

DISMISSIONE DELLA DIGA DI BUNNARI BASSO E PROGETTAZIONE DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA CONNESSE

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

MANDATARIA:

 **Lombardi**

Lombardi Ingegneria S.r.l.
Ing. Carlo SILVESTRI

MANDANTI:

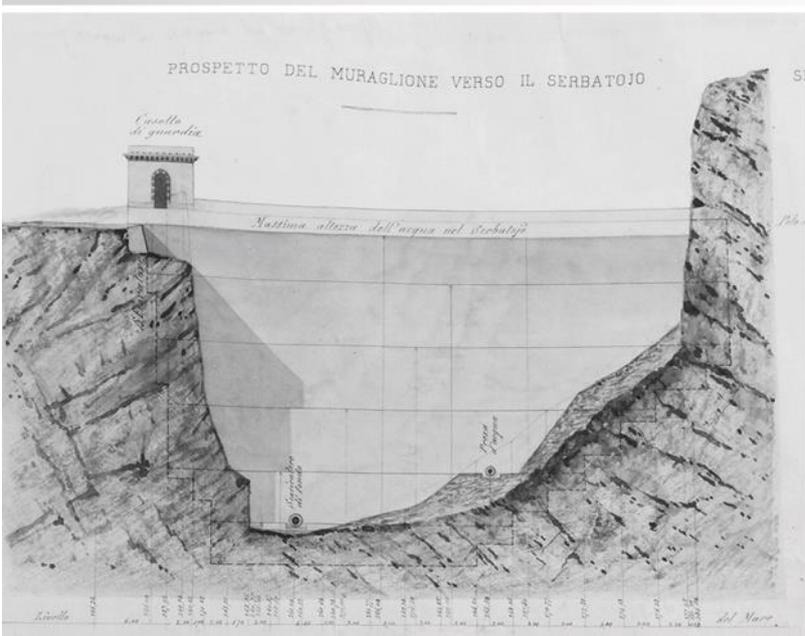
 **TECENTAL**

 **Metassociati**
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**

Lombardi SA Ingegneri Consulenti

Archeologo N. FADDA



RESTAURO DEL MURAGLIONE, DEGLI EDIFICI FILTRI E DEL SIFONE

Relazione descrittiva dello stato di consistenza e degli interventi di
restauro

2020_0275_002_RST_R001_0



COMUNE DI SASSARI

SETTORE LAVORI PUBBLICI E MANUTENZIONE
DEL PATRIMONIO COMUNALE

DISMISSIONE DELLA DIGA DI BUNNARI BASSO E PROGETTAZIONE DELLE OPERE
DI SISTEMAZIONE IDRAULICA CONNESSE
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

0	13.08.2021	Versione iniziale	C.Frongia	R.Barracu	C. Silvestri
Versione	Data	Modifica	Redatto	Verificato	Approvato

MANDATARIA:

MANDANTI:

 **Lombardi**

Lombardi Ingegneria S.r.l.

 **ESSENTIAL**

 **Metassociati**
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**

Lombardi SA Ingegneri Consulenti

ARCHEOLOGO
N. FADDA



Indice

1	INQUADRAMENTO STORICO	1
2	ANALISI SULLO STATO DI CONSERVAZIONE DEI MANUFATTI	6
2.1	La diga	6
2.2	L'edificio filtri	6
2.3	Manufatto d'ingresso (Sifone)	7
3	IPOTESI DI PROGETTO	12

MANDATARIA:

MANDANTI:

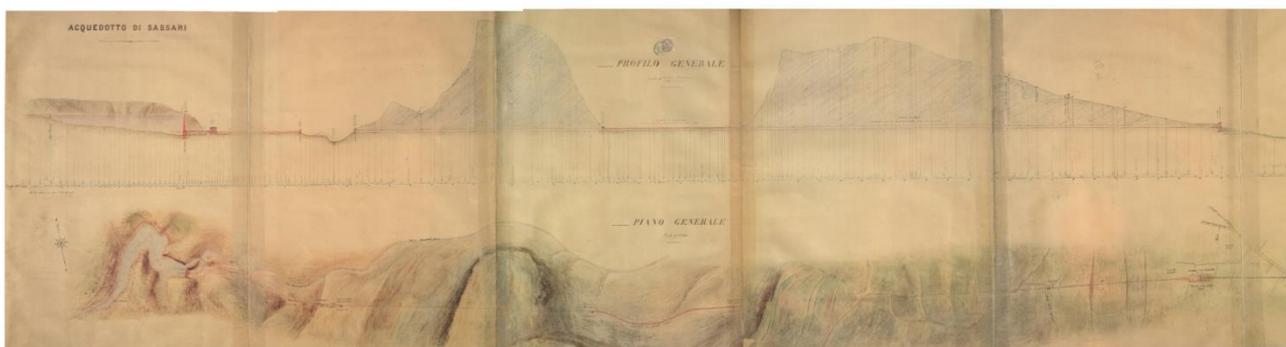


1 INQUADRAMENTO STORICO

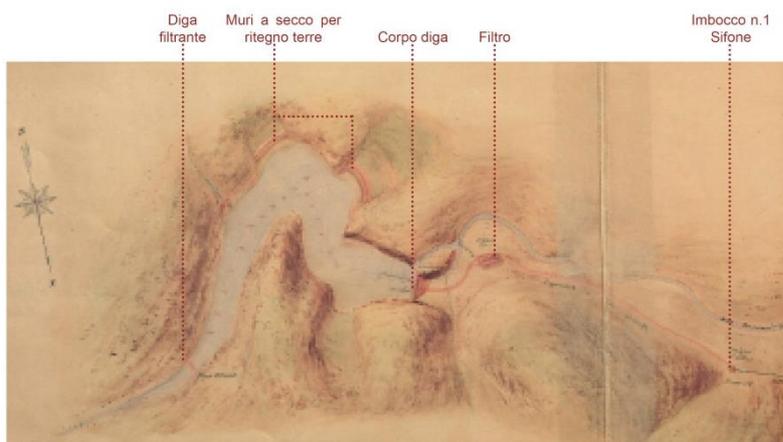
Il XIX secolo fu per Sassari un periodo di grande sviluppo economico e demografico. Le nuove esigenze abitative portarono ad un mutamento della forma della città, che sino ad allora era contenuta all'interno della cinta muraria. In particolare negli anni '30 dell'Ottocento la nuova espansione della città di Sassari si concentrò sul settore posto a sud-est rispetto al nucleo medioevale, su un progetto elaborato dagli ingegneri Enrico Marchesi e Giuseppe Cominotti, che solo in parte venne realizzato. La seconda metà dell'Ottocento fu caratterizzata dalla costruzione di importanti infrastrutture quali la ferrovia e un nuovo acquedotto e numerosi palazzi istituzionali come ad il Palazzo del Governo (1872). L'aumento della popolazione influenzò negativamente le condizioni igienico sanitarie della città, che culminarono nel 1855, con l'epidemia di colera, che portò alla morte in due settimane di 6000 cittadini.¹

Le condizioni di insalubrità che caratterizzavano l'abitato di Sassari erano in parte riconducibili alla scarsità di risorse idriche in città, che sino al 1880 era garantita in buona parte dai cosiddetti "carrajoli", che a dorso d'asino trasportavano l'acqua dalle fonti.

Il problema dell'approvvigionamento idrico della città di Sassari venne affrontato attraverso la costruzione dello sbarramento di Bunnari bassa, e trovò attraverso quest'opera parziale risposta alle esigenze del



Planimetria e profilo - Progetto Fumagalli - Ferrero 1874



Dettaglio - Progetto Fumagalli - Ferrero 1874

Figura 1 - Cartografia storica relativa al progetto dell'ing. Ferrero (1874)

¹ *Dizionario storico-geografico dei comuni della Sardegna, Sassari, C. Delfino, 2006, pp. 1746–1747.*



settore agricolo e industriale.

Nello 1858 il Consiglio Comunale stanziò L. 1000 per uno studio finalizzato alla risoluzione del problema idrico della città. L'incarico fu dato al Capitano Enrico Parodi, Direttore del genio Militare a Sassari. Dallo studio del Cap. Parodi emerse che le acque di Bunnari sotto il profilo quantitativo e qualitativo fossero sufficienti a soddisfare il fabbisogno idrico della città. Il progetto del Cap. Parodi prevedeva la costruzione di una galleria sino a "Mulino a vento" per poi attraverso una condotta portare l'acqua sino a piazza Castello. Tuttavia il progetto non proseguì oltre e venne accantonato. Un secondo progetto fu presentato dall'ingegnere francese Fortunato Roux nel 1862 che prevedeva anch'esso una galleria sino alla località di Mulino, dove si doveva realizzare un grosso bacino dal quale si diramava la condotta principale che portata all'area urbana. Il progetto del Roux, finanziato dal Ballerydier venne approvato dal Comune e presto iniziarono i lavori di costruzione, che a causa di difficoltà finanziarie procedettero a rilento. Nel 1865 la ditta Roux Balleydier cedette l'acquedotto alla società Kuighit e C. di Londra. Quest'ultima non rispettò gli obblighi di contratto e venne fatta decadere nel 1868.²

Il Comune acquisì ulteriori progetti tra il 1868 e il 1873, simili ai precedenti. Tra le proposte esaminate, il Comune approvò il progetto presentato dalla ditta Fratelli Fumagalli di Milano, che prevedeva di portare l'acqua in città mediante un sistema di gallerie e di supplire in caso di necessità con un bacino artificiale di

Ortofoto google satellite 2021



Figura 2 - Inquadramento dell'area di progetto prossima alla diga

² Salvatore Manconi, *Una storia d'acqua : Sassari 1880, Sassari, Soter editrice, 1989, pp. 22–26.*



acque derivate dalle alture di Osilo. Il Comune, nell'accettare la proposta, richiese di aumentare la portata proposta da 15 litri al minuto sino a 25 litri al minuto, a seguito della costruzione del bacino artificiale. Lo studio dell'acquedotto venne affidato all'ing. Luigi Ferrero di Torino, che evidenziò lo scarso apporto idrico delle sorgenti di Bunnari, e la conseguente necessità di costruire il bacino artificiale come opera principale e non come elemento accessorio. La relazione dell'ing. Ferrero venne esposta al Consiglio Comunale il 10 aprile 1874, a seguito di numerosi sopralluoghi durante i quali aveva individuato l'esistenza di due bacini naturali su terreni trachitici funzionali all'opera da realizzarsi. Il progetto venne approvato dalla Commissione Comunale, nonostante aspre contestazioni. Oltre alla "robusta diga" venne costruito un sistema di gallerie e sifoni che conduce l'acqua presso l'edificio filtro e da questo ai serbatoi, siti in località Mulini a vento. La costruzione dell'opera durò sei anni e tre mesi e si concluse nel 1880, con una spesa di L. 1.300.000.³ Appena conclusa l'opera si diffuse la notizia di un'errata previsione del Ferrero sulla potabilità dell'acqua. Vennero commissionate ulteriori analisi, condotte dal chimico prof. Selmi, che nella seduta straordinaria del 26 agosto 1880 dichiarò le acque "assai scarsamente salubri", poiché cariche di sostanze organiche provenienti dall'abitato di Osilo e dai terreni circostanti, nei quali scorreva l'acqua che andava a depositarsi nel bacino di Bunnari. Il Comune pertanto fece causa all'Impresa, che si protrasse per vent'anni sino al 1903 quando si venne ad una transazione con l'impresa fallita. L'acqua del bacino venne usata unicamente a scopo agricolo e industriale, mentre per usi domestici si costruì una canaletta alimentata dalla sorgente di

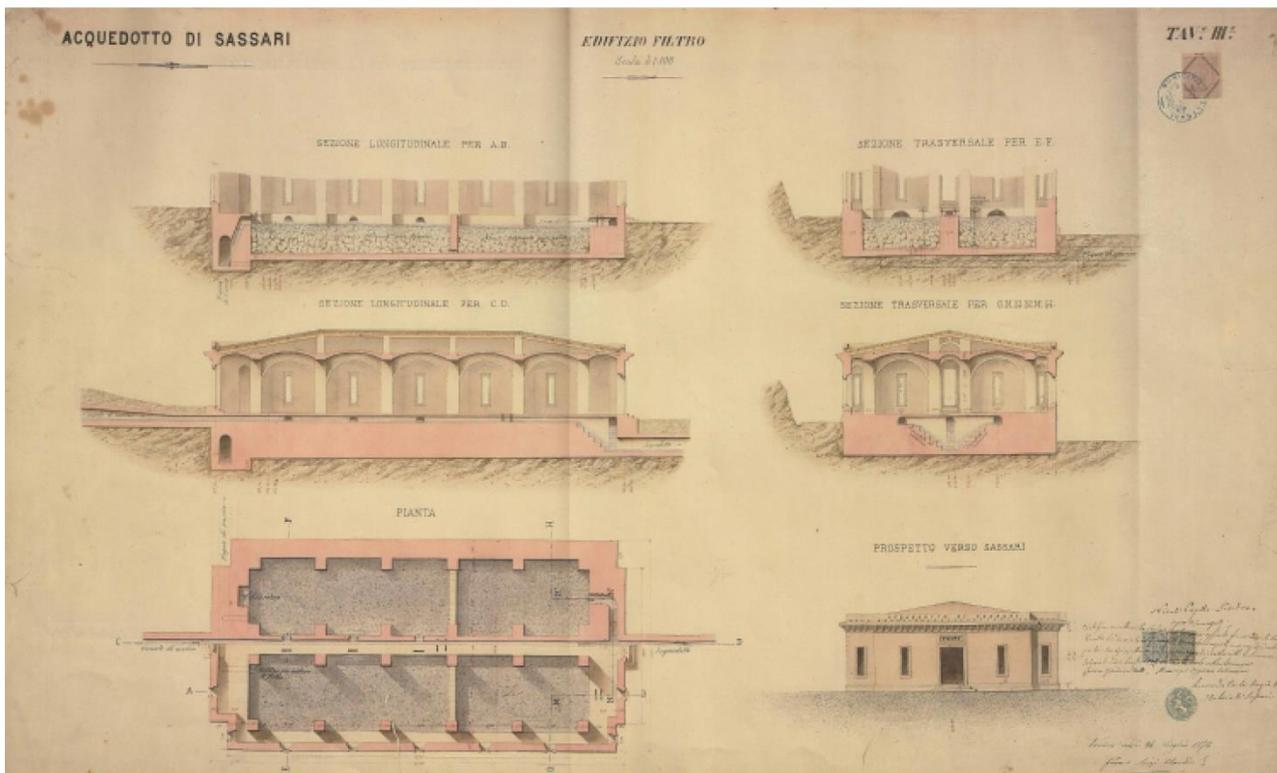


Figura 3 - Edificio filtro (ing. Ferrero 1874)

³ *Ibidem*, pp. 28–34.

Bunnari e il servizio offerto dai carrajoli continuò ad esser operativo⁴.

Tra le numerose proposte presentate per risolvere il problema dell'approvvigionamento idrico a Sassari nel 1921 venne accettata quella dell'ing. Orlandi, che prevedeva la costruzione di una diga a monte di quella precedente. Nel 1932, dopo numerose difficoltà, venne ultimata la diga di Bunnari Alta. Il nuovo sbarramento possedeva un impianto di chiarificazione e depurazione più efficace e aveva previsto un canale di raccolta che convogliava le acque superficiali provenienti da Osilo e le faceva defluire all'esterno dei bacini imbriferi che alimentavano l'invaso artificiale.⁵ Queste soluzioni miglioravano significativamente la qualità delle acque fornite dall'acquedotto.

Dallo studio delle ortofoto storiche si desume che nel 1955 entrambi i bacini di Bunnari alta e Bunnari bassa erano in esercizio. L'ortofoto del 2003 attesta lo svuotamento dell'invaso di Bunnari bassa, mentre il bacino di Bunnari alta nell'ortofoto del 2006 risulta vuoto.

In merito agli edifici oggetto d'intervento, si dispone del progetto originario dell'ing. Ferrero, conservato presso la Biblioteca Comunale di Sassari, dal quale si desume la presenza in cima allo sbarramento di una casa di guardia, della quale allo stato attuale non vi è traccia. Si riporta di seguito un confronto tra lo stato attuale e le ortofoto storiche disponibili dal 1955 sino ai nostri giorni. Rispetto al progetto originario sono visibili già a partire dal 1955 sul fianco sud dello sbarramento un manufatto che collega altimetricamente il coronamento della diga con uno stradello che conduce al canale sottostante. Il ponte che attraversa il

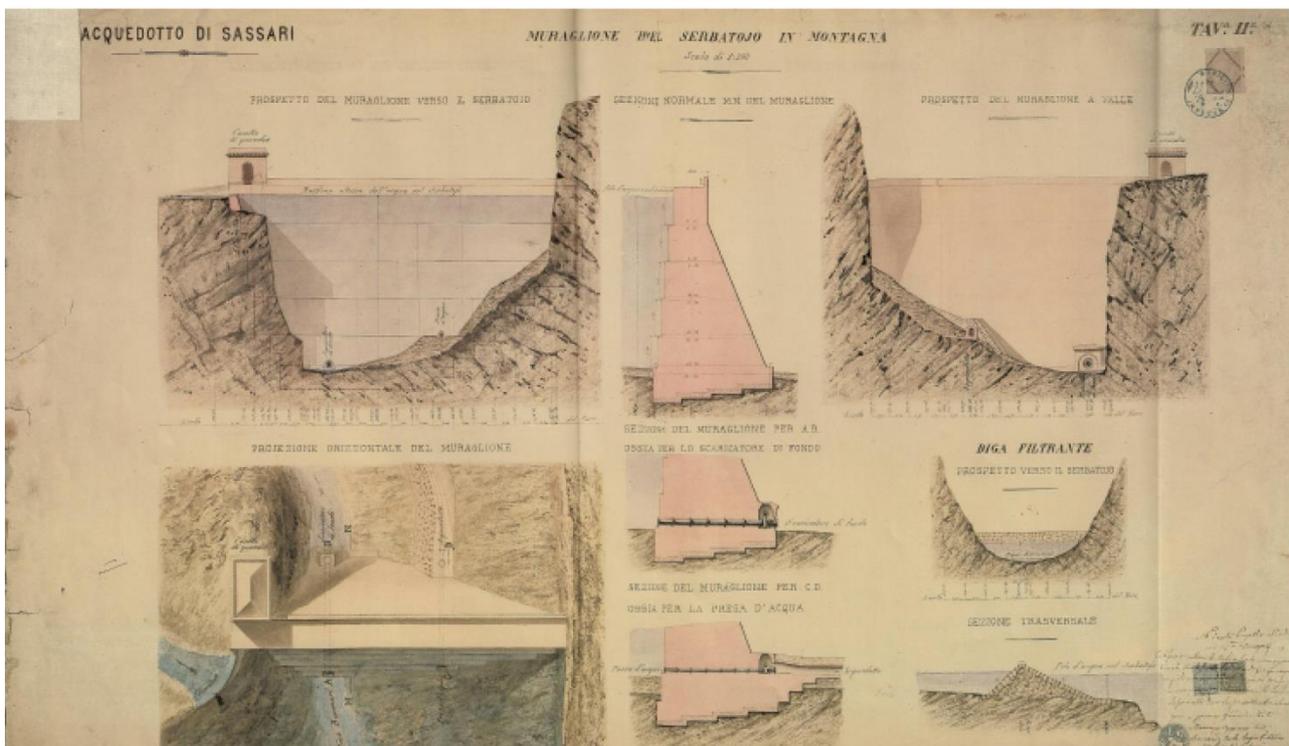


Figura 4 - Cartografia storica progetto ing. Ferrero

⁴ *Ibidem*, p. 36.

⁵ «Le prime dighe», s.d., https://www.dighe.sardegna.it/storia/le_prime_dighe.htm.



canale, così come lo vediamo allo stato attuale, è presente nell'ortofoto del 2008; nelle ortofoto precedenti, l'attraversamento è in diagonale, a differenza di quello attuale ortogonale. Tale intervento è riportato nel progetto dell'ing. Antonio Porcheddu, datato 20.03.2001.

Le sponde del canale sono realizzate in muratura. Perpendicolarmente all'imbocco del canale è presente un paramento in muratura trachitica, di forma curva. Quest'ultimo elemento, a differenza dei precedenti, trova riscontro all'interno del progetto dell'ing. Ferrero come muro di ritegno delle terre da realizzarsi in muratura a secco.

Gli edifici che si addossano al corpo diga sul paramento a valle, non sono presenti nel progetto originario. Dalle ortofoto storiche antecedenti al 1977 non è chiaramente individuabile la loro presenza, a causa dell'ombra proiettata dalla imponente struttura muraria, ma si può ipotizzare che tali opere si siano rese necessarie a seguito della creazione dello sbarramento di Bunnari Alta. E' ascrivibile al medesimo periodo la grossa condotta che scorre sul coronamento della diga per poi ricollegarsi ai suddetti edifici.

In merito all'edificio filtri, è visibile sin dalle ortofoto del 1955, un sistema di vasche esterno, probabilmente impiegate a seguito della creazione dell'invaso di Bunnari Alta. Non si hanno informazioni sulla realizzazione di interventi manutentivi sull'edificio filtri, tuttavia in esterno sono presenti intonaci a base cementizia, successivi alle fasi realizzative dell'edificio. Il piccolo edificio denominato Accesso 1 – Sifone è individuabile nel progetto dell'ing. Ferrero e non ha subito significative alterazioni da allora.

MANDATARIA:

MANDANTI:



2 ANALISI SULLO STATO DI CONSERVAZIONE DEI MANUFATTI

L'analisi sullo stato di conservazione che si riporta nel presente paragrafo è frutto di un'osservazione macroscopica degli elementi costruttivi, che verrà implementata nelle fasi successive di progettazione, mediante l'ausilio di indagini specifiche.

2.1 LA DIGA

Il corpo diga è realizzato in muratura. Il paramento murario è pietra a vista, tuttavia nel prospetto a valle, si rileva la presenza di uno strato di malta a base cementizia, che ricopre parzialmente i lapidei. In taluni casi si registra l'assenza della malta tra i giunti, favorendo la nascita di vegetazione infestante. I conci sono di forma irregolare e di natura trachitica. Si possono riscontrare principalmente degradi dovuti alla presenza di depositi superficiali e macchie. Addossati al corpo murario sorgono piccoli fabbricati, in destra idraulica e su un livello superiore rispetto al fondo diga, probabilmente sorti a seguito della realizzazione di Bunnari Alto, con finitura ad intonaco. Lo scarico di fondo della diga è alloggiato in un piccolo manufatto, addossato al paramento, e realizzato in muratori con conci di trachite. Il coronamento della diga presenta a valle un parapetto in blocchi di trachite, del quale si trova riscontro nelle carte storiche. A questo è stata addossata una condotta proveniente da Bunnari Alto, alloggiata dentro una struttura in c.a. a sezione rettangolare. La condotta percorre tutto il coronamento della diga per poi calare in corrispondenza degli edifici sopraccitati. Il coronamento, sul prospetto a monte, è realizzato con una ringhiera in ferro, corrosa. Sul medesimo prospetto si erge una torretta circolare, successiva al progetto del Ferrero, che si addossa alla muratura e si estende dalla base della diga sino alla sommità. I fenomeni di degrado riscontrabili sulla torretta sono riferibili al degrado dell'intonaco esterno, con la presenza di distacchi e macchie, che ci danno informazioni sul livello di riempimento della diga, quando questa era in funzione. Il paramento di monte presenta degradi simili al paramento di valle, in particolare si segnala la presenza di vegetazione infestante, macchie dovute all'immersione del paramento durante il periodo di funzione dello sbarramento e assenza di malta tra i lapidei. Il camminamento sulla diga è realizzato in pietra e presenta vegetazione infestante, che cresce rigogliosa tra i giunti di malta.

2.2 L'EDIFICIO FILTRI

L'edificio filtri è realizzato con muratura portante in trachite e racchiude al suo interno le vasche funzionali al processo di filtraggio delle acque. Nella planimetria del Ferrero le vasche per il filtraggio erano quattro, allo stato attuale sono state suddivise ulteriormente con la creazione di dieci vasche più piccole. I prospetti esterni sono intonacati. La caduta dell'intonaco mostra una muratura realizzata con conci di forma irregolare. Cantonali, stipiti, architravi, mensole e cornicione sono realizzati in pietra calcarea. I principali degradi riscontrabili nelle superfici esterne sono afferenti al degrado degli intonaci, con fenomeni di erosione, distacco e messa in luce del paramento o degli strati inferiori dell'intonaco. Inoltre, da una visione macroscopica degli intonaci, si segnala la presenza di rinzaffi posti in opera con materiali differenti e intonaci a base cementizia. Gli elementi modanati realizzati in tufo presentano fenomeni di erosione e alveolizzazione, specialmente nelle mensole, che hanno causato asportazione di parti significative

MANDATARIA:

MANDANTI:



dell'elemento originario. L'architrave della porta principale d'ingresso presenta una lesione centrale. Inoltre, è presente vegetazione infestante, abbondante in particolare sul prospetto che si attesta sulle vasche esterne.

I prospetti interni sono quasi interamente intonacati. L'intonaco presenta fenomeni di degrado dovuti alle condizioni microclimatiche interne non ottimali e probabilmente alle infiltrazioni d'acqua in copertura a seguito del crollo degli elementi lignei e del manto. A seguito del crollo di buona parte della copertura le volte sottostanti sono soggette agli agenti atmosferici ed in particolare ad infiltrazioni d'acqua. Le volte sono realizzate in mattoni, mentre gli archi in blocchi di calcarenite. Gli intonaci, oltre a fenomeni di distacco, sono interessati dalla presenza di patine biologiche, fessurazioni e macchie. Anche gli elementi lapidei degli archi sono interessati da presenza di patine biologiche. I fenomeni di dissesto di maggiore entità riguardano le coperture, in buona parte crollate, e la pavimentazione. Lo stato di conservazione generale del manufatto non è buono, in particolare a causa del crollo della copertura che causa il deflusso delle acque sulle murature. Le infiltrazioni d'acqua compromettono la buona coesione degli elementi costruttivi ed in particolare il dilavamento delle malte tra i giunti.

La particolare funzione dell'edificio ha determinato la creazione di cavità necessarie al deflusso delle acque sotto il pavimento. Allo stato attuale taluni elementi di chiusura sono assenti, mostrando le cavità sottostanti. Dove presente la pavimentazione, alcune lastre in calcarenite sono danneggiate e a rischio caduta.

2.3 MANUFATTO D'INGRESSO (SIFONE)

Il piccolo edificio chiamato nel progetto del Ferrero Accesso n. 1 – Sifone, è realizzato con muratura mista, in prevalenza calcarea, visibile a seguito della caduta dell'intonaco. Lo stato di conservazione dell'edificio non è ottimale: sono presenti fenomeni di dissesto con fessure significative nel prospetto principale. Un arbusto cresce sulla copertura. Gli intonaci sono soggetti a degrado dovuto a sottrazione di materiale, fessurazione, caduta, patine e alterazione cromatica.



L'edificio filtro

Lo stato attuale





L'edificio filtro

I materiali e i sistemi costruttivi

La muratura



Le volte



Le malte



Il sistema di copertura



Le vasche



Le aperture



Degradi e dissesti

Crollo copertura



Patine biologiche



Mancanza



Degrado/caduta degli intonaci



Fessura



Pavimentazione dissestata



Degrado/caduta degli intonaci



Erosione



Vegetazione infestante





Il corpo diga

Lo stato attuale



I materiali

La muratura



I principali degradi

Vegetazione infestante



Le criticità

Strato impermeabile in cemento



Le malte



Degrado della malta tra i giunti



Superfettazioni



Depositi superficiali e macchie



Camminamento superiore



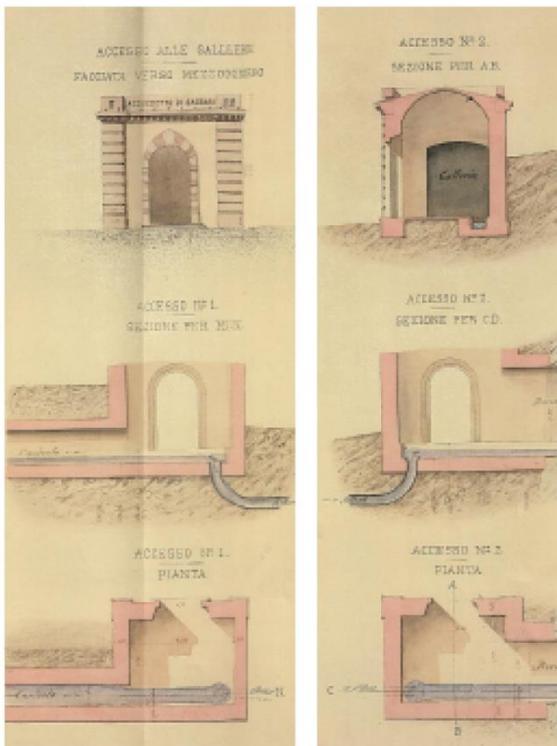


Edificio accesso n.1 Sifone

Lo stato attuale



Il progetto dell'ing. Ferrero



Materiali e sistemi costruttivi



Degradi e dissesti



Figura 5 - Cartografia storica sifone

MANDATARIA:

MANDANTI:



3 INDIRIZZI DI PROGETTO

Il progetto di conservazione dei manufatti storici, basato sui principi del restauro filologico, nasce dall'esigenza di tutelare, valorizzare e rendere fruibile un complesso di edifici di assoluto pregio storico-artistico e paesaggistico, ridonando alla comunità una parte della propria storia sino ad ora poco conosciuta. Il progetto, in accordo con le direttive del Codice dei Beni Culturali, segue il criterio del recupero e della riqualificazione attraverso una serie di interventi di sottrazione delle superfetazioni incongrue, reintegrazione degli elementi crollati e conservazione delle superfici, nel rispetto della composizione architettonica, delle esigenze di tutela materiale ed immateriale della memoria storica. La metodologia operativa dell'intervento si basa sui principi della compatibilità, distinguibilità e reversibilità e intende preservare gli aspetti percettivi legati al "senso della memoria".

Nello specifico gli interventi sulle superfici legati al muraglione della diga sono finalizzati alla rimozione della vegetazione infestante tramite trattamento di bonifica effettuato con idonei formulati, alla reintegrazione dei giunti di malta soggetti a degrado della malta tra i lapidei e pulitura dei depositi superficiali e delle macchie. Si prevede inoltre la rimozione dello strato in malta cementizia, presente in alcune parti del paramento. Si ipotizza inoltre la demolizione delle superfetazioni in destra idraulica e della condotta sul coronamento. Al fine di garantire la fruizione in sicurezza del coronamento della diga si procederà alla sostituzione e reintegrazione dei parapetti. Sul coronamento si prevede la rimozione della condotta e del relativo involucro in c.a..

Gli interventi sull'edificio filtri sono finalizzati alla conservazione del manufatto senza alterare la composizione planimetrica. Si interverrà principalmente sul reintegro della copertura, in gran parte crollata, nel rispetto delle forme e delle tecniche costruttive presenti, mediante il reinserimento delle travature lignee e del manto di copertura. Gli interventi sulle superfici riguardano la rimozione degli intonaci a base di malte cementizie e il reintegro con intonaci a base di calce, previa analisi chimico-fisica delle malte presenti. Si procederà con il reintegro degli strati di intonaco nelle porzioni soggette a distacco, previa indagine sulle malte esistenti.

La vegetazione infestante verrà rimossa mediante irrorazione delle superfici con idonei formulati, possibilmente nel periodo di massima fioritura. Le patine biologiche saranno trattate mediante pulitura con strumenti di precisione quali ad esempio le micro sabbiatrici. Gli elementi lapidei, in particolare gli elementi sagomati in calcare, soggetti ad erosione e ad alveolizzazione, saranno trattati con consolidanti. La scelta del consolidante privilegerà formulati inorganici al fine di garantire la ritrattabilità della superficie. Dove mancano degli elementi ricorrenti, quali le mensole, si procederà con il reintegro dell'elemento, semplificandole le geometrie al fine di permettere una leggibilità d'insieme dell'apparato decorativo e garantire la distinguibilità del nuovo elemento rispetto a quelli originari. L'intervento sulle fessure potrà essere posto in opera mediante iniezioni di idonee resine previa analisi e risoluzione dell'eventuale dissesto in atto. Al fine di proteggere gli ambienti interni dagli agenti atmosferici, si prevede la posa di nuovi infissi,



che verranno realizzati con linee semplici e materiali compatibili, nel rispetto della forometria originaria. La fruibilità degli spazi interni sarà garantita mediante la realizzazione di una nuova pavimentazione. Verrà realizzato un impianto elettrico e di illuminazione. Gli spazi interni inoltre potranno ospitare delle piccole esposizioni dedicate alla storia del manufatto e dello sbarramento di Bunnari. Queste potranno essere allestite all'interno delle vasche attraverso elementi rimovibili.

Si prevede infine la demolizione delle vasche esterne in calcestruzzo, adiacenti alla struttura.

Il manufatto d'ingresso – sifone presente un quadro fessurativo più avanzato. Una profonda lesione interessa la porzione di muratura sopra l'ingresso, probabilmente dovuta all'arbusto presente in copertura. Si prevede pertanto la rimozione della vegetazione infestante, con appositi formulati e la risarcitura delle lesioni presenti. Qualora le fessure interessino la muratura sottostante verrà valutato un intervento di cucì e scuci. Si interverrà sugli intonaci degradati o caduti mediante reintegrazione con malta a base di calce avente caratteristiche compatibili. Le parti soggette ad alterazione cromatica verranno trattate mediante reintegrazione dello strato pittorico. Muffe e patine verranno rimosse mediante pulitura con idonee strumentazioni di precisione, quali ad esempio microsabbiatrici.



Ipotesi demolizione

Vasche esterne adiacenti edificio filtro



Cabina elettrica



Superfrazioni diga



Condotta coronamento

