

IMPIANTO PIOTTINO

RINNOVO CENTRALE E OPERE AFFERENTI



Progetto di massima

Relazione tecnica

2019.0754.002-R-001

A	11.06.2021	LM	Bal
-	31.03.2021	LM / KAn	Pi, Bal
Versione	Data	Redatto	Verificato

Lombardi SA Ingegneri Consulenti
 Via del Tiglio 2, C.P. 934, CH-6512 Bellinzona-Giubiasco
 Telefono +41(0)91 735 31 00
 www.lombardi.group, info@lombardi.group

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
1.1	Obiettivi	1
1.2	Struttura della relazione	1
2.	CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO PIOTTINO	3
2.1	Generalità	3
2.2	Dati caratteristici	4
3.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
4.	ISPEZIONI DELL'IMPIANTO	8
4.1	Ispezioni in centrale, pozzo piezometrico e camera valvole	8
4.2	Ispezioni nella galleria di adduzione	8
4.3	Ispezioni e verifiche delle condotte forzate	9
5.	POZZO PIEZOMETRICO	10
5.1	Descrizione dell'opera	10
5.2	Stato di conservazione	11
5.3	Analisi dei fenomeni transitori	12
6.	CAMERA DELLE VALVOLE	14
6.1	Descrizione dell'opera	14
6.2	Stato di conservazione	16
7.	CENTRALE PIOTTINO	19
7.1	Descrizione dell'opera	19
7.1.1	Edificio della centrale	19
7.1.2	Scarichi delle turbine e camera di espansione	22
7.2	Stato di conservazione	24
7.2.1	Edificio della centrale	24
7.2.2	Scarichi delle turbine e camera di espansione	27
8.	CONTESTO GEOLOGICO	30
8.1	Dati disponibili	30

8.2	Situazione generale	30
8.3	Indagini svolte	32
8.4	Modello	34
9.	INDAGINI GEOTECNICHE	35
9.1	Proposta d'indagine	35
10.	INDAGINI SUI MATERIALI	36
10.1	Premessa	36
10.2	Pozzo piezometrico	36
10.3	Camera delle valvole	36
10.4	Centrale Piottino	37
10.4.1	Edificio della centrale	37
10.4.2	Fondazioni delle turbine	38
10.4.3	Scarichi delle turbine e camera di espansione	38
10.5	Riepilogo delle indagini sui materiali	39
11.	PROCEDURE, SICUREZZA SUL LAVORO E AMBIENTE	40
11.1	Premessa	40
11.2	Procedure	40
11.3	Sicurezza sul lavoro	42
11.3.1	Premessa	42
11.3.2	Basi legali	42
11.3.3	Metodo	43
11.3.4	Sostanze nocive	43
11.4	Ambiente	45
12.	PROGETTO DI RINNOVO	47
12.1	Premessa	47
12.2	Vasca di carico	47
12.2.1	Premessa	47
12.2.2	Risanamento del fondo	48
12.2.3	Risanamento delle murature	48
12.2.4	Innalzamento del muro perimetrale	48

12.3	Camera delle valvole	49
12.3.1	Premessa	49
12.3.2	Varianti di progetto	49
12.3.3	Rinnovo della camera valvole	51
12.4	Condotte forzate	52
12.5	Centrale Piottino	53
12.5.1	Valutazioni preliminari sullo stato di conservazione delle strutture	53
12.5.2	Rinnovo del fabbricato	55
12.5.3	Sostituzione dei gruppi di produzione	55
12.5.4	Lavori preliminari nella camera di espansione	57
13.	CRONOPROGRAMMA	58
14.	STIMA DEI COSTI	59
15.	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	61

ALLEGATI

A	Elenco dei disegni dell'impianto
B	Disegni di progetto
C	Cronoprogramma
D	Stima dei costi

1. INTRODUZIONE

1.1 Obiettivi

La rispettabile Azienda Elettrica Ticinese (AET) ha richiesto allo scrivente ufficio d'ingegneria Lombardi Ingegneri Consulenti SA l'allestimento del presente progetto di massima per il rinnovo della centrale del Piottino.

Il rinnovo della centrale che fu realizzata negli anni 1928-1932 consiste essenzialmente nella sostituzione dei gruppi attuali, che sono giunti ormai al termine della loro vita utile, con nuovi gruppi che permetteranno di incrementare il rendimento e l'efficienza dell'impianto.

Il fabbricato della centrale è un edificio di pregio storico e architettonico, apparentemente in buone condizioni di conservazione. Il progetto di rinnovo della centrale Piottino prevede di conservare il fabbricato nella sua struttura attuale, eseguendo interventi di rinnovo limitati alle strutture più degradate e soggette ad usura, in particolare il tetto, da verificare sulla base di apposite analisi strutturali.

Per quanto riguarda le altre parti dell'impianto del Piottino, il presente studio prende in esame il rinnovo del pozzo piezometrico e della camera valvole, che presentano problematiche specifiche di dimensionamento idraulico e di sostituzione delle componenti idromeccaniche.

Per quanto riguarda la galleria di adduzione e la condotta forzata, esse sono oggetto di indagini ed interventi di risanamento da parte dello scrivente sulla base di mandati separati ricevuti da AET.

In definitiva l'obiettivo del presente studio è di valutare lo stato delle opere e di elaborare un progetto di massima per il rinnovo delle seguenti componenti dell'impianto Piottino:

- il pozzo piezometrico,
- la camera valvole,
- le opere di genio civile della centrale e degli scarichi.

Per ognuna delle componenti si esamina lo stato di conservazione e si propongono in via preliminare gli interventi ritenuti necessari a garanzia dell'efficienza dell'impianto nel prossimo esercizio per una durata di almeno 40 anni. Il progetto dovrà comunque essere verificato e dettagliato nella prossima fase progettuale sulla base dei risultati delle indagini geotecniche e strutturali previste e delle analisi strutturali dei fabbricati; queste ultime dovranno necessariamente tenere conto anche dei carichi trasmessi dalle nuove turbine e delle relative geometrie.

1.2 Struttura della relazione

Nel **capitolo 2** sono indicate le caratteristiche dell'impianto Piottino.

Il **capitolo 3** elenca i documenti disponibili sull'impianto, ed il **capitolo 4** elenca i sopralluoghi eseguiti dal personale Lombardi nell'ambito dello studio, insieme con i lavori recenti eseguiti.

Nei **capitoli 5, 6 e 7** vengono descritte le caratteristiche delle opere da rinnovare, ed esaminato lo stato di conservazione attuale.

Nel **capitolo 8** viene esaminato il quadro geologico dell'area della centrale del Piottino, con particolare riferimento alle fondazioni del fabbricato.

Nei **capitoli 9 e 10** vengono proposte delle indagini geotecniche sulle fondazioni della centrale e delle indagini strutturali sulle murature della centrale e della camera valvole.

Il **capitolo 11** tratta gli aspetti ambientali, in particolare riguardo i possibili materiali inquinanti da rimuovere e l'iter procedurale che occorre intraprendere nel rinnovo dell'impianto.

Nel **capitolo 12** vengono esposti gli interventi necessari per il rinnovo delle opere di genio civile della centrale, del pozzo piezometrico e della camera valvole.

Nel **capitolo 13** viene esposto un cronoprogramma di massima in cui sono indicate le durate di massima dei vari interventi proposti, in riferimento alla tempistica preliminare definita da AET per l'esecuzione degli appalti ed i tempi di fornitura.

Nel **capitolo 14** si presenta una stima di larga massima dei costi del rinnovo delle opere esaminate, ed infine nel **capitolo 15** si espongono le conclusioni del rapporto.

2. CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO PIOTTINO

2.1 Generalità

L'impianto del Piottino, costruito negli anni 1928-32, sfrutta le acque raccolte nel bacino di Rodi ($V = 130'000 \text{ m}^3$), provenienti dal fiume Ticino e quelle rilasciate dalla centrale del Tremorgio, a cui si aggiungono le diverse prese laterali (Foch, Piumogna e Gribbiasca) che convogliano le loro acque direttamente nella galleria d'adduzione (vedi **Figura 1** sotto). Il bacino imbrifero sotteso all'impianto si estende per 275 km^2 . La galleria d'adduzione è stata scavata in roccia e segue la sponda destra della valle per 10.3 km con una pendenza media pari allo 0.36% . Il diametro interno è compreso tra i 2.9 e 3.0 m . Nella tratta finale della galleria d'adduzione è presente un pozzo piezometrico.

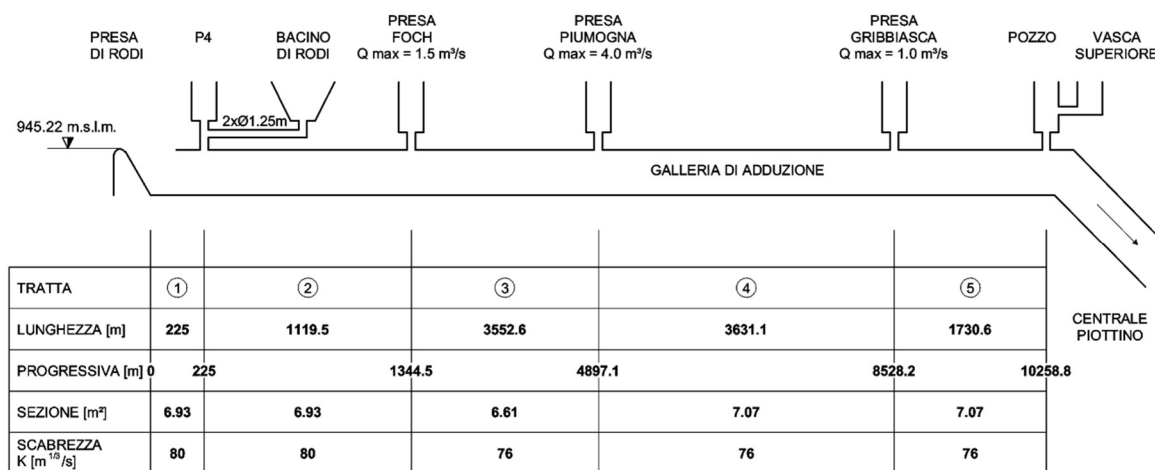


Figura 1: Schema idraulico generale del sistema d'adduzione dell'impianto Piottino [4]

A valle del pozzo piezometrico si trova una camera valvole ed infine tre condotte forzate (diametro interno compreso tra $1'550 \text{ mm}$ e $1'300 \text{ mm}$) che terminano alla centrale del Piottino.

La portata massima sfruttabile dai tre gruppi di produzione è di $24 \text{ m}^3/\text{s}$. Il salto lordo è di 341 m con una potenza utilizzabile di 67 MW . La produzione media annua si attesta a 310 GWh .

A monte dell'impianto del Piottino si trova la centrale del Tremorgio, la centrale di Stalvedro e la centrale del Lucendro. A valle, le acque turbinate nella centrale del Piottino sono convogliate nel bacino di Nivo che alimenta la centrale Nuova Biaschina.

2.2 Dati caratteristici

Il seguente elenco riassume i dati caratteristici dell'impianto del Piottino.

Dati generali

Ubicazione centrale	Chironico (comune Faido)
Proprietà	Azienda Elettrica Ticinese (AET)
Anno di costruzione	1928-1932
Anno di riversione	1972
Potenziamento	Nuovo gruppo di produzione (Gruppo 3), 1957
Tipo di impianto	acqua fluente
Bacino imbrifero	275 km ²
Acque utilizzate	Fiume Ticino, centrale Tremorgio e prese laterali
Prese laterali	Foch, Piumogna, Gribbiasca
Salto lordo	341 m
Tipologia di turbine	3x Francis ad asse verticale
Portata massima turbine	3x 8 m ³ /s
Potenza utilizzabile	2x 22 + 1x 23 (67) MW
Produzione annua media	310 GWh

Bacini di compenso

Bacino di Rodi

Volume utile	130'000 m ³
Quota d'invaso minimo	939.50 mslm
Quota d'invaso massimo	945.00 mslm

Bacino di Nivo

Volume utile	60'000 m ³
Quota d'invaso minimo	602.00 mslm
Quota d'invaso massimo	606.00 mslm

Opera di presa sul fiume Ticino

Presa Rodi

Quota soglia	945.22 mslm
--------------	-------------

Portata di derivazione 25 m³/s

Opere di presa secondarie

Presa Foch

Portata 1.5 m³/s

Presa Piumogna

Portata 4.0 m³/s

Presa Gribbiasca

Portata 1.0 m³/s

All'interno della centrale del Piottino sono presenti tre gruppi di produzione, due risalenti al periodo di costruzione dell'impianto (1930) mentre il terzo è stato installato nel 1957. La quota delle turbine è 604.35 m slm.

Nella tabella sottostante sono elencati i dati nominali di entrambe le tipologie di gruppi (anni di installazione 1932 e 1957).

	Anno	Turbina				Generatore			
		H _{max} [m]	Q [m ³ /s]	P [MW]	n [rpm]	P [kVA]	U [V]	cos φ	f [Hz]
Gruppo I-II	1932	323	8.4	23.9	750	25'000	8'600	0.9	50
Gruppo III	1957	323	8.8	24.7	750	30'000	8'200	0.8	50

Tabella 1: Dati nominali dei gruppi presenti nella centrale del Piottino.

3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Studi e progetti Lombardi

Lombardi SA ha eseguito in passato e di recente vari studi e progetti sull'impianto Piottino, elencati di seguito:

- [1] Impianto Piottino – Analisi dei fenomeni transitori, 2002, Rel. 6510.0-R-1
- [2] Impianto Piottino – Analisi dei fenomeni transitori, comportamento del sistema di adduzione con esclusione del bacino di Rodi e modifica della finestra Gribbiasca, 2003, Rel. 6510.0-R-2
- [3] Impianto Piottino – Analisi dei fenomeni transitori, progetto preliminare per l'adeguamento della vasca di espansione superiore, 2003, Rel. 6510.0-R-3
- [4] Impianto Piottino – Modello numerico del sistema di adduzione, 2004, Rel. 6510.0-R-6
- [5] Considerazioni idrauliche relative al possibile potenziamento dell'impianto, 2006, Rel. 6510.0-R-8
- [6] Impianto Piottino – Progetto definitivo per il rinnovo della presa Gribbiasca, 2007, Rel. 6510.8-R-6
- [7] Impianto Piottino – Galleria d'adduzione, rapporto d'ispezione del 05.04.2017, Rel. 6530.2-R-3A
- [8] Impianto Piottino – Studio di fattibilità per il potenziamento dell'impianto Piottino, 2013, Rel. 6547.0-R-1B
- [9] Impianto Piottino – Galleria d'adduzione. Lavori di risanamento di fase 1, 2020, Rel. 2015.215.5-R-1
- [10] Galleria di adduzione Piottino – Lavori di risanamento di fase 1. Relazione di fine lavori, 2021, Rel. 2015.0215.005-R-03
- [11] Parti della galleria di adduzione e pozzi Foch, Piumogna e Gribbiasca – Rapporto delle ispezioni del 16-19 febbraio 2021, Rel. 2015.0215.007-R-01
- [12] Impianto idroelettrico del Piottino – Valutazione dello stato delle condotte - Ispezione visiva, 2019, Rel. 7108.0-R-001 A
- [13] Impianto idroelettrico del Piottino – Valutazione dello stato delle condotte - Verifica spessori e saldature CF1, 2019, Rel. 7108.1-R-001
- [14] Impianto idroelettrico del Piottino – Valutazione dello stato delle condotte - Controlli spessimetrici condotte, 2019, Rel. 7108.1-R-002
- [15] Impianto idroelettrico del Piottino – Valutazione dello stato delle condotte - Calcolo strutturale delle condotte, 2020, Rel. 7108.0-R-002 A
- [16] Impianto idroelettrico del Piottino – Valutazione dello stato delle condotte - Verifica delle condotte nel tratto a monte della camera valvole, 2021, Rel. 7108.0-R-003

Documenti archivio AET

- [17] Condotta forzata centrale Piottino, risanamento supporti, indagini preliminari, relazione tecnica, Anastasi SA, Rapporto Nr. 0424.11-R-1

L'elenco dettagliato e completo dei piani forniti da AET ed utilizzati per l'elaborazione dello progetto di massima è presentato nell'**Allegato A**.

Fonti storiche

- [18] Vom Bau des Kraftwerkes Piottino, Schweizerische Bauzeitung, 1930
- [19] Das Kraftwerk Piottino der Officine Elettriche Ticinesi S.A., Bulletein des Schweizerischer Elektrotechnischer Verein, 1932
- [20] Neuere in der Schweiz gebaute Hochleistungsmaschinen für elektrische Kraft-Erzeugung: Tessin-Kraftwerk Piottino, Schweizerische Bauzeitung, 1933
- [21] L'impianto Piottino delle Officine Elettriche Ticinesi S.A., Rivista tecnica della Svizzera Italiana, 1933
- [22] L'usine hydroélectrique du Piottino, La Technique Moderne, 1935

4. ISPEZIONI DELL'IMPIANTO

4.1 Ispezioni in centrale, pozzo piezometrico e camera valvole

Nell'ambito dello progetto di massima un primo sopralluogo si è svolto in data 15.01.2021. Hanno partecipato gli ingegneri Balestra Andrea, Piazza Alberto e Lamberti Marco per Lombardi, Ballerini Gianni ed i responsabili della centrale Darani Giuliano e Notari Nadir per AET. Durante il sopralluogo è stata ispezionata la vasca superiore del pozzo piezometrico, la camera valvole e la centrale.

In data 26.02.2021 è avvenuto un secondo sopralluogo, in occasione del quale sono stati ispezionati gli scarichi della centrale, temporaneamente accessibili grazie al fermo impianto. All'ispezione hanno partecipato Balestra, Piazza e Lamberti per Lombardi, insieme ad ingegneri e tecnici AET.

Il 05.03.2021 è stato effettuato un terzo sopralluogo, in concomitanza al rilievo con laser scanner della camera degli scarichi delle turbine eseguito dallo Studio Meier SA. Gli ingg. Lamberti Marco e Korell Andrea hanno ispezionato la vasca superiore del pozzo piezometrico, la camera delle valvole ed i locali della centrale Piottino, allo scopo di eseguire un inventario preliminare delle lesioni ed ammaloramenti delle murature dei fabbricati. Lo stesso giorno i geologi Thüring Manfred e Giacomazzi Lorenzo hanno effettuato dei rilievi geologici nell'area circostante la centrale (vedi Cap.8).

Un quarto sopralluogo si è svolto il 22.03.2021 da parte degli ingegneri ambientali Michela Bazzi e Katharina Schuhmacher accompagnate dall'ing. Andrea Korell (vedi Cap. 11).

La descrizione dello stato di conservazione delle singole opere a seguito dei sopralluoghi svolti è presentata nei Cap. 5.2, 6.2 e 7.2 e nel rapporto 2019.0754.002-R-002 Documentazione fotografica.

4.2 Ispezioni nella galleria di adduzione

Durante i lavori di risanamento del rivestimento della galleria di adduzione, fase 1, dell'inverno 2021 (vedi [9]), ed i concomitanti lavori di manutenzione straordinaria alla presa di Rodi, si è proceduto ad ispezionare varie opere sotterranee del sistema di adduzione Piottino che durante l'esercizio sono forzatamente inaccessibili.

Le opere ispezionate del sistema di adduzione sono: la galleria di adduzione in sponda sinistra del f. Ticino, dalla presa di Rodi al sifone; il sifone Ticino; i pozzi di immissione Foch, Piumogna e Gribbiasca; il triforcato a monte della camera valvole. Le ispezioni dei pozzi di immissione e del sifone si sono svolte con il supporto di Risanaroccia, ditta specializzata nei lavori in sospensione. Per il rilievo delle pareti del pozzo di immissione Gribbiasca è intervenuta Aces Air, ditta specializzata nelle ispezioni con drone. I rilievi dei blindaggi a monte della camera valvole sono stati realizzati da Bytest.

Il rapporto descrittivo delle ispezioni nei tratti sopracitati della galleria di adduzione e nei pozzi di immissione è disponibile [11].

Si nota che i lavori in galleria, svolti in una finestra temporale di 6 settimane compresa fra febbraio-marzo 2021, hanno conseguito il risanamento del rivestimento nel tratto dalla finestra 1 (prog. 0) fino alla progressiva 4.3 km presso la finestra 4, pari al 48% della lunghezza totale della galleria tra la finestra 1 e la finestra 6.

Per informazioni dettagliate sullo stato del rivestimento e sulle modalità di risanamento si rimanda a [9] ed ai documenti redatti dalla Direzione Lavori Lombardi a fine lavori [10].

La seconda fase dei lavori di risanamento della galleria, che si svolgerà secondo il programma AET nell'inverno del 2023, comprenderà sia la galleria principale che i pozzi di immissione, i sifoni e le camere sotterranee che sono state ispezionate.

4.3 Ispezioni e verifiche delle condotte forzate

Un primo sopralluogo alla condotta forzata da parte dell'ing. Stefano Calvo si è svolto nel gennaio 2019: l'ispezione è stata di tipo visivo, con qualche rilievo puntuale dello spessore delle tubazioni e della protezione anticorrosione esterna.

Successivamente si è elaborato un piano di indagini mirato all'interno della condotta 1, che si è svolto durante il fermo impianto del marzo 2019, comprendente:

- controlli dello spessore della condotta in corrispondenza delle selle di appoggio e dei blocchi di ancoraggio,
- stato delle saldature,
- analisi visiva dello stato della protezione superficiale interna, con alcune misurazioni di spessore.

Nel mese di luglio 2019 sono state effettuate misure spessimetriche sistematiche della lamiera delle tre condotte forzate.

Da ultimo nel fermo impianto del febbraio 2021 si è valutato lo stato delle condotte nel tratto sotterraneo a monte delle valvole di testa. Sono state eseguite le seguenti attività di indagine:

- verifica spessimetrica,
- controlli non distruttivi a spot sulle saldature delle tubazioni, longitudinali e circonferenziali, delle flange e dei passi d'uomo, in camera valvole.

5. POZZO PIEZOMETRICO

5.1 Descrizione dell'opera

Il pozzo piezometrico è situato al termine della galleria di adduzione e precede la camera delle valvole di testa delle tre condotte forzate. Il pozzo piezometrico è composto da una camera di espansione inferiore in roccia, un pozzo verticale ed una vasca di espansione superiore all'aperto. Una sonda di pressione ubicata al piede del pozzo piezometrico, in una tubazione accessibile dalla finestra N. 6, permette la misurazione della pressione al piede del pozzo. Le misurazioni vengono teletrasmesse al centro di comando AET di Monte Carasso.



Figura 2: Vista verso sud della vasca superiore del pozzo piezometrico.

La camera di espansione inferiore è situata a quota 905.80 m s.l.m., all'incirca 5 m al di sopra della quota della galleria d'adduzione. La camera ha una sezione circolare di diametro variabile fra 3.4 - 4.0 m e una lunghezza di ca. 46 m. Negli scorsi anni, tramite ispezione subacquea, è stata rilevata la presenza di limi e sabbie depositate nella camera inferiore: gli interventi di risanamento della galleria d'adduzione del febbraio 2021 hanno incluso la rimozione di detti limi/sabbie.

Il pozzo verticale ha un diametro interno di 4.5 m, sale in sotterraneo fino alla quota di 938 m s.l.m. e prosegue all'aperto fino alla quota di 948 m s.l.m.

La vasca di espansione superiore è situata all'aperto ed è realizzata in calcestruzzo armato. A seguito della modifica dell'impianto conseguente alla costruzione dell'autostrada A2 negli anni '70 ed allo spostamento a monte dell'opera di presa di Rodi, la vasca superiore del pozzo piezometrico è stata ingrandita e i muri di contenimento laterali rialzati di 2.95 m.

La chiusura simultanea dei tre gruppi della centrale del Piottino avvenuto in data 15 luglio 2001 ha comportato uno sfioro dalla vasca che ha causato lievi danni alle aree sottostanti.

La relazione Lombardi [3] evidenziava la necessità di innalzare la muratura della vasca (30-35 cm), o di bloccare in modo permanente due delle quattro aperture ai piedi della torre esterna, per evitare fuoriuscite di acqua in seguito a blocchi improvvisi della centrale in condizioni di esercizio estreme.

A seguito dello studio svolto sono state chiuse due delle quattro aperture citate.

5.2 Stato di conservazione

Le murature della vasca superiore del pozzo piezometrico e del torrino appaiono in uno stato di conservazione variabile secondo le zone e l'età di costruzione. Discrete condizioni di conservazione del calcestruzzo si riscontrano in generale nelle aree interessate dall'ampliamento degli anni '70. Viceversa, il calcestruzzo delle strutture originarie degli anni 30 mostra segni di degrado maggiori, in particolare sul fondo della vasca ed alla base delle pareti interne, anche se le fessure visibili sono riconducibili ad un comportamento normale del calcestruzzo armato.

I giunti di dilatazione verticali sono parti dell'opera che necessitano di particolare attenzione. Come mostrato in **Figura 3**, alcuni giunti di dilatazione dell'innalzamento degli anni '70 si sono allargati di alcuni centimetri. Queste aperture dei giunti non danno preoccupazioni relative alla stabilità della struttura, ma l'impermeabilità della vasca in occasione di livelli transitori elevati non è più garantita.



Figura 3: Giunti di dilatazione aperti.

Puntualmente è possibile osservare il ferro d'armatura scoperto, condizione riconducibile ad un copriferro insufficiente nell'innalzamento realizzato negli anni '70, ad esempio in corrispondenza del giunto di dilatazione nella parete sud-ovest.

Riguardo alla vasca principale, come si può osservare dalla **Figura 4**, lo strato di calcestruzzo superficiale del fondo, più esposto ad inondazioni ed infiltrazioni, è distaccato in placche. Da verificare

se il deterioramento si approfondisce all'interno della platea di fondazione. Viceversa, nel settore superiore della vasca il calcestruzzo appare in discreto stato.

Una quantità modesta di materiale che si era depositato negli anni sul fondo della vasca è stata rimossa nel corso dei lavori dell'inverno 2021, anche per impedire che detriti e vegetazione vadano ad ostruire le feritoie al piede della torre piezometrica.

L'intervento di rinforzo del giunto tra la vecchia e la nuova vasca eseguito nei primi anni 2000, costituito da barre di ancoraggio passanti e travi di ripartizione metalliche sulle pareti esterne, appare in buono stato.



Figura 4: Depositi di materiale e placche di calcestruzzo distaccate sul fondo della vasca. Sinistra: prima della pulizia, destra: a seguito della pulizia svolta nell'inverno 2021

Sul lato sud della vasca in concomitanza con l'innalzamento è stato edificato un muro di contenimento del terreno. Questo muro è fessurato alla base; un intervento di consolidamento dovrà essere valutato.

5.3 Analisi dei fenomeni transitori

A seguito degli sfiori della vasca superiore del pozzo piezometrico avvenuti nei primi anni 2000, lo scrivente ha già esaminato nel 2002 per mezzo di un proprio modello numerico basato su un foglio di calcolo Excel l'analisi dei fenomeni transitori che si verificano a seguito di un repentino arresto dei gruppi [1], con particolare riferimento all'adeguatezza del pozzo piezometrico rispetto alle oscillazioni massime.

Il modello numerico integra le diverse equazioni differenziali che definiscono il fenomeno dell'oscillazione in massa. Le 13 equazioni differenziali, risolte tramite uno schema numerico del tipo Runge-Kutta di ordine 4, comprendono 5 equazioni di quantità di moto per le tratte in galleria e 8 equazioni di conservazione di massa per i diversi pozzi e bacini di compenso. Il modello numerico sviluppato ha lo scopo di riprodurre il funzionamento idraulico del sistema di adduzione, includendo la

il bacino di Rodi, le prese laterali, il pozzo piezometrico con relative camere di espansione, lo scarico sincrono.

In una prossima fase progettuale si propone dunque di verificare le dimensioni del pozzo piezometrico tramite uno specifico modello numerico che è largamente utilizzato dallo scrivente, denominato Simsen. Le analisi numeriche dovranno essere basate sulle caratteristiche dei nuovi gruppi, e potranno essere calibrate con i risultati della prova di carico svolta da AET nel mese di giugno del 2020.

6. CAMERA DELLE VALVOLE

6.1 Descrizione dell'opera

La camera delle valvole di testa delle tre condotte forzate è situata all'aperto, in una struttura in cemento armato seminterrata, nell'area compresa tra l'imbocco in sotterraneo dei tre cunicoli blindati ed il blocco di ancoraggio superiore della condotta forzata.



Figura 5: Vista delle valvole delle valvole.

La dimensione interna della camera principale è di 10.8 m x 9.25 m. La camera principale ha un tetto piano in calcestruzzo armato dello spessore di 15 cm con due architravi di 30 x 55 cm alla distanza di 3.45 m ai lati e 3.30 m al centro. I piani di armatura d'epoca conservati nell'archivio AET mostrano la quantità di armatura presente nella soletta e negli architravi, senza però indicare le caratteristiche dei materiali. Il tetto, risanato negli anni 2000, è impermeabilizzato con fogli bituminosi e coperto con uno strato di terreno.

Per il trasporto del materiale e persone è presente un piano inclinato che inizia dalla centrale del Piottino e costeggia sul lato sud le tre condotte forzate. La capacità di trasporto è di 4 persone oppure di 2000 kg di solo materiale. Il tempo di percorrenza del carrello dalla centrale fino alla camera valvole è approssimativamente di dieci minuti.

La **Figura 6** mostra la zona di arrivo del piano inclinato e la porta di accesso alla camera valvole, che presenta una larghezza di 2 m e un'altezza massima di 3.5 m.



Figura 6: Zona di arrivo del piano inclinato e portone di accesso alla camera valvole

All'interno della camera valvole sono presenti le tre condotte corrispondenti ai tre gruppi di centrale, ciascuna munita di una doppia valvola a farfalla. Le valvole sono ancorate su blocchi di fondazione in calcestruzzo. Il diametro delle condotte è di 1.55 m.

Il carroponete è ad azionamento manuale. I binari del carroponete sono posati su mensole in calcestruzzo, aventi un'altezza di 80 cm e uno spessore di 40 cm. La distanza fra i binari e la lunghezza delle travi portanti del carroponete è di circa 9 metri. (vedi **Figura 7**).



Figura 7: Dettaglio del carroponete. Sinistra: vista lato a monte della camera valvole, destra: dettaglio del binario di scorrimento, lato monte

La camera valvole è accessibile dalla strada forestale Chironico-Gribbio tramite un sentiero che parte all'altezza del pozzo piezometrico in località Moai, ad una quota di 950 m s.l.m. e termina a 895 m s.l.m. (**Figura 8**).

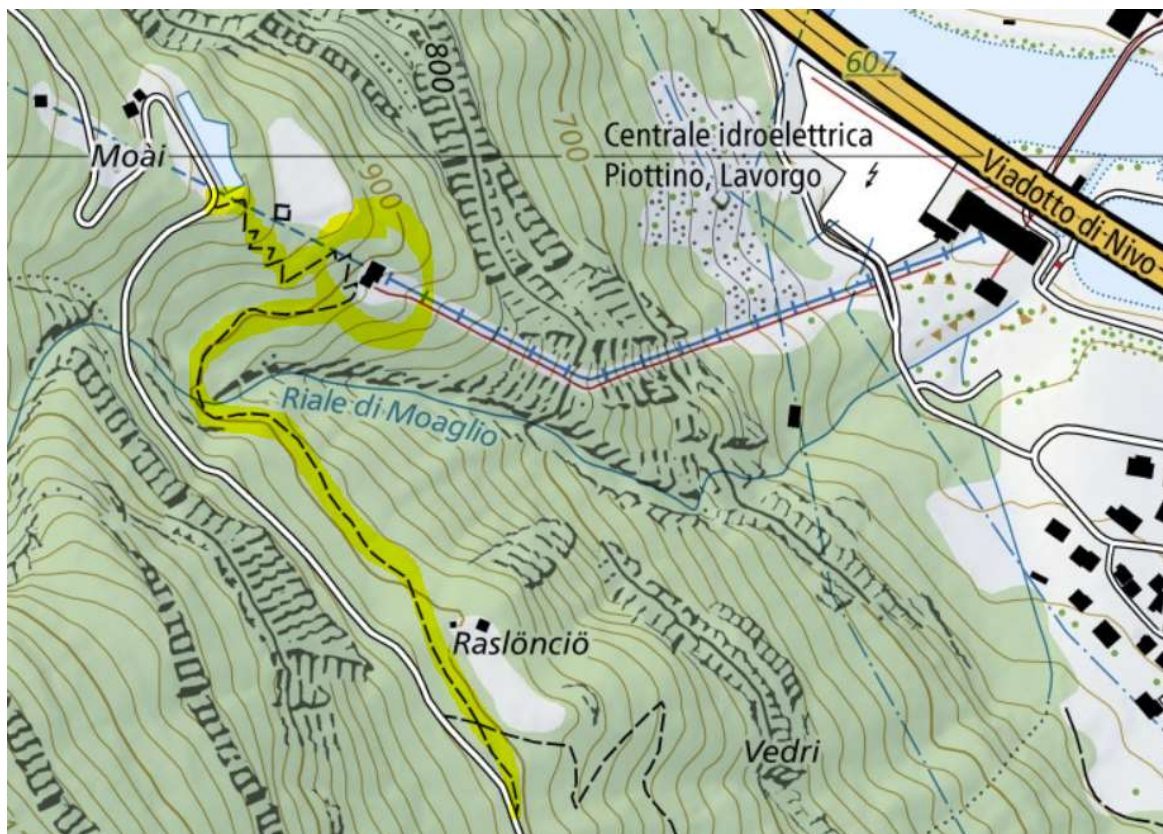


Figura 8: Topografia della camera valvole con sentieri di accesso (map.geo.admin)

6.2 Stato di conservazione

Le murature della camera valvole appaiono in discreto stato, compatibilmente con il normale degrado di un'opera di 90 anni di vita, evidenziando però diverse tracce di deterioramento.

Le due pareti a diretto contatto con la roccia (nord-ovest e nord-est) sono soggette ad infiltrazioni d'acqua, tanto che sono state installate delle lamiere ondulate a protezione delle valvole. Questo rivestimento impedisce una visione diretta delle pareti e del loro stato di conservazione. Le infiltrazioni d'acqua, rilevate nel sopralluogo del 05.03.2021, sono nell'ordine dei litri al minuto.

La parete sud-est della camera (lato valle) ha subito diversi interventi puntuali di riparazione nel corso degli anni. Allo stato attuale la parete presenta una zona di circa due metri di lunghezza in cui il copriferro è distaccato, come mostrato nella **Figura 9**.



Figura 9: Zona della parete sud-est in cui si sta staccando il copriferro.

Le facciate esterne in pietra naturale non mostrano segni di degrado e si presentano in buono stato.

La parete sud-ovest (lato argano) si presenta in buono stato. La facciata in muratura non presenta segni di deterioramento. All'interno sono visibili piccoli interventi di riparazione che non ne pregiudicano lo stato. Sopra il portone d'entrata sono visibili due fessure di larghezza limitata.

La soletta di copertura della camera valvole presenta a sua volta diversi segni di riparazioni, sia nella soletta che negli architravi. In vari punti sono visibili dei nidi di ghiaia come anche dei ferri di armatura scoperti. Le numerose riparazioni fanno supporre che il calcestruzzo sia stato ripristinato localmente a più riprese. Sugli architravi sono visibili due interventi di riparazione del calcestruzzo di circa 50 centimetri di lunghezza; In superficie, nell'intradosso, sono visibili localmente altri ferri di armatura. L'impermeabilità del rivestimento esterno del tetto non è stato accertato: dalle informazioni ricevute l'impermeabilizzazione è stata rifatta 20-30 anni fa.



Figura 10: Interventi di riparazione del copriferro degli architravi della soletta

Lo stato della sala di comando del carrello rispecchia in parte quello della sala principale delle valvole. La parete controterra è rivestita con un muro di mattoni ventilato, il quale copre la vista della parete. Al piano superiore, la stessa parete controterra mostra segni di infiltrazione d'acqua ed una fessura. Le altre pareti non mostrano segni di degrado evidenti: sia la facciata in muratura che la facciata in

calcestruzzo a vista sono in buono stato mentre la parete sud-ovest presenta la struttura tipica del calcestruzzo costipato senza segni di deperimento. La soletta di copertura mostra segni di infiltrazione d'acqua in un punto.

7. CENTRALE PIOTTINO

7.1 Descrizione dell'opera

7.1.1 Edificio della centrale

La centrale del Piottino, visibile dall'autostrada A2, presenta esternamente le tipiche caratteristiche degli edifici industriali realizzati all'inizio del secolo scorso. L'impianto inizialmente costruito ha subito diversi interventi di modifica nel corso degli anni, che rendono obsoleti parte dei piani realizzati negli anni 1930. La struttura esterna dell'edificio non è stata oggetto di importanti interventi. Accanto all'ala nord-ovest dell'edificio è stata edificata in seguito un'ulteriore costruzione, vicina ma indipendente.

L'edificio è tutelato come bene culturale locale secondo la legge cantonale sulla protezione dei beni culturali (LBC 1997).



Figura 11: Edificio della centrale del Piottino, sguardo verso nord

L'edificio della centrale è formato da un corpo centrale, contenente la sala macchine con il piano principale a quota 610.50 m s.l.m, e da due ali. L'ala situata all'estremità nord-ovest contiene la parte amministrativa, la sala comandi e un'officina, mentre l'ala situata all'estremità sud-est contiene anch'essa un'officina e i magazzini. A causa delle particolari condizioni dei terreni di fondazione queste tre parti dell'edificio hanno delle fondazioni a quote differenti (vedi Capitolo 8). Il corpo centrale presenta una fondazione massiccia che raggiunge in profondità lo strato morenico [21], di spessore circa 9 metri sotto il piano delle turbine. Le due ali si basano invece su delle fondazioni perimetrali della profondità di circa 2 metri che poggiano sul limo.

La parte in elevazione della centrale è stata edificata in muratura, con facciate in pietra naturale o di mattoni in cotto. I pilastri su cui poggia la trave del carroponente sono invece di calcestruzzo armato.

All'interno della centrale sono presenti tre gruppi di produzione, due installati negli anni 1930 mentre il terzo è stato installato negli anni 1950. Le turbine sono di tipo Francis ad asse verticale, ciascuna dimensionata per una portata massima derivabile di 8 m³/s con una potenza nominale di 24 MW. La cassa spirale è parzialmente inghisata nella pavimentazione. Ogni turbina dispone di uno scarico sincrono, il quale permette di attenuare eventuali sovraccarichi di pressione fungendo da bypass della turbina. A monte di ogni turbina è presente una valvola sferica.

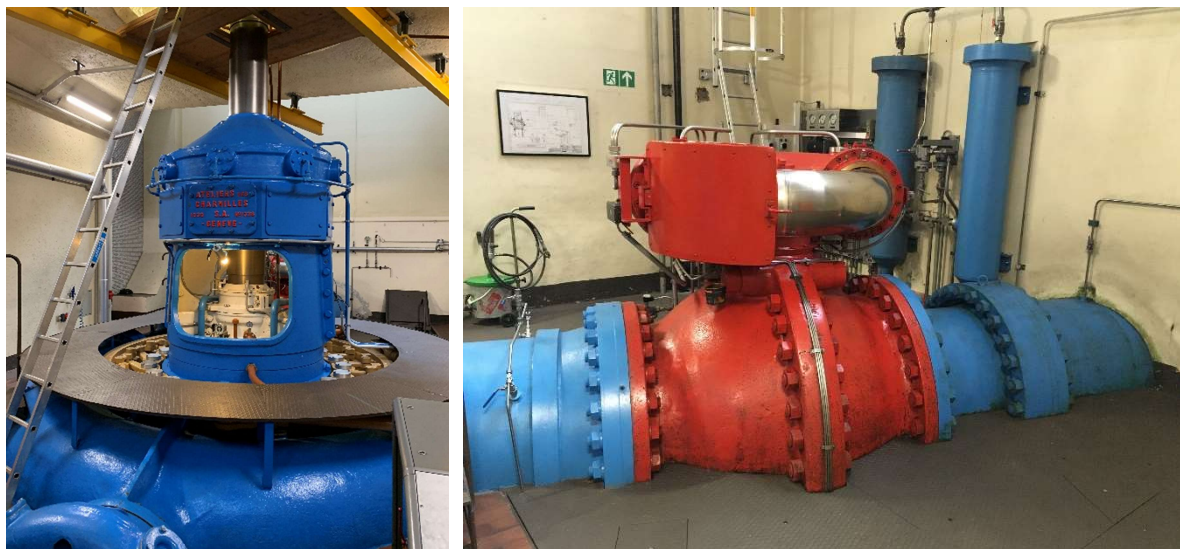


Figura 12: Sala macchine. Sinistra: turbina in revisione, destra: valvola sferica a monte di ogni turbina

Alla quota del pavimento principale (610.5 m s.l.m.) sono installati i generatori, posti al di sopra delle rispettive turbine. Da questa quota l'edificio si sviluppa in elevazione per un'altezza massima interna di 17.5 m nella sala macchine. Il generatore del gruppo 3, che è stato installato all'incirca 20 anni dopo i due generatori originali, presenta dimensioni leggermente inferiori.

I generatori, in origine raffreddati ad aria, sono ora raffreddati ad acqua. L'acqua di raffreddamento viene captata nel riale di Moaglio e trattenuta in un serbatoio a monte della centrale. Un sistema di pompe installate in un pozzo collegato al bacino di Nivo garantisce gli apporti idrici del sistema di raffreddamento nei periodi in cui il riale Moaglio non garantisce un apporto sufficiente di acqua.

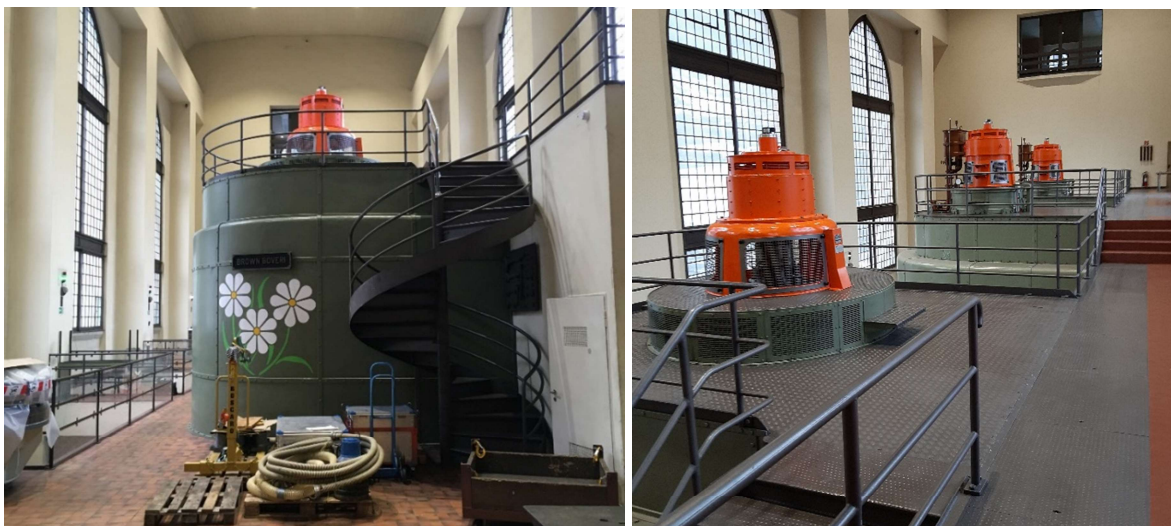


Figura 13: Vista dei generatori. Sinistra: generatore 30'000 kVA gruppo 3, destra: vista d'insieme dei tre generatori

Il carro ponte presente all'interno della sala macchine ha una portata massima di 70 ton (**Figura 14**). Il carro ponte è soggetto a manutenzione periodica programmata, ed è stato usato recentemente con pieno successo per smontare il rotore/alternatore. Si presume che le travi del carro ponte siano state installate prima che venisse realizzato il tetto della centrale. Le ali sud e nord della centrale sono adibite ad officina. L'officina è servita da un binario che termina nel raggio d'azione del carro ponte (**Figura 14**).



Figura 14: Carro ponte 70 ton presente nella centrale Piottino (destra) e binari di servizio dell'officina (sinistra).

Il soffitto della sala macchine è costituito da un leggero rivestimento intonacato appeso alle capriate metalliche tramite una struttura in legno. Il tetto si compone di una copertura in coppi sostenuta da un sottotetto in legno. Questo è sorretto da capriate metalliche che poggiano sulle pareti perimetrali.

7.1.2 Scarichi delle turbine e camera di espansione

I condotti di aspirazione delle turbine, che confluiscono in una camera sotterranea, sono blindati limitatamente al primo segmento divergente ad asse verticale, con diametro finale di 1.30 m, ed alla seguente curva di 90° nel piano verticale. Il tratto orizzontale dei condotti di aspirazione è invece rivestito con un intonaco impermeabile. La quota inferiore dei condotti di aspirazione è di 599.65 m s.l.m. mentre la quota del pavimento della camera principale è di 600.64 m s.l.m.

La condotta di aspirazione del gruppo 2 ha una lunghezza dall'asse della turbina alla camera di scarico di 14.5 m, mentre i condotti dei gruppi 1 e 3 hanno una lunghezza leggermente superiore. La sezione idraulica dei condotti divergenti è di 2.09 m², all'inizio del tratto orizzontale, ed aumenta a 3.29 m² nella sezione delle paratoie ed a 7 m² (turbina 1) allo sbocco nella camera di espansione, con una minima riduzione di sezione nel canale centrale (turbina 2, 6.95 m²). Come si nota anche nella **Figura 15**, lo scarico della turbina 3 presenta una sezione più ampia e raggiunge 8.4 m². Le paratoie di intercettazione si trovano in corrispondenza del filo esterno del muro perimetrale della centrale, ad una distanza di 6.65 dall'asse della turbina per la turbina 2.

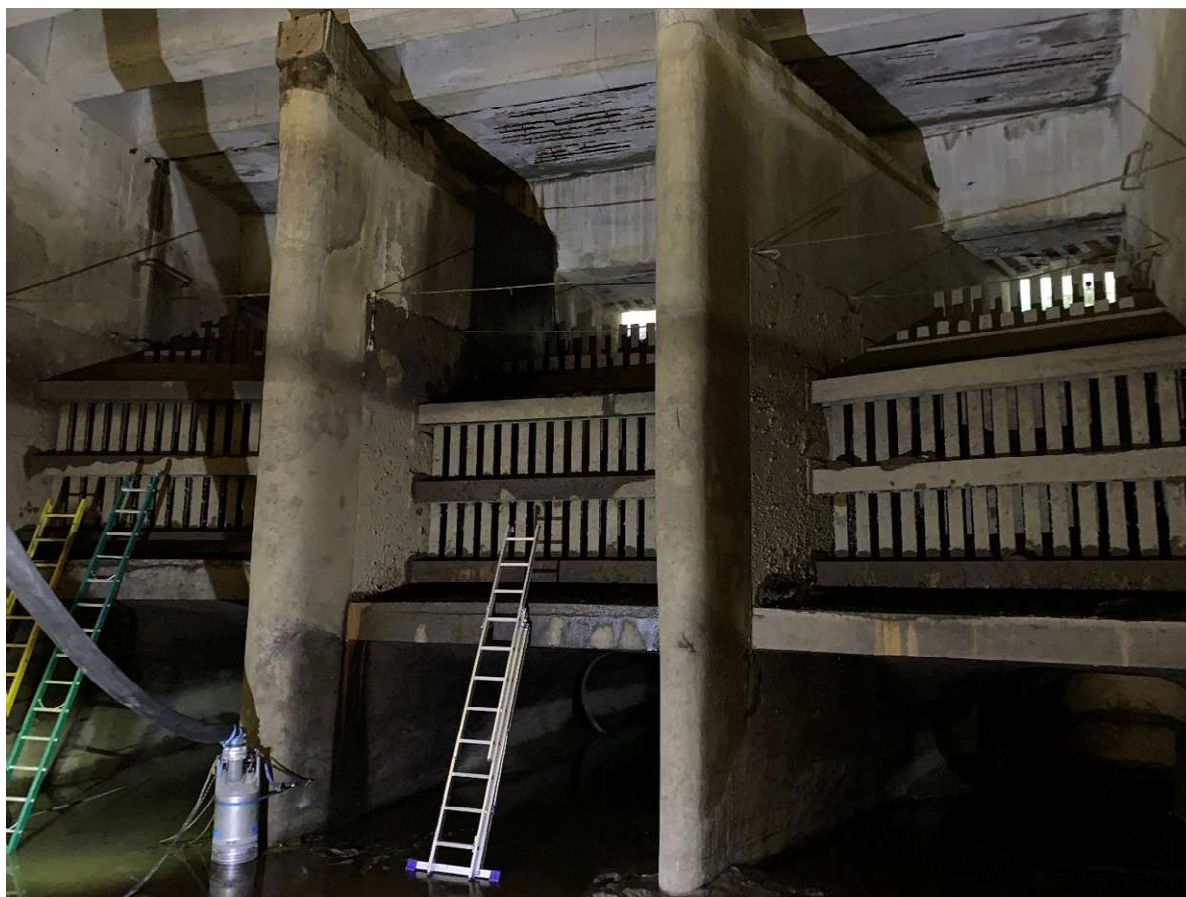


Figura 15: Condotti d'aspirazione delle turbine e dissipatori scarichi sincroni; vista dalla camera di espansione

Gli scarichi sincroni si immettono in camere di dissipazione localizzate sopra i rispettivi condotti di aspirazione dove l'energia viene dissipata tramite una struttura metallica composta da tre file di rotaie

verticali fissate su profili a doppia T orizzontali (**Figura 15**). I condotti che collegano gli scarichi sincroni alle camere di dissipazione sono rivestiti da una lamiera metallica dello spessore nominale di 5 mm.

La camera di espansione raccoglie le acque scaricate dalle turbine e presenta due cunicoli di scarico: un primo cunicolo, costituito dallo scarico originario e normalmente fuori servizio, si dirige verso un pozzo di connessione idraulica presso il fiume Ticino, che precede il bacino di Nivo; un secondo cunicolo aggira invece l'edificio della centrale e si dirige verso l'imbocco sotterraneo della galleria Nuova Biaschina. Quest'ultimo cunicolo, realizzato negli anni 60 e normalmente in servizio, è caratterizzato da un manufatto di immissione a semicalice, con soglia a quota 603 m s.l.m. nel lato sud della camera sotterranea, che permette di controllare il livello minimo idraulico agli scarichi delle turbine; è munito di una paratoia di intercettazione a valle del suddetto manufatto; e presenta un pozzo di collegamento diretto al serbatoio di compenso di Nivo.

La camera di espansione ha una lunghezza complessiva di 17 metri ed una larghezza variabile da 18 metri, in corrispondenza delle sezioni di scarico dei condotti di aspirazione, a 4.15 m, in corrispondenza dell'inizio del primo cunicolo sopradescritto. La copertura della camera di espansione è costituita da un impalcato carrabile di profili d'acciaio portanti, sormontati in un settore centrale da lastre prefabbricate rimovibili di cemento armato, ed in piccola parte da griglie metalliche più facilmente rimovibili.

La geometria dei condotti di aspirazione e della camera di espansione è stata rilevata dallo Studio Meier SA mediante un rilievo Laser scanner il 05.03.2021.

7.2 Stato di conservazione

7.2.1 Edificio della centrale

Murature interne

A novant'anni dalla sua costruzione, il fabbricato della centrale si presenta generalmente in buono stato di conservazione, in virtù anche della qualità dei materiali di costruzione e della qualità di esecuzione delle murature, mentre nelle ali laterali si rileva un quadro fessurativo.

Questa valutazione si applica soprattutto al corpo centrale del fabbricato, dove non sono segnalate lesioni o zone dove le murature presentino segni di deterioramento. Si nota che il corpo centrale del fabbricato costituisce la sala macchine e la fondazione dei gruppi di produzione, ed è fondato a notevole profondità su detriti morenici di discreta capacità portante. Viceversa, la struttura presenta delle lesioni nei muri frontali che separano il corpo centrale dalle ali laterali e all'interno delle medesime ali laterali.

I giunti tra il corpo centrale e le ali laterali sono aperti (ca. 1-2 cm). Nella **Figura 16** vengono localizzate le posizioni delle fessure in corrispondenza dei cerchi rossi.

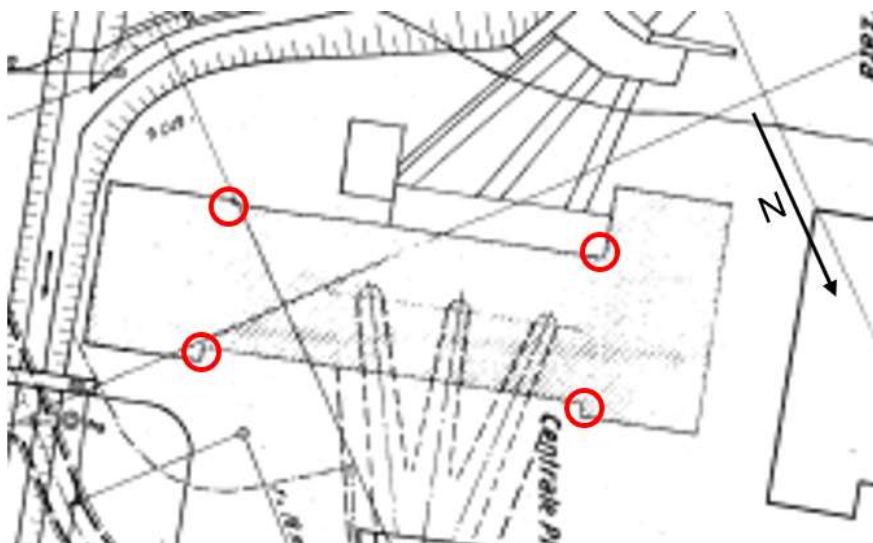


Figura 16: localizzazione delle principali fessure fra il corpo centrale e le ali ed esempio.

La parete frontale che divide il corpo centrale e l'ala nord-ovest mostra delle lesioni riconducibili ad un cedimento dell'ala. Le lesioni si sviluppano in direzione obliqua verso l'alto e dalla porta che porta al vano scale dell'ala nord-ovest, al livello superiore dei generatori a quota 615.20, raggiungono il finestrone centrale (vedi **Figura 17**).

Alla base di questa parete si nota un abbassamento di livello del pavimento.



Figura 17: Fessura obliqua nel muro frontale nord-ovest e cedimento differenziale nel pavimento

Lungo il vano scale che permette l'accesso alle turbine, in adiacenza al muro frontale menzionato, sono visibili altre fessure. Ulteriori fessure sono visibili nei locali adiacenti la sala comando, con una maggior frequenza in prossimità dell'estremità ovest dell'edificio.

Nel complesso il quadro fessurativo descritto sarebbe compatibile con un maggior assestamento sul lato nord-est della centrale (lato autostrada), indicato dalla direzione della fessura di **Figura 17**.

Un altro sistema di fessure si presenta più in alto, nel punto di congiunzione della trave del carroponete con la parete. Quest'ultima fessura è anche visibile dalla stanza numero 1021, fatto che fa presupporre uno sviluppo della fessura attraverso l'intero spessore della muratura.

Per una rappresentazione completa del quadro fessurativo descritto si rimanda alla Documentazione fotografica.

Murature esterne

Le facciate esterne dell'edificio si presentano generalmente in buono stato: nonostante l'età di 90 anni, né la muratura in pietra, né la malta cementizia delle fughe, né la muratura in cotto presentano a prima vista segni di degrado rilevanti.



Figura 18: Dettaglio muratura in pietra (sinistra) e in cotto (destra)

Alcune murature secondarie in calcestruzzo armato sono invece in parte ammalorate in maniera importante. Nel lato sud-est della centrale è presente il vano di accesso ai comandi delle paratoie di chiusura degli scarichi delle turbine.

Mentre la struttura esterna del vano non presenta segni di degrado, all'interno dei vani dei dissipatori degli scarichi sincroni si nota che una parte del copriferro si è distaccato e l'armatura principale mostra segni di corrosione. In stato peggiore si presenta la soletta superiore del vano, dove la quasi totalità del copriferro si è distaccata e l'armatura principale è corrosa (**Figura 19**). Queste parti sono visibili soltanto in condizioni di fermo impianto e vuotamento dei canali di scarico.



Figura 19: Intradosso soletta vano paratoie turbina 1 (sinistra); Intradosso soletta superiore vano paratoie turbina 2 (destra)

I canali per l'alloggiamento dei cavi di media tensione, che attraversano il vano paratoie, sono molto deteriorati, come mostrato nella **Figura 20**. La sostituzione di questi canali è già prevista da parte di AET.



Figura 20: Stato di conservazione canale cavi generatore-trafo

Tetto

Le varie componenti del tetto della centrale non mostrano segni di degrado importanti. Nel sottotetto ligneo si intuiscono alcune tracce di infiltrazioni, forse però antecedenti a riparazioni puntuali avvenute in passato. Sia la struttura lignea che la struttura metallica del tetto appaiono in discreto stato di conservazione. L'alternanza nelle capriate metalliche tra collegamenti con bulloni e con rivetti farebbe pensare che in passato sono stati effettuati degli interventi di riparazione o rinforzo. La controventatura delle capriate appare a prima vista insufficiente. In ogni caso la struttura portante del tetto dovrà essere oggetto di verifiche opportune, nell'ambito di un modello strutturale generale dell'edificio della centrale, con particolare riferimento alle verifiche sulla sicurezza sismica.

7.2.2 Scarichi delle turbine e camera di espansione

I condotti di aspirazione delle turbine presentano uno stato di degrado normale considerati i sei decenni di servizio (ipotizzando che il rivestimento sia stato ripristinato negli anni 60). Infatti, l'intonaco impermeabile presenta alcuni distacchi di dimensioni limitate, che si trovano principalmente in prossimità della fine del tratto blindato. La frequenza ed importanza dei distacchi diminuisce fino a scomparire a circa 3-4 metri dalle sezioni finali, all'immissione nella vasca interrata.



Figura 21: Danni limitati all'intonaco e distacchi nel condotto di aspirazione della turbina 1.

I vani di dissipazione degli scarichi sincroni, ed in particolare le struttura metalliche, sono largamente degradati. La blindatura è arrugginita in maniera importante e in alcuni punti ha subito dei distacchi. Le rotaie poste come dissipatori di energia sono molto usurate e diversi punti di fissaggio alle putrelle a doppia T sono fuori uso.



Figura 22: Danni alla blindatura della camera di dissipazione e ai dissipatori di energia.

Lo stato di conservazione della camera di espansione, per quanto riguarda l'intonaco impermeabile, appare discreto in quanto non sono stati riscontrati danneggiamenti rilevanti.

D'altra parte, sono visibili alcune fessure importanti seppur di larghezza limitata.

Una fessura orizzontale è visibile lungo la parete nord-ovest della camera. Essa percorre buona parte della lunghezza della camera, ed è posizionata a metà altezza, in corrispondenza del cambio di pendenza della parete (da verticale a circa 60°).



Figura 23: Fessura orizzontale sul lato nord della camera di espansione.

Una seconda fessura simile è visibile lungo la parete sud-est, e si estende dalla soglia del semicalice, all'imbocco del canale di collegamento alla galleria della Nuova Biaschina, fino alla camera di dissipazione dello scarico sincrono, dove si interseca con una fessura verticale di limitata lunghezza.

Altre fessure orizzontali di minore importanza si riscontrano nel semicalice sopra citato. Segni di degrado locali sono notati anche nei giunti strutturali interni alla camera di confluenza.

8. CONTESTO GEOLOGICO

8.1 Dati disponibili

I seguenti documenti disponibili sono serviti per le valutazioni geologiche:

- Modello topografico LIDAR SwissALTI3D con risoluzione a 0.5 m (da Swisstopo)
- Carta geologica in formato vettoriale GeoCover (da Swisstopo)
- Ortofoto aerea (da Swisstopo)
- Log stratigrafici dei sondaggi repertoriati in GESPOS (Istituto Scienze della Terra, SUPSI)
- Rapporto riassuntivo e piani storici della Centrale del Piottino (1933)
- Planimetria e profilo geologico del tratto in materiale sciolto della galleria di adduzione Nivo - Val d'Ambra (1964)
- Varie pubblicazioni scientifiche

8.2 Situazione generale

La centrale idroelettrica del Piottino si ubica nello stretto fondovalle della valle Leventina, all'altezza di Lavorgo – Nivo (**Figura 24**).

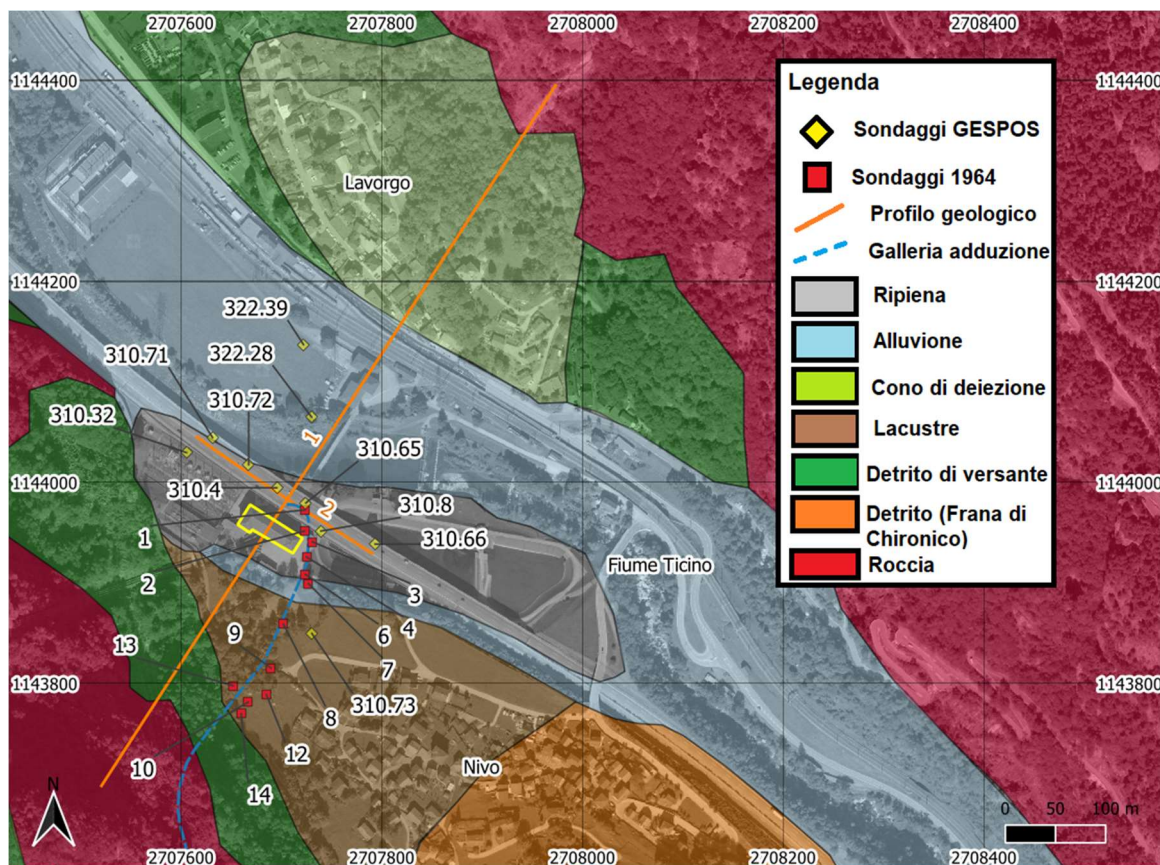


Figura 24: Situazione geologica nel settore della centrale idroelettrica del Piottino

Come le altre valli glaciali sudalpine, anche la Leventina è qui caratterizzata da una piana alluvionale di larghezza ridotta, delimitata da ripidi fianchi rocciosi. Questi ultimi sono qui rappresentati dagli gneiss della falda della Leventina. L'edificio principale e le strutture annesse della centrale sono costruite sulla sponda destra del fiume Ticino, all'incirca 5 m al di sopra del letto del fiume. A SO della centrale, verso montagna, il terreno è invece occupato da detriti di versante come pure da materiale alluvionale proveniente dai vari riali.

Più a valle si trova invece il grande deposito detritico della frana di Chironico, staccatasi alla fine dell'ultima glaciazione dal versante NE della valle (ad es.: Antognini and Volpers, 2002, Claude et al. 2014). Quest'ultima provocò lo sbarramento temporaneo del fiume Ticino e la formazione di un lago che si estendeva fino a Faido e nel quale si depositarono sedimenti limosi-argillosi detti varve. A causa delle precarie proprietà meccaniche delle argille, questi depositi rappresentano una problematica ingegneristica rilevante, come appurato durante la costruzione della Centrale del Piottino, la costruzione dell'autostrada e l'allestimento del deposito d'inerti di Alptransit in località Cavienna. La sequenza sedimentaria (profilo 2) ottenuta dai sondaggi effettuati lungo l'autostrada è illustrata dalla **Figura 25**. Da questa si nota bene come lo spessore della frana di Chironico aumenta in verso valle (Biasca). Contrariamente i depositi lacustri a monte della frana aumentano di spessore verso montagna (Faido), appoggiandosi a sud sulla frana stessa e a nord invece sulla morena.

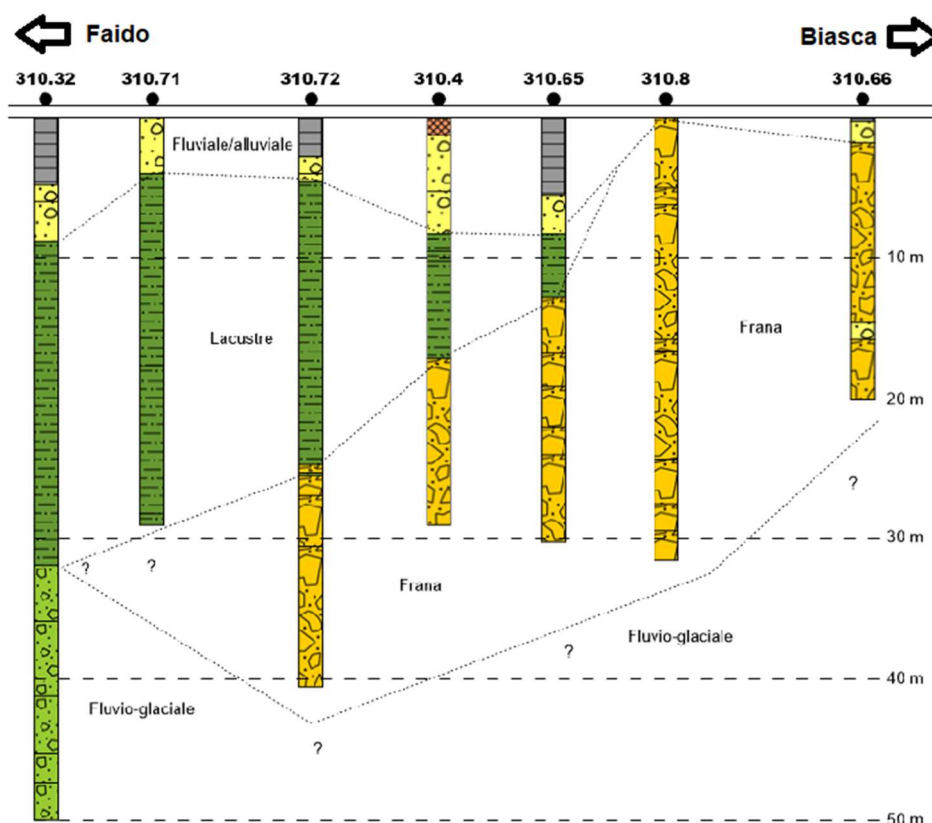


Figura 25: Correlazioni stratigrafiche dei sondaggi effettuati lungo l'autostrada nel settore del viadotto di Nivo. Profilo 2 sulla carta geologica.

La natura del sottosuolo nei pressi della centrale è ben nota grazie alle indagini svolte durante i vari progetti (Piottino, Nivo - Val d'Ambra, Autostrada). Quest'ultime si sono svolte nei primi 20-30 m di profondità, trovando solo una successione di sedimenti fluviali, lacustri e detrito derivante dalla frana di Chironico e la sottostante morena. Nessuna informazione sulla profondità del substrato roccioso è quindi disponibile.

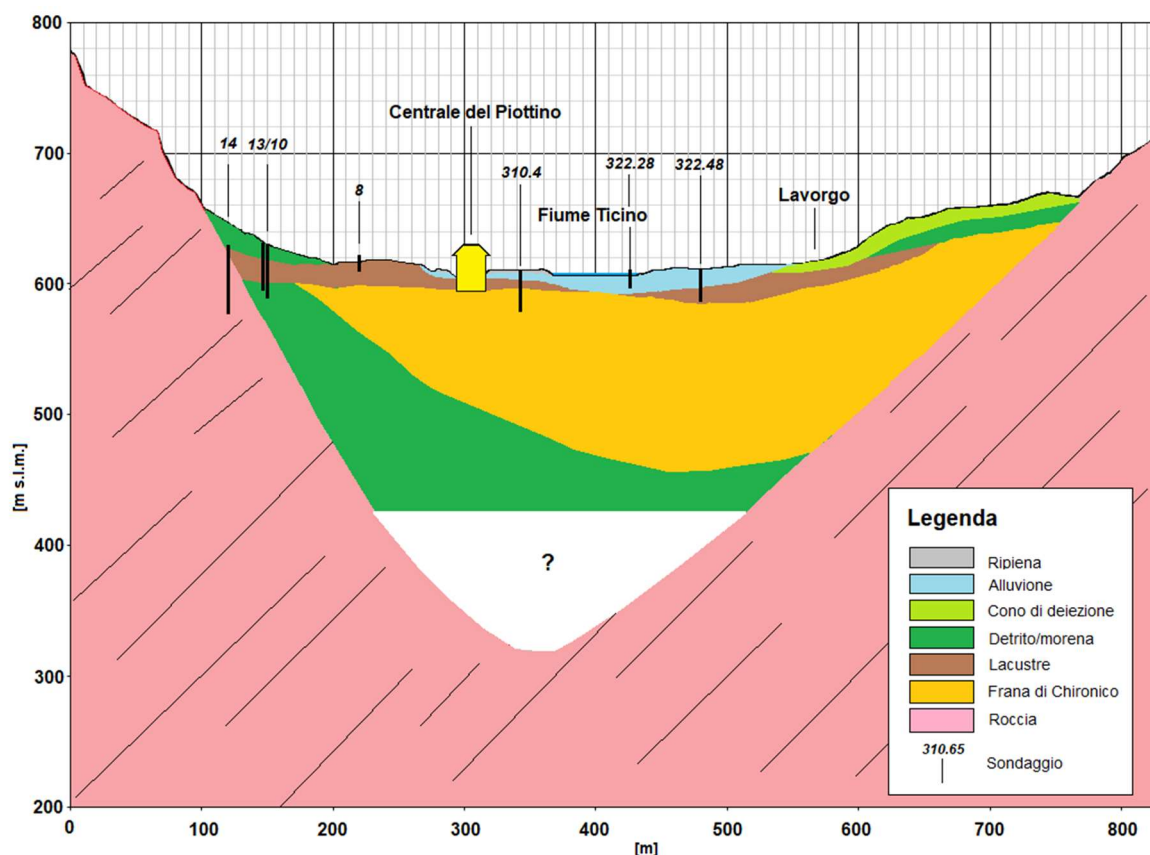


Figura 26: Profilo longitudinale schematico (profilo 1 sulla carta geologica) con probabile andamento della roccia e successione dei depositi quaternari. Il percorso del profilo è indicato in arancione nella Figura 24.

Ciononostante, come tipicamente nelle valli glaciali alpine, si attende un livello d'incisione valliva piuttosto profondo (es. Scapozza et al 2012). Ad esempio, le indagini sismiche svolte nei pressi di Pollegio hanno dimostrato uno spessore del deposito sedimentario di 400 m (Felber & Bini, 1997). In base alla geometria delle pareti rocciose, la profondità massima del substrato roccioso nel settore della centrale è stimata a 200-300 m sotto il livello della superficie (**Figura 26**).

8.3 Indagini svolte

Le condizioni geologiche di dettaglio nel settore della centrale del Piottino sono state valutate in base ai seguenti dati disponibili:

Centrale del Piottino (1933). Durante lo scavo delle fondamenta della sala macchine i seguenti orizzonti sedimentari sono stati incontrati. Tra 0 - 10 m di profondità: sedimento misto composto da

massi e ghiaie sabbiose di origine franosa e fluviale. Tra 10 - 20 m di profondità: argille lacustri del paleo-lago di Chironico. Al di sotto dei sedimenti lacustri, ad una profondità di 18-20 m si descrive la presenza di materiale morenico. Su quest'ultimo sono state basate le fondamenta dei gruppi, nel settore centrale del fabbricato. Durante lo scavo si è pure osservato la presenza di una corrente d'acqua subalvea che scorre tra i depositi lacustri e il detrito sottostante.

Galleria di adduzione Nivo – Val d'Ambra (1964). Le condizioni geologiche a monte della centrale, dalla presa del lago di Nivo fino in roccia, sono state indagate durante la progettazione della galleria di adduzione. Le indagini comprendono 12 sondaggi con profondità compresa tra 15 e 50 m di profondità, distribuiti omogeneamente lungo il percorso della galleria. Di questi sondaggi disponiamo delle proiezioni sul profilo geologico longitudinale ma non dei log. Nei dintorni della centrale, come osservato negli scavi del 1933, i sondaggi incontrano dapprima dei materiali misti detritici-alluvionali, in seguito le argille lacustri e infine il detrito-morena.

Sondaggi GESPOS. Una serie di sondaggi (n=8) con profondità compresa tra 20-55 m sono stati eseguiti durante la progettazione dell'autostrada nel settore compreso tra la centrale ed il fiume Ticino. L'ubicazione esatta di questi ultimi è riportata nella **Figura 24**. In generale i sondaggi attraversano dapprima un orizzonte di sedimenti fluviali (classe USCS: GM/GW-GM/GP-GW/ SP) fino a una profondità di 4-8 m, seguiti dalle sequenze argillitiche lacustri (ML-CL/ML-OL/ML-SM/ML/OL/CL) fino a una profondità di 17-30 m per infine terminare in materiale detritico o morenico (blocchi, GM/GP/SP/GM-ML/GM-GP). Il sondaggio 310.4, che si trova a soli 20 m dal letto del fiume Ticino, indica un livello della falda acquifera a 604.15 m s.l.m.

BH – ID	Longitudine [m]	Latitudine [m]	Altitudine [m s.l.m.]	Lunghezza [m]	Spessore depositi lacustri [m]
310.32	2707605	1144029	610.30	50.0	23
310.71	2707631	1144044	607.05	55.3	25
310.72	2707667	1144017	607.10	40.5	22
310.40	2707695	1143994	610.40	29.0	9
322.39	2707722	1144137	610.50	30.0	19
310.65	2707724	1143979	610.50	30.2	4
310.73	2707730	1143849	622.85	26.5	16
322.28	2707730	1144065	613.05	23.0	Non incontra depositi lacustri
310.80	2707739	1143951	607.60	34.2	Non incontra depositi lacustri
310.66	2707793	1143938	602.20	20.1	Non incontra depositi lacustri

Tabella 2: Lista dei sondaggi disponibili nel settore della centrale del Piottino. Coordinate CH1903+/LV95.

Sopralluogo Lombardi. Durante il sopralluogo geologico del 5 marzo 2021 sono stati verificati: le posizioni dei contatti roccia-sedimento, la giacitura del substrato roccioso stesso e la situazione strutturale degli elementi geomorfologici a monte della centrale come a monte dell'abitato di Lavorgo. L'orientamento della scistosità degli gneiss è molto costante ed è $230^{\circ}/45^{\circ}$ (azimuth/inclinazione). Sul lato destro della valle (Nivo) la parete rocciosa ha un'inclinazione di 55° mentre sul lato sinistro (Lavorgo) è parallela alla scistosità (45°).

8.4 Modello geologico – idrogeologico

Geologia: In base ai dati disponibili, un modello geologico dettagliato nel settore della centrale è proposto. Questo è illustrato nelle due sezioni geologiche (**Allegato B**). La sezione A-A, che taglia l'edificio della centrale longitudinalmente, è costruita essenzialmente a partire dalle informazioni ottenute dai sondaggi effettuati lungo l'autostrada. Questa indica come lo spessore dei depositi lacustri aumenti in direzione NO, mentre in direzione della frana di Chironico, questi ultimi non sono più presenti. Nel settore NO della centrale, al di sotto dei depositi lacustri sono descritti dei depositi morenici, con granulometrie molto variabili, mentre verso SE i depositi sono piuttosto di origine detritica. La sezione B-B rispecchia quanto osservato nella galleria Nivo-Val d'Ambra: da questa si nota come il versante a monte sia composto in superficie dai detriti di versante e da materiale alluvionale di versante (cono di deiezione). Sotto questi si trovano i depositi argillosi che raggiungono fino a 35 m di spessore. Il contatto inferiore tra lacustre e detrito/morena è qui abbastanza costante, attorno ai 600 m s.l.m. Nei pressi della centrale lo spessore dei sedimenti lacustri diminuisce fortemente a circa 10 m e questi sono spesso alternati a materiale alluvionale.

Idrogeologia: La situazione idrogeologica nel settore della centrale è caratterizzata in superficie dalla presenza di depositi alluvionali sciolti che si estendono fino al letto del fiume Ticino ed aventi una buona permeabilità. Infatti, come misurato nel sondaggio 310.40, il livello della falda nel settore della centrale si situa a 604 m s.l.m, con una variabilità di circa ± 1 m, in corrispondenza al livello del fiume stesso. Il livello della falda è indicato nelle sezioni geologiche (**Allegato B**). Il livello della falda varia quindi in funzione del livello del fiume Ticino e degli apporti di versante. Durante lo scavo delle fondamenta è stato inoltre osservato un deflusso d'acqua profondo, al limite tra i depositi lacustri ed il detrito. Questo fenomeno è probabilmente dovuto all'effetto impermeabile delle argille-limi lacustri che fungono da barriera idrica; l'acqua è quindi obbligata a aggirare questo ostacolo, scorrendo nel detrito permeabile per raggiungere la zona di fuoriuscita. Grazie al peso dell'acqua proveniente da monte si va quindi a creare una sovrappressione della falda sottostante che viene chiamata anche falda artesiane. Quando quest'ultima viene depressurizzata, grazie ad un pozzo o uno scavo, si vanno a formare delle risorgenze artesiane. La presenza di una tale falda acquifera è da tenere in considerazione in quanto si trova alla base delle fondamenta dei gruppi.

9. INDAGINI GEOTECNICHE

9.1 Proposta d'indagine

L'obiettivo delle indagini geotecniche proposte è quello di approfondire le conoscenze sulle sequenze sedimentarie al di sotto della centrale e di caratterizzare i materiali dal punto di vista geotecnico. Come illustrato nel capitolo precedente, a causa delle differenti fonti di materiale (fiume, versante, lacustre), la struttura tridimensionale dei sedimenti appare complessa. L'assenza di sondaggi nelle vicinanze a monte della centrale (lato SO) riduce l'affidabilità del modello. Le seguenti indagini sono quindi proposte:

- 1 x sondaggio verticale carotato per intero con lunghezza di 30 m situato nel piazzale NO tra la centrale e il campo trasformatori.
- 1 x sondaggio verticale carotato per intero con lunghezza di 30 m situato nel piazzale Sud della centrale.
- 1 x sondaggio verticale carotato per intero con lunghezza di 30 m situato nel piazzale Nord tra la centrale e il viadotto autostradale.

La lunghezza totale dei sondaggi a carotaggio proposti è di 90 m.

Al fine di determinare i parametri geotecnici d'interesse, una lista di prove eseguibili in-situ oppure in laboratorio è presentata nella **Tabella 3**.

Parametro	Test in-situ	Test di laboratorio
Curva granulometrica	-	Granulometria
Densità	Penetrometria (SPT)	Densità specifica
Permeabilità	Lefranc	-
Resistenza al taglio	-	Taglio diretto
Deformabilità	Ménard	Edometro
Indici di plasticità e liquidità	-	Atterberg

Tabella 3: Lista di parametri geotecnici d'interesse con prove eseguibili direttamente in-situ o in laboratorio.

Una stima dei costi per le indagini proposte è presentata nell'**Allegato D**.

10. INDAGINI SUI MATERIALI

10.1 Premessa

Le indagini sui materiali hanno lo scopo di definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei calcestruzzi e delle armature e d'investigare lo stato di conservazione delle infrastrutture. I risultati delle indagini forniranno le informazioni di base per la conferma degli interventi di rinnovo proposti e per le analisi numeriche strutturali. Nei paragrafi seguenti vengono proposti diversi tipi di indagine, la loro quantità e distribuzione per ciascuna delle opere in esame. L'ubicazione dovrà essere definita in dettaglio nel documento di offerta.

10.2 Pozzo piezometrico

La determinazione delle proprietà del calcestruzzo della vasca superiore del pozzo piezometrico sarà eseguita tramite carotaggi secondo la norma SIA 267/2. Si propone la realizzazione di 2 carotaggi nella struttura della vasca originale e altrettanti nell'ampliamento degli anni '70, di lunghezza non superiore ai due terzi dello spessore del muro e di diametro 100 mm, per una lunghezza complessiva di circa 1.5-2 m. Sulle carote selezionate si determinerà in laboratorio il peso di volume e la resistenza a compressione. La profondità della carbonatazione sarà eseguita in tutti i carotaggi tramite un test colorimetrico con fenolftaleina secondo la norma SN EN 14630.

La posizione dei carotaggi, il diametro delle armature e lo spessore del copriferro potranno essere verificati con prove pacometriche. Inoltre, a completamento delle indagini si eseguiranno prove sclerometriche sulle superfici accessibili.

I carotaggi dovranno essere perfettamente sigillati a fine lavori con una malta cementizia di riempimento.

L'accessibilità delle aree di indagine dovrà essere attentamente valutata, dato che l'accesso all'interno della vasca è rigorosamente vietato quando l'impianto è in esercizio.

10.3 Camera delle valvole

Le indagini sui materiali saranno localizzate preferibilmente sulla soletta di copertura e sulle pareti contro roccia. D'altra parte, l'accessibilità di tali strutture dovrà essere attentamente valutata, dato che per la soletta di copertura si richiede un ponteggio interno e/o la rimozione parziale dell'impermeabilizzazione esterna, e per le pareti contro roccia occorre rimuovere il rivestimento di lamiera ondulata. In alternativa si indagherà la parete esterna sud-est più facilmente accessibile.

In via preliminare si prevede di eseguire prove pacometriche su una superficie di almeno 8 m². Nelle superfici indagate con pacometro si eseguiranno 4 carotaggi DN100 di lunghezza pari a metà dello spessore del muro, per verificare in seguito in laboratorio le proprietà del calcestruzzo, peso di volume e resistenza alla compressione.

Per la determinazione della resistenza alla trazione e della duttilità dell'acciaio d'armatura si prevede il prelievo di almeno un campione di armatura e l'esecuzione di prove di rottura in laboratorio, considerato anche che la norma SIA 267/2 propone una classificazione approssimativa solo degli acciai prodotti dopo il 1935. L'estrazione della barra sarà eseguita in una zona indagata con pacometro, previa scarifica del calcestruzzo. Il campione di acciaio sarà di lunghezza definita secondo EN 10002-1 e ASTM E08. La maglia di armatura ed il calcestruzzo dovranno essere successivamente ripristinati tramite saldatura e malta cementizia.

Inoltre, dato che secondo i piani di esecuzione la soletta e le travi non sono state realizzate con lo stesso tipo di calcestruzzo, e dato che il prelievo di carote non è proponibile a causa dell'importante armatura presente, si propone di verificare la resistenza del calcestruzzo delle travi e della soletta tramite 4 prove di pull out, secondo la norma EN 12504-3:2005, completate 6 prove combinate sclerometriche-ultrasoniche nelle medesime aree (SONREB).

10.4 Centrale Piottino

10.4.1 Edificio della centrale

La sovrastruttura è composta da pareti perimetrali e interne in muratura massiccia, mentre i pilastri del corpo centrale, che sono in calcestruzzo armato rivestito verso l'esterno da muratura in pietra naturale e in mattoni di cotto, sostengono le travi del carroponte ed il tetto.

Le indagini nel corpo centrale dell'edificio sono da concentrarsi principalmente nei pilastri in cemento armato: alla base, nella zona centrale ed in cima a detti pilastri; e secondariamente nelle murature perimetrali.

Per una valutazione in prevalenza qualitativa delle proprietà meccaniche delle murature, vengono proposte innanzitutto delle indagini non distruttive: prove pacometriche, prove sclerometriche e prove soniche. Le prove pacometriche sono da eseguirsi di regola in corrispondenza delle aree dove si effettua il prelievo di carote ed i pull out test, in modo che non siano influenzati dalla presenza delle barre d'armatura, garantendo l'attendibilità dei risultati. Per avere un quadro comparativo più completo della situazione si raccomanda l'esecuzione di prove combinate sclerometriche-ultrasoniche nelle medesime aree (SONREB).

La superficie complessiva da indagare tramite le prove pacometriche è prevista di circa 20 m², ed il numero complessivo di prove combinate sclerometriche-ultrasoniche (SONREB) è previsto anch'esso di 20 prove.

Le carote di calcestruzzo saranno prelevate per la determinazione in laboratorio dello stato dei materiali secondo la norma SIA 269/6-1, e la tipologia di muro secondo la norma SIA 266/2, dati indispensabili per poter effettuare le verifiche statiche e sismiche alla struttura. Le carote nelle pareti perimetrali saranno realizzate dall'interno verso l'esterno per una profondità massima di 50 cm, in

modo da non danneggiare il rivestimento della facciata. Il numero complessivo di carotaggi nel calcestruzzo e nella muratura è di 8, pari ad una lunghezza massima stimata di 8 m.

Per quanto riguarda la caratterizzazione dell'acciaio d'armatura, si propone l'estrazione di alcuni campioni di diametro 24-30 mm in aree dove la muratura è sana all'interno della centrale. L'estrazione di campioni dalla demolizione dei sovrappassi dei canali dei cavi, dove sono presenti dei tondini di diametro fino a 24mm paragonabili ai diametri utilizzati nei pilastri della centrale, è proponibile a condizione che le barre siano in buono stato e che i lavori si svolgano a breve termine.

Per quanto riguarda le fessure più rilevanti, tra le quali si citano quelle nella muratura fra il locale 1021 e la sala macchine, per valutare le possibili conseguenze sulla sicurezza strutturale si propone di

- predisporre dei piani dettagliati del quadro fessurativo,
- misurare l'apertura superficiale dove possibile e stimare la tipologia delle fessure, ovvero se esse sono superficiali o passanti attraverso l'intero spessore,
- monitorare eventualmente i punti critici con vetrini e/o fessurimetri.

D'altra parte, non pare opportuno eseguire carotaggi per verificare l'andamento delle fessure all'interno delle murature. Le fessure sono documentate nella documentazione fotografica allegata.

10.4.2 Fondazioni delle turbine

In vista della sostituzione delle turbine, per conoscere la qualità del calcestruzzo della fondazione delle turbine viene proposta l'esecuzione di 3-4 sondaggi verticali a carotaggio di diametro nominale di 100 mm, dal piano turbine fino a non meno di 2 m sopra il piano di fondazione, per una lunghezza complessiva di circa 25 ml. Queste indagini dovranno comprendere l'ispezione dei fori con telecamera e le prove di laboratorio su campioni di calcestruzzo prelevati.

Nella definizione delle posizioni dei sondaggi si dovrà mantenersi a debita distanza dalle tubazioni di servizio della turbina (drenaggio coperchi, equilibramento girante, ecc.), per evitare qualsiasi danno all'impianto.

10.4.3 Scarichi delle turbine e camera di espansione

Dato che gli scarichi della centrale non sono accessibili dall'interno, si prevede di eseguire alcuni carotaggi corti dal vano paratoie esterno. I carotaggi previsti sono 4 di diametro nominale di 100 mm, per una lunghezza totale di 2 m. Comprese le consuete prove di laboratorio sul peso di volume e sulla resistenza meccanica de calcestruzzo.

Inoltre, data la vicinanza del vano paratoie all'autostrada, si presume che le murature siano state esposte ai sali di disgelo nelle stagioni invernali. Si raccomanda dunque la verifica in laboratorio della penetrazione dei cloruri nelle carote prelevate.

10.5 Riepilogo delle indagini sui materiali

La seguente tabella di riepilogo presenta le quantità delle tipologie di indagine descritte nei paragrafi precedenti: indagini non distruttive, carotaggi e prove di laboratorio. Le quantità sono suddivise per opera: VS = Vasca superiore; CV = Camera valvole; CP = Centrale Piottino.

Tipo di indagine	Unità	Quantità VS	Quantità CV	Quantità CP
Prove pacometriche	m ²	4	8	20
Prove sclerometriche	N°	10	6	20
Prove soniche	N°	-	10	30
Prove di strappo su calcestruzzo - Pull out test	N°	-	4	-
Carotaggi DN100	N°	4	4	16
	m	2	2	35
Test colorimetrici su carote della profondità di carbonatazione	N°	4	6	16
Prove di laboratorio su calcestruzzo: peso di volume e resistenza a compressione	N°	6	8	20
Prove di laboratorio su calcestruzzo: modulo di elasticità	N°	-	4	10
Prove di laboratorio su calcestruzzo: penetrazione cloruri	N°	-	-	4
Estrazione campioni di acciaio e ripristino	N°	-	1	2
Prove di laboratorio su acciaio: resistenza a trazione	N°	-	3	6

Tabella 4: Tabella riassuntiva delle indagini sui materiali per le varie parti d'opera.

Una stima dei costi per le indagini sui materiali è presentata nell'**Allegato D**.

11. PROCEDURE, SICUREZZA SUL LAVORO E AMBIENTE

11.1 Premessa

Secondo la suddivisione corrispondente alla norma SIA 112 “Modello di pianificazione per progetti nel settore della costruzione”, lo progetto di massima, fase parziale 21, è inserito nella fase 2 “studi preliminari”.

Sebbene i settori ambientali, procedurali e di sicurezza sul lavoro (intesa come tutela della salute in presenza di sostanze pericolose) siano regolamentati da disposizioni specifiche, anche se interconnesse, e vadano gestiti in dossier distinti in modo da sottoporli alle varie autorità preposte, si ritiene che a livello di progetto di massima essi possano essere illustrati in un unico capitolo che permetta al Committente di inquadrare le varie tematiche apparentemente più distaccate dalla progettazione classica dell'ingegneria civile idraulica.

Infatti, lo progetto di massima ha il compito di segnalare al Committente la verifica della fattibilità non solo rispetto alla possibilità di costruzione, bensì anche rispetto all'esercizio e al diritto.

11.2 Procedure

In questa fase il progettista, assieme all'analisi della fattibilità tecnica del progetto, deve segnalare al Committente la necessità o meno di un esame di impatto ambientale e la procedura da seguire affinché, addentrandosi nelle fasi successive sempre più dettagliate, si evitino ostacoli formali o sostanziali che potrebbero rallentare o bloccare il progetto.

La centrale idroelettrica del Piottino, con una potenza utilizzabile di 67 MW, è un impianto sottoposto all'esame di impatto ambientale giacché ha una potenza installata superiore a 3 MW (allegato 2, cifra 2.1 Ordinanza concernente l'esame di impatto sull'ambiente (OEIA)).

Secondo le disposizioni vigenti, nel caso di una modifica sostanziale di impianti esistenti, è previsto che le valutazioni ambientali e il Rapporto di impatto ambientale (RIA) siano aggiornati e venga svolto un nuovo esame da parte dell'autorità preposta.

In base all'OEIA, art. 2 cpv. 1, “la modificazione di un impianto esistente che figura nell'allegato è sottoposta all'esame se: a) la modificazione concerne trasformazioni, ingrandimenti o cambiamenti d'esercizio sostanziali; b) occorre decidere sulla modificazione in una procedura che sarebbe decisiva per l'esame di un nuovo impianto (art. 5).”

Nel concreto occorre dunque valutare se gli interventi previsti portino a una potenziale modifica dell'impatto sull'ambiente, vale a dire se essa comporti carichi ambientali nuovi o aggiuntivi.

La manutenzione e il rinnovo, in genere, non sono soggetti all'esame di impatto ambientale.

Infatti, secondo l'aiuto all'esecuzione pubblicato dall'Ufficio federale dell'ambiente “Manuale EIA. Direttiva della Confederazione per l'esame dell'impatto sull'ambiente”, l'obbligo di eseguire un nuovo

esame di impatto ambientale per quanto riguarda le centrali idroelettriche è da ricondurre al rinnovo di una concessione (anche se non vi sono modifiche di tipo costruttivo) o a delle modifiche che comportano un cambiamento del regime delle acque.

L'esame di impatto ambientale va comunque sempre svolto nell'ambito della procedura direttrice, che potrebbe essere una procedura edilizia o la procedura di rinnovo della concessione.

Nel caso concreto, vi sono almeno tre aspetti da considerare, per i quali si propone un ulteriore approfondimento con il Committente:

Il primo riguarda l'assoggettamento della centrale Piottino, che è un edificio protetto contemplato dall'Inventario dei Beni Culturali (IBC), RFD 1030 Faido-Chironico, A10443, alla Legge sulla protezione dei beni culturali (LBC). Sono diversi gli articoli della LBC da considerare, in particolare si ricorda sia l'aspetto che riguarda le misure di promozione con la possibilità del proprietario di accedere a contributi finanziari per la conservazione del bene immobile, sia quello procedurale di sottoporre ogni progetto d'intervento al Consiglio di Stato.

Per ciò che riguarda questo aspetto si consiglia al Committente di contemplare in un'unica procedura gli interventi previsti in questo incarto con quelli ventilati durante il sopralluogo del 22 marzo 2021 riguardanti degli interventi importanti sull'edificio in ottica di sostenibilità ed efficienza energetica.

È anche molto probabile che la procedura dovrà attenersi anche alla Legge edilizia (LE) e al suo Regolamento di applicazione della legge edilizia (RLE) poiché gli interventi su beni culturali necessitano di una licenza edilizia (di demolizione e di costruzione).

Il secondo aspetto riguarda l'entità dell'intervento:

- se le turbine sono sostituite con delle turbine della stessa capacità, se sono previsti unicamente interventi manutentivi che non hanno una ripercussione né sull'esercizio, né sulla potenza installata o sulle portate e neppure modificano l'impatto sull'ambiente circostante, non è necessario svolgere un nuovo esame di impatto ambientale (EIA),
- se la sostituzione dei gruppi produce delle conseguenze sull'ambiente, fatto che non può essere a priori tralasciato perché, per esempio, non è ancora escluso un intervento di consolidamento delle fondazioni dell'ala nord-ovest, con possibile impatto sulla falda acquifera.

Il terzo aspetto riguarda la particolarità giuridica dell'Azienda Elettrica Ticinese la cui concessione dovrebbe sottostare alla LUF, Legge federale sull'utilizzazione delle forze idriche (vedi allegato OEIA, cifra 21.3), ma la sua particolarità di sfruttare le acque del Cantone in proprio merita un approfondimento giuridico. Inoltre, la LAET, Legge sull'azienda elettrica ticinese, non rimanda esplicitamente all'esame di impatto ambientale, ma sottostà comunque alla legislazione federale (impianti > 3MW contemplati nel ROEIA, all'allegato I, cifra 2.3, che rimanda alla LUA, Legge sull'utilizzazione delle acque), oltre al fatto che l'AET è vigilata dall'autorità tramite la Commissione ambiente, territorio ed energia.

A ciò si aggiunge l'intervento costruttivo di rialzo del muro della vasca del pozzo piezometrico e di eventuali interventi di modifica della camera valvole che, sebbene supportati dalla clausola giuridica di ubicazione vincolata, si svolgono in un'area inserita nell'Inventario federale dei paesaggi e dei monumenti naturali (IFP) protetti dalla Legge federale sulla protezione della natura e del paesaggio (LPN).

I vari aspetti procedurali dovranno essere approfonditi dal Committente con le autorità di vigilanza, eventualmente con l'appoggio della Lombardi SA.

11.3 Sicurezza sul lavoro

11.3.1 Premessa

Dal profilo ambientale per ciò che riguarda lo smaltimento e da quello di sicurezza sul lavoro per ciò che concerne la salute, un aspetto che va analizzato è la presenza di sostanze nocive nei materiali che saranno toccati dagli interventi.

Si tratta in particolare delle seguenti sostanze: amianto, PCB, metalli pesanti e IPA, giacché lo stabile e i diversi interventi sono stati eseguiti negli anni in cui furono impiegate le sostanze citate.

In base alle informazioni raccolte durante il sopralluogo del 22.03.2021, sembra che alcune analisi siano già state effettuate in passato. Allo scopo di ridurre il numero di campioni da prelevare, sarà utile poter disporre delle perizie allestite. A tale proposito, il Committente ha trasmesso in data 26.03.2021 due documenti: "Analisi EMPA metalli pesanti con lo strumento di misura portatile NITON 700" del 2005, redatto dalla SPAAS, e un referto analitico della Carbotech AG del 2009. Purtroppo, si tratta di due documenti poco utili ai fini dell'indagine necessaria per questo incarto.

Si precisa che durante il sopralluogo si è proceduto a una ispezione visiva dei vari locali senza effettuare alcun campionamento e senza redigere liste di dettaglio sulle varie parti edili e impiantistiche.

È tuttavia importante segnalare che non sarà possibile sottrarsi alle analisi di laboratorio e alla conseguente compilazione di schede concernenti i materiali contenenti amianto e PCB, se presenti. Questo permetterà di fornire le indicazioni corrette sugli interventi di rimozione, bonifica e smaltimento da eseguire tramite ditta specializzata.

Si propone anche al Committente di eseguire un'analisi del rischio in base alla presenza di materiali contenenti sostanze pericolose secondo quanto previsto dal Forum Amianto Svizzero. Lo progetto di massima non contempla tale analisi.

11.3.2 Basi legali

L'incarto della domanda di costruzione deve essere conforme all'art. 16 dell'Ordinanza sulla prevenzione e lo smaltimento dei rifiuti del 4 dicembre 2015 (OPSR) e all'art. 9 litt. n RLE nel caso

venga seguita la procedura edilizia cantonale, concernenti la tipologia, la qualità e la quantità dei rifiuti edili prodotti nonché il loro smaltimento, se

- si prevede che saranno prodotti più di 200 mc di rifiuti edili oppure che i rifiuti edili prodotti conterranno sostanze nocive per l'ambiente o la salute;
- l'intervento comporta la demolizione o la trasformazione di edifici o impianti costruiti prima del 1° gennaio 1991; in tal caso le informazioni devono essere fornite tramite una perizia allestita da uno specialista riconosciuto.

Inoltre, secondo l'Ordinanza sui lavori di costruzione (OLCostr), per i lavori edili bisogna eseguire l'accertamento prima di iniziare i lavori.

Vi sono numerose altre disposizioni legali da considerare, per esempio l'Ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici (ORRPChim), per le quali si entrerà nel merito in occasione della perizia specialistica.

Il rispetto e la consapevolezza dei dispositivi di legge sono importanti anche perché potrebbero inficiare sull'intenzione del Committente di mantenere in esercizio parte dei gruppi di produzione mentre si procede alla sostituzione di una parte.

11.3.3 Metodo

Il metodo di approccio alla problematica delle sostanze pericolose è strutturato in fasi ben distinte in modo che, alla fine di ogni fase sia possibile interrompere, con ragionevolezza, la procedura e allestire il rapporto.

Per poter svolgere in modo chiaro il lavoro e documentare quanto ispezionato e/o analizzato occorre creare delle schede dei vari materiali in cui riportare l'esito del controllo (numero campione, presenza o meno della singola sostanza nociva, tipo di materiale, urgenza di procedere alla bonifica, ...).

Sulle varie planimetrie dovrà essere indicato il punto di prelievo o altre indicazioni importanti per documentare la perizia.

La documentazione fotografica dovrà essere rigorosa per ogni parte ispezionata.

È importante ricordare che la perizia non potrà escludere l'assenza totale di altri materiali contenenti sostanze pericolose. Ne consegue che durante i lavori di demolizione sarà presente un rischio residuo di trovare altri materiali contenenti sostanze pericolose, anche per questo motivo i lavori devono essere effettuati da ditte specializzate e sotto la supervisione di un esperto di settore.

11.3.4 Sostanze nocive

Di seguito sono elencate le parti che potenzialmente contengono sostanze nocive e che vanno analizzate prima dell'inizio dei lavori allo scopo di definire le modalità di demolizione e lo smaltimento corretto.

Pozzo piezometrico		
Materiale	Potenziale sostanza nociva	Periodo di impiego del materiale
giunti	PCB/CP	PCB: 1955 – 1975, CP: dal 1975
Camera delle valvole		
Materiale	Potenziale sostanza nociva	Periodo di impiego del materiale
giunto	PCB/CP	PCB: 1955 – 1975, CP: dal 1975
vernici componenti	metalli pesanti, PCB	fino al 2005 (piombo), 1947 – 1975 (PCB)
rivestimento tetto	IPA	In uso
Centrale Piottino		
Materiale	Potenziale sostanza nociva	Periodo di impiego del materiale
<u>Soppalco</u>		
piastrelle pavimento e zoccolino	amianto	fino al 1990
<u>Locale turbine / turbine</u>		
vernice macchinari	metalli pesanti, PCB	fino al 2005 (piombo), 1947 – 1975 (PCB)
Intonaco muri	amianto	fino al 1990
piastrelle pavimento e zoccolino	amianto	fino al 1990
condensatori	PCB	fino al 1983 (condensatori)
vernice ringhiera	metalli pesanti, PCB	fino al 2005 (piombo), 1947 – 1975 (PCB)
<u>Locale macchine</u>		
vernice macchinari	metalli pesanti, PCB	fino al 2005 (piombo), 1947 – 1975 (PCB)
piastrelle pavimento e zoccolino	amianto	fino al 1990
vernice pavimento fondo	PCB	1955 - 1975
Intonaco muri	amianto	fino al 1990
<u>Tetto</u>		
Materiale depositato sopra officina	amianto	fino al 1990

Tabella 5: Elenco delle potenziali sostanze nocive presenti nelle diverse opere

Il tetto è formato da coppi posati sopra una struttura in legno. Da quello che si è potuto vedere nella sezione dei due abbaini posati nelle due ali del tetto, tra questi due strati non sono state posate lastre

in fibrocemento. Questo andrà però ancora confermato nell'ambito dell'allestimento della perizia sulle sostanze nocive.

Nella zona sottotetto sopra la parte dove è ubicata anche la caffetteria/infermeria, vi è un locale le cui pareti come pure i passacavi attorno al locale, sono formati da lastre in fibrocemento. Queste sono contrassegnate con il simbolo dell'amianto. Sempre in quest'ala nella zona sottotetto (sopra l'officina), sono depositate alcune lastre in fibrocemento, mentre il controsoffitto è ricoperto da una sostanza non meglio definita (forse gesso?) che dovrà essere determinata prima dell'inizio di qualsiasi intervento.

In generale anche le guarnizioni dei macchinari sono suscettibili a contenere amianto: poiché i macchinari sono revisionati e le guarnizioni cambiate ogni 6 anni, si potrebbe presumere che tutte le parti che potevano contenere amianto siano state negli anni eliminate, ma occorrerà approfondire la questione durante la perizia.

L'impianto di ventilazione è stato rinnovato nel 2000 circa e non dovrebbe essere suscettibile a contenere materiali inquinanti. Prima di smantellarlo va verificato che tutto l'impianto sia stato sostituito dopo il 1990.

Tutte le finestre hanno un mastice suscettibile a contenere amianto: nel caso in cui fossero previsti degli interventi sulle finestre, il mastice dovrebbe essere analizzato, come pure andrà valutata la presenza di materiali suscettibili a contenere inquinanti nelle vernici.

Senza entrare nel dettaglio dell'ubicazione si riportano ulteriori elementi da indagare, presenti in più locali:

- coibentazioni (sebbene quella presente nella sala turbine non appaia problematica, è bene passare in rassegna tutte le coibentazioni dei tubi laddove è prevista una sostituzione o uno spostamento,
- guarnizioni delle varie tubature,
- eventuali rivestimenti sintetici dei pavimenti (anche se dalla prima ispezione visiva non sembra ve ne siano),
- giunti di dilatazione in generale,
- olio idraulico e diatermico.

Una stima dei costi per le perizie sulle sostanze nocive è presente nell'**Allegato D**. Per ciò che concerne la stima dei costi, si sottolinea che si tratta di una stima sommaria che potrà essere affinata solo quando sarà definito con un buon grado di precisione l'entità dell'intervento e tutte le parti toccate dal progetto di rimozione e demolizione.

11.4 Ambiente

Il grado di verifica degli aspetti ambientali dipende dall'esito della valutazione degli aspetti procedurali. In ogni caso la fase esecutiva dovrà essere accompagnata da prescrizioni ambientali mirate a sé stanti oppure incluse nel CPN 102, condizioni particolari.

Qualora essi dovessero risultare minimi e fosse escluso l'impatto sulle acque, i comparti ambientali da considerare si ridurrebbero essenzialmente alla gestione dei materiali pericolosi e dei rifiuti prodotti da smaltire conformemente alla legislazione.

Tuttavia, gli interventi alla vasca del pozzo piezometrico e alla camera valvole, situati in zona IFP, richiedono la valutazione dei vari comparti ambientali toccati dall'intervento, da selezionare all'interno del seguente elenco:

- aria,
- bosco e selvicoltura,
- demanio e catasto,
- fauna e flora,
- gestione del materiale,
- incidenti rilevanti,
- inquinamento luminoso,
- paesaggio,
- rifiuti,
- rumore,
- prove a futura memoria (per esempio della strada forestale per accedere a meno che sia di proprietà di AET),
- turismo e svago,
- strade,
- vibrazioni.

L'indicazione che i generatori non vengono più raffreddati ad aria ma ad acqua, captata dal riale Moaglio e trattenuta in un serbatoio a monte della centrale, è probabilmente da approfondire per ciò che riguarda i deflussi minimi, assieme all'acqua di raffreddamento che subisce un innalzamento della temperatura.

12. PROGETTO DI RINNOVO

12.1 Premessa

Gli interventi proposti sulle opere esistenti rientrano nell'obiettivo generale di rinnovo complessivo dell'impianto del Piottino, in previsione di un futuro periodo di esercizio della durata di almeno 40 anni.

Il progetto di rinnovo è basato sulla conferma della configurazione attuale dell'impianto, compresi i dati di portata e di salto disponibile e la struttura esistente delle varie opere componenti il sistema di adduzione. In sostanza si prevede il risanamento delle murature esistenti delle opere civili, sia all'aperto che in sotterraneo, laddove è segnalato uno stato di degrado avanzato, e la sostituzione delle parti elettromeccaniche che sono ormai giunte al completamento della vita utile: i gruppi di produzione, le paratoie e le valvole.

Le modifiche di aspetti minori dell'impianto dal punto di vista economico, in particolare una possibile modesta estensione della vasca superiore del pozzo piezometrico, dipendono da malfunzionamenti che si sono verificati in passato.

Gli interventi di modifica dell'edificio della camera valvole sono legati alle difficoltà di accesso all'opera, ed alle problematiche di trasporto e montaggio delle nuove valvole di testa delle condotte forzate.

Gli interventi nella centrale Piottino riguardano anche l'incremento dell'efficienza energetica dell'edificio, e tengono conto che trattasi di un edificio storico tutelato come bene culturale dalla legge cantonale LBC 1997.

Gli interventi di risanamento delle murature saranno precisati nella prossima fase progettuale, sulla base dei risultati della campagna di indagini geotecniche e strutturali di prossima esecuzione.

12.2 Vasca di carico

12.2.1 Premessa

Le murature della vasca superiore del pozzo piezometrico presentano uno stato di degrado variabile, più accentuato sul fondo della vasca, e devono essere risanate e protette adeguatamente.

D'altra parte, la quota di coronamento del muro perimetrale dovrà essere innalzata se le analisi idrauliche dei fenomeni transitori confermeranno che la sicurezza idraulica della struttura attuale è insufficiente.

I possibili interventi di risanamento e adeguamento della vasca superiore del pozzo piezometrico, che saranno eseguiti nel corso del fermo impianto 2023, sono dunque i seguenti:

- risanamento del fondo della vasca,
- risanamento parziale/totale del muro perimetrale e dei giunti di dilatazione, e
- innalzamento del muro perimetrale della vasca.

12.2.2 Risanamento del fondo

Il fondo della vasca è come detto in cattivo stato, almeno nello strato superficiale che deve essere completamente ricostruito. Il risanamento può essere eseguito tramite un intervento di idroscarifica o di rimozione meccanica di tutte le parti ammalorate di calcestruzzo, seguito dalla protezione delle armature nelle aree dove esse sono messe allo scoperto, e dalla posa di uno strato di malta cementizia di alcuni cm, impermeabile e di alta resistenza, a ricostruzione della struttura e protezione della sottostante platea di fondazione in c.a.

Il fondo della vasca nel settore superiore degli anni '70 è in condizioni discrete, per cui non è richiesto un intervento di ricostruzione della superficie. Un eventuale rivestimento superficiale con malta cementizia avrebbe comunque scopo di protezione, di rinnovo del copriferro e di aumento della durabilità dell'opera.

12.2.3 Risanamento delle murature

Il rivestimento del muro perimetrale con calcestruzzo spruzzato è anch'esso raccomandato, soprattutto all'interno della vasca e nelle parti inferiori del muro perimetrale e del torrino piezometrico che appaiono più degradate e che potranno essere interessate da interventi di consolidamento locali. Le modalità di risanamento sono le medesime descritte per il fondo della vasca: idroscarifica ed asportazione delle parti ammalorate, trattamento protettivo delle eventuali armature scoperte, posa del calcestruzzo spruzzato di rivestimento.

La sigillatura dei giunti di dilatazione dovrà essere rinnovata.

I lavori di risanamento delle pareti implicano l'installazione di ponteggi all'interno e all'esterno della vasca. I lavori all'interno della vasca dovrebbero essere eseguiti a fermo impianto per esigenze di sicurezza.

Inoltre, la fattibilità dell'esecuzione dei rivestimenti con materiali cementizi nella stagione invernale ed in probabili condizioni di gelo deve essere attentamente verificata; in alternativa si dovrebbe verificare la possibilità di eseguire i lavori sensibili al gelo in una stagione più favorevole.

12.2.4 Innalzamento del muro perimetrale

L'innalzamento della quota di coronamento della muratura della vasca e l'altezza del nuovo cordolo dipendono dai risultati delle analisi dei fenomeni transitori in riferimento alle caratteristiche dei nuovi gruppi di produzione. A titolo di riferimento si nota che nella relazione Lombardi [3] si proponeva un innalzamento di circa 30 cm. Il sovrizzo sarebbe ottenuto con un cordolo in c.a. di spessore pari all'attuale coronamento.

Dal punto di vista esecutivo, si procede dapprima ad irruvidire la superficie di contatto per mezzo di idroscarifica. Segue la perforazione e posa delle barre verticali di ancoraggio, la casseratura del nuovo cordolo, la posa dell'armatura ed infine il getto e lisciatura del calcestruzzo.

Per completezza si nota che le analisi sui transitori permetteranno di verificare anche l'opportunità di modificare le griglie alla base del torrino piezometrico.

12.3 Camera delle valvole

12.3.1 Premessa

I lavori di rinnovo della camera valvole sono connessi con la sostituzione delle valvole di testa delle tre condotte forzate, programmata per il fermo impianto del 2023.

Insieme alle valvole a farfalla è opportuna la sostituzione del carro ponte esistente, che è movimentato manualmente, ed il risanamento dell'edificio, secondo modalità da verificare nella prossima campagna di indagini sullo stato delle strutture.

Per quanto riguarda il trasporto ed il montaggio delle apparecchiature, si è esaminata la possibilità di realizzare un'apertura nel tetto della camera, o di rimuovere del tutto e ricostruire il tetto medesimo.

Il progetto di realizzare una strada di accesso carrabile lungo il tracciato del sentiero esistente (vedi **Figura 8**), per risolvere le problematiche di accesso al sito, è stato abbandonato a seguito delle valutazioni sui costi e benefici dell'intervento.

12.3.2 Varianti di progetto

La modifica della struttura della camera valvole dipende dalle valutazioni sia sullo stato di conservazione delle strutture in c.a., sia sulla scelta delle modalità di trasporto e montaggio più convenienti per le nuove valvole e carro ponte.

Non solo i trasporti pesanti devono essere effettuati tramite il piano inclinato esistente o tramite elicottero, ma gli spazi disponibili per i lavori sono molto stretti sia all'interno che all'esterno dell'edificio, in particolare tra la porta di ingresso e la condotta 3 (in destra idraulica), ovvero nell'area di carico del carro ponte.

Dalle misure eseguite sul posto, lo spazio di manovra per le nuove valvole D1550 mm nell'area di carico è appena sufficiente, e dovrà essere verificato in riferimento alle misure effettive della fornitura, comprese le parti del sistema di azionamento che non possono essere trasportate e montate separatamente. Per quanto riguarda il nuovo carro ponte, il trasporto ed il montaggio in opera delle travi portanti è l'operazione più complessa.

Per contro lo spazio di manovra nell'area di carico può essere notevolmente migliorato in due modi:

- con un'apertura nel tetto,
- con un elemento amovibile supplementare nella condotta 3, di fronte alla porta di ingresso, in aggiunta al tronchetto flangiato già presente tra la parete di monte (D1800) e la valvola (D1550).

In definitiva le varianti esaminate per i lavori di rinnovo, in riferimento alle modalità di trasporto e montaggio del nuovo carro ponte e delle nuove valvole sono presentate nella **Tabella 6**.

Variante	Descrizione	Stato di conservazione del tetto	Modalità di trasporto nella camera valvole
A	Mantenimento tetto esistente	Buono	Dalla porta Ancoraggi provvisori nel tetto
B	Realizzazione di un'apertura nel tetto	Buono, var. A non fattibile Almeno suffic. nel settore da mantenere	Dalla nuova apertura
C	Demolizione e ricostruzione del tetto	Scadente	Dal tetto scoperto

Tabella 6: Varianti di rinnovo della camera valvole, in riferimento alle modalità di trasporto e montaggio delle nuove apparecchiature

La variante A, mantenimento del tetto esistente, può essere adottata a condizione di verificare in dettaglio ed in riferimento alle forniture effettive, le manovre da eseguire per il trasporto nell'area di carico e la messa in opera del carroponete e delle valvole. La messa in opera delle travi del carroponete dal basso in alto attraverso la porta esistente è particolarmente complessa, e di dubbia fattibilità, dati gli ingombri delle strutture metalliche. Si richiederebbe nel caso di fissare degli ancoraggi per argani di sollevamento all'interno della soletta di copertura, per le operazioni di smontaggio / montaggio dei carroponete.

La variante B, realizzazione di un'apertura nella soletta di copertura in corrispondenza del settore tra il muro perimetrale e la trave sopra la condotta 3 (vedi **Figura 27**), risulta più favorevole in quanto permette sia il montaggio del carroponete dall'alto, con l'ausilio di un elicottero e di una gru di cantiere, sia un accesso diretto dall'alto nell'area di montaggio. Il vano nel soffitto sarebbe al massimo di dimensioni 3.45 m x 9.25 m.

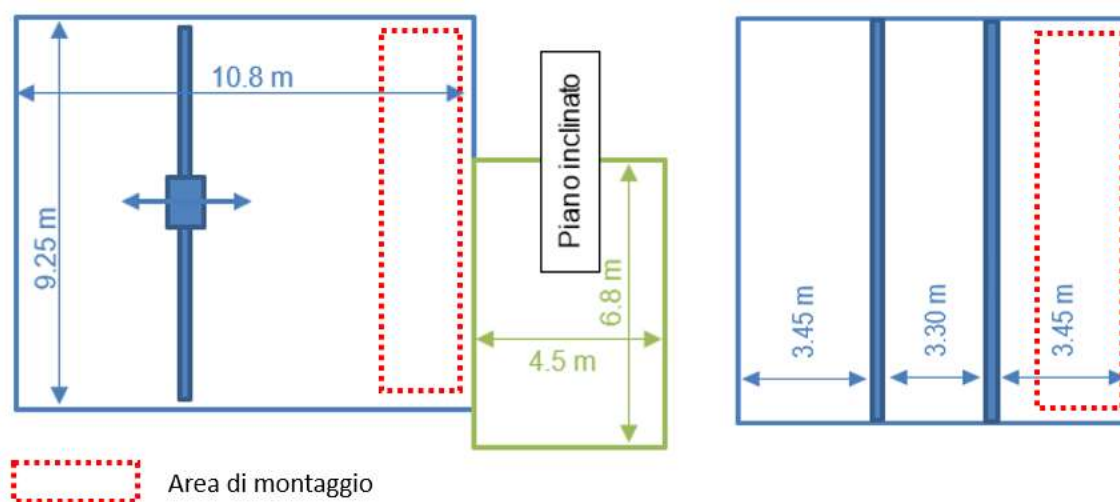


Figura 27: Piante della camera valvole, con direzione di movimento del carroponete (a sinistra), posizione dell'area di montaggio e delle travi nella soletta di copertura (a destra)

La variante C, demolizione e ricostruzione del tetto, è da considerare soprattutto nel caso che le condizioni di degrado della struttura di copertura e delle travi di corsa del carroponete risultino

ammalorate. Dal punto di vista dell'accessibilità all'interno della camera valvole, la variante C non è più favorevole della variante B, in quanto l'area di montaggio rimane la medesima.

12.3.3 *Rinnovo della camera valvole*

I lavori di rinnovo della camera valvole prevedono le seguenti fasi esecutive:

- 1) Installazioni di cantiere, gru e piani di lavoro,
- 2) risanamento dell'edificio,
- 3) rimozione e montaggio del carroponete,
- 4) montaggio delle nuove valvole.

Si nota che le fasi 1 e 2 possono essere eseguite con l'impianto in esercizio e prima del fermo impianto programmato, a condizione di proteggere adeguatamente le condotte e le valvole da possibili danneggiamenti tramite delle strutture di protezione provvisorie, in particolare per la caduta di detriti durante i lavori di demolizione.

Gli interventi di risanamento dell'edificio, in particolare delle zone esposte ad ammaloramenti e ad infiltrazioni d'acqua, saranno da stabilire a seguito dei risultati delle indagini strutturali. Qualora dalle indagini strutturali risultasse un ammaloramento importante del tetto, si dovrà adottare la variante A di demolizione e ricostruzione integrale, altrimenti si procederà a tagliare e demolire il settore del tetto specificato con un procedimento controllato, come previsto dalla variante B.

La travatura in cemento armato su cui sono posati i binari di scorrimento del carroponete presenta diversi interventi di riparazione: le vie di corsa verranno sostituite mentre un rinforzo della travatura sarà da valutare a seguito delle indagini strutturali. In funzione dell'estensione dei lavori, si dovrà montare un ponteggio all'interno della camera valvole.

In ogni caso per i lavori di risanamento si prevede l'ausilio della gru di cantiere e del piano inclinato per il trasporto dei materiali, o in alternativa dell'elicottero. La gru di cantiere sarà installata nella piazzola antecedente la camera valvole, a lato del blocco di ancoraggio della condotta forzata (dimensioni 3 x 3.15 m, vedi **Figura 28**).

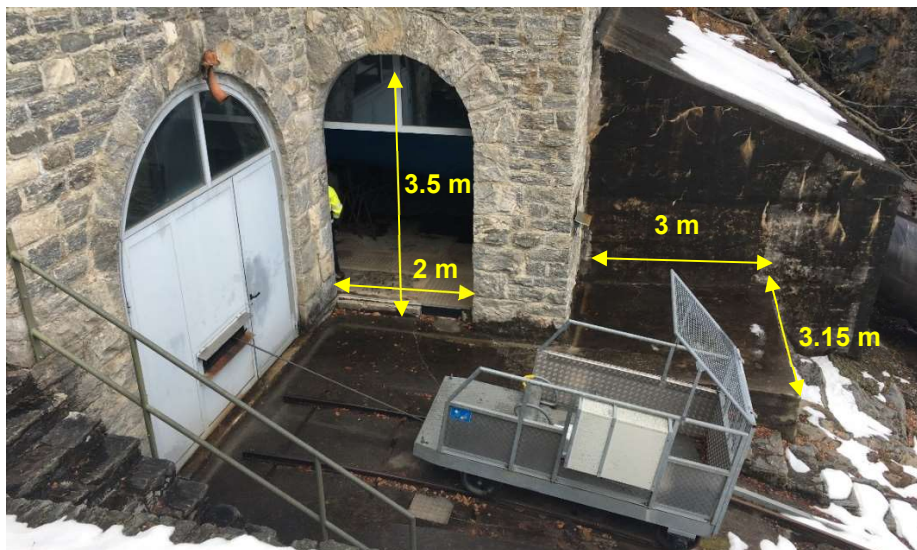


Figura 28: Piano inclinato e piazzola antecedente la camera valvole

Per quanto riguarda la rimozione del carro ponte esistente da 5 ton e delle valvole esistenti e il montaggio delle nuove apparecchiature, occorre predisporre una piattaforma di servizio nell'area di arrivo del piano inclinato, come area di carico /scarico dell'elicottero, di dimensioni circa 5 x 6 m, al livello del pavimento della camera valvole. La piattaforma temporanea dovrà sopportare il peso della valvola, che è superiore a 2 ton. Dato che tale piattaforma interferisce con il cavo di traino del carrello, si dovrà temporaneamente mettere fuori servizio il piano inclinato.

Il trasporto delle valvole all'interno dell'edificio (area di montaggio) sarebbe eseguito con l'ausilio di un carrello, in quanto la porta di ingresso ne consente il passaggio. In ogni caso conviene esaminare anche l'opzione che l'elicottero scarichi la valvola direttamente nell'area di montaggio attraverso l'apertura nel tetto.

Per il rinnovo della protezione anticorrosione interna delle condotte forzate si raccomanda di installare un tronco di condotta amovibile, nel tratto di condotta tra le valvole ed il muro lato valle, ovvero in corrispondenza delle valvole d'aria, per garantire un accesso ed una ventilazione adeguata della condotta. In questo modo durante i lavori di rinnovo, da svolgersi in fasi separate per le tre condotte, le due valvole di testa saranno chiuse ma le condotte potranno rimanere aperte a piena sezione all'estremità superiore. In alternativa bisognerà fare affidamento sui passi d'uomo esistenti, che però sono probabilmente troppo piccoli rispetto alle esigenze di cantiere.

12.4 Condotte forzate

Si accenna brevemente ai lavori previsti per la manutenzione delle condotte forzate, così come emerso dalle indagini visive e strumentali realizzate sulle condotte stesse; maggiori dettagli possono essere ricavati dai rapporti rif. da [12] a [16].

Le condotte, sia nella parte esposta che in quella inghisata in roccia (a monte della camera valvole), sono complessivamente in buono stato, dotate di sovrametallo sufficiente per garantire la vita utile di servizio prevista in futuro.

I punti che necessitano di un intervento sono:

- i punti fissi FPIVA delle condotte 1 e 2, in cui le condotte necessiterebbero di un rinforzo per limitare le tensioni indotte sulla camicia;
- l'intradosso inferiore della condotta 3;
- le lamiere di chiusura dei passi d'uomo delle condotte forzate 1 e 2.

Si raccomanda di rivestire il fondo della condotta 3 con una lamiera sacrificale. Tale provvedimento consentirà di arrestare il degrado della condotta e a preservare le sue caratteristiche di resistenza alle pressioni esterne

Per quanto riguarda le saldature, occorre prevedere controlli non distruttivi a spot sulle tre condotte, per consentire di soddisfare le verifiche di sicurezza richieste dagli standard relativi alle condotte forzate internazionalmente utilizzati in questo ambito.

Dal momento che le protezioni superficiali sono al limite della vita (a tratti praticamente inesistenti), l'intervento principale ne riguarda proprio il rifacimento, sia sulle superfici esterne che interne.

Occorre evidenziare che lo stato attuale di sollecitazione imposto dai gruppi esistenti è compatibile con l'esercizio delle condotte forzate; in particolare, i seguenti punti sono da considerare:

- il colpo d'ariete attuale in centrale è pari al 4%; con i gruppi futuri, AET ha comunicato un possibile incremento del colpo d'ariete in centrale fino al 10% del carico statico. In base a queste informazioni, le condotte sono state verificate anche per la condizione futura, ma occorrerà un'ulteriore verifica per confermare tale dato, dal momento che le caratteristiche dinamiche dei gruppi (turbina, generatore, scarico sincrono) influisce in maniera significativa sulla risposta dinamica del sistema idraulico;
- l'assetto vibratorio imposto dalle nuove macchine non dovrà essere più gravoso di quello attuale;
- le modalità di esercizio dell'impianto dovranno essere compatibili con lo stato tensionale delle condotte; una verifica preliminare a fatica è stata effettuata con risultati positivi, ma occorrerà comunque confermare le assunzioni con i futuri profili operativi.

12.5 Centrale Piottino

12.5.1 Valutazioni preliminari sullo stato di conservazione delle strutture

Come descritto nel cap. 7, l'edificio della centrale presenta un buono stato di conservazione, soprattutto nel corpo centrale che ospita i gruppi elettromeccanici e tutti i pilastri portanti dell'edificio, ad eccezione dei pilastri N°1 (nel lato sud-est), che sono fondati più in superfice ma che appaiono ben conservati.

La presenza di un evidente quadro fessurativo nell'ala nord-est della centrale, zona uffici e sala comando, è riferibile alle fondazioni più superficiali dell'ala rispetto al corpo centrale ed alle particolari condizioni geologiche del sito. L'assetto strutturale del fabbricato, nella zona di collegamento tra il corpo centrale e l'ala, è presentato nella **Figura 29**.

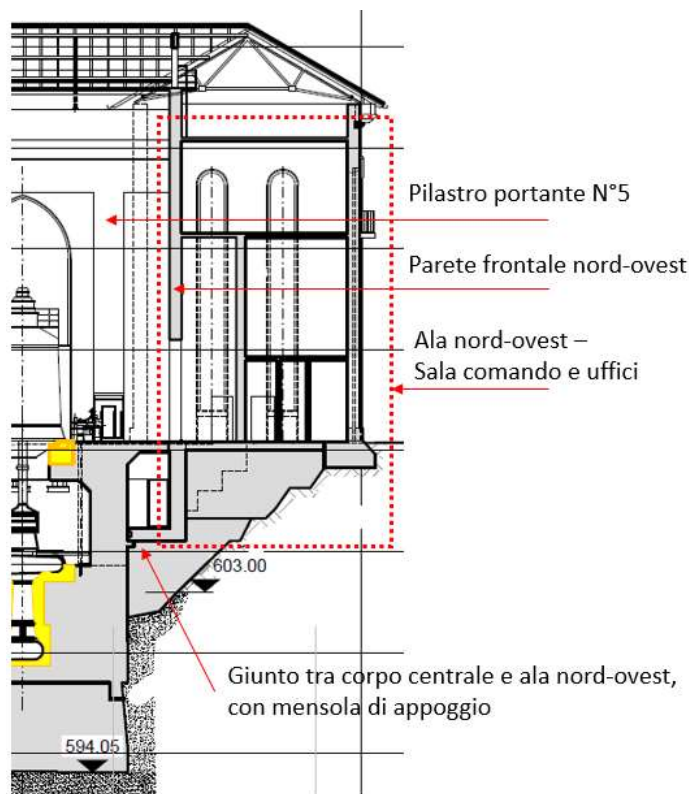


Figura 29: Assetto strutturale dell'ala nord-est della centrale

Si nota che la parete frontale nord-ovest della sala macchine è fondata su una fondazione in scarpata a quota intermedia, e su una mensola di appoggio connessa al corpo centrale, mentre la parete esterna nord -ovest ha una fondazione superficiale. Tale assetto strutturale delle fondazioni permette dei movimenti relativi tra il corpo centrale e l'ala, che sono dimostrati dal quadro fessurativo menzionato. E' probabile che le fessure siano scaturite in presenza di condizioni di carico particolari, ovvero durante i primi anni di esercizio, condizioni di innevamento storiche eccezionali o la costruzione delle pile dell'autostrada nelle vicinanze.

Dato che le aperture delle fessure ed i movimenti relativi tra le loro facce appaiono modesti, e constatato che le lesioni sono confinate nell'ala del fabbricato, è probabile che la situazione sia stabilizzata a distanza di 90 anni dalla costruzione. Lo stato fessurativo non desta dunque particolare preoccupazione.

Per quanto riguarda le altre parti dell'edificio, si conferma il giudizio positivo generale, ad eccezione di alcune singole parti che devono essere risanate o ricostruite, soprattutto all'aperto e negli scarichi della centrale: i ponticelli dei canali cavi, le camere di dissipazione degli scarichi sincroni, i rivestimenti dei condotti di aspirazione, le guide delle paratoie di intercettazione degli scarichi.

12.5.2 Rinnovo del fabbricato

Per quanto riguarda il tetto dell'edificio, data l'età ragguardevole della struttura si propone di procedere ad un rifacimento completo. Le analisi strutturali dell'edificio in condizioni sismiche dovranno accertare se modificare la struttura delle capriate, in particolare gli appoggi sui muri perimetrali e le controventature. L'intervento di rifacimento del tetto dovrà essere programmato in parallelo con l'eventuale sostituzione del carroponete di centrale.

L'esecuzione di eventuali interventi di risanamento delle murature dell'edificio sarà accertata nella campagna di indagini geotecniche e strutturali descritte nei cap. 9 e 10.

I pavimenti della sala macchine saranno rinnovati al termine dei lavori.

Il fabbricato sarà comunque oggetto di un intervento complessivo di riqualificazione energetica, che comprende il rifacimento di serramenti, rivestimenti, impianti di ventilazione e termoregolazione.

12.5.3 Sostituzione dei gruppi di produzione

Il progetto di rinnovo consiste, come detto, nella sostituzione integrale di tutte le apparecchiature idromeccaniche, elettromeccaniche ed elettriche dei tre gruppi di produzione della centrale Piottino.

Per limitare le perdite di produzione dovute ad un fermo impianto prolungato, AET intende sostituire i gruppi in fasi separate, un gruppo per anno, mantenendo in funzione i due gruppi adiacenti e, in linea di principio, conservando i diffusori esistenti.

Per quanto riguarda le apparecchiature idromeccaniche, valvole, turbine, condotte metalliche e blindaggi, le nuove forniture inizieranno nel giunto tra la condotta forzata e la valvola di macchina, e termineranno entro la sezione limite della paratoia di intercettazione, che è ubicata in una sezione intermedia del condotto di aspirazione della turbina Francis. Le opere a valle della paratoia, infatti, sono idraulicamente connesse alla camera di espansione e non possono essere isolate durante i lavori, se gli altri gruppi rimangono in funzione.

Le valvole sferiche di macchina con i rispettivi basamenti verranno sostituiti.

I tre gruppi turbina-generatore saranno sostituiti. Le chioccioline delle turbine sono inghisate nella metà inferiore nella fondazione in calcestruzzo, più precisamente nei getti di seconda fase. La rimozione delle turbine comporta la demolizione del calcestruzzo con metodi appropriati (taglio a filo diamantato, ecc.) in modo da non impedire la continuità di esercizio dei gruppi rimanenti, limitando l'immissione di vibrazioni dovute alle lavorazioni. Le demolizioni riguarderanno le porzioni di cemento armato circostanti alla turbina, allo scarico sincrono e, se necessario, al diffusore, evidenziate in giallo nella figura sottostante.

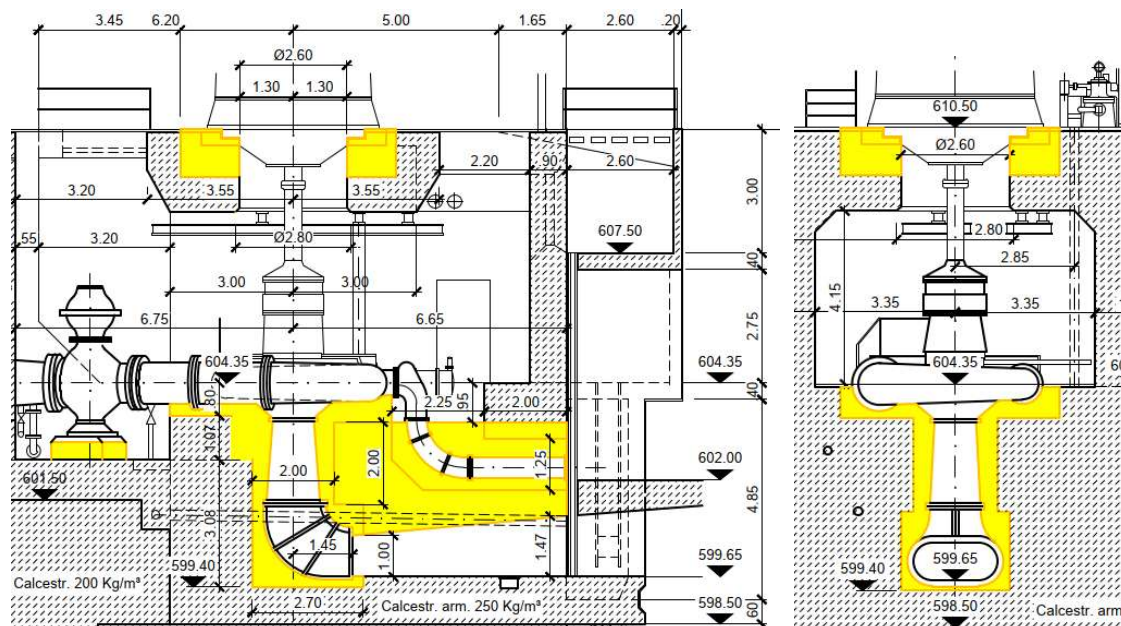


Figura 30: Sezioni con area da demolire

Si nota che il vano turbina è parzialmente nascosto rispetto all'area di lavoro del carroponete, a causa della presenza dei blocchi di fondazione dei generatori. Di conseguenza il trasporto dei pezzi più ingombranti della fornitura dovrà avvenire dapprima attraverso i vani delle valvole, tramite il carroponete principale, e poi in orizzontale nei vani turbina, con l'ausilio dell'argano montato sotto il blocco generatore.

L'eventuale demolizione e ricostruzione del diffusore (tra l'uscita della girante e lo sbocco nella camera di espansione) dovrà essere coordinata con il fornitore delle nuove turbine, dal momento che le caratteristiche fluidodinamiche delle macchine idrauliche sono fortemente influenzate da questo elemento.

Il progetto del nuovo scarico sincrono, che è un elemento essenziale per limitare il colpo d'ariete, e l'eventuale riconfigurazione del condotto di aspirazione, dovranno essere valutati con il costruttore delle nuove macchine.

Secondo una stima preliminare i volumi di cemento armato da demolire sono complessivamente intorno a 300 m³ (100 m³ per gruppo). La sostituzione dei generatori comporta la rimozione del cemento armato di fondazione, che è stimato complessivamente di circa 50 m³.

Per quanto riguarda il carroponete presente nella sala macchine, come pure per le vie di corsa, si raccomanda la sostituzione, dato che il macchinario è giunto al termine della vita utile. Nel caso si procedesse alla sostituzione del tetto, sarà opportuno approfittare dei lavori di risanamento per eseguire gli interventi di sostituzione del carroponete.

12.5.4 Lavori preliminari nella camera di espansione

Durante il prossimo fermo impianto pianificato per il 2023, si prevede di sostituire integralmente le paratoie di intercettazione dei condotti di aspirazione, incluse le relative guide, in modo che la sostituzione dei singoli gruppi avvenga successivamente con l'impianto in esercizio, sotto la protezione da valle delle nuove paratoie.

Le paratoie sono installate nel vano ubicato all'esterno della centrale, a filo della facciata esterna lato autostrada. Gli spazi di accesso al disotto del pavimento del vano sono molto stretti, dato che sono limitati alla larghezza delle guide. Inoltre, si osserva un'interferenza tra la paratoia del gruppo 2 ed il relativo canale cavi MT, che rende problematica la sua estrazione. D'altra parte, il percorso del canale cavi potrà essere modificato in occasione del rinnovo del gruppo.

I lavori di rinnovo durante il fermo impianto saranno estesi a tutte le opere in condizioni di degrado avanzato, come riscontrato nei recenti sopralluoghi:

- i rivestimenti dei tratti finali dei condotti di aspirazione, a valle delle paratoie,
- blindaggi, griglie di dissipazione, murature degradate ed opere accessorie dei vani di dissipazione degli scarichi sincroni. La rimozione di profilati e binari delle griglie metalliche dovrà essere eseguita obbligatoriamente da valle verso monte, per questioni di accessibilità;
- rifacimenti puntuali e giunti della camera di espansione

Si raccomanda di mantenere sotto controllo la fessura longitudinale a metà altezza del muro perimetrale principale della camera di espansione, lato nord-ovest, e di verificare lo stato degli appoggi delle travi portanti della copertura amovibile della camera stessa.

13. CRONOPROGRAMMA

Il cronoprogramma presentato nell'**Allegato C** è basato sulle scadenze attualmente programmate da AET per l'esecuzione dei lavori di rinnovo dell'impianto. I lavori di rinnovo sono distinti in tre categorie principali:

- lavori preliminari dell'inverno 2023;
- lavori di sostituzione dei gruppi elettromeccanici nel triennio 2025-2027;
- lavori di rinnovo del fabbricato della centrale Piottino, da svolgersi in linea di principio in parallelo alla sostituzione dei gruppi, anche se in parte possono precedere (rifacimento del tetto) o seguire (finiture interne) i lavori di sostituzione dei gruppi.

Nel cronoprogramma sono indicate le tempistiche per le attività di progettazione ed appalto dei singoli lavori principali, e sono evidenziate le date di delibera degli appalti secondo le informazioni ricevute dal cliente.

Le prime attività in ordine temporale riguardano l'esecuzione delle indagini geologiche e strutturali proposte nel presente studio, e l'inizio della redazione dei progetti di massima e dei progetti definitivi dei vari capitoli progettuali.

Per quanto riguarda i lavori del fermo impianto inverno 2023, essi sono attualmente ipotizzati su una finestra temporale di circa 4 mesi, che dovrà essere confermata dagli approfondimenti progettuali.

I lavori previsti nel 2023 comprendono:

- risanamento della galleria di adduzione – fase 2,
- risanamento pozzi di immissione, pozzo piezometrico e galleria di adduzione, tra il pozzo piezometrico ed il triforcato,
- risanamento ed event. sovrizzo della vasca superiore del pozzo piezometrico,
- rinnovo della camera valvole, e sostituzione del carro ponte e delle valvole a farfalla (sono previste due fasi di lavoro: la prima d'estate con l'impianto in esercizio, e la seconda d'inverno durante il fermo impianto),
- lavori nella camera di espansione: sostituzione paratoie di intercettazione e rifacimento gargami, rivestimento dei condotti di aspirazione, rifacimento dei vani di dissipazione degli scarichi sincroni, compresi blindaggi e griglie metalliche.

Il vincolo di protezione sull'edificio della centrale Piottino impone cautela nella valutazione dei tempi per l'evasione della domanda di costruzione.

14. STIMA DEI COSTI

In conformità con l'ambito ed il livello di approfondimento del presente studio, sono presentate nell'**Allegato D** le stime dei costi presunti dei lavori di genio civile di rinnovo delle seguenti opere dell'impianto Piottino:

- vasca superiore del pozzo piezometrico,
- camera valvole, incluso carroponte,
- centrale di produzione: sostituzione dei gruppi elettromeccanici, e lavori di rinnovo dell'edificio e degli scarichi delle turbine,
- centrale di produzione: sostituzione dei gruppi elettromeccanici, e lavori di rinnovo dell'edificio e degli scarichi delle turbine.

Nella stima dei costi di rinnovo si è ipotizzata una quota aggiuntiva pari al 20% del totale per installazioni di cantiere, ed una quota aggiuntiva del 20% per lavori diversi ed imprevisti.

Il riepilogo dei costi totali dei lavori di rinnovo delle opere esaminate, compresi i costi di progettazione e DL, è presentato nella **Tabella 7**.

Pos.	Descrizione	Costo [CHF]
1	Vasca superiore pozzo piezometrico	CHF 400'000
2	Camera valvole	CHF 460'000
3	Centrale Piottino	CHF 2'690'000
4	Scarichi della centrale	CHF 500'000
	Totale lavori	CHF 4'050'000
	Progettazione e direzioni lavori (7%)	CHF 290'000
	Totale (IVA escl.)	CHF 4'340'000

Tabella 7: Riepilogo della stima dei costi delle opere esaminate

Note

Le forniture idromeccaniche, elettromeccaniche ed elettriche dei lavori di rinnovo, dalle valvole a farfalla alla testa della condotta forzata fino alle paratoie di intercettazione dei condotti di aspirazione, sono escluse dalla stima; ad eccezione del carroponte della camera valvole.

Sono altresì esclusi:

- per la galleria di adduzione: i lavori di genio civile di risanamento del rivestimento della galleria di adduzione – fase 2; compresi il tratto di galleria iniziale dalla presa di Rodi al sifone Ticino incluso, i pozzi di immissione e le opere sotterranee dal pozzo piezometrico fino al triforcatore, dove inizia il blindaggio;
- per la condotta forzata: i lavori di rinnovo in progetto;
- per la centrale Piottino: il rifacimento del tetto della centrale; i lavori di artigiano (finiture, pavimenti, rivestimenti) e i lavori di miglioramento dell'efficienza energetica.

Insieme al rinnovo della camera a valvole e della vasca superiore del pozzo piezometrico, è previsto da AET il completamento del risanamento della galleria di adduzione, ed in particolare delle opere sotterranee comprese tra il pozzo piezometrico e la camera valvole.

Trattasi della camera inferiore del pozzo piezometrico e del tratto di galleria compreso tra il pozzo piezometrico ed il triforcato della camera valvole, dove inizia il tratto blindato.

La recente ispezione ha evidenziato un dilavamento accentuato del fondo della galleria, e condizioni relativamente buone della camera inferiore.

Il costo del risanamento delle opere sotterranee menzionate è stimato in prima approssimazione di ca. 150'000.-CHF, in riferimento al consuntivo dei lavori di prima fase di risanamento della galleria svolti nell'inverno 2021.

Il risanamento delle opere menzionate sarà eseguito nell'ambito dei lavori di risanamento della galleria di adduzione - fase 2.

15. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Il rinnovo dell'impianto Piottino comprende interventi di manutenzione straordinaria ed in parte di modifica strutturale, che sono esaminati nel rapporto per le seguenti opere:

- il pozzo piezometrico, ed in particolare la vasca superiore all'aperto,
- la camera valvole, dove si prevede la sostituzione delle valvole a farfalla e del carro ponte,
- la centrale Piottino, per la quale si prevede il rinnovo integrale di gruppi di produzione ed il rinnovo dell'edificio storico attuale,
- gli scarichi della centrale, fino alla camera di espansione interrata.

Nell'ambito dello studio si sono svolti ripetuti sopralluoghi alle opere oggetto di rinnovo ed ispezioni visive delle condizioni attuali delle murature, insieme alla raccolta della documentazione disponibile delle opere. A seguito delle ispezioni sono state individuate le zone di particolare degrado delle murature, ovvero la presenza di lesioni, armature scoperte e/o interventi precedenti di riparazione.

Per tutte le strutture, comprese la vasca superiore e la camera valvole, si propone una campagna di indagine con carotaggi del calcestruzzo ed indagini di tipo non distruttivo. In particolare, per il fabbricato della centrale si sono svolti approfondimenti sulle condizioni geologiche del sito e si propone una campagna di indagini geotecniche.

In linea generale si è potuto comunque valutare che le opere sono caratterizzate da condizioni di conservazione discrete, tali da consentire una prosecuzione dell'esercizio a medio-lungo termine, a condizione che si eseguano gli opportuni interventi di manutenzione straordinaria. In sintesi, gli interventi di rinnovo sono di seguito descritti.

Per la vasca superiore del pozzo piezometrico si prevede il rifacimento del fondo della vasca, che è alquanto deteriorato, ed il rivestimento delle pareti con uno strato di protezione di calcestruzzo spruzzato o, in alternativa, di un manto sintetico impermeabile.

Per la camera valvole si prevedono interventi localizzati di ripristino dello strato superficiale di calcestruzzo e del copriferro nei muri perimetrali, ed un eventuale intervento più impegnativo di rifacimento completo della soletta di copertura e di rinforzo delle travi del carro ponte, da valutare sulla base del programma di indagini non distruttive e di carotaggi del calcestruzzo proposto.

L'edificio della centrale Piottino presenta un buon stato di conservazione nel blocco centrale, dove sono installati i gruppi di produzione che dovranno essere sostituiti integralmente.

Vi sono d'altra parte delle aree soggette probabilmente a cedimenti differenziali delle fondazioni, come l'ala nord-ovest dell'edificio, dove è osservabile un quadro fessurativo piuttosto rilevante. Di conseguenza anche se la valutazione attuale sulle condizioni di conservazione dell'edificio è nel complesso positiva, si propone comunque di eseguire dei sondaggi geotecnici per una migliore conoscenza delle caratteristiche meccaniche dei terreni, considerate le particolari condizioni di fondazione dell'edificio.

Gli scarichi della centrale presentano condizioni di degrado localizzate nelle aree più sollecitate dal punto di vista idraulico, come i condotti di aspirazione ed i vani di dissipazione degli scarichi sincroni. Si prevede in tali aree il rifacimento dei rivestimenti e la ricostruzione delle parti deteriorate delle murature e delle strutture metalliche, quali i blindaggi e le griglie di dissipazione idraulica.

Si suggerisce inoltre di mantenere l'opportunità che il progetto di rinnovo dei condotti di aspirazione sia esteso fino alla camera di espansione, lasciando al fornitore della turbina la possibilità di procedere a risagomare i condotti di aspirazione, in modo tale da poter ottimizzare il progetto idraulico, i rendimenti e la redditività dell'impianto rinnovato.

Per quanto riguarda i temi delle procedure di carattere ambientale e della sicurezza sul lavoro da svolgersi nel quadro degli interventi di rinnovo, essi sono esposti nel rapporto a livello preliminare.

Il programma dei lavori si sviluppa in riferimento a due fasi ben distinte:

- i lavori preliminari durante il fermo impianto dell'inverno del 2023, su un arco temporale stimato di 4 mesi, dove si procederà tra gli altri al rinnovo della camera valvole ed alla sostituzione delle paratoie di intercettazione degli scarichi della centrale, insieme ai lavori di 2a fase di rifacimento dei rivestimenti della galleria di adduzione;
- i lavori principali di sostituzione dei gruppi di produzione, che si svolgeranno nel triennio 2025-2027, nell'ipotesi di procedere alla sostituzione di un gruppo per anno e mantenere la continuità di esercizio della centrale. Insieme alla sostituzione dei gruppi si eseguirà il rinnovo dell'edificio storico, compresi il rifacimento del tetto e la riqualificazione energetica della costruzione.

L'intervento più favorevole risulta essere la sostituzione dei gruppi senza modifiche ai diffusori delle turbine. Nel caso risultasse necessario procedere a risagomare i condotti di aspirazione e a modificare la geometria delle paratoie di intercettazione, sulla base del progetto del fornitore della turbina, il programma dei lavori sarebbe differente, perché si dovrebbe procedere ad un fermo impianto prolungato all'interno dei lavori principali di sostituzione dei gruppi per agevolare le lavorazioni dalla camera di espansione.

I costi di preventivo di larga massima dei lavori di genio civile esaminati sono di circa 4 mio CHF.

Per quanto riguarda le analisi numeriche da svolgersi nella prossima fase progettuale si evidenziano:

- le analisi dei fenomeni transitori nel sistema di adduzione, in riferimento alle caratteristiche dinamiche dei nuovi gruppi, e la verifica della sicurezza idraulica della vasca superiore del pozzo piezometrico,
- le analisi strutturali sull'edificio della centrale in condizioni statiche e sismiche, sulla base delle caratteristiche meccaniche delle fondazioni e delle murature, e delle azioni provenienti dai gruppi, le analisi strutturali sull'edificio della camera valvole, ed in particolare le travi del carro ponte e la soletta di copertura, comprese le modifiche di progetto dell'edificio ed i carichi temporanei durante i montaggi.

Bellinzona-Giubiasco, 11.06.2021

Lombardi SA, Ingegneri Consulenti

ALLEGATO A

Elenco dei disegni dell'impianto

L'elenco dei disegni di progetto è ordinato per blocchi omogenei in relazione alle parti d'opera partendo dall'opera più a monte interessata dallo progetto di massima. I piani della presa e del bacino di Rodi, della condotta di adduzione così come delle opere di presa laterali non vengono incluse in questo elenco, in quanto in direttamente legate allo studio in questione. Parimenti non vengono inclusi in questo elenco tutti i piani a valle dello scarico della centrale del Piottino a partire dal bacino di Nivo incluso, ad eccezione dalla documentazione riguardante la galleria di adduzione Nivo – Val D'Ambra utile per l'interpretazione della situazione geologica.

In alcuni piani non è stato possibile determinare l'anno di realizzazione. È però possibile situarli cronologicamente nel periodo 1928-1935. Per questi piani si è sostituito l'anno con la demarcazione (1) nella seguente tabella.

Nr. Piano AET		Anno	Descrizione
Scatola	Nr.		
Pozzo piezometrico			
		1975	Pianta e sezioni
		1932	Pozzo piezometrico e vasca di carico inferiore, 1:100
5	22	1933	Tampone d'innesto delle tubazioni, 1:100/50
27	03	1974	Mod. impianto Piottino, Situazione E, Sezioni, 1:100
27	04	1974	Mod. impianto Piottino, Variazioni livelli chiusura turbine
27	05	1975	Mod. impianto Piottino, Liv. massimi in caso di chiusura macchine
Camera delle valvole			
28	02	1933	Armature del tetto e delle travi di scorrimento della gru, 1:50/20
28	03	1933	Dettaglio del tetto, 1:10
28	04	1930	Porte e finestre della camera delle valvole, 1:20
28	06	1930	Dettagli delle porte, 1:20
28	13	1956	Blocchi di fondazione esistenti, 1:50
29	02	1929	Drosselklappe
Condotta forzata			
30 a	81	2004	Risanamento supporti, indagini preliminari, planimetria, 1:500
30 a	82	2004	Risanamento supporti, indagini preliminari, profilo longitudinale, tratta punto fisso I-III 1:200
30 a	83	2004	Risanamento supporti, indagini preliminari, profilo longitudinale, tratta punto fisso III-centrale 1:200

Nr. Piano AET		Anno	Descrizione
Scatola	Nr.		
			Planimetria generale della condotta forzata e della centrale
			La vasca di carico e la condotta forzata, profilo longitudinale
Centrale Piottino			
32	02	(1)	Fondazioni sotto quota 604, armatura, 1:50
32	04	(1)	Armatura sotto quota 604.35, 1:50
32	05	1930	Canale di scarico, 1:50
32	06	1930	Canale di scarico, armatura sotto la platea, 1:50
32	07	(1)	Armatura della parte della centrale verso monte, 1:50
32	08	(1)	Muri d'ala a valle dello sbocco turbine, 1:100
32	14	(1)	Centrale, pareti fino quota 608, 1:50
32	19	1930	Platea e muri d'ambito allo sbocco delle turbine, 1:50
32	22	1930	Pavimenti sala macchine, Armatura, 1:50
32	23	(1)	Armatura fondazioni dell'ala sinistra della sala macchine, 1:50
32	28	1930	Armature allo sbocco delle turbine, 1:50
33	30	1930	Corridoio longitudinale a quota 607.50, 1:10/20/50
33	48	1932	Centrale, Fondazioni ala destra, 1:100
33	49	1932	Centrale, Fondazioni ala sinistra, 1:100
33	52	1932(?)	Centrale, fondazioni sala macchine 1:100
33	53	1932	Canale di scarico, opere allo sbocco delle turbine, 1:100
33	54	1932	Canale di scarico, tubo in calcestruzzo armato, 1:100
33	55	1932	Canale di scarico, opere allo sbocco del canale, 1:100
33	56	1932	Centrale, fondazioni sotto quota 602.0, 1:100
34	01	(1)	Aspiratori delle turbine
34	04	1932	Tubi d'aspirazione all'esterno della centrale, 1:50
34	06	1930	Rohrleitungsplan, 1:20
35	10	1930	Pianta alla quota 617.0, 1:50
35	38	1931	Officina, incavi per la fissazione della gru, 1:20
35	44	1930(?)	Pianta alla quota 612.0, 1:50
35	45	1932	Pianta alla quota 622.0, 1:50

Nr. Piano AET		Anno	Descrizione
Scatola	Nr.		
35	47	1932	Sezione trasversale della sala macchine, 1:50
35	51	1932	Sezione longitudinale, 1:50
36	02	1932(?)	Centrale, fondazioni sala macchine 1:100
36	03	1956	Centrale, turbina 3, tubo d'aspirazione, 1:20/50
36	07	1956	Centrale, saracinesca condotta forzata, 1:25
36	09	1956	Turbina 3, tubo d'aspirazione, 1:5/20
36	10	1956	Centrale, ricostruzione della fondazione della turbina, 1:50
36	12	1956	Disposizione dei canali di ventilazione del gruppo 3, 1:20
36	13	1956	Camere degli apparecchi, gruppo 3, 1:20
36	14	1956	Ancoraggi nelle pareti e sul pavimento, gruppo 3, 1:20
36	16	1957	Armatura dei canali di ventilazione del gruppo 3, 1:20
36	18	1956	Disposizione delle camere degli apparecchi, Gruppo 3, 1:20
36	34	1957	Camere laterali, fondazioni e pavimenti, 1:50
37	01	1930	Armatura pilastri, 1:20/50
37	02	1930	Travi di sostegno della gru, 1:50
37	03	1930	Travi di scarico sopra i finestrini, 1:20/50
37	26	1930	Disposizione dei canali di ventilazione dei generatori 1 e 2, 1:20
37	27	1930	Armatura dei canali di ventilazione dei generatori 1 e 2, 1:20
37	29	(1)	Disposizione dei canali di ventilazione e dei cavi di comando, 1:50
38	01	2008	Kugelschieber NW 1000, 1:5
38	18	1973	Flanschverbindung, Kugelschieber NW 1000, 1:5/10
38	20	1973	Fundamentplan, Kugelschieber NW 1000, 1:5
39	02	1956	Gehäuse Drehschieber, 1:5/10
39	16	1956	Fundamentplan Drehschieber, 1:10
40	01	1940/49	Coupe verticale d'une turbine Francis, 1:5
40	02	1930	Vue en plan d'une turbine Francis, 1:10
42	01	1957	Ensemble d'une turbine, coupe verticale, 1:5
49	01		Generator, Aufriss
51	03	1957	Fundamentplan Generator, 1:25

Nr. Piano AET		Anno	Descrizione
Scatola	Nr.		
62	02	1998	Situazione generale, Planimetria 1:1000
62	10	1979	Canali cavi 8 kV parte coperti prefabbricati, 1:5/10/20/50
Galleria d'adduzione Nivo-Val D'Ambra			
		1964	Galleria d'adduzione Nivo-Val D'Ambra, tratto in materiale sciolto, planimetria 1:500
		1964	Galleria d'adduzione Nivo-Val D'Ambra, tratto in materiale sciolto, profilo longitudinale, situazione geologica, 1:200

ALLEGATO B

Disegni di progetto

Elenco dei disegni di progetto

Piano	Dis. N°	Scala
Rinnovo Centrale – Pianta a quota 612.00 m s.l.m.	2019.0754.002-P-101	1:100
Rinnovo Centrale – Pianta a quota 617.00 m s.l.m.	2019.0754.002-P-102	1:100
Rinnovo Centrale – Pianta a quota 622.00 m s.l.m.	2019.0754.002-P-103	1:100
Rinnovo Centrale – Sezione longitudinale A-A	2019.0754.002-P-104	1:100
Rinnovo Centrale – Sezione trasversale B-B	2019.0754.002-P-105	1:100
Rinnovo Centrale – Fondazione sala macchine (piante)	2019.0754.002-P-106	1:100
Rinnovo Centrale – Fondazione sala macchine (sezioni)	2019.0754.002-P-107	1:100
Rinnovo Camera valvole – Planimetria generale	2019.0754.002-P-201	1:100
Rinnovo Camera valvole – Pianta, sezione e dettaglio blocchi di fondazione	2019.0754.002-P-202	1:25 - 1:50
Vasca di carico – Pianta	2019.0754.002-P-301	1:100
Vasca superiore pozzo piezometrico – Sezioni	2019.0754.002-P-302	1:100
Geologia – Planimetria generale	2019.0754.002-P-401	1:500
Geologia – Sezioni	2019.0754.002-P-402	1:250

ALLEGATO C

Cronoprogramma

ALLEGATO D

Stima dei costi

Elenco delle tabelle di stima di costi:

- vasca superiore del pozzo piezometrico (**Tabella D.1**),
- camera valvole, incluso carroponte (**Tabella D.2**),
- centrale di produzione: sostituzione dei gruppi elettromeccanici, e lavori di rinnovo dell'edificio (**Tabella D.3**),
- centrale di produzione: lavori di risanamento degli scarichi delle turbine (**Tabella D.4**).

Dettaglio dei costi delle indagini geotecniche e strutturali (**Tabella D.5**)

Pos.	Descrizione	Quantità	Unità	Prezzo unitario [CHF]	Costo [CHF]
1.1	Risanamento fondo vasca				CHF 68'000
1.1.1	Idroscarifica	400	m ²	50	CHF 20'000
1.1.2	Malta di rivestimento	400	m ²	120	CHF 48'000
1.2	Risanamento muro perimetrale				CHF 175'500
1.2.1	Ponteggi	1350	m ²	20	CHF 27'000
1.2.2	Idroscarifica (lato interno ed esterno)	1350	m ²	50	CHF 67'500
1.2.3	Malta di rivestimento (lato interno ed esterno)	1350	m ²	60	CHF 81'000
1.3	Innalzamento della vasca (ipotesi 40 cm)				CHF 29'000
1.3.1	Idroscarifica	60	m ²	50	CHF 3'000
1.3.2	Casseratura	130	m ²	60	CHF 7'800
1.3.3	Armatura 60kg/m ³	1380	kg	2	CHF 2'760
1.3.4	Perforazioni e barre armatura Ø 20/m'	80	m ²	80	CHF 6'400
1.3.5	Calcestruzzo	23	m ³	350	CHF 8'050
	Installazione cantiere	20	%		CHF 60'000
	Totale parziale				CHF 333'000
	Diversi e imprevisti	20	%		CHF 67'000
	Totale (IVA escl.)				CHF 400'000

Tabella D.1: Stima dei costi per il rinnovo della vasca superiore del pozzo piezometrico

Pos.	Descrizione	Quantità	Unità	Prezzo unitario [CHF]	Costo [CHF]
2	Camera valvole				CHF 310'000
2.1	Lavori di risanamento delle murature	1	gl	40'000	CHF 40'000
2.2	Demolizione parziale soletta di copertura e realizzazione apertura nel tetto	1	gl	30'000	CHF 30'000
2.3	Rifacimento impermeabilizzazione tetto	1	gl	20'000	CHF 20'000
2.4	Ponteggi, piattaforme e opere di protezione all'interno della camera valvole	1	gl	30'000	CHF 30'000
2.5	Gru di cantiere temporanea	1	gl	50'000	CHF 50'000
2.6	Trasporto apparecchiature in opera (fornitura a parte)	1	gl	40'000	CHF 40'000
2.7	Nuovo carroponete e vie di corsa	1	gl	100'000	CHF 100'000
	Installazione cantiere	20	%		CHF 70'000
	Totale parziale				CHF 380'000
	Diversi e imprevisti	20	%		CHF 80'000
	Totale (IVA escl.)				CHF 460'000

Tabella D.2: Stima dei costi per il rinnovo della camera valvole

Pos.	Descrizione	Quantità	Unità	Prezzo unitario [CHF]	Costo [CHF]
3	Centrale Piottino				CHF 1'860'000
3.1	Turbine e scarichi sincroni: demolizione, cassetatura, armatura e nuovo getto	130	m ³	3'500	CHF 455'000
3.2	Diffusori: demolizione e ricostruzione blindaggi e murature (esclusa fornitura e posa dei blindaggi)	180	m ³	3'500	CHF 630'000
3.3	Generatori: demolizione, cassetatura, armatura e nuovo getto	50	m ³	3'500	CHF 175'000
3.4	Lavori diversi: vie di corsa carroponte, appoggi valvole sferiche, canali cavi, ecc.	1	gl	200'000	CHF 200'000
3.5	Risanamento murature centrale e rinforzi strutturali	1	gl	400'000	CHF 400'000
	Installazione cantiere (comprese installazioni temporanee per protezione gruppi in esercizio)	20	%		CHF 380'000
	Totale parziale				CHF 2'240'000
	Diversi e imprevisti	20	%		CHF 450'000
	Totale (IVA escl.)				CHF 2'690'000

Tabella D.3: Stima dei costi per il rinnovo della centrale Piottino

Pos.	Descrizione	Quantità	Unità	Prezzo unitario [CHF]	Costo [CHF]
4.1	Risanamento condotti di aspirazione a valle delle paratoie				CHF 23'000
4.1.1	Idroscarifica	45	m ²	200	CHF 9'000
4.1.2	Malta di rivestimento	45	m ²	300	CHF 13'500
4.2	Risanamento vani di dissipazione scarichi sincroni				CHF 216'000
4.2.1	Idroscarifica	185	m ²	200	CHF 37'000
4.2.2	Malta di rivestimento	185	m ²	100	CHF 18'500
4.2.3	Rimozione e sostituzione blindaggi 5 mm	1	gl	80'000	CHF 80'000
4.2.4	Rimozione e sostituzione rotaie - grigliato	1	gl	80'000	CHF 80'000
4.3	Risanamento solette				CHF 70'000
4.3.1	Soletta vano paratoie: demolizione, cassetatura, armatura e nuovo getto	10	m ³	3'500	CHF 35'000
4.3.2	Soletta vani di dissipazione scarichi sincroni: demolizione, cassetatura, armatura e nuovo getto	10	m ³	3'500	CHF 35'000
4.4	Risanamento murature camera di espansione				CHF 40'000
4.4.1	Irruvimento calcestruzzo + malta di rivestimento	1	gl	40'000	CHF 40'000
	Installazione cantiere	20	%		CHF 60'000
	Totale parziale				CHF 420'000
	Diversi e imprevisti	20	%		CHF 80'000
	Totale (IVA escl.)				CHF 500'000

Tabella D.4: Stima dei costi per il risanamento degli scarichi della centrale

Posizione	Descrizione	Quantità	Unità	Prezzo unitario [CHF]	Costo [CHF]
1	Indagini sui materiali				31'220.-
1.1	Prove pacometriche	32	m ²	150	4'800.-
1.2	Scarifica e ripristino	6	m ²	400	2'400.-
1.3	Prove SONREB	36	N.	200	7'200.-
1.4	Prove ad estrazione pull-out	4	N.	100	400.-
1.5	Carotaggi DN100	39	ml.	180	7'020.-
1.6	Test colorimetrico per la carbonatazione in situ	26	N.	50	1'300.-
1.7	Prove di laboratorio: peso, volume, resistenza a compressione	24	N.	100	2'400.-
1.8	Prove di laboratorio: modulo di elasticità	14	N.	200	2'520.-
1.9	Prove di laboratorio: acciaio	9	N.	300	2'700.-
1.10	Prove di laboratorio: penetrazione cloruri	4	N.	120	480.-
2	Indagini geotecniche				34'950.-
2.1	Sondaggio	90	ml.	300	27'000.-
2.2	Test di laboratorio: granulometria	3	N.	330	990.-
2.3	Test di laboratorio: Atterberg	3	N.	260	780.-
2.4	Test di laboratorio: densità	3	N.	60	180.-
2.5	Test di laboratorio: deformabilità	3	N.	700	2'100.-
2.6	Test di laboratorio: taglio diretto	3	N.	550	1'650.-
2.7	Test di laboratorio: permeabilità	3	N.	350	1'050.-
2.8	Test di laboratorio: permeabilità (Lefranc)	3	N.	400	1'200.-
3	Indagini materiali pericolosi				21'000.-
3.1	Analisi amianto	1	N.	2'000.-	2'000.-
3.2	Analisi PCB	1	N.	4'000.-	4'000.-
3.3	Analisi metalli	1	N.	4'000.-	4'000.-
3.4	Analisi IPA	1	N.	4'000.-	4'000.-
3.5	Presa campioni e allestimento perizia	1	N.	7'000.-	7'000.-
Totale indagini (IVA escl.)					87'170.-

Tabella D.5: Stima dei costi delle indagini geotecniche e strutturali