

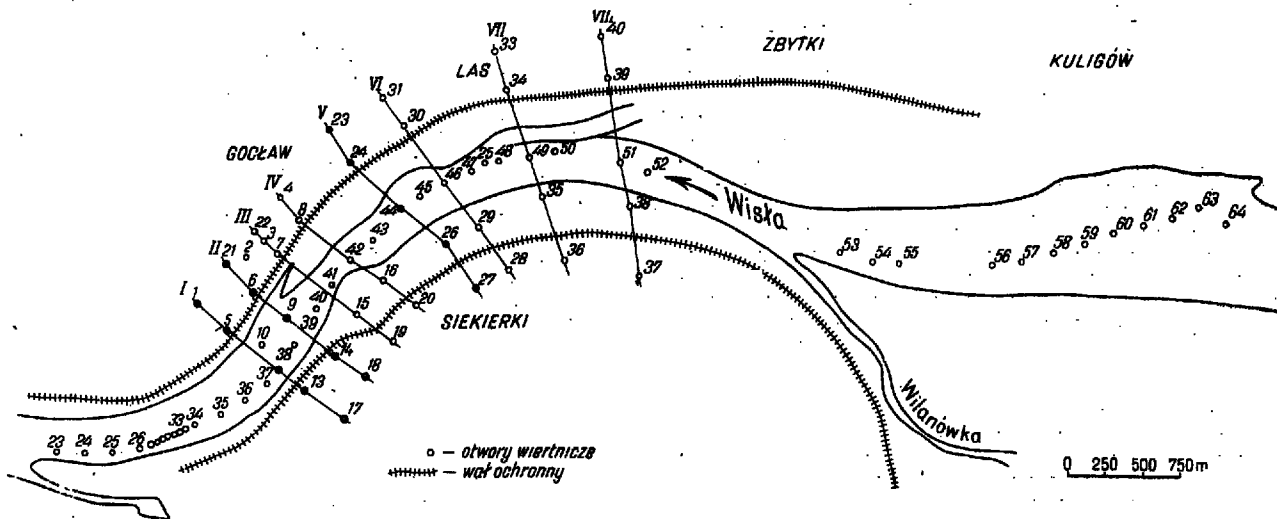
## BADANIA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE DLA STOPNIA WARSZAWA-POŁUDNIE

**P**ROJEKT REGULACJI i energetycznego wykorzystania Wisły przewidywał wybudowanie niewysokiej przegrody doliny powyżej Warszawy. W celu najekonomiczniejszej realizacji tej inwestycji zostały wykonane niezbędne badania geologiczno-inżynierskie w strefie projektowanej przegrody i na obszarze przyszłego zbiornika. Zgodnie z koncepcją kaskady Wisły oraz ze względów urbanistycznych pod przyszłą zapórę wybrano stosunkowo wąski odcinek doliny, wynoszący ok. 3 km długości. W związku z tym badania polegały na odwierceniu 40 otworów do głębokości 35 m i oznaczeniu najważniejszych fizyczno-mechanicznych cech osadów dna doliny Wisły. Otwory te usytuowano w formie 8 przekrojów poprzecznych pokazanych na rycinie.

wody w Wiśle (koniec maja i początek czerwca 1955 i 1956 r.).

Mimo ograniczonej roli geologii przy wyborze najlepszego miejsca na lokalizację przegrody oraz pewnych mankamentów natury metodologicznej (np. wyznaczono zbyt mechanicznie regularną sieć wierceń) zebrane materiały dostarczyły projektantom najważniejszych informacji geologicznych potrzebnych do realizacji projektu. Wydaje mi się, iż zakres przeprowadzonych badań i obserwacji zupełnie wystarcza do tzw. założeń projektowych budowy zapór ziemnych na rzekach niżej o dość słabo rozeznanej budowie geologicznej, a w niektórych punktach może nawet zbyt obszerny.

Ponieważ całość inwestycji byłaby realizowana na



Jeśli chodzi o obszar zbiornika, który swą cokolwiek miałby sięgać aż po ujście Świdra, ale miał się mieścić w wałach przeciwpowodziowych, to tu dokonano 4-krotnego pomiaru wód gruntowych w studniach gospodarskich (w ilości 88) rozrzuconych na obszarze przyszłego zbiornika i jego obrzeżeniu. Pomiarzy te prowadzono w czasie najwyższego (koniec marca 1955 i początek kwietnia 1956 r.) oraz najniższego stanu

obszarze tarasu zalewowego Wisły, nie wykorzystano żadnych szczególnych badań terenowych w dziedzinie geomorfologii, lecz ograniczono się do rekonstruowania oraz dokładnej analizy literatury i istniejących materiałów archiwalnych. Przy rozpoznaniu rzeźby tarasu zalewowego zwrócono uwagę na charakterystykę istniejących zagłębień i rowów odpływowych wód w czasie powodzi i przyborów.

Budowa geologiczna została rozeznana dość szczegółowo zarówno na podstawie ostatnio wykonanych wierceń, jak i dawnych badań do celów kanalizacyjnych. Z uzyskanych materiałów wynika, że podłoże doliny na całej długości jest zbudowane z pstrych ilów pliocenu, zdradzających znaczne dewielacje stropu dochodzące do 40 m. Nie stanowi to oczywiście żadnej niespodzianki, gdyż — jak wiadomo — poniżej badanego obszaru strop pliocenu odsłania się niekiedy na powierzchni, by gdzieś indziej zagłębić się ok. 100 m poniżej powierzchni. Z charakteru urozmaiconej powierzchni podłoża pliocenu wynika, że w okolicy Gocławia i Siedkerek rzeźba pliocenu jest o wiele więcej urozmaicona niż bardziej w górę. Wyjątek stanowi okolica wsi Wólka Zerzeńska, gdzie w podłożu zaznacza się wyraźny garb wznoszący się do rzędnej 73 m n.p.m.

Na podłożu pliocenu spoczywa czwartorzęd charakteryzujący się wielkim zróżnicowaniem litologicznym zarówno w kierunku poziomym, jak i pionowym a także znacznymi różnicami miąższości. Na ogół przeważają twory piaszczyste i żwirzaste pochodzenia rzeczno- i rzeczno-lodowcowego. Typowe osady lodowcowe, jak gliny zwalowe, odgrywają o wiele mniejszą rolę. Również i osady organogeniczne w dolinie są bez praktycznego znaczenia.

Niżej zamieszczony schematyczny profil geologiczny wraz z orientacyjnymi liczbami dotyczącymi miąższości ma tylko znaczenie pomocnicze przy interpretacji otrzymanych wyników.

Wiek	Miąższość	Typ litologiczny	Facja
holocen	5-6 m	piaski i żwiry	korytowa   rzecz- tarasowa   . na
	6-7 m	piaski drobne, pylaste oraz mady	
plejstocen młodszy	do 8 —	piaski drobne i śr.	rieczna
	do 5 —	piaski różne i żwiry	rieczno-lodowc.
	do 3 —	otoczaki i glazy	
plejstocen starszy	do 5 —	piaski różnej granulacji	rieczno-lodowc.
	do 25 —	głina zwalowa w dwu poziomach przedzielonych ilami i mułkami	glacialna
	do 3 —	piaski drobne i pylaste	
	do 2 —	piaski grube i żwiry	rieczna

Nawiązując do budowy geologicznej, można pod względem cech fizyczno-mechanicznych wyróżnić następujące zespoły gruntów (budowlanych):

a) grunty holocenijskie, które zależnie od miejsca występowania (facji) reprezentują dwa zupełnie różne typy. I tak w dzisiejszym korycie składają się na nie żwiry oraz grube i średnie piaski w luźnym stanie zagęszczenia, więc w całości silnie przepuszczalne. Taras zalewowy ma na ogół grunty o frakcji drobnej lub bardzo drobnej. Na powierzchni terenu występują przeważnie grunty spójne, słabo przepuszczalne o konsystencji półzwartej do miękkoplastycznej. Głębiej znajdują się piaski luźne o większym współczynniku przepuszczalności.

b) grunty młodszego plejstocenu składają się głównie z materiału o frakcji grubszej o dość regularnym uwarstwieniu, a mianowicie warstwy granulacji idąc w dół począwszy od piasków a skończywszy na otoczkach. W całości jest to zespół mniej lub więcej przepuszczalny analogicznie jak grunty holocenu w korycie. Stan zagęszczenia tego zespołu jest również luźny i dopiero głębiej od 8-9 m zmienia się na średnio zagęszczone.

c) grunty starszego plejstocenu stanowią zespół najbardziej niejednorodny pod względem genezy, a więc i cech fizyczno-mechanicznych. Mamy wśród nich gliny lodowcowe, osady zastolskowe jak il i mułki (pyły), które zalicza się do gruntów praktycznie nie przepuszczających wody. Obok nich

w postaci soczew lub przewarstwień występują i żwiry o znacznym współczynniku przepuszczalności i stanie zagęszczonej. Jeśli chodzi o konsystencję glin i osadów zastolskowych, to waha się ona w znacznych granicach od półzwartej do plastycznej zależnie od stopnia wilgotności.

Grunty pliocenijskie, które jako podłoże doliny tworzą poziom odniesienia dla obliczeń hydrogeologicznych, są praktycznie nieprzepuszczalne, a konsystencja zależnie od udziału frakcji pylastej waha się od półzwartej do miękkoplastycznej.

Dla lepszej charakterystyki geotechnicznej gruntów zamieszczono niżej krótkie zestawienie liczbowe.

wiek geol.	nazwa gruntu	ciężar obj.	współczynnik filtracji	kąt tarcia wewn.
holocen	głina pylasta	1,89—2,03	0,01— —0,001	14°15'
	pył piaszcz.	ok. 1,96	1—0,1	12°15'
plejstocen młodszy	piasek drobny	2,1—2,0	ok. 10	33°10'
	piasek średni	ok. 1,95	ok. 25	32°55'
	piasek gruby i żwir	ok. 2,10	ok. 100	
	pospółka	2,1—2,05	ok. 50	33°25'
plejstocen starszy	głina piaszcz.	2,15	0,01—0,05	20°18'
	pył ilasty	1,88—1,90	0,005	16°20'
	pył piaszcz.	1,9	0,2—0,1	30°55'
	il	1,9	mniej od 0,002	17°15'
	piasek drobny	2,01	6—5	31°12'
plejstocen starszy	piasek pylasty	2,18	0,5—0,2	22°17'
	il pstry	1,9	mniej od 0,001	16°50'
	il pylasty	2,02	ok. 0,001	18°45'

Z tabelki widać wyraźnie, jak dużą rolę odgrywa choćby tylko prowizoryczne oznaczenie wieku gruntów, gdyż tym sposobem można wytkumaczyć różnice cech fizyczno-mechanicznych. Np. silnie skompresowany pstry il pliocenu ma mniejszy współczynnik filtracji oraz kąt tarcia wewnętrzznego niż analogiczny pod względem składu granulometrycznego i ciężaru objętościowego il zastolskowy czwartorzędny. Podobnie piasek ze starszego plejstocenu ma mniejszy współczynnik filtracji i kąt tarcia wewnętrzznego od identycznego na oko piasku pochodzącego z młodszego plejstocenu.

Na podstawie danych archiwalnych oraz obserwacji własnych wynika, że na obszarze doliny Wisły na tarasach zalewowych i nadzalewowych (wydmowych) występuje jeden główny poziom wód gruntowych.

Wahania wód gruntowych nie są duże, w maksymalnych przypadkach dochodzą do kilku metrów. Na tarasie zalewowym po lewej stronie Wisły największe wahania zanotowano jedynie koło wsi Zawady, bezpośrednio poza wałem ochronnym. Już w odległości 1—1,5 km od koryta rzeki wahania stanu wody gruntowej wynoszą tylko kilkanaście cm. W jednym przypadku — poniżej ujścia Wilanówki — zaobserwowano ciekawe zjawisko inwersji wahań, a mianowicie, gdy poziom wody w Wiśle obniżył się, to poziom wód gruntowych uległ dość znacznemu podwyższeniu. Po prawej stronie Wisły wahania wód gruntowych na tarasie zalewowym są mniejsze niż po przeciwnej stronie. I tu największe wahania występują w bezpośrednim sąsiedztwie wału ochronnego. W dalszej odległości np. koło wsi Zastów wahania osiągają kilkanaście cm. Na tarasie nadzalewowym po obu stronach Wisły wahania wód gruntowych są również bardzo małe. Najczęściej już w nieznacznej odległości od krawędzi tarasu są praktycznie nie odczuwalne, tzn. wahania poziomu w Wiśle nie mają bezpośredniego wpływu na poziom wód podziemnych. Stąd praktyczny wniosek dla badań hydrogeologicznych dla budownictwa wodnego, iż w przypadku niewielkiego piętrzenia, takiego jak przy stopniu War-

szawa pld., obserwacje można ograniczyć do tarasu zalewowego oraz do pasa tarasu wyższego o szerokości około 1 km od krawędzi.

Wody I poziomu odznaczają się dużą zmiennością składu chemicznego zależnie od miejsca. Są one słabo lub średnio agresywne w stosunku do betonu. Na podstawie 8 analiz chemicznych wykonanych w laboratorium P.G.B.W. Hydrogeo stwierdzono, iż przeciętna zawartość niektórych związków chemicznych przedstawia się następująco:

chlorki . . . . .	od 0 do 30	miligramów na liter
siarczany . . . . .	od 0 do 60	" " "
wapno . . . . .	od 95 do 250	" " "
magnez . . . . .	od 0 do 40	" " "

Twardość wód I poziomu waha się w granicach 14—32 stopni. Wody te wykazują na ogół nieznaczne wahania termiczne w okresie letnim (2—3°) i to niezależnie od odległości od Wisły.

Co się tyczy głębszych poziomów wody, które zresztą nie odgrywają praktycznej roli w budownictwie wodnym tej zapory, gdyż występują na znacznej głębokości pod utworami pliocenu, to na podstawie literatury można tylko wspomnieć, iż odznaczają się dużym napięciem zwierciadła i dużą zawartością żelaza. Natomiast na uwagę zasługuje fakt, iż w piaszczystych soczewkach występujących w górnej części pliocenu znaleziono wody kopalne w niewielkich ilościach, lecz znajdujących się pod ciśnieniem kilku metrów. Z takimi faktami już trzeba się liczyć przy wykonawstwie robót ziemnych.

Najważniejszym zagadnieniem inżyniersko-geologicznym dla zapory Warszawa pld. było ustalenie wielkości ucieczki wody pod przegradą doliny i możliwość podtopienia niektórych obszarów w obrębie tarasu zalewowego. Natomiast nie zachodzi obawa ucieczki wody na bok od zbiornika, ponieważ piętrzenie zamyka się w granicach wielkich wód, a więc mieści się w wałach ochronnych.

Dotychczasowe wyniki badań upoważniają do wyciągnięcia wniosków, iż należy się liczyć z dużym przepływem wody pod zaporą z powodu występowania gruboziarnistych aluwii. Przyjmując średni współczynnik filtracji = 20 m<sup>3</sup>/dobę i szczelne pod-

łoże (pliocen) znajdujące się na głębokości 15 m, ilość wody płynącej pod przegradą wynosić będzie około 210 000 m<sup>3</sup> wody na dobę.

Również zachodzi obawa, że w następstwie spiętrzenia wody podniesie się poziom wód gruntowych na obszarze tarasu zalewowego a zwłaszcza w jego części przykorytowej, tj. położonej najbliższej wału ochronnego. Dlatego też musi być opracowany system odwadniający w postaci jednego czy dwóch rowów opaskowych, by nie spowodować podtopienia wsi: Las, Zastów, Zbytki po prawej stronie Wisły oraz Siekierok, Zawad i Augustówki po lewej stronie, a co może się zdarzyć w czasie długotrwałego piętrzenia wody w zbiorniku.

Drugorzędny problemem w projekcie stopnia Warszawa-pld. jest wytrzymałość podłoża budowlanego pod zaporą ze względu na fakt, że ma ona być ziemna i ma posiadać stosunkowo szeroką stopę. Natomiast ze względu na posadowienie siłowni czy śluz należy w przyszłości zbadać szczegółowo podłoże budowlane.

Miejsce wybrane w początkowej fazie badań, a więc bliżej Warszawy, jest bardziej niekorzystne od miejsca przyjętego później, zarówno jeśli chodzi o duże deniwelacje podłoża plioceńskiego, jak i różnorodność litologiczną aluwii. Toteż gdyby zdecydowano się na posadowienie zapory i obiektów stopnia na ilach pliocenu, należałoby raczej przesunąć ich lokalizację bliżej Warszawy, albo wybrać je jeszcze wyżej — około wsi Kuligów nieco wyżej występującego tu gambu pliocenu, tak by oprzeć stopę fundamentu o wschodnie jego zbocze.

Gdyby zdecydowano się fundować zaporę i obiekty w aluwii, co ma ten duży plus, że łatwo będzie odwadniać doły fundamentowe za pomocą obniżenia poziomu wód gruntowych pompowaniem, należy wybrać odcinek znajdujący się około wsi Las. Na tym odcinku aluwia są bardziej jednorodne i obrócenie poziomu wód na zewnątrz dołów fundamentowych jest dość łatwe. Takie rozwiązanie ma jeszcze i tę zaletę, że nie zachodzi obawa podtopienia niektórych terenów tarasu zalewowego, a posiadających różnorakie znaczenie gospodarcze.