej oraz objętość zaprawy wg prac [2, 4] lub zaczynu wg pracy [3] w celu uzyskania szczelnej mieszanki o założonej konsystencji i betonu o projektowanej klasie.

Literatura

1. Kluz T., Eyman K., *Projektowanie betonów*, Arkady, Warszawa 1963
2. Małolepszy J., Deja J., Brylicki W., Gawlicki M., *Technologia betonu. Metody badań*, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2000
3. Piasta J., Piasta W.G., *Beton zwykły*, Arkady, Warszawa 1994
4. Jamróży Z., *Beton i jego technologie*, PWN, Warszawa–Kraków 2003

5. Śliwiński J., *Beton zwykły – projektowanie i podstawowe właściwości*, Polski Cement Sp. z o.o., Kraków 1999
6. PN-76/B-06714/6, *Oznaczenie gęstości pozornej w cylindrze pomiarowym*
7. PN-88/B-06250, *Beton zwykły*
8. PN-EN 206-1, *Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*

PROJECTING OF THE ORDINARY CONCRETES WITH TWO-COMPONENT AGGREGATE USING TREE EQUATIONS METHOD

S u m m a r y

In this paper some advices for projecting the concrete with two-component aggregate using three equations method are presented. Authors of this paper proposed original method for the apparent gravity and water needs calculation of aggregate mix. Main attention was paid to the choice of proper aggregate mix composition. The results of experimental investigations showed that the optimal sand point of the aggregate mix depends on the class of concrete and the workability of the concrete mix.

Złożono w Oficynie Wydawniczej w maju 2006 r.

Aleksandra PROKOPSKA
Politechnika Rzeszowska

ANALIZA METODOLOGICZNA WYBRANYCH BRYŁ ARCHITEKTONICZNYCH

Opracowanie prezentuje analizę metodologiczną form dwóch wybranych budowli. Przedstawiana praca stanowi wprowadzenie do wielu możliwych analiz metodologicznych innych budowli architektonicznych prezentujących nieprzemijające wartości sztuki architektonicznej.

1. Wprowadzenie

Mimo zróżnicowania kultur i różnych instrumentów społecznych, praktyk i umiejętności, szukamy dziś potwierdzenia tej szczególnej ludzkiej wspólnoty i wynikającej z tego odpowiedzialności architektów we współczesnej cywilizacji. Z punktu widzenia architekta jednym z barometrów tej odpowiedzialności jest podział i kształt istniejącej i projektowanej przestrzeni [1].

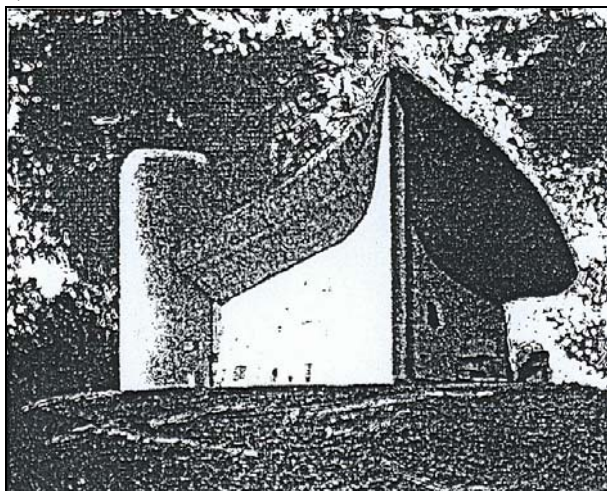
Cel poznawczy podjętych rozważań odzwierciedla dążenie do poznania zgodnego z naturą ludzkiego działania, niewyjaśnionych metodycznych aspektów twórczego procesu projektowania architektonicznego. Praca ma na celu metodyczne doskonalenie procesu projektowania architektonicznego i jego efektów: dzieł architektury [2÷8].

Analizę tej problematyki przedstawiono na dwóch przykładach znanych i uznanych obiektów architektury współczesnej: Kaplicy Ronchamp Le Corbusiera (rys. 1a, b) i Opery w Sydney Utzona (rys. 2a, b) [4, 5, 7]. Twórcze procesy projektowania architektonicznego Le Corbusiera i Utzona zidentyfikowane zostały jako metodyczne procesy intelektualne [8÷12]. W formach brył tych obiektów zauważalne są formy cząstkowe świadczące o intuicyjnym zastosowaniu metody projektowej.

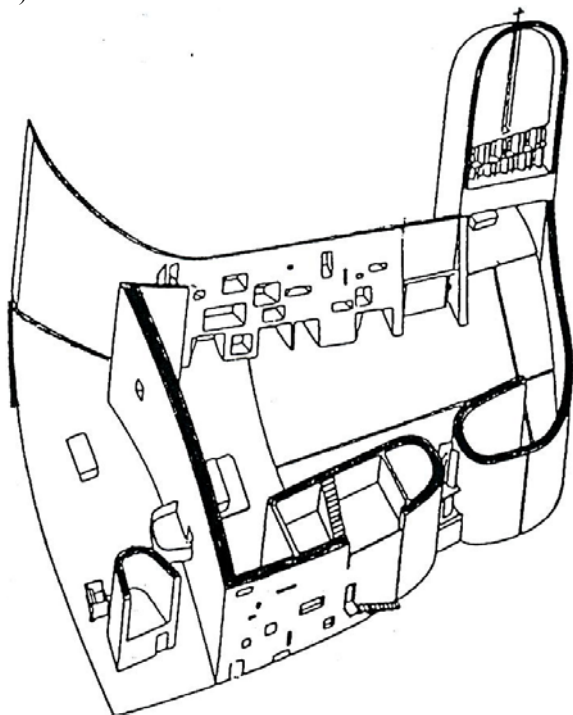
Pierwotnie do badań i analiz metodologicznych wybrano twórczość Le Corbusiera, jako analizowaną i opisaną przez niego samego (m.in. w formie rysunków odręcznych) oraz wielu krytyków jego twórczości. W następnych pracach badawczych podjęto, obok kontynuacji badań twórczości Le Corbusiera, także badania twórczości Gehrego [2÷7]. Le Corbusier i Utzon nie zajmowali się wiedzą metodologiczną, prakseologiczną i systemową [12, 13]. Współczesny ekspansywny rozwój tych dziedzin wiedzy pozwala na podejmowanie analiz meto-

dologicznych twórczych procesów projektowych wybranych brył architektonicznych.

a)

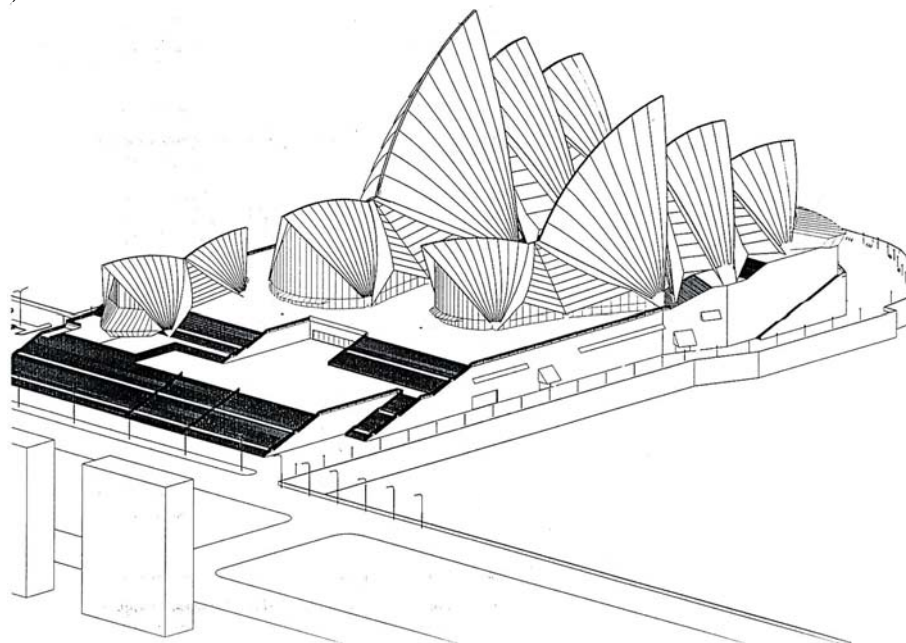


b)

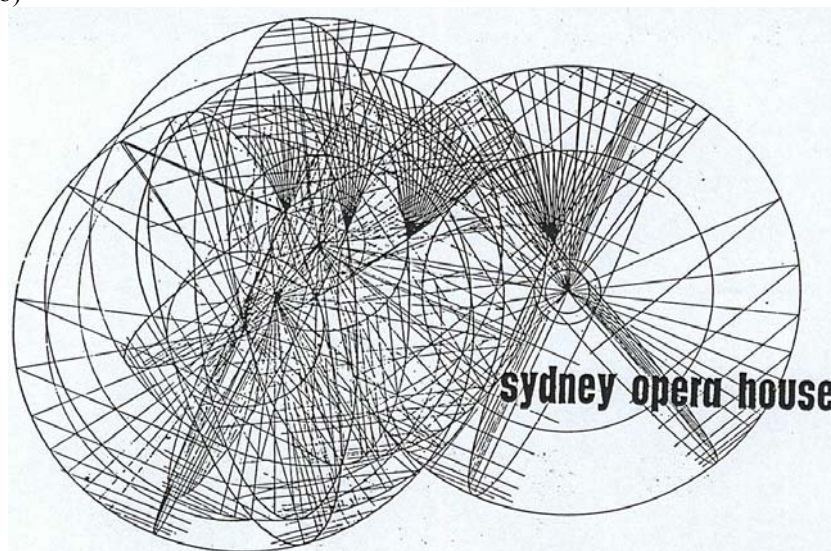


Rys. 1. Kościół pątniczy w Ronchamp – widok (Le Corbusier) [4, 7, 12] (a), aksonometria bryły architektonicznej Kaplicy Ronchamp (Le Corbusier); podkreślone czernią formy uwypuklają morfologiczną budowę formy obiektu [4, 5, 9] (b)

a)



b)



Rys. 2. Opera w Sydney (Jomo Utzon, 1973): widok (a), szkic przedstawiający morfologiczną budowę łupin sklepiennych dachu Opery w Sydney na bazie czaszy kulistej (b) [13]

Analiz dokonano na bazie istniejącej i rozwijającej się współcześnie bogatej wiedzy metodologicznej, systemowej, prakseologicznej i architektonicznej, korzystając przy tym z zasobów językowych i pojęciowych, jakie proponują te dziedziny wiedzy [5, 10÷12]. Przedstawiane w pracy analizy metodologiczne zrealizowane metodą dekompozycji pozwoliły na zobiektywizowany (do pewnego stopnia), opis metodycznego procesu twórczego dwóch brył dzieł architektonicznych: Kaplicy Ronchamp Le Corbusiera i Opery w Sydney Utzona.

Podjęte badania dotyczyły budowy formy architektonicznej, a dokonano ich zgodnie z poglądami metodologa Wasiutyńskiego, który pisał: „formy przedmiotów wytworzonych są zależne od form działań wytwórczych” [31]. Formy architektoniczne są wynikiem i efektem zrealizowanych architektonicznych procesów twórczych. Badania te mają na celu zwrócenie uwagi projektantom – architektom na istniejące w praktyce projektowej metodyczne i metodologiczne aspekty decyzji projektowych architekta.

Ponieważ sztuka przekracza nasze możliwości zobiektywizowanych analiz, to metodologia, a szczególnie metodologia projektowania, otwiera nowe drogi poszukiwań i pojmowania rzeczywistości, niespodziewanej prawdy o architektonicznych, metodycznych procesach twórczych.

2. Rozważania metodologiczne o formie architektonicznej

Gasparski stwierdza, że współczesny rozwój cywilizacyjny wiąże się „ze zdobyciem nowej, zaskakującej wiedzy, tym bardziej szokującej, im bardziej różni się od tego co każdy wie, czyli od tego, co Anglik nazywa *common sense*, a my nie wiedzieć dlaczego – zdrowym rozsądkiem [14].

Do genezy podjętej problematyki badawczej należą rozważania metodologiczne o formie. Forma jest niezbywalną cechą natury. Forma jest także niezbywalną cechą procesu intelektualnego człowieka, w tym wielostronnie uwarunkowanego, twórczego procesu projektowania architektonicznego. Cournot (Antoine Augustin Cournot, 1801-1877, *L'ordre et la forme*) [13, 17, 18] zauważył, że bez względu na przedmiot, którego dotyczą nasze obserwacje i badania, forma jest tym, co najłatwiej rozpoznajemy. Ponieważ ta uwaga ma znaczenie powszechne, to z tego tylko tytułu „pojęcie formy powinno być wypisane w nagłówku wszystkich zestawień kategorii i zbiorów porządkujących pojęcia podstawowe i konstrukcyjne poznania”. Pojęcie formy odnosi się zarówno do przedmiotów dostrzegalnych tylko przez rozumowanie, jak i do przedmiotów materialnych, widzialnych i dotykalnych [17].

Fakt, że myślimy formami, a „granice w określonych punktach” (myślowych lub fizycznych) mogą stanowić podstawę do podziału formy dotykanej lub tylko myślowej na jej części składowe, uznany został za metodologiem praktykiem, budowniczym mostów Zygmunt Wasiutyńskim [17] i innymi intelektualistami [18]. Wśród wielu rozważań Wasiutyńskiego można odnaleźć pogląd: „(...) Własności dane przedmiotom odtwarzają elementy i formy skojarzone

w poznaniu stanowiącym podstawę tych działań. Własności nadane przedmiotom wytwarzanym są odbiciem sposobu działania, a więc i sposobu poznawania. Własności te mogą powstać tylko w wyniku działania i mogą być w całości lub części dostosowane do zamierzonego celu użytkowego lub temu celowi nie służyć” [17].

Projektowanie architektoniczne bazuje na rozwoju nauki, sztuki i techniki. Myśl, że sens architektury, realizującej się przez formę, wykracza daleko poza jej fizyczne właściwości, pojawiała się uporczywie w historii kultury i sztuki. Architektura akceptuje logiczne rozwiązania techniczne i jednocześnie w naturalny sposób je przekracza. Działania architekta związane są z jego twórczą kreacją artystyczną, czyli również ze sztuką, psychologią twórczości i jej prawami [18, 19].

Mimo upływu czasu dzieła architektoniczne, malarstwa purystycznego i rzeźbiarskie Le Corbusiera nadal wzbudzają wiele emocji artystycznych. Projektant ten (a dokładniej jego dzieła) miał ogromny wpływ na rozwój architektury współczesnej, dwukrotnie zmienił kierunek rozwoju architektury świata.

3. Rozważania Alberta Einsteina o metodzie naukowej

Rozważania o metodzie projektowej w architekturze podjęto, sięgając do rozważań o metodzie naukowej Alberta Einsteina [15, 20], prawidłowości procesu projektowania architektonicznego oraz współcześnie istniejącej wiedzy psychologii twórczości, w tym o procesach twórczych, wiedzy metodologii projektowania i teorii systemów.

Dążenie do poznania rzeczywistości, pisał Einstein, było dla niego „jednym z samoistnych celów, bez których dla myślącego człowieka świadoma akceptacja egzystencji wydaje się niemożliwa” [15]. Prawa natury, według Einsteina, są zawsze konsekwencją pewnych uniwersalnych zasad, które działają we wszechświecie i ukazują wewnętrzną logikę, przenikającą byt jako całość [15, 20]. Einstein o języku naukowym i metodzie naukowej pisał, że to, do czego w rękach człowieka może służyć to narzędzie (metoda naukowa), zależy całkowicie od charakteru celów, które stawia przed sobą ludzkość. Jeśli te cele istnieją, metoda naukowa stwarza sposoby ich osiągnięcia. Pisał też, że same cele nie mogą być przez nią stworzone [15, 20]. Traktował metodę jako narzędzie intelektualne, za pomocą którego można osiągnąć wyznaczony cel.

Do pewnego stopnia podobnie dzieje się w architekturze, gdzie cele wyznacza społeczeństwo, jego sztuka, użyteczność, możliwości techniki. Na obecnym etapie rozwoju nauki, mimo upływu lat, przytoczone stwierdzenia Einsteina nie tracą swej ważności. Dziś doceniamy coraz bardziej fakt, że cele nauki zawsze będą posiadać aspekt i wymiar etyczny, który przez samą metodę naukową nie może być tworzony. Podobnie piękno dzieła architektonicznego nie może być stworzone przez samą metodę projektowania, a jedynie przez twórczego człowieka posługującego się metodą jako narzędziem intelektualnym. Twórcze na-

rzędzie intelektualne: twórcza metoda projektowa zastosowana intuicyjnie może pozwolić czasem na osiągnięcie twórczego celu, np. nowatorskiej kreacji przestrzennej bryły architektonicznej.

Projektowanie naukowe, podobnie jak i metodologia nauk, jest systematyczną rekonstrukcją postępowania projektanta, np. projektującego architekta [9÷14]. W związku z tym pojawiają się pytania: Czy można i do jakiego stopnia zrekonstruować konkretny proces twórczy architekta i posługiwać się tą rekonstrukcją, jako metodycznym wskazaniem dla przyszłych procesów twórczych w architekturze? Czy procesy te będą przez to doskonalsze, łatwiejsze i szybsze? Czy można uznać zrekonstruowane metodyczne procesy twórcze za przykłady metodologicznych możliwości doskonalenia formy architektury? Można wyrazić przekonanie, że współczesny rozwój wiedzy i nauki stwarza taką szansę [2÷9, 13, 14]. Inną sprawą jest, czy ta szansa rozwoju zostanie dostrzeżona i wykorzystana w projektowej praktyce architektonicznej.

W pracy postawiono tezę, że zastosowanie konkretnej metody projektowej można w formie dzieła architektury zidentyfikować metodycznie, opierając się na istniejącej wiedzy metodologii, w tym metodologii projektowania, teorii systemów i psychologii twórczości [11, 12]. Dowód na tezę przeprowadzono metodą dekompozycji formy architektonicznej.

4. Wybrane cechy metody analizy morfologicznej z punktu widzenia architekta

W przedstawianych badaniach metodologicznych wybranych brył architektonicznych zidentyfikowane zostały elementy metody twórczej. Ta metoda twórcza zastosowana przez architektów została zidentyfikowana przez dekompozycję dwóch wybranych form architektonicznych, przedstawianą w następnych dwóch punktach pracy. Jest to opisana i powszechnie stosowana w technice twórcza metoda zwana współcześnie analizą morfologiczną. Podstawowe założenia i dyrektywy metody analizy morfologicznej opracowane zostały w latach 1938-1948 przez astrofizyka Zwicky'ego [21]. Zwicky posługiwał się z powodzeniem tą metodą w astronomii i technice [21÷23]. Był on pionierem konstrukcji silników odrzutowych, których koncepcja powstała na bazie tej metody.

Obecnie metoda, o której mowa, rozwijana i doskonalona znajduje zastosowania w wielu dziedzinach techniki, nie zawsze jednak jest identyfikowana jako analiza morfologiczna. W tej twórczej metodzie wartość rozwiązań jest powiązana z wartością analizy, a rozwiązania osiągnane przez zestawianie mogą być świadomie przestudiowane i użytkowane. Z punktu widzenia architekta rozwiązania te mogą być rozwiązaniami przestrzennymi, formami brył architektonicznych. Mogą to być formy architektoniczne twórczo zestawiane z form mniejszych, czyli fragmentów lub inaczej form (rozwiązań) cząstkowych.

Zwicky [21÷23], twórca standardowej metody techniki analizy morfologicznej, wykorzystał w niej podstawową zasadę Sztuki Lulla [2, 4, 5, 24], czyli kombinatoryczne łączenie poszczególnych elementów (np. form). Przykładowo łączone zgodnie z tą metodą mogą być elementy, czyli fragmenty, badanego lub projektowanego obiektu technicznego. Zwicky traktuje morfologię jako dostrzeżenie takiego obrazu rzeczywistości, w którym uwzględnione byłyby przejrzyste wszystkie ważniejsze powiązania strukturalne między obiektami, zjawiskami, ideami i działaniami [21÷23]. W tym sensie metodę tę można odnieść również do architektury i specyfiki projektowania architektonicznego, gdyż wyobraźnia oraz wielość idei to niezbywalne elementy w twórczości architektonicznej.

Według Gerardina [3, 5, 25] analiza morfologiczna pozwala wyobraźni działać na większej liczbie idei niż byłoby to możliwe przy podejściu klasycznym, a wartość rozwiązań w tej metodzie jest świadomie powiązana z wartością analizy rozwiązania.

Zwicky [3÷5, 21] użył terminu „analiza morfologiczna” do określenia standardowej metody konstrukcyjnej, służącej do identyfikacji wszystkich możliwych środków pozwalających na osiągnięcie celu, jako specyficznej zdolności funkcjonalnej. Sformułował metodę identyfikacji, klasyfikacji i organizacji parametrów technicznych konstrukcji urządzenia technicznego. Obecne procesy myślowe, zwane analizą morfologiczną lub ćwiczeniem morfologicznym, nie są już typową analizą morfologiczną Zwicky’ego, ograniczającą się do uporządkowania czynników technicznych. W metodzie analizy morfologicznej wartość rozwiązań jest powiązana z wartością analizy, a rozwiązania mogą być świadomie przestudiowane i wykorzystywane.

Hall [3÷5,26] definiuje metodę analizy morfologicznej jako uogólnienie zestawienia własności, ściśle wiążąc je z samą morfologią. Uznaje on nazwę Zwicky’ego za celną, gdyż słowo „morfologia” wiąże się z nauką o budowie i formie (od greckiego *morphe* – kształt i *logos* – nauka). Stwierdza on, że zastanawianie się nad budową i formą pobudza intuicję, pomaga przy sformułowaniu samego problemu. Hall [3, 5, 26] procedurę tej metody stosowanej w technice przedstawia następująco: należy rozpocząć od możliwie najszerzego sformułowania problemu (czyli podobnie jak się to dzieje w projektowaniu architektonicznym), następnie sporządzić listę wszystkich zmiennych niezależnych pożądanego systemu i przyporządkować każdej zmiennej jeden z wymiarów mapy morfologicznej, a następnie policzyć wartości, które może przyjmować każda zmienna. Całkowita liczba rozwiązań problemu jest równa iloczynowi liczb wartości każdej ze zmiennych. W metodzie tej proces kombinatoryczny rośnie w postępie geometrycznym i szybko uzyskuje się dziesiątki tysięcy rozwiązań. W związku z tym należy wyraźnie rozróżniać, co jest analizą morfologiczną, a co nią nie jest.

Znaczenie omawianej metody heurystycznej nie polega wyłącznie na uzyskiwaniu uporządkowanego sposobu zapisu kombinacji wartości cech przedmio-

tu w przedziale morfologicznym (rys. 3.) [26]. Jedną z głównych cech charakterystycznych dla przedziału morfologicznego, jako jednej z możliwych postaci tej metody, jest wzajemna niezależność wartości parametrów. Ogólnym celem tej metody jest dostrzeżenie wewnętrznego porządku, wśród wielu wariantów rozwiązań w nieistniejącej fizycznie rzeczy (czyli dostrzeżenie porządku w złożoności), i ustalenie głównych cech rozwiązania. Postać zapisu metody analizy morfologicznej jako przedziału morfologicznego spotykana jest w rozwiązaniach stosowanych w technice.

	VALUES			
PARAMETER A	A ₁	A ₂	A ₃	
PARAMETER B	B ₁	B ₂		
PARAMETER C	C ₁	C ₂		

PARAMETER H	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄

Rys. 3. Typowy przedział morfologiczny [26]

Zgodnie ze współczesną wiedzą metodologii projektowania, analiza morfologiczna może dotyczyć form, w tym form architektonicznych. Według Zwicky'ego zastanawianie się nad budową i formą pobudza intuicję, pomaga przy sformułowaniu samego problemu [21]. Cecha ta ma bezpośredni związek z projektowaniem architektonicznym, którym Zwicky się nie zajmował. Zajmował się natomiast twórczym projektowaniem technicznym w przestrzeni, w tym wariantową analizą przestrzennego układu parametrów technicznych [3, 5, 21].

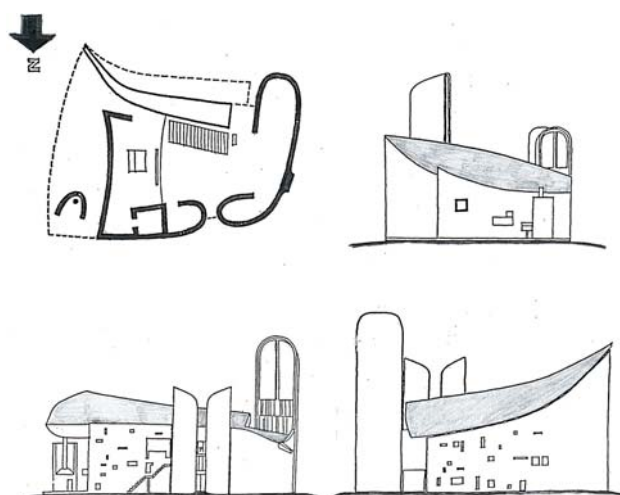
Obecne procesy myślowe zwane analizą morfologiczną lub ćwiczeniem morfologicznym nie są już typową analizą morfologiczną Zwicky'ego, ograniczającą się do uporządkowania czynników technicznych. Analiza morfologiczna stosowana w technice jest metodą błędzenia losowego. W technice, w sytuacji gdy liczba cech i ich odmian jest znaczna, wygodne jest stosowanie procedur komputerowych, a następnie poddanie redukcji uzyskanego zbioru rozwiązań. W metodzie tej pozostawione po redukcji warianty tworzą poszukiwany zbiór rozwiązań lub podlegają dalszej ocenie i redukcji. Procesy redukcji wcześniej stworzonych wariantowych rozwiązań projektowych to stała cecha procesów architektonicznych.

Można redukować zbiór rozwiązań, poszukując ograniczeń, a także kombinacji, które wydają się nierealistyczne. Chcąc przestudiować wszystkie rozwiązania uzyskane na drodze analizy w stosunku do wartości różnych parametrów, należy tak nakreślić przedział morfologiczny, aby otrzymać liczbę różnych rozwiązań, odpowiadających rozsądnej ilości czasu potrzebnej na ich przestudio-

wanie. W przedziale morfologicznym¹ (rys. 3.) zawierającym siedem parametrów, o trzech wartościach każdy, uzyskuje się 2187 rozwiązań. W przypadku siedmiu parametrów, o dwóch wartościach każdy, otrzymuje się tylko 128 rozwiązań. Wskazuje to na znaczenie i konieczność poszukiwania ograniczeń w tej metodzie, jakie mogą istnieć w stosunku do rozważanych wariantów rozwiązania [3, 5, 21]. W odniesieniu do projektowania architektonicznego mogą to być ograniczenia płynące z twórczych założeń i ograniczeń technicznych, środowiskowych, ekonomicznych, formalnych czy organizacyjnych.

5. Analiza metodologiczna formy Kaplicy Ronchamp metodą dekompozycji

Kościół pątniczy w Ronchamp został wybudowany w Wogezach na wzgórzu, na miejscu kościoła zniszczonego podczas działań wojennych [12]. Konstrukcja żelbetowa tworzy słynną rzeźbę architektoniczną. W budowlu w tej obok formy ważną rolę wyznaczył Le Corbusier światłu. Nie wyrównał połałdowanej w sposób naturalny powierzchni gruntu, tak że chodząc po wnętrzu wyraźnie czuje się pod nogami grzbiet wzgórza [4, 5, 9, 27]. Wygięty łuk wzgórza jest to forma, która powtarza się w formie bryły tej budowli w różnych modyfikacjach (rys. 4.).



Rys. 4. Kościół pątniczy Ronchamp Le Corbusier. Trzy elewacje, w tym elewacja południowa z głównym wejściem oraz schemat rzutu poziomego – rysunki architektoniczne [4, 9, 12]

¹ Jedną ze znanych form zapisu graficznego analizy morfologicznej, będącej metodą matematyczną metody, jest macierz morfologiczna. Liczba wymiarów tej macierzy równa się liczbie głównych cech rozwiązania, a każdy jej element odpowiada określonej kombinacji cech. Przykładem zapisu przedziału morfologicznego jest układ pierwiastkowy Mendelejewa [4, 5].

Podjęta w pracy analiza tego dzieła wielkiego architekta Le Corbusiera jest metodologiczną, czyli systematyczną, systemową i racjonalną rekonstrukcją realnego postępowania projektanta architekta. Rekonstrukcji dokonano przez dekompozycję form projektu architektonicznego tej budowli. Dekompozycję formy architektonicznej Kaplicy Ronchamp (rys. 1a, 5.) [4, 5, 9, 12] zrealizowano przez podział na formy cząstkowe, zwane inaczej morfemami. Można je odnaleźć np. w purystycznym malarstwie Le Corbusiera [4], a także w urbanistycznym planie Algieru (1930) [4, 5]. Dekompozycję form rysunków architektonicznych rzutu poziomego oraz trzech elewacji Kaplicy Ronchamp (rys. 4., 5.) na formy cząstkowe, czyli morfemy przeprowadzono w pracy precyzyjnie, tak aby było możliwe ponowne złożenie otrzymanych elementów w pierwotną całość [28, 29].



Rys. 5. Dekompozycja form zawartych na rys. 4. Trzy podzbiory form cząstkowych: formy obłe (1), linie łukowate, zestawione pod kątem ostrym (2) i fragmenty prostokąta (3) [4]

Przedstawiony na rys. 5. podział został dokonany zgodnie z uznanymi za narzucające się, wybranymi formami cząstkowymi [5, 6, 28]. Rysunek 5. dokumentuje otrzymane przez dekompozycję zbiory form cząstkowych, z których złożono w procesie twórczym całość architektoniczną: formę architektoniczną Kaplicy Ronchamp. Rysunek dokumentuje twórczą metodę projektową i odsłania metodyczne działania twórczego procesu projektowego architekta Le Corbusiera. Po dekompozycji na elementy (formy cząstkowe, czyli morfemy) rysunków architektonicznych trzech elewacji oraz rzutu poziomego, otrzymane formy zestawiono i utworzono z nich trzy zbiory form cząstkowych (rys. 5.). Otrzymane przez dekompozycję obłe formy cząstkowe lub ich niewielkie modyfikacje tworzą zbiór **1** form cząstkowych (rys. 5.). Zbiór **2** form cząstkowych składa się z form tego samego typu, czyli łukowatych linii, łatwych do odczytu w bryle budynku (zgodnie ze słowami Le Corbusiera „jak wygięty łuk wzgórze” [13, 30]), zestawionych pod kątem ostrym. Zbiór **3** to formy cząstkowe będące fragmentami prostokąta lub równoległoboku i ich modyfikacji. Zestawione w zbiorze **3** formy cząstkowe należą do powszechnie stosowanych w architekturze. Zbiór **3** powstał po usunięciu z form na rys. 5. form zestawionych w zbiorach **1** i **2** [4, 5].

Pierwotnego podziału na formy cząstkowe (lub inaczej poszukiwania form cząstkowych) Le Corbusier dokonywał w swoim malarstwie purystycznym. Następnie dokonywał kombinatoryk owych wybranych form cząstkowych zgodnie z twórczym działaniem metodycznym, które określamy wspólnie metodą analizy morfologicznej. Jego warsztat architektoniczny był metodyczny i prawdopodobnie stąd płynnie jego siła i bogactwo.

6. Dekompozycja formy jako analiza metodologiczna bryły Opery w Sydney Utzona

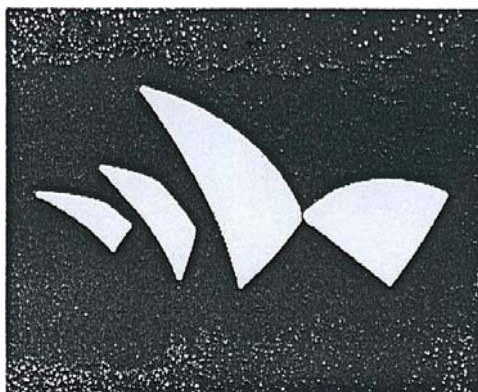
Opera znajduje się na półwyspie Bennelong Point, na specjalnie przygotowanej platformie, dzięki której jej forma jest izolowana od otoczenia i wspaniale eksponowana. Pod dachami – muszlami mieści się pięć oddzielnych sal o różnym przeznaczeniu: koncerty symfoniczne, przedstawienia operowe, muzyka kameralna i spektakle teatralne. Znajduje się tam również sala wystawowa i wiele innych pomieszczeń użyteczności publicznej.

Prace budowlane nad realizacją Opery w Sydney rozpoczęły się w 1959 r. Realizacja budowli wiązała się z wieloma problemami konstrukcyjnymi, technicznymi, geometrycznymi, metodycznymi, organizacyjnymi i logistycznymi. Pomimo tych kłopotów gmach opery został ukończony przez zespół australijskich architektów w 1973 r. i otwarty przez Elżbietę II.

Głównym materiałem użytym do budowy opery (rys. 2a) był beton sprężony i szkło. Najwięcej trudności przy projektowaniu i realizacji sprawiła konstrukcja dachu. Przykładowa wysokość łupin dachu to 66 m. Pierwszą propozycją było wykonanie dachu jako sklepienia z betonu, wylewanego do zakrzywio-

nych drewnianych lub stalowych form. Kolejna propozycja Utzona to wykonanie powłok z prefabrykowanych betonowych żeber ustawionych obok siebie, mających tę samą krzywiznę sferyczną. Wszystkie powłoki miały być wykonane z fragmentów wyciętych z powierzchni kuli o promieniu 75 m (rys. 2b). Nie bez znaczenia był tu fakt, że najprostszą możliwością montażu sklepienia z elementów prefabrykowanych daje regularna powierzchnia kuli. Następnie postanowiono, że powłoki te nie zostaną wykonane jako pojedyncze elementy, lecz będą składane z żeber wylewanych w oddzielnych segmentach na miejscu budowy.

Do budowy tego obiektu użyto kilku rodzajów form, które połączono za pomocą kleju i prętów zbrojeniowych. Beton sprężony, z którego jest zbudowana opera, charakteryzuje się tym, że w jego wnętrzu biegną stalowe kable naciągane za pomocą dźwigarów hydraulicznych. Próbując odzyskać swą pierwotną długość, kable kurczą się i sprężają beton. Kolejnym ważnym etapem budowy opery był dobór i układ płytek służących do wyłożenia łupin żelbetowych. Utzon uważał, że płytki te muszą być odporne na wahania temperatury i mieć odpowiedni wygląd, tzn. błyszczeć w słońcu. Ostatecznie wybrano płytki ceramiczne. Ponieważ powłoki zostały wykonane ze sferycznych krzywizn, oznaczało to, że z geometrycznego punktu widzenia powierzchnia ich może być pokryta płytkami o jednym rozmiarze (12x12 cm). Podparcie muszli zostało osiągnięte przez połączenie dużych powłok z mniejszymi, zwróconymi w przeciwnym kierunku tak, aby razem stworzyły całość przestrzenną. Innymi słowy całość formy architektonicznej została stworzona przez dodanie form mniejszych powłok (rys. 2a, b). Każda powłoka dachu opery jest osadzona na czterech podporach. Szklane ściany zostały oparte (wzmocnione) na pionowych słupach. Przytoczony historyczny opis budowy bryły obiektu oraz sama forma budowli dowodzi stosowania zasady bezwzględnej powtarzalności łupinowych segmentów betonowych, czyli morfologicznych elementów jej formy (rys. 6.). Rysunek 6. przedstawia zestawienie form cząstkowych składających się na dach opery. Zestawienie zostało wykonane przez samego autora tego dzieła – Utzona. Jest dowodem zastosowania metody projektowej zwanej współcześnie analizą morfologiczną.



Rys. 6. Dekompozycja formy architektonicznej dachów opery w Sydney lub inaczej zestawienie form cząstkowych składających się na dach opery (zestawienie form wykonane przez autora tego dzieła architektury współczesnej – Jorno Utzona) [13]

Szczegóły metodycznego i metodologicznego architektonicznego procesu twórczego we wstępnej fazie tej budowli można poznać także, analizując inne rysunki wykonane przez autora obiektu, niezależnie od przedstawionego.

Gmach Opery w Sydney stał się symbolem Australii. Jego błyszczące białe dachy, nakładające się na siebie, podobne są do białych żagli, których jest pełno na wodach portu Sydney. Owe żagle to formy cząstkowe składające się na formę całości.

Prowadzone rozważania metodologiczne wskazują jednoznacznie, że Utzon, podobnie jak Le Corbusier, w procesie architektonicznym posłużył się intuicyjnie metodą twórczą.

Opis metodologiczny intuicyjnego zastosowania metody projektowej w procesie architektonicznym tej budowli stwarza nowe możliwości doskonalenia projektowania architektonicznego [31]².

7. Podsumowanie i wnioski

W przedstawianych badaniach posłużono się metodą dekompozycji formy architektonicznej. Dzięki zastosowaniu tej metody odkryto i zidentyfikowano elementy metody twórczości architektonicznej „zastygłe” w formach dwóch brył obiektów architektury wybranych do analizy.

Le Corbusier doceniał wartość swoich procesów projektowych, które wielokrotnie z pasją opisywał, oraz swoich szkiców architektonicznych obrazujących te procesy. Na bazie analizy przedstawianej i wcześniejszych analiz dotyczących twórczości Le Corbusiera można stwierdzić, że jego procesy projektowe posiadały cechy metodyczne. Twórcze myślenie projektanta Le Corbusiera było zgodne z twórczą metodą: kombinatoryką form, którą architekci stosują czasem w sposób intuicyjny w praktyce projektowej, często niekonsekwentnie.

Także w budowlu Opery w Sydney Utzona widoczna jest ta twórcza metoda projektanta architekta. Metoda ta jest związana z zestawianiem form cząstkowych, czyli główną cechą metody zwanej współcześnie analizą morfologiczną.

W przeprowadzonych metodycznych i metodologicznych analizach form architektonicznych Kaplicy Ronchamp i Opery w Sydney uderza daleko posunięta precyzja odsłanianych wzajemnych powiązań analizowanych form architektonicznych i ich fragmentów. Te wzajemne powiązania i zależności (np. proporcje brył architektonicznych) decydują o spójności, kompozycji i pięknie formy architektonicznej [12÷14].

Jencks, rozważając kompozycję, spójność i piękno architektury Le Corbusiera, mówi o słowniku architektonicznym Le Corbusiera: „Słowa w tym słowniku to formy” [28]. Le Corbusier tworzy z pojedynczych słów (czyli form –

² Przykładowo zamiast budynków dzieł sztuki powstają budynki, które udają, że są sztuką. Metoda twórcza stosowana intuicyjnie przez niektórych słynnych architektów, tworzących budynki będące dziełami sztuki, z tego tylko powodu wydaje się być wartą poznania i rozważenia.

morfemów) złożone formy architektoniczne. Podobnie jest w przypadku budowli Opery w Sydney, która jest zbudowana z form cząstkowych, czyli morfemów (fragmentów powierzchni kuli). Można stwierdzić, że Utzon w sposób widoczny i oczywisty stworzył również z pojedynczych słów – form (fragmentów powierzchni kuli) złożoną formę architektoniczną dachu opery.

Jencks stwierdza też, że siła wyrazu plastycznego i funkcjonalność tych „słów” (form – morfemów) [28] w twórczości Le Corbusiera (w tym Kaplicy Ronchamp), były przyczyną zastosowania ich w znacznie szerszym zakresie. W wielu obiektach architektonicznych formy te stały się „morfemami” – częstakami znaczeniowymi języka architektury współczesnej. Porównanie to ma sens logiczny i metodologiczny, gdyż języki są najstarszymi systemami, jakie tworzył człowiek, systemami wykorzystywanymi do komunikowania się. Sztuka i architektura dotyczy pewnego rodzaju komunikacji między odbiorcą czy użytkownikiem, dziełem sztuki czy architekturą. Wynika z tego, że wykorzystywanie systemu do komunikowania się poza techniką nie jest nowością. Nie jest to jednak komunikacja jednoznaczna technicznie. W sztuce, a więc i architekturze, komunikacja między dziełem a jego odbiorcą jest zawsze wieloznaczna, co często wzbudza nasz zachwyt i podziw.

W pracy dowiedziono zastosowania metody w projektowaniu architektonicznym przez identyfikację typów stosowanych elementów (form cząstkowych budowli) na konkretnych przykładach wybranych obiektów architektonicznych. Dowód przeprowadzono w sposób metodyczny, metodą dekompozycji wybranej formy architektonicznej na jej elementy: formy cząstkowe.

Zidentyfikowano zastosowanie elementów metody znanej w technice pod nazwą analizy morfologicznej w formach dwóch brył architektonicznych wybranych do analizy. Przeprowadzone dekompozycje form architektonicznych dowodzą, że elementy metody zostały zastosowane w twórczym procesie projektowania architektonicznego Kaplicy Ronchamp i Opery w Sydney. Obie badane formy architektoniczne zostały zbudowane zgodnie z metodą współcześnie nazywaną analizą morfologiczną.

Do budowy form tych budowli wykorzystane zostały (zastosowane w sposób intuicyjny) wybrane możliwości twórcze i techniczne skomplikowanej metody, pozornie prostej metody kombinatorycznej.

Skłania to do wniosku, że przeprowadzone w pracy analizy metodologiczne tych dwóch obiektów dowodzą stosowania w sposób intuicyjny w twórczości architektonicznej, metody twórczej, którą współcześnie nazywamy analizą morfologiczną.

Z punktu widzenia istniejącej współcześnie wiedzy metodologii projektowania budowa przestrzenna dwóch analizowanych spójnych form brył architektonicznych jest wynikiem metodycznego procesu twórczego. Le Corbusier i Utzon nie pisali o metodach i metodologii, lecz ich działania projektowe były metodyczne. Utzon przy projektowaniu Opery w Sydney i Le Corbusier przy projektowaniu Kaplicy w Ronchamp posłużyli się metodą kombinatoryczną:

analizą morfologiczną. Miało to bezpośredni wpływ (co jest widoczne) na budowę obu różnych morfologicznie brył architektonicznych.

Przedstawiany opis i identyfikacja obu metodycznych, architektonicznych procesów projektowych dowodzi, że podejście metodyczne doskonali procesy twórcze i prowadzi do fascynujących rozwiązań architektonicznych. Metoda zwana analizą morfologiczną, stosowana bardziej lub mniej konsekwentnie w projektowaniu architektury, sprzyja twórczości architektonicznej.

Metodologiczny i prakseologiczny sposób badania projektowania architektonicznego może pomóc w pozyskiwaniu podstaw wiedzy metodologicznej o sposobach i metodach projektowania funkcjonujących w realnym projektowaniu architektonicznym. W konsekwencji podejście to może pomóc w odsłanianiu dalszych tajemnic twórczości architektonicznej. Być może sposoby i metody projektowania, w tym metoda analizy morfologicznej, zgodnie z wiedzą know-that i know-how architekta, funkcjonują bardziej lub mniej konsekwentnie w realnym projektowaniu architektury, niezależnie od stopnia świadomego ich poznania.

Przeprowadzone rozważania można rozbudowywać o dalsze zagadnienia, np. psychologii twórczości, jak również o dalsze badania wybranych obiektów architektury. Nowych możliwości twórczych w projektowaniu architektury, jakie stwarza rozwój wiedzy, w tym rozwój metodologii projektowania, nie można pominąć w teorii i praktyce tego zawodu, nawet jeśli są pozornie trudno akceptowalne.

Literatura

1. Skibniewska H., *General report*. [In:] XIV World Congress of the International Union of Architects. Architecture-Man-Environment, Warszawa 1981
2. Prokopska A., *Elementy analizy morfologicznej w twórczości Le Corbusiera*. Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, Budownictwo, z. 4, Częstochowa 1992
3. Prokopska A., *Le Corbusier jako projektant stosujący metodę analizy morfologicznej*. Teza Komisji Urbanistyki i Architektury PAN, t. 29, Kraków 1997
4. Prokopska A., *Zastosowanie metody analizy morfologicznej w projektowaniu architektonicznym na przykładzie twórczości Le Corbusiera*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1997
5. Prokopska A., *Methodology of the morphological analysis in architectural creativity – a systems approach to design*. Systems, Journal of Transdisciplinary Systems Science, vol. 2, no 2, Polish Systems Society, Wrocław 1998
6. Prokopska A., *Analiza metodologiczna elementów procesu projektowania Le Corbusiera na bazie wybranych poglądów*. Teza Komisji Urbanistyki i Architektury PAN, t. 31, Kraków 2000
7. Prokopska A., *Analiza metodologiczna procesu twórczego Le Corbusiera. Projektowanie i systemy. Zagadnienia metodologiczne nauk praktycznych*. Komitet Naukoznawstwa PAN, t. XVI, Warszawa 2000

8. Prokopska A., *Możliwości zastosowania analizy morfologicznej w projektowaniu architektonicznym*. TeKa Komisji Urbanistyki i Architektury PAN, t. 28, Kraków 1996
9. Niezabitowski A., *Wybrane problemy metodologiczne systematyki układów przestrzennych w architekturze*. Komisja Urbanistyki i Architektury PAN, t. 2, Ossolineum, Wrocław 1980
10. Gasparski W., Collen A. (red.), *General Applications of Methodology. Design and Systems*. Praxiology: The International Annual of Practical Philosophy and Methodology, vol. 3, Transaction Publ., New Brunswick – London 1995
11. Dorosiński W.C., Gasparski W., Wrona S., *Zarys metodyki projektowania*. Arkady, Warszawa 1981
12. Le Corbusier, *Ronchamp*. Zurich 1957
13. Giedion S., *Space, Time and Architecture. The Growth of a New Tradition*. Copyright by the President and Fellows of Harvard College, 1956
14. Gasparski W., *Design Methodology: From Inspiration to Realisation*. [In:] B.H. Banathy (ed.), *Proceedings SGSR International Conference*, Seaside CA: Intersystems Publ., Los Angeles 1985
15. Einstein A., *Philosopher – Scientists*. Paul Artur Sohlp Brothers Publ., Harper, New York 1959
16. Bazewicz M., Collen A., *Methodological foundations of human activity systems and informatics*. Oficyna Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1995
17. Wasiutyński Z., *Pisma*. T. III, Naukowstwo, Metodologia techniki. Cz. 2., *Z zagadnień metodologii techniki*. PAN, PWN, Warszawa 1981
18. Hillier B., *Space is the machine. A configurational theory of architecture*. Cambridge 1996
19. Purcell P.A., Mallen G.L., Goumain P.A., *A strategy for design research*. [In:] W.R. Spillers basic questions of design theory. Noth-Holland Publishing Company, Amsterdam-Oxford American Elsevier. Publishing Co., New York 1974
20. Einstein A., *Ogólny język nauki*. Problemy, grudzień 1975: również w: *Advancement of Science*, II, nr 5/109, 1937 (The Common Language of Science) (Powstanie i rozwój faktu naukowego, tłum. z niem. M. Tuskiewicz, Wydawn. Lubelskie, Lublin 1986)
21. Zwicky F., *The Morphological Method of Analysis and Construction*. Intersciences Publishing, New York 1948
22. Zwicky F., *Discovery, Invention, Research Through the morfological Analysis*. Mc Millan, 1969
23. Zwicky F., *Morphologisches Denken und Vorgehen, Die neuen Methoden der Entscheidungsfindung*. Verlag, Munchen 1972
24. Lull R., *Ars brevis. Traduit pour le premiere fois du latin en francais*, Paris 1901
25. Gerardin L., *Morphological Analysis – the Method of Creation*. [In:] *A Guide to practical technological forecasting* (eds. J.R. Bright, M.E.F. Schoeman), Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, USA, New Jersey 1973
26. Hall A.D., *A methodology for systems engineering*. Bell Telephone Laboratories, Van Nostrand, Princeton, 1962

27. Bać Z. (red.), *Habitat w regionie. Euroregion Jelenia Góra–Gorlitz–Liberec*. Scientific Papers of the Institute of Architecture Planning of Technical University of Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1998
28. Jencks Ch., *Le Corbusier and the tragic view of Architecture*. Allen Lane (published), A Division Penguin Books Ltd., England 1973
29. Kellett R., *Le Corbusier's design for the Carpenter Center: a documentary analysis of design media in architecture*. Design Studies, vol. 11, no. 3, 1990
30. Nagy E., *Le Corbusier, Architektura i architekci świata współczesnego*. Kiado, Arkady, Warszawa 1977
31. Nadler G., *Design processes and their results*. Design Studies, vol. 10, no. 2, 1989
32. Gawłowski T.J., Bonenberg W., *Kompozycja architektoniczna a teoria zbiorów rozmytych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Gliwice 1985

CREATIVITY METHOD APPLIED IN TWO SELECTED ARCHITECTURAL CUBIC FORMS: THE RONCHAMP CHAPEL OF LE CORBUSIER AND THE SYDNEY OPERA HOUSE OF UTZON

S u m m a r y

This work is methodological analysis selected two builds. The cognitive purpose of the considerations undertaken in this article reflects the aim at recognizing – according to the nature of human activity – the unexplained methodical aspects of the creative process of architectural design. This work is destined to improve, in a methodical way, the process of architectural design and its results: the works of architectural art.

Złożono w Oficynie Wydawniczej w marcu 2007 r.

Aleksandra PROKOPSKA
Politechnika Rzeszowska

ANALIZA METODOLOGICZNA WYBRANYCH DZIAŁAŃ PROJEKTOWYCH W PROCESIE ARCHITEKTONICZNYM

W projektowaniu architektonicznym nie jest możliwe pominięcie współczesnego rozwoju wiedzy o projektowaniu szczególnie wiedzy metodologii projektowania. Praca przedstawia metodyczne i metodologiczne analizy i rekonstrukcje działań architektonicznych jako elementów twórczego procesu projektowego architekta.

1. Wprowadzenie

Złożoność procesu architektonicznego dotyczy wielu płaszczyzn działalności ludzkiej w tym sztuki i wielu dziedzin nauki, techniki. Procesy realizacyjne w architekturze i budownictwie są poprzedzane złożonymi twórczymi procesami projektowymi konkretnych projektantów lub architektonicznych zespołów projektowych. Trudnym, przez dziesiątki lat prawie niemożliwym, wydawało się uogólnienie projektowych działań decyzyjnych projektantów i zespołów projektowych. Współczesny rozwój wiedzy metodologii, szczególnie metodologii projektowania oraz wiedzy systemowej stwarza taką szansę. Gasparski, metodolog, pisał: „Przy poszukiwaniu uogólnień pomija się jednostkę (...) Naukowiec, technokrata, biurokrata, organizator – wszyscy oni starają się nie mieć do czynienia z jednostką, chyba że ujętą w kategoriach typów, średnich wielkości zbiorczych” [1].

We wcześniejszych opracowaniach autora niniejszej pracy [np. 2] podjęto analizę praktyki projektowej architekta, uznając przy tym znaczenie i wpływ na rozwój architektury jednostek, architektów–projektantów. W pracach tych wybrano do analiz metodologicznych twórcze architektoniczne warsztaty projektowe Le Corbusiera, Gehrego i Utzona.

Rozwój wiedzy naukowej można sprowadzić do badania sztucznych języków i rachunków logicznych. Takim sztucznym językiem z punktu widzenia architekta praktyka jest język pojęć prakseologii¹, metodologii projektowania

¹ Prakseologia jest ogólną teorią działania, a prakseologowie stawiają sobie za cel dociekanie jak najszerzych uogólnień o charakterze technicznym.

i teorii systemu jako metajęzyk projektowania. Wiedza systemowa, metodologii, prakseologii rozwija się obecnie w tempie postępu teorii informacji i psychologii współczesnej [3÷6].

Teoria Flecka [7], poświęcona m.in. problemom metodologii i socjologii wiedzy, wskazuje na niemożność rozgraniczenia poznania naukowego od sfery emocji i wartości. Teoria ta uzasadnia obecne podejmowanie rozważań i analiz prakseologicznych i metodologicznych dotyczących twórczego warsztatu projektowego architekta. Fleck, bazując na teorii Kuhna [8], wskazuje na uwarunkowania w powstaniu i rozwoju faktu naukowego. Traktuje on akt poznawczy jako wynik historycznego rozwoju myśli.

W niniejszej pracy oraz wcześniejszych dotyczących procesu projektowania architektonicznego uznano za metodologiem konstruktorem mostowcem Wasiu-tyńskim [9] istotną rolę myśli niewerbalnej w technice i architekturze, zwłaszcza rolę obrazów, wyobrażeń, a także obrazowych sposobów myślenia jako form przedmiotów dostrzegalnych tylko przez rozumowanie oraz tych „materialnych, widzialnych i dotykalnych”. Stwierdzenie to dotyczy wprost procesu projektowania architektonicznego, wiążącego się z problemami techniki i sztuki [10, 11].

Szeroka wiedza dotycząca projektowania architektonicznego, prakseologii, ekologii, teorii systemu, metodologii projektowania, informatyki, wraz z multidyscyplinarnym podejściem [12÷22], może służyć lepszemu opisowi, zrozumieniu i doskonaleniu realnych procesów projektowania architektonicznego jako procesów projektotwórczych². W pracy podjęto analizę metodyczną i metodologiczną niektórych elementów architektonicznych procesów na przykładach twórczych działań projektowych Le Corbusiera [23].

2. Wybrane problemy metodycznych działań projektowych w sztuce architektonicznej

Współczesny rozwój techniki i technologii, organizacji pracy potwierdza możliwość i potrzebę stosowania wiedzy metodologii projektowania. Zgodnie z poglądami m.in. Wasiu-tyńskiego [9] nie jesteśmy w stanie objąć w jednej chwili umysłem zbyt wielkiej liczby rozwiązań projektowych, co w oczywisty sposób utrudnia proces projektowania, w tym proces projektowania w architekturze.

Le Corbusierowi, wielkiemu twórcy architektury współczesnej, który dwukrotnie zmienił kierunek rozwoju architektury świata, udało się stworzyć własny warsztat projektowy, bogatszy od wszystkich innych stworzonych przez współczesnych mu architektów. Zawarł w nim taką mnogość znaczeń, że mogą objąć i odzwierciedlić złożoność współczesnego życia. W przypadku Le Corbusiera ta

² Pojęcie proces projektotwórczy wprowadził z powodzeniem do wiedzy prakseologii i metodologii projektowania prof. Wojciech Gasparski, m.in. w pracy *Analiza prakseologiczna. Projektowanie i Systemy*, t. XV, 1995, s. 109-129.

mnogość wartości – „embarras des richesses” – wypływa z siły twórczej, która wydaje się być prawie nadludzka i raczej dziełem natury niż człowieka. Ta twórcza siła być może w wielu warsztatach architektonicznych podobnie jak u Le Corbusiera wypływa ze stosowania twórczych metod i strategii projektowych lub ich elementów w sposób intuicyjny, czyli w sposób bardziej lub mniej konsekwentny [23÷26]. Nie dokonano jeszcze systematycznej klasyfikacji dzieł Le Corbusiera, ale jest to z pewnością możliwe dzięki konsekwentnemu, logicznemu stosowaniu przez tego twórcę form [23]. Jencks twierdzi, że jest także możliwe przeprowadzenie analizy podstawowych jednostek znaczeniowych, a także precyzyjniejszej analizy wartości kryjących się w twórczości architektonicznej Le Corbusiera.

Wartości architektoniczne w twórczości Le Corbusiera wiążą się z metodycznym sposobem kształtowania formy. Jego twórczość architektoniczna charakteryzuje się twórczą zmiennością, jak również rzadką zdolnością kontynuowania twórczych idei. Owa elastyczność Le Corbusiera sprawia, że krytyka jego prac mści się na samym krytyku – ostrzega Jencks [23, 27]. W twórczości Le Corbusiera wyraźnie widać kolejne szczegółowe metodyczne działania decyzyjne i fazy działań decyzyjnych architekta projektanta. Łatwo to zauważyć w procesach projektowania m.in. Centrum Carpentera, willi Savoye, Kaplicy Ronchamp [19, 20, 22, 24, 26].

Le Corbusier odznacza się pośród innych architektów zdolnością do syntezy i do godzenia w swoich pracach architektonicznych formalnych i koncepcyjnych przeciwieństw. Być może wynika to w części z działań decyzyjnych w jego procesach projektotwórczych, które nierzadko posiadają cechy metodyczne. Te stwierdzenia w większym lub mniejszym stopniu mogą dotyczyć wielu innych twórczych warsztatów architektonicznych i architektów twórców.

3. Niektóre elementy procesu architektonicznego analizowane z punktu widzenia wiedzy metodologii projektowania

W metodologii rozwoju wiedzy systematyzuje się ją zazwyczaj w dwóch kategoriach: wiedza bezpośrednio o czymś (knowing-that) i wiedza o sposobie postępowania (knowing-how) [28]. Uwaga ta dotyczy w pełni projektowania architektonicznego. Do analizy metodologicznej wybrano jako przykładowe **niektóre elementy działań projektowych** twórczego procesu architektonicznego Le Corbusiera. Jego twórczość jest szczególnie dobrze opisana w literaturze przedmiotu, również przez samego twórcę – w postaci książek i rysunków z procesów architektonicznych sporządzanych odręcznie, specjalnie i starannie. W przypadku Le Corbusiera wiele miesięcy upływało między przyjęciem zamówienia a pierwszym realnym dowodem podjęcia procesu projektowego. Czas ten architekt poświęcał na szczegółowe badanie otoczenia [14, 22], w którym

miał powstać projekt, i potrzeb³, jakie miał spełniać. Jego zwyczajem było mawiać, że koncepcja przyjdzie sama, kiedy będzie gotowa. W początkowej fazie zapoznawał się z podejmowanym zamówieniem i wielokrotnie odkładał szkicowanie projektu ze względu na szczegółowe badanie potrzeb. W projektowaniu architektonicznym nie jest możliwa rezygnacja ze zbiektywizowanego opisu potrzeb na rzecz np. opisu czysto intuicyjnego [29].

Układ kryteriów

W metodologii projektowania układ kryteriów jest formalnym opisem potrzeby. Z tego też względu układ kryteriów jako uporządkowane ujęcie wymagań i ograniczeń, ze względu na możliwość i konieczność zaspokajania wcześniej określonych i zidentyfikowanych potrzeb, stawiany każdorazowo przez projektanta, również projektanta architekta, jest formalnym opisem potrzeby.

W projektowaniu architektonicznym zbiektywizowane określenie potrzeb jest elementem niezbywalnym. Projektant w trakcie procesu projektowania uczestniczy jednocześnie w wielu poziomach decyzyjnych [20, 29, 30], dotyczących np. szczegółu technicznego, i uwzględnia jednocześnie wiele innych niezależnych i zróżnicowanych potrzeb oraz uwarunkowań tego procesu.

Projektant architekt podczas kolejnych faz procesu projektowego dokonuje szczegółowej analizy porównawczej wielu możliwych wariantów przestrzennych i technicznych rozwiązań. Rozwiązania te są rozważane z punktu widzenia zaspokojenia określonych wcześniej, potrzeb różnego typu, a z drugiej strony projektant rozważa ich możliwości realizacyjne i inne ograniczenia projektowe.

Idea rozwiązania przestrzennego

Do tworzenia idei rozwiązania przestrzennego w swoich procesach twórczych przyznaje się wielu architektów praktyków. Jest to element procesu twórczego pozytywnie stymulujący wyobraźnię twórców. **Idea rozwiązania przestrzennego przyjęta z góry, z założenia, czyli „a priori”** w pierwszej fazie procesu architektonicznego powstaje na bazie wcześniej przeanalizowanych potrzeb i różnego typu uwarunkowań (w tym przestrzennych, technicznych, ekonomicznych, organizacyjnych, kulturowych, psychologicznych itd.) składających się na ogólne i szczegółowe założenia projektowe. Przykładowo w procesie architektonicznym Le Corbusiera główna idea rozwiązania przestrzennego a priori pojawia się w początkowych fazach procesu projektowego [19÷23]. Z punktu widzenia wiedzy metodologii projektowania w warsztacie projektowym Le Corbusiera, i być może w warsztatach projektowych wielu innych architektów, to działanie posiada cechy metodyczne.

³ Pojęcie potrzeby rozumiane jest jako określenie potrzeb egzystencji ludzkiej realizowanych przez przestrzeń architektoniczną, bazując przy tym na jej materialnych aspektach sprzyjających wytworzeniu cech związanych z potrzebami funkcjonalnymi i psychicznymi przyszłego użytkownika.

Modyfikacje formy architektonicznej: wariantowanie

Modyfikacje formy architektonicznej prowadzą w procesie twórczym najczęściej do tworzenia wielu wariantów rozwiązań. W **fazie tworzenia wariantów rozwiązań**, np. przez kolejne modyfikacje, następuje sukcesywne gromadzenie, selekcja, jak również przetwarzanie informacji przydatnych w procesie projektowania. W praktyce projektowej Le Corbusiera informacje te zapisywane były w postaci rysunków odręcznych, np. jako kolejne warianty rozwiązań cząstkowych lub faz projektowych. W ten sposób na różnych rysunkach z jego działań twórczych, na przykład z pierwszych faz projektowania, mogły się znaleźć fragmenty rozwiązań wariantowych, które po wybiórczym zestawieniu i dostosowaniu do ostatecznie przyjętego rozwiązania, czyli po zmodyfikowaniu, zostały ujęte w rozwiązaniu całościowym. Te działania projektowe są związane z **fazą wyboru** przez redukcję i posiadają w ten sposób cechy działań metodycznych.

Strategia poprawiania

Niezależnie od opisanej techniki Le Corbusier stosował również, tak jak każdy architekt, powszechnie znaną strategię poprawiania, będącą strategią poszukiwania właściwych lub coraz właściwszych rozwiązań. Przykładowo stosowanie papierowego collage służyło Le Corbusierowi w pracy nad szczegółami, nad dostosowywaniem fragmentów form (czyli ich modyfikacją) do realnych uwarunkowań architektonicznych, jak również do sprawdzania (przez twórcze poprawianie) ich wartości artystycznej.

W trakcie całego procesu projektowego Le Corbusiera w **iteracyjnym procesie** są w miarę swobodnie dokonywane świadome wybory, zgodne z wcześniej przeanalizowanymi uwarunkowaniami przestrzennymi, technicznymi i funkcjonalnymi.

Wariantowanie, sprzężenia zwrotne i iteracje

Sprzężenia zwrotne i iteracje [16] stosowane są przez architekta zgodnie z potrzebą na każdym etapie procesu architektonicznego. Przykładowo wśród zbioru wariantowych rozwiązań projektowych można poszukiwać rozwiązania interesującego, lecz niesatysfakcjonującego, np. ze względów ekonomicznych. Ten sposób myślenia skłania do powrotu (czyli iteracji) do faz wcześniejszych tego procesu projektowego. Otrzymanie przez modyfikację w tym cyklu iteracyjnym rozwiązania satysfakcjonującego oznacza działanie projektowe zwane sprzężeniem zwrotnym.

Wielu architektów podobnie jak Le Corbusier [24] do końca procesu projektowego nie odstępowało od pierwotnego pomysłu, doskonaląc go i precyzując, czyli modyfikując formę, poszukując przez iteracje w kolejnych sprzężeniach zwrotnych szczegółowych, lepszych rozwiązań, tworzących założoną całość artystyczną, funkcjonalną i techniczną.

Faza redukcji rozwiązań wariantowych i ostateczny wybór

Wybrane rozwiązania ocenia się z estetycznego, ekologicznego, funkcjonalnego [14, 22, 31] i technicznego punktu widzenia, ograniczając zbiór realnych rozwiązań do rozwiązań zapewniających komfort użytkownika i możliwych do efektywnej realizacji.

W analizowanych architektonicznych procesach projektowym Le Corbusiera: willi Savoye i Kaplicy Ronchamp, faza redukcji poprzedzona jest fazą tworzenia wariantów rozwiązań i prowadzi przez modyfikację ich fragmentów do **ostatecznego wyboru** rozwiązania projektowego. U Le Corbusiera wybór ten jest poprzedzony sprawdzeniem szczegółu np. naturalnego widoku, perspektywy formy krawędzi projektowanej rampy na modelu papierowym.

Ostateczny wybór (dotyczący np. szczegółów przestrzennych i całości przestrzennej rozwiązania projektowego) zgodny jest z wizją twórczą, wolą i umiejętnościami architekta projektanta [19]. Ostatecznego wyboru w procesie architektonicznym dokonuje przez sukcesywne ograniczenia zbioru możliwych rozwiązań, stosując kryteria realizacyjne.

4. Wnioski

Tradycyjne pojmowanie wiedzy o projektowaniu oraz projektowaniu architektury współczesnej nie w pełni odpowiada narastającej złożoności projektowanych przedmiotów, w tym obiektów architektury. W związku z tym konieczne staje się poszukiwanie nowych dróg ułatwiających projektowanie i zwiększających jego twórcze i techniczne możliwości. Jedną z tych dróg jest stosowanie elementów istniejącej metodologii.

Celem podjętej metodycznej i metodologicznej analizy było wskazanie na praktyczne możliwości metodycznego usprawniania procesu architektonicznego i metodycznego wspomaganie działań architekta w jego zindywidualizowanym procesie twórczym, odsłaniającym obraz potencjalnych możliwości twórczych. Niektóre metodyczne działania projektowe stosowane przez architektów projektantów, np. Le Corbusiera, w sposób intuicyjny stwarzają potencjalną możliwość bardziej świadomego, sprawniejszego i kreatywnego projektowania przez metodyczne wspomaganie inwencji twórczej projektanta, jednocześnie jej nie zastępując.

Przez metodyczne i metodologiczne badanie konkretnych architektonicznych warsztatów projektowych można poszukiwać w sposób bardziej pewny i zobiektywizowany elementów działań funkcjonujących w procesach architektonicznych. Szeroka wiedza z zakresu projektowania architektonicznego, prakseologii, ekologii, teorii systemu, metodologii projektowania, informatyki ma potencjał wskazujący na nowe możliwości rozwoju warsztatu architektonicznego.

Wiedza współczesnej metodologii projektowania może służyć usprawnianiu projektowania architektonicznego i doskonaleniu jego efektów: przestrzennych rozwiązań architektonicznych [2, 4, 7, 13, 14, 16], bazując przy tym w większym stopniu np. na analizie sprawnych i efektywnych architektonicznych procesów projektowych konkretnych twórców. Upowszechnienie wiedzy metodologii projektowania może mieć praktyczny wpływ na doskonalenie i usprawnienie procesów projektowania architektonicznego i architektury. Stosowanie elementów wiedzy metodologii projektowania w projektowaniu architektury stwarza większe potencjalne możliwości dostosowania współczesnej architektury do wymagań środowiska naturalnego i jednocześnie techniki, potrzeb i oczekiwań użytkowników. Być może wiedza ta pozwoli w przyszłości projektować sprawniej architekturę uwzględniającą w sposób zrównoważony wielość jej uwarunkowań, służącą przetrwaniu człowieka i planety.

Współcześnie ważne jest to, że warsztat projektowy oraz intuicja i pomysłowość architekta mogą być wspomagane metodycznie i metodologicznie.

Literatura

1. Gasparski W., *Analiza prakseologiczna*. Projektowanie i Systemy, t. XV, 1995
2. Prokopska A., *Methodology of the morphological analysis in architectural creativity – a systems approach to design*. Journal of Transdisciplinary Systems Science, Wrocław 1998
3. Heath T.; *Design methods in architecture*. Wiley, Chichester 1984
4. Bazewicz M., Collen A., *Podstawy metodologiczne systemów ludzkiej aktywności i informatyki*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1996
5. Bazewicz M., *Systems Reasoning Paradigm of the Information Image and Nature*. Systems Journal of Transdisciplinary Systems Science, vol. 3, no. 1, 1998
6. Gasparski W., Collen A. (red.), *General Applications of Methodology, Design and Systems*, Praxiology: The International Annual of Practical Philosophy and Methodology, vol. 3, Transaction Publishing, New Brunswick – London 1995
7. Fleck L., *Entstehung einer wissenschaftlichen Tatsache Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv* Suhrkamp. Verlag, Frankfurt 1980
8. Kuhn T.S., *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago, 1962
9. Wasiutyński Z., *Pisma*. T. III, Naukowstwo, Metodologia techniki. Cz. 2, Z zagadnień metodologii techniki. PAN, PWN, Warszawa 1981
10. Prokopska A., *The Methodological Significance of Sketchbook Drawings in the Architectural Process of Le Corbusier*. Systems, Transdisciplinary Systems Science, vol. 11/2, Wrocław 2006
11. Góralski A., *Twórcze rozwiązywanie zadań*. WNT, Warszawa 1989
12. Gasparski W., *Od Redakcji*, Prakseologia, nr 138, 1998
13. Gasparski W., *Działalność gospodarcza z punktu widzenia filozofii: między prakseologią a etyką*. Prakseologia, nr 130-133, 1996

14. Bać Z. (red.), *Habitat w regionie. Euroregion Jelenia Góra–Gorlitz–Liberec*. Scientific Papers of the Institute of Architecture Planning of Technical University of Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1998
15. Klir G.J., *Podstawy pojęciowe do rozwiązywania problemów systemowych*. [W:] Nauka, Technika, Systemy, W. Gasparski, D. Miller (red.), Ossolineum, Wrocław 1981
16. Gasparski W. (red.), *Rodzaje opisów strukturalnych projektowania. Projektoznawstwo. Elementy wiedzy o projektowaniu*. WNT, Warszawa 1988
17. Schon A.D., *Projektowanie: światy, reguły i typy*. Projektowanie i Systemy, t. XII, 1990
18. Niezabitowski A., *Wybrane problemy metodologiczne systematyki układów przestrzennych w architekturze*. Komisja Urbanistyki i Architektury PAN w Katowicach, z. 2, Ossolineum, Wrocław 1980
19. Prokopska A., *Analiza metodologiczna procesu twórczego Le Corbusiera*. Projektowanie i systemy. Zagadnienia metodologiczne nauk praktycznych, Komitet Naukoznawstwa PAN, t. XVI, Warszawa 2000
20. Prokopska A., *Analiza metodologiczna elementów procesu projektowania Le Corbusiera na bazie wybranych poglądów*. Teza Komisji Urbanistyki i Architektury PAN, t. 31, Kraków 2000
21. Prokopska A., *Interdyscyplinarny proces projektowania architektonicznego*. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, z. 35, 2002
22. Prokopska A., *Morphology of the Architectural Achievement. A methodological analysis of selected morphological systems of the natural and architectural environments*. Systems, Journal of Transdisciplinary Systems Science, vol. 7, no. 1-2. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2002
23. Jencks Ch., *Le Corbusier and the tragic view of Architecture*. Allen Lane (published), A Division Penguin Books Ltd., England 1973
24. Prokopska A., *Le Corbusier jako projektant stosujący metodę analizy morfologicznej*. Teza Komisji Urbanistyki i Architektury PAN, t. 29, Kraków 1999
25. Prokopska A., *Methodology of the morphological analysis in architectural creativity – a systems approach to design*. Systems, Journal of Transdisciplinary Systems Science, vol. 2, no. 2, Polish Systems Society, Wrocław 1998
26. Prokopska A., *Zastosowanie metody analizy morfologicznej w projektowaniu architektonicznym na przykładzie twórczości Le Corbusiera*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1997
27. Przystupa F., *Proces diagnozowania w ewoluującym systemie technicznym*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1999
28. Niezabitowski A., *Study of residential environment and psychological needs*. Design Studies, vol. 8, no. 2, 1987
29. Prokopska A., *Znaczenie systemowego i systematycznego określania potrzeb w procesie projektowania architektonicznego*. Czasopismo Techniczne, IA, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1999
30. Nadler G., *Design processes and their results*. Design Studies, vol. 10, no. 2, 1989

31. Bać Z., *The Scientific School „Habitat” – housing environment of man. Introduction, theoretical principles, program*. Scientific Papers of the Institute of Architecture Planning of Technical University of Wrocław, no. 24, 1988

METHODOLOGICAL ANALYSIS OF SELECTED ELEMENTS OF ARCHITECTURAL PROCESS DESIGNING

S u m m a r y

In architectural design, one should not ignore the new creative opportunities assured by the development of knowledge, particularly by the development of design methodology, both in theory and practice of that profession, even if they are hardly acceptable.

This work presented research methodical and methodological analyses and reconstruction of selected and different elements of architectural creativity process.

Złożono w Oficynie Wydawniczej w maju 2006 r.

Adam RYBKA
Politechnika Rzeszowska

ROZWÓJ MYŚLI URBANISTYCZNEJ – DWIE KARTY ATEŃSKIE

Na tle rozwoju myśli urbanistycznej w XIX i XX w., przedstawiono szereg postulatów zawartych w Karcie Ateńskiej przyjętej na IV Kongresie CIAM (Międzynarodowy Kongres Nowoczesnej Architektury), który odbył się w Atenach w 1933 r. Karta ta stanowi podsumowanie ukształtowanych w okresie międzywojennym idei dotyczących zasad planowania miast. Przedstawiono również założenia i postulaty Nowej Karty Ateńskiej przyjętej w 2003 r., która odzwierciedla zmiany, jakie nastąpiły w urbanistyce w ostatnich dziesięcioleciach.

1. Wprowadzenie

Miasta spełniały szereg funkcji o podstawowym znaczeniu dla społeczności zamieszkującej określone terytorium. Jako forma osadnictwa mają za sobą bardzo długą historię. Wiele z nich zawiera w sobie elementy pochodzące z różnych okresów historycznych i współczesnych. Przez stulecia przestrzeń miast była stosunkowo niewielka, przystosowana do użytkowników poruszających się pieszo. Ponadto ograniczona była linią murów miejskich, oddzielających ją od otaczających obszarów. Struktura przestrzeni dawnych miast była stosunkowo prosta.

Rewolucja przemysłowa i dynamiczne procesy uprzemysłowienia spowodowały przyspieszoną koncentrację ludności na obszarach miejskich. W końcu XX stulecia przestrzeń miast stała się miejscem zamieszkania prawie połowy, stale rosnącej, populacji świata, podczas gdy dawniej głównym miejscem zamieszkania większości ludzi była wieś.

W krajach, w których procesy urbanizacji są najbardziej zaawansowane przestrzeń miejska jest obszarem zamieszkania i aktywności ponad 75% społeczeństwa, a w wielu krajach Europy odsetek ten przekracza 80% ludności (jak np. w Belgii czy Wielkiej Brytanii).

Taka sytuacja uzasadnia szczególne zainteresowanie zjawiskami i procesami, które zachodzą w przestrzeni miejskiej, jej wewnętrzną strukturą i przeobrażeniami [1]. Zjawiska i procesy przemian zachodzących we współczesnych miastach Europy stały się przedmiotem zainteresowania Karty Ateńskiej.

2. Planowanie i rozwój miast w XIX i na początku XX wieku

Rozwój przemysłu w okresie rewolucji przemysłowej spowodował zapotrzebowanie na siłę roboczą w miastach i przewyższający jeszcze to zapotrzebowanie napływ ludności ze wsi do miast. Przemysł stał się główną funkcją miastotwórczą. W miejscach wydobywania surowców oraz przy lokalizacjach zakładów przemysłowych powstawały nowe ośrodki miejskie. Tworzyły się również dzielnice przemysłowe w miastach istniejących. Pierwotne koncepcje przestrzennego zagospodarowania ośrodków przemysłowych opierały się na układach regularnych, były proste i podporządkowane spełnianej przez nie funkcji produkcyjnej.

Tempo rozwoju przemysłu zmieniło pierwotne koncepcje zagospodarowania osiedli przemysłowych. Miasta i dzielnice przemysłowe rozwijały się żywiłowo, szczególnie w pierwszej fazie industrializacji. Tworzyły się obszary nieuporządkowanej zabudowy, na których tereny zajęte przez przemysł przemieszane były z zespołami mieszkaniowymi. Ze względu na słaby rozwój komunikacji najatrakcyjniejsze do zamieszkania były obszary w pobliżu śródmieścia. Wraz z oddalaniem się od centrum powstawały coraz biedniejsze dzielnice, o niskim standardzie zabudowy.

Dążenie właścicieli działek i nieruchomości do uzyskania jak największych zysków prowadziło do coraz intensywniejszego zabudowywania terenu. Zabudowa stawała się zagęszczona, a koncentracja ludzi coraz większa. Śródmieście było praktycznie pozbawione terenów zielonych.

Jako charakterystyczne cechy szybko rozwijających się ośrodków miejskich można wymienić:

- przemieszanie różnych funkcji (przemysł, mieszkalnictwo, usługi) na tym samym terenie,
- niski standard dzielnic mieszkaniowych,
- nadmierne zagęszczenie w centralnych obszarach miast,
- niedorozwój systemów transportu miejskiego i niewydolność układów komunikacyjnych.

Industrializacja i związany z nią proces przyspieszonej koncentracji ludności w miastach były powodem problemów w ośrodkach, które tworzyły się w ciągu wielu wieków. Ukształtowana we wcześniejszych okresach struktura funkcjonalno-przestrzenna miast nie odpowiadała nowym potrzebom. Miasta nie były w stanie zapewnić warunków życia na odpowiednim poziomie rosnącej liczbie mieszkańców.

Narastające sprzeczności, wynikające z niedopasowania struktury przestrzennej miast do przemian gospodarczych, spowodowały konieczność opracowania i wdrożenia koncepcji planowej rozbudowy, przebudowy i modernizacji wielu z nich. Plany związane z modernizacją oraz przebudową dotyczyły głów-

nie miast rezydencjonalnych i stolic. Celem podejmowanych działań było zarówno usprawnienie administrowania miastami, jak również potrzeba reprezentacji [2].

Główne cele realizowanych projektów przebudowy i rozbudowy miast to:

- zapewnienie rosnącej gwałtownie liczbie ludności mieszkań i pracy,
- modernizacja przeludnionych starych dzielnic miast (rozbiórki, tworzenie nowych ulic),
- zabudowanie obszarów po rozebranych fortyfikacjach,
- usprawnianie sieci komunikacyjnej w mieście i poza nim,
- oddzielenie dzielnic mieszkaniowych dla robotników od dzielnic klas wyższych,
- racjonalne rozlokowanie urzędów związanych z administracją, zaopatrzeniem, komunikacją, produkcją, handlem i bezpieczeństwem,
- uzyskanie walorów reprezentacyjności i monumentalności dzięki odpowiednim założeniom urbanistycznym.

3. Koncepcje budowy miast z przełomu XIX/XX wieku

W pierwszej fazie uprzemysłowienia przeludnienie miast, ubóstwo klasy robotniczej i złe warunki życia ludności stanowiły podstawę nowego, uwzględniającego interesy społeczne, myślenia o zagospodarowaniu przestrzeni miast.

Autorzy teoretycznych modeli, uznawani za twórców nowoczesnej urbanistyki, dążyli do takiego zaplanowania miasta, które – spełniając funkcje produkcyjne i stanowiąc miejsce pracy – jednocześnie zapewniałoby wyższy standard życia mieszkańcom i funkcjonalność całego układu [3].

W modelach miast podejmowano i starano się rozwiązać te zagadnienia, które dotyczyły największych problemów i sprzeczności występujących w miastach omawianego okresu. W większości proponowanych koncepcji dążono do rozluźnienia zabudowy i ograniczenia jej koncentracji. Wskazywano na ważną rolę terenów zielonych w przestrzeni miasta, szczególnie w pobliżu terenów mieszkaniowych. W proponowanych rozwiązaniach dążono również do uporządkowania struktury funkcjonalno-przestrzennej przez przeznaczenie odrębnych terenów na poszczególne funkcje. Główny nacisk kładziono na oddzielenie terenów przemysłowych od osiedli mieszkaniowych. Wspomnieć tu można idee dotyczące projektowania idealnych miast przyszłości, w których zmianę istniejących nieprawidłowości autorzy upatrywali w zastąpieniu dużych aglomeracji miejskich modelami rozproszonych grup małych miast, powiązanych ze sobą funkcjonalnie. Proponowane nowe rozwiązania miały się opierać na nowych zasadach organizacji. Propozycje te nie doczekały się realizacji, ponieważ rozwijający się żywiłowo przemysł nie sprzyjał decentralizacji. Jednak utopijne koncepcje miast Roberta Owena z 1818 r. czy projekt idealnego „Falanstera” Charlesa Fouriera z 1849 r. stały się podstawą poglądów głoszonych na początku XX w. przez Ebenezera Howarda czy Tony’ego Garniera.

Na przełomie XIX i XX w. również w Polsce rozpoczęto wdrażanie nowych idei w kształtowaniu układów miast. Rozbudowie podlegały miasta po likwidacji murów obronnych, m.in. Poznań, Kraków, gdzie wytyczono linię plant (na miejscu fortyfikacji) i czytelnie wyodrębniono dzielnice funkcjonalne: handlowo-przemysłową, wielkich fabryk i obszarów o charakterze wiejskim. Powstały pierwsze projekty dzielnic willowych (Poznań – Sołacz, 1907; Kraków – kolonia Salwator, 1909), a także projekt miasta – ogrodu Żąbki pod Warszawą.

4. Planowanie miast w XX wieku

Po pierwszej wojnie światowej w Europie otworzyła się nowa rzeczywistość gospodarcza. W wyniku wojny klęskę poniosły dawne imperia. Skutki pierwszej wojny spowodowały, że władze w wielu krajach musiały ingerować w stosunki między właścicielami nieruchomości a najemcami mieszkań. Powstały ustawy o ochronie lokatorów. Olbrzymi niedobór mieszkań stawał się często sprawą polityczną. Do jej rozwiązania konieczne stawało się wykorzystanie środków państwowych lub publicznych oraz nowa organizacja produkcji mieszkań. Miejsce prywatnych inwestorów powoli zajmował inwestor publiczny, gminny, państwowy lub spółdzielczy. Pojawienie się tego typu inwestora zmieniło całkowicie poprzednią skalę przedsięwzięć. Inwestorzy budownictwa projektowali i budowali całe osiedla rozłożone na znacznych obszarach. Pojawiły się w ten sposób warunki do powstania nowego stylu w zabudowie miast. Ważne stało się oszczędne gospodarowanie środkami publicznymi przeznaczonymi na budownictwo mieszkaniowe. Stało się to podstawą racjonalizacji form i konstrukcji tego typu budownictwa. Następowaly przemiany w funkcji i nowe podejście do potrzeb socjalnych mieszkańców. Po pierwszej wojnie światowej powstały nowe teorie i koncepcje urbanistyczne. Wpływ na dalszy rozwój urbanistyki wywarły prace francuskiego architekta Le Corbusier'a. Jego koncepcje miasta stały w opozycji do miast ukształtowanych historycznie. Le Corbusier proponował wprowadzenie do miast budynków w postaci zespołu wielkich, luźno rozmieszczonych brył, odchodząc od zasady obrzeżnej zabudowy ulic. Był autorem projektów wieżowców przeznaczonych na funkcje mieszkalne, siedziby biur, firm czy organizacji politycznych. Propagował ideę izolacji ruchu pieszego i kołowego.

Do znanych projektów Le Corbusiera z tego okresu należą: projekt trzymilionowego „Miasta Współczesnego” z 1922 r., projekt miasta określanego jako „Sąsiad Paryża” z 1925 r. Ten ostatni miał objąć ok. 6 km² na terenie prawobrzeżnego Paryża, gdzie zaplanował rozstawienie ponad tysiąca mieszkaniowych wieżowców, pozostały teren przeznaczony został na place, ulice, zieleńce, parkingi oraz szkoły, żłobki itp. [4].

Wśród programów związanych z planowaniem i rozwojem miast w okresie międzywojennym należy wymienić wiele koncepcji i realizacji powstałych w różnych krajach Europy, głównie w Holandii, Niemczech, Austrii, Anglii,

Francji i Polsce. Jako jeden z przykładów można wymienić projekt budowy osiedli mieszkań komunalnych w Wiedniu, którego celem była poprawa złych warunków mieszkaniowych rodzin robotniczych. Projekt określany jako „Czerwony Wiedeń” realizowano w latach 1919-1934, budując kolejne osiedla (łącznie ok. 72 tys. mieszkań) z rozbudowaną infrastrukturą społeczną (przedszkola, obiekty sportowe, łaźnie, place zabaw, domy opieki) i infrastrukturą techniczną [2].

Podsumowanie ukształtowanych w okresie międzywojennym idei dotyczących zasad planowania miast zawiera Karta Ateńska, przyjęta na IV Kongresie CIAM. (Międzynarodowy Kongres Nowoczesnej Architektury), który odbył się w Atenach w 1933 r. Przygotowania do tego zjazdu trwały od 1930 r. Materiały do kongresu zostały przygotowane przez grupy krajowe CIAM. Zostały one pogrupowane w zestawy tematyczne:

- Funkcje miasta (mieszkanie, odpoczynek, praca),
- Komunikacja miejska,
- Funkcje miasta i strefy podmiejskiej, komunikacja w obrębie regionu,
- Zagadnienia demograficzne, topograficzne, klimatyczne, geologiczne, historyczne.

W Karcie Ateńskiej wskazano na bardzo zły stan wielu miast europejskich, odnotowując m.in.:

- niekontrolowany rozwój europejskich miast bez stosowania zasad nowoczesnej urbanistyki,
- istnienie w miastach jaskrawych sprzeczności między siłami ekonomicznymi a odpowiedzialnością administracyjną i społeczną,
- dominację interesu prywatnego nad publicznym w rozwoju europejskich miast w okresie uprzemysłowienia.

Podkreślono, że miasto funkcjonalne powinno zapewniać tak w sferze duchowej, jak i materialnej wolność indywidualną oraz możliwość działania zespołowego, a wymiarowanie takiego miasta powinno wynikać z ludzkiej skali i ludzkich potrzeb.

W Karcie określono podstawowe zadania urbanistyki i planowania przestrzennego:

- właściwe rozmieszczenie i wymiarowanie dzielnic mieszkaniowych, dzielnic pracy, terenów wypoczynkowych i sieci komunikacyjnej,
- konieczność sporządzania planów określających ściśle rozwój poszczególnych dzielnic,
- planowanie przestrzenne określające wzajemne stosunki między miejscami zamieszkania, pracy i wypoczynku, z zachowaniem zasady oszczędności czasu użytkowników,
- mieszkalnictwo jako podstawowy element urbanizacji.

Zgłoszono postulaty dotyczące komunikacji w mieście i konieczności nowej klasyfikacji ruchu oraz właściwej organizacji, a także koordynacji czynników miastotwórczych w celu ograniczenia ruchu miejskiego przez koncentrowanie

go na wielkich arteriach. Sugerowano także segregację ruchu w pionie, umożliwiającą uzyskanie wolnych przestrzeni w mieście na rekreację. Proponowano, aby plan miasta sporządzać wspólnie dla całego regionu obsługiwanego przez miasto, z zapewnieniem równowagi podstawowych funkcji miasta w każdym etapie rozwoju. Działania takie miały się opierać na ustalonym dla każdego miasta programie jego rozwoju, opracowanym przez specjalistów oraz umożliwiającym prawidłowe etapowanie działań w przestrzeni i czasie. Stwierdzono, że podstawą działań architektów w dziedzinie planowania przestrzennego są potrzeby ludzkie i ludzka skala. Punktem wyjścia tych poczynań jest mieszkanie oraz zgrupowanie mieszkań w jednostce urbanistycznej o optymalnej wielkości, która jest podstawą współzależności funkcji mieszkania, pracy i wypoczynku rozmieszczonych w zespole miejskim. Podkreślono z całą mocą, że względy architektoniczne muszą być stawiane na pierwszym planie – ponad względami technicznymi.

W Karcie Ateńskiej można odnaleźć również wiele wskazań szczegółowych, dotyczących kształtowania poszczególnych elementów struktury miasta, mających przeciwdziałać takim zjawiskom, jak:

- nadmierne zagęszczenie ludności na terenach historycznych centrów,
- brak terenów zielonych,
- bardzo niski standard budynków mieszkalnych,
- pogarszający się stan sanitarny miast,
- bardzo złe warunki zamieszkania w budynkach przy trasach komunikacyjnych,
- brak nasłonecznienia znacznej części mieszkań jako rezultat gęstej zabudowy wzdłuż ulic.

Uznano, że większość miast nie spełnia swego podstawowego zadania, tzn. zaspokajania najważniejszych potrzeb biologicznych i psychologicznych mieszkańców.

W Karcie Ateńskiej zawarto szereg postulatów i wymagań szczegółowych w zakresie projektowania miast, dotyczących czterech podstawowych funkcji miasta: mieszkania, pracy, wypoczynku i komunikacji. W dziedzinie mieszkalnictwa postulowano m.in. lokalizowanie dzielnic mieszkaniowych na najlepszych terenach, o najkorzystniejszych warunkach fizjograficznych, zapewnienie każdemu mieszkaniu określonej ilości nasłonecznienia, ograniczenie ustawiania budynków wzdłuż szlaków komunikacyjnych z powodów zdrowotnych, nieprzekraczanie określonego poziomu gęstości zaludnienia.

W odniesieniu do zagadnienia wypoczynku uznano, że każda dzielnica mieszkaniowa powinna obejmować tereny zielone umożliwiające organizację rekreacji. Należy burzyć najbardziej „niezdrowe” zespoły domów i zastępować je terenami zielonymi, dążyć do wykorzystania do celów rekreacyjnych istniejących elementów naturalnego środowiska (rzeki, lasy, doliny, jeziora).

Zalecenia dotyczące miejsc pracy w miastach określały, że dzielnice przemysłowe powinny być zlokalizowane niezależnie od dzielnic mieszkaniowych

i oddzielone od nich pasami zieleni. Powinny przylegać do głównych ciągów komunikacyjnych. Należy bowiem tak rozmieszczać dzielnice, by zredukować odległości między miejscem zamieszkania i pracy.

W zakresie komunikacji podkreślano potrzebę wprowadzenia rozróżnienia ulic zależnie od ich przeznaczenia (osiedlowe, spacerowe, tranzytowe, arterie główne), postulowano oddzielenie ruchu pieszego i samochodowego.

Karta Ateńska odegrała istotną rolę w ustaleniu standardów i wymagań odnośnie do planowania miast w następnych kilkudziesięciu latach. Wraz ze zmianą uwarunkowań ekonomicznych i społecznych, rozwojem nowych technologii, dynamicznym postępowaniem urbanizacji, niektóre postulaty stały się nieaktualne lub wydają się dyskusyjne.

Sześćdziesiąt pięć lat później, w 1998 r., uchwalono Nową Kartę Ateńską, w której sformułowano ogólne zasady planowania miast odpowiednie do nowych uwarunkowań.

Zniszczenia miast w czasie drugiej wojny światowej stanowiły nowy impuls w rozwoju planowania miast w krajach europejskich. Jednym z kierunków planowania przestrzennego były realizacje projektów odbudowy, przebudowy, rekonstrukcji znacznych części miast (Hamburg, Helsinki, Sztokholm, Rotterdam). W wielu dużych miastach koncentrowano się zwłaszcza na przebudowie obszarów śródmiejskich.

W Wielkiej Brytanii realizowano też koncepcję budowy nowych miast. Pierwsze nowe miasta zbudowano tam na początku XX w. zgodnie z ideą miast ogrodów. Jednak rozwój idei budowy nowych miast nastąpił po 1946 r. Budowanie nowych ośrodków wiązało się z realizacją różnych celów polityki społecznej, gospodarczej i przestrzennej. Tworząc osiem nowych miast na obrzeżach Londynu, dążono do przejmowania nadwyżek ludności z rozwijającej się aglomeracji i kształtowania rozproszonego układu miast zamiast jednego zwartego organizmu miejskiego.

Przykłady nowych miast z okresu powojennego znajdujemy też w północno-wschodniej Anglii, południowej Walii i Szkocji, gdzie dążono do stworzenia ośrodków rozwojowych, aktywizujących gospodarkę regionów.

Projektując nowe miasta dążono do zapewnienia mieszkańcom warunków życia w środowisku o odpowiedniej jakości, rozmieszczenia handlu, usług i innych obiektów użyteczności publicznej w taki sposób, by stymulować rozwój więzi społecznych, a jednocześnie ograniczać zapotrzebowanie na transport i komunikację. Starano się także nie dopuszczać do nadmiernego zagęszczenia ludności.

Milton Keynes, zlokalizowane między Londynem i Birmingham, jest jednym z najbardziej znanych przykładów nowych miast powstałych w tym okresie. Budowane od 1967 r., charakteryzuje się małym przemieszaniem funkcji w przestrzeni miasta, co często zdarza się w tych miastach, które rozprzestrzeniają się stopniowo w dłuższym okresie.

We Francji od lat pięćdziesiątych wdrażano koncepcję tzw. grandes ensembles, czyli tworzenia na obrzeżach miast zespołów wielkich bloków, spełniających funkcje sypialni wielkich aglomeracji. Koncepcja ta nie sprawdziła się, rodząc wiele problemów. Powstające dzielnice nie miały wystarczającej infrastruktury społecznej w zakresie ochrony zdrowia, oświaty czy kultury. Odległość od głównego centrum aglomeracji i niewystarczająco sprawna komunikacja stały się barierą ograniczającą możliwości korzystania ze zlokalizowanych tam usług oraz czynnikiem nadmiernie wydłużającym czas codziennych dojazdów do pracy. Krytycznie oceniano też monotonię architektury zespołów wielkich bloków.

W latach sześćdziesiątych zaczęto we Francji realizować projekty tzw. villes nouvelles, czyli nowych miast stanowiących odpowiednik brytyjskich New Towns. Miały one spełniać głównie funkcje odciążające w stosunku do największych aglomeracji, głównie Paryża. Pierwotny projekt przewidywał powstanie wokół Paryża pięciu miast, liczących ok. 350-400 tys. mieszkańców. Ośrodki te nie mają charakteru sypialni dla aglomeracji, lecz zgodnie z założeniem są w pełni wykształconymi ośrodkami, w których zaplanowano wszystkie niezbędne funkcje, obok dzielnic mieszkaniowych – miejsca pracy (obiekty przemysłowe, biura), a także odpowiednio atrakcyjne i wyposażone centra handlowo-usługowe.

Przykładem realizacji nowego ośrodka na obrzeżach Paryża jest liczące ok. 200 tys. mieszkańców Evry, które powstało w 1965 r., na południowym wschodzie aglomeracji. Jest ono dobrze usytuowane w stosunku do sieci dróg, autostrad i linii kolejowych. W Evry powstało wiele nowych miejsc pracy w sektorze usług publicznych i prywatnych, w sektorze badawczo-rozwojowym i w produkcji opartej na zaawansowanych technologiach. Dzięki przyjętej koncepcji urbanistycznej obecne centrum Evry spełnia jakościowe kryterium wielkiego ośrodka handlowego i administracyjnego. Zaprojektowano przestrzeń stanowiącą centrum życia społecznego i kulturalnego, wokół której zlokalizowane są sale koncertowe, biblioteki, a także obiekty sportowe.

Inne przykłady nowych miast wokół Paryża to: Marne la Vallee (przy autostradzie biegnącej na wschód od Paryża, ok. 150 tys. mieszkańców), Melun – Senart (na prawym brzegu Sekwany), a także Saint Quentines en Yvelines zlokalizowane na południowym zachodzie za Wersalem.

W uchwalonej w 1998 r. Nowej Karcie Ateńskiej wskazano, że zmiany, które zaszły w ostatnich pięćdziesięciu latach w sferze demograficzno-społecznej, w gospodarce, w zakresie możliwości przemieszczania się i komunikowania w kulturze oraz środowisku, stwarzają zupełnie nowe uwarunkowania planowania miast europejskich. Główną ideą powinno być takie kształtowanie przestrzeni urbanistycznej miasta, które zapewni trwałe i zrównoważony rozwój. Nowa generacja planów przestrzennych powinna rozwiązywać zarówno problem koncentracji jednych elementów struktury miasta, jak i rozproszenia innych. Istotne korzyści mogą przynieść koncepcje rozwijania miasta jako zespołu mia-

stecek lub powiązanych społeczności, spełniając warunki zrównoważonego rozwoju i dbałości o stan środowiska. Mimo że model miasta scentralizowanego jest nadal aktualny i rozwijany, wiele wskazuje na to, że w przyszłości struktury policentryczne będą przeważać nad monocentrycznymi.

Wskazano na potrzebę popierania zabudowy wielofunkcyjnej, tak aby miejsca zamieszkania i miejsca pracy znajdowały się na tym samym obszarze, i także na potrzebę odchodzenia od zasad ścisłego segregowania funkcji. Generalnym kierunkiem powinno być odchodzenie w planach od wyznaczania wielkoobszarowych, monofunkcyjnych stref użytkowania terenu. Wyjątek stanowią te funkcje, które ze względu na zagrożenie zdrowia i bezpieczeństwa mieszkańców powinny być izolowane. Należy stosować zasadę przemieszczania funkcji, szczególnie w centrach miast, co prowadzi do ożywienia i zróżnicowania tkanki miasta.

We wstępie do Nowej Karty Ateńskiej Europejska Rada Urbanistów zaprezentowała wizję przyszłości miast europejskich w XXI w. „Jest to wizja miast, które:

- zachowują bogactwo i zróżnicowanie kulturowe wynikające z ich długiej historii oraz umiejętnie łączą swą teraźniejszość i przyszłość z przeszłością,
- są powiązane w sieci o wielorakim znaczeniu i funkcji,
- są twórcze i konkurencyjne, ale jednocześnie zdolne do współpracy i wzajemnie się uzupełniają,
- przyczyniają się w decydującym stopniu do dobrobytu i wygodnego życia ich mieszkańców,
- łączą harmonijnie środowisko zurbanizowane ze środowiskiem przyrodniczym.

Prezentowana w Nowej Karcie Ateńskiej wizja wyznacza również ramy działań, które tworzą:

- główne problemy i wyzwania miast na początku trzeciego tysiąclecia,
- zaangażowanie urbanistów w realizację tej wizji.

Nowa Karta Ateńska jest adresowana przede wszystkim do urbanistów oraz tych wszystkich, którzy uczestniczą w procesach planistycznych w Europie. Ma ona ukierunkować ich spójne działania na rzecz stworzenia sieci powiązań między miastami Europy na wszystkich szczeblach hierarchii miast i we wszystkich dziedzinach.

Planowanie przestrzenne ma żywotne znaczenie w osiągnięciu trwałego i zrównoważonego rozwoju. Służy rozważnemu gospodarowaniu przestrzenią, będącą podstawowym, ale ograniczonym w wielkości zasobem naturalnym, na który zapotrzebowanie ustawicznie wzrasta” [5].

Wśród generalnych zasad planowania miast w nowej Karcie Ateńskiej wymienia się konieczność uwzględniania w planach sytuacji geograficznej miasta, jego struktur społecznych i zasobów występujących na danym obszarze. Wymieniając zasady pożądane w planowaniu miast w XXI w., za bardzo istotne

uznano wyznaczanie terenów otwartych pomiędzy zabudowanymi, stref zieleni i chronionego krajobrazu oraz terenów rekreacyjnych. Podkreślono, że wprawdzie generalną zasadą pozostaje wykorzystanie pod zabudowę w pierwszej kolejności terenów zurbanizowanych, zanim wejdzie się na tereny podmiejskie, to jednak nie może się to odbywać kosztem naruszania systemu terenów otwartych [6].

Podkreślone zostały aspekty procesu planowania przestrzeni miejskiej:

- zapewnienie odpowiedniej ochrony zdrowia i bezpieczeństwa ludności – dążenie do ochrony interesu społecznego,
- zaspokajanie aspiracji i potrzeb mieszkańców miasta,
- przeciwdziałanie zjawisku wykluczenia w sensie społecznym i dążenie do włączenia wszystkich grup mieszkańców w życie miasta,
- uspołecznienie procesu planowania i spowodowanie wzrostu zainteresowania lokalnych społeczności współuczestnictwem w procesie kształtowania i zagospodarowania środowiska,
- stymulowanie przez odpowiednie zagospodarowanie przestrzeni, kontaktów i więzi międzyludzkich,
- dążenie do utrzymania specyfiki lokalnej przez ochronę tożsamości i tradycyjnych elementów środowiska miejskiego, nawiązanie do lokalnych tradycji budowlanych.

Postulaty Karty Ateńskiej w czasach jej uchwalenia stanowiły wielki przełom w kształtowaniu myśli urbanistycznej i stały się ogólnym zbiorem zasad, na podstawie których rozwijała się urbanistyka w XX w. Nowa Karta Ateńska jest kontynuacją i rozwinięciem wielu idei zawartych w pierwszej Karcie Ateńskiej. Jest ona także próbą wskazania kierunków rozwoju miast europejskich w XXI w.

Literatura

1. Słodczyk J., *Przestrzeń miasta i jej przeobrażenia*, Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego, Opole 2003
2. Koch W., *Style w architekturze*, Geo-center, Świat książki, Warszawa 1996
3. Rybka A., *Centralny Okręg Przemysłowy a polska awangardowa urbanistyka międzywojenna*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1995
4. Broniewski T., *Historia architektury dla wszystkich*, Wrocław 1990
5. *Nowa Karta Ateńska 2003, Wizja miast XXI wieku*, Europejska Rada Urbanistów, Lizbona 2003
6. *Nowa Karta Ateńska 2003*, <http://www.izbaurbanistow.pl/index.php?strona=91>

DEVELOPMENT OF TOWN PLANNING IDEAS – TWO ATHENIAN CARDS

S u m m a r y

Range of postulates was presented on background of Town Planning ideas Development in XIX and XX century. They were included into the I Athenian Card. I Athenian Card was accepted on IV CIAM Congress (International Congress of Modern Architecture). It has been preceded in Athens in year 1933. That I Athenian Card presents ideas were formed in between war period. Principles concerning city planning were included in this Card.

The II Athenian Card was accepted in year 2003. In the paper, foundation and postulates of II Athenian Card were presented. That II Athenian Card mirrored changes, which were followed in Town Planning in last decades.

Złożono w Oficynie Wydawniczej w marcu 2006 r.