

Sanierung eines Vertikalschachtes der Maggia-Kraftwerke in Peccia

Ottavio Martini und Hans Gubler

Die beschädigte Stahlauskleidung eines 130 m hohen Vertikalschachtes (Wasserschloss) mit 5 m Durchmesser ist durch eine 15 cm starke, doppelt armierte Spritzbetonauskleidung (1813 m²) ersetzt worden. Die Sanierung dauerte 4,5 Monate und kostete 2,25 Mio Franken.

Baugeschichte

Die Anlage von Peccia wurde in den Jahren 1951 bis 1955 erstellt, während der ersten Bauetappe der Maggia-Kraftwerke (Bild 1).

Sie umfasst das Speicherbecken Sambuco (63 Mio m³, Stauziel 1461 m ü. M.) oberhalb Fusio, einen 5,3 km langen Druckstollen von 2,2 bis 3,2 m Durchmesser, einen 130 m hohen Vertikalschacht (Wasserschloss) mit 5,0 m Durchmesser, einen 790 m langen Druckschacht von 1,9 bis 1,7 m Durchmesser und 70% Gefälle und die unterirdische Zentrale Peccia. Darin sind zwei horizontalachsige Zwilling-Peltonturbinen mit einer Leistung von 47 MW, 300 U/min, 14,5 m³/s und zwei Pumpengruppen von 22 MW und 4,5 m³/s Leistung installiert. Das dazugehörige Ausgleichsbecken hat ein Fassungsvermögen von 115 000 m³ mit einem Stauziel von 1032 m ü. M. (Bild 2).

Den Vertikalschacht baute man einer grossen Felsverwerfung wegen etwa 50 m weit vom ursprünglich geplanten Standort entfernt. Er war bis auf eine Höhe von 122,5 m mit Stahlblechen von 8 bis 12 mm Stärke verkleidet. Der Zwischenraum zwischen Fels und Panzerung ist mit Beton ausgefüllt. Zur Durchführung von Kontrollen und Revisionen ist das Drucksystem von Peccia von 1955 bis 1985 sechsmal vollständig und zweimal teilweise entleert worden. Dabei hat man keine Schäden oder grössere Wasserverluste festgestellt.

Schaden und vermutete Ursache

Seit Ende Sommer 1986 sind stetig zunehmende Wasserverluste im Zugangstollen zum Schachtfuss beobachtet worden. Die von Ende 1986 an regelmässig gemessenen Werte haben bald einen direkten Zusammenhang zwischen den Verlusten und der Stauhöhe im Speicherbecken Sambuco aufgezeigt. Im Sommer 1989 haben sie gegenüber dem Vorjahr stark zugenommen, obwohl der Vollstau in Sambuco nicht erreicht wurde. Als man Anfang 1990 bei bereits sinkendem Seespiegel nochmals eine massive Zunahme der Wasserverluste feststellte, beschloss man eine Kontrolle der betroffenen Anlagen.

Nach der Teilentleerung des Drucksystems wurden am 24. April 1990 der Druckstollen Sambuco-Peccia und das Wasserschloss in Peccia inspiziert. Dabei sind Schäden an der Panzerung des Vertikalschachtes entdeckt worden. Die Blechhautkleidung war bis auf eine Höhe von 90 m eingebeult, im unteren Teil fast bis zur Hälfte des Schachtdurchmessers (Bild 3).

Mit grosser Wahrscheinlichkeit sind die Schäden im Frühsommer 1986 entstanden, kurz bevor erstmals grössere Sickerwassermengen festgestellt wurden. Damals fanden bei extrem niedrigem Seespiegel Räumungsarbeiten an der Wasserfassung im Sambuco-Becken statt. Infolge starker Schneefälle im April 1986 lag im Tessin unterhalb 2000 m ü. M. eine überdurchschnittlich hohe Schneedecke. Die durch die Räumungsarbeiten verursachte niedrige Stauhöhe im Wasserschloss und der

hohe Wasserdruck im umgebenden Gebirge infolge starker Schneeschmelze dürften die erwähnten Schäden an der Panzerung verursacht haben. Der starke Rostansatz an einzelnen Blechpartien erhärtete die Vermutung, dass zwischen Entstehung und Entdeckung des Schadens längere Zeit verstrichen war (Bild 4).

Sanierungsprojekt

Die Nordostschweizerischen Kraftwerke AG, Baden, sind im Sommer 1990 von der Maggia Kraftwerke AG mit der Projektierung der Instandstellung des Schachtes beauftragt worden.

Es wurden drei Möglichkeiten untersucht:

- Reparatur der bestehenden Schachtauskleidung
- Erstellen einer neuen Schachtauskleidung aus Stahlblech
- Spritzbetonauskleidung des Schachtes

Die erste Lösung wurde aus terminlichen und finanziellen Gründen sowie des verbleibenden Flickwerks wegen verworfen. Für die zweite und dritte Lösung ergaben hydraulische Berechnungen für einen uneingeschränkten Betrieb der Anlage Peccia einen minimalen Innendurchmesser im Vertikalschacht von 4,70 m. Beide Lösungen erforderten den vorgängigen Abbruch der ins Schachtprofil ragenden, deformierten Stahlbleche.

Im Herbst 1990 wurden fünf Stahlbauunternehmen und eine Spezialfirma für Spritzbeton zur Offertstellung einge-

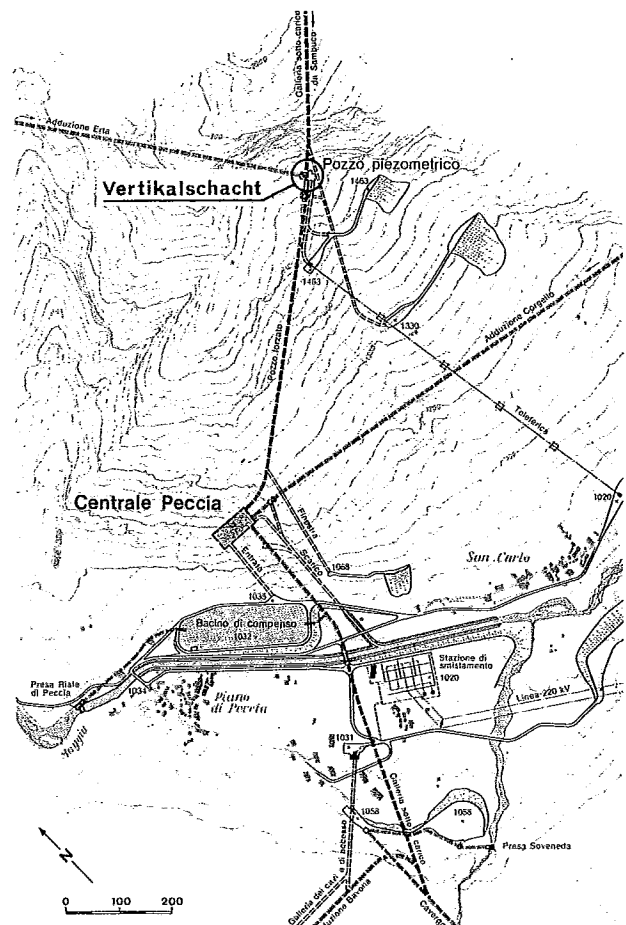


Bild 1. Übersichtsplan Peccia. Druckstollen von Sambuco Durchmesser 2,2 bis 3,2 m, Länge 5,3 km; Wasserschloss (Vertikalschacht) Durchmesser 5 m, Höhe 130 m; Druckschacht Durchmesser 1,9 bis 1,7 m, Länge 790 m, Gefälle 70%; Zentrale Peccia mit zwei horizontalachsigen Zwilling-Peltonturbinen 47 MW, 14,5 m³/s, 300 U/min und zwei Pumpengruppen 22 MW, 4,5 m³/s; Ausgleichsbecken 11 500 m³, Stauziel 1032 m ü. M.

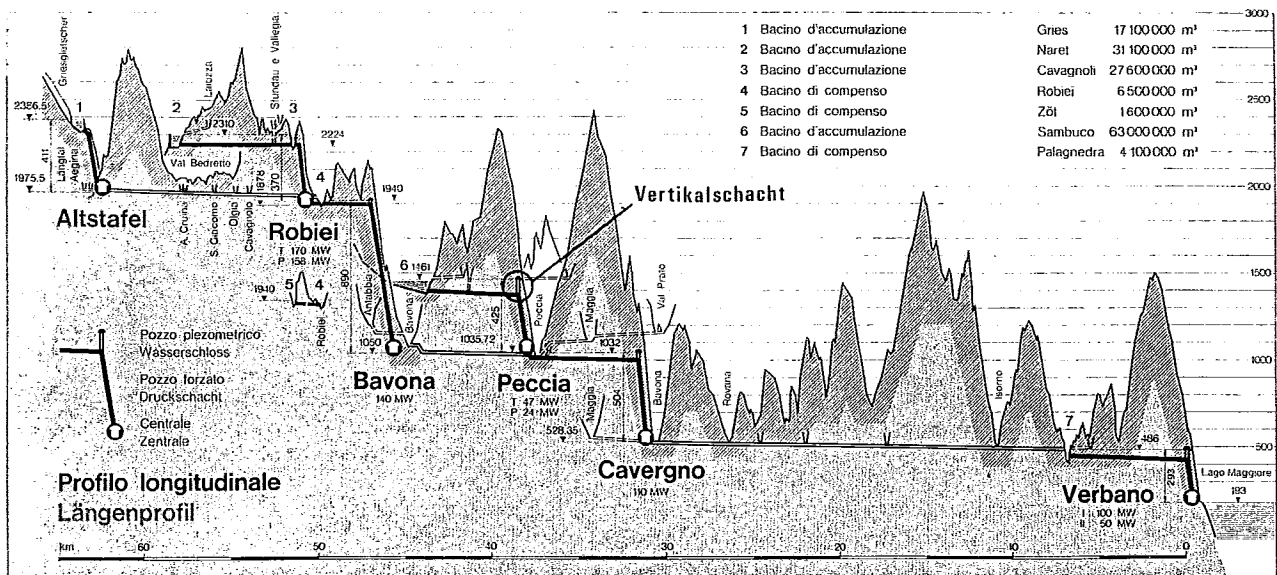


Bild 2. Längenprofil Altstafel – Verbano. 1, 2, 3 und 6 Speicherbecken; 4, 5 und 7 Ausgleichsbecken.

laden. In diesem Zusammenhang fand am 10. Oktober 1990 eine Ortsbesichtigung statt, an der Bauherr und Projektverfasser sämtliche Randbedingungen und das Bauprogramm erläuterten. Alle Firmen reichten termingerecht ein verbindliches Angebot ein. Dabei zeigte sich, dass beide Lösungen (neue Panzerung oder Spritzbetonauskleidung) technisch machbar und etwa gleich teuer waren.

Vergabe

Die Maggia Kraftwerke AG begründeten den Entscheid zugunsten der *Spritzbeton-Variante* folgendermassen:

Auf der Baustelle war nur ein Unternehmen erforderlich. Für eine neue Stahlauskleidung hätten hingegen Stahlbauer und Baufirma gleichzeitig im Einsatz gestanden, was Transport- und Platzprobleme befürchten liess. Schliesslich wurde durch die Spritzbetonauskleidung die periodisch wiederkehrende Erneuerung des Rostschutzanstrichs im Wasserschloss hinfällig.

Baustellenerschliessung

Der Vertikalschacht ist durch eine werkseigene Seilbahn erschlossen. Die Talstation liegt an der Kantonsstrasse auf rund 1020 m ü.M. Die Tragkraft der Seilbahn beträgt drei Tonnen und die Fahrzeit bis zur Bergstation auf 1465 m ü.M. etwa 15 Minuten. Die recht grosse Wasserschlosskammer (250 m² Grundfläche) ist durch einen 150 m langen Fensterstollen mit Stollengeleise (Spurweite 600 mm) und einem Panzertor mit den Massen 2,0 x 2,5 m erreichbar. An den Schachtfuss gelangt man von der Seilbahn-Mittelstation durch den 350 m langen Zugangsstollen, das Mannloch mit 1 m Durchmesser und ein etwa 70 m langes Teilstück des Druckstollens mit 2,15 m Durchmesser.

Vorarbeiten

Das Drucksystem Peccia wurde am 1. und 2. März 1991 entleert. Die mit der Demontage der eingebeulten Panzerung beauftragte Stahlbaufirma begann am 19. Februar 1991 sich auf der Baustelle einzurichten und nahm die Arbeiten im Vertikalschacht am 4. März 1991 mit dem Abtrennen der ersten Blechteile auf. Zu Beginn wurden die Abbrucharbeiten mit zwei Arbeitsschichten zu je drei Mann, später im Drei-Schicht-Betrieb durchgeführt und dauerten bis zum 27. März 1991.

Insgesamt wurden rund 44 Tonnen Stahlblech in Einzelstücken von etwa 80 Kilogramm Gewicht abgetrennt und abtransportiert, entsprechend ungefähr 30% der gesamten Stahlblechauskleidung des Schachtes. Die Ränder der im Schacht verbliebenen Panzerung wurden mit 114 Kurzankern im Beton fixiert.

Einige Probleme verursachten während der Demontearbeiten die von der Rostschutzbeschichtung herrührenden giftigen Dämpfe. Zu Beginn strichen diese mit dem natürlichen Luftzug nach unten in den Druckstollen und weiter bis zur 400 Meter tiefer liegenden Zentrale in Peccia. Ein am Schachtfuss montierter Ventilator sorgte für die Umkehr der Abluft nach oben, was wiederum Massnahmen erforderte, um das in der Wasserschlosskammer beschäftigte Personal mit Frischluft zu versorgen.

Bemessung und Konzept der Spritzbetonauskleidung

Wegen des hydraulisch erforderlichen Minimaldurchmessers von 470 cm durfte die Stärke der Spritzbetonauskleidung 15 cm nicht überschreiten. Diese genügt für die beiden extremen Lastfälle von je 130 m Wassersäule Innen- oder Aussendruck ohne Gegendruck. Gemäss Berechnung war lediglich für die beiden Annahmen eines bereits gerissenen äusseren Betonrings bzw. eines sehr kleinen E-Moduls des umgebenden Felsens eine starke Ringarmierung (Durchmesser 22 mm, $a = 10$ cm) zur Aufnahme des Innendrucks erforderlich. Alle anderen Belastungen vermag der Spritzbetonring mit einer garantierten Mindestdruckfestigkeit von 40 N/mm² zusammen mit dem umgebenden Beton und Fels aufzunehmen.

Um die Sicherheit für alle Fälle zu gewährleisten, wurde eine konstruktive Armierung aus Stahldrahtnetzen K 283 (100/100/6/6 mm, 4,44 kg/m²) mit ringförmiger Zusatzbewehrung Durchmesser 12 mm (unterhalb 1400 m ü.M.) resp. Durchmesser 10 mm im Abstand von 10 cm gewählt. Diese Armierung wurde sowohl aussen als auch innen versetzt. Um die Korrosionsgefahr bei möglichen Rissen in der Spritzbetonschale zu verringern, hat man alle Armierungsteile feuerverzinkt.

Der Bauherr verlangte die Fertigstellung der Sanierungsarbeiten bis Mitte Juli 1991. Um dieses Ziel zu erreichen, waren pro Arbeitstag knapp zwei Meter Schachtauskleidung fertigzustellen. Aufgrund eines genauen Zeit-

