



Commissario Governativo per l'Emergenza Idrica in Sardegna
(Ordinanza Ministro dell'Interno - Delegato per il coordinamento della protezione civile - n.3196 del 12/04/2002)

Regione Autonoma della Sardegna
Assessorato dei Lavori Pubblici
Ente Autonomo del Flumendosa



**PIANO STRALCIO DI BACINO REGIONALE
PER L'UTILIZZO DELLE RISORSE IDRICHE**

SARDEGNA

Legge n.183/89

EL. 4.1

**LA METODOLOGIA DI PRE FATTIBILITA'
TECNICA DEGLI INTERVENTI**

Redazione:

SOGESID S.p.A.
Società Gestione Impianti Idrici

Approvazione:

LA METODOLOGIA DI PRE FATTIBILITA' TECNICA DEGLI INTERVENTI

1	INTRODUZIONE	1
1.1	LE OPERE DI INVASO	2
1.2	LE OPERE DI DERIVAZIONE	4
1.3	LE OPERE DI VETTORIAMENTO	5
1.4	GLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO	6
1.5	GLI IMPIANTI DI DISSALAZIONE.....	7
1.6	I COSTI DI INVESTIMENTO	8
2	OPERE DI INVASO	9
3	OPERE DI VETTORIAMENTO.....	11
3.1	METODOLOGIA ADOTTATA.....	12
3.2	CRITERI DI ESECUZIONE.....	13
3.4	OPERE DI VETTORIAMENTO: LE CONDOTTE	14
3.5	OPERE DI VETTORIAMENTO: LE GALLERIE	16
3.6	OPERE DI VETTORIAMENTO: I CANALI	17
4	IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO	19
5	OPERE DI DERIVAZIONE	22
6	IMPIANTI DI DISSALAZIONE	23
7	OPERE DI INFRASTRUTTURAZIONE IRRIGUA	24
7.1	ATTREZZAMENTO IRRIGUO	24
7.2	VASCHE DI COMPENSO	25

1 INTRODUZIONE

L'insieme di interventi definito nel precedente volume 3 – che ricordiamo provengono dai diversi Soggetti proponenti - è stato oggetto di un processo di “validazione ed omogeneizzazione” tecnica ed economica, necessario per pervenire ad un quadro di partenza coerente con il processo di selezione unitario e quindi con elementi tecnici ed economici definiti con lo stesso grado di dettaglio.

Infatti l'attività di raccolta delle informazioni presso gli enti interessati ha fornito un quadro della progettualità disomogeneo e pertanto non adatto a definire con criteri uniformi gli interventi da esaminare.

Si è reso dunque necessario procedere allo studio di prefattibilità tecnica degli interventi secondo i criteri generali di dimensionamento tecnico e di determinazione dei costi riportati nei successivi capitoli.

Le attività di studio svolte per definire gli interventi si sono poste soprattutto l'obiettivo di raggiungere una ragionevole convinzione di pre fattibilità tecnica delle opere prese in considerazione, definendone secondo parametri uniformi, le principali caratteristiche ed il costo.

Criterio generale è stato di attenersi a soluzioni progettuali semplici allo scopo di garantire una valutazione prudentiale dei costi.

I costi sono stati determinati in maniera da definire una legge della loro variabilità in funzione di una grandezza caratteristica .

La grandezza di riferimento è stata il volume di invaso utile per le dighe, la portata per le opere di vettoriamento, la potenza installata per gli impianti di pompaggio e il volume annuo prodotto per gli impianti di dissalazione.

I parametri caratteristici di dimensionamento e di costo sono stati affinati sulla base dei valori pre dimensionamento forniti in parte dai risultati forniti dal modello di simulazione utilizzato nel PSDRI e in parte dalla progettualità esistente.

I metodi di dimensionamento e le curve di costo ottenute sono stati poi applicati nelle singole alternative esaminate nella fase di pianificazione.

1.1 LE OPERE DI INVASO

Per le opere di invaso esaminate, in numero di 12, sono stati redatti i rapporti di prefattibilità riportati nell'annesso 4.3 provvedendo a ricondurre ad un livello uniforme di analisi e di documentazione anche le opere oggetto di precedenti indagini e studi più approfonditi.

Si osserva, in merito, che lo scopo di tali rielaborazioni è connesso all'esigenza di garantire una certa omogeneità dei dati di base onde assicurare l'affidabilità dei successivi raffronti di carattere economico, almeno in termini relativi.

E' stata inoltre presa in esame una ulteriore opera di regolazione costituita dalla riconversione in opera di invaso della diga sul Mogoro a Santa Vittoria (S47) per la quale data la natura particolare dell'intervento e lo stato avanzato della progettazione, sono stati considerati i valori di costo forniti dalla progettualità disponibile.

La metodologia di dimensionamento schematico utilizzata ha tenuto conto delle tecnologie costruttive adottate nella progettualità esistente o, in assenza di elaborati progettuali, nel Piano Acque della Sardegna, ad eccezione della portata di massima piena utilizzata, scelta come valore maggiore tra il valore derivante dalla applicazione della formula del Sirchia e del TCEV con tempo di ritorno millenario.

In particolare sono stati ricavati i costi relativi a due valori di capacità di regolazione per la successiva parametrizzazione del costo dell'opera in funzione della grandezza di riferimento adottata.

In sintesi, le 12 opere di regolazione possibili considerate nel presente studio sono di seguito:

- S40 Diga Abba Lughente*
- S49 Diga Monte Exi*
- S42 Diga S. Simone*
- S48 Diga Vignola*
- S46 Diga Badu Crabolu*
- S52- Diga Calambru*
- S45 Diga S'allusia*
- S43 Diga Mannu di Cuglieri*
- S51 Diga Contra Ruja*
- S38 Diga Monte Perdosu*
- S44 Diga Foddeddu a Corongiu*
- S50 Diga Ollastu*

In merito ai rapporti di prefattibilità citati c'è da osservare, infine, che il relativo livello di approfondimento è limitato, soprattutto per quanto concerne le opere di presa, gli organi di scarico, i dispositivi di smorzamento e gli interventi di consolidamento e impermeabilizzazione della sezione di imposta.

In particolare il ricorso ad una legge di costo di tipo lineare, ottenuta interpolando i costi relativi alle due capacità di dimensionamento, può ritenersi valida, in prima approssimazione, esclusivamente entro il corrispondente intervallo di definizione.

Ciò si riflette in un non trascurabile grado di incertezza ai fini della valutazione dei costi che è peraltro implicito in uno studio di carattere generale ed è, comunque, sostanzialmente ineliminabile atteso che anche la stessa fattibilità di queste opere, come è noto, può essere accertata solamente in base ai risultati di una esauriente campagna di indagini geognostiche.

Al proposito si evidenzia come i parametri di calcolo e le tipologie adottate siano stati opportunamente affinati sulla base dei diversi gradi di progettazione disponibile per ciascun invaso.

1.2 LE OPERE DI DERIVAZIONE

Le opere di derivazione esaminate riguardano sia le derivazioni eventualmente destinate ad incrementare gli apporti ai serbatoi di regolazione che quelle direttamente collegabili all'utenza. Complessivamente, trattasi di 18 traverse il cui elenco è riportato di seguito:

<i>T29</i>	<i>Traversa sul rio S.Marco</i>
<i>T30</i>	<i>Traversa sul rio Figu</i>
<i>T57</i>	<i>Traversa sul Rio Cixerri</i>
<i>T24</i>	<i>Traversa sul Rio Limbara</i>
<i>T26</i>	<i>Traversa sul rio Palasole a punta dell'Acula</i>
<i>T25.1</i>	<i>Traversa di Monte Tova</i>
<i>T54</i>	<i>Traversa sul rio Buttule a Palazzo Tribides</i>
<i>T27</i>	<i>Traversa sul Temo a Costa Barasumene</i>
<i>T31</i>	<i>Traversa Abbaidorza</i>
<i>T34</i>	<i>Traversa sul Flumineddu a Bau e Linu</i>
<i>T32</i>	<i>Traversa sul rio Tennero</i>
<i>T33</i>	<i>Traversa sul rio Ferralzos</i>
<i>T56</i>	<i>Traversa sul rio minore (Ruja)</i>
<i>T35</i>	<i>Traversa sul rio Pramaera</i>
<i>T36</i>	<i>Traversa sul rio Quirra a castello di Quirra</i>
<i>T59</i>	<i>Traversa sul rio Arriali</i>
<i>T60</i>	<i>Traversa sul rio Cannas a Bruncu S'Illixedda</i>
<i>T61</i>	<i>Traversa sul rio Mannu di Ozieri</i>

In merito c'è da osservare che esse non sono state oggetto di un adeguato studio di prefattibilità ma solo di una valutazione sommaria di costo, che peraltro trova un sufficiente grado di riscontro nel raffronto con i costi derivanti dalla progettazione rilevata.

1.3 LE OPERE DI VETTORIAMENTO

Per le opere di vettoriamento esaminate sono stati redatti appositi studi di pre fattibilità provvedendo anche in questo caso a ricondurre ad un livello uniforme di analisi e di documentazione anche le opere oggetto di precedenti indagini e studi più approfonditi.

Essi riguardano la definizione, in via di massima, dell'andamento plani-altimetrico delle opere effettuata sulla cartografia ufficiale in scala 1:25.000 e sui modelli tridimensionali del terreno DTM forniti dall'EAF.

Ai fini delle successive valutazioni di costo sono state calcolate le curve di costo riferite alle singole componenti dell'opera di vettoriamento quali condotte, gallerie, canali.

Per quanto riguarda le opere di adduzione ai centri di domanda irrigua, si osserva che la portata di dimensionamento assunta presume un esercizio di tipo continuativo sulle 24 ore, e ciò ha richiesto di prevedere adeguati serbatoi di compenso che, pur non essendo stati approfonditi in sede progettuale, sono stati inclusi in modo sommario nelle successive valutazioni di costo.

In merito all'approfondimento degli studi di pre fattibilità delle opere di trasporto in genere c'è ancora da osservare che esso è limitato, in ragione del carattere generale dello studio, anche se si ritiene sufficiente a consentire una ragionevole previsione di costo almeno ai fini di un confronto corretto fra le diverse soluzioni possibili.

Per ciascuna delle alternative considerate, la struttura dei collegamenti previsti fra opere di derivazione e regolazione e fra queste e i centri di domanda resta individuata da un insieme di reti di trasporto (composte, in parte, da tratti d'alveo naturali e, in parte, da manufatti), che vanno adeguatamente descritte, ai fini delle elaborazioni numeriche, e opportunamente dimensionate, per quanto concerne i manufatti, come risultato conclusivo dell'analisi.

A tale scopo, le reti sono state decomposte in tratti privi di erogazioni intermedie, ciascuno dei quali, è caratterizzato, essenzialmente, dalla denominazione dei nodi di ingresso e d'uscita, dalla portata massima di dimensionamento e dal volume medio annuo trasferito.

1.4 GLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO

Gli impianti di sollevamento previsti a corredo delle opere di trasporto non sono stati oggetto di analisi di prefattibilità particolari al fine di una più precisa determinazione dei relativi costi.

Anche per quanto concerne gli impianti suddetti, il costo è stato parametrizzato in funzione delle principali caratteristiche d'installazione, portata, prevalenza, numero specifico di giri.

La scelta è senz'altro accettabile, nel quadro generale dello studio, per quanto concerne le opere minori, ma avrebbe forse meritato qualche ulteriore approfondimento nel caso degli impianti connessi alle opere di trasferimento intersistema che possono incidere in misura maggiore sull'assetto ottimale delle infrastrutture.

Peraltro l'intera questione degli oneri energetici legata alla ricerca dell'assetto ottimale dei trasferimenti, anche in relazione alle possibilità di recupero energetico, è stata in questa sede trascurata a favore di una maggiore semplicità di ragionamento.

Tale tematica, più attinente allo studio di casi specifici, dovrà essere attentamente valutata nell'ambito delle successive fasi di studio necessarie alla selezione degli interventi da finanziare.

1.5 GLI IMPIANTI DI DISSALAZIONE

I costi di investimento degli impianti di dissalazione sono stati calcolati sulla base di due casi progettuali rilevati nel corso del presente lavoro, riferiti entrambi alla realizzazione di un impianto a servizio dell'area urbana di Cagliari, per una potenzialità annua di 10 e di 20 Mmc, con i quali è stato possibile definire una legge di variabilità di tipo lineare in funzione della capacità annua di produzione scelta come grandezza caratteristica.

In realtà, l'assunzione di una legge lineare di variazione dei costi comporta delle approssimazioni peraltro accettabili sempre che la capacità definitiva non si attesti in posizione troppo lontana dall'intervallo prescelto.

Nella presente fase di pianificazione sono stati considerati due soli casi di impianti di dissalazione dimensionati esattamente sui due valori rilevati.

In ogni caso il necessario approfondimento di tipo tecnico economico sulla reale possibilità di impiego di tale tecnologia, dovrà vedere la partecipazione della competente autorità di settore, come specificato nel volume 1.

1.6 I COSTI DI INVESTIMENTO

La valutazione dei costi di investimento riguarda le infrastrutture considerate ai punti precedenti che, si ricorda, sono tutte quelle che influenzano potenzialmente le valutazioni di carattere economico relative al solo sistema multisettoriale, coerentemente all'impostazione generale assunta nel presente documento.

Detta valutazione non comprende quindi, in genere, le adduzioni a scopo esclusivamente civile o industriale e le relative opere di distribuzione o di collettamento dei reflui, ed include, invece, tutte le altre opere di regolazione, derivazione e trasporto intersettoriali o comunque tali da incidere nell'assetto ottimale dei sistemi di utilizzazione.

Coerentemente, con riferimento agli oneri relativi alle infrastrutture, sono stati trascurati i costi degli impianti di potabilizzazione e considerati, invece, i costi relativi ai trattamenti di dissalazione delle acque di mare.

Per quanto concerne le nuove infrastrutture, il costo d'investimento è stato determinato in base ai prezzi di mercato attuale facendo riferimento a costi indice rappresentativi delle principali caratteristiche funzionali di ciascuna opera.

In particolare, per quanto riguarda le opere di regolazione il ricorso ad una legge di costo di tipo lineare, ottenuta interpolando i costi relativi alle due capacità di dimensionamento, può ritenersi valida, in prima approssimazione, esclusivamente entro il corrispondente intervallo di definizione.

2 OPERE DI INVASO

Data la variabilità delle proposte raccolte sia nel dimensionamento e sia nel grado di definizione progettuale dell'opera e in accordo con l'obiettivo del lavoro, che è quello di raggiungere un dettaglio di prefattibilità tecnica tale da consentire un confronto omogeneo tra i costi delle opere prese in esame, il criterio generale è stato quello di attenersi a soluzioni progettuali semplici.

Gli studi di pre fattibilità tecnica delle opere di invaso hanno indicato tipo e caratteristiche della diga e delle opere complementari e il costo approssimato di tutte le predette opere per due valori dimensionali consentendo così di definire una legge di variabilità in funzione della capacità utile di invaso scelta come grandezza caratteristica.

Per il calcolo di dimensionamento degli organi di scarico si è fatto riferimento alle portate di massima piena riportate in appendice A, cui sono state applicate le formule speditive riportate in appendice B.

Per il calcolo dei costi di costruzione sono state utilizzate le voci di costo, riferite alle principali categorie di lavoro, riportate in appendice C, unitamente ai costi medi di espropriazione dei terreni sedi di differenti attività agricole, calcolati sulla base dei costi di esproprio medi regionali.

I singoli costi sono stati attribuiti sulla base dei valori riportati nel prezziario regionale o, in assenza di questi, su valutazioni effettuate sulle più recenti progettazioni rilevate nella fase di ricognizione, attualizzati attraverso la applicazione dei coefficienti ISTAT.

In alcuni casi, in presenza di un grado di progettazione elevato, e per le voci fortemente influenzate dalle condizioni locali, quali quelle riferite ai materiali utilizzati per il corpo diga, o nel caso della viabilità, sono stati adottati direttamente i costi rilevati nella progettualità esistente. La voce di costo relativa è contrassegnata con un “*” nell'appendice C.

Le valutazioni di costo, nella fase di pianificazione, sono state effettuate per le due capacità di riferimento, supponendo che i costi medesimi varino linearmente tra una capacità e l'altra.

In realtà, l'assunzione di una legge lineare di variazione dei costi comporta delle approssimazioni peraltro accettabili sempre che la capacità definitiva non si attesti in posizione troppo lontana dall' intervallo prescelto.

In aggiunta ai costi di costruzione in senso stretto, sono stati valutati anche i costi di acquisizione delle aree e quelli derivanti dalle necessità di spostamento e ricostruzione di edifici ed opere viarie.

Tutti i costi sono stati poi maggiorati di una percentuale di circa il 15%, per tenere conto dei piccoli lavori aggiuntivi non presi in considerazione e di altri elementi di incertezza della valutazione speditiva effettuata.

I risultati delle pre fattibilità sono riportati al volume 4.2 per quanto riguarda la relazione tecnica descrittiva, il rapporto geologico e i costi delle opere. Gli elaborati descrittivi delle opere di invaso e dello sbarramento sono riportati negli allegati grafici annessi al presente volume.

3 OPERE DI VETTORIAMENTO

Il presente volume descrive i criteri che hanno portato a definire lo schema plano-altimetrico dei tracciati delle opere di vettoriamento, il loro dimensionamento e la stima dei costi di investimento.

Si riporta inoltre la determinazione, nell'ambito dello studio di prefattibilità delle infrastrutture, dei costi a metro lineare delle opere di adduzione (gallerie, canali, condotte) dalle risorse ai centri di utilizzazione.

I limiti degli studi sono costituiti dal fatto che, dovendo esaminare in linea generale diversi sistemi di adduzione, in un campo di variabilità notevole di portate e vincoli morfologici è risultato necessario schematizzare e limitare nel numero i casi esaminati.

In casi particolari, è stato necessario integrare gli elementi di costo contenuti nel presente studio, in base a considerazioni che di volta in volta la situazione esaminata ha suggerito.

In un solo caso – intervento di adeguamento del canale sinistra Tirso – è risultato necessario, per la particolare tipologia di opera, adottare direttamente il costo determinato sulla base della progettualità disponibile.

La metodologia adottata si può così riassumere:

- schematizzazione delle dimensioni delle opere in relazione a variabili quali portata da addurre, natura del terreno da attraversare, profondità di scavo o rilevato (nel caso dei canali), pressione di esercizio
- determinazione dell'elenco prezzi relativo agli articoli di maggior rilievo per le opere di adduzione
- valutazione dei costi di costruzione delle opere

I parametri di costo così ricavati sono stati quindi utilizzati per eseguire lo studio dello schema plano-altimetrico delle opere di vettoriamento.

3.1 METODOLOGIA ADOTTATA

Lo studio dello schema plano-altimetrico dei tracciati delle opere di adduzione (risorse-utilizzazioni) è stato eseguito con cartografia in scala 1:25.000 e sul modello digitale tridimensionale del terreno DTM fornito dall'EAF.

Il dimensionamento e la stima dei costi di costruzione delle opere sono stati eseguiti in base ai criteri generali sopra indicati, e dei valori di dimensionamento derivanti dalla fase di pianificazione degli interventi riportati nel volume 6.1.

Dato l'obiettivo del lavoro, non sono state effettuate, quelle considerazioni tecniche che, pur essendo necessarie in un progetto, non hanno effetto rilevante sulla valutazione del costo finale dell'opera e che, se introdotte, avrebbero reso molto più complesso lo studio di pre fattibilità e la successiva procedura di valutazione delle alternative per l'eccessivo numero di input da inserire nel modello.

Esempi delle schematizzazioni e semplificazioni adottate sono:

- per le condotte è stato previsto come solo tipo di materiale l'acciaio (in una eventuale ulteriore fase di progettazione andrebbero, quindi, eseguite considerazioni tecnico-economiche per la scelta dei materiali costituenti le tubazioni in relazione ai diametri previsti e alle varie condizioni d'esercizio)
- si è cercato di utilizzare non molti diametri e limitarne al massimo la variazione lungo la stessa adduzione
- nei casi in cui lungo un'adduzione risulti necessario il sollevamento, è stata ipotizzata, nella maggior parte dei casi, un'unica stazione di pompaggio, ubicata subito a valle della risorsa (evidentemente queste ipotesi, in un'ulteriore fase progettuale, andrebbero riesaminate caso per caso)
- la stima dei costi delle tubazioni è stata eseguita ipotizzando il 50% di scavo in terra ed il 50% in roccia
- la stima dei costi di costruzione delle gallerie è stata eseguita sulla base di una tipologia standard (diametro 3 m), di una qualità media della roccia attraversata (tipo B della classificazione di Terzaghi), e di una pressione media di $3\div 5 \text{ Kg/cm}^2$
- i costi a metro lineare delle opere di adduzione includono anche i costi per gli attraversamenti, vasche di carico e di dissipazione, serbatoi, valvole di regolazione, etc.

3.2 CRITERI DI ESECUZIONE

Oltre ai criteri generali sopra descritti, sono stati applicati i seguenti criteri per la determinazione dei tracciati ed il dimensionamento delle opere:

- cercare, nei limiti consentiti dalla morfologia, di individuare tracciati piano-altimetrici per i quali sia possibile l'alimentazione a gravità delle adduzioni;
- prevedere, nel caso in cui siano necessari sollevamenti, il diametro compatibile con una perdita di carico media nelle tubazioni, posta pari a circa 1,5 m/Km
- prevedere, nel caso in cui vi sia sufficiente dislivello, il minimo diametro compatibile con il valore massimo della velocità dell'acqua, nei limiti delle perdite di carico compatibili con il diametro considerato
- evitare gallerie tranne i casi in cui l'entità della portata e la morfologia non rendano più costose altre alternative
- cercare, nel caso di una rete complessa con più diramazioni con diverse quote di recapito dell'acqua, di dimensionare il tratto comune mediando le diverse esigenze di carattere idraulico in relazione ai rispettivi valori di portata
- utilizzare parzialmente condotte esistenti (questa possibilità è stata sfruttata nel caso in cui la portata convogliabile nella condotta esistente rappresenti una percentuale non trascurabile della portata totale)

Il dimensionamento delle adduzioni è stato eseguito sulla base di valori delle portate massime definite dal modello di calcolo nelle diverse alternative esaminate.

La attribuzione dei costi nelle diverse alternative esaminate è stata definita attraverso un collegamento dinamico con le curve di costo dei singoli elementi costruttivi che compongono l'opera di vettoriamento, in modo tale da poter determinare il costo di costruzione dei vettoriamenti per portate di qualsiasi valore.

3.4 OPERE DI VETTORIAMENTO: LE CONDOTTE

E' stata esaminata la tipologia di condotta in acciaio interrata con diametro interno variabile tra 100 e 3000 mm.

Il costo a metro lineare è stato dedotto dalle tre componenti:

- A. fornitura e posa in opera
- B. movimenti di terra
- C. opere d'arte lungo linea

I costi di fornitura e posa in opera delle condotte in acciaio sono stati dedotti dal DN 100 al DN 800 dai valori parametrici adottati nel Piano d'Ambito Sardegna maggiorati di un coefficiente del 30% pari al valore medio riscontrato sul mercato a seguito dell'aumento di costo dell'acciaio nel corso dell'ultimo anno.

I valori dal DN 900 al DN 3000 sono stati dedotti da indagini di mercato condotte successivamente a suddetto aumento.

I costi relativi ai movimenti di terra sono stati calcolati ipotizzando una sezione di scavo del tipo:

- | | | |
|-----------------------|--------------|--------------|
| • da DN 100 a DN 300 | $L=0.70$ m | $H=D+1.50$ m |
| • da DN 400 a DN 800 | $L=D+0.40$ m | $H=D+1.50$ m |
| • da DN 900 a DN 3000 | $L=D+0.80$ m | $H=D+1.80$ m |

I costi dello scavo sono stati dedotti dal prezzario regionale ipotizzando una distribuzione media delle due voci di scavo:

- terreni sciolti
- rocce dure con uso di mine

I costi del letto di posa sono stati dedotti anch'essi dal prezzario regionale ipotizzando un ricoprimento di 15 cm sulla generatrice superiore della condotta.

I costi del rinterro sono stati dedotti dal prezzario regionale ipotizzando un ricoprimento minimo di 120 cm per le condotte da DN 100 a DN 800 e di 150 cm da DN 900 a DN 3000.

I costi delle opere d'arte lungo linea sono stati desunti dal Piano d'Ambito, assumendo che il costo rimanga costante dal DN 800 al DN 3000.

I risultati dei calcoli sono di seguito riportati:

DN (m)	Costo tubazione finita (€)
0,1	79,48
0,2	128,10
0,3	185,62
0,4	244,23
0,5	295,25
0,6	331,69
0,7	395,74
0,8	464,86
0,9	601,67
1	666,23
1,2	822,68
1,4	1.018,72
1,6	1.187,04
1,8	1.324,51
2	1.470,35
2,2	1.736,32
2,5	2.140,51
3	3.447,98

In appendice D sono riportati i costi a metro lineare di condotta e la curva di costo applicata negli studi di pre fattibilità.

3.5 OPERE DI VETTORIAMENTO: LE GALLERIE

La valutazione economica di una galleria risulta estremamente difficoltosa essendo innumerevoli le variabili che possono incidere in modo determinante sul costo. Tra queste la più importante è rappresentata dalla difficoltà all'avanzamento causata dalla natura della roccia attraversata.

Nel presente lavoro è stata considerata la situazione media con riferimento alla natura della roccia attraversata, considerata di tipo B (qualità media) della classificazione di Terzaghi, e per una pressione interna compresa tra i 3 e i 5 Kg/cm².

I costi sono riferiti ad una unica tipologia costruttiva che prevede una galleria circolare di diametro interno di 3.0 m (minimo costruttivo), spessore teorico di rivestimento 30 cm, e sovrasspessore medio di 15 cm.

Per la stima del costo di costruzione del metro lineare di galleria è stato fatto riferimento alle medesime categorie di opere già previste per la costruzione delle opere di invaso riportate in appendice C.

Si riporta di seguito il costo a metro lineare di galleria in funzione delle quantità utilizzate per ciascuna delle voci:

LAVORI	Unità	Quantità	Costo unitario	COSTO
4 Scavo in galleria o sotterraneo o pozzo con tutti gli oneri di cui ai numeri precedenti compreso le armature anche a cassa chiusa, il marinaggio, l'uso continuo di pompe, i provvedimenti protettivi conseguenti a venute di gas, l'impiego di centine metalliche, la ventilazione, la illuminazione	mc	11,60	€92,96	€1.078,34
14 Cls per c.a., compreso ferro e casseforme, posto in opera in galleria	mc	4,87	€249,55	€1.216,52
15 Cls per galleria spruzzato (spritz beton)	mc	1,62	€189,58	€308,06
28 Varie (iniezioni, fuori sagoma, venute acqua, bulloneria,etc)	a corpo			€197,09
TOTALE				€2.800,00

Il valore ottenuto è stato confrontato con il costo a metro lineare attualizzato adottato nelle progettazioni rilevate nella fase di ricognizione del presente lavoro in gallerie di pari diametro riscontrando di fatto lo stesso ordine di costo.

3.6 OPERE DI VETTORIAMENTO: I CANALI

Nel presente lavoro non sono stati presi in considerazione interventi di realizzazione di nuovi canali. Tale scelta è in linea con le indicazioni progettuali rilevate nella fase di ricognizione e si rafforza nel fatto che la eventuale convenienza economica rispetto alla realizzazione di condotte interrate si scontra con la necessità di minimizzare le perdite lungo linea che assumono un aspetto strategico nei criteri di impostazione del presente lavoro.

Peraltro tra gli interventi esaminati vi sono casi di intervento lungo i canali esistenti che vanno, nell'arco delle ipotesi esaminate, dalla sostituzione integrale del canale o di tratti di canale con tubazioni interrate a semplici interventi di consolidamento e di impermeabilizzazione del canale esistente.

E' stato comunque previsto uno schema di calcolo dei costi di investimento relativi alla realizzazione dei canali funzionale alla ricostruzione dei costi di manutenzione e di esercizio delle opere esistenti nell'ambito della valutazione del costo attuale di produzione della risorsa (vol. 5).

Il costo di costruzione dei canali è stato parametrizzato sulla base delle due seguenti sezioni tipo:

- canali scavati in terra
- canali scavati in roccia

Il rivestimento dei canali è costituito da lastre in calcestruzzo di 10 cm di spessore. Il drenaggio, di 20 cm di spessore, è stato previsto solo nel caso di canale scavato in terra.

In appendice E sono riportate le tipologie costruttive adottate per le due sezioni tipo prese in considerazione e i costi unitari adottati per le categorie di opere principali.

In particolare la figura 1 riporta la sezione tipo del canale scavato in terra con l'indicazione delle quantità di scavo a sezione obbligata, rivestimento, drenaggio e scavo di sbancamento in funzione della larghezza del fondo del canale e della profondità di scavo.

La figura 2 riporta la sezione tipo del canale scavato in roccia, con l'indicazione delle quantità di scavo a sezione obbligata, rivestimento e scavo di sbancamento, in funzione della larghezza del fondo del canale e della profondità di scavo.

Per i canali scavati in roccia da ripper i maggiori costi dello scavo rispetto a quello in terra vengono approssimativamente compensati dalla diminuzione di sezione necessaria, dovuta all'aumento della pendenza di scavo. I costi di costruzione dei canali scavati in roccia da ripper possono quindi essere assunti pari ai costi dei canali scavati in terra.

Le figure 3 e 4 riportano le quantità di scavo a sezione obbligata e di sbancamento nelle due sezioni tipo adottate.

Lo schema di calcolo dei costi prevede di assumere il costo medio derivante da una percentuale paritetica di terra e roccia.

Si riportano di seguito i costi così ottenuti in funzione della larghezza **L** e della profondità **P** della sommità del canale dal piano di campagna.

<i>CANALI IN SCAVO</i> <i>L (m)</i>	<i>COSTO TOTALE (€)</i>							
	<i>P</i>							
	0	1	2	3	4	5	6	
0,50	41,71	79,62	128,92	187,69	259,25	342,67	437,46	
1,00	68,25	111,85	165,88	231,76	308,54	397,17	496,70	
1,50	106,64	154,98	214,70	285,32	367,79	461,16	566,37	
2,00	143,13	196,69	261,15	337,45	424,66	523,72	633,67	
2,50	184,37	243,14	312,81	394,33	486,75	591,49	706,19	
3,00	229,87	293,85	368,74	455,47	553,10	662,59	782,97	
3,50	283,90	353,09	433,19	524,67	627,99	742,21	868,28	
4,00	336,51	409,49	494,81	601,45	700,03	819,46	950,27	

La stima dei costi di ripristino dei canali è stata valutata per una sezione media sulla base della incidenza delle lesioni delle lastre di ricoprimento e della distribuzione dei giunti trasversali e longitudinali.

In entrambi i casi si è ipotizzato un intervento di rifacimento attraverso un sistema di banda coprigiunto impermeabile e collante a base di intonaco cementizio o resine epossidiche.

Il costo unitario di intervento – determinato sulla base di recenti progettazioni – è stato posto pari a:

pulizia e preparazione giunto e/o fessura	5 €/m
ripristino tenuta idraulica	15 €/m

Si riporta di seguito un esempio di calcolo dell'intervento di ripristino di un canale di sezione data ($L = 4$ m).

Ipotizzando una incidenza media di giunti trasversali pari a 2,5 m/m e di giunti longitudinali di 2 m/m, con una incidenza media delle filature pari al 10% dello sviluppo dei giunti, si ottiene uno sviluppo complessivo dell'intervento di ripristino di 5 m/m.

Applicato al costo unitario si ottiene, per la sezione considerata, un costo unitario medio di ripristino della funzionalità del canale pari a 100 €/m di canale.

Tale metodologia è stata applicata ai casi in studio in funzione della sezione reale e della incidenza dei giunti.

4 IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO

Il costo totale d'investimento di un impianto di sollevamento è strettamente legato alla tipologia della stazione, sia per quel che riferisce alle opere civili che alle installazioni elettromeccaniche.

La casistica è molto estesa in quanto variano da situazione a situazione l'opera di presa, il livello tra sala macchine e vasca di aspirazione, i dispositivi anti colpo d'ariete, la tensione di alimentazione dei motori elettrici, le stazioni di trasformazione, i sistemi di telecontrollo etc.

Per poter stabilire un criterio generale da utilizzare per valutazioni di carattere preliminare, si è stabilito di definire una relazione, sia pure approssimata, che consenta di valutare rapidamente il costo di investimento in funzione di due parametri principali quali la portata massima da sollevare e la prevalenza manometrica ovvero da altri parametri (potenza installata e tipo di pompa) derivati.

Relativamente alla tipologia di pompa si rileva che essa è ben caratterizzata dal numero di giri caratteristico n_c ($n \cdot \sqrt{Q_{\max}} / H^{3/4}$) che passa da valori intorno a 90 per pompe a turbina a circa 2000 per quelle a flusso assiale.

E' evidente come, a parità di potenza, che è proporzionale al prodotto $Q \cdot H$, le pompe a bassa prevalenza richiedano portate maggiori e quindi dimensioni maggiori sia di macchina che delle opere idrauliche in genere.

Atteso che il tipo di pompa è legato alla portata della pompa e non totale di stazione, occorre prefissare il valore del frazionamento della stazione che si assume pari a quattro unità installate di cui solo tre operative.

Con gli assunti e le semplificazioni sopra riportati è quindi possibile ricavare una relazione che legghi il costo totale di stazione alla potenza totale installata ed al numero di giri caratteristico, ovvero in altre parole, ad una funzione $f(Q_{\max}, H)$, in cui Q_{\max} rappresenta la portata massima di stazione.

Il costo totale delle opere viene così determinato da una relazione del tipo

$$C_t = C_m + C_v + C_c$$

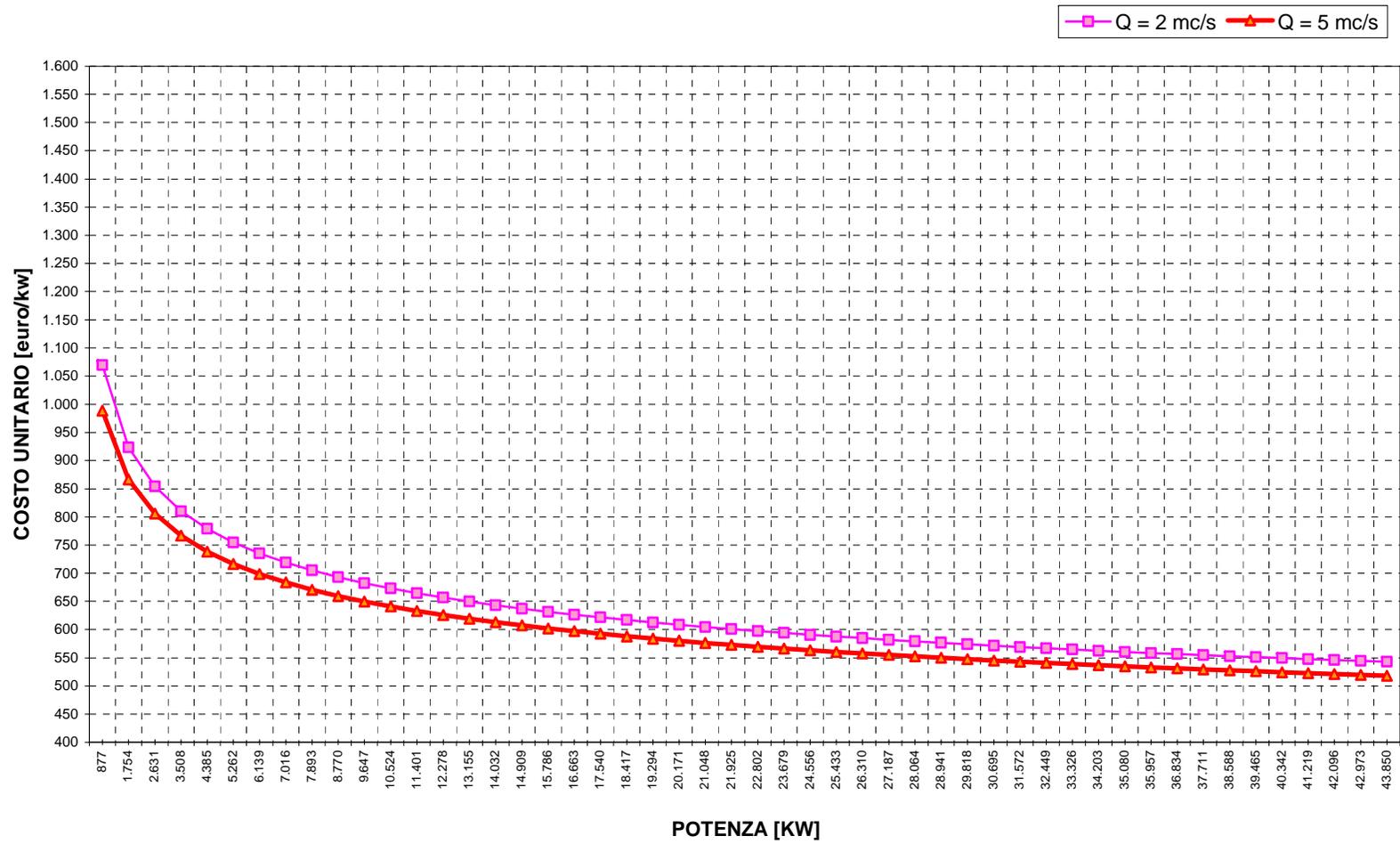
laddove C_t è il costo totale delle opere, C_m è il costo del macchinario e del valvolame, C_v è il costo delle opere civili, e C_c rappresenta il costo degli impianti complementari.

E' stata utilizzata la seguente legge di costo, già adottata nel Piano delle Acque della Sardegna, avendo attualizzato i costi al 2003:

$$C_t = 521 \cdot (17,54 \cdot Q_{\max} \cdot H)^{0,9} \cdot [(67 \cdot \sqrt{Q_{\max}} / H^{3/4})^{0,2} + 1] + 948 \cdot (2,1 \cdot Q_{\max} \cdot H + 25) + 284 \cdot (17,54 \cdot Q_{\max} \cdot H)^{0,8}$$

che nel raffronto con la casistica a disposizione sugli impianti esistenti di recente realizzazione ha fornito risultati attendibili.

Nel grafico seguente sono riportate, a titolo esemplificativo , le curve per due valori di portata sollevata, dalle quali, in funzione della prevalenza manometrica, si ricavano i costi di investimento relativi.



5 OPERE DI DERIVAZIONE

I limiti dello studio di pre fattibilità delle opere di derivazione sono costituiti dal fatto che dovendo esaminare in linea generale traverse di diverse dimensioni e con differenti caratteristiche idrauliche (variabilità delle portate massime di progetto e delle altezze di derivazione), è risultato necessario schematizzare le diverse soluzioni possibili adottando criteri di dimensionamento uniformi.

Tali criteri di dimensionamento, pur validi nell'ambito di uno studio di carattere generale, sono stati, nei casi particolari modificati ed integrati sulla base delle progettazioni rilevate nella fase di ricognizione del presente lavoro.

La metodologia adottata prevede la schematizzazione delle dimensioni delle opere in relazione a variabili quali: larghezza dello sbarramento, altezza di derivazione, portata di massima piena.

In particolare è stata adottata come tipologia costruttiva la traversa di tipo tracimabile in calcestruzzo. L'altezza con la quale defluisce la massima piena di progetto è posta uguale a H_s+1 (m).

La portata massima di progetto è stata calcolata tramite l'applicazione della formula del TCEV con tempo di ritorno di 500 anni, per le traverse di maggiori dimensioni, e di 200 anni per quelle di dimensioni più ridotte. I valori di progetto sono riportati per ciascuna opera in appendice F, unitamente alla metodologia di calcolo adottata per il dimensionamento e il calcolo dei costi di costruzione

I risultati del calcolo sono stati poi confrontati con i costi attualizzati di traverse di dimensioni analoghe rilevati nella progettualità disponibile trovando di fatto valori dello stesso ordine di grandezza.

Ovviamente la soluzione esaminata comprende solo una parte del ventaglio di tipologie delle traverse e opere accessorie possibili.

Salvo eccezioni, riscontrabili nello studio della singola opera, si ritiene tuttavia che le valutazioni di costo di seguito riportate, siano sufficientemente attendibili in relazione alle finalità dello studio.

6 IMPIANTI DI DISSALAZIONE

Oltre alle problematiche tecniche ed ambientali descritte nello specifico volume 1, una delle cause che hanno di fatto ostacolato lo sviluppo, soprattutto in Italia, della dissalazione è rappresentato dall'elevato costo sia dell'investimento che del prodotto finale.

I costi da porre in relazione con i consumi energetici si dividono in costi di infrastrutturazione e costi di esercizio veri e propri, una volta messo in esercizio l'impianto di dissalazione. Questi consumi energetici costituiscono la parte fondamentale nel costo finale dell'acqua dissalata.

I consumi di energia si producono nella captazione dell'acqua di mare, nel funzionamento dell'impianto mediante le pompe ad alta pressione ed i consumi ausiliari, nel sollevamento dell'acqua potabilizzata ed infine nell'eventuale sollevamento dell'acqua di scarico.

A titolo esemplificativo, dallo studio di prefattibilità redatto nel gennaio 2002 dall'Ente Autonomo del Flumendosa per conto dell'Assessorato Regionale LL.PP. relativo ad un dissalatore da 20 Mmc/anno da realizzare al servizio dell'area urbana di Cagliari, è emerso che a fronte di un costo di investimento oscillante tra i 72 ed gli 89 milioni di euro (a seconda delle soluzioni esaminate) corrisponde un costo annuo, inclusivo di ammortamenti con orizzonte temporale di 15 anni, tra 0,90 e 1,02 euro al metro cubo prodotto.

Per quanto attiene specificatamente il costo energetico, sulla base dello studio suddetto, nel presente lavoro è stato adottato un costo di circa 5 Kwh/mc di acqua prodotta, ipotizzando un funzionamento continuo nell'arco dell'anno

Per quanto attiene i costi di investimento, data la variabilità riferita alle diverse tipologie e i pochi casi disponibili, sono stati calcolati sulla base delle più recenti progettualità esistenti in campo regionale, rappresentate dallo studio sopra citato e da quello redatto dal Comune di Cagliari relativo ad un dissalatore da 10 Mmc/anno al servizio dell'area urbana di Cagliari.

I due valori di costo rapportati alla grandezza caratteristica assunta nel volume annuo di produzione renderebbero ad una eventuale legge di costo lineare rappresentativa della tipologia di opera, un notevole livello di incertezza.

Peraltro nella fase di pianificazione gli interventi di dissalazione sono stati esaminati considerando gli stessi due valori di dimensionamento adottati negli studi rilevati, il che ha reso superflua la ricerca di una curva di costo.

7 OPERE DI INFRASTRUTTURAZIONE IRRIGUA

7.1 ATTREZZAMENTO IRRIGUO

Nei comprensori irrigui di nuovo attrezzamento andranno complessivamente eseguite le seguenti opere:

- rete irrigua secondaria e terziaria o capillare;
- apparecchiature di regolazione delle portate e delle pressioni alla testa di ogni comizio;
- apparecchiature di misura delle portate e dei volumi in uscita dalle vasche di regolazione e in corrispondenza dei punti di consegna dell'acqua ai singoli utenti;
- stazioni di sollevamento complete di rete di alimentazione elettrica e di apparecchiature per la messa in pressione delle reti distributrici dovunque la cadente naturale risulti insufficiente per una somministrazione delle acque per aspersione;
- attraversamenti vari e relativi diritti di concessione in favore degli organismi competenti (attraversamenti di strade statali, provinciali e comunali, di corsi di acqua, aerei e in sifone, di ferrovie, di gasdotti, ecc.);
- rete scolante, primaria, secondaria e capillare, per lo sgrondo delle acque superflue provenienti sia dalle irrigazioni che dalle precipitazioni;
- livellamenti (generalmente localizzati) dei terreni irrigabili serviti, con lo scopo di evitare ristagni idrici nocivi (d'irrigazione o di pioggia) e di ottimizzare l'efficacia della rete scolante;
- espropriazione dei terreni occupati dalle opere anzidette.

Il costo di tali interventi, riferito alla superficie netta, desunto da recenti progettazioni, è così ripartito:

costi a carico del pubblico	10.000 €/ha
costi a carico del privato	2.000 €/ha

A carico del settore pubblico sono da comprendere tutti costi legati all'attrezzamento comprensoriale, essendo quelli legati alla parte aziendale a carico del privato.

7.2 VASCHE DI COMPENSO

Le vasche di compenso sono state previste in ingresso ai nuovi attrezzamenti irrigui allo scopo di regolare i volumi d'acqua di erogazione e di adduzione.

Avendo ipotizzato un regime di adduzione dei volumi idrici continuo nelle 24 ore, e nella ipotesi di una erogazione irrigua con esercizio di 16 ore su 24, la capacità di accumulo V della vasca, per una portata continua Q , è:

$$V = Q * 8 \text{ ore} * 3600 \text{ sec}$$

Il costo della vasca è stato desunto da recenti progettazioni riferite a serbatoi interrati in cls a cielo aperto per i due casi di:

$$V = 12.000 \text{ mc}$$

e

$$V = 50.000 \text{ mc}$$

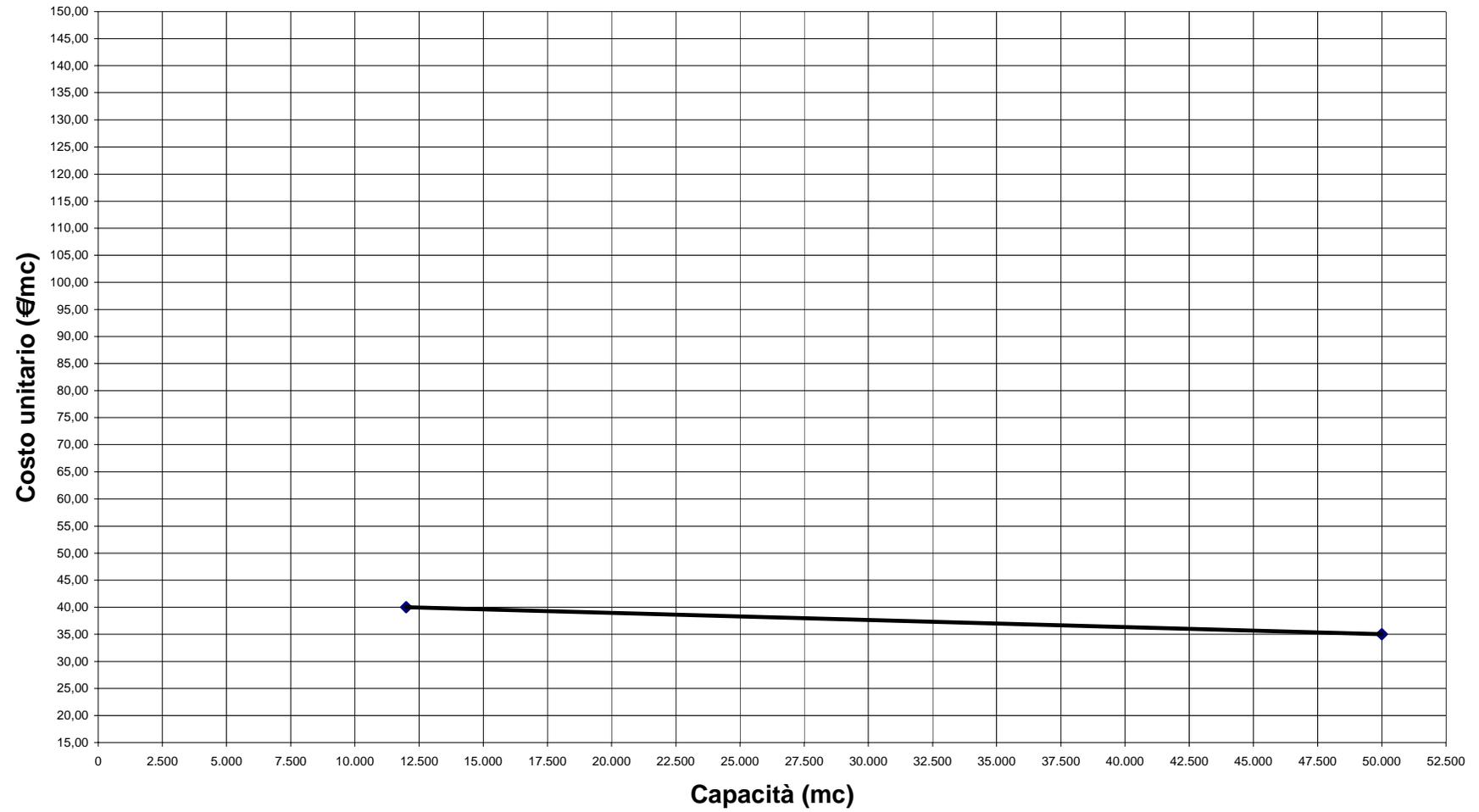
che garantiscono la copertura di un ventaglio significativo di possibili dimensioni delle opere in esame.

Anche nel presente caso le valutazioni di costo sono state effettuate per le due capacità di riferimento sopra descritte, supponendo che i costi medesimi varino linearmente tra una capacità e l'altra.

La curva di costo adottata, riferita ai costi per unità di capacità di regolazione, è di seguito riportata:

Costi unitari vasche di accumulo

$$y = -0,0001x + 41,579$$



APPENDICE A

Portate di piena

Ai fini del dimensionamento degli scarichi di superficie dei serbatoi, le portate di massima piena sono state determinate in base al maggiore fra i valori derivanti dalla formula del Sirchia modificata e del TCEV con tempo di ritorno di 1000 anni. Il risultato del calcolo è riportato nella tabella seguente.

Codice	Opera	A	q	Ψ	Qmax	QTCEV	Q da
		<i>(km²)</i>	<i>(m³/s km²)</i>		Sirchia	1000	applicare
					<i>(m³/s)</i>	<i>(m³/s)</i>	<i>(m³/s)</i>
S45	Flumineddu a S'Allusia	358,17	6	0,6	1338	1391	1391
S43	Mannu di Cuglieri	142,76	11	0,7	1070	595	1070
S46	Badu Crabolu	155,55	10	0,8	1267	644	1267
S42	Rio S. Simone	108,12	13	0,8	1091	1331	1331
S40	Posada ad Abba	543,00	5	1,0	2644	3771	3771
	Luchente						
S44	Foddeddu sul rio	53,00	19	1,0	1019	840	1019
	Corongiu						
S38	Basso Flumendosa M.	1706,13	2	1,0	4228	7894	7894
	Perdosu						
S48	Vignola	83,80	15	0,8	983	1129	1129
S52	Calambru	44,40	21	0,8	758	202	758
S51	Contra Ruja	91,70	14	0,6	765	1197	1197
S49	Monte Exi	7,00	37	0,8	209	228	228
S50	Ollastu	119,93	12	1,0	1424	1423	1424

APPENDICE B

Scarichi di superficie

Gli scarichi di superficie dei serbatoi progettati sono generalmente costituiti da:

- una soglia libera sfiorante
- un canale fagatore
- un dispositivo di dissipazione

I criteri seguiti nel dimensionamento di massima di queste opere sono descritti nei seguenti paragrafi.

Soglie sfioranti

In generale sono state adottate soglie sfioranti libere, anziché munite di paratoie automatiche, perché più semplici ed affidabili e, generalmente, più economiche (a parità di capacità utile di regolazione del serbatoio).

La lunghezza delle soglie di sfioro è stata determinata cercando di limitare il più possibile il sovrizzo nel serbatoio, tenendo conto dei possibili sviluppi delle opere consentiti dalla morfologia locale. In alcuni casi particolari (sezioni di sbarramento in valli strette che sottendono bacini con portate di piena elevate), è risultato più conveniente, in base ad un confronto economico tra le due soluzioni, adottare scarichi controllati da paratoie automatiche anziché scarichi liberi. Infatti, a parità di capacità utile di regolazione del serbatoio, l'adozione di paratoie consente di ridurre l'altezza della diga, potendosi limitare il sovrizzo del livello massimo su quello utile di regolazione: per i serbatoi in esame, si è assunto questo sovrizzo, in presenza di paratoie, pari a 1 m.

In 5 casi è stata adottata la soluzione con paratoie: nei casi della diga di Abba Luchente, S. Simone, S'Allusia e di Ollastu, perché risultava più conveniente, e nel caso della diga di Monte Perdosu, sebbene antieconomico, per la necessità di limitare la quota di massimo invaso derivante dalle vicinanze del centro abitato di Ballao. In questo ultimo caso inoltre, in analogia al documento progettuale, è stato adottato un sovrizzo di 3 m sulla quota di massima regolazione.

La lunghezza della soglia è stata calcolata con la formula degli stramazzi liberi, nella quale si è assunto un coefficiente di efflusso pari a 0,425. Solo nel caso di M Perdosu è stato utilizzato, come da progetto, il profilo Creagher.

Canali fagatori

Per le dighe in calcestruzzo a gravità ordinaria, il canale fagatore è costituito dal paramento di valle della diga.

Negli altri casi è sempre stato adottato un canale all'aperto per ragioni di convenienza economica. Questo è stato previsto di larghezza tale da convogliare portate dell'ordine di 50 m³/sxm.

In due soli casi (Diga di Calambro a Mamui e Diga di Mannu a Contra Ruja) il canale, rivestito in cls, è stato ubicato, sempre per ragioni economiche, a ridosso del rilevato in materiali sciolti. In tal caso al contatto della struttura rigida con la struttura deformabile sono previsti i normali provvedimenti costruttivi adottati per garantire la tenuta, sia per il contatto diga-canale che per il contatto diga-muro d'unghia perimetrale.

Organi di dissipazione

A titolo cautelativo, in questa fase di progetto di prefattibilità, si è generalmente preferito prevedere una vasca di smorzamento a valle della diga, in quanto altri dispositivi più semplici, del tipo a getto libero, richiedono una resistenza della roccia che va compiutamente accertata.

Nei casi degli invasi di S'Allusia, Vignola, M. Exi, Foddeddu, MAnnu di Cuglieri, ove le condizioni geomeccaniche delle rocce affioranti a valle palesemente lo consentivano, si è adottato un "salto di sci", con angolo di uscita di 30° e raggio di curvatura piuttosto ampio.

Nel caso generale è stata invece prevista una vasca di smorzamento, rivestita in calcestruzzo, ubicata al piede del canale fuggatore ed incassata rispetto alla quota dell'alveo a valle. Il suo dimensionamento è stato fatto in modo da garantire il contenimento del risalto idraulico, sia con un'adeguata lunghezza della vasca stessa, sia con l'adozione di una sezione di controllo finale che assicuri il rigurgito del risalto.

Sono stati pertanto eseguiti i seguenti calcoli:

determinazione dell'energia della corrente a monte del risalto

$$H1=c \cdot HT \quad (1)$$

essendo : H1 = l'energia rispetto alla quota fondo vasca (m)
 c = coefficiente che tiene conto delle perdite di carico, assumendo c= 0,95 per vasche al piede diga (dighe in cls a gravità) e c= 0,90 per vasche a valle di canali di scarico (ove le dighe sono in materiali sciolti)
 HT = (q.m.i. – q.f.v.) il dislivello (m) tra il massimo invaso e la quota fondo vasca

determinazione dell'altezza della lama d'acqua h1 (m) a monte del risalto

$$h1=H1-V1^2/2g \quad (2)$$

ove : V1²/2g è l'altezza cinetica della corrente (m)

determinazione dell'altezza coniugata h2 (m)

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[\sqrt{(1 + 8F_1^2)} - 1 \right] \quad (3)$$

ove: F_1 è il numero di Froude a monte del risalto

determinazione della lunghezza della vasca

$$L \approx 5 \cdot h_2 \quad (4)$$

da curve U.S.B.R. per vasche simili a quelle progettate e per numeri di Froude elevati, come nei casi esaminati.

determinazione dell'altezza della soglia terminale

a titolo cautelativo si è supposto che sulla soglia terminale l'altezza h_s fosse pari all'altezza critica h_c . Determinata la relativa energia H_c con le consuete formule, la profondità p (m) è stata fissata pari a :

$$p \approx 1,10 \cdot h_2 - H_c \quad (5)$$

Scarichi di fondo

Gli scarichi di fondo sono stati progettati utilizzando le eventuali gallerie di deviazione provvisoria oppure, nel caso di deviazione provvisoria prevista attraverso un vano lasciato nei conci futuri dello sbarramento, praticando un cunicolo nel corpo della diga.

Le dimensioni della galleria sono state condizionate dalle portate massime previste per la fase di costruzione, mentre le dimensioni delle paratoie di intercettazione sono state determinate dai tempi massimi prefissati per lo svuotamento del serbatoio. I tempi sono stati così assunti:

DIGHE IN CLS

- per serbatoi fino a 60	Mm ³	120 ore
- per serbatoi oltre i 60	Mm ³	240 ore
- per serbatoi tra 120 e 300	Mm ³	100 ore
- per serbatoi oltre 300	Mm ³	200 ore

DIGHE IN MATERIALI SCIOLTI 360 ore

La portata media scaricata è:

$$Q_b = c \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot H_m} = V / (3600 \cdot T) \quad (6)$$

dalla quale si ricava l'area delle paratoie:

$$A = V / (3600 \cdot T \cdot c \cdot \sqrt{2g \cdot H_m}) \quad (7)$$

ove: Q_b = portata media dello scarico di fondo (m³/s) durante la fase di svuotamento. Approssimando la curva $Q = Q(V)$ con una retta, la Q_b corrisponde alla portata dello scarico di fondo quando l'invaso raggiunge la quota baricentrica della capacità utile.

H_m = carico necessario (m) per far defluire Q_b . Nell'approssimazione fatta per Q_b (da ritenersi valida nell'ambito di uno studio di prefattibilità), H_m corrisponde al dislivello tra la quota baricentrica della capacità utile e la quota dell'asse delle paratoie.

c = coefficiente di efflusso, conglobante gli effetti di contrazione, assunto pari a 0,80.

Analogamente a quanto determinato dal Piano Acque è stato assunto $Q_b = Q_{max}/1,10$, e pertanto nell'equazione (7) si è supposto:

$$H_m = H/1,21 \quad (8)$$

Ove : H è il dislivello fra la quota massima di regolazione e la quota asse paratoie.

Il moto idraulico nel condotto di scarico è in pressione a monte delle paratoie ed a pelo libero a valle, ragion per la quale è stata prevista una aereazione della corrente subito a valle delle paratoie.

APPENDICE C

Voci di costo

	LAVORI	Unità	Costo (€)
1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	€ 2,50
2	Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	€ 4,13
3	Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	€ 12,91
3b	Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggettamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	€ 15,49
4	Scavo in galleria o sotterraneo o pozzo con tutti gli oneri di cui ai numeri precedenti compreso le armature anche a cassa chiusa, il marinaggio, l'uso continuo di pompe, i provvedimenti protettivi conseguenti a venute di gas, l'impiego di centine metalliche, la ventilazione, la illuminazione	mc	€ 92,96
6*	Formazione di argini e rilevati con materiali alluvionali provenienti da cave di prestito anche frantumati con caratteristiche geometriche e granulometriche opportunamente studiate, compresa la compattazione, la sistemazione dei paramenti di valle con terra e roccia sistemato a mano, la strada di coronamento e le protezioni	mc	
8*	Formazione di rilevato in pietrame (Rock-fill) proveniente da cava di prestito con curva granulometrica prefissata dalla Direzione Lavori come pure il grado di compattazione , compreso il filtro e la sistemazione a mano, la preparazione del paramento di monte per la posa per il manto di impermeabilizzazione , la strada di coronamento e la protezioni	mc	

11*	Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme (*)	mc	
13	Cls per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	€ 163,14
13bis	Cls c.s ma debolmente armato per scarico di superficie, canale di scarico e vasca di dissipazione	mc	€ 145,05
14	Cls per c.a., compreso ferro e casseforme, posto in opera in galleria	mc	€ 249,55
15	Cls per galleria spruzzato (sprit beton)	mc	€ 189,58
16	Rivestimento impermeabilizzante del paramento di monte dei rilevati costituito da conglomerato bituminoso posto su idoneo sottofondo (di spessore pari a 80 cm) o da membrana polimerica su idoneo sottofondo ed opportunamente protetta	mq	€ 81,10
18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	€ 50,00
18b*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade provinciali e statali	mq	€ 95,00
19*	Formazione di strada di servizio con pavimentazione realizzata in tout-venant di cava costipato, compresi gli oneri di scavo in terreno di qualsiasi natura ed ogni altro onere per la sistemazione completa	mq	€ 50,00
20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	€ 59,72
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	€ 189,58

22a	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di superficie	mq	€ 6.500,00
22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	€ 71.092,87
23**	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture	a corpo	
24a*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade comunali e provinciali	mq	
24b*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade statali	mq	€ 700,00
25	Indennità di esproprio per edifici presenti nell'area di invaso, case rurali, stalle, etc., vuoto per pieno	mc	€ 142,19
26	Indennità di esproprio per aree (attività nulla)	ha	€ 4.774,66
26	Indennità di esproprio per aree (attività limitata)	ha	€ 8.352,01
26	Indennità di esproprio per aree (attività intensa)	ha	€ 24.875,02
27	Opere di sistemazione (15% importo voci preced.)	a corpo	
28	Opere di mitigazione e compensazione (10% importo voci preced.)	a corpo	
*	costi desunti dalle progettazioni disponibili		
**	€ 5 al mc di sbarramento per dighe in CLS		
**	€ 0,6 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti		

Determinazione del costo medio delle espropriazioni

Per il calcolo delle indennità di esproprio si è fatto ricorso ad un metodo semplificato che individua tre tipologie di attività agricola:

- Attività agricola nulla o quasi
- Attività agricola limitata
- Attività agricola intensa

Per ognuna delle quali si è individuata una ripartizione colturale che in via semplificata prevede la diversa combinazione delle seguenti colture:

- incolto produttivo
- seminativo
- seminativo irriguo

Per i quali si fissano i prezzi unitari di base di esproprio quali media di quelli relativi a tutte le regioni agrarie delle quattro province secondo il B.U. Regione Autonoma della Sardegna n°11 del 14 Aprile 2003.

Ad essi si somma la quota relativa alla occupazione temporanea fissata pari ad un dodicesimo del valore espropriativo per cinque anni.

Si prevede inoltre una quota per frutti pendenti, fabbricati, canali, etc.pari al 15% del costo dell'esproprio e una maggiorazione per accettazione dell'espropriazione e maggiorazione per fittavoli, enfiteuti e coltivatori diretti pari al 200% del valore espropriativo (art. 14 legge 28.01.77).

Nella pagina seguente sono riportati i calcoli relativi al costo totale delle espropriazioni riferite alle tre tipologie di attività agricola sopra riportate.

ATTIVITA AGRICOLA NULLA O QUASI

	ettari %	€/ha	€
incolto produttivo	100	1.338,69	133.869,00
seminativo		4.682,01	0,00
seminativo irriguo		9.389,57	0,00
TOTALE	100		133.869,00
Occupazione temporanea (5/12)			55.778,75
Frutti pendenti, fabbricati, canali, etc (15%)			20.080,35
Maggiorazione per l'accettazione dell'esproprio (200%)			267.738,00
Costo Totale			477.466,10
TOTALE per ha (€/ha)			4.774,66

ATTIVITA AGRICOLA LIMITATA

	ettari %	€/ha	€
incolto produttivo	70	1.338,69	93.708,30
seminativo	30	4.682,01	140.460,30
seminativo irriguo		9.389,57	0,00
TOTALE	100		234.168,60
Occupazione temporanea (5/12)			97.570,25
Frutti pendenti, fabbricati, canali, etc (15%)			35.125,29
Maggiorazione per l'accettazione dell'esproprio (200%)			468.337,20
Costo Totale			835.201,34
TOTALE per ha (€/ha)			8.352,01

ATTIVITA AGRICOLA INTENSA

	ettari %	€/ha	€
incolto produttivo	30	1.338,69	40.160,70
seminativo		4.682,01	0,00
seminativo irriguo	70	9.389,57	657.269,90
TOTALE	100		697.430,60
Occupazione temporanea (5/12)			290.596,08
Frutti pendenti, fabbricati, canali, etc (15%)			104.614,59
Maggiorazione per l'accettazione dell'esproprio (200%)			1.394.861,20
Costo Totale			2.487.502,47
TOTALE per ha (€/ha)			24.875,02

APPENDICE D

Tabella 1 - Costo a ml della tubazione finita

DN (m)	Costo movimenti terra (€)	Costo fornitura e posa (€)	Costo totale opere d'arte lungo linea (€)	Costo tubazione finita (€)
0,1	22,98	32,57	23,93	79,48
0,2	24,95	79,22	23,93	128,10
0,3	26,59	124,88	34,15	185,62
0,4	32,26	166,5	45,48	244,23
0,5	38,30	211,48	45,48	295,25
0,6	44,71	241,5	45,48	331,69
0,7	51,50	298,77	45,48	395,74
0,8	58,66	339,73	66,48	464,86
0,9	98,77	436,43	66,48	601,67
1	108,56	491,2	66,48	666,23
1,2	129,25	585,47	107,97	822,68
1,4	151,43	759,32	107,97	1.018,72
1,6	175,10	903,98	107,97	1.187,04
1,8	200,26	1016,29	107,97	1.324,51
2	226,90	1135,48	107,97	1.470,35
2,2	255,03	1373,32	107,97	1.736,32
2,5	300,02	1732,52	107,97	2.140,51
3	382,45	2957,57	107,97	3.447,98

Tabella 2 - Costo a ml dei movimenti terra

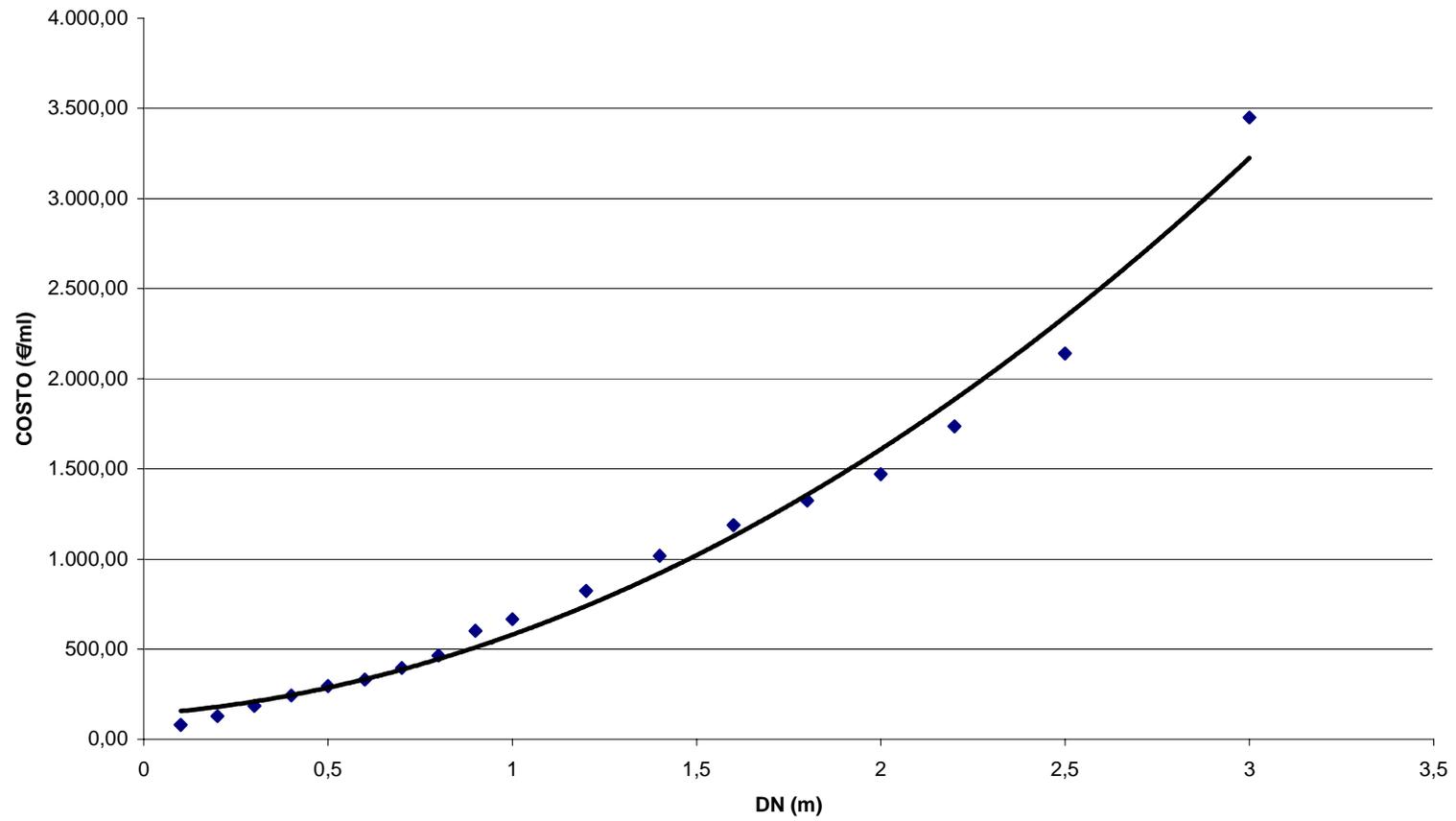
D (m)	H (m)	L (m)	Scavo (mc)	Costo Unitario Scavo (€/mc)	Costo Totale Scavo (€)	Letto di posa (mc)	Costo Unitario Letto di posa (€/mc)	Costo Totale Letto di posa (€)	Rinterro (mc)	Costo Unitario Rinterro (€/mc)	Costo Totale Rinterro (€)	Costo Totale Movimenti Terra (€)
0,1	1,6	0,7	1,12	14,015	15,70	0,27215	21,33	5,80	0,84	1,76	1,4784	22,98
0,2	1,7	0,7	1,19	14,015	16,68	0,3186	21,33	6,80	0,84	1,76	1,4784	24,95
0,3	1,8	0,7	1,26	14,015	17,66	0,34935	21,33	7,45	0,84	1,76	1,4784	26,59
0,4	1,9	0,8	1,52	14,015	21,30	0,4344	21,33	9,27	0,96	1,76	1,6896	32,26
0,5	2	0,9	1,8	14,015	25,23	0,52375	21,33	11,17	1,08	1,76	1,9008	38,30
0,6	2,1	1	2,1	14,015	29,43	0,6174	21,33	13,17	1,2	1,76	2,112	44,71
0,7	2,2	1,1	2,42	14,015	33,92	0,71535	21,33	15,26	1,32	1,76	2,3232	51,50
0,8	2,3	1,2	2,76	14,015	38,68	0,8176	21,33	17,44	1,44	1,76	2,5344	58,66
0,9	2,7	1,7	4,59	14,015	64,33	1,40415	21,33	29,95	2,55	1,76	4,488	98,77
1	2,8	1,8	5,04	14,015	70,64	1,555	21,33	33,17	2,7	1,76	4,752	108,56
1,2	3	2	6	14,015	84,09	1,8696	21,33	39,88	3	1,76	5,28	129,25
1,4	3,2	2,2	7,04	14,015	98,67	2,2014	21,33	46,96	3,3	1,76	5,808	151,43
1,6	3,4	2,4	8,16	14,015	114,36	2,5504	21,33	54,40	3,6	1,76	6,336	175,10
1,8	3,6	2,6	9,36	14,015	131,18	2,9166	21,33	62,21	3,9	1,76	6,864	200,26
2	3,8	2,8	10,64	14,015	149,12	3,3	21,33	70,39	4,2	1,76	7,392	226,90
2,2	4	3	12	14,015	168,18	3,7006	21,33	78,93	4,5	1,76	7,92	255,03
2,5	4,3	3,3	14,19	14,015	198,87	4,33375	21,33	92,44	4,95	1,76	8,712	300,02
3	4,8	3,8	18,24	14,015	255,63	5,475	21,33	116,78	5,7	1,76	10,032	382,45

Tabella 3 - Costo a ml delle opere d'arte lungo linea

D (m)	Incidenza pozzetti di scarico e di sfiato	Costo unitario pozzetti di scarico e di sfiato	Costo pozzetti di scarico e di sfiato (€)	Incidenza Attraversamenti fluviali	Costo unitario Attraversamenti fluviali	Costo Totale Attraversamenti fluviali (€)	Incidenza Attraversamenti Stradali	Costo unitario Attraversamenti Stradali	Costo Totale Attraversamenti Stradali (€)	Costo Totale opere d'arte lungo linea (€)
0,1	0,0033	5.430	18,1	0,0005	4.503	2,25	0,0003	14.297	3,57	23,93
0,2	0,0033	5.430	18,1	0,0005	4.503	2,25	0,0003	14.297	3,57	23,93
0,3	0,0033	7.461	24,87	0,0005	8.127	4,06	0,0003	20.861	5,22	34,15
0,4	0,0033	9.375	31,25	0,0005	11.087	5,54	0,0003	34.726	8,68	45,48
0,5	0,0033	9.375	31,25	0,0005	11.087	5,54	0,0003	34.726	8,68	45,48
0,6	0,0033	9.375	31,25	0,0005	11.087	5,54	0,0003	34.726	8,68	45,48
0,7	0,0033	9.375	31,25	0,0005	11.087	5,54	0,0003	34.726	8,68	45,48
0,8	0,0033	13.356	44,52	0,0005	15.610	7,81	0,0003	56.607	14,15	66,48
0,9	0,0033	13.356	44,52	0,0005	15.610	7,81	0,0003	56.607	14,15	66,48
1	0,0033	13.356	44,52	0,0005	15.610	7,81	0,0003	56.607	14,15	66,48
1,2	0,0033	21.029	70,10	0,0005	26.517	13,26	0,0003	98.443	24,61	107,97
1,4	0,0033	21.029	70,10	0,0005	26.517	13,26	0,0003	98.443	24,61	107,97
1,6	0,0033	21.029	70,10	0,0005	26.517	13,26	0,0003	98.443	24,61	107,97
1,8	0,0033	21.029	70,10	0,0005	26.517	13,26	0,0003	98.443	24,61	107,97
2	0,0033	21.029	70,10	0,0005	26.517	13,26	0,0003	98.443	24,61	107,97
2,2	0,0033	21.029	70,10	0,0005	26.517	13,26	0,0003	98.443	24,61	107,97
2,5	0,0033	21.029	70,10	0,0005	26.517	13,26	0,0003	98.443	24,61	107,97
3	0,0033	21.029	70,10	0,0005	26.517	13,26	0,0003	98.443	24,61	107,97

COSTO TUBAZIONE FINITA

$$y = 293,48x^2 + 148,1x + 138,97$$
$$R^2 = 0,986$$



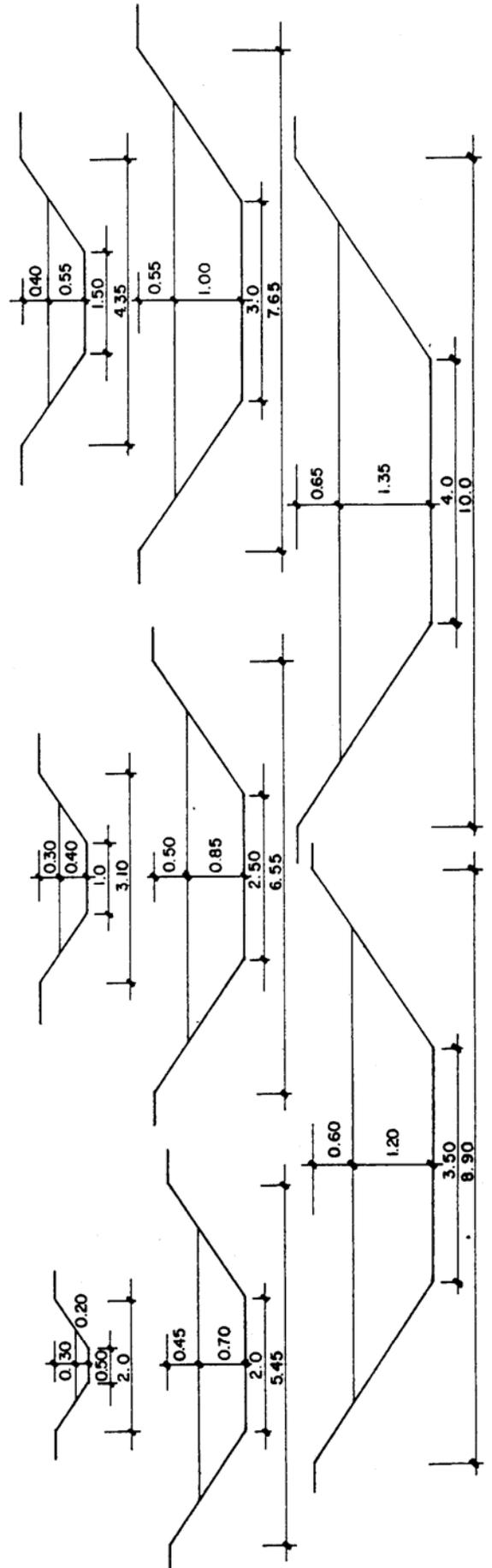
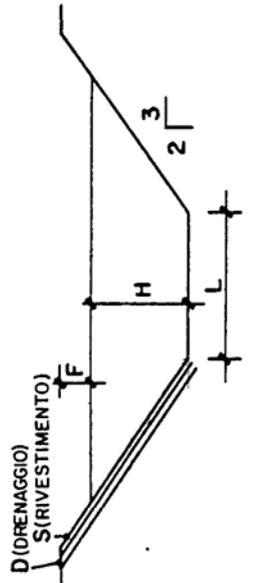
APPENDICE E

LAVORI	Unità	Costo
1 Scavo a grande sezione per l'imbasamento della traversa con relativo dissabbiatore comunque eseguito anche in alveo di fiume ed in presenza d'acqua in terreno di qualsiasi natura, durezza e consistenza, compreso la rifinitura e la regolarizzazione del piano di fondazione della traversa ed il trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita di materiali non utilizzabili.	mc	€ 4,74
2 Scavo a sezione obbligata comunque eseguito per l'impianto di opere d'arte quali muri, compreso il successivo riempimento dei vuoti attorno alle murature e tutti gli oneri di cui al punto 1	mc	€ 6,64
3 Calcestruzzo per c.a. per fondazioni, soglia vasca di dissipazione, muri, compresi ferro e casseforme	mc	€ 170,62

SEZIONE TIPO DI CANALI SCAVATI IN TERRA O IN RILEVATO

FIG. 1

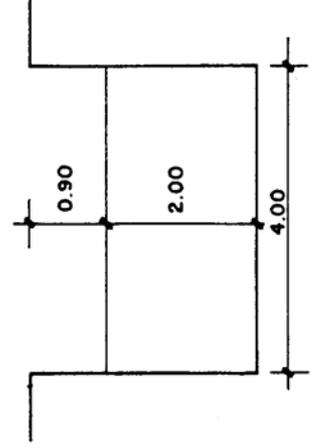
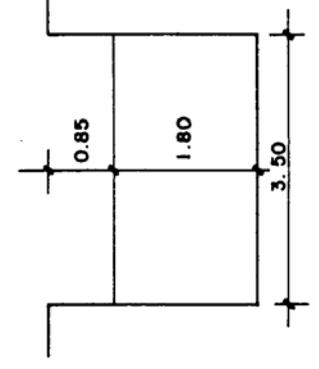
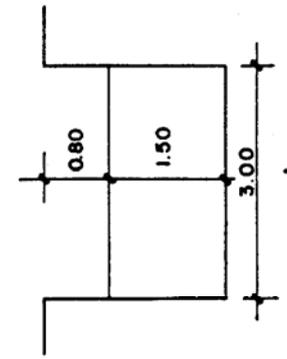
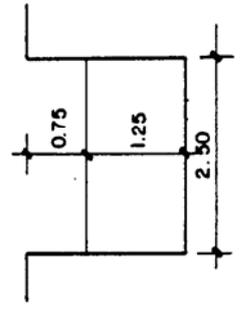
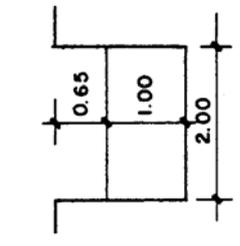
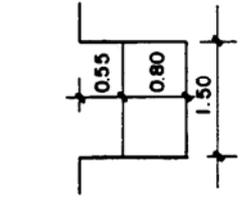
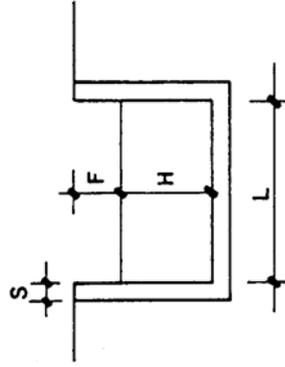
L	CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE					CARATTERISTICHE IDRAULICHE					PARAMETRI UTILIZZATI PER LE SEZIONI
	AREA SEZIONE	AREA RIVESTIM.	AREA DRENAGGIO	AREA TOTALE	AREA BAGNATA	PERIMETRO BAGNATO	RAGGIO IDRAULICO	χ	PORTATA (m ³ /s)		
0,5	0,62	0,20	0,40	1,22	0,16	1,22	0,131	74	4,29 \sqrt{l}		
1,0	1,43	0,30	0,60	2,33	0,64	2,44	0,262	74	23,90 \sqrt{l}		
1,5	3,10	0,44	0,88	4,42	1,28	3,48	0,368	75	58,23 \sqrt{l}		
2,0	4,28	0,55	1,10	5,93	2,13	4,52	0,471	76	111,10 \sqrt{l}		
2,5	6,11	0,65	1,30	8,06	3,21	5,56	0,577	77	187,75 \sqrt{l}		
3,0	8,25	0,76	1,52	10,53	4,50	6,60	0,682	78	289,87 \sqrt{l}		
3,5	11,16	0,89	1,78	13,83	6,36	7,82	0,813	78	447,30 \sqrt{l}		
4,0	14,00	1,00	2,00	17,00	8,13	8,86	0,918	79	615,40 \sqrt{l}		



SEZIONI TIPO DI CANALI SCAVATI IN ROCCIA

FIG. 2

L	CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE			CARATTERISTICHE IDRAULICHE				PARAMETRI UTILIZZATI PER LE SEZIONI H = 0,5 L F = 0,30 + 0,30 H S = 0,10 m
	AREA SEZIONE	AREA RIVESTIM.	AREA TOTALE	AREA BAGNATA	PERIMETRO BAGNATO	RAGGIO IDRAULICO	λ	
0,5	0,37	0,20	0,57	0,175	1,20	0,146	68,90	4,60 \sqrt{L}
1,0	1,00	0,30	1,30	0,550	2,10	0,262	72,78	20,49 \sqrt{L}
1,5	2,00	0,42	2,42	1,200	3,10	0,387	74,90	55,90 \sqrt{L}
2,0	3,30	0,53	3,83	2,000	4,00	0,500	76,20	107,70 \sqrt{L}
2,5	5,00	0,65	5,65	2,120	5,00	0,625	77,20	190,00 \sqrt{L}
3,0	6,90	0,76	7,66	4,500	6,00	0,750	78,00	303,00 \sqrt{L}
3,5	9,30	0,88	10,18	6,300	7,10	0,887	78,60	466,00 \sqrt{L}
4,0	11,60	1,00	12,60	8,000	8,00	1,000	79,00	632,00 \sqrt{L}



SEZIONE TIPO DEL CANALE SCAVATO IN TERRA

FIG. 3

P L	SCAVO A SEZIONE OBBLIGATA (m ³ /m)	SCAVO DI SBANCAMENTO (m ³ /m)					
		0	1	2	3	4	5
0,5	1,22	6,55	16,10	27,52	43,07	61,62	83,17
1,0	2,33	7,70	18,40	32,10	48,80	68,50	91,20
1,5	4,42	8,85	20,70	35,55	53,40	74,25	98,10
2,0	5,93	10,00	23,00	39,00	58,00	80,00	105,00
2,5	8,06	11,15	25,30	42,45	62,60	85,75	111,90
3,0	10,53	12,30	27,60	45,90	67,20	91,50	118,80
3,5	13,83	13,45	29,90	49,35	71,80	97,25	125,70
4,0	17,00	14,60	32,20	52,80	76,40	103,00	132,60

SEZIONE TIPO DEL CANALE SCAVATO IN ROCCIA

FIG. 4

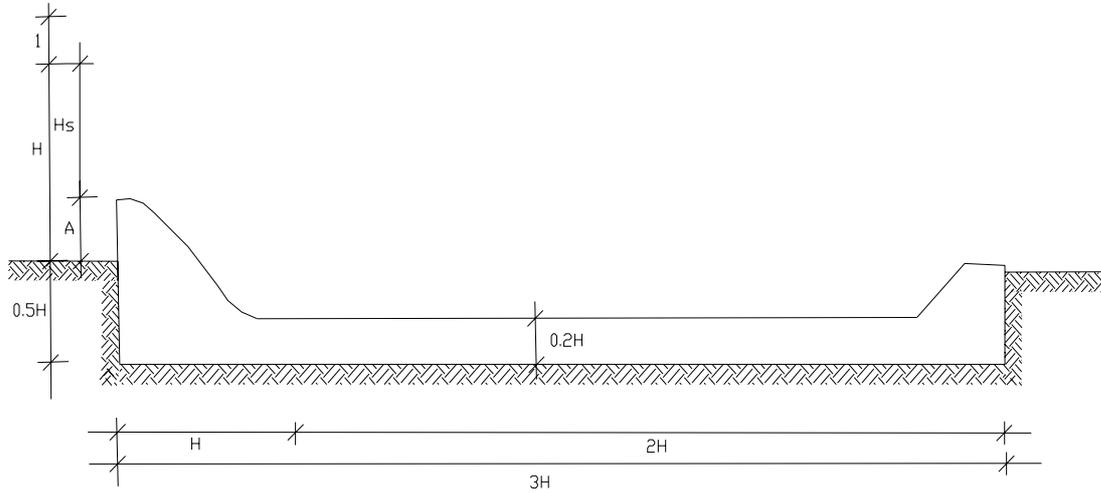
P L	SCAVO A SEZIONE OBBLIGATA (m ³ /m)	SCAVO DI SBANCAMENTO (m ³ /m)					
		0	1	2	3	4	5
0,5	0,57	4,0	9	15,0	22	30,0	39
1,0	1,30	4,5	10	16,5	24	32,5	42
1,5	2,42	5,0	11	18,0	26	35,0	45
2,0	3,83	5,5	12	19,5	28	37,5	48
2,5	5,65	6,0	13	21,0	30	40,0	51
3,0	7,66	6,5	14	22,5	32	42,5	54
3,5	10,18	7,0	15	24,0	34	45,0	57
4,0	12,60	7,5	16	25,5	36	47,5	60

APPENDICE F

1. Soglia tracimabile

Volume di scavo = $1.5 H^2$ (al metro)

Volume di calcestruzzo = $0.6 H^2 + A^2$ (al metro)



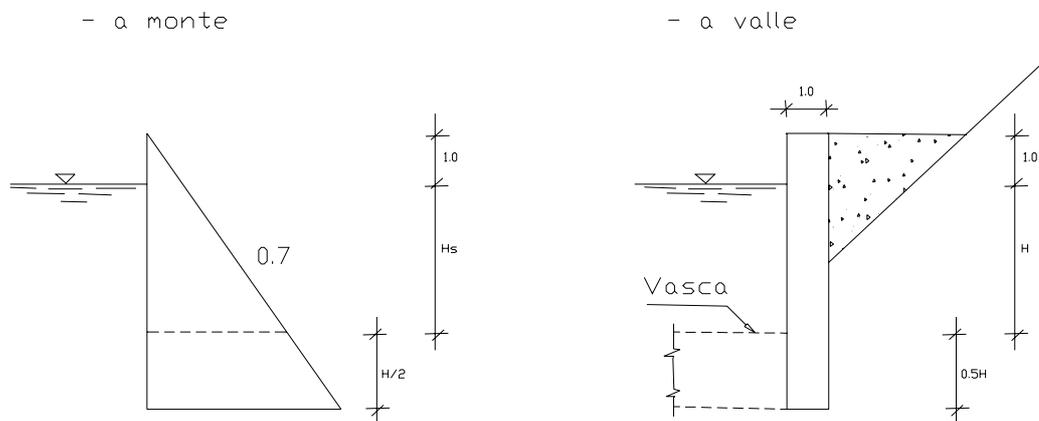
<i>H</i>	<i>A</i>	<i>Scavo</i> (m^3/m)	<i>Cl</i> <i>s</i> (m^3/m)	<i>H</i>	<i>A</i>	<i>Scavo</i> (m^3/m)	<i>Cl</i> <i>s</i> (m^3/m)	
3	1	13.5	6.4	8	1	96	39.4	
	2	13.5	9.4		2	96	42.4	
4	1	24	10.6	3	3	96	47.4	
	2	24	13.6		4	96	54.4	
	3	24	18.6		5	96	63.4	
5	1	37.5	16	6	6	96	74.4	
	2	37.5	19		7	96	87.4	
	3	37.5	24		9	1	121.5	49.6
4	37.5	31	2	121.5		52.6		
6	1	54	22.6	3	3	121.5	57.6	
	2	54	25.6		4	121.5	64.6	
	3	54	30.6		5	121.5	73.6	
	4	54	37.6		6	121.5	84.6	
	5	54	46.6		7	121.5	97.6	
7	1	73.5	30.4	8	8	121.5	112.6	
	2	73.5	33.4		10	1	150	61
	3	73.5	38.4			2	150	64
	4	73.5	45.4			3	150	69
	5	73.5	54.4			4	150	76
	6	73.5	65.4			5	150	85
			6	150		96		
			7	150		109		
			8	150		124		

2. Muri

I muri necessari sono:

- a monte (a prolungamento della traversa) di sviluppo complessivo K determinato per tentativi sulla base della sezione dell'alveo come determinata dai DTM in funzione delle diverse altezze di sbarramento
- a valle (di contenimento della lama sfiorante e dello sghiaiatore) di sviluppo complessivo $2 \times 3 H$

Le dimensioni dei muri sono in funzione di H:



VOLUME CALCESTRUZZO	=	$(2 H + 0.15 H^2) \times (6 H + K)$	m^3
VOLUME SCAVO	=	$(H + 0.05 H^2) \times (6 H + K)$	m^3

3. Opere varie

Le opere varie che concorrono al costo della traversa sono:

- rilevati;
- diaframma;
- tubazioni, relativi pezzi speciali e saracinesche;
- strade di accesso ed ufficio di sorveglianza;
- recinzioni, rivestimenti scarpate, drenaggi, rinterri, demolizioni, giunti;

Si è assunto che il costo delle opere varie rappresenti mediamente il 15% del costo totale della traversa.

4 Portate di piena

Ai fini del dimensionamento delle traverse le portate di massima piena sono state determinate tramite l'applicazione della formula del TCEV con tempo di ritorno di 500 anni, per le traverse di maggiori dimensioni, e di 200 anni per quelle di dimensioni più ridotte, come di seguito:

Codice	Opera	QTCEV [mc/s]	QTCEV [mc/s]
		200	500
T29	Traversa sul rio S.Marco	202	242
T30	Traversa sul rio Figu	205	245
T57	Traversa sul Rio Cixerri	607	727
T24	Traversa sul Rio Limbara	255	306
T26	Traversa sul rio Palasole a punta dell'Acula		719
T25.1	Traversa di Monte Tova		2074
T54	Traversa sul rio Buttule a Palazzo Tribides	352	
T27	Traversa sul Temo a Costa Barasumene		1842
T31	Traversa Abbaidorza		45
T34	Traversa sul Flumineddu a Bau e Linu		2295
T32	Traversa sul rio Tennero	64	
T33	Traversa sul rio Ferralzos	126	
T56	Traversa sul rio minore (Ruja)	91	
T35	Traversa sul rio Pramaera	1034	
T36	Traversa sul rio Quirra a castello di Quirra	1948	
T59	Traversa sul rio Arriali	343	
T60	Traversa sul rio Cannas a Bruncu S'Illixedda		849
T61	Traversa sul rio Mannu di Ozieri		559

5 Dimensionamento

Dati di input

Lunghezza sbarramento	(m)	L
Altezza soglia tracimabile	(m)	A
Portata di massima piena di progetto	(m ³ /s)	QP

Caratteristiche della traversa

Altezza di efflusso alla massima piena	(m)	$H_{s+1} = \sqrt[3]{\left(\left(\frac{QP}{L \times 0.47}\right)^2 \times \frac{1}{2g}\right)}$
Altezza di massimo invaso	(m)	$A + H_{s+1} = H$

Stima quantità dei lavori

Volume di scavo traversa tracimabile	(m ³)	$2.5 \times H^2 \times L$	= VS1
Volume di scavo sghiaiatore, dissabbiatore, opera di presa	(m ³)	20 % VS1	= VS2
Volume scavo di fondazione muri	(m ³)	$(H^2 + 0.05 H^3) \times (6 + K)$	= VS3
	(m ³)	$(H^2 + A^2) L$	= VC
Volume di calcestruzzo traversa tracimabile			1
	(m ³)	$(2 H^2 + 0.15 H^3) \times (6 + K)$	= VC
Volume calcestruzzo muri			2

Stima dei costi

Costo Lavori ART1 elenco prezzi	4.74 (VS1+VS2)	=	C1
Costo Lavori ART2 elenco prezzi	6.64 x VS3	=	C2
Costo Lavori ART3 elenco prezzi	170.62 (VC1 + VC2 + VC3)	=	C3
Costo totale traversa:	C1 + C2 + C3 + C4	=	CTT
Costo opere varie:	15 % CTT	=	COV
Costo totale opera:	CTT + COV	=	CTO

LAVORI	Unità	Costo
1 Scavo a grande sezione per l'imbasamento della traversa con relativo dissabbiatore comunque eseguito anche in alveo di fiume ed in presenza d'acqua in terreno di qualsiasi natura, durezza e consistenza, compreso la rifinitura e la regolarizzazione del piano di fondazione della traversa ed il trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita di materiali non utilizzabili.	mc	€ 4,74
2 Scavo a sezione obbligata comunque eseguito per l'impianto di opere d'arte quali muri, compreso il successivo riempimento dei vuoti attorno alle murature e tutti gli oneri di cui al punto 1	mc	€ 6,64
3 Calcestruzzo per c.a. per fondazioni, soglia vasca di dissipazione, muri, compresi ferro e casseforme	mc	€ 170,62