Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 47 (1955)
Heft: 8

Artikel: Besuch italienischer Wasserkraftanlagen
Autor: Töndury, W.A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921960

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Besuch italienischer Wasserkraftanlagen

G. A. Töndury, dipl. Ing., Wettingen

DK 621.29 (45)

Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband wird in Fortführung seiner früheren Auslandsreisen in der Zeit vom 3. bis 11. September 1955 eine Exkursion nach dem östlichen Teile Norditaliens durchführen, mit Ausgangspunkt Mailand und Abschluß in der schönen Lagunenstadt Venedig; sie wird dem Alpenrand entlang zum Gardasee und insbesondere in die Dolomiten und das Piave- und Etschgebiet führen. Dabei werden einige der repräsentativsten neueren im Bau und seit kurzem in Betrieb stehenden Wasserkraftanlagen verschiedener bedeutender Kraftwerkgesellschaften besichtigt. Ein kurzer Besuch gilt auch dem von Prof. G. Oberti geleiteten Istituto Sperimentale Modelli e Strutture (ISMES) in Bergamo, das für seine Staumauer-Modellversuche weit über die Grenzen Italiens hinaus bekannt ist. Zudem werden, wie bei den vorgängigen Auslandsreisen, unter der kundigen Führung von Prof. Dr. R. Zürcher, Kunsthistoriker an der Universität Zürich, auch einige der bekannten Städte mit ihren prächtigen Kunstdenkmälern besucht, besonders Bergamo, Brescia, Sirmione, Bozen, Trient, Verona, Vicenza, Padua und Venedig. Die Reiseroute ist aus der Planskizze Abb. 1 ersichtlich.

Zur Vorbereitung der Reise folgen nachstehend gedrängte technische Beschreibungen der zu besuchenden Wasserkraftanlagen; für das bessere Verständnis der Kunstdenkmäler wird Prof. Dr. R. Zürcher eine besondere kleine Studie verfassen.

Allgemeine Einleitung

Italien hat im Verlaufe der letzten zehn Jahre neben der riesigen Aufgabe des Wiederaufbaues seiner durch den Zweiten Weltkrieg stark zerstörten Städte, Verkehrsanlagen und Industrien auf dem Sektor der Energiewirtschaft und insbesondere auch auf dem Gebiete des Talsperrenbaues und der Wasserkraftnutzung in kürzester Zeit Bewundernswertes geleistet.

Die Produktion elektrischer Energie zeigte in Italien im Verlaufe von 16 Jahren folgende Entwicklung [1][1]:

Jahr	Energieproduktion in Mio kWh	Prozentuale Änderung im Vergleich zu 1938	Prozentuale Änderung jedes Jahres im Vergleich zum Vorjahr
1938	15 544		+ 0,74 %
1941	20 761	+ 33,56 %	+ 6,85 %
1945	12 648	— 18,63 %	— 6,62 %
1946	17 485	+ 12,49 %	+ 38,24 %
1947	20 573	+ 32,35 %	+ 17,66 %
1948	22 694	+ 46,00 %	+ 10,31 %
1949	20 782	+ 33,70 %	— 8,43 %
1950	24 681	+ 58,78 %	+ 18,76 %
1951	29 223	+ 88,00 %	+ 18,40 %
1952	30 843	+ 98,42 %	+ 5,54 %
1953	32 619	+ 109,85 %	+ 5,76 %
1954	35 574	+ 128,86 %	+ 9,06 %

Aus der Entwicklung ist ersichtlich, daß die Produktion des Jahres 1941 wegen der späteren Zerstörungen im Krieg erst im Jahre 1947 wieder erreicht wurde und daß sich seither im Verlauf von 7 Jahren die Produktion um mehr als 70 % erhöht hat.

Die Produktion an elektrischer Energie des Jahres 1953 verteilte sich folgendermaßen:

	Mio kWh	in %
Wasserkraftwerke	27 797	85,2
Thermische Kraftwerke	2 942	9,0
Geothermische Kraftwerke	1 880	5,8
	32 619	100,0
Energie-Einfuhr	263	
	32 882	
Energie-Ausfuhr	311	
Totaler Energie-Verbrauch in Italien im Jahre 1953	32 571	

Von der 1953 hydraulisch bei einer gesamthaft installierten Leistung von 7 881 685 kW erzeugten Energie entfielen

21 409 Mio kWh	oder	77,0 %	auf Norditalien,
2 880 Mio kWh	oder	10,4 %	auf Mittelitalien,
3 051 Mio kWh	oder	11,0 %	auf Süditalien,
0,457 Mio kWh	oder	1,6 %	auf die Inseln
27 797 Mio kWh	oder	100 %	

Die hydraulische Energieproduktion erreicht heute in Italien etwa das Doppelte der Schweiz. Auch in unserem südlichen Nachbarland ist man seit vielen Jahren bestrebt, möglichst viele Speicheranlagen zu schaffen, um dem Bedarf an Winterenergie genügen zu können, doch sind auf der Südabdachung der Alpen die Möglichkeiten zur Schaffung großer Stauseen weniger günstig als in unserem Lande, dafür stehen als gewisser Ausgleich meistens größere Gefälle zur Verfügung; im Jahre 1953 betrug die Speicherkapazität Italiens 4190 Mio kWh, diejenige der Schweiz dagegen nur 1560 Mio kWh.

Zur Schaffung der italienischen Speicherseen, die größtenteils in den Alpen gelegen sind [2], wurden früher meistens Gewichtsstaumauern gebaut, im letzten

[1] [...] eckige Klammern beziehen sich auf den Literaturnachweis am Ende dieses Berichtes.

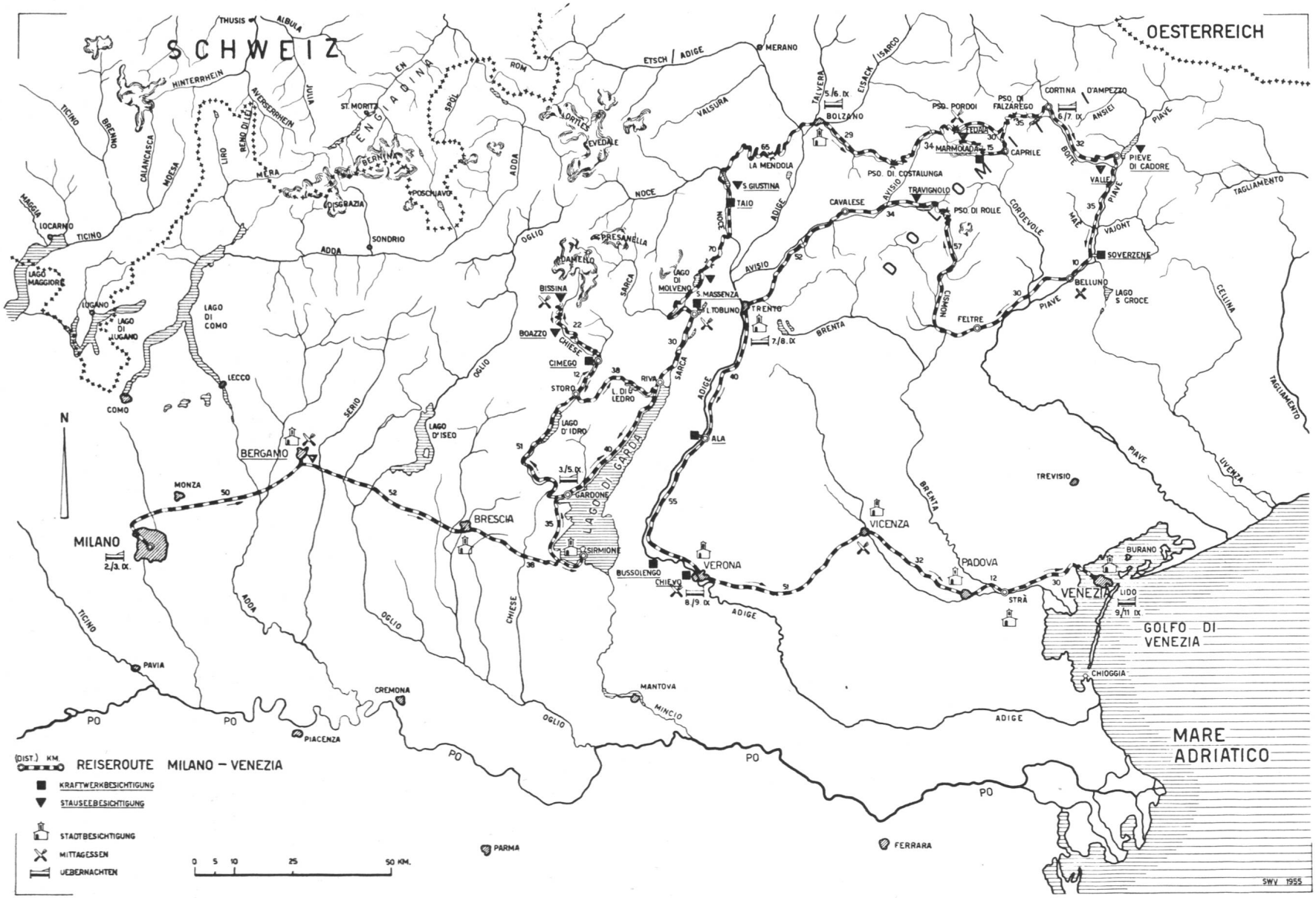


Abb. 1 Reiseroute Exkursion SWV vom 2. bis 11. September 1955

Jahrzehnt aber immer mehr Kuppel-, Bogen-, Bogengewichts- sowie Pfeilerstaumauern, worunter ganz besonders kühne Konstruktionen zu verzeichnen sind [3, 4]. Anläßlich des V. Internationalen Talsperren-Kongresses vom Juni 1955 in Paris wurden denn auch die italienischen Ingenieure für ihre Spitzenleistungen im Bau von Gewölbestaumauern besonders gerühmt. Zu erwähnen sind hier beispielsweise die bekannten Bogen- und Bogengewichtsstaumauern von S. Giustina und Pieve di Cadore, die Kuppelstaumauern von Lumiei im Quellgebiet des Tagliamento und von Val Gallina an einem Seitenfluß des Piave sowie verschiedene Pfeilerstaumauern wie Ancipa auf Sizilien, Bau Muggeris auf Sardinien, Fedaia in den Dolomiten u. a. m. Auf der Studienreise SWV werden verschiedene dieser Anlagen besucht.

Auch im Bau von Kavernenzentralen, die im letzten Jahrzehnt immer mehr zur Anwendung gelangten, hat Italien viel Interessantes zu bieten; die beiden größten, d. h. S. Massenza und Achille Gaggia/Soverzene sind in das Besuchsprogramm der SWV-Reise einbezogen. Der Verfasser dieses Artikels machte in einer 1950 verfaßten Studie [5] darauf aufmerksam, daß in Italien der architektonischen Behandlung der Kavernenzentralen und der meist langen Zufahrtsstollen besondere Liebe und Sorgfalt zuteil werde und Anlageteile, die wir in der Schweiz meist nur nach Zweckmäßigkeit und nüchtern gestalten, in Italien sehr repräsentativ ausgeführt werden, was besonders auch für die farbige Gestaltung des Maschinensaals und der Maschinenaggregate gelte. Die Ausführung unserer neuesten Zentralen zeigt nun deutlich eine Abkehr von der übertriebenen Nüchternheit früherer Jahrzehnte durch die günstige Beeinflussung der italienischen und französischen Gestaltungsart.

1. Kraftwerkgruppe Alto Chiese
der *Società Idroelettrica Alto Chiese*

Es handelt sich hier um die Wasserkraftnutzung des in der stark vergletscherten Adamellogruppe entspringenden, dem Lago d'Idro zufließenden Flusses Chiese in seinem Oberlauf zwischen den Koten 1788,0 und 390,6 m ü. M. und einiger Seitenbäche (Abb. 3). Diese erfolgt in den drei Hauptstufen Malga Bissina-Boazzo, Malga Boazzo-Cìmego und Cìmego-Storo, denen zwei Jahresspeicher und ein Wochenausgleichbecken vorgelagert sind. Projektiert ist auch die Wasserkraftnutzung des Lago di Campo, dessen Wasserspiegel durch eine Staumauer auf Kote 1963 erhöht und dessen Speicherwasser in einer Stufe bis zum Druckstollen der oberen Hauptstufe genutzt werden soll. Zudem werden die Seitenbäche des Chiese gefaßt und dem Hauptstollen oder den Stauseen Bissina und Boazzo zugeleitet. Bei Ponte Murandin am Chiese wird ein Wochenausgleichbecken geschaffen, das die Chiese-Abflüsse des Zwischeneinzugsgebietes unterhalb Boazzo und des Adanà, eines von Norden zufließenden Seitenbaches, sammelt. Diese Wassermengen werden ebenfalls in der Zentrale Cìmego mit kleinerem Gefälle genutzt. Einige charakteristische Daten sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

Nach Vollausbau wird diese Kraftwerkgruppe bei einer gesamthaft installierten Leistung von 328 450 kW im Durchschnitt jährlich 586,7 Mio kWh erzeugen können, wovon 237,3 Mio kWh oder 41 % auf den Winter entfallen werden.

Zurzeit befindet sich die Hauptstufe Malga Boazzo-Cìmego mit der Seitenstufe Ponte Murandin-Cìmego in fortgeschrittenem Bauzustand, die Oberstufe Malga Bis-

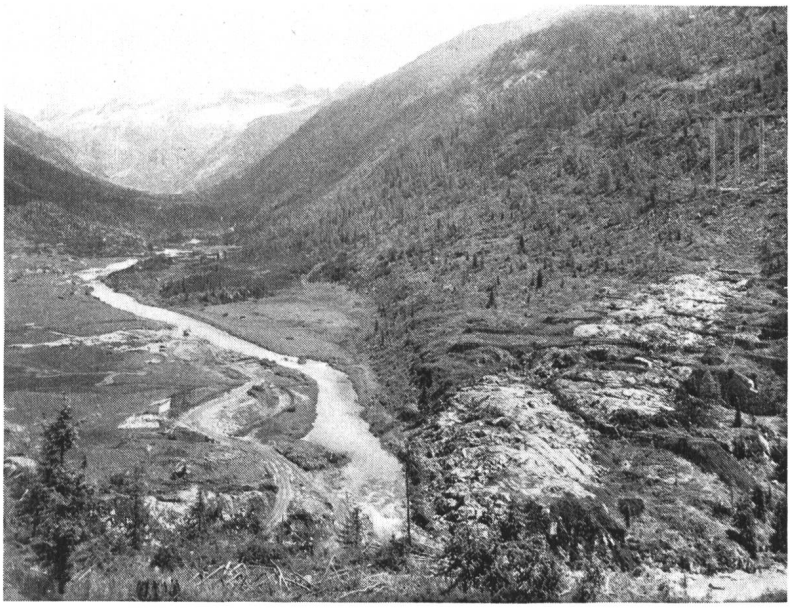
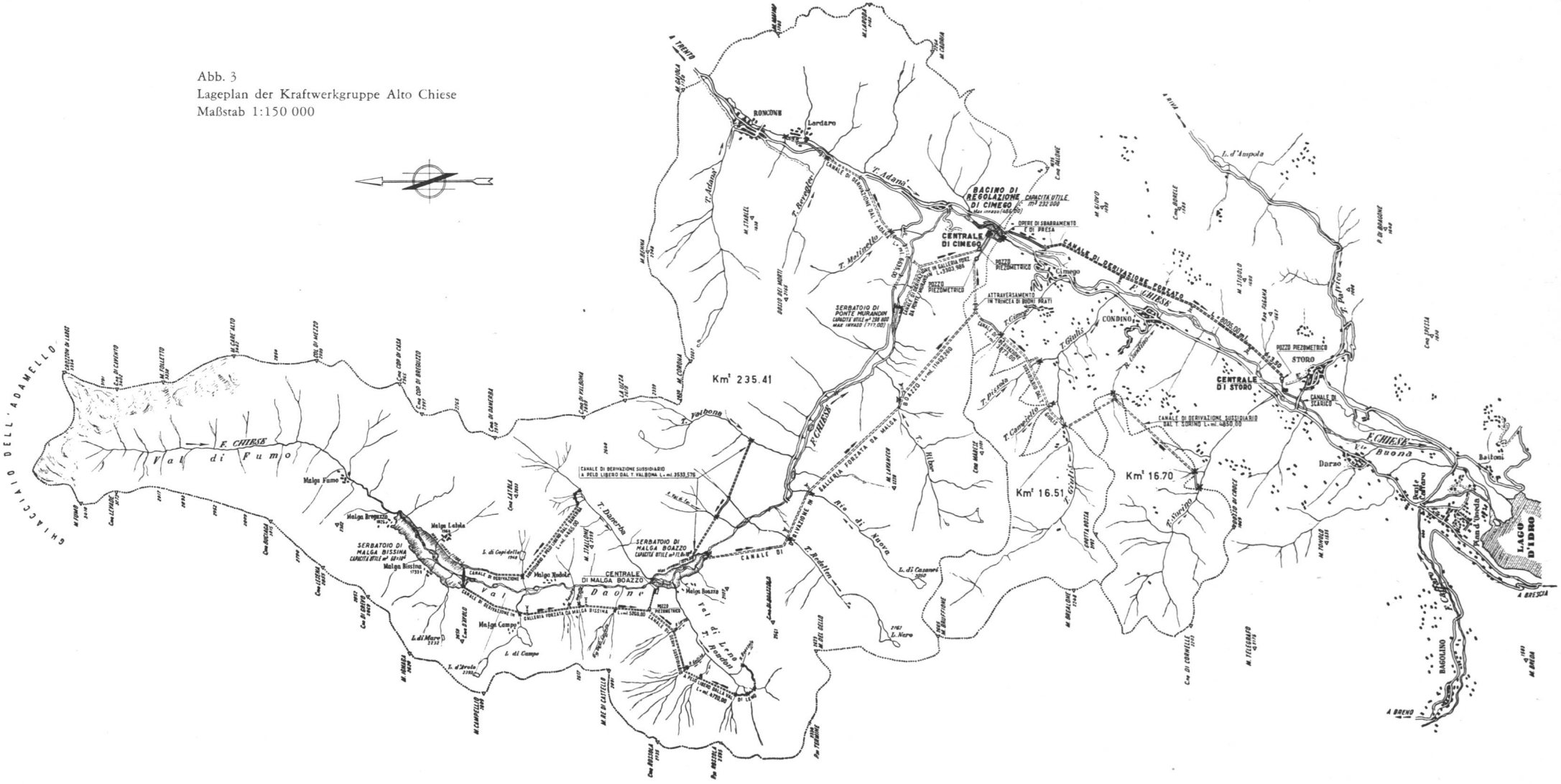


Abb. 2
Speicherbecken Malga Bissina im obersten Chiesetal mit Felsabdeckung der Fundamentfläche auf der linken Talflanke. (Photo S. E. M. / Soc. Edison)

Abb. 3
Lageplan der Kraftwerkgruppe Alto Chiese
Maßstab 1:150 000



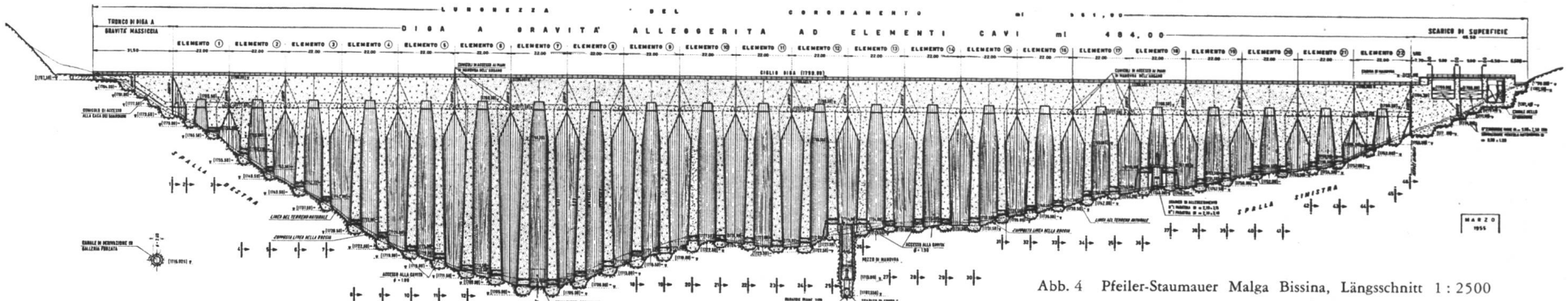


Abb. 4 Pfeiler-Staumauer Malga Bissina, Längsschnitt 1 : 2500

Kraftwerkgruppe Alto Chiese *Tabelle 1*

Kraftwerkstufen	Einzugs-gebiet km²	Max. Bruttogefälle in m	Max. Nutzwasser-menge m³/s	Zahl und Leistung der installierten Aggregate kW	Mittl. jährl. Energieprod. (Winterprod.) Mio kWh
Lago di Campo–Campo	3,6	243,0	1,3	1 × 2 400	1,7 (1,7)
Malga Bissina–Boazzo	78,5	560,0	17,0	2 × 40 000 = 80 000	147,4 (71,7)
Malga Boazzo–Cìmego	152,6	738,5	34,0	2 × 110 000 = 220 000	350,0 (133,0)
Ponte Murandin–Cìmego	194,4	231,0	4,5	1 × 9 200	27,0 (6,5)
Cìmego–Storo	268,6	95,4	23,5	1 × 16 850	60,6 (24,4)
Zusammen				328 450	586,7 (237,3)

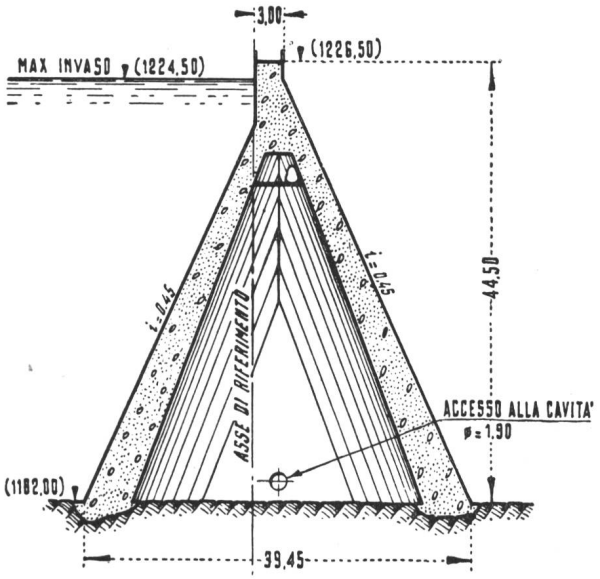


Abb. 5 Staumauertyp Malga Boazzo, Maßstab 1 : 800
(bei Staumauer Malga Bissina gleicher Typ bei maximaler Höhe von 81 m)

sina-Boazzo wurde vor kurzem in Angriff genommen. Dem ganzen System werden nach Vollausbau die drei Jahresspeicher Malga Bissina mit 60 Mio m³, Malga Boazzo mit 11,8 Mio m³ und Lago di Campo mit 4 Mio m³ Nutzinhalt, sowie die Tagesausgleichweiher Ponte Murandin mit rund 300 000 m³ und Cìmego mit 232 000 m³ Nutzinhalt zur Verfügung stehen.

Die bedeutendsten Bauobjekte sind die Talsperren für die Stauseen Malga Bissina und Malga Boazzo sowie die Zentrale Cìmego, welche auf der Studienreise SWV besucht werden.

Zur Schaffung der Stauseen Bissina und Boazzo (Abb. 2 bis 7) werden Pfeilerstaumauern nach dem 1938 von Ing. *Claudio Marcello* entwickelten Typ, der in der Fachliteratur schon mehrfach und ausführlich zur Darstellung gelangte [3, 5], gebaut. Nach Fertigstellung dieser beiden Bauwerke sind bereits 12 Talsperren dieses Typs in Betrieb, wohl ein Beweis für die Wirtschaftlichkeit und Be-

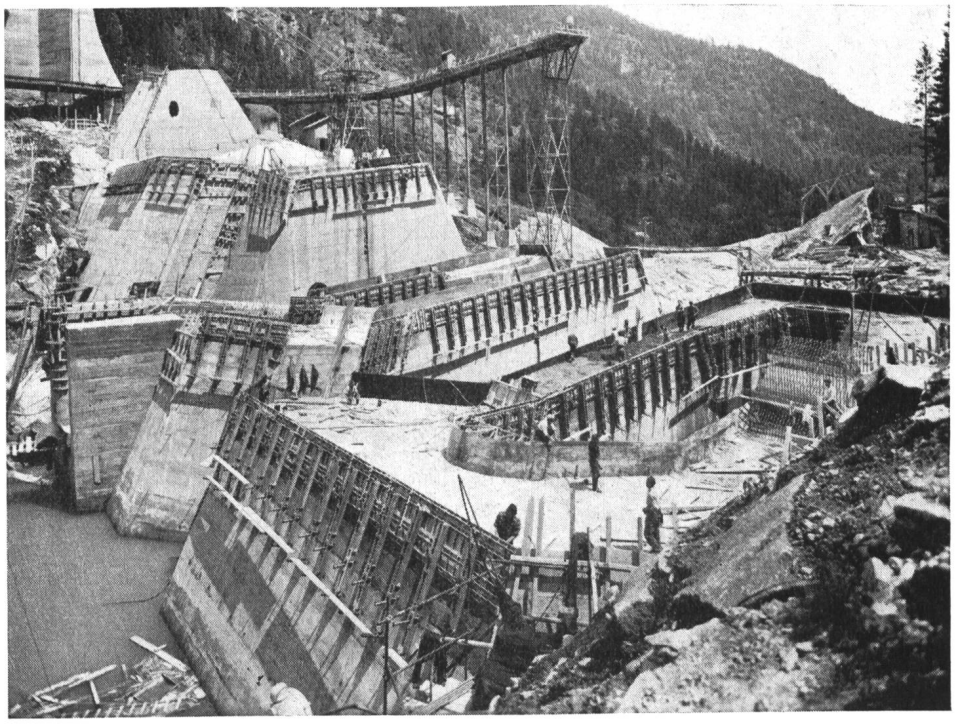


Abb. 6
Staumauer Malga Boazzo, Pfeilerelemente 2 bis 5 von der Wasserseite gesehen, Bauzustand 29. Juni 1955
(Photo S. E. M. / Soc. Edison)

währung dieser Bauweise, die in der Schweiz vor unseren obersten Behörden in militärischer Hinsicht keine Gnade gefunden hat (Lucendro, Cleuson). Als bedeutende Bauwerke dieser Art sind zu erwähnen die von Ing. Marcello projektierten und unter seiner Oberbauleitung erstellten Pfeilerstaumauern Ancipa in Sizilien (111 m hoch, höchste Anlage dieser Art, 9 Doppelpfeilerelemente) und Bau Muggeris in Sardinien (62 m hoch, 7 Doppelpfeilerelemente) [6].

Die im Tonalit fundierte *Staumauer Malga Bissina* wird bei einer max. Höhe von 81 m und einer Kronenlänge von 561 m aus 22 Doppelpfeilerelementen bestehen und eine Betonkubatur von 412 000 m³ erfordern. Es wird ein Stausee von 60 Mio m³ Nutzinhalt, entsprechend einer Speicherkapazität von rund 160 Mio kWh, mit Stauziel auf Kote 1788,0 m ü. M. geschaffen. Der Hochwasserüberlauf wird bei Überstau für 579 m³/s max., der Grundablaß für 293 m³/s max. bemessen.

Die ebenfalls im Tonalit fundierte *Staumauer Malga Boazzo* wird aus einer 110 m langen, maximal 57,3 m hohen Pfeilerstaumauer mit fünf Doppelelementen von 22 m Breite und einer 332 m langen, maximal 30 m hohen Gewichtsstaumauer bestehen und eine Gesamtkubatur von 76 000 m³ Beton erfordern. Dadurch wird ein Stausee von 11,8 Mio m³ Nutzinhalt oder rund 19 Mio kWh Speicherkapazität mit Stauziel auf Kote 1224,5 m ü. M. geschaffen. Dem Stausee wird noch der Valbonabach, ein linksseitiger Zufluß des Chiese, zugeleitet. Als Hochwasser-Entlastungsorgane werden ein Überlauf für 728 m³/s und ein Grundablaß für 113 m³/s gebaut.

Der für 34 m³/s im rechten Talhang gebaute Druckstollen mit 3,5 m Durchmesser ist 11,47 km lang; die 1260 m lange, offen verlegte Druckleitung Ø 3,30/2,90 m führt zur großen, im Freien konstruierten *Zentrale Cìmego,* der bedeutendsten dieser Kraftwerkgruppe. Hier werden zwei Maschinenaggregate von je 110 000 kW mit Pelton-Turbinen für die Hauptstufe — den größten bisher konstruierten Zwillings-Pelton-Turbinen — und eine Gruppe von 9200 kW mit Francisturbine für die Nebenstufe Ponte Murandin-Cìmego installiert.

Zur Schaffung des Tages- und Wochenausgleichweihers von Ponte Murandin im Haupttal wird eine 32,5 m hohe, auf Kronenhöhe 51 m lange Gewichtsstaumauer gebaut. Als Entlastungsbauwerke dienen ein Überlauf mit zwei Schützendurchlässen für 1070 m³/s und ein Grundablaß für 100 m³/s.

Projektierung und Bauleitung dieser Anlagen liegen bei der *Direzione Costruzione Impianti Idroelettrici della Società Edison,* Milano.

2. Kraftwerkgruppe Sarca-Molveno

Diese bedeutende Anlage wird durch die *Società Idroelettrica Sarca Molveno* betrieben und weiter ausgebaut, an der die Società Edison, Milano, und die Società Idroelettrica Piemonte (SIP), Torino, mit je 49 % und der italienische Staat (IRI) mit 2 % beteiligt sind. Sie umfaßt die Wasserkraftnutzung der in den Gardasee bei Torbole einmündenden Sarca und ihrer Zuflüsse und die Nutzung des im Brentagebiet gelegenen natürlichen Molvenosees, der etwa 30 km nördlich des Gardasees liegt, und weiterer 13 größerer oder kleinerer Seen (Abb. 8).

Das weitaus wichtigste Kraftwerk des ganzen, im Endausbau zehn Zentralen umfassenden Werksystems bildet das Kraftwerk S. Massenza I und II, dessen große Kavernenzentrale am Lago di S. Massenza gelegen ist (Abb. 10/12).

Die im *Molvenosee* (Abb. 9) mit seinem natürlichen Seespiegel auf Kote 825 durch eine Absenkung um etwa

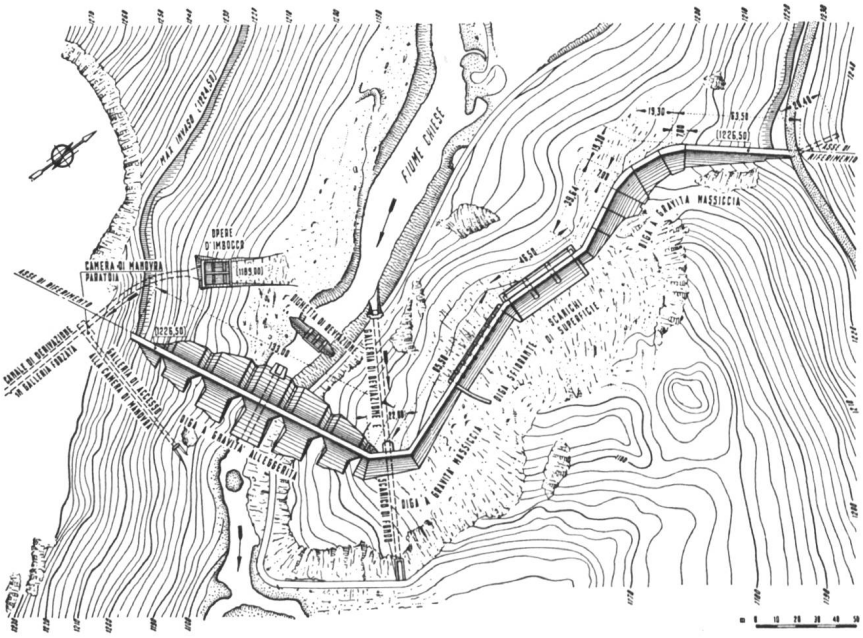


Abb. 7
Lageplan Staumauer Malga Boazzo, Maßstab 1 : 4000

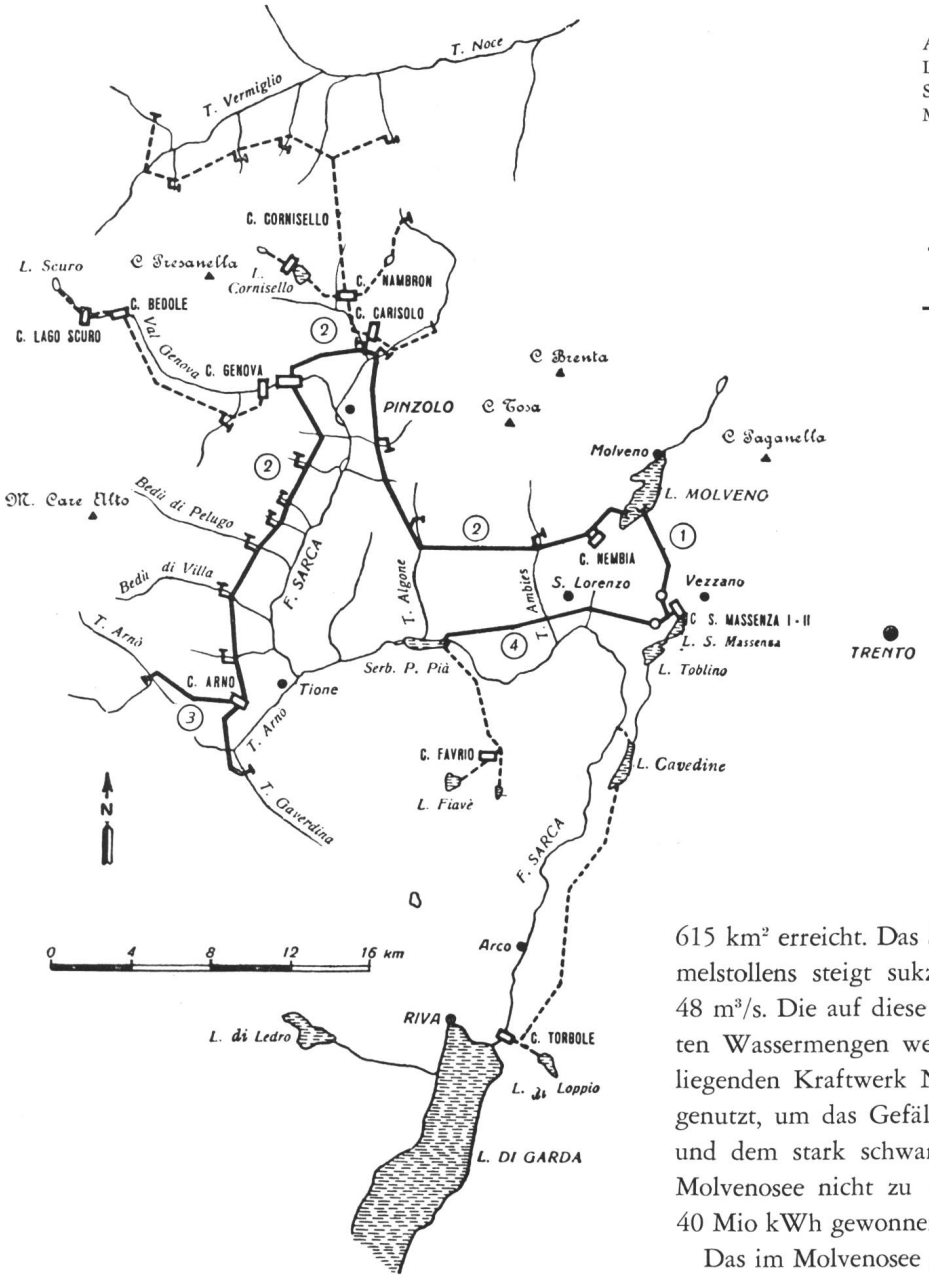


Abb. 8
Lageplan der Kraftwerkgruppe Sarca-Molveno, Maßstab 1 : 400 000

——— im Bau, teilweise in Betrieb

– – – projektiert

85 m nutzbare Wassermenge beträgt heute 182 Mio m³; durch die projektierte Erhöhung des Seespiegels bis auf Kote 840 mittels eines Staudammes kann der nutzbare Stauinhalt auf 234 Mio m³ vergrößert werden; es handelt sich dann um einen Jahres- und Überjahresspeicher, der als das Rückgrat der ganzen Werkgruppe zu betrachten ist. Das natürliche Einzugsgebiet umfaßt nur 65 km²; zur Füllung des Sees müssen die Sarca und ihre Nebenbäche mit einem Einzugsgebiet von 455 km² durch ein teils als Kanal, größtenteils als Stollen ausgebildetes 46,5 km langes Bauwerk mit drei Haupt- und elf Nebenfassungen zugeleitet werden. Dieses erforderte auch einige weitgespannte und kühne Aquaedukte zur Querung verschiedener Schluchten. Zudem ist für später eine Überleitung des Vermiglio und einiger Seitenbäche aus dem nördlich gelegenen Nocetal mit einem Einzugsgebiet von 95 km² geplant, so daß im Endausbau das erfaßte Einzugsgebiet 615 km² erreicht. Das Schluckvermögen des großen Sammelstollens steigt sukzessive von 7 m³/s bis auf max. 48 m³/s. Die auf diese Weise dem Molvenosee zugeleiteten Wassermengen werden vor dem See in einem tiefliegenden Kraftwerk Nembia von 12 000 kW Leistung genutzt, um das Gefälle zwischen den Zuleitungsstollen und dem stark schwankenden Betriebswasserspiegel im Molvenosee nicht zu verlieren; dadurch können etwa 40 Mio kWh gewonnen werden.

Das im Molvenosee gespeicherte Wasser gelangt durch einen 5230 m langen Druckstollen Ø 5,00 m mit einer Nutzwassermenge von max. 70 m³/s zum Wasserschloß; bei der Durchquerung des Gebirgsmassivs stieß man auf eine große natürliche Kaverne, deren Überbrückung durch ein selbsttragendes Stahlrohr Ø 4,80 m und lichter Weite von 19 m bewältigt wurde. Vom Wasserschloß gelangt das Nutzwasser durch zwei parallele, 85 % geneigte, 834 bzw. 733 m lange Druckschächte Ø 2,68/2,55 m in die *Kavernenzentrale* S. Massenza; das Bruttogefälle schwankt zwischen 460 bis 590 m (mittl. Bruttogefälle 533 m). Der als S. Massenza I bezeichnete Teil der Zentrale umfaßt vier Gruppen von je 70 000 kW und zwei Gruppen von je 35 000 kW; letztere beiden konnten am 30. März 1952 den Betrieb aufnehmen und heute sind 350 000 kW in Betrieb; die mittlere jährliche Energieproduktion von S. Massenza I wird nach Vollausbau 637 Mio kWh, wovon 320 Mio kWh oder 50 % Winterenergie, betragen. Der als S. Massenza II bezeichnete Teil der Zentrale wird eine

Abb. 9 Molvenosee im Trentino, Nordende, Blick gegen Brentagruppe
(Photo Leo Bährent, Merano)

Gruppe von 25 000 kW umfassen zur Nutzung der tiefer gefaßten und durch einen 12 km langen Druckstollen zugeleiteten Sarca-Abflüsse bei einem Bruttogefälle von 203 m. Die Zentrale S. Massenza enthält zudem eine Gruppe von 4500 kW der großen Gefällsstufe und eine Gruppe von 1000 kW, die mit beiden Gefällen arbeiten kann. Ferner werden zwei Pumpaggregate von je 25 000 kW installiert, die mit den 35 000-kW-Einheiten, deren Generatoren dann als Antrieb-Motoren dienen, verbunden werden. Diese werden aus den Netzen der SIP und Edison gespiesen .Die Pumpaggregate dienen dem System S. Massenza I zum Hochpumpen von Wasser des Systems S. Massenza II in den Molvenosee mittels Nacht- und Wochenendenergie, besonders im Frühling und

Kraftwerkgruppe Sarca-Molveno [7] *Tabelle 2*

Zentralen		Flußgebiet	Speicherseen		Mittlere Abfluß-Menge	Brutto Gefälle	Installierte Leistung	Mittlere mögliche Energieproduktion in Mio kWh		
			Namen	Nutzinhalt Mio m³	m³/s	m	kVA	Winter 11.9-10.4	Sommer	Jahr
1 Lago Scuro		Seeabflüsse	Lago Scuro	1,5	0,051	809	2 000	2,6	—	2,6
2 Bedole		Sarca di Genova	—	—	1,385	260	6 000	2,5	19,2	21,7
3 Genova		Sarca di Genova	—	—	2,625	650	35 000	22,0	122,4	144,4
4 Cornisello		Abfl. Lago Vedretta	Lago Vedretta	2,4	0,114	444	1 800	2,4	0,9	3,3
5 Nambron	I	Abfl. Lago Cornisello	Lago Cornisello	15,72	1,090	768	26 000	31,5	20,4	51,9
	II	Seengruppe: Gelato-Serodoli Nero-Ritorto	Seengruppe: Gelato-Serodoli Nero-Ritorto	7,3	0,314	717	12 000	13,9	—	13,9
6 Carisolo	I	Sarca di Nambrone	—	—	1,950	473	10 000	6,5	30,8	37,3
	II	Sarca di Campiglio	—	—	1,910	287	24 000	34,5	26,5	61,0
7 Favrio		Abfl. Lago Fiavè	Lago Fiavè	10,75	0,450	154,5	2 000	4,3	—	4,3
8 Nembia		Kanal Sarca-Molveno	—	—	12,150	55,2	14 000	12,8	26,2	39,0
9 S. Massenza	I	Sarca-Molveno Bondai-Quellen	Lago Molveno	207,5 ÷ 234,0	(0,956)	459,1	355 000	320,0	317,0	637,0
	II	Medio Sarca	Ponte Pià	1,0	8,35	202,7	33 000	36,8	71,2	108,0
10 Torbole		Sarca Lago Cavedine	Seengruppe: S. Massenza-Toblino Cavedine-Loppio	18,0	0,301	154,5	135 000	147,5	154,5	302,0
Zusammen				290,7	—	—	655 800	637,3	789,1	1426,4

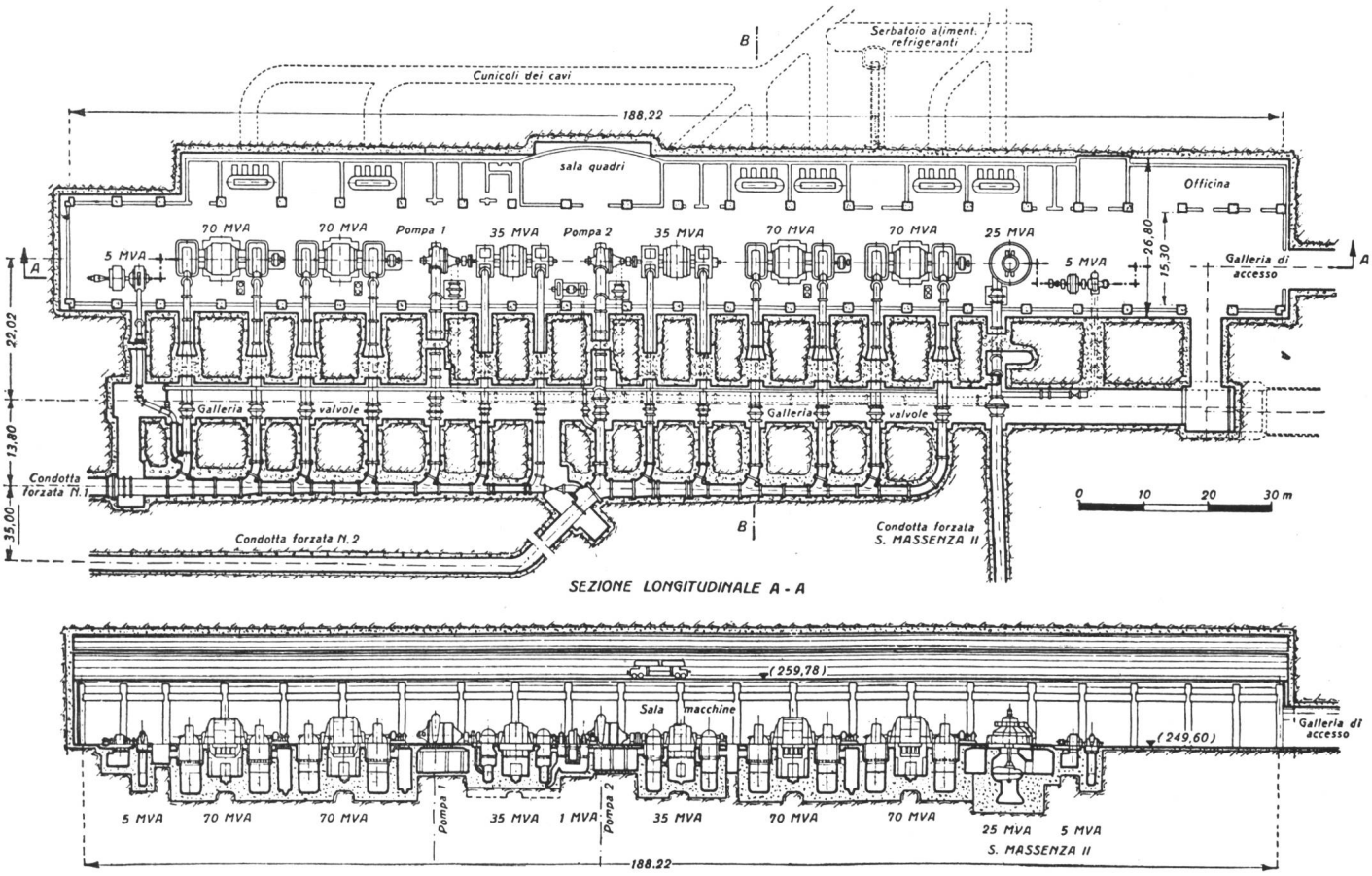


Abb. 10 Kavernenzentrale S. Massenza, Lageplan und Längsschnitt 1 : 1200

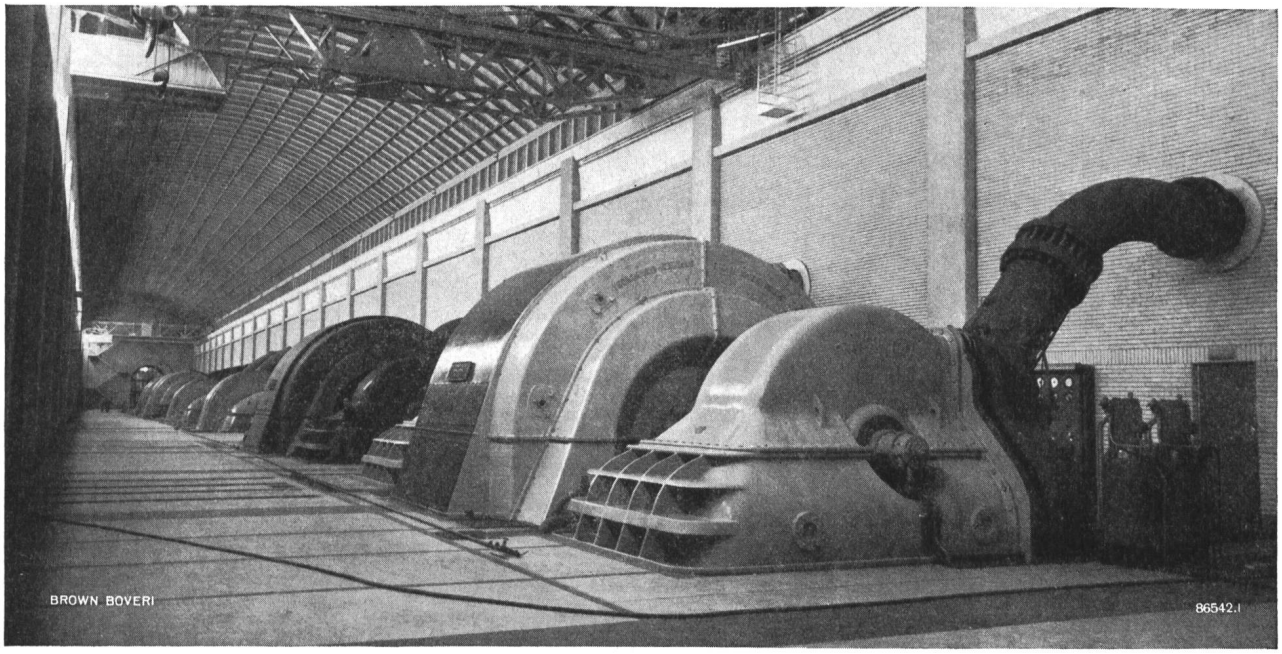


Abb. 11 Inneres der Kavernenzentrale S. Massenza
(Cliché AG Brown Boveri & Cie., Baden)

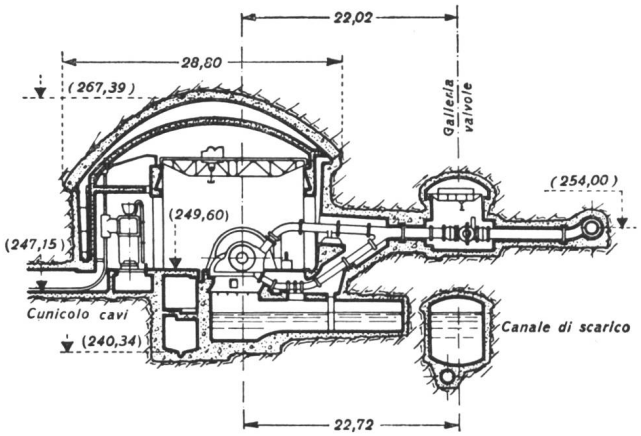


Abb. 12 Kavernenzentrale S. Massenza, Querschnitt

Herbst. Die Kavernenzentrale ist 193 m lang, 28,8 m breit und hat eine maximale Höhe von 28,0 m; es mußten rund 100 000 m³ Fels ausgebrochen werden. Irrtum vorbehalten, handelt es sich um die größte bisher gebaute Kavernenzentrale. Die genutzten Wassermengen (maximal 85 m³/s) werden durch einen 660 m langen Unterwasserstollen dem S. Massenzasee zugeleitet, der mit dem Toblinosee verbunden ist. Zwischen dem Lago Toblino und dem südlich gelegenen Lago Cavedine muß der natürliche Wasserlauf als Kanal ausgebaut werden.

Als zweitwichtigstes Werk ist die unterste Stufe vom Lago Cavedine nach Torbole am Gardasee projektiert mit einem Bruttogefälle von 166 m, einer installierten Leistung von 110 000 kW und einer mittleren Jahresproduktion von 302 Mio kWh. Die übrigen Werke sollen später im oberen Einzugsgebiet der verschiedenen Zuflüsse im Zusammenhang mit kleineren Speicherseen erstellt werden. Im eingangs erwähnten Endausbau soll eine Leistung von mehr als 580 000 kW erreicht werden mit einer totalen Energieproduktion von etwa 1,4 Mrd. kWh, wovon etwa 45 % auf das Winterhalbjahr entfallen. Die charakteristischen Daten der ganzen Werkgruppe sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

Die in der Zentrale S. Massenza auf 220 kV transformierte Energie wird durch 600 m lange Kabelstollen der Freiluftschaltstation zugeführt. Diese ist durch je zwei 220 kV-Leitungen mit den Leitungsnetzen der Società Edison und der SIP verbunden.

3. Kraftwerk S. Giustina-Mollaro

der *Società Edison*

Die Società Edison ist die bedeutendste Energieversorgungsunternehmung Italiens. Im Jahre 1954 produzierte sie 5506 Mio kWh; der Gruppo Edison, der noch weitere Produktionsgesellschaften umfaßt, erzeugte in der gleichen Periode 8486 Mio kWh.

Die, wegen der großen Bogenstaumauer besonders interessante Kraftwerkstufe S. Giustina-Mollaro ist nur ein

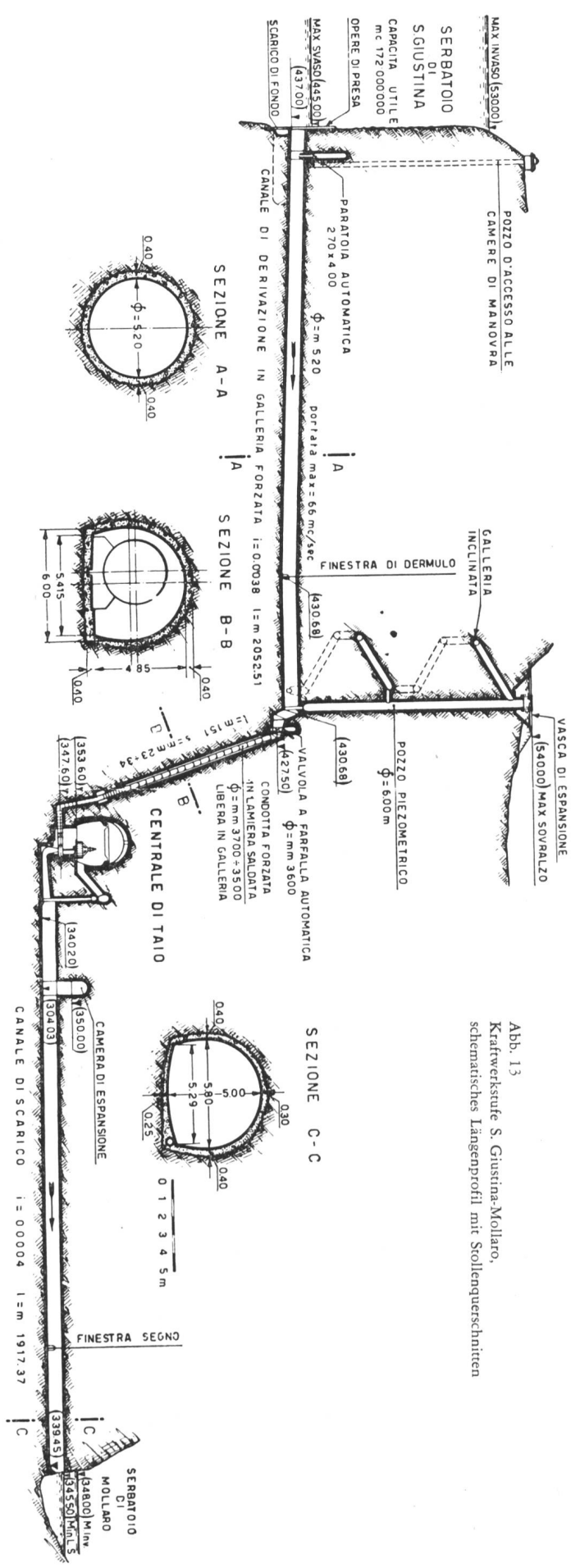


Abb. 13 Kraftwerkstufe S. Giustina-Mollaro, schematisches Längenprofil mit Stollenquerschnitten

Abb. 14
Lageplan Stausee S. Giustina, mit Kraftwerkstufe S. Giustina-Mollaro, Maßstab etwa 1 : 45 000

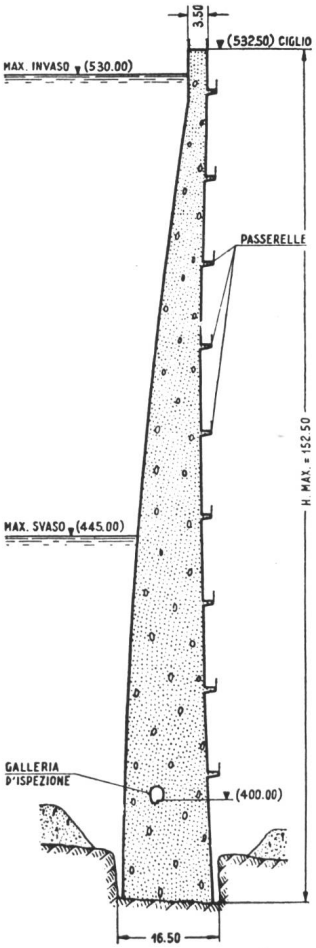


Abb. 15
Bogenstaumauer S. Giustina, Querschnitt 1 : 1400

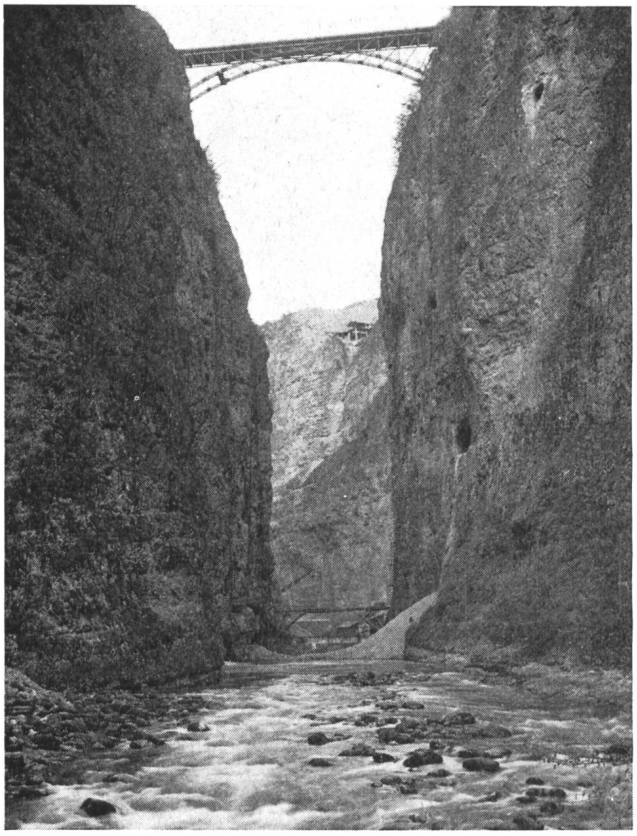


Abb. 16 Sperrstelle S. Giustina im Cañon des Val di Non, Baubeginn
(Photo Soc. Edison vom 16. November 1946)

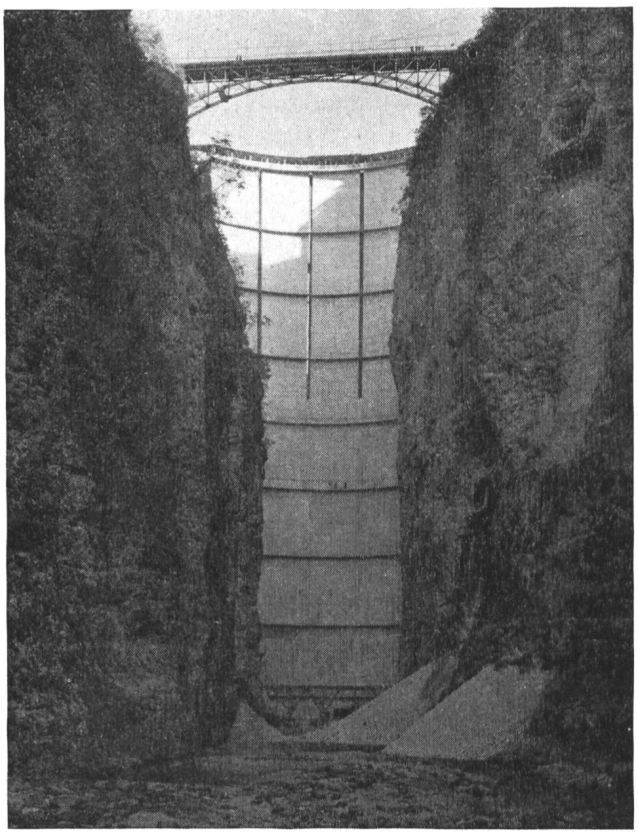


Abb. 17 Bogenstaumauer S. Giustina
(Photo Soc. Edison vom 16. Oktober 1949)

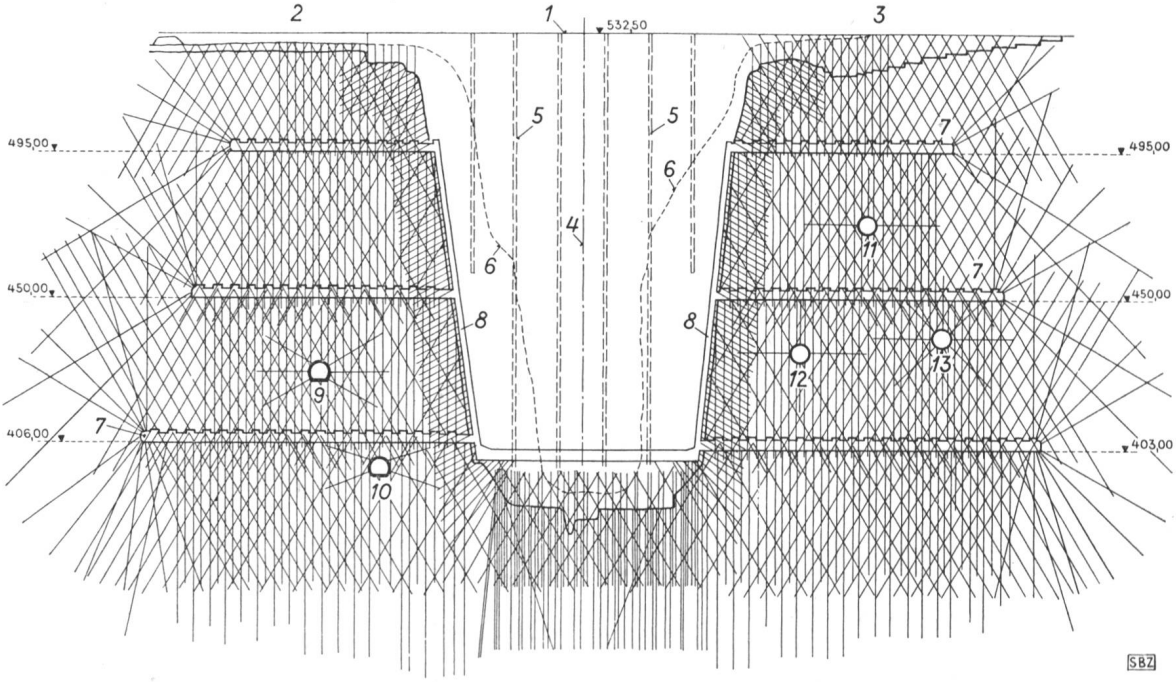


Abb. 18 Staumauer S. Giustina, Schnitt 1 : 2500 durch die Bogenstaumauer mit Injektions-Diaphragma.

Legende: 1 Mauerkrone, 2 rechte Talflanke, 3 linke Talflanke, 4 Mittelaxe, 5 Baufugen, 6 natürliches Bodenprofil, 7 Injektionsstollen, 8 Zugangsschächte, 9 Überlauf, 10 Umlaufstollen, 11 Entlastungsablaß, 12 Grundablaß, 13 Druckstollen
(Cliché SBZ 1950, S. 479)

Glied der ausgedehnten *Kraftwerkgruppe am Noce,* die vom Verfasser bereits früher in ihrer Gesamtheit beschrieben wurde [5]. Der Noce-Fluß, der östlich des Tonalepasses in der Cevedalegruppe entspringt, fließt vorerst in östlicher und nordöstlicher Richtung durch das Val di Sole, biegt nördlich Cles nach Süden um und durchfließt das Val di Non, in dem die Kraftwerkstufe S. Giustina-Mollaro liegt, um südlich von Mezzocorona in die Etsch (Adige) zu münden. Die Kraftwerkgruppe des Trentino am Noce wird nach Vollausbau der projektierten sieben Hauptstufen das Gefälle von 2600 m ü. M. (Stausee Careser) bis zur Kote 200 m lückenlos ausnützen und zusammen mit zwei Seitenstufen in neun Zentralen bei einer gesamten inst. Leistung von 346 000 kW im Durchschnitt etwa 1270 Mio kWh pro Jahr erzeugen können.

Im engen Cañon des Val di Non bot sich eine außerordentlich günstige Gelegenheit zur Schaffung eines großen Stausees (Abb. 13, 14). Durch den Bau einer 152,5 m hohen dünnwandigen Bogenstaumauer (Ab. 15/17) wurde ein 8 km langer Stausee von 182,8 Mio m³ bei 172 Mio m³ nutzbarem Stauinhalt, Stauziel Kote 530 m, geschaffen (Abb. 19). Es wurden etwa 400 ha Land überschwemmt, teilweise Rebland mit wenigen Häusern. Das Einzugsgebiet mißt hier bereits 1050 km² mit jährlichen totalen Abflüssen von rund 1000 Mio m³. Bei der Staumauer S. Giustina handelt es sich um ein außerordentlich kühnes und imponierendes Bauwerk, das nach Fertigstellung im Jahre 1950 die höchste Bogensperre Europas und die zweithöchste der Welt darstellte. Welche rasche Entwicklung die Staumauertechnik in den letzten Jahren eingeschlagen hat, beweisen auch die heute im Bau stehenden, außerordentlich hohen Talsperren Mauvoisin und Grande Dixence im Kanton Wallis. Die Bogenstaumauer S. Giustina wurde in plastischem, vibriertem Beton erstellt und forderte eine Betonkubatur von rund 112 000 m³; sie ist an der Krone 3,5 m und an der Basis nur 16,5 m stark und erhielt eine leichte Armierung. Zur Abdichtung des Staubeckens und zur sorgfältigen Fundierung der Staumauer wurde im Kalkdolomit von der Sohle und von sechs horizontalen Stollen aus ein sehr engmaschiges und tiefgreifendes Injektionsdiaphragma erstellt (Abb. 18). Die Injektionen wurden bis zum maximalen Druck von 80 atm durchgeführt. Die totale Lochlänge beträgt rd. 105 000 m, und es wurden durchschnittlich etwas mehr als 100 kg Zement pro m Bohrloch eingebracht.

Als Entlastungsbauwerke sind vorhanden: ein Hochwasserüberlauf bestehend aus einem Schützenwehr vor einem 600 m langen Ablaufstollen, ein mittlerer Entlastungsstollen und ein Grundablaß mit einem totalen Schluckvermögen von 1200 m³/s, die unter Berücksichtigung des Retentionsvermögens des Stausees eine Hochwasserwelle von 1500 m³/s abführen können.

Die Kraftwerkstufe S. Giustina-Mollaro ist für 66 m³/s ausgebaut. Der Druckstollen von 5,2 m Durchmesser ist 2052 m lang und steht unter hohem statischen Druck. Für die Art der Verkleidung wurden vier verschiedene Typen untersucht, darunter ein armierter Typ mit 2000 kg Rundeisen pro m und ein Typ ohne Armierung. Interessant ist speziell die Wasserschloßkonstruktion: da das Gefälle zwischen 80 und 180 m variiert, wurde zur Erreichung eines möglichst stabilen Betriebes neben dem Vertikalschacht von 6,0 m Durchmesser ein schraubenzieherförmiger Schrägschacht (Schachtdurchmesser 5,2 m, Gewindedurchmesser 42,7 m und 50,7 m) gebaut. Die 150 m lange Druckleitung von 3,70/3,50 m Durchmesser ist in einem Druckschacht verlegt und führt zur Kavernenzentrale Taio, in der drei gleiche Einheiten mit vertikalachsigen Francisturbinen installiert sind (Abb. 20).

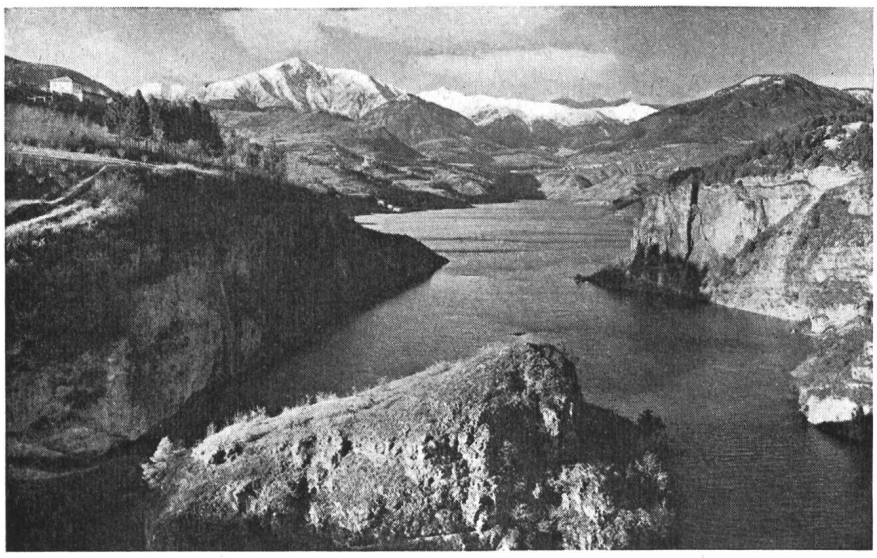


Abb. 19
Stausee S. Giustina am Noce, Blick gegen Norden; erster Teilstau
(Photo Giunta tecnica del Gruppo Edison)

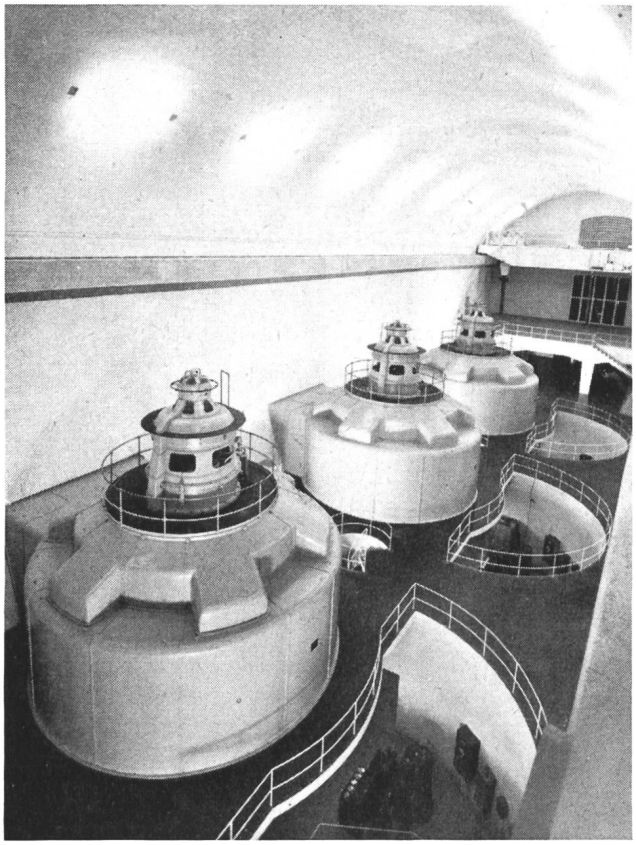


Abb. 20 Inneres der Kavernenzentrale Taio / S. Giustina (Photo S. E. M. / Soc. Edison)

Bei einer installierten Leistung von 103 500 kW beträgt die mittlere jährliche Produktionskapazität 300 Mio kWh, wovon 161 Mio kWh oder 54 % auf das Winterhalbjahr entfallen. Im Anschluß an die Zentrale wurde eine Expansionskammer gebaut, von der ein 1917 m langer Unterwasser-Druckstollen zum Ausgleichweiher Mollaro führt. Von der Zentrale wird die Energie mit der Spannung 10 kV durch einen 160 m hohen Vertikalschacht zu den im Freien aufgestellten Transformatoren geführt, wo die Energie auf 150 und 240 kV transformiert und in das Netz der Edison abgegeben wird. Dieses Kraftwerk konnte am 21. Februar 1951 den Betrieb aufnehmen.

Für weitere Lagepläne und Schnitte der Sperrstelle S. Giustina und der Kavernenzentrale Taio wird auf frühere Publikationen verwiesen [3, 5].

4. Talsperren Fedaia

der *Società Adriatica di Elettricità (SADE)*, Venezia [8]

Diese Gesellschaft, die im Jahre 1954 rund 2519 Mio kWh produziert und 3002 Mio kWh verkauft hat, besitzt ihre bedeutendsten Wasserkraftanlagen am Piave, am Cordevole, am Cellina und am Tagliamento. Sie versorgt das Gebiet zwischen Gardasee und Triest einerseits und Bologna–Rimini und der österreichischen Grenze anderseits mit elektrischer Energie.

Am Nordfuße der stark vergletscherten Marmolada, dem höchsten Berg der Dolomiten, wurde auf dem 2000 m hoch gelegenen Pian Fedaia neuestens ein Speicherbecken geschaffen, das der *Kraftwerkgruppe Cordevole* dienen wird.

Der Cordevole, ein rechter Zufluß des Piave, entspringt östlich des Pordoipasses, fließt vorerst in östlicher Richtung, biegt vor dem Falzàregopaß nördlich Caprile nach

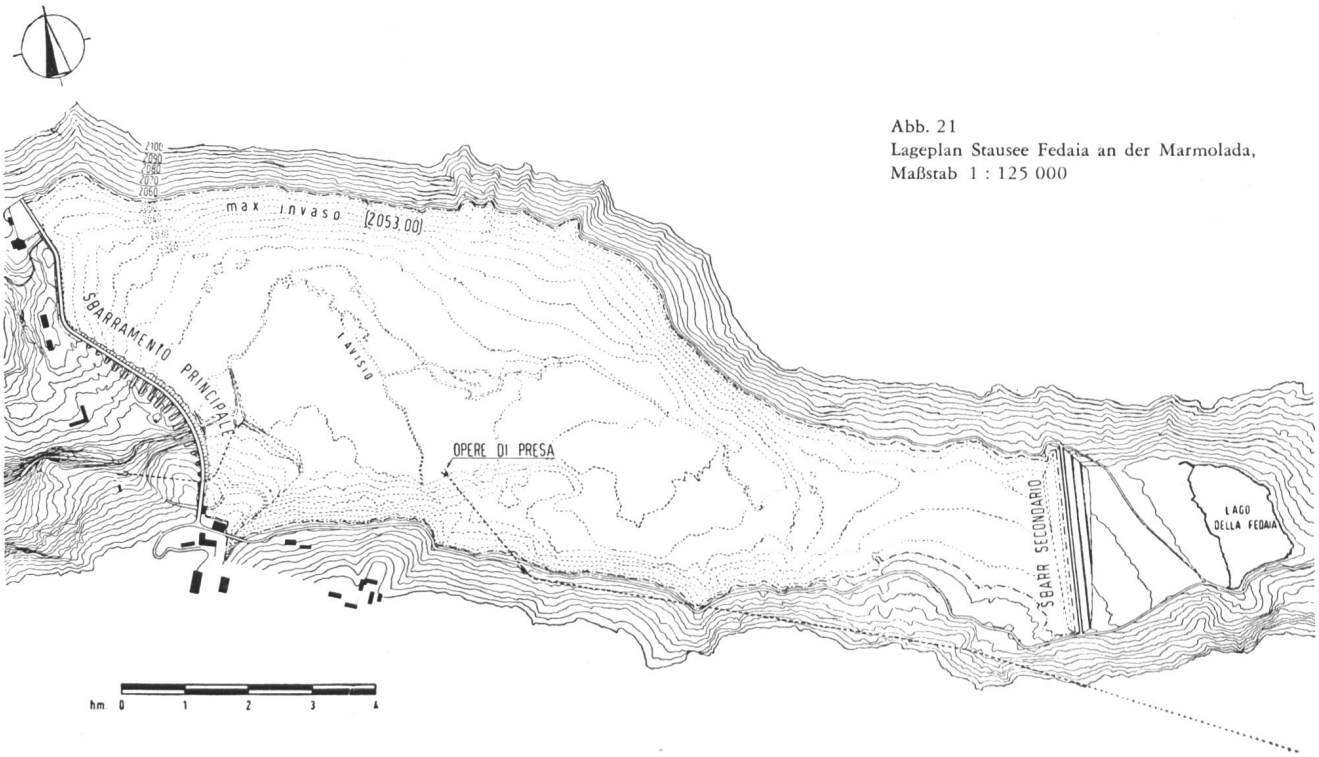


Abb. 21
Lageplan Stausee Fedaia an der Marmolada, Maßstab 1 : 125 000

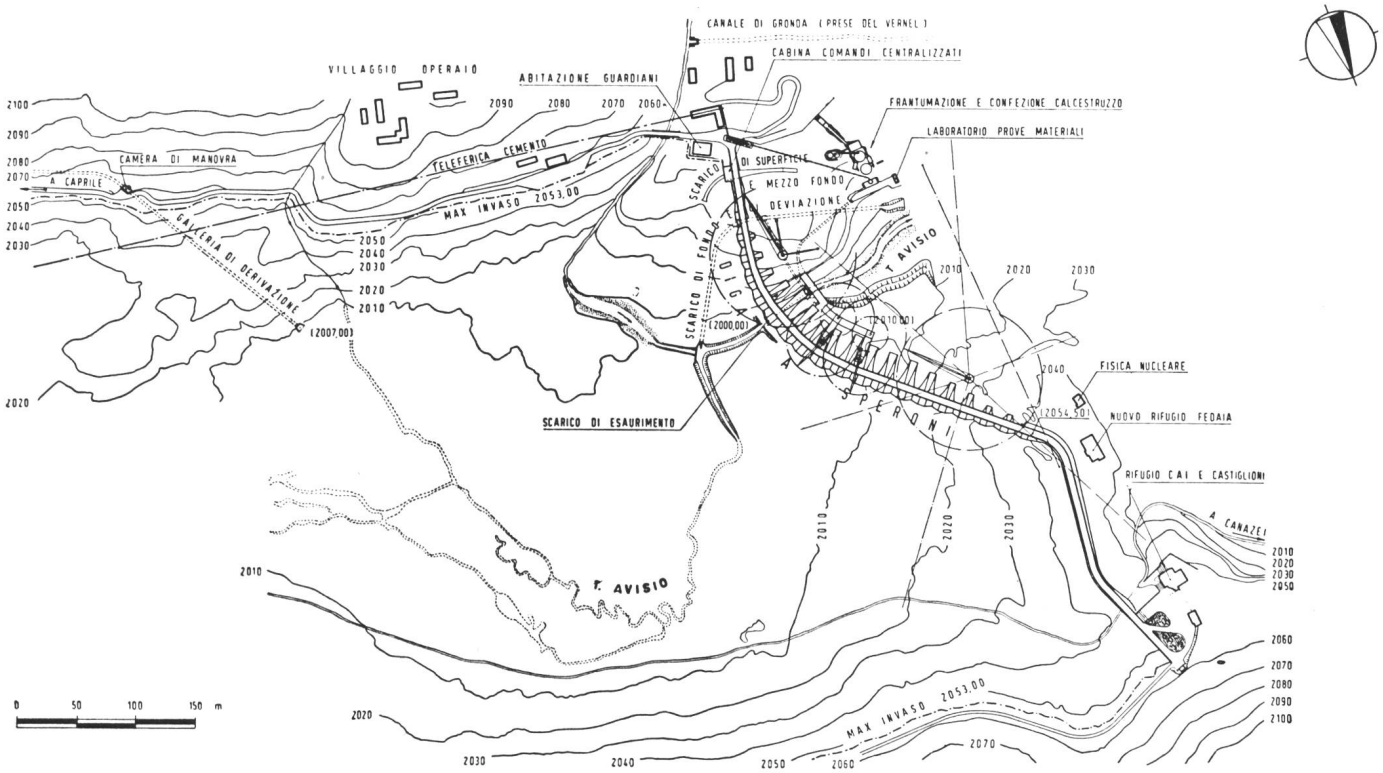


Abb. 22 Lageplan Pfeiler-Staumauer Fedaia

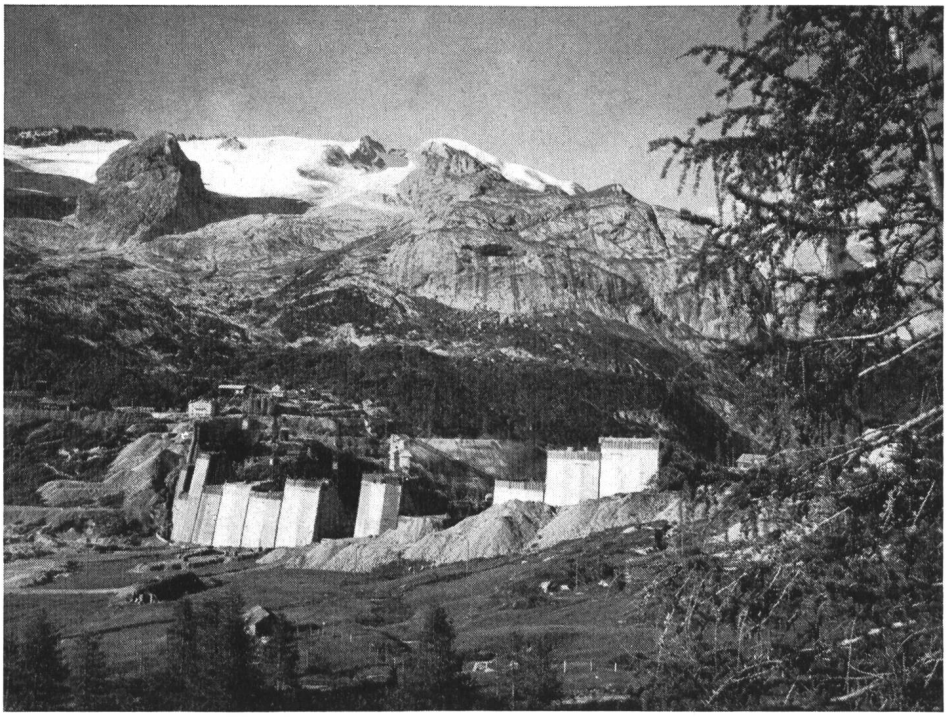


Abb. 23 Wasserseitige Ansicht der Staumauer Fedaia, Bauzustand 13. August 1954; Blick auf Marmolada (Photo Ferruzzi, Venezia / SADE)

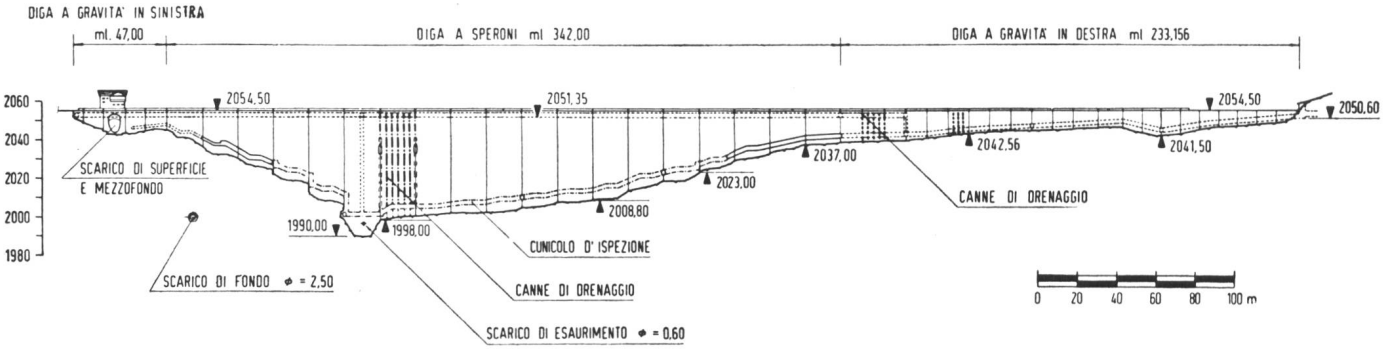


Abb. 24 Staumauer Fedaia, Längsschnitt 1 : 4000

Süden um und mündet etwa 10 km südwestlich von Belluno in den Piave. Die gesamte Wasserkraftnutzung des Cordevole und seiner Seitenbäche erfolgt in elf Gefällsstufen, die zum Teil in Betrieb, zum Teil im Bau und zum Teil erst projektiert sind. Sie lassen sich in die drei folgenden Gruppen unterteilen:

a) *Kraftwerkgruppe Alto Cordevole* von der Kote 2053 m des Stausees Fedaia bis zur Kote 968,5 m des Stausees Alleghe; sie umfaßt die in Betrieb stehenden Zentralen Malga Ciapela und Saviner, und die projektierte Zentrale Alleghe mit dem neu geschaffenen Stausee Fedaia als höchste Anlage und dem projektierten Stausee Caprile am Cordevole (Stauziel 1150 m, nutzbarer Inhalt 25 Mio m³), der höchsten Anlage am Hauptfluß;

b) *Kraftwerkgruppe Medio Cordevole* von der Kote 968,5 m bis zur Kote 433 m, der Wasserrückgabe der Zentrale La Stanga; sie umfaßt die drei in Betrieb stehenden Zentralen Cencenighe, Agordo und La Stanga mit dem Stausee Alleghe (nutzbarer Inhalt 3,5 Mio m³) und dem Ausgleichweiher Ghirlo;

c) *Kraftwerkgruppe Cordevole-Mis-Piave* von Kote 433 m bis zur Kote 173 m bei der Wasserrückgabe der Zentrale Quero; sie umfaßt die im Bau stehende Zentrale Sospirolo und die drei projektierten Zentralen Bivai, Busche und Quero mit dem oben gelegenen Speicher Mis (Stauziel 427 m, nutzbarer Inhalt 39 Mio m³) und dem Ausgleichweiher Caorame vor den untersten beiden Stufen.

Das gesamte nutzbare Einzugsgebiet umfaßt 1582 km². Bei einer total installierten Leistung von 238 000 kW können durchschnittlich 1055 Mio kWh pro Jahr erzeugt werden. Die drei Speicherseen Fedaia, Caprile und Mis mit zusammen 80 Mio m³ haben eine Kapazität von 124 Mio kWh.

Der Besuch der Studienreise SWV gilt den *Talsperren* und dem *Stausee Fedaia.* Der Talboden Fedaia entwässerte natürlicherweise nach Westen und bildet das Quellgebiet des das schöne Fassatal durchfließenden Avisio. Zur Schaffung des Stausees waren zwei Talsperren notwendig. Am westlichen Ende des Talbodens von Fedaia wurde der Abfluß nach dem Avisio durch eine Staumauer gesperrt; am östlichen Ende wurde zur Schaffung des Beckens ein Erddamm geschüttet (Abb. 21).

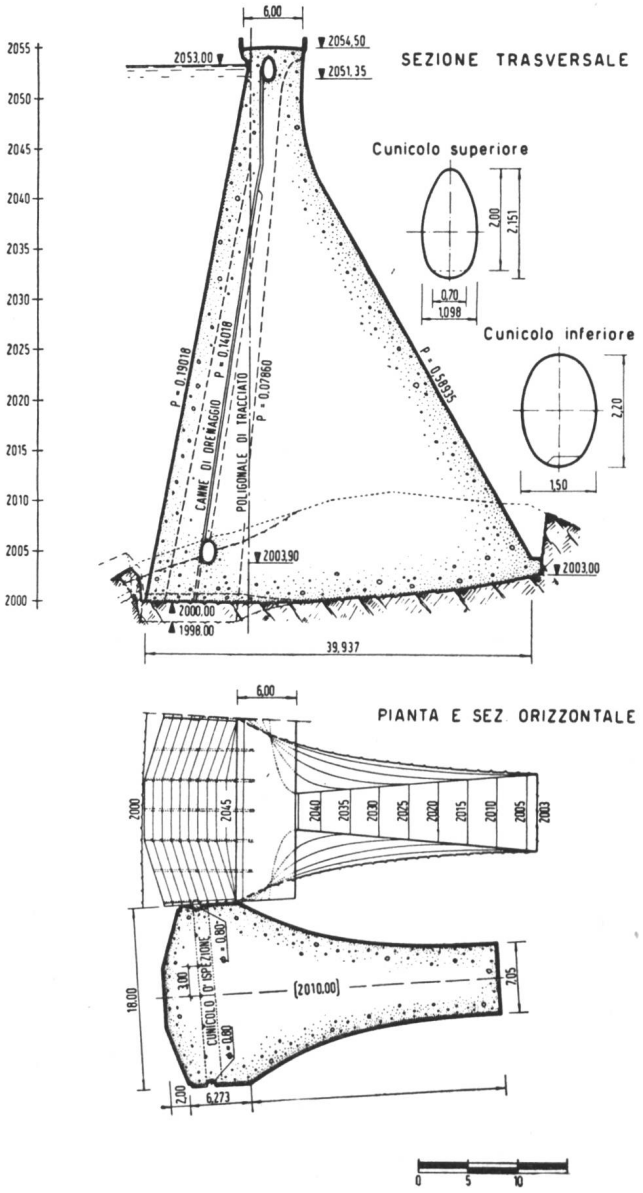


Abb. 25 Pfeiler-Staumauer Fedaia, Querschnitt und Horizontalschnitt 1 : 800

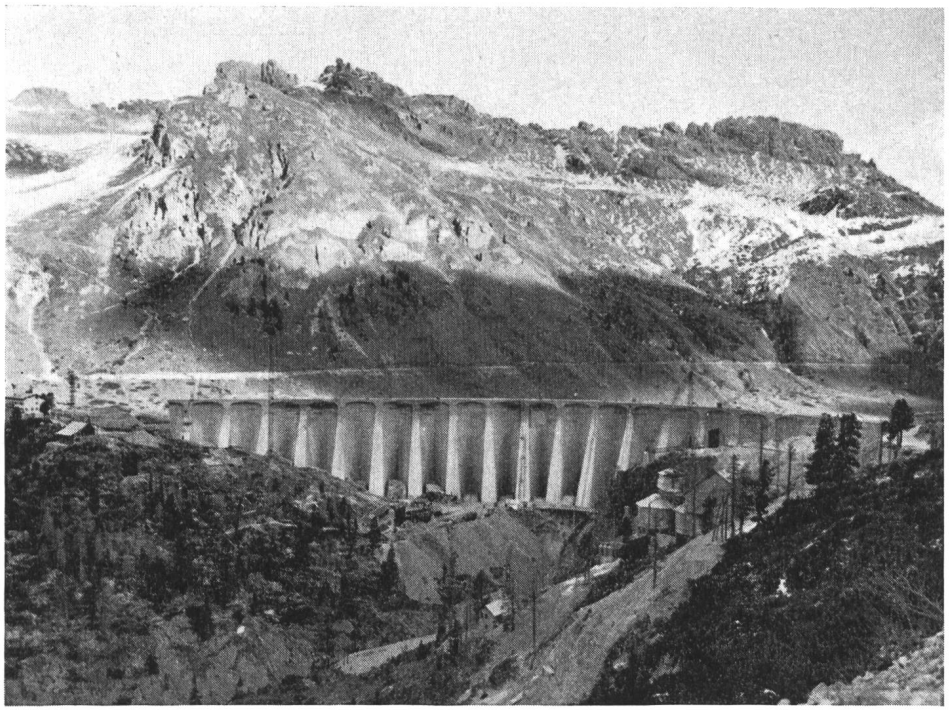


Abb. 26 Luftseitige Ansicht der fast vollendeten Pfeiler-Staumauer Fedaia
(Photo Ferruzzi, Venezia / SADE)

Die *Staumauer* (Abb. 22/26) besteht in ihrem mittleren Teil aus einer 324 m langen, maximal 60 m hohen Pfeilerstaumauer von 18 Elementen, die je 18 m breit sind; die Seitenflügel werden durch Gewichtsstaumauern gebildet, die eine gesamte Länge von 280 m erreichen. Die Gesamtkubatur beträgt 164 000 m³ Beton. Der Staumauertyp ist aus Abb. 25 ersichtlich. Der *Erddamm* (Abb. 27, 28) ist etwa 300 m lang, maximal 20 m hoch und erforderte eine Erdschüttung von rund 100 000 m³; er ruht auf einer Kiesschicht. Am wasserseitigen Dammfuß wurde ein Dichtungsdiaphragma nach dem neuen System ICOS erstellt, das 2 bis 3 m in den unter dem Kies liegenden Felsen einbindet; die Dichtungsfläche des Diaphragmas mißt 6900 m². Die Talsperren wurden im Spätherbst 1954 fertiggestellt.

Der Stausee mit Stauziel auf Kote 2053 m hat einen Nutzinhalt von 16 Mio m³; er wird vom obersten Avisio, einem Zufluß der Etsch, gespiesen und von den Schmelzwassern der stark vergletscherten Nordflanke des Marmoladamassivs, dessen Bäche teilweise durch einen Hang-

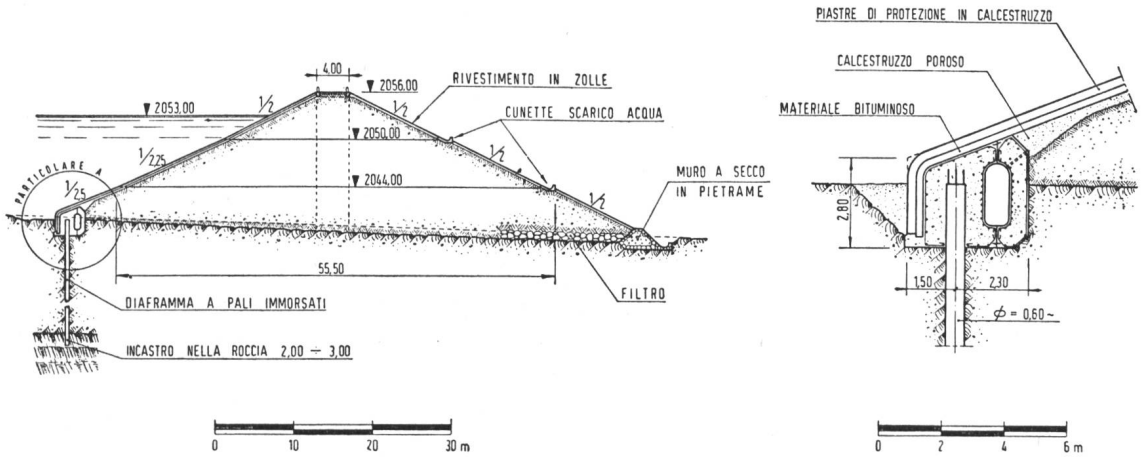


Abb. 27 Staudamm Fedaia, Damm-Querschnitt 1 : 1000, Dichtungsdetail 1 : 250

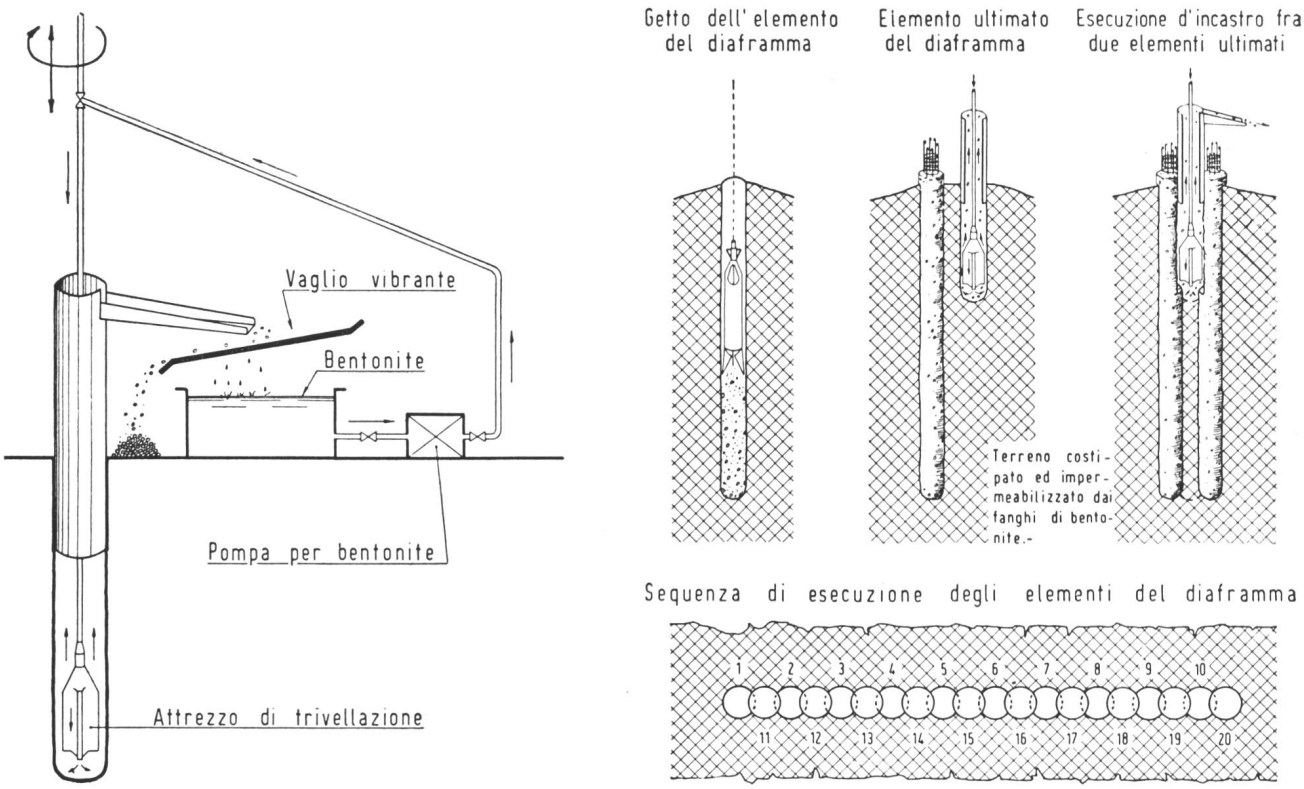


Abb. 28 Staudamm Fedaia, Ausführungsschema für das Dichtungsdiaphragma

kanal dem Stausee zugeleitet werden. Zudem werden noch die Abflüsse des oberen Ombrettatales südlich der Marmolada aus einem etwas tiefer gelegenen Ausgleichweiher zum Wasserschloß geleitet und in den Stausee gepumpt.

Das im Stausee gespeicherte Wasser wird durch einen 3960 m langen Druckstollen Ø 1,80 m für 4 m³/s zum Wasserschloß und durch eine im Druckschacht verlegte Druckleitung Ø 1,30/1,05 m der Kavernenzentrale Malga Ciapela, die im hintersten Pettorinatal liegt, zugeführt. Das maximale Bruttogefälle beträgt 567 m, die installierte Leistung 19 400 kW und die mittlere jährliche Energieproduktion 25 Mio kWh.

In der Zentrale Saviner, der zweiten Gefällsstufe, die seit 1952 in Betrieb ist, sind bei einem Nettogefälle von 428 m 13 000 kW installiert; die mittlere Jahresproduktion beträgt 40 Mio kWh. Bei dieser Zentrale mündet das Nutzwasser in den Cordevole.

5. Kraftwerkgruppe Piave-Boite-Maè-Vajont

der *Società Adriatica di Elettricità (SADE)*, Venezia

Die Kraftwerke am Piave und an seinen nördlich Ponte degli Alpi einmündenden Zuflüssen [9] sollen zusammen mit den Piave-S. Croce-Kraftwerken im Endausbau das Gefälle von 1740 m ü. M. (projektierter Stausee von Campocroce rund 10 km nördlich von Cortina d'Ampezzo) bis zur bestehenden Zentrale Livenza, 13,5 m ü. M. beim Beginn der Veneto-Ebene südöstlich Vittorio Veneto in 20 Zentralen ausnützen und im Endausbau etwa 2,3 Mrd kWh erzeugen. Das gesamte genutzte Einzugsgebiet wird nach Vollausbau 1480 km² umfassen. Die Projektierung der Anlagen am mittleren Piave zwischen Pieve di Cadore und Soverzene mußte weitgehend auf die Bewässerungsbedürfnisse im Haupttal Rücksicht nehmen und eine betrieblich möglichst rationelle Wasserkraftnutzung der Piave-S. Croce-Werkgruppe gewährleisten. Die Zusammenfassung der verschiedenen Projekte am Piave nördlich Soverzene zu einem einzigen System Piave-Boite-Maè-Vajont datiert vom Jahre 1939, doch wurden seither in der Ausführung und weiteren Projektierung verschiedene Änderungen vorgenommen (Abb. 29).

In Betrieb befinden sich das *Kraftwerk Pelos* im oberen Piavetal mit den kleineren Staubecken Comelico (1,2 Mio m³) in der großen Piaveschlucht und S. Caterina (6,6 Mio m³) am Ansieifluß mit einer Energieproduktion von 120 Mio kWh, das *Kraftwerk Perarolo* am untersten Boite, einem rechten Zufluß des oberen Piave, mit dem Stausee Boite/Valle (4,3 Mio m³) [10], das nur einige Jahre bis zur Inbetriebnahme der Zentrale Soverzene arbeitete, und das *Kraftwerk Soverzene* mit den Stauseen Pieve di Cadore (64,3 Mio m³) und Val Gallina (5,8 Mio m³) mit einer Energieproduktion von 750 Mio kWh; ferner wurden bereits in den Jahren 1919/29 die *Piave-*

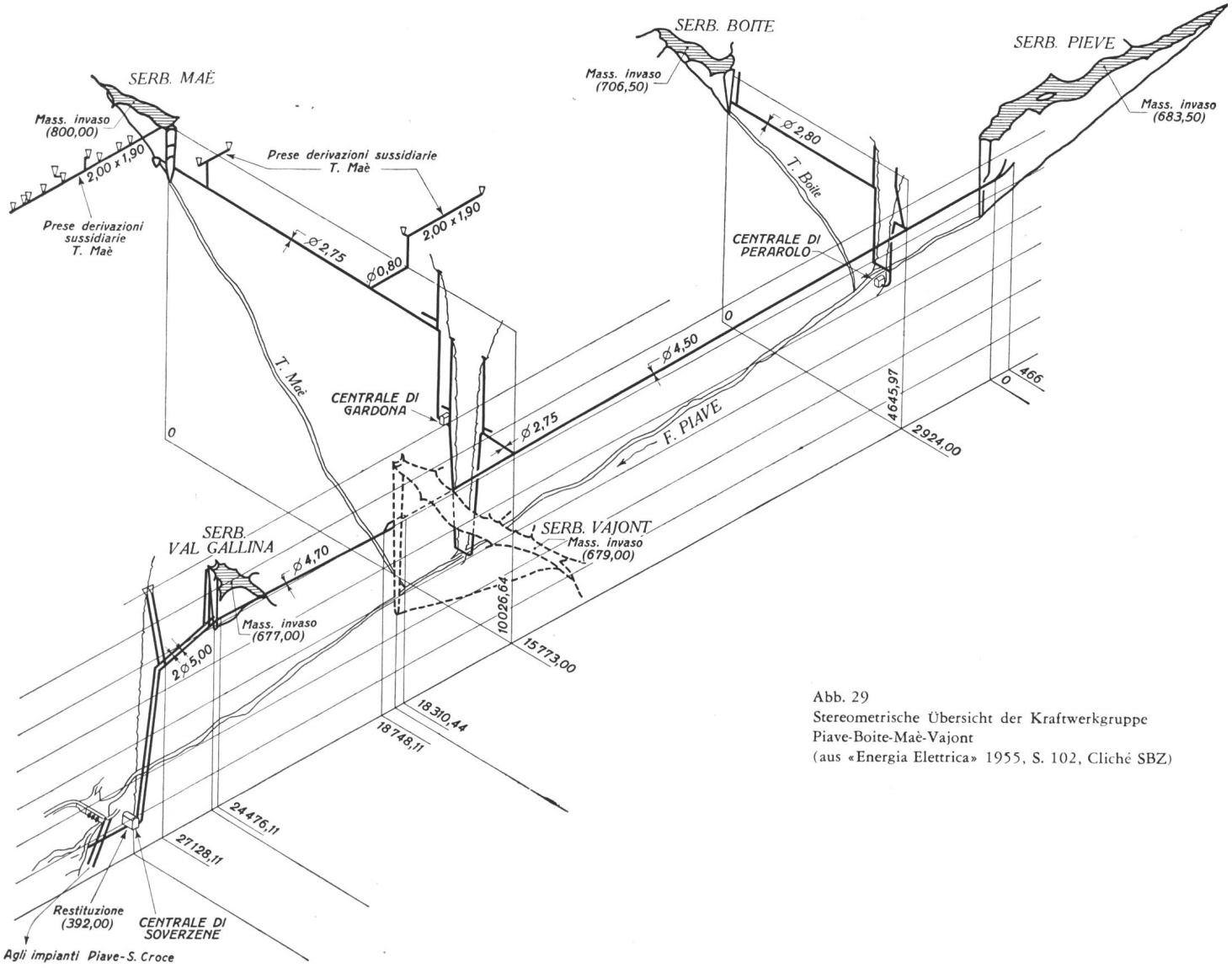
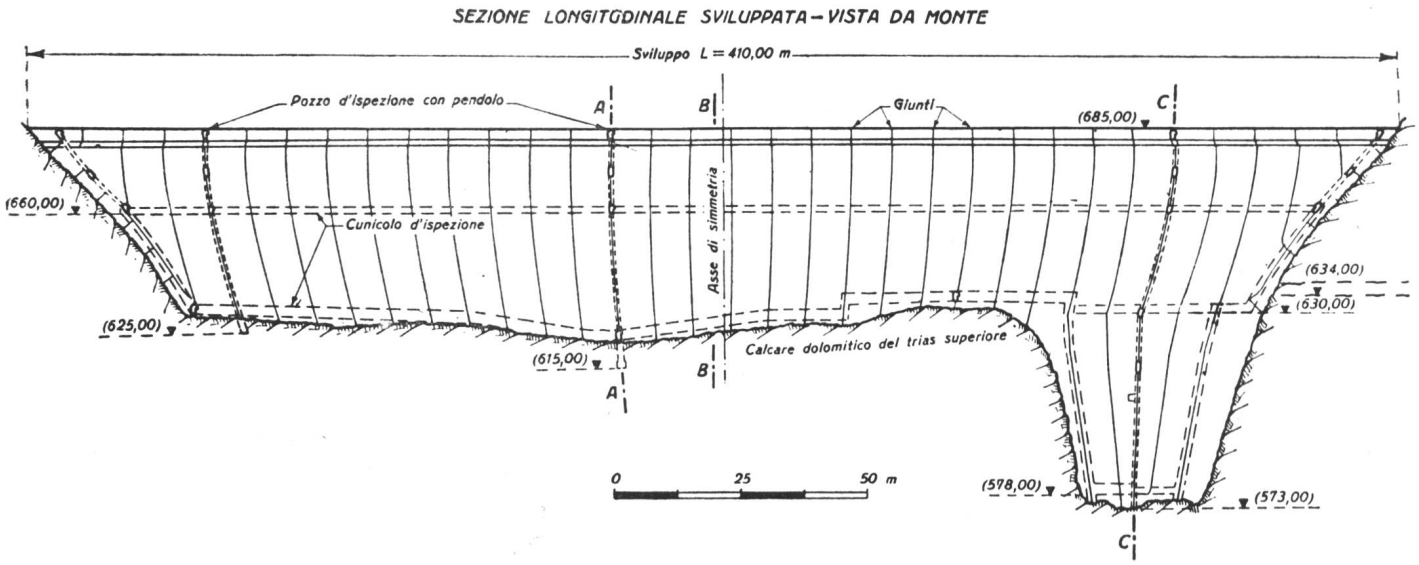


Abb. 29
Stereometrische Übersicht der Kraftwerkgruppe Piave-Boite-Maè-Vajont
(aus «Energia Elettrica» 1955, S. 102, Cliché SBZ)

S. Croce-Kraftwerke, eine Gruppe von sechs Zentralen zwischen dem Lago S.Croce und einigen kleineren Stauseen (Lago morto, Lago del Restello, Lago Negrisiola), mit einem totalen Speicherinhalt von 123,5 Mio m³, und der Veneto-Ebene; genutzt wird hier das Gefälle zwischen den Koten 390,5 bis 13,5. Mit dieser Ableitung wurden die Geschiebe- und Bewässerungsprobleme des unteren Piave südlich Soverzene schon früh gelöst, da die Wasserkraftnutzung der letztgenannten Gefällsstufe vom natürlichen Flußlauf des Piave unabhängig ist. Dabei wird der Piave nördlich Ponte degli Alpi unterhalb der Zentrale Soverzene gefaßt und nach Süden, einem alten Flußlauf folgend, in den großen S. Crocesee umgeleitet, wobei ein bedeutend konzentrierteres Gefälle bis zur Tiefebene erzielt wurde. Die heutige Energieproduktion der Piave-S. Croce-Kraftwerke beträgt 650 Mio kWh Konstantenergie. Nächstens wird das *Kraftwerk Gardona,* das die Abflüsse des Maè, eines rechten Zuflusses des mittleren Piave, nutzt, mit dem 1957 in Betrieb kommenden Stausee Maè/Pontesei (9,1 Mio m³) mit einer bei Vollausbau möglichen Energieproduktion von 155 Mio kWh (einschließlich der Mehrproduktion in der Zentrale Soverzene), vorerst als Laufwerk, den Betrieb aufnehmen.

Zur Schaffung obgenannter Staubecken wurden fast durchwegs bemerkenswerte und kühne Bogengewichts-, Bogen- und Kuppelstaumauern gebaut, Konstruktionen des weit über die Grenzen seines Heimatlandes bekannten Ingenieurs Dr. h. c. *Carlo Semenza,* Direktor der SADE [4, 9].

Die interessante und ungewöhnliche Art der Wasserkraftnutzung in der großen Hauptstufe Pieve di Cadore-Soverzene mit der Zuleitung Boite-Perarolo und der Nebenstufe Maè-Gardona, letztere das Gefälle zwischen dem Stausee Maè-Pontesei und dem Betriebswasserspiegel im



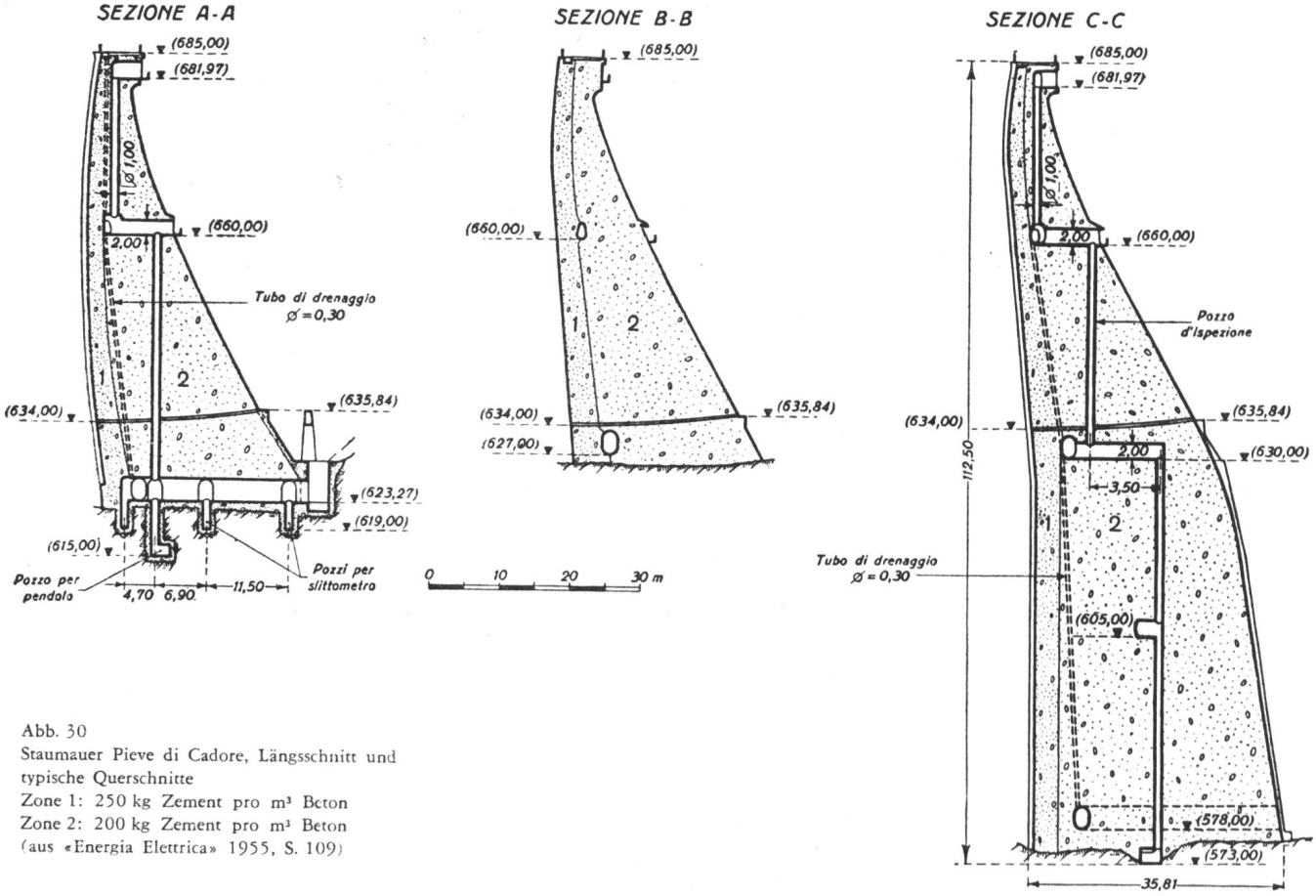


Abb. 30
Staumauer Pieve di Cadore, Längsschnitt und typische Querschnitte
Zone 1: 250 kg Zement pro m³ Beton
Zone 2: 200 kg Zement pro m³ Beton
(aus «Energia Elettrica» 1955, S. 109)

Hauptdruckstollen Pieve di Cadore-Val Gallina ausnutzend, und beide großangelegte Dücker mit Aquaedukten im Piavetal erfordernd, ist aus der stereometrischen Übersicht (Abb. 29) ersichtlich.

Südlich des Städtchens *Pieve di Cadore* wurde zur Schaffung des gleichnamigen Stausees von 64,3 Mio m³ Nutzinhalt in der Piaveschlucht nach eingehendem Studium verschiedener Sperrstellen und Staumauertypen eine in der Schlucht 110 m hohe, über der linksufrigen Terrasse im Mittel 55 m hohe Bogengewichtsstaumauer mit einem massiven Schluchtpfropfen erstellt [11] (Abb. 30/32); sie hat eine Kronenlänge von 410 m und eine Betonkubatur von 377 740 m³ und wurde in vibriertem Beton mit einer Zementdosierung von P 250 wasserseits und P 200 hinter dem Drainagesystem erstellt. Wie bei verschiedenen anderen italienischen Staumauern verwendete man einen Spe-

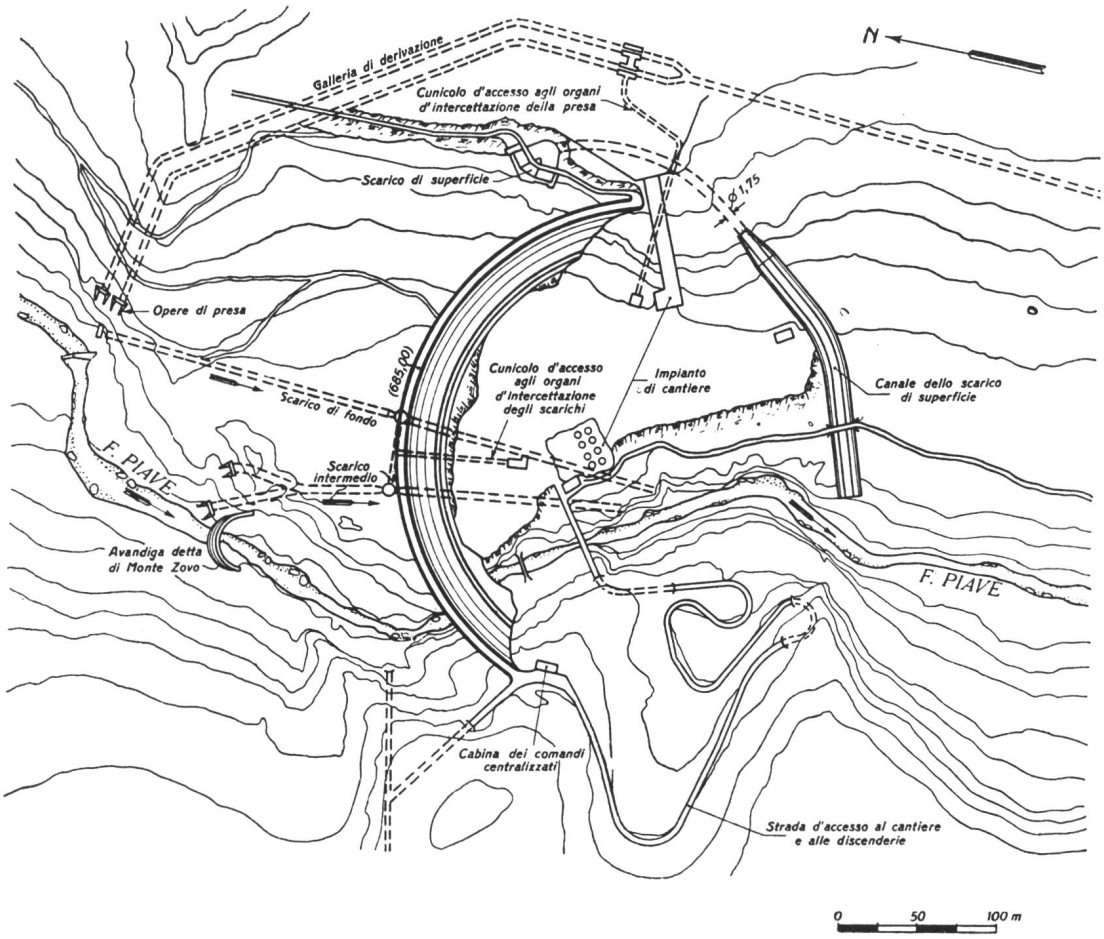


Abb. 31 Bogengewichts-Staumauer Pieve di Cadore, Lageplan 1 : 5000
(aus «Energia Elettrica» 1955, S. 108)

zialzement mit geringerer Abbindewärme und kleinerer Druckfestigkeit. In 66 634 m Injektionsbohrungen wurden rund 6200 t Zement eingepreßt, entsprechend 93 kg pro m Bohrloch. Die Staumauer wurde im November 1949 fertiggestellt.

Die im Stausee Pieve di Cadore gespeicherten Wassermengen werden durch einen 24,1 km langen Druckstollen von 4,5 m Durchmesser bis zur Einmündung der Maè-Zuleitung und von 4,7 m Durchmesser weiter talwärts bis zum Stausee Val Gallina (5,9 Mio m³) geführt. Die auf dieser Strecke liegende tiefeingeschnittene, wilde Vajontschlucht wird durch einen kühnen Aquaedukt gequert (Abb. 33). In der tiefen, im Lias- und oberen Jurakalk eingeschnittenen Vajontschlucht soll in nächster Zukunft eine Talsperre zur Schaffung eines Stausees gebaut werden, für den heute nach außerordentlich umfangreichen und vielseitigen Studien noch zwei Varianten im Vordergrund stehen. Der Speicherinhalt soll danach 58 Mio m³ (Staukote 679 m ü. M.) oder 175 Mio m³ (Staukote 727 m ü. M.) erhalten, was durch den Bau einer 208 m bzw.

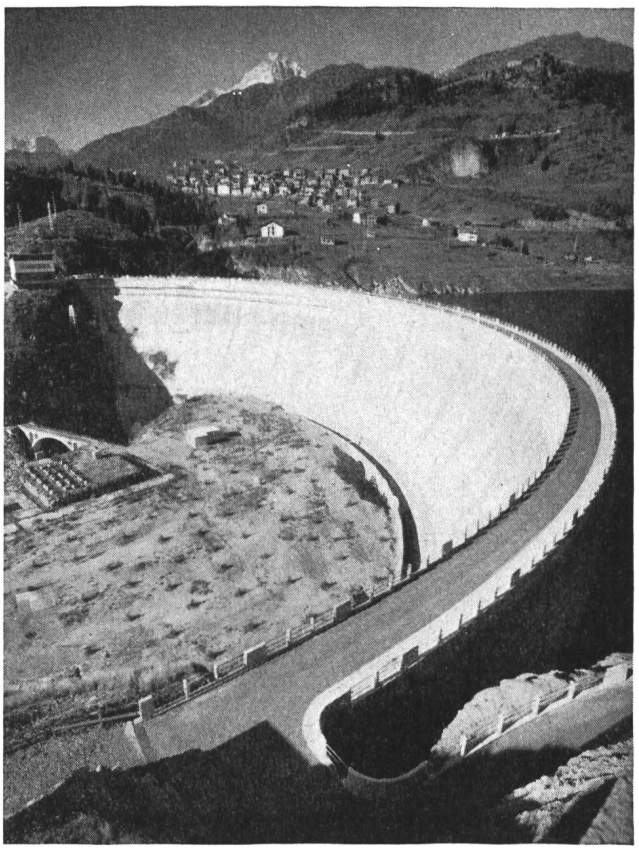


Abb. 32 Staumauer Pieve di Cadore, mit Blick auf das Städtchen Pieve di Cadore. (Photo Ferruzzi, Venezia / SADE)

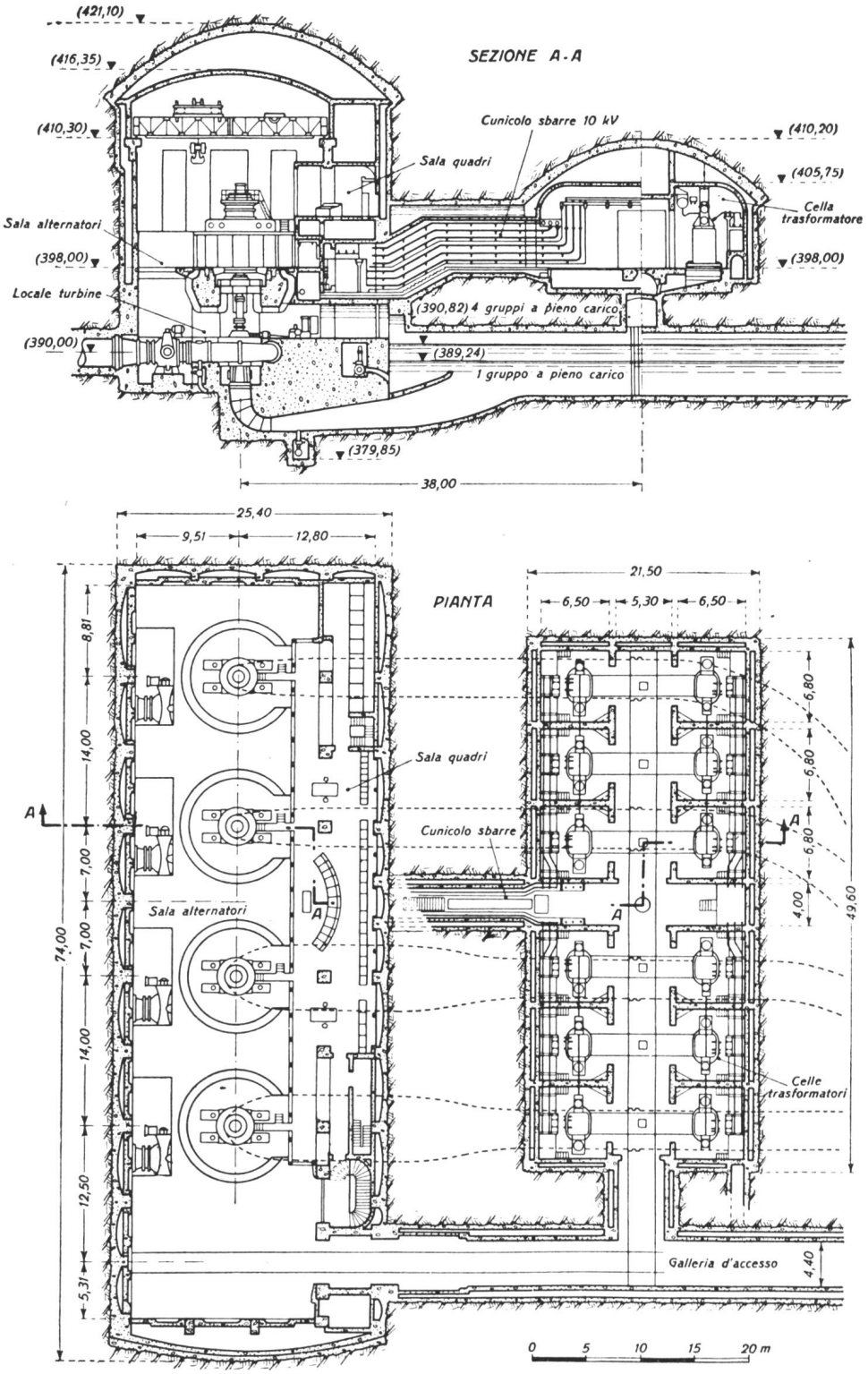


Abb. 34 Kavernenzentrale «Achille-Gaggia / Soverzene», Querschnitt und Lageplan

260 m hohen, sehr schlanken Bogen-Kuppelstaumauer erreicht wird. An sich wäre infolge der außerordentlich günstigen topographischen Verhältnisse der Bau einer etwa 300 m hohen Talsperre mit einem Stausee von fast 240 Mio m³ ohne weiteres möglich, doch müßte damit eine Ortschaft mit Kulturland eingestaut und Wasser aus anderen Flußgebieten zugeleitet werden; zudem wären erschwerende geologische Verhältnisse bei der Sella di S. Osvaldo am oberen Stausee-Ende zu gewärtigen. Für die endgültige Wahl sind noch verschiedene Fragen wirtschaftlicher Art abzuklären.

Der obgenannte Stausee Val Gallina wurde durch eine

außerordentlich kühne dünnwandige Kuppelstaumauer geschaffen [3, 9]. Von diesem gelangt das Nutzwasser durch zwei 2,5 km lange Druckstollen von 5,0 m Durchmesser und vier in zwei parallelen Druckschächten untergebrachten Druckleitungen von 2,55 m Durchmesser in die Kavernenzentrale Soverzene, die heute «Centrale Achille Gaggia» heißt [12].

Die größte Nutzwassermenge beträgt zwischen dem Stausee Val Gallina und der Zentrale 88 m³/s, das maximale Gefälle 285 m. Die vier vertikalachsigen Einheiten von je 55 000 kW sind in einer Kaverne untergebracht, während die Transformatoren in einer eigenen Kaverne aufgestellt sind (Abb. 34). Die Zentrale ist seit 1951/1952 in Betrieb und kann im Jahr durchschnittlich 750 Mio kWh produzieren. Bei der Zentrale hat man m. W. erstmals Deckenmalereien angewendet und auch die Freiluftschaltanlage vor dem Eingang zur Kavernenzentrale wurde in die architektonische Gesamtgestaltung einbezogen.

Der 950 m lange Unterwasserstollen von 6,4 m Durchmesser mit freiem Wasserspiegel mündet in die beiden Zulaufstollen der Überleitung des Piave in den Lago S. Croce.

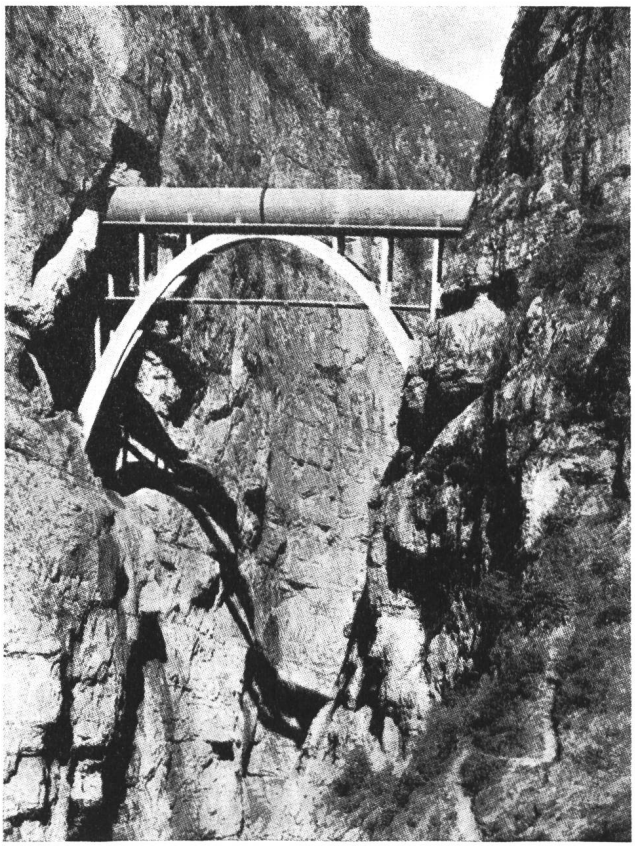


Abb. 33 Aquaedukt über die Vajont-Schlucht
(Photo Ateljé Sundahl AB, aus «Energia Elettrica 1955, S. 126)

6. Kraftwerk Ala

der *Società Elettrica Ala* (SEA)

Diese Gesellschaft wurde von der *Società Montecatini* und von der *Società Selt-Valdarno* zum Bau und Betrieb des Alakraftwerkes an der Etsch (Adige) gegründet, die je hälftig daran beteiligt sind.

Bei der Montecatini, Società Generale per l'Industria Mineraria e Chimica, Milano, handelt es sich um die größte Industriegesellschaft Italiens, die ihre wichtigsten Wasserkraftanlagen zur Erzeugung von Industriestrom an der oberen Etsch (Alto Adige) und an der Eisack (Isarco) betreibt, beispielsweise die nach dem Zweiten Weltkrieg gebauten und teilweise mit Schweizer Kapital finanzierten Kraftwerke Glorenza und Castelbello mit dem Stausee Resia [5, 15].

Das Etsch-Kraftwerk Ala [13], dessen Fassung bei Mori etwa 30 km südlich der Stadt Triest gelegen ist, ersetzt das Kraftwerk Mori der Montecatini, das 25 Jahre in Betrieb war und ein Gefälle von 11 m nutzte; die neue Anlage, die für eine maximale Nutzwassermenge von 200 m³/s und eine mittlere Nutzwassermenge von 172 m³/s gebaut wurde, nutzt ein Gefälle von 26 m (Abb. 35). Es handelt sich um ein Laufwerk, das immerhin bedeutende Speicheranlagen im Einzugsgebiet besitzt. Das Einzugsgebiet umfaßt 10 400 km² mit einem mittleren Jahresabfluß von 7,5 Mrd m³. Die wichtigsten Bauwerke sind:

— Anpassung der bestehenden Wasserfassung und des bestehenden Kraftwerkkanals an die neue Werkzuleitung;
— 9250 m langer Druckstollen mit dem außerordentlich großen Durchflußquerschnitt von 66 m², hufeisenförmiges Profil mit 8,5 m lichter Höhe und 9,50 m größter Breite; Neigung des Stollens 0,45 ‰, Wassergeschwindigkeit max. 3 m/s (Abb. 36);
— System von drei Vertikalschächten mit einer großen Expansionskammer in Form eines liegenden Doppelringes mit einer Grundfläche von 5000 m² als Wasserschloß am Ende des Stollens;
— zwei Eisenbeton-Druckleitungen mit Durchmesser 5,60 m;
— Kavernenzentrale mit zwei vertikalen Maschinenaggregaten mit Kaplanturbinen. Die max. installierte Leistung beträgt 40 000 kW, die durchschnittliche Jahresproduktion 270 Mio kWh, wovon 45 % auf das Winterhalbjahr entfallen;
— zwei Entlastungsstollen, die sich im Freien zu einem großen Kanal vereinigen. Die Wasserrückgabe in die Etsch erfolgt unmittelbar vor der Fassung der nachstehend geschilderten ersten Kraftwerk-Stufe der Società Medio Adige.

Der große Druckstollen in der Kalk- und Dolomitformation stellt das bemerkenswerteste Bauobjekt sowohl

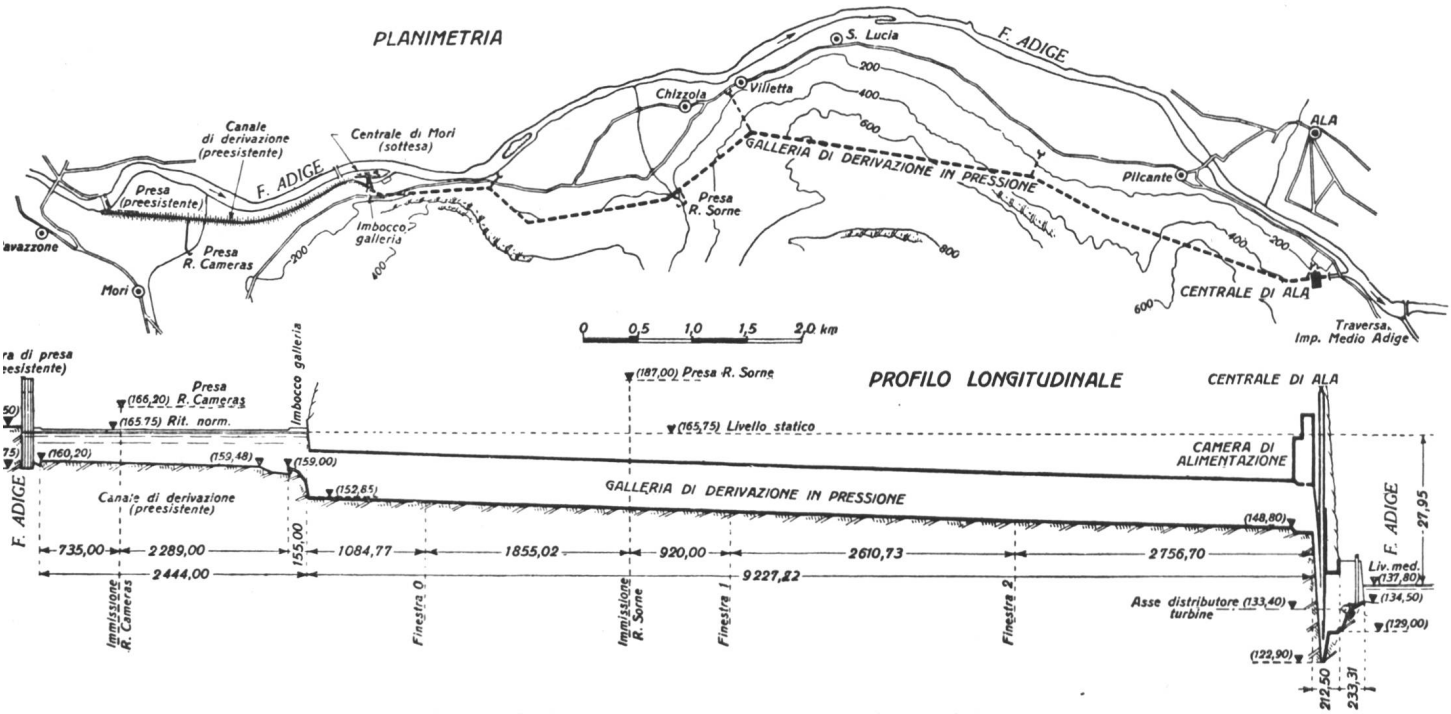


Abb. 35 Kraftwerk Ala an der Etsch, Lageplan und Längsschnitt (aus «Energia Elettrica» 1953, S. 763)

hinsichtlich Ausmaß als Bauvorgang dar, der besondere Studien, und Vorkehren forderte; es wurden auch die verschiedensten Stollenprofiltypen eingehend auf ihre geologische und wirtschaftliche Eignung untersucht.

Bei den von der S. p. A. Costruzioni Meccaniche Riva gelieferten Kaplanturbinen handelt es sich um die größten in Italien in Betrieb stehenden Konstruktionen dieser Art; die außerordentlichen Dimensionen der mechanischen Ausrüstung — Durchmesser des Polrades 5,85 m — erforderten die Herstellung der rotierenden Teile in der Zentrale.

Die auf 130 kV oder 225 kV transformierte Energie wird in das 130-kV-Netz der Montecatini und in das 225-kV-Netz der Società Selt-Valdarno gespiesen.

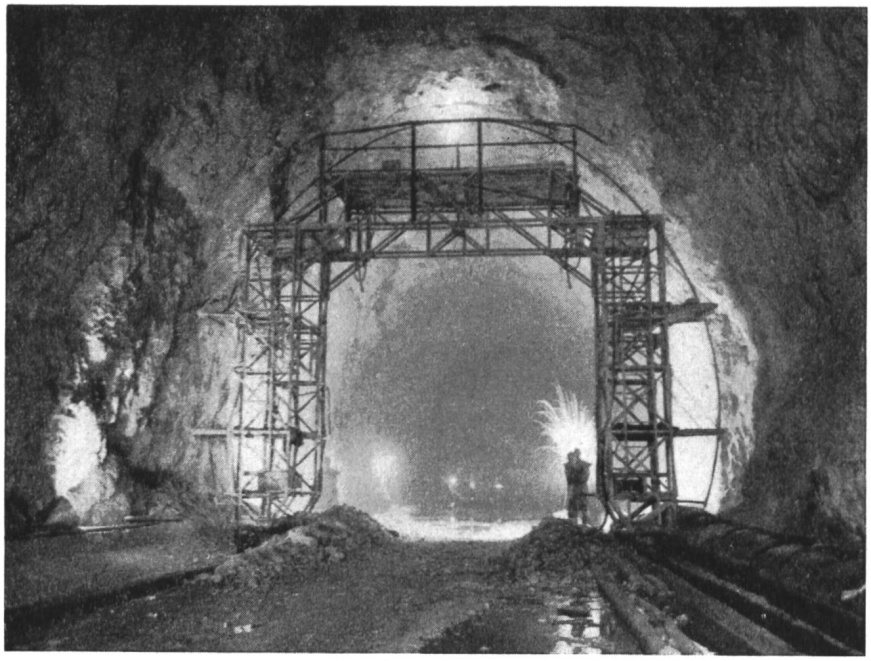


Abb. 36
Druckstollen des Kraftwerkes Ala, Vollausbau
(Cliché SBZ 1955, S. 455)

Projektierung und Bau der Anlagen, die 1953 nach einer Bauzeit von 30 Monaten den Betrieb aufnahmen, waren dem Energiesektor der Società Montecatini anvertraut.

7. Die Anlagen Medio Adige

der *Società Idroelettrica Medio Adige* (SIMA), Verona

Unmittelbar im Anschluß an das Kraftwerk Ala befinden sich die beiden Kraftwerkstufen Ala-Bussolengo (Gefälle 39,5 m, inst. Leistung 44 000 kW, durchschnittliche Jahresproduktion 280 Mio kWh) und Bussolengo-Chievo (25,0 m; 30 000 kW; 200 Mio kWh) der SIMA [5]. Diese großen Anlagen wurden von den Gesellschaften Edison, Adriatica und Centrale in den Kriegsjahren 1939 bis 1944 gebaut. Die Projektierung und der Bau der Anlagen wurden unter der Oberaufsicht eines technischen Komitees durchgeführt, das sich aus den Ingenieuren C. Marcello (Edison), C. Semenza und M. Mainardis (Adriatica) und U. Legnaioli (Centrale) zusammensetzte. Das große Stauwehr bei Ala und sechs Straßenbrücken über den Kanal sind von deutschen SS-Formationen auf ihrem Rückzug einige Tage nach dem Waffenstillstand am 30. April, 1. und 2. Mai 1945 zerstört worden. Die Wiederinstandstellungsarbeiten wurden in den Jahren 1945/46 ausgeführt.

Diese beiden Kraftwerke sind besonders wegen ihres ungewohnten Ausmaßes erwähnenswert. Sie sind beide für 145 m³/s dimensioniert; vom 15. April bis 30. September werden jeweils bis 25 m³/s für Bewässerungszwecke abgegeben, so daß die Nutzwassermengen im Sommer zwischen 110 und 135 m³/s schwanken; im Winter stehen rund 90 m³/s zur Verfügung. Bewässert wird ein etwa 240 km² großes Gebiet zwischen dem Gardasee und Verona. Vom Kanal werden die Nutzwassermengen durch drei Eisenbetondruckleitungen von 5,6 m äußerem und 4,0 m innerem Durchmesser den drei vertikalachsigen Maschinenaggregaten in der Zentrale Bussolengo zugeführt; die Entlastung erfolgt direkt in den 7,5 km langen Oberwasserkanal der Zentrale Chievo bei Verona, der die gleichen Dimensionen hat wie der Zuleitungskanal Ala—Bussolengo. Für den Bau der Zentrale Chievo mußten große Materialmassen ausgehoben werden.

Die beiden Werkkanäle zwischen der Fassung bei Ala und dem Kraftwerk Chievo vor den Toren der Stadt Verona sind zusammen 46,5 km lang und mußten in stark coupiertem Gelände erstellt werden, so daß beachtenswerte Kunstbauten erforderlich waren. Etwa 8,5 km des Kanals mußten in Stollen verlegt werden; bei der offenen Kanalanlage waren auf großen Strecken hohe Dämme, große Einschnitte und Verbauungen notwendig. Alle 12 km sind Schützen eingebaut, die eine Regulierung und Entlastung in den Fluß ermöglichen. Mehrere Talläufe mußten vom Kanal überquert werden, die wichtigste Überbrückung erforderte die Valle del

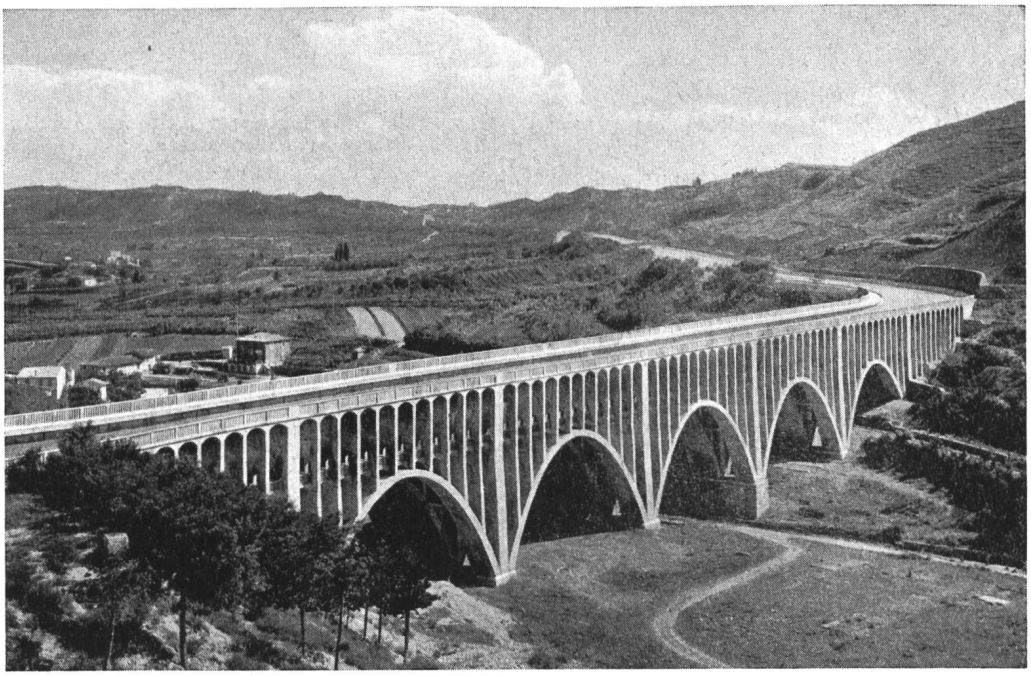


Abb. 37 Kraftwerkgruppe Medio Adige, Kanalbrücke für 135 m³/s über den Tasso (Cliché SBZ 1955, S. 447)

Tasso, und zwar mit einem etwa 210 m langen Aquaedukt (Abb. 37) von 25 m größter Höhe mit fünf 30 m weit gespannten Eisenbetonbögen. Zudem werden die beiden Kanäle von 52 Straßenbrücken überquert.

In Bussolengo befindet sich neben der Zentrale eine sehr wichtige Unterstation für zwölf 135-kV-Hochspannungsleitungen. Von dieser Schaltanlage zweigt auch die große 220-kV-Leitung ab, welche die Compagnia Nazionale Imprese Elettriche (CONIEL) gemeinsam mit verschiedenen italienischen Elektrizitätsgesellschaften zur Verbindung der norditalienischen mit den mittel- und süditalienischen und den sizilianischen Kraftwerken gebaut hat.

Abschließend liegt es dem Berichterstatter daran, den Herren Dott. ing. C. Agustoni, ANIDEL, Milano, Dott. ing. C. Marcello, Direktor der Società Edison, Milano, Dott. h. c. C. Semenza, Direktor der SADE, Venezia, und Dott. ing. C. Castellani, Direktor der Società Montecatini, Milano, sowie den im Bericht genannten Gesellschaften recht herzlich zu danken für ihre Bemühungen und die Überlassung verschiedener Unterlagen.

Literatur:

[1] *ANIDEL:* «Relazione del Consiglio all'assemblea dei Soci, Roma, 10 giugno 1954», 22 luglio 1955.
[2] *H. Link:* «Die Speicherseen der Alpen», Verbandsschrift Nr. 31 des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes, Zürich 1953.
[3] *C. Marcello:* «Moderner Talsperrenbau in Italien», Schweizerische Bauzeitung, 68. Jahrgang 1950.
[4] *C. Semenza:* «Les barrages de la Società Adriatica di Elettricità en Vénétie», Bulletin technique de la Suisse Romande 1949.
[5] *G. A. Töndury:* «Kraftwerkbauten in Norditalien», Schweiz. Bauzeitung 1950, Wasser- und Energiewirtschaft 1950.
[6] *C. Marcello:* «La diga di Bau Muggeris sull'alto corso del Flumendosa (Sardegna)», L'Energia Elettrica 1951.
[7] *SISM:* «Gli impianti idroelettrici del Sarca», Bericht der Società Idroelettrica Sarca-Molveno, Milano 1949.
[8] *SADE,* Venezia: «Impianti del Cordevole», Faltprospekt 1954 und «Serbatoio del Fedaia», Faltprospekt 1954.
[9] *C. Semenza:* «Impianto idroelettrico Piave-Boite-Maè-Vajont, criteri generali della progettazione e dell'esecuzione», L'Energia Elettrica 1955, pg. 97/137.
[10] *E. Indri:* «La diga di Valle di Cadore», L'Energia Elettrica 1955, S. 213/230.
[11] *Prof. F. Arredi:* «Lo studio statico della diga di Pieve di Cadore», L'Energia Elettrica 1955, S. 269/288.
[12] *M. Mainardis:* «Centrale Achille Gaggia-Soverzene», L'Energia Elettrica 1954 (Sonderdruck von 35 Seiten).
[13] *Società Elettrica Ala:* «L'impianto idroelettrico di Ala», L'Energia Elettrica 1953.
[14] *W. Gut:* «Wasserkraftanlagen in den Ost- und Westalpen und im Massif Central», Schweizerische Bauzeitung 1955.
[15] *G. A. Töndury:* «Italienische Wasserkraftanlagen an der oberen und mittleren Etsch», Wasser- und Energiewirtschaft 1951.

Wasserwirtschaft, Wasserkraftnutzung

Die zweite Juragewässerkorrektion

Unter dem Vorsitz von Nationalrat Hans Müller (Aarberg) hielt das provisorische interkantonale Komitee für die Durchführung der zweiten Juragewässerkorrektion am 12. Juli 1955 in Murten eine Sitzung ab, in welcher vorerst Kenntnis genommen wurde, daß sich nun sämtliche Komitees in den in Frage kommenden Kantonen, nämlich Waadt, Freiburg, Neuenburg, Bern und Solothurn, konstituiert haben. Nach der Beratung und Genehmigung der Statuten wird das interkantonale Komitee nun ein Instrument in Händen haben, um seine Bestrebungen erfolgreich zu intensivieren.

Bei der Besprechung der gegenwärtigen hydrologischen Situation im Gebiet der Juragewässer wurde mit Nachdruck festgehalten, daß eine weitere Hinausschiebung der Korrektion nochmals Millionenschäden nach sich ziehen könnte, weshalb die Sache dringlich sei. Vizedirektor Ing. F. Chavaz vom Eidgenössischen Wasserwirtschaftsamt legte dar, daß die Ursache der periodischen Überschwemmungen keinesfalls beim Stauwehr Port Nidau zu suchen sei, daß aber immerhin Notifizierungen in der Handhabung des Staureglements für den bevorstehenden Herbst in Aussicht stehen.

Wir werden in unserer Zeitschrift gelegentlich ausführlich auf die Probleme der zweiten Juragewässer-Korrektion zu sprechen kommen.

Einweihung des Kraftwerkes Ernen

Am 30. Juni 1955 wurde das neue Kraftwerk Ernen eingeweiht. Dieses Kraftwerk bildet die obere Stufe der Rhonewerke AG und gehört der Aluminium-Industrie AG, Chippis. Das Kraftwerk Ernen verwendet das Wasser der Rhone und der Binna und arbeitet in «Verbundbetrieb» mit dem Kraftwerk Mörel der gleichen Gesellschaft. Die neue Zentrale wird im Mittel jährlich 108 Mio kWh Sommerenergie und 57 Mio kWh Winterenergie erzeugen, bei einer maximal möglichen Leistung von 32 MW.

Baubeginn beim Kraftwerk Palasui

Kürzlich wurde mit den Bauarbeiten für das Kraftwerk Palasui, das die Wasserkräfte der Drance d'Entremont ausnützt, begonnen. Dieses Kraftwerk wird von der Société des Forces Motrices du Grand-St-Bernard S. A., Bourg-St-Pierre, gebaut, an der die Cie. des Forces Motrices d'Orsières, die Société Romande d'Electricité, die S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse, die Ciba Aktiengesellschaft und die Suiselectra, Schweizerische Elektrizitäts- und Verkehrsgesellschaft beteiligt sind.

Die maximal mögliche Leistung dieses Kraftwerkes wird 30 MW und die mittlere Jahreserzeugung 82 Mio kWh, wovon 31 Mio kWh im Winter, betragen. Der Bau des Kraftwerkes Palasui bringt den Unterliegern, d. h. den Kraftwerken Orsières, Sembrancher und Martigny-Bourg, einen jährlichen Produktionszuwachs von 50 Mio kWh, wovon 31 Mio kWh im Winter.

Inbetriebnahme des Kraftwerkes Les Clées II

Das Kraftwerk Les Clées II der «Compagnie Vaudoise d'Electricité», Lausanne, konnte am 21. Juni 1955 den Betrieb aufnehmen. Das neue Werk nützt ein maximales Gefälle der Orbe von 170 m; das unterirdische