

Pół wieku od zakończenia budowy największej zapory wodnej w Polsce i oddania do eksploatacji hydroelektrowni na Sanie w Solinie

Inżynierski survival

Fot. ze zbiorów PGE Energia Odnawialna S.A., Oddział ZE W Solinie-Myrkowie

Zapora wodna w Solinie w trakcie budowy – widoczne sekcje (jako oddzielne bloki), w środkowej części rysunku – konstrukcja hali maszyn, po prawej u dołu – niecka wypadowa



Życzyłbym każdemu młodemu inżynierowi, żeby jego pierwsza praca po studiach miała miejsce na tak niezwykłym obiekcie i była tak interesująca. Trzeba było pokonać lęk wysokości, uporać się z trudnościami technicznymi i wreszcie ponosić odpowiedzialność za współtowarzyszy pomiarów.

Konrad P. Eckes

O kres wielkiej suszy i znacznego obniżenia się poziomu rzek, z jakim mamy ostatnio do czynienia, przejściowo przysłania groźne obrazy nadmiaru niesionej przez nie wody. Ale destrukcyjna działalność rzek – przerywanie wałów, zalewanie osiedli ludzkich i niszczenie infrastruktury – to wcale nie taka odległa przeszłość. Powódź w roku 1997 pokazała, jakie podstawowe błędy popełniono w Polsce w zakresie gospodarki wodnej i lokalizacji osiedli. Tragedie niektórych dzielnic Wrocławia i Opo-

ła na długo powinny być ostrzeżeniem, że woda jest żywiołem nie tylko w swoim górskim biegu, lecz także na nizinach.

Jednym ze sposobów opanowywania siły rzek jest budowanie zapór i tworzenie sztucznych jezior. Takie działanie ma zalety i wady. Jezioro zaporowe zajmuje obszar najczęściej w jakimś stopniu zagospodarowany i w dramatyczny sposób narusza lokalne stosunki społeczne, przyrodnicze i gospodarcze. Jednak powodzie wywołują straty tak wielkie, że czynnik ochrony ludzi i mienia staje się przeważający. Dodatkowych argumentów za wznoszeniem budowli piętrzących dostarcza możliwość regulowania stosunków wodnych, gromadzenia rezerwy wody dla miast, wytwarzania i akumulowania energii elektrycznej, jak również aktywizacja gospodarcza lokalnego regionu poprzez rozwój turystyki i rekreacji.

• Zanim przystąpiono do budowy

Polska jest w większości krajem nizinnym, gdzie piętrzenie jezior wymaga budowy wałów. Najkorzystniejszą sytuacją wygląda w części południowej o rozwiniętej rzeźbie terenu. Po stronie wschodniej znajduje się sześć prawobrzeżnych dopływów Wisły, spośród których największy jest San (443 km długości). W XVI i XVII wieku San był żeglowny, aktywny gospodarczo, w wieku XIX były czynione próby reaktywacji tej roli, mimo że rzeka nadal pozostawała całkowicie nieuregulowana.

W początkach XX wieku zwrócono uwagę na zawężenia doliny w górskim biegu Sanu, dobrze nadające się do zamknięcia jej tamą w celu regulacji przepływu wody. Jedno z nich znajdowało się w rejonie ujścia do Sanu potoku Solinka. Pierwsze prace projektowe nad zlokalizowaniem tam zapory były prowadzone na Politechnice Lwowskiej już w roku 1921. Jednak odrodzone po zaborach państwo polskie miało wiele innych priorytetów gospodarczych i regulacja stosunków wodnych musiała zejść na dalszy plan.

Ale w roku 1934 katastrofalne skutki największej powodzi 20-lecia międzywojennego przypomniały o problemach gospodarki wodnej. Już wtedy w trakcie budowy była zapora wodna w Porąbce na Sole. W roku 1935 przystąpiono do budowy zapory w Rożnowie na Dunajcu, a w roku 1938 rozpoczęto w bezpośrednim sąsiedztwie Soliny budowę zapory w Myczkowcach, którą zakończono w okresie powojennym. Relatywnie mały stopień wodny w Myczkowcach nie rozwiązywał jednak problemu ochrony przeciwpowodziowej i dostarczał niewielką ilość energii elektrycznej. Po wojnie wrócono więc do wcześniejszych

studiów lokalizacji zapory wodnej w Solinie. Po szerokich badaniach geologicznych wykonano projekty i w roku 1961 przystąpiono do budowy w tym miejscu wielkiej zapory betonowej ciężkiej.

• Szczegóły konstrukcyjne i organizacja budowy

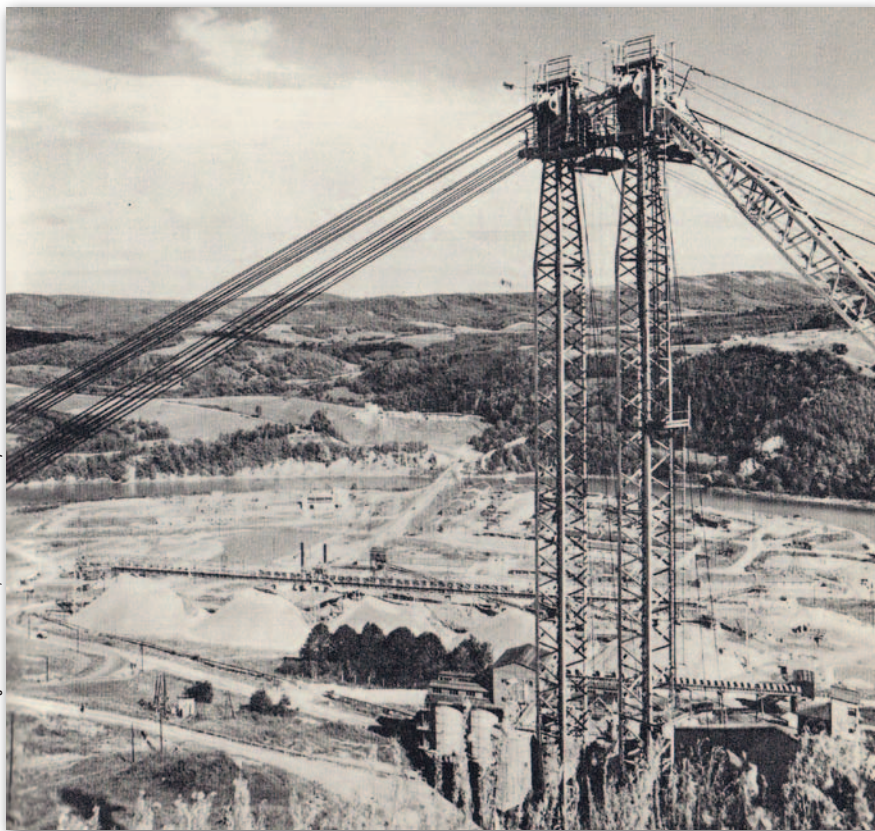
Zarówno wygląd zapory betonowej ciężkiej, jak i intuicja mogą wskazywać na to, że jest ona jednym monolitycznym blokiem. W rzeczywistości jest to jednak budowla złożona z wielu niezależnych bloków, zwanych sekcjami. Dylatacje pomiędzy sekcjami są uszczelnione bardzo wytrzymałą, grubą gumową taśmą, wtopioną w sąsiadujące ze sobą ściany bloków. Górotwór, na którym jest osadzona zapora, ugina się pod jej ciężarem i taka konstrukcja łańcucha bloków umożliwia bezawaryjne dopasowywanie się do podłoża. Zapora wodna w Solinie składa się z 43 sekcji, które tworzą koronę o długości 664 m (rys. 1). W najniższym miejscu doliny zapora osiąga wysokość 81,7 m.

Ale nawet te składowe bloki nie są monolitami – zawierają wewnątrz tunele komunikacyjne (galerie), komory na instalacje, kanały wodne (rurociągi, upusty denne) i komory oszczędnościowe o kształcie heksagonalnych studni. Te ostatnie – w niczym nie naruszając statyki budowli – pozwalają obniżyć jej

ciężar. Tak zwane sekcje energetyczne wyróżniają się wyjątkową złożonością budowy. Zawierają wloty wody, komory zasuw i rurociągi prowadzące strugę wody do turbin zlokalizowanych u podnóża zapory, na dolnym poziomie hali maszyn. Woda, która wykonała swoją pracę, wypływa do niecki wypadowej, gdzie jest spowalniana. W języku budownictwa hydrotechnicznego rozciągłość zapory jest granicą podziału lokalnej przestrzeni na strefę „wody dolnej” i „wody górnej”. Ta terminologia jest stosowana powszechnie do określania położenia lub kierunków.

Jednym z ważnych problemów każdej budowy jest transport sprzętu i materiałów budowlanych. Na małych i średnich placach budowy zawsze można zorganizować transport poziomy i pionowy, ten drugi za pomocą dźwigów. Natomiast zapora wodna jest obiektem o dużej rozciągłości, jej korona zwęża się ku górze, poszczególne sekcje mają różne wysokości. Na koronie zawsze składowana jest znaczna ilość sprzętu i materiałów, takich jak szalunki, pręty zbrojeniowe, wibratory, taśmy uszczelniające. Jakikolwiek transport poziomy na koronie zapory nie jest praktycznie możliwy.

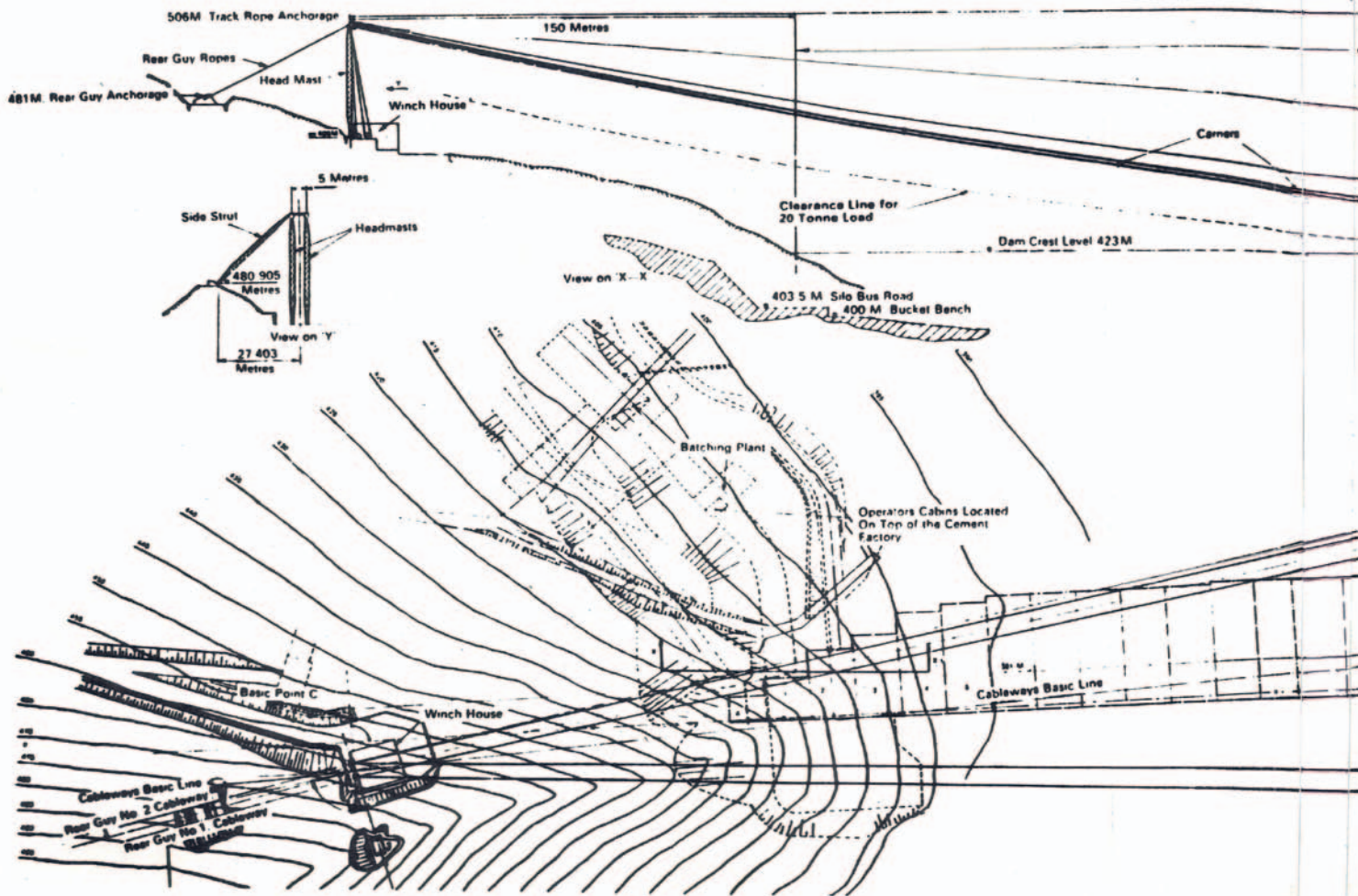
Dla tak rozległych i trudnych placów budowy stosuje się dźwignice linotorowe, których lina jest rozpięta pomiędzy wieżą stałą i wieżą ruchomą poruszającą



Widok na San i inwestycję od strony masztu stałego dźwignicy linotorowej.

Na sąsiedniej stronie: pamiątkowy znaczek zakończenia budowy zapory z kolekcji autora

Fot. ze zbiorów PGE Energia Odnawialna S.A., Oddział ZEW Solina-Myczkowiec



Rys. 1. Rzut sytuacyjny konturu zapory z oznaczeniem zarysu sekcji. Budowę zapory obsługiwała brytyjska dźwignica linotorowa o cięciwie przeszła 710 m, rozpięta pomiędzy wieżą stałą (po lewej) i dwiema wieżami ruchomymi (po prawej) poruszającymi się po łuku okręgu. Rysunek górny przedstawia profil przęsła dźwignicy z analizą obciążenia ładunkiem 10 i 20 ton. Źródło: „International Ropeway Review” [1]

się po torowisku o kształcie łuku okręgu. Dźwignica linotorowa jest podobna do kolejki linowej o jednym przęśle, której jedna podpora jest stała, a druga ruchoma. Łuk wieży ruchomej zapewnia pracę dźwignicy w poziomie – na wycinku koła, pomiędzy dwoma promieniami, natomiast transport pionowy jest realizowany poprzez podnoszenie i opuszczanie ładunku.

W celu obsługi budowy zapory wodnej w Solinie została zakupiona i zainstalowana dźwignica linotorowa produkcji brytyjskiej (rys. 1). Parametry dźwignicy zostały ściśle dostosowane do topografii placu budowy: w poziomie – do zasięgu konturu budowli, a w pionie – do projektowanej rzędnej korony zapory. Rozpiętość przęsła (odległość między masztami stałym i wieżą ruchomą) wynosiła 710 metrów. Kąt środkowy między skrajnymi promieniami dźwignicy miał około 14 stopni, stąd mogła ona teoretycznie obsłużyć obszar blisko 6,1 hektara.

Dla usprawnienia prac budowlanych przewidziano instalację dwóch niezależnych dźwignic, których wieże ruchome poruszały się po tym samym łuku torowiska. Pola zasięgu pracy prawie się pokrywały. Wieże ruchome oczywiście nie mogły się mijać, więc każda z nich miała nieco inny graniczny zasięg od strony wody dolnej i wody górnej (rys. 1).

• W układach lokalnych

Pomiary sytuacyjno-wysokościowe do projektu zapory nie odbiegały od standardu. Natomiast osnowa do prac realizacyjnych i same pomiary miały wiele cech szczególnych. Jedną z nich była nieregularność geometryczna osnowy lokalnej. Badania geologiczne wykazały, że tamta nie może przebiegać pomiędzy przyczółkami w linii prostej, musi być załamana w kierunku wody dolnej w przybliżeniu o kąt równy 13 stopni (rys. 1). Budowle piętrzące betonowe lekkie (łukowe) są wygięte w kierunku wody górnej. Mogą być relatywnie cienkie, ponieważ napór wody jest równoważony przez osadzenie na przyczółkach. Teoretycznie załamanie zapory w Solinie w kierunku wody dolnej powinno być niekorzystne. Ale jest to zaporą typu ciężkiego, utrzymuje napór wody swoją masą i takie załamanie nie pogarsza jej statyki. Konsekwencją tego załamania było stosowanie dwóch umownych osi podłużnych zapory przecinających się pod kątem 13 stopni.

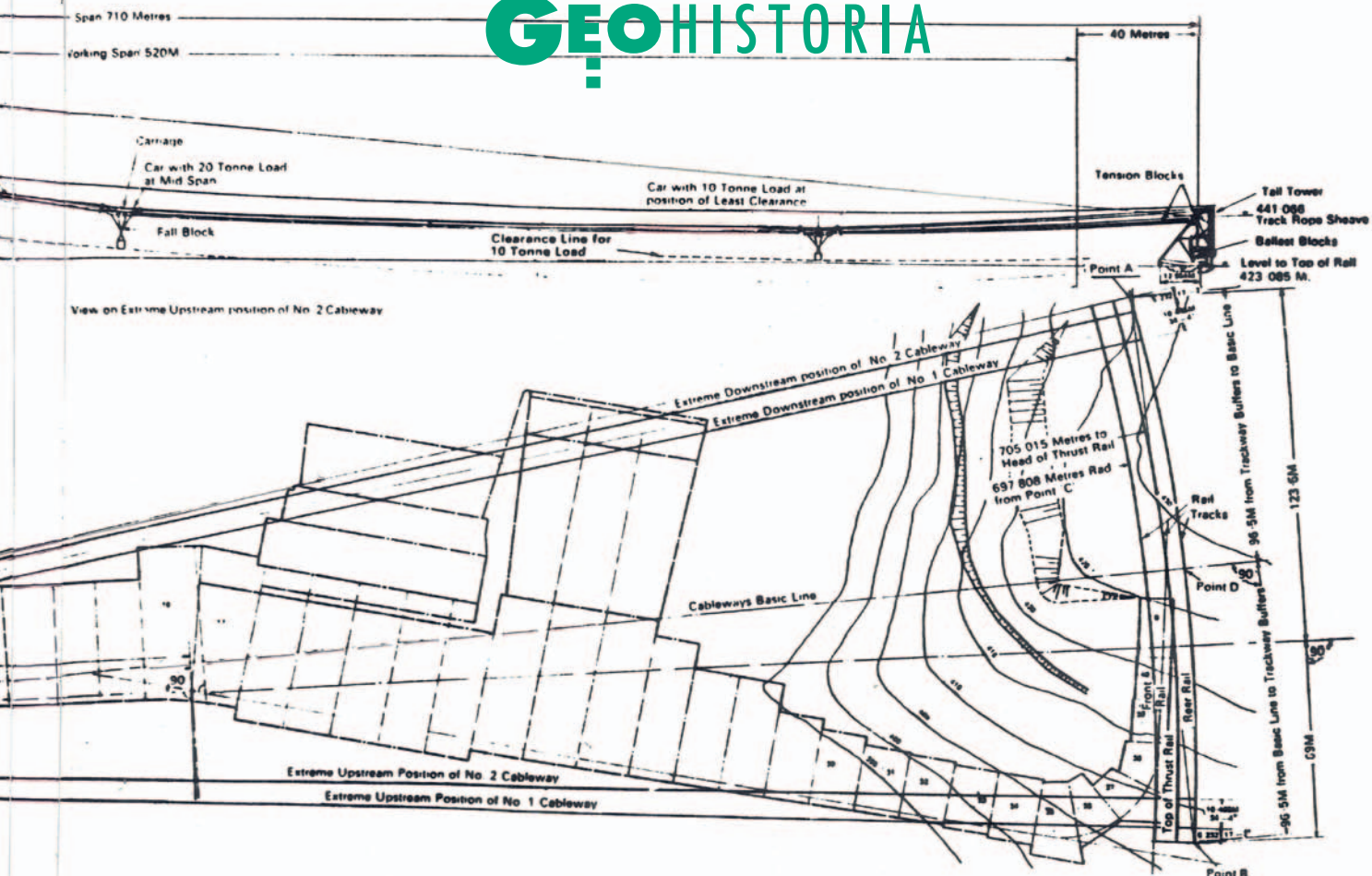
Każda sekcja miała swój lokalny układ współrzędnych – jedna oś pokrywała się z kierunkiem rozciągłości zapory do miejsca jej załamania, a druga była prostopadła do niej. W tym lokalnym układzie współrzędnych dla każdej sekcji by-

ły realizowane i weryfikowane kształty szalunków do betonowania korpusu budowli i złożonych kształtów w jej wnętrzu oraz wszystkie dodatkowe urządzenia techniczne.

Codziennym obowiązkiem pracowników grupy pomiarowej było tyczenie osi lokalnego układu współrzędnych sekcji. Na podstawie wyznaczonych znaków zespoły wykonawców budowały szalunki obrysu sekcji i różnych kształtów wewnętrznych. Szczegółowy pomiar szalunków przed wylaniem betonu wykazywał dość często pewne niewielkie rozbieżności, które musiały być bezwzględnie skorygowane. Przy takim odbiorze prac autorytet geodety nie był podważany, chociaż konieczne poprawki były przyjmowane niezbyt przychylnie.

Wyznaczanie osi sekcji było wykonywane od strony wody dolnej i w miarę możliwości od strony wody górnej. Nie raz trzeba było pokonywać różne lokalne trudności terenowe – odkopywać znaki, wznawiać uszkodzone, dopływać do znaku na tratwie z szalunków lub brodzić w zalewisku.

W trakcie budowy zapory i urządzenia przyszłego jeziora prowadzone były różne pomiary przemysłowe. Została wyznaczona w terenie linia brzegowa (warstwa zalewu) o długości 150 km w celu



przeniesienia infrastruktury i usunięcia trwałej roślinności. Tyczone były różne łuki – łuk Sanu od strony wody dolnej, krzywe zrzutu wód z przelewów, łuki rurociągów – od wlotu aż do turbozespołów. W prawie już gotowych rurociągach tyczone były miejsca do montażu aparatury do badania parametrów strugi wody.

• Tajemnice dźwignicy

Jednym z pierwszych nietypowych pomiarów realizacyjnych było wytyczenie położenia elementów konstrukcyjnych dźwignicy. Były one tyczone od osi dźwignicy (*cableways basic line*), której kierunek pokrywał się z dwusieczną kąta pomiędzy granicznymi promieniami zasięgu od strony wody dolnej i górnej (rys. 1). W płaszczyźnie pionowej należało zrealizować zgodną z projektem strzałkę zwisu liny nośnej dźwignicy, której punkt zamocowania na wieży stałej miał rzędną 506 m, a na wieży ruchomej 441 m. W stanie nieobciążonym lina przyjmuje teoretycznie kształt tak zwanej krzywej łańcuchowej, którą obciążenie ładunkiem deformuje. Zbiór wszystkich możliwych położenia ładunku tworzy trajektorię zależną od obciążenia. Na budowie zapory były stosowane powszechnie pojemniki z betonem o masie 20 ton. Taka pojemność umożliwiała w miarę sprawny postęp budowy. Standardem było wylanie kolejnych warstw (faz) o grubości 2,5 m. Po

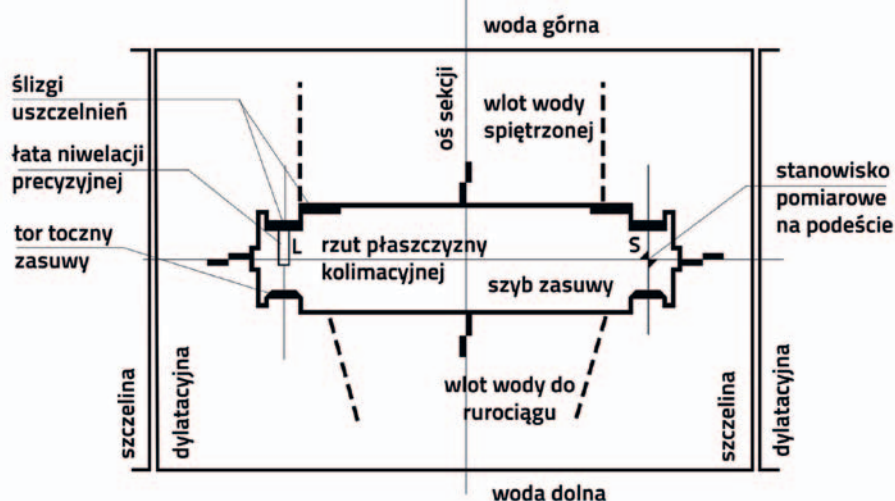
wylaniu warstwa była wibrowana, następnie tężala, wydzielając ciepło, i była bez przerwy schładzana wodą. Do wylania najwyższych faz betonu, bliskich projektowanej korony zapory, trajektoria ładunku 20-tonowego nie mogła być zastosowana, ponieważ w strefie wież ruchomych przecinała się z rzędną korony zapory. Dlatego dla niewielkiej grupy sekcji zlokalizowanych w pobliżu wież ruchomych był przewidziany pojemnik 10-tonowy, którego trajektoria nieznacznie przewyższała rzędną korony 423 m, jednak o tyle, że wystarczyło to do bezawaryjnego przebiegu prac (rys. 1, u góry po prawej).

W okresie komunistycznym obowiązywała powszechnie zasada tajności. Dotyczyło to szczególnie tak ważnych obiektów przemysłowych, jak zapora w Solinie. Ale większe przedsięwzięcia inżynierskie krajów socjalistycznych zderzały się z brakami technologicznymi, co zmuszało decydentów do sięgania do zaawansowanych doświadczeń krajów zachodnich. Tak było także z dźwignicą do obsługi budowy zapory na Sanie. Do szczegółowego zaprojektowania parametrów dźwignicy konieczna była mapa zawierająca kształt istniejącej powierzchni topograficznej terenu projektowanej zapory oraz przybliżony zarys jej konturów, łącznie z rzędnymi wysokościami. Takie dane musiały być udostępnione projektantom dźwigu. Znaczne

wymiary zapory i wynikające z tego parametry eksploatacyjne sprzedanego produktu musiały być na tyle atrakcyjne, że zostały opisane latem 1970 r. w międzynarodowym czasopiśmie naukowym poświęconym transportowi linowemu „International Ropeway Review” w artykule pod tytułem „British Cableways Help to Build Dams in Poland” [1]. W warunkach wolnego świata nikt nie przypuszczał, że takie materiały mogą podlegać restrykcjom tajności. Rysunek 1 został zaczerpnięty z tego artykułu, z czasopisma, które do dziś znajduje się w Bibliotece Głównej AGH. Autor niniejszego artykułu zachował wtedy treść i ilustracje artykułu wyłącznie dla siebie, aby nie narażać środowiska budowniczego zapory na kłopoty.

• Zasuw i ślizgi

W niektórych pomiarach realizacyjnych była wymagana bardzo wysoka dokładność. Typowym przykładem może tu być dopasowanie zasuw w sekcjach energetycznych. Wloty wody do rurociągów są regulowane przez zasuw. Istnieją ich dwa zestawy – zasuw awaryjne i remontowe. Zasuw pracują w pionowej komorze (w szybie) i toczą się po pionowym torowisku od strony wody dolnej, natomiast od strony wody górnej znajdują się ślizgi uszczelnień (rys. 2). Należy doprowadzić do całkowitej płaskiej powierzchni zarówno ślizgi uszczelnień trwale zamontowane w szy-



Rys. 2. Metodyka sprawdzania płaskości ślizgów uszczelnień w szybie zasuw wstrzymujących strugę wody do turbin – precyzyjne domiary do płaszczyzny kolimacyjnej teodolitu wyposażonego w nasadkę musiały zapewnić dokładność rzędu 0,1-0,3 mm (zmodyfikowany rysunek z artykułu autora [2])

bie, jak i brzegi ruchomych zasuw, które w stanie zamknięcia wlotu wody powinny ściśle przylegać do ślizgów. Zarówno ślizgi, jak i zasuw mogły być doprowadzane do płaskości poprzez szlifowanie. Należało tę płaskość wyznaczyć z dokładnością od 0,1 do 0,3 mm.

Kilkumetrowe, ciężkie zasuw były montowane w zakładach metalowych w Skarżysku-Kamiennym. Do pomiarów były udostępnione w pozycji leżącej z gładzią skierowaną ku górze. Płaskość była wyznaczana w dość łatwy sposób – za pomocą niwelacji precyzyjnej. Natomiast ślizgi uszczelnień były zamontowane na stałe w szybach zasuw i w tym przypadku zapewnienie podobnej bardzo wysokiej dokładności stało się wyzwaniem dla opracowania metodyki i przygotowania nietypowego sprzętu. Ustalono, że będą wykonywane domiary do płaszczyzny kolimacyjnej teodolitu. Stanowisko teodolitu znajdowało się na podeście przyspawanym doraźnie po jednej stronie komory zasuw, a domiary były wykonywane do płaszczyzny kolimacyjnej po drugiej stronie szybu (rys. 2). W celu znacznego zwiększenia dokładności odczytu na poziomie ustawionej łacie starannie zretyfikowany teodolit Theo 010 miał zamontowaną na lunecie nasadkę z płytką płasko-równoległą, identyczną jak w niwelatorze precyzyjnym. Odczyty były wykonywane na krótkiej łacie z podziałem jak w niwelacji precyzyjnej, przyklądanej do ślizgów uszczelnień w oznaczonych miejscach.

• Pomiary odkształceń i przemieszczeń

Choć olbrzymi korpus zapory jest dla przeciętnego obserwatora sztywną bryłą betonu, to dla doświadczanego inżyniera

niemniej jest obiektem podlegającym pewnym odkształceniom pod wpływem sił zewnętrznych. Najcięższa zapor wodna świata Grande Dixence (o długości 695 m, wysokości 285 m i o grubości przy podstawie 200 m), położona we francuskojęzycznej części Szwajcarii, pracuje cyklicznie w rytmie roku. Latem gromadzi wodę z alpejskich lodowców, a w zimie dostarcza energii, doprowadzając do niemal całkowitego opróżnienia jeziora. Poddanie tamy siłom naporu wody i uwolnienie tych sił powoduje uginanie się tak potężnego korpusu zapory, a następnie odprężanie dochodzące do 11 centymetrów. Znajomość realnych odkształceń korpusu zapory ma fundamentalne znaczenie dla oceny bezpieczeństwa budowli. Dlatego tak ważne jest kontrolowanie odkształceń, zwłaszcza w okresie piętrzenia jeziora.

Na terenie budowy zapory wodnej w Solinie systematycznie były wykonywane pomiary stałości i ewentualnych odkształceń: we wnętrzu budowli (pomiary względne) oraz na zewnątrz w lokalnym układzie współrzędnych (pomiary bezwzględne). W obydwu przypadkach były postawione bardzo wysokie wymagania dokładnościowe. Pomiary względne były prowadzone w galeriach (w tunelach) na styku sąsiadujących ze sobą sekcji. W tych miejscach były osadzone znaki, na podstawie których mierzono cyklicznie zachowanie się szczeliny dylatacyjnej. Ten pomiar nic nie mówił o bezwzględnych ruchach brył sekcji, świadczył natomiast o wzajemnych relacjach pomiędzy sąsiadującymi sekcjami. Odczyty szczełinomierzy były wykonywane z dokładnością do setnej części milimetra. Pewną cechą niezależności miały pomiary pochylania się bloków sekcji realizowane za pomocą klinometrów. W tym przypadku kierunkiem odniesienia była linia pionu.

Zespół specjalistów dokonywał interpretacji łańcucha obserwacji przechodzącego przez wszystkie dylatacje.

Ten cenny materiał obserwacyjny nie dawał jednak szczegółowego obrazu ruchu obiektów zapor w zewnętrznym, bezwzględny układzie odniesienia. Takie możliwości interpretacyjne stwarzała sieć niwelacji precyzyjnej i sieć lokalnej mikrotriangulacji mierzone z najwyższą dokładnością. Punkty mikrosieci były zastabilizowane słupami obserwacyjnymi z wymuszonym centrowaniem. Do pomiarów był zakupiony teodolit Wild T3 produkcji szwajcarskiej (obecnie Leica), wtedy sprzęt najwyższej klasy światowej. Instrument miał pod spódarką zamocowaną kulę, która wchodziła do gniazda słupa obserwacyjnego. O przestrzeganiu zasad wysokiej dokładności może świadczyć to, że powierzchnia kulki była sprawdzana czujnikiem, czy nie wykazuje nieregularności i możliwych luzów w gniazdach bloków obserwacyjnych. Przywiązywano również dużą wagę do warunków atmosferycznych pomiarów. Należało maksymalnie wyeliminować wibracje rozgrzanego powietrza, zachować stabilność temperatur stanowisk i celów. To samo dotyczyło drgań podłoża wywołanych pracą różnych maszyn. Dlatego pomiary prowadzono głównie we wczesnych godzinach rannych.

• Obliczenia na piechotę

Po wykonaniu pomiarów opracowywano wyniki, które były przygotowywane do wyrównania sieci. Nadzór merytoryczny nad obliczeniami i interpretacją końcowych wyników sprawowali pracownicy nauki z Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Czołową rolę odgrywał profesor Tadeusz Lazzarini cieszący się wtedy dużym autorytetem w zakresie pomiarów przemysłowych. Dla młodego inżyniera, jakim wtedy byłem, praca pod kierunkiem profesora, którego podręczniki uznawano powszechnie także w środowisku AGH, stanowiła wielki zaszczyt.

Była to druga połowa lat 60. ubiegłego stulecia, istniało już wtedy oprogramowanie do wyrównywania obserwacji z pomiarów sieci, ale nie było żadnych możliwości technicznych przesłania opracowanych wyników do ośrodków obliczeniowych. Tymczasem zespół ekspertów z Politechniki Warszawskiej chciał niezwłocznie otrzymać wyniki końcowe, aby przystąpić do interpretacji. Ponieważ nie było jeszcze kalkulatorów elektronicznych, wyrównanie sieci metodą pośredniczącą było wykonywane za pomocą ręcznych arytmometrów mechanicznych. Układ równań normalnych

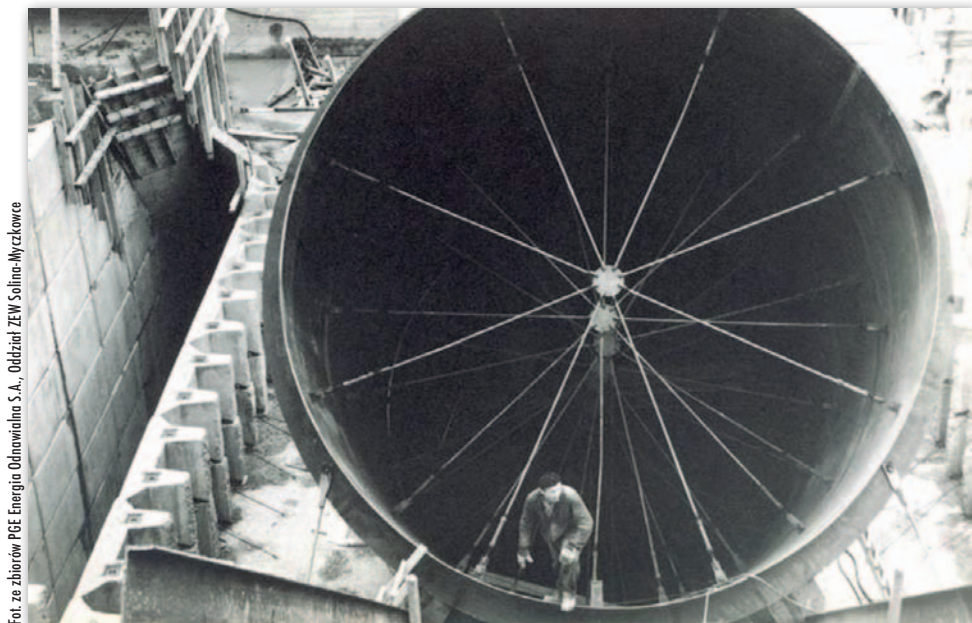
o kilkunastu niewiadomych rozwiązywano metodą pierwiastka krakowianowego zgodnie z algorytmem Banachiewicza. Zespół kilku inżynierów pracował nad tym około trzech dni w atmosferze maksymalnej koncentracji, do późnych godzin nocnych.

Tak pracochłonna droga dochodzenia do wyników jest niewyobrażalna dla obecnego pokolenia. Ale w tamtych czasach absolwentom AGH, którzy przez lata studiów mieli sporo do czynienia z rachunkiem krakowianowym, takie obliczenia nie sprawiały większych trudności i przebiegały sprawnie. A poza tym można było poczynić pewne oszczędności czasowe przez umiejętne układanie równań obserwacyjnych. Należało je tak ustawić, żeby ciągnące się wyrazy w kolumnach pojawiały się jak najpóźniej, a było jak najwięcej wyrazów zerowych w pierwszej fazie obliczeń. Po wszechnie stosowane dziś obliczenia komputerowe wprawdzie ekstremalnie ułatwiają opracowywanie wyników, ale chyba także zwalniają z twórczego myślenia. Cały proces obliczeń przebiegał w przyjaznej atmosferze, była to efektywna współpraca przedstawicieli dwóch środowisk (Warszawy i Krakowa) odciętych od świata zewnętrznego i połączonych ze sobą dążeniem do wspólnego celu – dostarczenia danych do interpretacji.

• Rozważnie i romantycznie

Z terenu przyszłego jeziora została usunięta wszelka infrastruktura, podobnie jak trwała roślinność. Piętrzące się wody zalewały doliny pełne kwiatów i można było codziennie oznaczać ich bieżący zasięg. Niektóre lokalne wyniesienia topograficzne powoli stawały się półwyspami, następnie zwały się, zamieniały w wyspy, aby w końcu zniknąć pod powierzchnią wody. Kierowany jakimś nieznanym człowiekowi zmysłem zwierzył wszelaki dzień i nocą umykał do wyższych partii gór w obawie przez zalaniem jego siedliska. Można było obserwować nawet pochody mrówek uciekających przed powiększającym się zalewem.

Całodzienna wyprawa do krańców jeziora odbywana na łódeczce służbowej geologów odsłaniała piękno przyrody i krajobrazu, gdzie wprawdzie powstawało jezioro, ale także zabudowa, komercja i błotniste brzegi wywołane wahaniami się lustra wody. Nad tworzącym się jeziorem nie było żadnego nadzoru, nie obowiązywały też żadne prawa regulujące korzystanie z wody otwartej. Można było robić praktycznie wszystko, byle nie zbliżać się do zapory.



Fot. ze zbiorów PGE Energia Odnawialna S.A., Oddział ZEW Solina-Myszakowe

Monumentalna inwestycja w Solinie trwała 8 lat i zakończyła się 20 lipca 1968 r.

Małe, zamknięte społeczeństwo bezpośrednich wykonawców zapory zawierało cały przekrój ludzki: od fachowców, którzy kosztom rozłąki z rodziną chcieli lepiej zarobić, aż do ludzi o niejasnej przeszłości, którym imponowało środowisko rozluźnionego prawa. To osiedle żyło zagubione na peryferiach kraju i w całej jego różnorodności czynnikiem integrującym był postęp prac budowlanych. Dla tych ludzi liczyły się tony wylanego betonu. Praca była prowadzona na trzy zmiany. Kiedy zapadał zmrok, zapórę rozświetlały reflektory, pojawiały się setki lokalnych świateł. Gdy nawet nie były bezpośrednio widoczne, to odgłos maszyn świadczył, że zapora rośnie, a za nią piętrzy się jezioro.

• Najcięższa w Polsce

W zespole energetycznym w Solinie zamontowano dwie turbiny Francisa i po raz pierwszy w kraju zastosowano dwie turbiny rewersyjne, które spełniają ważną funkcję regulacyjną w zarządzaniu mocą w sieci krajowej i europejskiej. Zespół turbin produkuje 200 MW. W ciągu trzech minut od uruchomienia może dostarczyć tyle energii, ile wymaga ponadpółmilionowe miasto.

Zapora wodna w Solinie umożliwia spiętrzenie jeziora do głębokości 60 metrów, utrzymuje zbiornik o powierzchni 22 kilometrów kwadratowych i pojemności 474 milionów metrów sześciennych. Imponują również parametry materiałowe tej niepowtarzalnej budowli. Do jej budowy zużyto 820 tysięcy metrów sześciennych betonu. Aby go przygotować, użyto 200 tysięcy ton cementu i 1,7 miliona ton kruszywa pozyskanego z pobliskiego kamieniołomu w Bóbrce.

Zapora wodna w Solinie jest najcięższą budowlą w Polsce, waży 2 miliony ton.

Życzylbym każdemu młodemu inżynierowi, żeby jego pierwsza praca po studiach miała miejsce na tak niezwykłym obiekcie, była tak interesująca, chociaż pełna trudnych zadań, oraz pozwoliła wykorzystać wiedzę nabytą na uczelni i zweryfikować ją w praktyce, jak to miało miejsce w moim przypadku. Ta praca pozwoliła mi także zmierzyć się z problemem zachowania pewnych zasad w trudnym środowisku części tego lokalnego społeczeństwa. Pozwoliła przeżyć ten inżynierski survival, w którym należało pokonać lęk wysokości, uporać się z trudnościami technicznymi w komorach, tunelach i szybach, nauczyć się korzystać z doraźnego sprzętu pływającego, aby dotrzeć do znaków, i wreszcie ponosić odpowiedzialność za współtowarzyszy pomiarów.

Kryzys klimatyczny naszych czasów i przewidywane braki wody sprawiają, że coraz częściej słyszymy o potrzebie budowania zbiorników retencyjnych. To stwarza perspektywę powstawania nowych zapór. A więc rysuje się nadzieja, że miłośnicy pomiarów przemysłowych powiązanych z piętrzeniem jezior będą mieli szansę urzeczywistnienia swoich zawodowych ambicji.

prof. Konrad P. Eckes

Literatura

- [1] Alex L. Smith, C. Eng., M.I. Mech. E.: British Cableways Help to Build Dams in Poland, International Ropeway Review, vol. 12, No. 3, July-September 1970,
- [2] Eckes K.: Geodezyjna obsługa montażu urządzeń prowadzących stalowych zamknięć zasuwowych w wielkich budowlach piętrzących, „Przegląd Geodezyjny” 1971, nr 3.