BENON FĄFEREK
Hydrogeo

INŻYNIERSKIE BADANIA GEOLOGICZNE DLA STOPNIA WODNEGO WE WŁOCŁAWKU

STOPIEŃ WODNY we Włocławku jest jednym z najważniejszych elementów projektowanej kaskady dolnej Wisły. W skład stopnia wchodzą następujące główne budowle: siłownia, jaz, zapora ziemna czołowa i śluzowa. Stopień usytuowany będzie we wschodniej części miasta, to jest w górę Wisły. Cofka sięgać będzie nieco powyżej Płocka, a długość powstałego zbiornika wyniesie blisko 60 km. Zbiornik ograniczony będzie częściowo wałami bocznymi biegącymi jedynie na lewym brzegu Wisły: od stopnia do Wistki Szlacheckiej (długość 10 km) oraz od Brwilna Dolnego do Radziwia (długość 8 km).

Przewiduje się następujący zakres usług stopnia: 1. Produkcja energii elektrycznej. 2. Śluzowanie taboru żeglugi śródlądowej. 3. Polepszenie komunikacji kołowej oraz wykorzystanie mostu na stopniu. 4. Wykonanie właściwego odwodnienia terenów w pozawalu i przez to poprawienie warunków dla intensyfikacji rolnictwa. 5. Stworzenie warunków dla racjonalnej produkcji ryb w zbiorniku. 6. Uzyskanie prawie 60 km odcinka drogi wodnej I klasy. 7. Możliwość ujmowania i grawitacyjnego doprowadzania wody ze zbiornika do zakładów przemysłowych Włocławka i do nawadniania terenów w pozawalu. 8. Wykorzystanie zbiornika i obszarów przyległych dla celów turystycznych, sportowych i wypoczynkowych.

Tak szeroki zakres usług, dający poważne efekty gospodarcze, uzasadnia celowość budowy stopnia.

W następstwie przeprowadzonych badań dla tak ważnej inwestycji zgromadzono obfity i interesujący materiał z różnych specjalności geologii. Niniejszy komunikat jest wprowadzeniem dającym ogólny obraz przeprowadzonych prac i niektóre ich wyniki z podkreśleniem warunków hydrogeologicznych w nawiązaniu do wykonawstwa robót.

Na podstawie analizy wyników badań własnych oraz materiałów archiwalnych rejon stopnia ogólnie można scharakteryzować następująco.

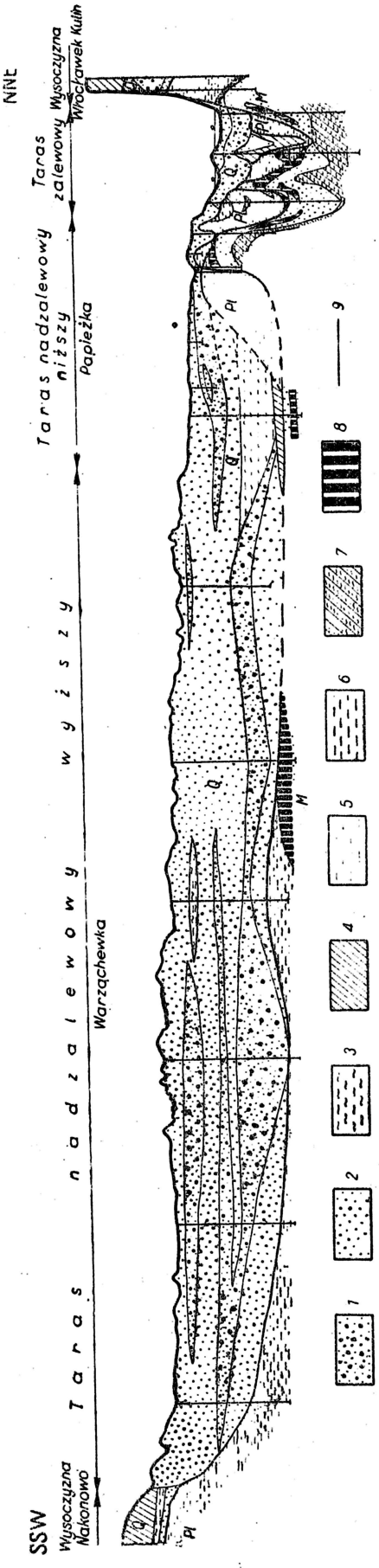
Pod względem geomorfologicznym badany teren znajduje się w obrębie pradoliny Wisły, ograniczonej po obu stronach wysoczyzną plejstoceńską (ryc. 1). Szerokość pradoliny wynosi na wysokości stopnia ok. 14 km. W przekroju poprzecznym przez pradolinę rozciągającą się na południe od rzeki wyróżnia się trzy tarasy: a) taras zalewowy, b) taras nadzalewowy niższy, c) taras nadzalewowy wyższy.

Projektowany zalew obejmie taras zalewowy i częściowo taras nadzalewowy niższy. Położone w bezpośrednim zasięgu stopnia i zbiornika strome zbocze prawobrzeżnej wysoczyzny, której krawędź wznosi się przeciętnie 50 m powyżej zwierciadła wody w Wiśle, jest często urozmaicone formami osuwiskowymi. Budowa geologiczna rozpoznana została szczególnie dobrze w rejonie stopnia. Na podstawie danych z wierceń stwierdzono, że na całym badanym obszarze podłoże pradoliny stanowią plioceńskie iły poznańskie lub w miejscach ich erozyjnego zdarcia mioceńska formacja węgla brunatnego. Sposób występowania utworów neogenu jest na omawianym terenie dość skomplikowany z jednej strony w wyniku działalności tektonicznej dla obszaru antyklinorium kujawsko-pomorskiego, z drugiej zaś strony wskutek glacitektonicznej działalności lodowców. Ostateczny obraz morfologii stropu trzeciorzędu jest wynikiem późniejszej działalności denudacyjnej, a szczególnie erozyjnej, która jak już wspomniano, doprowadziła do zdarcia w wielu miejscach iłów plioceńskich, a nawet dotknęła stropowe partie miocenu. Wszystkie te elementy wpływające na deformację utworów trzeciorzędowych wyraźnie skomplikowały warunki inżyniersko-geologiczne i hydrogeologiczne tego rejonu.

MIOCEN w tym obszarze reprezentowany jest przez osady zbiorników śródlądowych, a mianowicie piaski, mułki, rzadziej iły i żwiry. Panowały tu również warunki sprzyjające tworzeniu się pokładów węgla brunatnego.

Wśród piasków od pylastych do gruboziarnistych przeważają drobnoziarniste. Piaski są kwarcowe, przy czym im drobniejsze, tym są bardziej kanciaste i mają większą domieszkę muskowitu oraz pyłu węgla brunatnego. Grubsze natomiast są lepiej obtoczone. Barwa piasków od szarobiałej do brunatnej zależy od domieszek pyłu węgla brunatnego i stopnia utleniania.

Mułki składają się głównie z pyłu kwarcowego, iłu (często w postaci drobnych warstewek), pyłu węgla brunatnego oraz dużej nieraz domieszki muskowitu. Wśród mułków spotyka się domieszki piasków, a sporadycznie żwirków kwarcowych. Geotechnicznie mułki określane są jako pyły, gliny pylaste lub gliny pylaste



Ryc. 1. Przekrój poprzeczny przez pradolinę Wisły powyżej Włocławka.
1 — żwiry i piaski, 2 — piaski, 3 — pyły, 4 — gliny zwałowe, 5 — iły wstęgowe, 6 — iły plioceńskie, 7 — mułki ilaste (gliny) mioceńskie, 8 — węgle brunatne, 9 — granice stratygraficzne, Q — czwartorzęd, Pl — pliocen, M — miocen.
U w a g a: dla czytelności rysunku na tarasie zalewowym nie wrysowano wszystkich otworów

Fig. 1. Transversal section across the Vistula old valley higher up Włocławek.
1 — sands and gravels, 2 — sands, 3 — silts, 4 boulder clays, 5 — varves, 6. Pliocene clays, 7 — argillaceous silts (loams) — Miocene, 8 — brown-coals, 9 — stratigraphic borders, Q — Quaternary, Pl — Pliocene, M — Miocene.

ciężkie, a ponieważ mają one z reguły ponad 5% części organicznych (roślinnych), przeto zgodnie z klasyfikacją gruntów budowlanych (PN-54/B-02480) zalicza się je jednocześnie do namułów.

Węgle brunatne stwierdzono maksymalnie w 7 pokładach. Wyraźnie zaznacza się tzw. „pokład podstawowy", który kontaktuje ze spągiem iłów plioceńskich. Zaliczyć można go do węgli brunatnych ziemistych, przy czym strop tego pokładu zanieczyszczony jest iłem, a spąg zawiera znaczne domieszki piasków i pyłów kwarcowych. Leżące niżej pokłady węgla mają z całą pewnością większą miąższość, dochodzącą do 7 m, niż pokład podstawowy (uwzględniając fakt, iż wiercenia w utworach zaburzonych dają pozorną miąższość grubiejącą w miarę zwiększania upadu warstw). Węgle te nieraz zawierają znaczne domieszki piasków i pyłów kwarcowych. Do utworów mioceńskich, które napotykano rzadziej, należą iły przeważnie pylaste o nieznacznej miąższości i barwie brunatnoczekoladowej, żwiry bardzo dobrze obtoczone, prawie wyłącznie kwarcowe (rzadko lidytowe) oraz piaskowce. Piaskowce mają lepiszcze krzemionkowe (niektóre przechodzą w kwarcyty) i rozmieszczone są w postaci ograniczonych rozmiarami wkładek o niewielkiej miąższości.

Wśród piasków spotyka się często konkrecje markasytu lub piryt i dobrze zachowane drewno. W jednym otworze z głębokości 21 m wydobyto bursztyn wielkości 10 cm, tkwiący w stropie piasków średnioziarnistych (miocen w tym otworze nawiercano pod iłami plioceńskimi na głębokości 7,60 m). Stwierdzono, że utwory mioceńskie są zupełnie bezwapienne. Również gipsu w wierceniach nie spotkano, choć w odkrywkach występuje często i w różnych postaciach. Powstaje więc on jedynie w strefie przypowierzchniowej. Spągu utworów mioceńskich opisywanymi wierceniami nie uchwycono. Miąższość miocenu może więc w tym rejonie osiągać 100 m, a nawet więcej.

PLIOCEN reprezentowany jest głównie przez odgrywające ważną rolę iły poznańskie, geotechnicznie scharakteryzowane jako iły, iły pylaste, gliny ciężkie, gliny pylaste lub gliny piaszczyste. Pliocen tworzący praktycznie nieprzepuszczalne podłoże jest ważnym zespołem przy obliczeniach hydrogeologicznych. Wśród iłów i glin występują przewarstwienia pyłów, piasków pylastych lub rzadziej piasków drobnoziarnistych (wyjątkowo średnioziarnistych).

Stwierdzono następujący skład mineralny iłów poznańskich. Frakcja poniżej 0,002 mm składa się z minerałów ilastych z przewagą montmorillonitu. Ponadto jako domieszka występuje kaolinit, illit i minimalnie sepiolit. W skład tej frakcji wchodzi w znacznej ilości materiał detrytyczny głównie kwarc. Iły są przeważnie bezwapienne, jednakże lokalnie (dość rzadko) spotyka się koncentracje węglanu wapnia oraz drobne wtrącenia węgla brunatne-

go. Barwa iłów jest urozmaicona, przy czym zauważono, że iły na kontakcie z nawodnionymi przewarstwieniami piaszczystymi mają z reguły odcień niebieskawy. Stosunkowo rzadko występujące piaski są przeważnie ostrokrawędziste lub słabo obtoczone.

W skład mineralny frakcji piaszczystej i pylastej wchodzi głównie kwarc oraz rzadziej skaleń, muskowit i oddzielne okrągłe wtrącenia glaukonitu. Prócz tego występuje piryt, szczególnie liczny w spągu pliocenu w pobliżu kontaktu z mioceńskim węglem brunatnym. Łączna miąższość pliocenu waha się od zera do kilkudziesięciu metrów.

CZWARTORZĘD reprezentowany jest zarówno przez plejstocen, jak i holocen. Czwartorzęd na wysoczyźnie wykształcony jest prawie wyłącznie przez utwory plejstoceńskie, a mianowicie przez piaski i żwiry podmorenowe i ciągłą kilkunastometrową warstwę gliny zwałowej zlodowacenia Varsovien II.

W jednym z otworów odwierconych na lewobrzeżnej wysoczyźnie stwierdzono pod gliną zwałową iły wstęgowe. W pradolinie na plejstocen składają się piaski i żwiry fluwioglacjalne oraz zachowane fragmentarycznie gliny zwałowe tego samego zlodowacenia, mające zredukowaną miąższość i wyraźne ślady rozmycia, oraz iły wstęgowe często silnie spiaszczone, występujące w dalszym otoczeniu terenu badań (w rejonie obiektów stopnia iłów wstęgowych brak). Glina zwałowa w pradolinie zachowała się jedynie w zagłębieniach stropu trzeciorzędu i odgrywa w rozpatrywanym obszarze znikomą rolę.

Dominujące i ważne, szczególnie ze względu na infiltrację są więc fluwioglacjalne utwory piaszczysto-żwirowe o miąższości przekraczającej nieraz 40 m. Do holocenu w pradolinie zalicza się utwory torfowo-błotne, piaski wydmowe oraz piaski, żwiry i mady akumulacji rzecznej. Spotyka się też rudę darniową, która występuje w pobliżu torfowisk w postaci cienkich przewarstwień lub grudek, przy czym największa napotkana miąższość wyniosła 1,30 m. Do czwartorzędu zaliczono również trzeciorzęd na złożu wtórnym występujący zarówno w środkowych partiach, jak i w spągu utworów czwartorzędowych. Na miocen na złożu wtórnym układający się wąskim pasmem wyraźnie wzdłuż kierunku NW — SE składają się węgle brunatne, żwirki, piaski, pyły i mułki ilaste kwarcowo-mikowe, natomiast na pliocen — iły poznańskie. Miąższość utworów trzeciorzędowych na złożu wtórnym stwierdzona wierceniami dochodzi dla miocenu do 10 m, a dla pliocenu do 4 m.

Warunki hydrogeologiczne badanego terenu scharakteryzować można wyróżniając następujące wody gruntowe (ryc. 2): 1) wody gruntowe w utworach czwartorzędowych, które podzielić można z kolei na:

a) wody gruntowe na wysoczyźnie o zwierciadle swobodnym lub pozostające pod niewielkim napięciem,
b) wody gruntowe w pradolinie o zwierciadle swobodnym,

2) wody gruntowe w piaszczystych utworach występujących w nieprzepuszczalnym kompleksie pliocenu, wśród których wyróżnić można:

a) wody w zwierciadle swobodnym w warstwach piaszczystych leżących na iłach i glinach, mające połączenie z wodami nawadniającymi utwory czwartorzędowe,
b) wody w zamkniętych soczewkach piaszczystych zawartych w iłach lub glinach,
c) wody w przewarstwieniach piaszczystych zawartych w iłach i glinach, mające połączenie z wodami nawadniającymi utwory czwartorzędowe albo z wodami nawadniającymi górne partie utworów mioceńskich,

3) wody gruntowe w utworach mioceńskich, wśród których wyróżnia się:

a) wody subartezyjskie lub artezyjskie nawadniające górne partie miocenu,
b) wody artezyjskie nawadniające niższe partie miocenu.

W utworach czwartorzędowych na wysoczyźnie wody gruntowe oparte są o strop glin zwałowych. Niekiedy występują wody o nieznacznym napięciu w soczewkach piaszczystych wśród tych glin. Rzadziej wyśtępują wody w piaskach i żwirach podmorenowych i to tylko w zagłębieniach stropu iłów plioceńskich. Można stwierdzić, że utwory czwartorzędowe na wysoczyźnie są ubogie w wodę. Miąższość warstw wodonośnych wszystkich tych typów nie przekracza na ogół 1 m, a ich wydajność jest bardzo mała. Mimo to mają one duże znaczenie dla mającej tu powstać budowli piętrzącej. Mianowicie wody opadowe, infiltrując w miejscach zdarcia płaszcza glin zwałowych, gromadzą się na nieprzepuszczalnym stropie iłów plioceńskich i często spływają po nim, działając pobudzająco na rozwijające się tu procesy zboczowe, których najgroźniejsze są zsuwy na połączeniu zapory z prawym brzegiem Wisły. U podnóża prawobrzeżnej wysoczyzny zanotowano liczne wycieki i zwilżenia na stropie iłów.

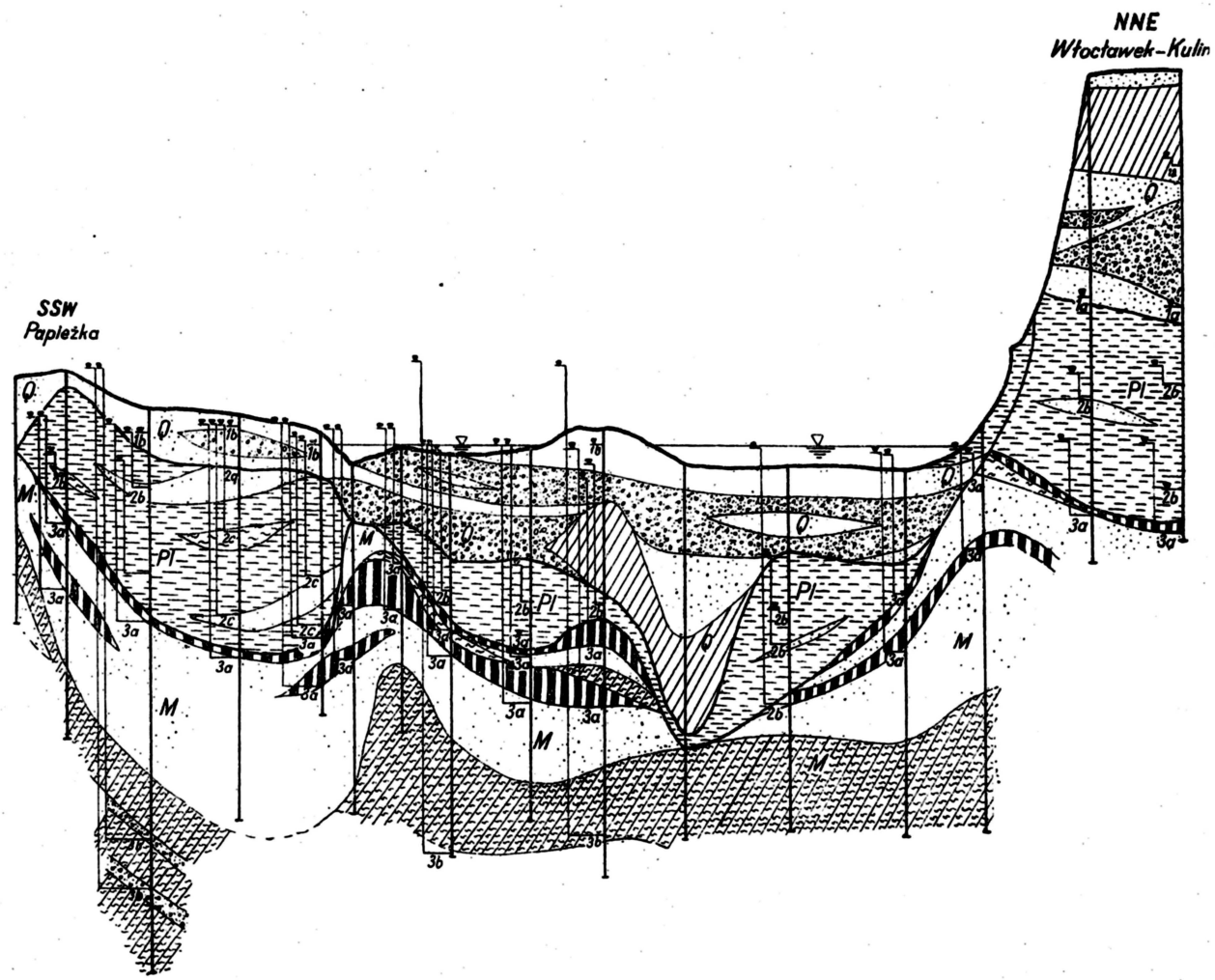
Wodoprzepuszczalne utwory tarasowe pradoliny nawodnione są główną warstwą wody gruntowej o zwierciadle swobodnym. Powierzchniowe przejawy wody gruntowej są tu często w formie jezior lub rozległych terenów bagnisto-torfowych. Rzadko spotyka się wycieki u stóp zbocza tarasu nadzalewowego niższego. Zwierciadło wody gruntowej wykazuje spadek ku Wiśle wynoszący na obszarze pradoliny w rejonie stopnia ponad 20 m na odcinku 12 km (tj. od rzędnej 67 m npm do 46,60 m npm odpowiadającej średniej rocznej wodzie w Wiśle). Miąższość utworów nawodnionych dochodzi do 42 m, a wodoszczelne podłoże stanowi strop iłów plioceńskich lub w wypadkach ich erozyjnego zdarcia strop utworów

spoistych miocenu. Miąższość warstwy suchej w obszarze pradoliny przeważnie nie przekracza 4 m, a większe miąższości spotyka się w miejscach nagromadzenia materiału eolicznego w formie często występujących wydm.

Stropowe wodoprzepuszczalne partie pliocenu leżące na iłach i glinach wykształcone są jako piaski drobnoziarniste lub pylaste i nawodnione są tą samą wodą o zwierciadle swobodnym opisaną wyżej. Miąższość tych utworów wynosi maksymalnie 16 m.

Wśród nieprzepuszczalnego kompleksu iłów i glin plioceńskich występujących w rejonie stopnia na głębokości od 2 do 35 m stwierdzono wiele soczewek wodonośnych, zbudowanych z pyłów piaszczystych, piasków pylastych i piasków drobnoziarnistych. Cechą charakterystyczną tych wód jest to, że stabilizują one na różnej wysokości. Ciśnienie jest również bardzo zmienne dochodzące maksymalnie do 2 atm. Miąższość soczewek jest niejednokrotnie nieznaczna, wobec czego trudno określić ją podczas wiercenia.

W górnych partiach pliocenu występują przewarstwienia pylasto-piaszczyste wśród iłów i glin, mające połączenie z leżącymi wyżej nawodnionymi piaskami i żwirami czwartorzędowymi. Wody w tych przewarstwieniach znajdują się więc pod napięciem odpowiadającym wysokości swobodnego zwierciadła wody z utworów czwartorzędowych. Natomiast w dolnych partiach pliocenu występują przewarstwienia wodonośne, które mają połączenie z nawodnionym piaszczystym miocenem, o czym świadczy ich jednakowy poziom hydrostatyczny. Poziom ten układa się na rzędnych



Ryc. 2. Przekrój poprzeczny przez koryto Wisły z wodami nawierconymi i ustalonymi.

1 — wody gruntowe w piaszczysto-żwirowych utworach czwartorzędowych, 1a — na wysoczyźnie, 1b — w pradolinie, 2 — wody gruntowe w piaszczystych utworach plioceńskich, 2a — na iłach plioceńskich, 2b — w soczewkach zamkniętych, 2c — w przewarstwieniach; 3 — wody gruntowe w piaszczystych (rzadziej żwirowych) utworach mioceńskich, 3a — w górnych partiach miocenu, 3b — w niższych partiach miocenu. Pozostałe objaśnienia jak dla ryc. 1.

Fig. 2. Transversal section across the Vistula river bed with drilled and established water levels.

1 — ground waters within arenaceous gravelly Quaternary, 1a — on the high-plain, 1b — in the old valley; 2 — ground waters within arenaceous — Pliocene deposits, 2a — on the Pliocene clays, 2b — in close lenses, 2c — within intercalations, 3 — ground waters within arenaceous (rarely gravelly) Miocene deposits, 3a — in the upper parts of the Miocene, 3b — in the lower parts of the Miocene. Other explanations see fig. 1.

od ok. 46 do 50 m npm. Ciśnienie wód wzrasta w zależności od głębokości położenia przewarstwień i nie przekracza 3 atm.

Wody subartezyjskie lub artezyjskie nawadniające górne partie miocenu stabilizują podobnie jak wody scharakteryzowane poprzednio. Z analizy wierceń wynika, że obszar zasilania leży ponad zwierciadłem wody w rzece, gdyż hydrostatyczny poziom wody obniża się wyraźnie w miarę zbliżania się do rzeki, osiągając w otworach odwierconych w rzece wysokość 46 m npm, tj. wysokość zwierciadła wody w rzece. Stwierdzono, że wskutek zdarcia wodonieprzepuszczalnego pliocenu piaszczysto-żwirowe utwory czwartorzędu leżą niejednokrotnie na tarasach bezpośrednio na piaskach mioceńskich. W miejscach tych wody czwartorzędu infiltrują więc w piaski mioceńskie, tworząc obszar zasilania dla wód w utworach mioceńskich. Takie obszary zasilania stwierdzono w wielu wierceniach wykonanych w dolinie na lewym brzegu Wisły na południe i zachód od stopnia oraz w rejonie samego stopnia. Również w korycie rzeki piaski i żwiry czwartorzędowe leżą nieraz bezpośrednio na piaszczystym miocenie powodując wzajemny kontakt. Wówczas woda z utworów mioceńskich infiltruje w wyżej położone aluwia zasilając rzekę, o czym świadczy obniżanie się hydrostatycznego poziomu wody z utworów mioceńskich w miarę zbliżania się do Wisły, aż do zupełnego wyrównania się obu poziomów wód. Miąższość wodonośnej warstwy górnych partii miocenu przewarstwionej węglami brunatnymi, na którą składają się piaski od pylastych do gruboziarnistych a rzadko pospółki, waha się w granicach od 15—25 m. Ciśnienie wód z górnej partii miocenu osiąga maksymalnie 3,3 atm.

Wody nawadniające niższe partie utworów mioceńskich o typie artezyjskim uchwycono w rejonie siłowni poniżej rzędnej 0 m npm, co odpowiada głębokości ok. 50 m, licząc od powierzchni tarasu zalewowego. Ciśnienie tych wód jest znaczne, wynosi bowiem ok. 6 atm. Są one izolowane od wód z górnych partii miocenu warstwą gliny (mułki ilaste kwarcowo-mikowe), której miąższość wynosi kilka metrów, przy czym w jednym miejscu miąższość gliny spadła do 0,5 m. Warstwę wodonośną budują piaski od pylastych do grubych a nawet pospółki poprzedzielane warstwami pyłów i glin. Przypuszcza się, że obszar zasilania omawianych wód leży w pradolinie w odległości kilku do kilkunastu kilometrów na południe od rzeki w miejscach erozyjnego zdarcia iłów plioceńskich i glin mioceńskich.

W czasie wykonywania głębokich wykopów pod fundamenty obiektów stopnia, a mianowicie siłowni, jazu i śluzy, konieczne będzie zabezpieczenie się przed wpływem wszystkich wyżej omówionych wód gruntowych oraz wody w rzece. W związku z tym dla zrealizowania prac budowlanych wydają się być słuszne następujące wskazania:

1. Wykonać grodzę dla odcięcia się od wody w rzece.

2. Osuszyć piaszczysto-żwirowe utwory czwartorzędowe (w rejonie siłowni i śluzy) oraz obniżyć zwierciadło wód czwartorzędowych poniżej poziomu posadowienia (w obrębie jazu).

3. Osuszyć pylasto-piaszczyste utwory plioceńskie występujące na stropie iłów plioceńskich.

4. Odpompować wodę z przewarstwień piaszczystych w kompleksie pliocenu, znajdujących się w pobliżu dna wykopu, a mogących w pewnych partiach spowodować przerwanie dna.

5. Obniżyć ciśnienie wód z górnych partii miocenu przez odpompowanie do czasu wykonania fundamentów, przy czym wytworzona depresja powinna gwarantować bezpieczeństwo dna wykopu, a mianowicie:

a) wykluczyć możliwość przełamania od dołu warstwy utworów spoistych, tj. iłów glin i węgla brunatnego, która stanowi dno wykopu siłowni o miąższości od 3 do 11 m;

b) zahamować częściowo dopływ wody do wykopu z przewarstwień piaszczystych wśród iłów i glin pliocenu.

Należy również zwrócić uwagę na wody artezyjskie z niższych partii miocenu, które choć występują głęboko, bo dopiero na głębokości przekraczającej 50 m, to jednak w czasie wykonawstwa i obniżania ciśnienia wód z górnych partii miocenu mogą mieć wpływ na wzmożone zawodnienie wykopu. Obniżenie ciśnienia hydrostatycznego w górnych partiach miocenu spowoduje znaczną różnicę ciśnień między obu poziomami (4—5 atm) rozdzielonymi warstwą gliny pylastej ciężkiej, której minimalna miąższość wynosi 0,5 m. Tak duża różnica ciśnień wpłynie na wzmożoną infiltrację przez tę warstwę, powodując możliwość przemieszczania cząstek gruntu w wyżej położoną warstwę piasków (sufozja), a nawet jej rozmycie.

Przerwanie tej warstwy spowodowałoby zwiększenie ciśnienia hydrostatycznego w górnych partiach o niecałe 2 atmosfery, a w konsekwencji wzmożony dopływ wody. W celu zapobieżenia temu zjawisku trzeba, by różnica ciśnień obu poziomów wodonośnych była jak najmniejsza. Najodpowiedniejsze wydaje się być zastosowanie samoczynnego wypływu wód artezyjskich i ewentualne ich odpompowywanie w czasie prowadzenia robót.

SUMMARY

The projected dam in Włocławek is one of the most important elements in the „cascade" of the lower Vistula. It will be situated in the eastern part of Włocławek, i. e. against the course of the river. Waters of the Vistula river will be stored 11 metres above the present level.

Th investigated area is situated within the Vistula valley, which cuts the Pleistocene high-plain (fig. 1). Three terraces situated south of the river can be distinguished: flood terrace and two terraces situated over it. The steep, right slope of the valley is characterised by numerous landslides. The substratum of the old valley is built of "Poznań" Pliocene clays or of Miocene brown-coal formation in places where the former one is eroded. Disturbed Neogene deposits have distinctly complicated the engineering-geological and hydrogeological conditions in the investigated area. Miocene is represented by sands, silts, brown coals, sometimes by clays and gravels. Pliocene is represented by clays and loams with silty-arenaceous intercalations. The high-plain is nearly entirely built of Pleistocene sands and gravels covered by boulder clay (Varsovian II glaciation) of a dozen metres thick. Sands and fluvioglacial gravels, varves also in some places remnants of boulder clay belonging to the same glaciation are to be found in the old valley. Clayey-peats, dune sands and gravels, sands and muds are ascribed to the Holocene.

The following ground waters were distinguished:

1. Within arenaceous-gravelly Quaternary deposits:
   a) on the high-plain free level waters or low pressure waters,
   b) within the old valley — free level waters.
2. Within arenaceous Pliocene deposits:
   a) free level waters on clays,
   b) waters in close lenses,
   c) waters in the intercalations within clays.
3. Within arenaceous (rarely gravelly) Miocene deposits divided as follows:
   a) subartesian or artesian waters irrigating upper parts of the Miocene,
   b) artesian waters irrigating lower parts of the Miocene.

РЕЗЮМЕ

Плотина во Влоцлавке это один из важнейших элементов проектируемой каскады нижнего течения Вислы. Плотина будет находится в восточной части города, т.е. в верх по реке, и поднимет уровень Вислы приблизительно на 11 м.

С геоморфологической точки зрения исследуемая местность расположена в пределах древней долины Вислы ограниченной по обеим сторонам плейстоценовой возвышенности (рис. 1). Там выделяются три террасы расположенные к югу от реки: пойменная терраса, нижняя надпойменная терраса и верхняя надпойменная терраса. Правый крутой склон возвышенности.

В древней долине отложения плейстоцена представлены флювиогляциальными песками и гравием а также фрагментарно сохраненными валунными глинами того же оледенения и ленточными глинами. К голоцену причислены торфяноболотные отложения, дюнные пески, а также речные пески, гравий и речные илы. Выделены следующие грунтовые воды:

1) в песчано-гравиевых четвертичных осадках:
   а) на возвышенности с зеркалом свободным или слабо напряжённым, б) в древней долине — со свободным уровнем.
2) в песчаных плиоценовых отложениях, среди которых выделены:
   а) воды со свободным зеркалом в глинах, б) воды в замкнутых линзах, в) воды в прослойках среди глин.
3) в песчаных (реже гравиевых) отложениях миоцена делятся на:
   а) субартезианские или артезианские воды наводняющие верхние части миоцена, б) артезианские воды наводняющие нижние части миоцена.