

BUDOWLE HYDROTECHNICZNE W PIENINACH

OBSZAR PIENIN ze względu na bardzo zróżnicowane ukształtowanie dolin przyciągał od dawna uwagę hydrotechników. Obecność zwężeń dolinnych stwarza naturalne predyspozycje do budowy zapór, a rozszerzone części dolin są najbardziej odpowiednie do akumulacji wody w zbiornikach. Mimo dogodnych warunków topograficznych obszar Pienin należy do tych, które ze względu na budowę geologiczną zaliczyć musimy do terenów o bardzo trudnych warunkach geologiczno-inżynierskich. Każda niemal inwestycja hydrotechniczna, nawet niewielka, napotyka tu na duże trudności.

Spśród wszystkich projektów najbardziej dyskutowany i szeroko opracowywany jest zbiornik Czorsztyn zaporą w Niedzicy (Zamku) w wariantcie I lub w Zielonych Skałkach w wariantcie II. Oba warianty posiadają zupełnie odmienne warunki geologiczno-inżynierskie. Jako zbiornik wyrównawczy dla zapory w Niedzicy przewiduje się budowę zapory w Sromowcach Wyżnich. Oprócz tych inwestycji istnieje projekt budowy sztolni poprzez pasmo Pienin z Niedzicy do doliny Krośnicy w Grywałdzie lub z Mizernej do doliny Ochotnicy. Ta ostatnia nie przechodzi jednak już przez pasmo Pienin. Pomijam tu również projekty, które zostały jedynie wysunięte przez hydrotechników, lecz nie były badane przez geologów.

ZAPORA W NIEDZICY (ZAMKU)

Warunki geologiczno-inżynierskie wynikające z topografii w osi zapory są wyjątkowo korzystne. Prawy stok doliny jest stromy, na lewym zaś rozwinięty jest wyraźny erozyjny taras o wysokości względnej ok. 20 m. Długość korony zapory przy większej wysokości gwałtownie wzrasta, mimo tego wskaźnik proporcjonalności zapory (stosunek długości zapory do jej wysokości) zmniejsza się, co wskazuje na korzystne warunki topograficzne.

Zapora o wysokości 20 m posiada wskaźnik proporcjonalności 10, natomiast dla zapory o wysokości 60 m wynosi on 8,5 m. Budowa geologiczna wywiera decydujący wpływ na warunki geologiczno-inżynierskie. Inwentarz stratygraficzny warstw wchodzących w skład podłoża zapory obejmuje utwory serii pieniężskiej:

- 8) łupki i piaskowce — turon — senon dolny,
- 7) łupki i margle — turon — neokom,
- 6) wapienie płytowe z rogowcami, łupki ilaste — neokom — malm,
- 5) wapienie margliste czerwone, zielone — malm,
- 4) radiolaryty czerwone — malm,
- 3) radiolaryty zielone — malm,
- 2) radiolaryty ciemne z łupkami — dogger?
- 1) wapienie plamiste i łupki posidoniowe — dogger.

Os projektowanej zapory zlokalizowana jest głównie na wapieniach płytowych z rogowcami z cienkimi przeławiczeniami łupków. Najbardziej interesująca z punktu geologiczno-inżynierskiego jest tektonika obszaru podłoża zapory. Warstwy są pogięte i ustawione pionowo, przy czym wapienie, na których projektowana jest os zapory tworzą skałkę wyklinowującą się i podścieloną łupkami ciemnymi oraz marglami górnego neokomu — albu. Fakt wyklinowywania został stwierdzony w wierceniach na prawym brzegu rzeki. Wyklinowywanie to odbywa się na różnej głębokości, średnio około 70 m (otwór 18n, 101, 102), lecz w następnej na południe skałce wapieni, oddzielonej od omawianej pasem łupków (alb — neokom) wyklinowywanie wapieni zostało stwierdzone już na głębokości 20 m i płycej. Silny stopień zaangażowania tektonicznego objawia się strefami brekcji, które zostały wydzielone na mapie geologicznej podłoża zapory (S. Sokołowski i K. Birkenmajer).

Dla rozpoznania budowy geologicznej i warunków geologiczno-inżynierskich zapory w Niedzicy wykonano od 1935 r. około 70 otworów o łącznej głębokości 3064 mb oraz 75 szurfów o łącznej długości 1991 mb, przerzucając około 13 559 m³ mas ziemnych.

Badania geologiczno-inżynierskie ograniczały się jedynie do zbadania filtracji i warunków uszczelnienia podłoża. Należy bowiem podkreślić, że już w czasie wierceń w otworze 17n w strefie spękania radiolarytów na głębokości 62,1 m uzyskano samowypływ ok. 5 m ponad powierzchnię terenu (dna doliny) w ilości 1,5 l/min. Cenna ta obserwacja wskazuje, że w strefach dyslokacyjnych nie zailonnych odbywa się krążenie wód gruntowych. Podobny wypływ uzyskano w wapieniach prawobocznej sztolni.

Badania wodoprzepuszczalności oraz warunków cementacji wykonano w trzech otworach ustawionych w trójkąt o boku 5 m metodą naciskową, strefami od dołu otworu. Głębokość otworów wynosiła ok. 70 m. Badania te wykazały istnienie trzech stref:

	m głębokości	l/min./m/mb	kg cementu/mb
I strefa	6 — 25	q = 0,06 — 0,023	218
II strefa	26 — 43	q = 0,013 — 0,003	60
III strefa	44 — 65	q = 0,0043 — 0,00075	nie przyjmuje

Wyniki tych badań wskazują, że górotwór poniżej głębokości ok. 40 m jest już praktycznie szczelny i nie wymaga żadnych prac kolmatacyjnych, które muszą być wykonane powyżej tej głębokości. Badania cementacji wykazały, że górotwór ulega uszczelnieniu, gdyż cement wypełnia pustki spękań, lecz z powodu dużej ilości łupków ilastych nie wiąże go w monolit. Z tej przyczyny wyrażane są poglądy, że ten sposób uszczelnienia (cementacja) nie zdaje egzaminu.

W obszarze projektowanego zbiornika nie wykonano badań geologiczno-inżynierskich. Rzędna piętrzenia nie jest ustalona i z tej przyczyny zakres ewentualnych badań musi ulec zmianie w sposób zasadniczy. W wariantcie zapory przy Niedzicy Zamku główny problem geologiczno-inżynierski polega na zabezpieczeniu skałek wapiennych przed działaniem konzelacji. Wysuwane przez niektórych geologów zastrzeżenia jakoby kształt skałki wapiennej, wyklinowującej się na zmiennej głębokości, nie miał stanowić bezpiecznego podłoża dla zapory betonowej są czysto teoretyczne.

ZAPORA W ZIELONYCH SKAŁKACH

Wariant II lokalizacji zapory w Zielonych Skałkach posiada zupełnie odmienną budowę geologiczną, a w związku z tym i różne warunki geologiczno-inżynierskie. Położenie topograficzne jest mniej korzystne, gdyż dolina jest szersza niż w przekroju Niedzicy, lecz przy rzędnej optymalnego piętrzenia 548 m npm wysokość piętrzenia wynosi ok. 50 m, wskaźnik proporcjonalności = 10,9, jest więc taki sam jak w Niedzicy przy wysokości piętrzenia 20 m. Przy rzędnej maksymalnego piętrzenia 559 m i wysokości zapory 61 m wskaźnik ten wynosi 12,4, a więc jest znacznie gorszy. Na odwrót jest w Niedzicy, gdzie wyższa zapora ma lepszy wskaźnik proporcjonalności.

Budowa geologiczna podłoża zapory jest bardzo skomplikowana. Zapora byłaby posadowiona na kontakcie dwóch jednostek tektonicznych, jakimi są seria magurska i Pieniński Pas Skałkowy. Południowy przyczółek zapory zbudowany jest z utworów serii czorsztyńskiej Pienińskiego Pasa Skałkowego, a w północny trafia na fliszowe utwory płaszczowiny magurskiej. Płaszczyzna kontaktu obu serii przypada w dolinie Dunajca.

Utwory serii czorsztyńskiej stanowią:

- 6) margle zielonawoszare, czerwone (puchowskie) — senon,

- 5) wapień zbite kalpionellowe — tyton,
- 4) wapień bulasty, czerwony — kelowej — kimeryd,
- 3) wapień krynoidowy czerwony — bat,
- 2) wapień krynoidowy biały — bajos,
- 1) margle opalinusowe — aalen.

Z serii magurskiej pojawiają się w przykontaktowej strefie najstarsze utwory górnej kredy — paleocenu:

- 4) łupki zielonoszare, piaskowce drobnoziarniste (warstwy hieroglifowe) — paleocen — eocen,
- 3) łupki czerwone i szare piaskowce — cenoman — kampan,
- 2) piaskowce, zlepienie i łupki (typ jarmucki) — kampan — mastrycht,
- 1) łupki zielone i czerwone, piaskowce — cenoman — kampan.

Płaszczyzna kontaktu serii skałkowej z magurską ma kierunek z E na W i jest stromo nachylona ku S. Pozostałe utwory skałkowe albo są ustawione pionowo lub nachylone zgodnie z płaszczyzną kontaktu. Serie magurskie w dolinie Dunajca mają upad ku N pod kątem ok. 45°, lecz na zboczu doliny są już nachylone ku S.

Z racji litologicznego wykształcenia warstwy w podłożu zapory są zróżnicowane na dwa wyraźne zespoły, różniące się wskaźnikami fizyczno-mechanicznymi. Pierwszy, to krynoidowe wapień o miąższości ok. 200 m, a drugi, to utwory fliszowe lub margliste (podział ten nie pokrywa się z tektonicznym podziałem na dwie jednostki). Znacznie większy wpływ na warunki geologiczno-inżynierskie ma tektonika warstw. Oś projektowanej zapory przebiega prostopadle do biegu i upadu warstw. Tektoniczny kontakt serii magurskiej z Pienińskim Pasem Skałkowym nie posiada większego znaczenia ze względu na możliwość występowania złuźnień. Margle opalinusowe serii czorsztyńskiej kontaktują się z czerwonymi, zielonymi łupkami serii magurskiej.

Wykonane badania wodochłonności warstw wykazały, że wapień krynoidowy są praktycznie szczelne. W głębokości od 13—81 m chłonność jednostkowa wynosi $q = 0,0043 - 0,0055$ l/min/m/mb. Cementacja tej strefy wykazała zużycie cementu w ilości ok. 68/mb otworu. Godny podkreślenia jest fakt, iż badania strefy od 8—13 m głębokości wykazały dużą szczelność $q = 0,0082$ i chłonność cementu 33 kg/mb otworu, mimo że uszczelka założona była zaledwie 2 m poniżej stropu skały. Wskazuje to, że wapień są całkowicie nie skrasowione i nie było ucieczki wody oraz cementu w utwory tarasowe.

Do podobnego wniosku można dojść na podstawie obserwacji sztolni, którą wykuto w wapieniu krynoidowym na długości 40 mb i nie stwierdzono w niej skrasowienia ani przecieków wody.

Zmienne wykształcenie litologiczne warstw, ich ustawienie tektoniczne oraz ukształtowanie przekroju doliny powoduje tak zmienne warunki geologiczno-inżynierskie, iż najlepszym typem zapory byłaby zapora ziemna z jądrem lub ekranem łukowym. Materiały ziemne znajdują się na miejscu w dostatecznej ilości. Lewy przyczółek zapory na wzgórzu Ciechorzyn ma odmienne problemy geologiczno-inżynierskie, wynikające z faktu istnienia grubej pokrywy utworów akumulacji plio-plejstoceńskiej. Miąższość jej sięga do 23 m. Są to łyły i gliny z florą (pliocen? miąższość 4—5 m), powyżej nich występują żwirry i bloki fliszowe (tkwiące w glinie piaszczystej) lub piaski różnoziarniste gliniaste (preglacial? miąższość 6—8 m). Miejscami odsłonięto w wykopie pod tymi utworami bloki andezytów, które złożone bardzo zwarcie sugerują możliwość występowania

„in situ”. Na nierównym podłożu leży pokrywa żwirów granitowych i kwarcytów, tkwiących w gruboziarnistych piaskach lub glinie piaszczystej. Jest to fragment zasypania plejstoceńskiego o wysokości ok. 60 m. Żwirry są miejscami bardzo silnie zwietrzałe i przy uderzeniu rozsypują się.

Na tych utworach miałyby być sypana zapora w postaci wału ziemnego. Ze względu na znaczną przepuszczalność żwirów musiałyby one być przecięte przedłużeniem ekranu lub jądra sięgającego do nieprzepuszczającego podłoża. Dodatkowym problemem jest osuwisko przy zaporze na lewym przyczółku. Odpowiednie zabezpieczenie zbocza jest bardzo ciekawym zagadnieniem geotechnicznym.

ZAPORA W SROMOWCACH WYŻNICH

Na terenie Sromowiec Wyżnich projektowane jest usytuowanie zapory wyrównawczej dla zbiornika w Niedzicy. Tego typu zapora posiada niewielką wysokość piętrzenia — około 4 m. Ze względu na znaczną szerokość doliny (ok. 400 m) zapora ma wskaźnik proporcjonalności charakterystyczny dla zapór dolinnych. Lewy przyczółek zapory stanowi skała wapieni tytono-neokomu, płytowych z wkładkami łupków spekań. Całe dno doliny zbudowane jest z ciemnych, czarnych margli cenomanu oraz utworów łupkowych fliszowych turonu, z których zbudowany jest również prawy przyczółek. Bieg warstw przy pionowym ich ustawieniu jest nieco skośny do kierunku doliny i z osią zapory tworzy on kąt ok. 35°. Jest to szczególnie niekorzystny przypadek, gdyż zapora bez wykonywania ekranu byłaby połączona z podłożem jedynie za pomocą zębu.

Skręcenie osi zapory zgodnie z biegiem warstw spowodowałoby znaczny wzrost jej długości (niemal dwukrotny). Wykonane badania wodochłonności wykazały wodochłonność od 0,056—0,11 l/min/m/mb czyli $k = 3 \times 10^{-6}$ do 7×10^{-5} . Wszelkie zabiegi uszczelniające przez cementację nie dają wyniku, a bardzo łatwo powodują rozwarstwienie skał.

SUMMARY

In the article the author discusses two varieties of dams being projected on the Dunajec river within the Pieniny region, the first one concerning a dam at Niedzica (Castle), the second one at Zielone Skałki. Moreover, the author presents a project of dam at Sromowce Wyżne, which is foreseen to be an equalizing basin for the dam at Niedzica.

In the light of geological structure, the author discusses geological-engineering conditions of several regions and presents results of geological-engineering investigations made in the area under study.

РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются два варианта проектируемых плотин на р. Дунаец в Пенниннах. Вариант I плотины в местности Недзица и вариант II — в местности Зелёно-Скалки. Кроме того, описывается проект плотины в Сромовце-Выжне, запланированной для образования выравнивающего водоема для плотины в Недзице.

Автор описывает инженерно-геологические условия в увязке с геологическим строением и приводит результаты инженерно-геологических исследований.