



APAT

**LA CARATTERIZZAZIONE DI UNO SBARRAMENTO FLUVIALE
NEGLI STUDI DI IMPATTO AMBIENTALE: UN ESEMPIO
APPLICATIVO E RELATIVE OPERE DI MITIGAZIONE**

**The characterization of a dam in the Environmental Impact Assessment:
an applicative example with mitigations actions.**

Ing. Saverio Venturelli

Tutor: Dott.ssa Anna Cacciuni

Si ringraziano per la preziosa collaborazione:

- **La Dott.ssa Maria Belvisi**
- **La Dott.ssa Anna Cacciuni**
- **L'Ing. Giuseppe Marfoli**
- **Il Consorzio di Bonifica dell'Oristanese nella persona dell'ing. Luigi Sanna**

I. Prefazione

La Valutazione d'impatto ambientale (VIA) individua, descrive e valuta gli effetti diretti ed indiretti di un progetto e delle sue principali alternative, compresa l'alternativa zero, sull'uomo, sulla fauna, sulla flora, sul suolo, sulle acque di superficie e sotterranee, sull'aria, sul clima, sul paesaggio e sull'interazione fra detti fattori, nonché sui beni materiali e sul patrimonio culturale, sociale ed ambientale e valuta inoltre le condizioni per la realizzazione e l'esercizio delle opere e degli impianti. La disciplina si basa sul principio dell'azione preventiva, in base alla quale la migliore politica consiste nell'evitare fin dall'inizio l'inquinamento e le altre perturbazioni anziché combatterne successivamente gli effetti.

Le attività del Servizio **Metodologie di Analisi e Valutazione dell'Impatto Ambientale** sono prevalentemente finalizzate alla messa a punto di metodi di valutazione dello stato dell'ambiente, della pianificazione degli interventi e della verifica della loro efficacia, di promozione dello sviluppo di conoscenze per la fissazione di obiettivi di qualità in campo ambientale e di diffusione degli strumenti, metodi e modelli interpretativi delle dinamiche dei fenomeni ambientali ai fini delle valutazioni ambientali a livello comunitario, nazionale e regionale, previste dalla vigente normativa in campo ambientale, in particolare per quanto attiene alla VIA, alla VAS ed alla IPPC. Le attività legate allo Sviluppo di Criteri e Strumenti di Valutazioni Integrate sono prevalentemente finalizzate, a fornire il Supporto tecnico-scientifico alle attività istruttorie in materia di VIA. In quest'ambito si predispongono strumenti idonei a permettere un'analisi omogenea e standardizzata del contenuto degli Studi di Impatto Ambientale (SIA) per le diverse categorie di opere soggette a VIA nazionale.

In quest'ottica il presente lavoro di stage è stato un contributo all'elaborazione di specifici strumenti metodologici e la comprova della loro efficacia operativa, nello specifico della descrizione delle caratteristiche fisiche dell'insieme del progetto delle esigenze di utilizzazione del suolo durante le fasi di costruzione e di funzionamento, e delle principali caratteristiche dei processi produttivi.

Inoltre particolare attenzione è stata posta alla descrizione degli impatti del progetto esaminato, con particolare attenzione alla fauna e alla flora, al suolo, all'acqua, all'aria, ai fattori climatici, ai probabili effetti del progetto esaminato ed alle misure che possono essere messe in atto per compensare gli effetti negativi del progetto sull'ambiente.

II. Abstract

Il lavoro di stage ha come fulcro l'utilizzo di metodologie per l'analisi di uno Studio di Impatto Ambientale riferito ad un sistema idrico (traversa + condotta di derivazione); tali metodologie dovranno verificare la completezza dei descrittori individuati, evidenziando l'eshaustività delle informazioni, le caratteristiche dell'opera, l'interazione opera - componente, gli impatti individuati e le mitigazioni o compensazioni adottate.

Per arrivare alla corretta interpretazione e valutazione del SIA analizzato, si è reso indispensabile accennare alle problematiche che sono alla base della sua stesura.

Nello specifico si è affrontato il delicato tema della corretta utilizzazione della risorsa idrica; infatti, dopo una breve introduzione di come si è impostato lo studio e delle metodologie utilizzate, si fa cenno a come la gestione e conservazione della risorsa acqua sia sentita a livello mondiale e si riflette nell'emanazione di diverse normative (cap 2).

L'acqua viene vista in questa ottica non solo come fonte da sfruttare ma anche come un problema da cui difendersi nel caso di eventi naturali catastrofici (le piene).

Una buona combinazione tra difesa e utilizzazione è rappresentato dalla costruzione di sbarramenti fluviali il cui corretto inserimento ambientale e socio – economico non può prescindere da una generale pianificazione strategica del territorio a cui è riferita (cap.3).

Le quantità di acqua accumulate possono essere utilizzati per una molteplicità di scopi; non bisogna però dimenticare che la realizzazione di queste opere produce effetti fisico – biologici di primaria importanza nell'ecosistema fluviale dove vanno a collocarsi.

Tutti questi impatti devono essere valutati attraverso metodologie specifiche utilizzate nella Valutazione di Impatto Ambientale (cap. 4) e mitigati possibilmente attraverso interventi di Ingegneria Naturalistica (cap.5)

Tutti i concetti introdotti si applicano nello Studio di Impatto Ambientale del sistema idrico del Flumineddu situato nella Sardegna centro – meridionale, preso come caso di studio.

Nel capitolo 6 si esplicita la metodologia utilizzata per l'analisi del SIA analizzato, ovvero si identifica in maniera dettagliata la struttura e lo sviluppo della “Scheda A: Verifica della completezza della documentazione presentata dal Proponente – Quadro di riferimento Progettuale” utilizzata da Apat per i progetti delle strutture lineari e qui **modificata e adattata** al caso specifico del sistema idrico.

Nello specifico tale scheda è formata da 10 capitoli, il cui titolo riprende le indicazioni fornite dagli articoli del DPCM del 1988; ogni capitolo è composto da 5 elementi tra cui, il più importante risulta essere la valutazione dell'informazione contenuta nel SIA e la sintesi

in riferimento ad ogni specifico descrittore. Una volta descritta la scheda, in base alle informazioni acquisite, è stata compilata in ogni sua parte.

Parte integrante della scheda sono anche le opere di mitigazione previste per gli impatti causati dall'inserimento degli elementi dello schema idrico (traversa + condotta) di cui l'intervento è composto. Da qui lo spunto per un ulteriore approfondimento di un argomento solo accennato nello studio di impatto ambientale analizzato: interventi di mitigazione per la salvaguardia della fauna ittica presente nell'ecosistema fluviale interessato dalla realizzazione della traversa, ovvero della costruzioni di "rampe di risalita per pesci" (cap.7).

Dopo una descrizione di tutti gli elementi necessari per una loro corretta progettazione e l'introduzione del concetto di "indice di priorità, si analizza un tipo di rampa, i "fish elevator", applicabile, tra varie tipologie studiate, al caso della traversa sul Flumineddu.

Il lavoro si conclude (cap.8) con la sintesi degli obiettivi raggiunti e con delle indicazioni sui possibili approfondimenti e sviluppi circa le problematiche affrontate.

The stage work turns on the use of methodologies to analyse the Environment Impact Study referred to a water system; these methodologies should verify the integrity of detected describers, underlining how much exhausted the information are, the characteristics of the work , the interaction work- component . the individual impacts and the mitigations and compensations taken. For getting the right interpretation and valuation of analysed SIA , determining and hinting at the questions , main basis of his work., were necessary. The issue of water resource's right use was dealt with delicacy ; after a short introduction about how the study and the methodologies used are set, there's an hint at how the management and water resource keeping are strongly considered by all countries through the emission of different bills (chapter 2). The water is seen , in this view , not only as resource to profit by but also as a serious problem which to defend from , like in the case of catastrophic environment events (the overflow)

A fine mix between the defence and the use is represented by the construction of flow obstructions of which the right environment and socio-economics insertion can't leave aside a general strategic planning of territory (chapter 3) .

The deal of water accumulated can be used for a lot of purposes. It can't forget that the realization of these works produce physical-biological effects , having great importance in the fluvial ecosystem. All these impacts must be valued through specific methodologies used in the Valuation of Environment Impact (chapter 4) and mitigated through the

interventions of Environment Engineering (chapter 5). The concepts , introduced in these chapters , are all found in the Study of Environment Impact of Flumineddu's (in Sardegna taken as subject to study) water system.

In the chapter 6, it describes in detail the used methodology for analysing SIA or else it identifies in detail the structure and the development of "Schedule A" used by Apat for the projects of linear structures and here modified and adapted in the specific case of water system. In particular this schedule cab be made up of 10 chapters , of which title resumes the indications given from the articles of DPCM 1988. Each chapter is made up of five elements of which the most important is the summer and the valuation of the information included in SIA referred to a specific describer. Described the schedule , according to the information got , it's compiled in each part.

Integrant part of the schedule is also the works of mitigation expected for the impacts caused by the insertion of water system of which the intervention is made of.. The hint for a further examination about an issue only hinted in the study of Environment Impact analysed : It is referred to a work of mitigation for the defence of ichthyic fauna in the fluvial ecosystem interested in the construction of ramps which let the fishes go up (chapter 7).

After describing all these elements necessary for their correct planning and the introduction of the concept "priority's index" , it must analyse a kind of ramp , the " fish elevator" , applicable , among the various typologies studied , to the case of Flumineddu.

The work ends (chapter 8) with the summer of the reached objectives and with the indications about the possible examinations and developments about the questions dealt with.

III. Indice

1. La metodologia utilizzata nello svolgimento del lavoro
2. La risorsa acqua: note introduttive
3. Il ruolo degli sbarramenti fluviali e il loro inserimento nel territorio
 - 3.1. Le tipologie, la classificazione e la progettazione degli sbarramenti secondo la normativa di riferimento
 - 3.2. Le opere connesse agli sbarramenti
 - 3.2.1. Il deflusso minimo vitale
4. La Valutazione di Impatto Ambientale di uno sbarramento idraulico
 - 4.1. Lo Studio di Impatto Ambientale
 - 4.2. Le tecniche di individuazione, previsione e valutazione degli impatti
 - 4.2.1. La Matrice degli Impatti di uno sbarramento fluviale
5. La mitigazione degli Impatti: l'ingegneria naturalistica
 - 5.1. Tecniche di Ingegneria Naturalistica applicate ai corsi d'acqua
6. Il sistema idrico Flumendosa Tirso
 - 6.1. struttura e sviluppo della scheda
7. Le "Rampe di risalita per pesci"
 - 7.1. Elementi per la progettazione
 - 7.2. Gli Indici di Priorità
 - 7.3. Tipologie di rampe
8. Conclusioni

FIGURE

Figura 1: Il ciclo idrologico, John M. Evans, U.S. Geological Survey, Colorado District

Figura 2: Ambiti interessati dalla realizzazione di uno sbarramento

Figura 3: Esempio "la Diga Cantoniera"

Figura 4: Elementi per una corretta progettazione.

Figura 5: Quadro di riferimento normativo – procedurale per la VIA applicata ai progetti delle singole opere (Da Vismara R, Protezione ambientale, 2001, modificato).

Figura 6: Procedura VIA per un impianto di regolazione delle acque (DPCM 27.12.1988 – Allegato III, Cap. 7).

Figura 7: Schema logico dei grafi.

Figura 8: Schema logico delle tecniche di previsione degli impatti (Vismara, 2001, Modificato).

Figura 9: Schema dell'intervento Flumineddu - Tirso.

Figura 10: Media dei deflussi con e senza traversa

Figura 11: Progetto realizzato in Germania nella seconda metà dell'800.

Figura 12: Passaggio a bacini successivi del 1893 sul fiume Adda

Figura 13: Fasi realizzative di una rampa di risalita.

Figura 14: Passaggio a bacini successivi comunicanti tramite orifizio sul fondo e fenditure laterali presente sullo sbarramento idroelettrico sul fiume Piave, in località Soverzene (Belluno), con ittiofauna prevalentemente costituita da Salmonidi

Figura 15: Passaggio Denil in legno - Laxa' A'sum , Islanda

Figura 16: Caratteristiche della centrale nucleare a Golfech in Francia.

Figura 17: Ascensore per pesci sul canale “des Deux Mers”

TABELLE

Tabella 1: Normativa di Riferimento per la realizzazione di sbarramenti idrici

Tabella 2: Tipologia dighe di competenza del Servizio Nazionale Dighe di altezza inferiore ai 30 metri (Ricciardi, Cecere, Salvio, 2001).

Tabella 3: Tipologia di alternative (Verdesca, Manuale di valutazione di Impatto economico – ambientale, 2003, Modificata)

Tabella 4: Stralcio di check list per progetti che possono impattare terreni agricoli – USDA (Canter, Environmental Impact Assessment, 1996).

Tabella 5: Matrice Impatti di un Sbarramento fluviale.

Tabella 6: Obiettivi delle tecniche di ingegneria naturalistica (Schiechl – Stern, 1994, modificata).

Tabella 7: Normativa sui Cantieri di Ingegneria Naturalistica.

Tabella 8: Interventi di rivestimento (Schiechl, 1973).

Tabella 9: Interventi Stabilizzanti (Schiechl, 1973).

Tabella 10: Matrice Impatti del Corpo Diga sulla componente acqua.

Tabella 11: Matrice Impatti dell’Invaso sulla componente acqua.

Tabella 12: Riepilogo valori convenzionali Impatto.

Tabella 13: Rielaborazione e compilazione della scheda a dell’Apat “verifica della completezza della documentazione presentata dal proponente” - quadro di riferimento progettuale per il collegamento Tirso – Flumineddu.

Tabella 14: Prestazioni Salmoni

Tabella 15: Prestazioni Trote

1. La Metodologia utilizzata nello svolgimento del lavoro

La prima parte della tesi sviluppa informazioni acquisite tramite ricerca bibliografica e consultazioni siti web in merito alla valutazione degli impatti ambientali generati dall'inserimento nei corsi d'acqua di sbarramenti fluviali e sulle relative opere di mitigazione evidenziando alcune tecniche di ingegneria naturalistica; per la migliore comprensione delle argomentazioni trattate si è ricorso **all'uso di esempi**.

Nella seconda parte i concetti acquisiti si applicano ad uno Studio di Impatto Ambientale di un sistema idrico; a tal fine si è proceduto:

- **all'analisi critica** della Scheda A: Verifica della completezza della documentazione presentata dal Proponente – Quadro di riferimento Progettuale”, che APAT usa nell'analisi delle opere lineari sottoposte a VIA Speciale (Legge Obiettivo);
- **alla verifica sperimentale della sua applicabilità a sistemi idrici e alla conseguente rielaborazione.**

Per le opere di mitigazione l'attenzione è stata rivolta alla salvaguardia dell'ittiofauna con l'analisi di opere di ingegneria naturalistica: “le rampe di risalita dei pesci”.

Si è, quindi, provveduto:

- **al calcolo sperimentale degli “indici di priorità”;**
- **alla valutazione della migliore tecnologia applicabile.**

2. La risorsa acqua: note introduttive

Negli ultimi anni la materia di gestione e conservazione delle risorse idriche ha attirato sempre di più l'attenzione a livello mondiale stante la consapevolezza che ogni cittadino oggi ha della limitatezza del "bene acqua": **l'Agenda 21**, programma d'azione in materia ambientale predisposto dalla Conferenza delle Nazioni Unite su ambiente e sviluppo, tenutasi a Rio de Janeiro nel 1992, individua le priorità, gli obiettivi, le attività e gli strumenti attuativi a cui gli Stati dovrebbero attenersi per assicurare una corretta gestione delle risorse idriche sia a livello locale che globale. In particolare nei paragrafi iniziali del Capitolo 18 si può leggere:

*"18.1. Le risorse in acqua dolce sono una componente essenziale dell'idrosfera della Terra e una **parte indispensabile di tutti gli ecosistemi terrestri**.*

18.2. L'acqua è indispensabile per tutti gli aspetti della vita. L'obiettivo generale è di far sì che adeguate forniture d'acqua di buona qualità siano mantenute per l'intera popolazione del pianeta, preservando nello stesso tempo le funzioni idrologiche, biologiche e chimiche degli ecosistemi, adattando le attività umane ai limiti di capacità della natura e combattendo i vettori di malattie legate all'acqua.

*18.3. La diffusa scarsità, la graduale distruzione e l'aggravato inquinamento delle risorse d'acqua dolce in molte regioni del mondo, insieme alla progressiva influenza di attività incompatibili, richiedono un approccio, una pianificazione e **gestione integrata delle risorse idriche**; questa integrazione deve coprire tutti i tipi di corpi idrici correlati, inclusi quelli di superficie e sotterranei, e tenere in dovuta considerazione gli aspetti quantitativi e qualitativi dell'acqua."*

L'acqua è stata sempre vista come una risorsa da sfruttare per il benessere socio – economico dell'uomo e nel corso del tempo l'interesse si è ampliato coinvolgendo oltre le attività tradizionali (irrigazione, approvvigionamento) anche le attività industriali quali la produzione di energia idroelettrica. Le svariate attività di sfruttamento implicano l'appropriazione da parte di singoli soggetti di quantità di acqua disponibili nei fiumi, laghi o altre fonti idriche e ciò può dar luogo a problemi nel caso tale risorsa non sia sufficiente a soddisfare le richieste di tutti i potenziali interessati.

Infatti, la risorsa acqua è limitata nello spazio e nel tempo: su circa 500 milioni di chilometri cubi di acqua esistenti sulla Terra, solo il 2% sono acque dolci, e di queste solo l'1-2% è "gestito" o controllato.

Ad esempio la costruzione di una diga da parte di uno Stato A, che si trovi a monte di un fiume, effettuata per immagazzinare acqua utile alla produzione di energia idroelettrica,

potrà comportare una diminuzione del deflusso del fiume. La conseguenza sarà la minore disponibilità di acqua nel territorio dello Stato B a valle del fiume dove, sempre a titolo di esempio, l'acqua è necessaria per l'irrigazione dei raccolti. Nella situazione indicata i problemi che possono presentarsi non sono solo di ordine quantitativo, ma anche di carattere qualitativo. La diminuzione della corrente del fiume causata dalla costruzione della diga nello Stato A, accentua i fenomeni di eutrofizzazione e diminuisce la capacità auto depurativa dell'acqua corrente con la conseguenza che l'acqua di peggiore qualità arriverà nel territorio dello Stato B; lo Stato B può a sua volta deviare l'acqua del fiume per irrigare i suoi raccolti, restituendola in seguito al corso principale del fiume con una elevata concentrazione salina. Un terzo Stato C posto ulteriormente a valle riceverà un'acqua di qualità talmente deteriorata che non riuscirà ad utilizzarla per provvedere all'approvvigionamento in acqua potabile della sua popolazione, salvo costosi e complicati processi di depurazione (Arcari M. "Acqua e diritto internazionale").

Inoltre, le acque dei corpi idrici costituiscono degli ecosistemi nei quali vivono e si sviluppano diverse risorse naturali tra loro strettamente collegate (pesci, piante): un deterioramento della qualità delle acque si ripercuoterà negativamente anche sulle specie che nel fiume ed intorno al fiume trovano il loro habitat naturale, minacciando l'equilibrio ecologico dell'intero ecosistema fluviale. La risorsa acqua può quindi diventare scarsa sia quantitativamente che qualitativamente a causa di un utilizzo irrazionale portato da sprechi, usi impropri e da una eccessiva gestione settoriale.

Un'idea di "uso razionale" potrebbe essere quella di impedire che le acque di piena siano convogliate rapidamente in mare, per essere, invece, trattenute sul territorio il più a lungo possibile, permettendo il loro riutilizzo o per scopi umani o per ricaricare gli acquiferi con l'espansione nelle zone esondabili. In Italia con la Legge 183/89 sulla difesa del suolo, viene predisposto un quadro normativo di riferimento importante proprio ai fini di un uso razionale dell'acqua.

Da qui l'esigenza di rendere concreta la nozione di "uso sostenibile delle risorse idriche" ovvero la necessità di trovare un giusto equilibrio tra le esigenze di sviluppo economico legato allo sfruttamento di tali risorse e gli "imperativi" della loro protezione e conservazione, in maniera tale che l'uso attuale non comprometta il loro impiego futuro.

Il fabbisogno medio giornaliero pro-capite si stima, per le sole società industrializzate, in 600-2.000 litri ma popolazioni molto estese soffrono ancora di una cronica mancanza d'acqua: l'Agenda 21 si pone come obiettivo di assicurare che tutti i residenti in centri urbani abbiano almeno 40 litri d'acqua pro – capite giornalieri e nella Dichiarazione del Millennio adottata dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite il 13 Settembre 2000

viene espresso l'obiettivo di ridurre della metà entro il 2015 la popolazione mondiale che non ha accesso all'acqua potabile o non ha i mezzi per procurarsene.

Tali problematiche in materia di risorse idriche vengono affrontate a livello europeo con la Direttiva 2000/60/CE; con lo scopo di istituire un quadro per la protezione delle acque superficiali interne, delle acque di transizione, delle acque costiere e sotterranee che:

- impedisca un ulteriore deterioramento, protegga e migliori lo stato degli ecosistemi acquatici, terrestri e delle zone umide;
- agevoli un utilizzo idrico sostenibile;
- miri alla protezione rafforzata e al miglioramento dell'ambiente acquatico attraverso la graduale riduzione degli scarichi, delle emissioni e delle perdite di sostanze;
- assicuri la graduale riduzione dell'inquinamento delle acque sotterranee e ne impedisca l'aumento e contribuisca a mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità.

Se da un lato l'acqua è una risorsa inestimabile per la società, esistono situazioni, quali le inondazioni e le frane causate da piene, che fanno dell'acqua una vera e propria minaccia. È allora compito della società provvedere ad una gestione ottimale dell'acqua tanto come risorsa, quanto come fonte di rischio.

Un buon connubio tra difesa e sfruttamento nei confronti della risorsa acqua è rappresentato dalla costruzione di sbarramenti fluviali, la cui corretta pianificazione e gestione non può che essere realizzata nell'ambito di una generale pianificazione strategica dello sviluppo socio-economico del territorio, non solo su scale locale ma anche regionale e nazionale che tenga conto, nel massimizzare il rapporto costi – benefici, in modo integrato degli usi plurimi della risorsa acqua.

3. Il ruolo degli sbarramenti fluviali e il loro inserimento nel territorio

<<La diga è grandiosa. Il fatto è che l'uomo, anche se piccolo e limitato in sé, ha la potenza del grande. La difficoltà non è più insormontabile, si suddivide all'infinito, in tanti casi di serie; le serie si adattano agli individui; la difficoltà diventa pane per i nostri denti. Gli uomini possono essere meschini. L'entità uomo è grande. La diga è grande >>
(Le Corbusier, Urbanistica, 1925).

“Le Corbusier ammirava l'imponenza delle grandi dighe, vi leggeva non solo il segno di una straordinaria capacità costruttiva, ma una evidente testimonianza della progettualità moderna tesa alla modificazione dell'ambiente e del territorio attraverso la razionale organizzazione del lavoro e del cantiere. La diga come grande infrastruttura, che trasforma e dà nuovi significati al paesaggio, attende tuttavia, ancora oggi, una lettura più attenta dei suoi valori ambientali e culturali, del suo essere, in fondo, un grande schermo in cui si proiettano le forze, le tensioni e le spinte della massa d'acqua contenuta al di là dello sbarramento”. (Capuzzo – Pavia).

Si ricorre alle dighe non solo per la necessità di avere risorse d'acqua disponibili in quantità sufficiente e in tempi programmati, ma anche per la difesa contro eventi naturali eccezionali (le piene).

Le capacità d'invaso, create da un generico sbarramento idraulico, consentono il trasferimento delle eccedenze degli afflussi rispetto ai deflussi (nei periodi di piena: massima piovosità, scioglimento delle nevi) ai periodi in cui gli afflussi sono deficitari rispetto ai consumi (magra dei corsi: siccità), attenuando, o al limite annullando, la dipendenza dalle irregolarità del ciclo naturale dell'acqua e realizzando i bisogni del tessuto socio – economico del territorio (Figura 1).

Le acque accumulate negli invasi artificiali hanno usi molteplici:

- approvvigionamento d'acqua per il rifornimento delle reti idriche urbane;
- approvvigionamento d'acqua per le reti irrigue ad uso agricolo;
- riserve d'acqua per usi industriali in genere;
- riserve d'acqua a scopo antincendio;
- mantenimento di una capacità non invasata per la difesa del territorio dalle inondazioni conseguenti a piene eccezionali;
- generazione di energia elettrica;

Figura1: Il ciclo idrologico, John M. Evans, U.S. Geological Survey, Colorado District



- creazione di laghi artificiali per attività sportive, per insediamenti turistici, per allevamenti ittici;
- miglioramento della navigabilità delle aste fluviali in particolari condizioni orografiche.

Da qui deriva la stretta connessione tra la pianificazione strategica di nuovi sbarramenti e i piani di sviluppo del territorio, questi ultimi inerenti non solo a tutte le attività economico – produttive che richiedono l’impegno sistematico della risorsa acqua, ma, anche, a quelle attività necessarie alla difesa attiva e passiva del territorio contro le calamità naturali.

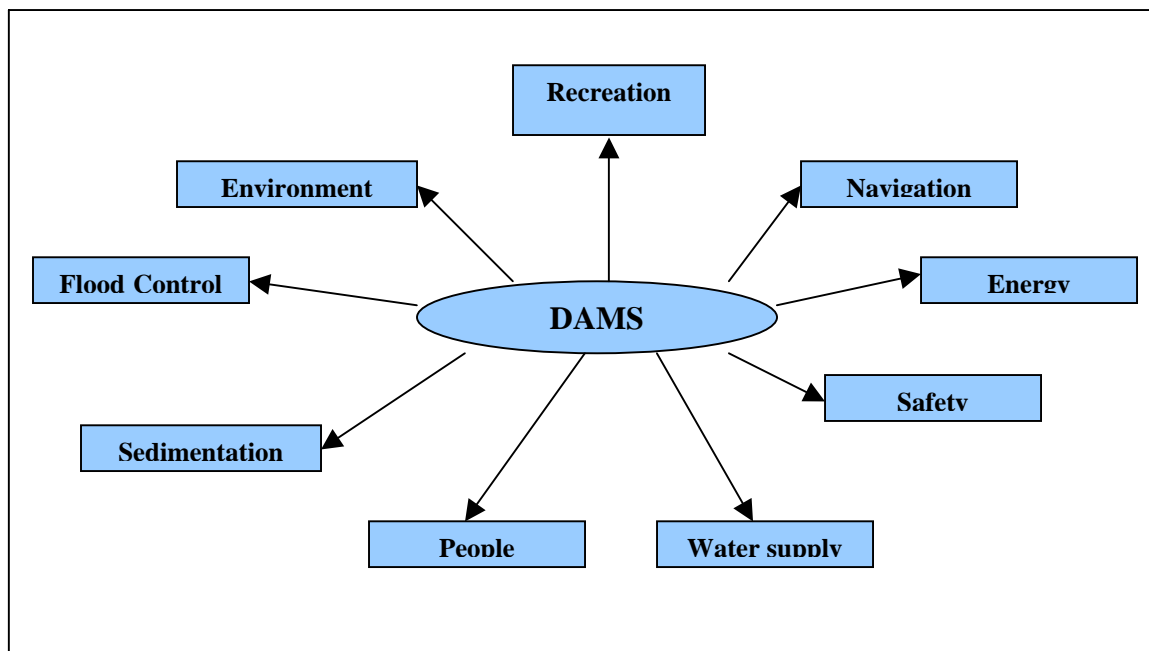
L’acqua è considerata sia come settore d’intervento (individuazione delle modalità di funzionamento dei progetti e classificazione in relazione alla possibilità di produrre impatti sull’ambiente) sia come comparto ambientale su cui si manifestano impatti che ne modificano le caratteristiche quali - quantitative.

È importante sottolineare che, il mantenimento della qualità delle acque è elemento dipendente dalle acque affluenti e dalla funzionalità dell’ecosistema fluviale complessivo. Pertanto, gli ambiti interessati dalla realizzazione di uno sbarramento sono di duplice natura (Figura 2):

- **ambito naturale;**

- ambito socio- economico.

Figura 2: Ambiti interessati dalla realizzazione di uno sbarramento



L'ambito natura riguarda gli effetti fisico - biologici di primaria importanza che possono essere determinati dalla realizzazione e dall'esercizio di uno sbarramento:

- modifiche idrografiche: la riduzione della portata a valle del serbatoio può causare impatti per gli ecosistemi acquatici, la pesca, il paesaggio;
- riduzione di trasporto solido: lo sbarramento può ridurre il trasporto di corpi solidi verso valle;
- modifiche dell'andamento dell'alveo del fiume: può essere modificata la stabilità delle sponde e la profondità del letto fluviale;
- modifiche della vita acquatica a valle dello sbarramento: gli effetti possono essere sia positivi che negativi;
- modifiche chimico e fisiche dell'acqua a valle del serbatoio: possono mutare la temperatura, la salinità, la qualità (riduzione della torbidità, della durezza, dei coliformi, ossidazione della sostanza organica, ecc);
- cambiamento del clima e dell'habitat: il lago generato dallo sbarramento può modificare le caratteristiche dell'area sia per ciò che riguarda gli ecosistemi naturali originari (vegetazione, mammiferi, uccelli, pesci, ecc.) che il clima (temperatura, piogge, umidità, ecc.);

- stratificazione della temperatura dell'acqua del lago: in estate la superficie è sensibilmente più calda delle acque profonde, in inverno il fenomeno si inverte;
- variazione del contenuto di ossigeno: il deficit può interessare prevalentemente gli strati più profondi del lago;
- fenomeni di eutrofizzazione: arricchimento dell'acqua di elementi nutritivi in termini di fosforo e di azoto; aumento della concentrazione determinata prevalentemente, da agenti fertilizzanti, detergenti, acque reflue; diventa necessaria, quindi, la valutazione della quantità dell'acqua all'interno del bacino;
- cambiamenti delle falde a valle dello sbarramento: i livelli di falda possono modificarsi soprattutto nelle zone di pianura (abbassandosi) inoltre si può avere, nelle immediate vicinanze del lago, una circolazione sotterranea di acque fuoriuscite dal bacino;
- movimenti franosi: la presenza di movimenti franosi in corrispondenza delle sponde di un invaso è una delle cause più frequenti che provocano l'interramento del bacino o nei casi più estremi, lo stato di insicurezza e di pericolosità dell'intera area; le frane e gli smottamenti sono per lo più causati dal cedimento delle sponde quando, ad esempio, per uno svasso rapido del bacino, le pareti laterali appesantite dall'acqua assorbita non reggono il peso;
- sismicità indotta: si intendono quelle variazioni della sismicità naturale dell'area che si originano a causa della presenza dello sbarramento; questa sismicità aggiunta è imputabile al rilascio di tensioni nel sottosuolo determinate dal peso del manufatto e della pressione esercitata dall'acqua sulla roccia; si deve, tuttavia, precisare che è stato verificato che la manifestazione dei fenomeni tellurici causati da uno sbarramento, è attribuibile soprattutto a progetti che comportano sbarramenti di 100 m di altezza e bacini con una capacità di invaso di oltre 1 kmc;
- effetti generali e particolari sulla fauna e sulla flora: gli effetti sono riscontrabili a monte dello sbarramento per la presenza del bacino e nella zona a valle per il cambiamento del regime delle acque.

L'ambito socio – economico, invece, considera il rapporto costi di investimento – benefici derivanti dalla realizzazione dell'opera (ad esempio, si possono confrontare tutti i benefici dati dagli usi dell'acqua invasata con i costi di realizzazione).

Quindi, sono tre i principali tipi di vincoli che possono presentarsi, in fase decisionale, per la realizzazione di uno sbarramento fluviale:

- vincolo economico;

- vincolo ambientale;
- vincolo di sicurezza;

Quando si parla di sicurezza di uno sbarramento ci si riferisce a quella più generale possibile e precisamente si parla di sicurezza strutturale, idrologica, geologica, di manutenzione ed ambientale. Di seguito si illustrano alcuni eventi tragici che evidenziano l'importanza e la necessità di attenersi al requisito "sicurezza".

Nel 1923 si verificò l'evento catastrofico della diga del Gleno, che fu distrutta a causa di un evento di rottura attribuito ad un problema strutturale. Una parte della diga, in condizioni normali, non in un evento di piena, non resistette alla spinta idraulica dell'acqua che finì per rompere le volte presenti tra gli speroni e causare il collasso della struttura.

La prima cosa che uno sbarramento artificiale, quindi, deve assicurare è il meccanismo di resistenza dei suoi materiali alla spinta dell'acqua (**sicurezza strutturale**).

L'evento disastroso della diga di Sella Zerbino (1935), invece, fu causato dal non corretto dimensionamento delle opere di scarico rispetto a portate valutate con metodologie non affidabili (**sicurezza idrologica**).

Infine, nel 1963 si verificò il più conosciuto evento del Vajont; una frana nell'area circostante la diga, non preliminarmente bonificata, caduta nell'invaso, fu la causa di una onda anomala che si propagò sia verso monte che verso valle superando il coronamento della diga stessa (**sicurezza geologica**).

3.1. Le tipologie, la classificazione e la progettazione degli sbarramenti secondo la normativa di riferimento

All'inizio del secolo in Italia, con assenza completa di regolamentazione, gli sbarramenti venivano costruiti sulla base delle conoscenze dei singoli progettisti senza alcuna uniformità dando luogo ad una situazione estremamente eterogenea; tuttavia il livello di progettazione di queste dighe era ottimo tanto è vero che ancora oggi abbiamo in funzione un discreto numero di dighe risalenti a quel periodo, alcune perfettamente efficienti.

Oggi, la costruzione come la gestione degli sbarramenti artificiali è soggetta a norme amministrative (Tabella 1), in particolare è attivo un regolamento dighe il **Decreto Ministero Lavori Pubblici (D.M.LL.PP.) 24 Marzo 1982** al quale bisogna fare riferimento. L'articolo 3 comma A1 di tale D.M.LL.PP., le classifica in:

1. Dighe murarie:
 - a) dighe a gravità ordinarie o a speroni (a vani interni)
 - b) dighe a volta ad arco, a arco gravità, a cupola

Tabella 1: Normativa di Riferimento per la realizzazione di sbarramenti idrici

1)	R.D. 31 Dicembre 1925 n. 1240	Approvazione del Regolamento per la progettazione, costruzione ed esercizio delle dighe di ritenuta
2)	R.D. 1 Ottobre 1931 n. 1370	Approvazione del Regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta
3)	R.D. 11 Dicembre 1933 n. 1775	Approvazione Testo Unico delle Disposizioni di Legge sulle acque e sugli impianti elettrici
4)	D.P.R. 1 Novembre 1959 n. 1363	Approvazione del Regolamento per la progettazione, costruzione ed esercizio degli sbarramenti di ritenuta
5)	D.M.LL.PP. 24 Marzo 1982	Approvazione delle Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento - approfondisce e sostituisce il precedente D.P.R. 1363/59
6)	Circolare Min. LL.PP. 28 Agosto 1986 n. 1125	Sistemi di allarme e segnalazione di pericolo per le dighe di ritenuta
7)	Circolare Min. LL.PP. 4 Dicembre 1987 n. 352	Prescrizioni inerenti l'applicazione del Regolamento Dighe approvato con D.P.R. 1363/59
8)	Legge 18 Maggio 1989, n. 183 (Stralcio)	Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo - di questa legge solo i comma 3-4-5 dell'articolo 10 sono di interesse specifico per l'argomento
9)	Legge 28 Agosto 1989, n. 305	Programmazione triennale per la tutela dell'ambiente - art. 1 ripartisce per ambiti regionali le risorse dello Stato disponibili ai fini del risanamento idrico e per bacino idrografico
10)	Legge 7 Agosto 1990, n. 253	Integrativa alla L. 183/89 - quantifica la spesa relativa alla costruzione del serbatoio come da progetto
11)	D.P.R. 24 Gennaio 1991, n. 85	Organizzazione dei Servizi Tecnici Nazionali
12)	D.P.R. 5 Aprile 1993, n. 106	Modifiche all'Organizzazione dei Servizi Tecnici Nazionali
13)	D.P.C.M. 3 Gennaio 1994, n. 584	Individuazione degli uffici dirigenziali del Servizio Nazionale Dighe
14)	Legge 21 Ottobre 1994, n.584	Conversione del D.L. 8 Agosto 1994 n. 507 "Misure urgenti in materia di Dighe"
15)	Circolare Min. LL. PP. 19 Aprile 1995, n. US/482	Competenze in materia di Dighe
16)	Circolare Pres. Cons. Ministri 13 Dicembre 1995, n. DSTN/2/22816	Disposizioni attuative ed integrative in materia di Dighe
17)	Circolare Pres. Cons. Ministri 19 Marzo 1996, n. DSTN/2/7019	Disposizioni inerenti l'attività di protezione civile nell'ambito di bacini in cui siano presenti Dighe
18)	D.Lgs. 31 Marzo 1998 n. 112 art.91 (modificato dal D.Lgs. 29 Ottobre 1999, n. 443 art.10)	
19)	D.Lgs. 30 Luglio 1999, n. 300	Riforma dell'organizzazione del Governo a norma dell'art. 11 della Legge 15 marzo 1997, n. 59
20)	Legge 24 Novembre 2000, n. 340	Disposizioni per la delegificazione di norme e per la semplificazione dei procedimenti amministrativi - Legge di semplificazione 1999 delega al governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive
21)	Legge 21 Dicembre 2001, n. 443	Disposizioni in materia di infrastrutture e trasporti, art.6
22)	Legge 1 Agosto 2002, n. 166	Disposizioni in materia di infrastrutture e trasporti, art.6
23)	D.P.R. 24 Marzo 2003, n.136	Organizzazione del Registro Italiano Dighe
24)	D.L. 30 Settembre 2003, n. 269	Disposizioni urgenti per favorire lo sviluppo e per la correzione dell'andamento dei conti pubblici (con modifiche del Senato)

- c) dighe a volta a solette sostenute da contrafforti
- 2. Dighe in materiali sciolti
 - a) dighe di terra omogenea
 - b) dighe di terra zonata o a pietrame a nucleo
 - c) dighe di terra, manto impermeabile
- 3. Sbarramenti di tipo misto
- 4. Traverse fluviali

Figura 3: Esempio “la Diga Cantoniera”



I diversi tipi di sbarramenti forniscono risposte diverse alla sollecitazione idrostatica.

La soluzione **a gravità ordinaria** è la risposta più semplice. La diga si oppone alla spinta dell'acqua con il suo peso: la sua sezione è un triangolo la cui base è direttamente proporzionale alla spinta dell'acqua crescente verso il basso; dall'inclinazione della parete a valle si comprende il suo spessore e l'entità della forza spingente.

Il tipo a **gravità alleggerita** è stato realizzato in una pluralità di soluzioni, tutte tese a sottrarre materia e peso dal corpo della diga. In queste dighe, che possono essere a speroni, a vani interni, a contrafforti con volte o solette, la struttura è costituita da una successione di elementi (speroni o contrafforti) con profilo triangolare, distanziati tra di loro, i quali sostengono a monte una parete di

tenuta realizzata spesso allargando la testata dell'elemento, o, più raramente, con volte o lastre di collegamento. Nei riguardi della stabilità, il minor peso della struttura è compensato dalla componente verticale della spinta idrostatica sul paramento di monte – che è di norma inclinato e quasi simmetrico al profilo di valle – e dalla ridotta azione delle sottopressioni in fondazione. Gli speroni e i setti rompono l'uniformità della superficie del paramento di valle, realizzando spesso architetture di grande qualità come nel caso della diga a voltine di Santa Chiara sul Tirso (Sardegna).

Mentre nelle dighe a gravità le forze si dispongono lungo la sezione verticale, in quelle **ad arco** è la sezione orizzontale a determinare la regola compositiva della struttura; come negli archi tradizionali, i carichi vengono convogliati sui piedritti, così nelle dighe ad arco la spinta dell'acqua viene trasmessa principalmente alle sponde della valle cui è ancorata la struttura: lungo tutto l'appoggio perimetrale sono necessari, pertanto, terreni costituiti da rocce compatte e resistenti. La stabilità della diga arcuata è determinata (in maniera diversa a seconda che si tratti di dighe <<ad arco gravità>> o a <<volta sottile>>) più dalla forma della struttura che dal peso. Qualunque sia il tipo, una diga ad arco reagisce alle sollecitazioni come una struttura tridimensionale: si tratta, in effetti di una lastra curva di spessore variabile con superficie perimetrale vincolata e con il lembo superiore libero. Le alte e snelle strutture delle dighe ad arco hanno bisogno di sviluppi contenuti e per questo le troviamo con più frequenza in gole strette e profonde.

I materiali degli sbarramenti sono, insieme con la loro forma geometrica, alla base della loro classificazione: dighe in muratura di pietrame a secco o legato con malta cementizia o di cemento, dighe in vari tipi di calcestruzzo, dighe in materiali sciolti. Queste ultime sono formate da strutture (D.M.LL.PP.24 marzo 1982, lettera H.1):

- **di terra omogenee:** *costituite totalmente di terre di permeabilità uniforme di misura atta da sola a realizzare la tenuta;*
- **di solo terra o terra e pietrame, zonate:** *costituite solo di materiali naturali, di specie diverse, disposti in diverse parti della sezione, differentemente ma pur sempre ampiamente permeabili e di una zona di terra a bassa permeabilità (nucleo) con funzione di tenuta;*
- **di terra o pietrame o terra e pietrame con dispositivo di tenuta di materiali artificiali:** *costituite di materiali naturali di una o più specie, diversamente ma pur sempre ampiamente permeabili, e di dispositivo di tenuta a monte (manto) o interno (diaframma) di materiali artificiali.*

Molto importante è inoltre la distinzione tra dighe e traverse fluviali; infatti, il suddetto D.M.LL.PP alla lettera L definisce **Traverse fluviali** gli sbarramenti che determinano un rigurgito massimo (dell'ordine della massima piena) contenuto nell'alveo del corso d'acqua. **In altre parole il**

massimo rialzo d'acqua che si potrà avere a monte della traversa durante una piena eccezionale non eccede l'invaso.

Le traverse sono formate da opere mobili (paratie) in modo tale che quando arriva la piena si alzano ottenendo così una luce che è praticamente identica al corso d'acqua naturale, ciò permette di avere a disposizione dell'acqua senza avere un invaso permanente che eccede durante l'onda di piena.

Altra distinzione tra gli sbarramenti può essere fatta secondo le indicazioni fornite dalla **Legge 584/94** - "Misure urgenti in materia di dighe", secondo cui si possono definire:

- **“piccole dighe”** quelle con altezza inferiore o pari a 15 metri e che determinano un volume di invaso inferiore o pari a 1 Milione di mc;
- **“grandi dighe”** quelle di altezza superiore a 15 metri o con un volume di invaso superiore a 1 Milione di mc.

L'altezza è quella di progetto e pertanto non si devono prendere in considerazione eventuali riduzioni delle altezze conseguenti ad assestamenti degli sbarramenti in materiali sciolti; anche il volume di invaso è quello di progetto e quindi non si deve tener conto delle riduzioni dovute ad eventuali interrimenti.

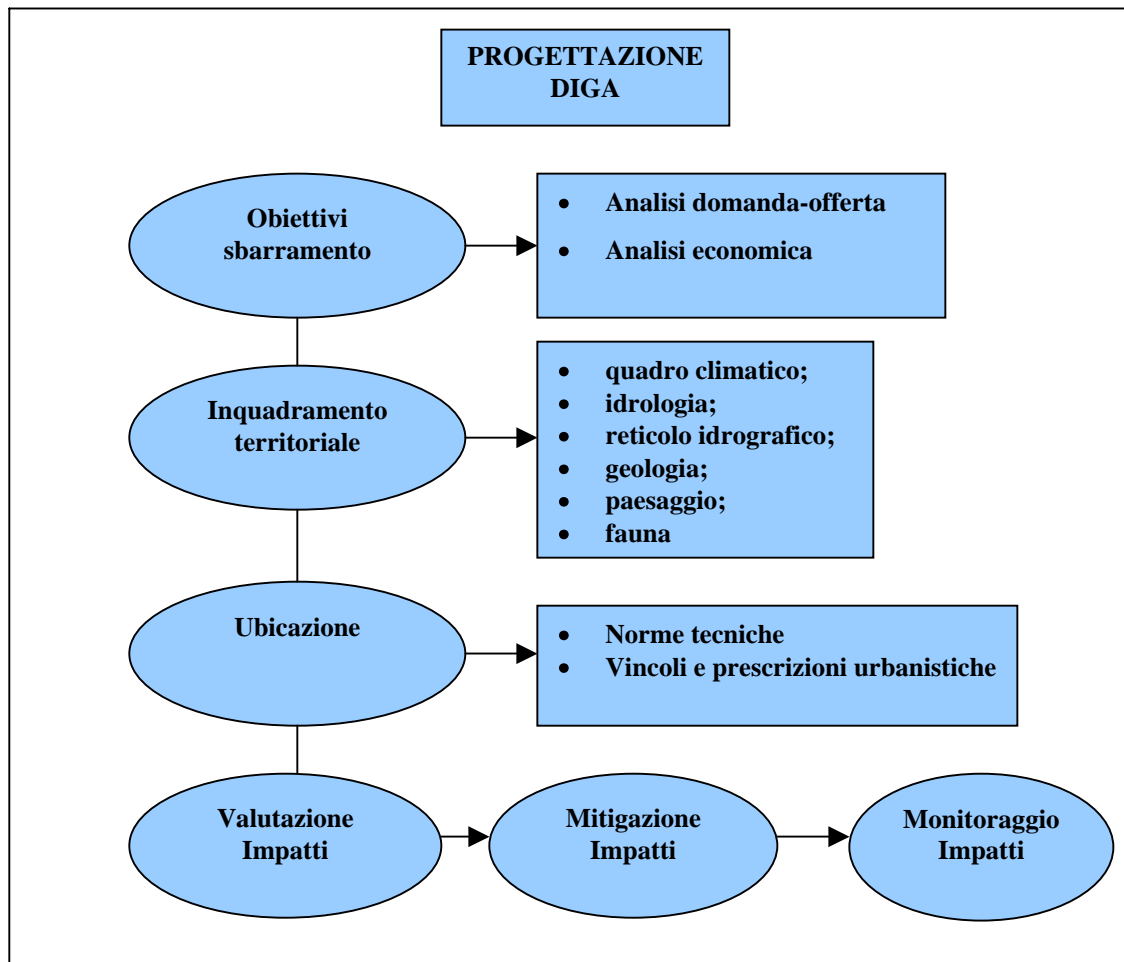
Nella Tabella 2 sono riportati gli sbarramenti di altezza inferiore a 30 metri, ripartite in classi di intervallo di 5 metri di altezza ed articolate per diverse tipologie; esse rappresentano circa il 50% del numero totale degli sbarramenti (circa 552).

Tabella 2: Tipologia dighe di competenza del Servizio Nazionale Dighe di altezza inferiore ai 30 metri (Ricciardi, Cecere, Salvio, 2001).

Tipologia	H ≤ 15m V > 1 Milione mc	15 < H ≤ 20	20 < H ≤ 25	25 < H < 30
Terra omogenea	5	30	12	4
Terra con nucleo o manto	9	19	15	23
Muraria a gravità	7	41	30	25
Muraria a volte	0	2	3	11
Muraria a speroni, a volte o solette sostenute da contrafforti	1	2	3	11
Traversa	21	11	2	0
TOTALE	43	105	64	66

Elemento comune a tutti i tipi di sbarramenti fin qui descritti sono le fasi per una loro corretta progettazione; fasi riassunte schematicamente nella Figura 4.

Figura 4: Elementi per una corretta progettazione.



3.2. Le opere connesse agli sbarramenti

Sono diverse le opere di supporto ad uno sbarramento fluviale per un suo corretto funzionamento. Le più importanti sono le opere di presa, le opere di scarico e le opere a valle dello sbarramento.

Le opere di presa sono costituite essenzialmente da una canalizzazione (la vera e propria presa) e da un edificio dove talvolta vengono anche effettuati i trattamenti necessari per l'uso dell'acqua (dissabbiatura, potabilizzazione, ecc.).

Le opere di scarico si distinguono in superficiali (sfioratori che devono assicurare lo smaltimento dell'onda di massima piena quando il lago è pieno) e di fondo, atti allo svuotamento del lago dell'invaso.

Nel primo tipo di opere si distinguono:

- sfioratori a soglia libera: sono posti alla massima quota di regolazione ed entrano automaticamente in funzione quando l'acqua nel serbatoio raggiunge la predetta quota;
- sfioratori a soglia regolata: costituiti da una soglia a quota d'invaso inferiore a quella massima per cui sono provvisti di paratoie, che vengono aperte al momento opportuno.

Nel caso in cui lo sbarramento non abbia sufficiente lunghezza per far defluire l'intera portata di piena, o quando la diga non sia tracimabile (dighe in materiali sciolti), gli sfioratori possono essere ubicati sulle sponde del lago; in questo caso gli sfioratori sono bocche di presa idrica (gallerie, pozzi) scavati sulle sponde.

Un altro tipo di scaricatore è quello a calice, costituito da una sorta di imbuto cui si raccorda un pozzo verticale e, quindi, una galleria che convoglia l'acqua a valle dello sbarramento.

Gli scarichi di fondo servono, in fase di svuotamento, ad accelerare tale operazione, in fase di esercizio, per controllare i livelli e svuotare il serbatoio quando è necessario. Si possono dividere in:

- scarichi di fondo, che possono passare nel corpo diga o in galleria sui fianchi;
- scarichi di mezzofondo (intermedi);
- scarichi di esaurimento.

Nel caso di impianti idroelettrici, la canalizzazione di uscita è a pressione ed è generalmente costituita da una galleria di modesta pendenza che termina con un pozzo piezometrico a pelo libero che ha lo scopo di proteggere tutta l'opera dalle sollecitazioni di colpo d'ariete che potrebbero risultare da una manovra rapida degli organi di intercettazione dell'acqua nella galleria e ridurre l'effetto di questo fenomeno nella successiva condotta forzata. Quest'ultima ha il compito di convogliare l'acqua verso le pale della turbina.

Le opere a valle della diga sono costituite dalle condotte di adduzione che convogliano l'acqua nei luoghi dove questa deve essere utilizzata, e, nel caso in cui lo sbarramento abbia scopi idroelettrici, dall'impianto di produzione dell'energia che sorge nei pressi della stessa.

3.2.1. Il deflusso minimo vitale

Le opere connesse ad uno sbarramento devono consentire lo scarico di una portata residuale, un deflusso minimo, indispensabile per preservare l'integrità dell'ecosistema acquatico nel corso d'acqua considerato. A tal riguardo, sono stati sviluppati numerosi metodi; qui si è preso in considerazione l'Instream flow incremental methodology [Bovee, 1978; Bovee & Hordin, 1983;

Stall & Herricks, 1982], che permette di valutare, per ogni periodo dell'anno, la portata minima vitale da mantenere in alveo.

Tale metodologia si sviluppa in otto punti fondamentali, di seguito riportati:

1. valutazione delle caratteristiche del corso d'acqua (portata, substrato, idrochimica, temperatura) per determinare se il sistema è stabile o instabile;
2. suddivisione del corso d'acqua in tratti omogenei per morfologia, idrochimica e temperatura; annotazione delle zone poco profonde, che possono ostacolare la migrazione dei pesci;
3. prescrizione dei tratti di campionamento rappresentativi, nei quali il campionamento viene effettuato in diverse condizioni di portata; i transetti sono stabiliti in modo da comprendere i vari elementi morfologici e in ognuno di essi sono misurati il pelo libero dell'acqua, la profondità, la velocità, il substrato, i ricoveri per l'ittiofauna;
4. suddivisione in celle e misurazioni effettuate in modo da essere rappresentative delle condizioni ambientali entro ciascuna cella fluviale;
5. comparazione delle condizioni ambientali entro ogni cella con i dati delle esigenze ambientali di ogni specie / stadio vitale; vengono prese in considerazione alcune specie scelte tra quelle più sensibili alle alterazioni ambientali o di maggior interesse economico;
6. elaborazione di modelli (disponibili in letteratura) basati su curve di probabilità d'uso (POU), per la stima dei requisiti ambientali di ciascuna specie; l'idoneità di ogni carattere ambientale è valutata da zero (del tutto inidonea) a uno (ottimale) e il prodotto dei valori delle varie caratteristiche ambientali fornisce un valore di POU complessivo per ogni cella;
7. prodotto tra POU e la superficie della cella fornisce l'area ponderata utilizzabile (Weighted Usable Area – WUA); la somma dei valori di tutte le celle fornisce una misura dell'area del transetto utilizzabile per ciascuna specie / stadio vitale nelle condizioni di portata studiata; estrapolazione successiva dei dati del transetto al tratto fluviale da esso rappresentato (ripetendo la procedura per tutti i transetti prescelti);
8. ripetizione dei calcoli per diverse condizioni di portata, ricavate da dati storici di portate medie mensili, ricavando una curva portata – habitat utilizzabile per ogni specie / stadio vitale; devono essere segnalate condizioni limitanti per particolari stadi vitali nei periodi di magra o di piena.

La riduzione di portata corrisponde inizialmente ad una modesta riduzione dell'idoneità dell'habitat per l'ittiofauna finché, in corrispondenza di un flesso della curva, un'ulteriore modesta riduzione di portata si traduce in una notevole riduzione dell'idoneità ambientale. È

proprio in corrispondenza del punto di flesso della curva che si ricava la portata minima vitale da mantenere costantemente in alveo

In sintesi, un efficace “Deflusso minimo vitale” (DMV) dovrà essere:

- a) Rilasciato sempre in alveo;
- b) Calcolato partendo da serie storiche reali delle portate idriche del corso d’acqua interessato;
- c) Quantificato in base a più modelli e formule;
- d) Quantificato in base a modelli sito - specifici;
- e) Dovrà essere modulato al fine di seguire il naturale regime idrologico delle portate;
- f) Tener conto delle perdite in sub-alveo.

In Italia, il concetto di DMV, è stato introdotto dalla **Legge 183/’89**, - “Norme per il riassetto funzionale e organizzativo della Difesa del Suolo” – laddove prescrive *“la razionale utilizzazione delle risorse idriche superficiali e profonde, con una efficiente rete idraulica, idrica e irrigua, garantendo, comunque, che l’insieme delle derivazioni non pregiudichi il minimo deflusso costante vitale negli alvei sotesi”* (art. 3, comma i).

Il concetto è stato ripreso dalla **Legge 36/’94**, - “Disposizioni in materia di risorse idriche” – la quale prescrive che *“nei bacini idrografici caratterizzati da costanti prelievi o da trasferimenti, sia a valle che oltre la linea di displuvio, le derivazioni sono regolate in modo da garantire il livello di deflusso necessario alla vita negli alvei sotesi e tale da non danneggiare gli equilibri degli ecosistemi interessati”* (art. 3, comma 3).

Il **D.Lgs. 152/’99**, successivamente modificato ed integrato dal **D.Lgs. 258/’00** e dalla **Direttiva 2000/60/CE** del Parlamento Europeo, definiscono la disciplina generale per la tutela delle acque identificando come prioritaria la conoscenza dello stato quali – quantitativo dei corpi idrici; le suddette leggi richiedevano alle Regioni di dotarsi di un **Piano di Tutela delle Acque**, da sottoporre all’approvazione delle Autorità di Bacino. Sulla base del D.Lgs. 152 tali Piani di Tutela, redatti sulla base di un monitoraggio dei corpi idrici della durata di almeno due anni, che ne permetta la classificazione sulla base di alcuni parametri indicativi della qualità delle acque, dovranno specificare anche il valore del DMV.

4. La Valutazione di Impatto Ambientale di uno sbarramento idraulico.

La Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) ha le sue origini negli Stati Uniti d'America attraverso il National Environmental Policy Act (NEPA), approvato dal Congresso il 31 Dicembre **1969**, che introduce l'obbligo dell'Environmental Impact Statement per ogni provvedimento governativo destinato a produrre un impatto rilevante sull'ambiente.

La Francia con la legge 10 luglio **1976**, n° 76-629 fu il primo stato in Europa ad introdurre una normativa a tal riguardo, influenzando la proposta di direttiva comunitaria presentata successivamente dalla Commissione nel 1980, il cui testo definitivo è stato approvato il 1985 con la **Direttiva 85/337/CEE** “concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati”.

Nel preambolo della Direttiva di cui sopra si può osservare il **carattere preventivo** assegnato alla VIA; infatti, <<gli effetti di un progetto sull'ambiente devono essere valutati per proteggere la salute umana, contribuire con un migliore ambiente alla qualità della vita, provvedere al mantenimento della varietà della specie e conservare la capacità di riproduzione dell'ecosistema in quanto risorsa essenziale di vita>>; inoltre, <<la migliore politica ecologica consiste nell'evitare, sin dall'inizio, inquinamenti e altre perturbazioni, anziché combatterne successivamente gli effetti e afferma che in tutti i processi tecnici di programmazione e di decisione si deve tener subito conto dell'eventuali ripercussioni sull'ambiente>>. In seguito nel 1997, il Consiglio Europeo ha apportato delle modifiche alla citata direttiva emanando la **Direttiva 97/11/CE** in cui si ampliano le categorie di progetti da sottoporre a VIA (da 9 a 21) e si introducono due concetti interessanti: il concetto di *screening procedure* (fissazione di soglie a partire dalle quali la VIA è obbligatoria) e il concetto di *scoping procedure* (possibilità per il Proponente di ottenere un parere dall'Autorità competente sui contenuti quali - quantitativi da fornire nell'ambito della VIA).

La VIA è stata introdotta nell'ordinamento italiano con l'articolo 6 **della Legge n. 349 dell'8 luglio 1986** “Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale”; è con il **Decreto Presidente Consiglio dei Ministri (DPCM) 27 dicembre 1988** “Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità ambientale di cui all'art. 6, della Legge 8 luglio 1986, n° 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del DPCM 10 agosto 1988, n° 377” che l'Italia recepisce la direttiva CEE 85/337 limitatamente all'Allegato I (opere soggette alla procedura di VIA) e identifica le norme tecniche e le categorie di opere in grado di produrre rilevanti modificazioni all'ambiente.

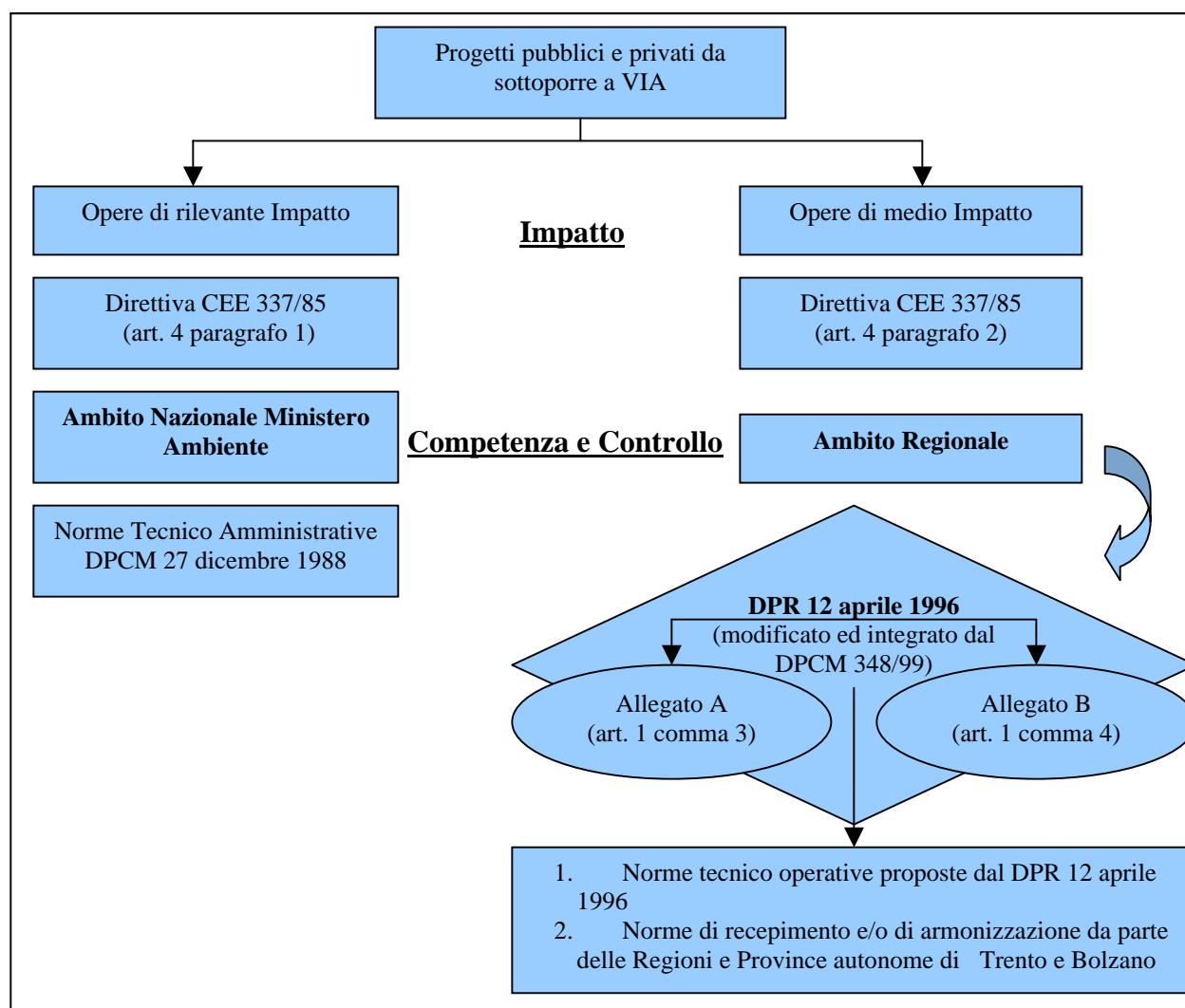
La Legge 127/97, aggiungendo l'articolo 14 – quater alla legge 241/90, prevede che su proposta del Ministro competente, del Ministero dell'Ambiente o del Ministro dei beni culturali e ambientali, la

VIA possa essere estesa anche ad opere non appartenenti a categorie individuate ai sensi dell'art. 6 della Legge 349/86.

Il DPCM 377/88 è composto da 9 Articoli e 3 Allegati (Allegato I – Componenti e fattori ambientali, Allegato II – Caratterizzazione ed analisi delle componenti e dei fattori ambientali, Allegato III – Opere soggette a VIA). L'Allegato III è stato modificato ed integrato dal **DPCM 2 settembre 1999, n° 348** *“Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale e per talune categorie di opere”* il cui Allegato I definisce le norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale per alcune categorie di opere.

Oggi la procedura di VIA è organizzata a seconda che si ricada in un ambito statale o regionale, in quanto i due ambiti si riferiscono a due normative differenti dove la logica principale è legata all'importanza delle opere, considerando le dimensioni e le specificità (Figura 5)

Figura 5: Quadro di riferimento normativo – procedurale per la VIA applicata ai progetti delle singole opere (Da Vismara R, Protezione ambientale, 2001, modificato).



Da ultimo, per lo scopo del presente lavoro, si richiama una terza direttiva CE n° 2001/42 emanata il 27 giugno 2001, concernente la valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente; questa, non ancora recepita né dall'Italia né tanto meno dalla maggior parte degli Stati membri, costituisce una grande novità in quanto non è riferita ai progetti di singole opere ma a piani e programmi.

La VIA può essere, quindi, identificata come:

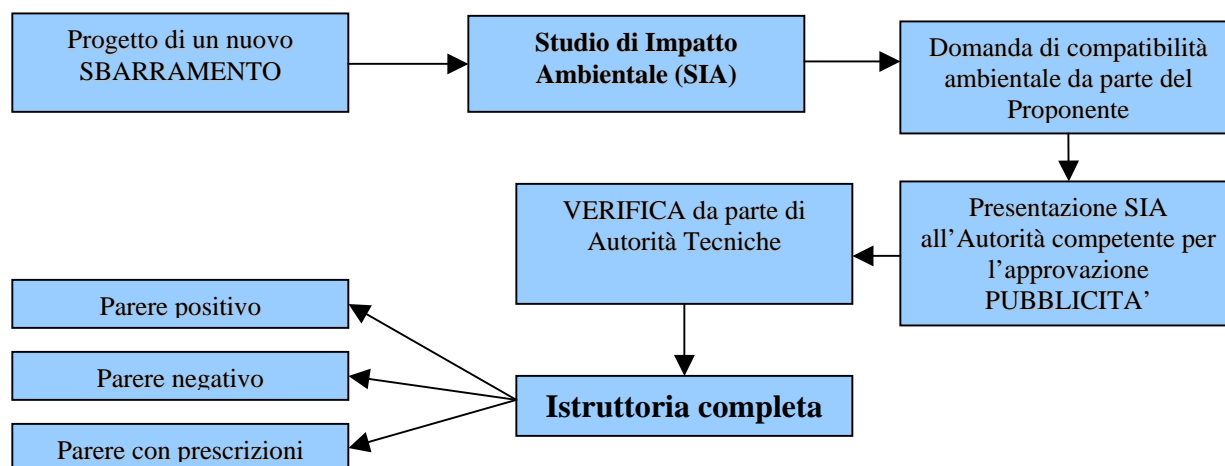
- una procedura tecnico - amministrativa finalizzata alla formulazione di un giudizio di compatibilità ambientale di un determinato progetto (opera o piano/programma che sia) nei confronti dell'ambiente, inteso come l'insieme delle attività umane e delle risorse naturali,
- uno strumento di supporto alla decisione per il rilascio dell'autorizzazione dei progetti definitivi (Legge 109/94 e successive modifiche);

che raccogliere al suo interno:

- dati tecnico scientifici sullo stato, sulla struttura e sul funzionamento dell'ambiente;
- dati sulle caratteristiche economiche e tecnologiche dei progetti in esame;
- previsioni sul comportamento dell'ambiente a livello di tutte le possibili interazioni tra progetto e singole componenti ambientali;
- procedure tecnico amministrative;
- istanze partecipative e decisionali.

Nella Figura 6 viene riportato lo schema di un classico iter procedurale per un impianto di regolazione delle acque (DPCM 27.12.88 Allegato III Cap. 7) da cui si evince la centralità, la rilevanza dello Studio di Impatto Ambientale (SIA) presentato dal Proponente.

Figura 6: Procedura VIA per un impianto di regolazione delle acque (DPCM 27.12.1988 – Allegato III, Cap. 7).



4.1. Lo Studio di Impatto Ambientale

Il SIA deve creare un quadro che consenta di valutare la validità delle scelte progettuali e dei criteri organizzativi e gestionali per la realizzazione e il funzionamento dell'opera; a tal proposito **L.W. Canter** evidenzia le principali informazioni che devono essere alla base del suo sviluppo (Tabella 3). Tali informazioni sono contenute nei tre “Quadri di Riferimento” di cui si compone un SIA secondo il DPCM dell'88 e precisamente:

- **Quadro di Riferimento Programmatico (QRP);**
 - **Quadro di Riferimento Progettuale (QRPE);**
 - **Quadro di Riferimento Ambientale (QRA);**
- oltre che nella
- **Sintesi Non Tecnica (SNT).**

Tabella 3: Principali informazioni contenute in un SIA.

Project description need	definizione delle caratteristiche e delle esigenze del progetto; bisogna fornire in questa fase una descrizione tecnica della tipologia del progetto e del suo funzionamento, la localizzazione proposta e le ragioni che hanno portato a questa scelta, il tempo previsto per la costruzione, i requisiti ambientali richiesti dal progetto e le misure di controllo per l'inquinamento
Pertinent Institutional Information	individuazione di tutte le informazioni (dati ambientali, normative) relative alla costruzione ed al funzionamento dell'opera
Identification e prediction of potential impact	identificazione dei potenziali impatti del progetto; è una prima qualitativa identificazione degli impatti del progetto che aiuta ad inquadrare meglio la successiva fase di quantificazione degli impatti; ad esempio, ci si può servire di informazioni “look – alike” di impatti causati da tipi di progetto simili in zone geograficamente simili
Description of around environmental	descrizione dettagliata dell'ambiente interessato dalla realizzazione del progetto
Impact assessment	Valutazione e assegnazione di valori sulla base dell'importanza dei diversi impatti; procedimento delicato in quanto compaiono elementi di tipo soggettivo
Public Participation	coinvolgimento del pubblico attraverso ad esempio la conduzione di meeting pubblici
Impact Mitigation	identificazione e valutazione delle misure di mitigazione degli impatti
Selecting Proposed Action	identificazione e valutazione delle alternative
Environmetal Monitoring	pianificazione e sviluppo di appropriati programmi di monitoraggio ambientale prima, durante e dopo la costruzione dell'opera.

Il QRP individua gli strumenti di pianificazione e di programmazione territoriale all'interno dei quali si inquadra il progetto, fornendo una descrizione dei rapporti di coerenza del progetto con gli

obiettivi di tali strumenti; in generale, i piani considerati sono quelli emanati e adottati dallo Stato e dagli Enti Locali nei settori collegati all'opera progettata:

- Piani territoriali (L. 984/1977);
- Piani urbanistici; piani risanamento delle acque (D.Lgs 152/99);
- Piani smaltimento rifiuti (D.Lgs 22/1997);
- Piani paesistici (D.Lgs 490/1999);
- Piani di bonifica dei terreni contaminati;
- Piano aree a rischio industriale;

In questo contesto bisogna anche verificare la compatibilità dell'opera con i vincoli storico – archeologici, geologici, idrogeologici, etc; inoltre, si deve analizzare l'evoluzione del progetto dalla sua concezione alla sua attuazione – realizzazione.

Il QRPE descrive, invece, le caratteristiche tecnico – funzionali dell'opera, riassumendo le scelte tecniche di base, le loro motivazioni, l'inquadramento del progetto nel territorio, la descrizione delle principali caratteristiche dei processi produttivi (con l'indicazione della natura e delle quantità dei materiali impiegati, dei bilanci energetici, ecc.) e le fasi dell'intervento (cantiere, esercizio e decommissioning). Informazione fondamentale di questo quadro è, comunque, **l'analisi delle alternative progettuali e il confronto dei potenziali impatti con quelli determinati dall'intervento proposto.**

Le tipologie delle alternative che possono essere prese in considerazione sono quelle individuate nella Tabella 3

Tabella 3: Tipologia di alternative (Verdesca, Manuale di valutazione di Impatto economico – ambientale, 2003, Modificata)

ALTERNATIVE	TIPOLOGIA
Strategica	<ul style="list-style-type: none"> • Misure per prevenire la domanda • Misure diverse per realizzare lo stesso obiettivo
Alternativa zero	<ul style="list-style-type: none"> • Non realizzazione del progetto; definibile nella fase di pre - fattibilità o nello studio di fattibilità
Di localizzazione	<ul style="list-style-type: none"> • Conoscenza dell'ambiente • Individuazione di potenzialità d'uso dei suoli • Limiti rappresentati da aree critiche e sensibili
Di processo o strutturali	<ul style="list-style-type: none"> • Esame di differenti tecnologie, processi, materie prime da utilizzare nel progetto; sono definibili nella fase di progettazione di massima o esecutiva
Di compensazione o di mitigazione degli effetti negativi	<ul style="list-style-type: none"> • Ricerca di transazioni economiche accordi vari per limitare gli impatti negativi non eliminabili; sono definibili nella fase di progettazione di massima o esecutiva

Il QRA individua, classifica e valuta gli impatti ambientali attribuibili alle opere in esame con l'obiettivo di prevedere gli effetti indotti sulle diverse componenti ambientali considerate, per poi identificare, caratterizzare le opere di mitigazione degli impatti individuati.

In conclusione, si ha la SNT che è destinata all'informazione del pubblico per consentire, in maniera semplice, la comprensione dei contenuti del SIA.

4.2. Le tecniche di individuazione, previsione e valutazione degli impatti

L'individuazione degli impatti ovvero l'individuazione delle interazioni certe o probabili tra le attività elementari del progetto e le componenti ambientali caratteristiche dell'ambito territoriale di riferimento, è una fase estremamente importante in un SIA che pone le basi per la restante parte dello studio. È importante sottolineare che gli impatti devono essere considerati in diversi tempi: costruzione, esercizio e post-esercizio.

Sono state sviluppate varie metodologie utilizzate in campo internazionale, per l'individuazione degli impatti che possono essere così raggruppate:

- Check list;
- Matrici;
- Grafi;
- Overlay mapping.

Le **check list** possono essere considerate il più semplice strumento per identificare gli impatti; consistono in un'elencazione di domande relative alle caratteristiche delle componenti ambientali dell'area interessata dalla progettazione e alle caratteristiche dell'opera.

In letteratura, si individuano tre tipi di check list di tipo qualitativo (semplici, descrittive, di quesiti) e due tipi quali - quantitativo (scaling check list e weighting check list) che differiscono tra di loro per il grado di strutturazione del procedimento di identificazione e valutazione degli impatti: si passa da semplici elenchi di attività di progetto e di fattori ambientali cui fare riferimento per identificare gli impatti di una specifica classe di progetti a liste con criteri di punteggio per una descrizione più dettagliata dell'impatto.

La compilazione delle liste può avvenire adottando metodi differenti (interviste agli esperti, interviste pubbliche, elencazione di denunce e proteste specifiche, censimento degli interventi dei mass media).

Come esempio di check list semplice si può considerare quella sviluppata dal Cooperative Research Service dell'US Department Service (USDA) per i progetti che possono impattare terreni agricoli; questa check list è composta da 21 componenti ambientali e per ognuna di queste componenti si

vanno a valutare gli impatti secondo la modalità rappresentata nella Tabella 4 (che rappresenta una parte di quella completa).

Tabella 4: Stralcio di check list per progetti che possono impattare terreni agricoli – USDA (Canter, Environmental Impact Assessment, 1996).

.....
CLIMATOLOGIA. Il progetto produrrà <ul style="list-style-type: none"> • Emissioni di aria inquinata che eccedono gli standard Federali o Statali o che causano un deterioramento della qualità dell'aria? • Odori discutibili? • Alterazione dei movimenti d'aria, umidità o temperatura? • Emissioni di aria pericolosa regolata dal Clean Air Act?
.....
RUMORI. Il progetto <ul style="list-style-type: none"> • Incrementerà i preesistenti livelli di rumore? • Esporrà la popolazione ad eccessivi rumori?
.....
SERVIZI. Il progetto avrà effetti sulla necessità di un nuovo sistema o alterazioni dei seguenti servizi: <ul style="list-style-type: none"> • Energia e gas naturale? • Sistemi di comunicazione? • Acqua? • Fogne e serbatoi settici? • Sistema di raccolta acque bianche?
.....

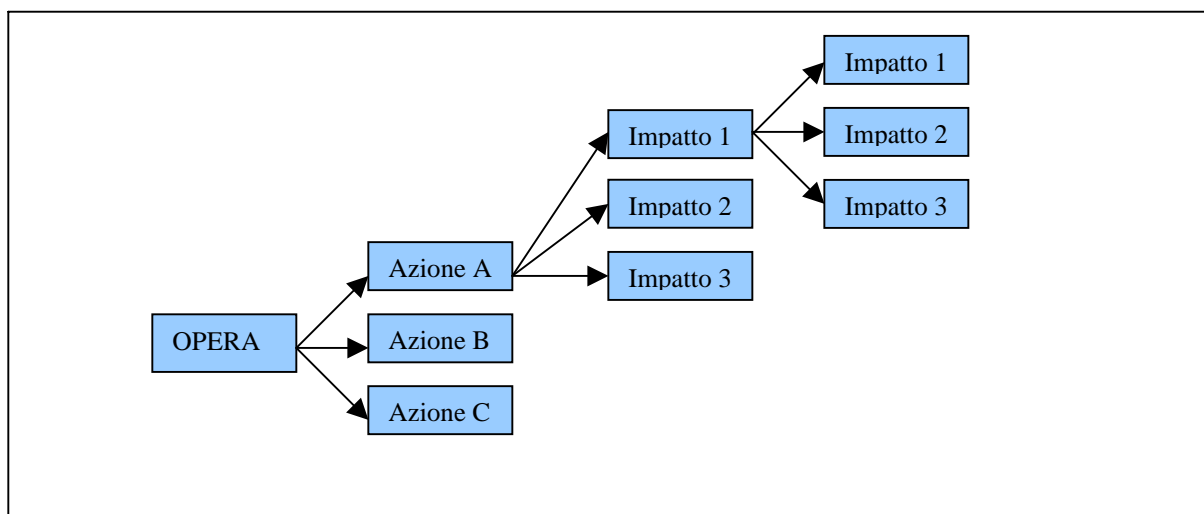
Le **Matrici** sono check list bidimensionali, tabelle a doppia entrata sulle cui righe vengono riportate le componenti e i fattori ambientali implicati (suddivisi e raggruppati in categorie) mentre sulle colonne sono riportate le azioni elementari in cui è stata scomposta l'attività di progetto; ogni incrocio della matrice rappresenta una potenziale relazione di impatto tra i fattori di progetto ed i fattori dell'ambiente.

L'esempio più conosciuto di questa metodologia è costituito dalla “**matrice di Leopold**” (1971) che incrocia 88 componenti ambientali con 100 azioni elementari per un totale di 8.800 caselle di impatto potenziale: l'impatto previsto viene segnato sull'apposita casella scrivendovi i dati relativi all'intensità e all'importanza dell'impatto secondo scale numeriche uniformemente adimensionate.

Un altro approccio verrà dato in seguito nell'identificazione e valutazione degli impatti generati dal caso di studio, oltre che nel paragrafo seguente dove verrà descritta una matrice che identifica qualitativamente i possibili impatti generati da una diga.

I **Grafi** sono costituiti da diagrammi di flusso o catene di relazioni multiple che evidenziano le relazioni tra azioni proposte e i possibili impatti ambientali; si sviluppano in vari passaggi tra causa ed effetto collegati da frecce o linee indicanti la sequenza degli eventi e, attraverso questa rappresentazione, possono essere identificati anche gli impatti indiretti.

Figura 7: Schema logico dei grafi.



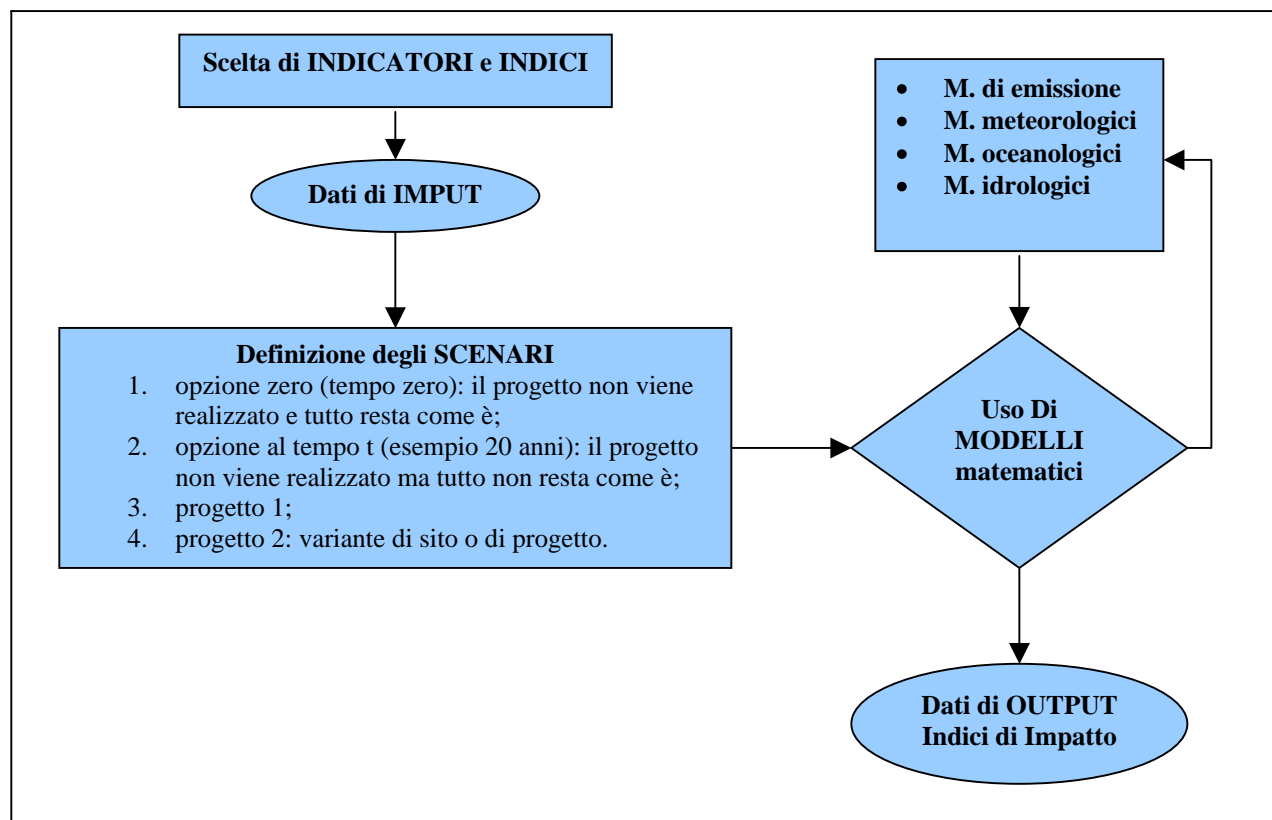
Le **Overlay mapping**, derivando dai criteri della pianificazione territoriale, si basano sulla elaborazione e sovrapposizione della cartografia caratterizzante un particolare territorio, che consente di identificare o prevedere l'intensità e l'estensione geografica degli impatti e quindi le aree di maggiore criticità.

Una volta identificati i potenziali impatti, si passa alla previsione vera e propria degli stessi, analizzando i cambiamenti prodotti dalla realizzazione del progetto attraverso l'applicazione di opportuni metodi di stima; è possibile definire la previsione degli impatti come: **"stima della variazione della qualità o della quantità della componente o del fattore ambientale, rispetto alla condizione di riferimento, a seguito dell'azione prevista"** (Verdesca, 2003).

Le tecniche di previsione degli impatti sull'ambiente di un progetto utilizzano una serie di passaggi logici come evidenziato in Figura 7.

Con la valutazione degli impatti si passa da una stima degli impatti previsti sulle diverse componenti ambientali a una valutazione dell'importanza che la variazione prevista per quella componente o fattore ambientale assume in quel particolare contesto.

Figura 8: Schema logico delle tecniche di previsione degli impatti (Vismara, 2001, Modificato).



Pertanto, si tratta di stabilire se, rispetto ad una scala convenzionale e alla variazione prevista per i diversi indicatori, si produrrà o meno una significativa variazione della qualità dell'ambiente.

Le metodologie di valutazione si possono suddividere in :

- Metodologie monetarie;
- Metodologie non monetarie:
 - a) Multicriteriali
 - I) quantitative;
 - II) qualitative;
 - III) quali – quantitative;
 - b) descrittive.

Le **Metodologie monetarie** sono quelle tradizionalmente utilizzate e riconducibili all'Anali Costi Benefici (ACB); quest'ultimo è un metodo diretto ad accertare la redditività sociale degli interventi, i cui effetti, misurati in unità monetaria, vengono semplicemente sommati senza utilizzare pesi.

Quindi, un progetto è economicamente conveniente e socialmente desiderabile quando il totale dei benefici ad esso associati supera il totale dei costi.

L'ABC, però, non è in grado di fornire una valutazione che tenga conto dell'equità, in quanto enfatizza gli effetti economici. Oltre a non indicare quali saranno i gruppi che beneficeranno dei vantaggi una volta che il progetto è realizzato, non considera in maniera assoluta gli impatti ambientali che non possono essere tradotti in termini monetari. Oggi l'ACB è presente anche nelle metodologie non monetarie.

Come esempio possiamo citare la “valutazione condotta per un impianto idroelettrico ipotizzato su di un fiume che si trova nell'ovest della Tailandia”; al centro della proposta la diga di Nam Choan, che avrebbe creato un bacino artificiale tra due aree protette che occupano nel loro insieme una superficie di 1240 miglia quadre, indicata come la più grande riserva naturale della Tailandia. Nella realizzazione di questo studio d'impatto, si tenne conto sia dei benefici espressi in termini monetari in rapporto ai danni che l'area naturale avrebbe subito, come pure degli altri effetti non valutabili in termini monetari.

I benefici monetari ad esempio derivavano dall'elettricità generata, considerando che nel caso di non realizzazione del progetto, tale energia avrebbe dovuto essere generata attraverso la realizzazione di altri impianti; il beneficio monetario era cioè calcolato come costo aggiuntivo evitato per generare elettricità in un altro impianto, o per importazioni di energia dalla penisola indocinese. Inoltre, la foresta abbattuta per creare il serbatoio avrebbe fornito il legname che poteva essere venduto a prezzi di mercato: insomma, il beneficio netto sarebbe stato di **140 milioni di dollari**.

Però furono considerati anche effetti non quantificabili di cui due furono di importanza cruciale per la decisione di non costruire la diga; in particolare l'incremento del rischio di terremoti e la degradazione dell'area protetta. A proposito dell'esistenza di problemi di questo tipo, per il sito di Nam Choan, *si cade nell'incertezza* in merito al rapporto di causa – effetto tra attività sismica e creazione di invasi artificiali, come pure non sono *ben definiti* gli effetti sull'area naturale: il progetto avrebbe ostacolato il movimento degli animali di grande taglia, avrebbe distrutto l'area forestale lungo i fiumi, habitat di specie rare.

Alla fine nel 1988, il governo thailandese decise di rinviare sine die la decisione in merito al progetto, decisione basata sulla valutazione che l'utile netto di 140 milioni dollari non valeva i costi non valutabili in termini monetari. (Bettini, 2000).

Quest'ultimo esempio potrebbe rientrare nelle metodologie di valutazione degli impatti dette “analisi multicriteri”, dove vengono presi in considerazione diversi criteri simultaneamente e vengono valutati diversi fattori (qualità dell'ambiente, salute pubblica, costi).

In generale per tali metodologie vengono utilizzate delle matrici di valutazione, dove gli impatti vengono individuati e misurati con l'uso di indicatori di tipo fisico, chimico, biologico; le misure così ottenute, sono trasformate in valori omogenei attraverso delle metodologie di tipo qualitativo e quantitativo.

Per metodologie quantitative, si intende, quindi, la trasformazione delle misure degli impatti in valori omogenei. Il processo di trasformazione avviene attraverso operazioni di ponderazione di diversi comparti ambientali in relazione alle aspettative della comunità. Tra le tecniche per la determinazione dei pesi si citano solamente (rimandando a testi specializzati) i più usati che sono il metodo Delphi, il Sistema di confronto a coppie e il Paired Comparison Technique – PCT.

Le metodologie qualitative, invece, si basano su dati e operazioni definite “ordinali” di non univoca interpretazione che consentono la valutazione sulla base di giudizi aggregati di tipo qualitativo; una metodologia di questo tipo è “l'**analisi della frequenza**”.

Le metodologie descrittive si basano sulla rappresentazione cartografica specifica per ogni componente ambientale; risultano particolarmente utili nella valutazione dei programmi di pianificazione del territorio o nella scelta dei siti di nuove infrastrutture ed hanno il vantaggio di non aver bisogno della formulazione di giudizi di valore fra le diverse componenti.

Come esempio di applicazione possiamo citare la metodologia studiata per la valutazione “ex post” della diga di Ridracoli (Grillenzoni, Ragazzoni, 1995) di tipo non monetario, caratterizzata da un doppio approccio sia di tipo descrittivo sia di tipo quali – quantitativo; in tale studio sono utilizzati in particolare supporti cartografici (carte tematiche e di sintesi) e un modello di tipo multicriteriale.

Schematicamente l'intera procedura è articolata in due fasi tra loro collegate sequenzialmente.

La prima fase comporta un'indagine cartografica delle principali componenti interessate dal progetto; lo studio, avvalendosi di 7 carte tematiche:

- carta topografica;
- carta della stabilità dei versanti;
- carta clivometrica;
- carta litologica;
- carta del dissesto;
- carta dell'utilizzo dei suoli;
- carta topografica del censimento ISTAT.

si pone l'obiettivo di individuare quali siano le zone maggiormente sensibili o compatibili distinte per aree omogenee (unità di paesaggio territoriale).

La seconda fase ha lo scopo di valutare le singole zone omogenee, onde pervenire ad un indice finale di qualità ambientale (IQUAM) in grado di quantificare gli impatti.

4.2.1. La Matrice degli Impatti di uno sbarramento

Come esempio applicativo si è costruita una matrice di individuazione degli impatti generati da uno sbarramento idraulico prendendo in riferimento lo “Studio degli effetti ambientali della diga sul Torrente Farma”.(Toscana) compilando solo le parti riferite ad impatti che possono essere generalizzati a qualsiasi tipo di sbarramento.

Gli impatti identificati risultano essere 13 per i 7 ecosistemi identificati; in particolare abbiamo:

	ECOSISTEMI	N° IMPATTI
1	Idrologia fluviale	3
2	idrologia dei versanti	1
3	ecologia del paesaggio	1
4	Clima	1
5	Fisiografia	4
6	Erpetofauna	1
7	Vegetazione	2
	TOTALE	13

Procedendo per riga, dopo aver citato la parte dell’ecosistema considerato e la componente delle attività interessata, viene descritto il rapporto causa – effetto delineato dall’inserimento della diga. Sotto la voce metodo di valutazione, viene fornita l’indicazione del tipo di previsione e citati gli eventuali riferimenti; sotto la voce processi implicati nell’impatto sono discussi, invece, i problemi ecologici pertinenti. Ancora procedendo per riga, sotto ubicazione dell’impatto sono indicate la grandezza e la forma dell’area interessata e sotto dimensioni dell’impatto viene quantificato, nei limiti del possibile, l’effetto e ne viene indicata la variabilità.

Sotto la voce caratteristiche temporali dell’impatto vengono indicati il periodo o i periodi nei quali gli impatti hanno luogo e la regolarità della loro manifestazione, incidenza e ripetizione periodica.

Viene poi descritta la reversibilità dell’impatto e citati gli effetti collaterali.

Infine possono essere riportate le annotazioni relative alle alternative di progetto e al metodo utilizzato.

Tabella 5: Matrice Impatti di un Sbarramento fluviale.

	impatto 1	impatto 2	impatto 3
Parte dell'ecosistema considerata	<u>idrologia fluviale</u>	<u>idrologia fluviale</u>	<u>idrologia fluviale</u>
Componente dell'attività	regime di gestione delle acque	regime di gestione delle acque	regime di gestione delle acque
Rapporto causa - effetto	derivazione di acqua dal bacino idrografico con riduzione delle portate a valle	modificazione del pattern delle portate con variazioni nei processi fluviali e nella morfologia del letto del fiume	modificazione del pattern delle portate con variazioni nella composizione chimica dell'acqua
Metodo di valutazione	simulazione delle portate mediante un modello basato sulla portata specifica dei vari tipi di bacino definiti in base al tipo e all'estensione della litologia e della fisiografia; CURVA DI DURATA DEI DEFLUSSI	previsione quantitativa sulla base delle equazioni del regime fluviale, utilizzando i dati disponibili sulle portate e i dati di un rilevamento di prima approssimazione della morfologia del letto del fiume e della distribuzione dei sedimenti	modello qualitativo basato sul contributo relativo dei differenti tipi chimici di acqua, definiti in base alla litologia e alla fisiografia, come riscontrati nel rilevamento di campagna.

Processi implicati nell'impatto	la portata annuale totale si ridurrà considerevolmente con riduzione o scomparsa dei picchi di piena -	la pendenza del fiume, l'erosione fluviale e l'ampiezza del letto del fiume dipendono da una combinazione di: 1) portata assoluta; 2) contributo relativo dei picchi di piena alle portate; 3) trasporto solido	specifiche del progetto - diminuzione della velocità della corrente e aumento della vegetazione dell'alveo - variazione nell'apporto e nella decomposizione della sostanza organica
Ubicazione dell'impatto	gli effetti del regime di gestione delle acque sulle portate sono molto evidenti lungo tutto il percorso a valle del sito previsto per la diga	la porzione del fiume a valle della diga risulterà influenzata interamente, ma l'intensità degli effetti diminuisce progressivamente verso valle	specifiche del progetto
Dimensione dell'impatto	specifiche del progetto	la pendenza del fiume rimarrà pressoché la stessa, poiché essa è controllata dagli affioramenti di roccia presenti nell'alveo - per la mancanza di trasporto solido a valle dello sbarramento si avrà una certa riduzione di sedimenti - a causa della riduzione delle portate la larghezza dell'alveo diminuirà	specifiche del progetto
Caratteristiche temporali dell'impatto	specifiche del progetto	gli effetti suddetti si verificheranno gradualmente entro un periodo di circa 10 anni dopo di che verrà raggiunto un nuovo equilibrio - questo comunque sarà meno stabile a causa del carattere artificiale delle portate	specifiche del progetto
Reversibilità	questo impatto è reversibile	gli effetti sono sostanzialmente reversibili ma più a lungo si protrarrà la nuova situazione più sarà difficile il ripristino della situazione attuale	gli effetti descritti vengono considerati reversibili tuttavia il ripristino della situazione attuale potrebbe richiedere molto più tempo della sua distruzione

Effetti collaterali	molti degli altri impatti sono determinati da questo	a causa della ridotta frequenza dei picchi dei picchi di piena , il letto di piena può riempirsi maggiormente di vegetazione - le poche piene rimanenti possono avere pertanto su di essa un effetto più devastante - la deposizione di sedimenti cesserà del tutto per i primi chilometri a valle della diga -	è da attendersi un certo impoverimento del biotopo lungo il fiume
Annotazioni	le conseguenze delle diverse alternative variano in misura considerevole	la quantificazione di questi effetti si basano essenzialmente sull'affidabilità dei dati relativi alle portate e di quelli emersi dalle indagini	per poter formulare previsioni più quantitative sarebbe necessario un numero maggiore di misurazioni effettuate per un lungo periodo
	impatto 4	impatto 5	impatto 6
Parte dell'ecosistema considerata	<u>idrologia dei versanti</u>	<u>ecologia del paesaggio</u>	<u>clima</u>
Componente dell'attività	regime di gestione delle acque	creazione invaso	creazione invaso
Rapporto causa - effetto	variazioni del pattern delle portate regime delle acque sotterranee	occupazione di spazio da parte del lago con conseguenza scomparsa di ecotopi	presenza del lago e dello sbarramento; influenza sul clima locale
Metodo di valutazione	interpretazione dei cambiamenti delle relazioni spaziali tra il corso d'acqua e i fisiotopi terrestri	confronto tra la carta degli ecotopi con l'estensione dello spazio occupato dal lago secondo i vari progetti	stima qualitativa degli effetti considerando le informazioni sulle condizioni locali e su situazioni paragonabili

Processi implicati nell'impatto	i deflussi profondi sono un aspetto importante dal punto di vista ecologico soltanto sui versanti molto ripidi formati da roccia affiorante	scomparsa degli ecotopi sommersi dal lago fino ad determinata quota s.l.m.; al di sopra di tale quota ecotopi soggetti ad inondazioni - possibilità di qualche sviluppo ecologico	capacità termica del corpo d'acqua - escursione giornaliera della temperatura minore che sui terreni agricoli circostanti; variazioni annuali di temperatura e umidità dell'aria - diga come barriera per i venti
Ubicazione dell'impatto	non applicabile	vedere carta	le variazioni dell'escursione termica e dell'umidità dell'aria si limitano ad un'area di 1 km attorno al lago; le variazioni dei venti locali possono estendersi fino ad 1 km dalla diga
Dimensione dell'impatto	non ci si aspettano influenze di questo rapporto causa-effetto sui fisiotopi terrestri	tutti gli ecotopi sono distrutti completamente in una determinata superficie	le variazioni delle temperature sono difficili da prevedere ma saranno dell'ordine di vari gradi nelle vicinanze del lago diminuendo con l'aumentare della distanza dal lago - le variazioni dell'umidità dell'aria saranno più alte in primavera quando la vegetazione naturale presenterà i massimi valori di evapo traspirazione determinando così una riduzione dell'umidità dell'aria vicino al lago - durante la notte può verificarsi la situazione opposta specialmente all'inizio dell'autunno e durante i periodi secchi estivi; anche questi effetti si riducono man mano che aumenta la distanza dal lago - le variazioni dei movimenti dei venti possono essere notevoli
Caratteristiche temporali dell'impatto	non applicabile	tutti gli effetti si verificano subito dopo l'entrata in funzione della diga	le caratteristiche temporali di questi impatti sono variabili dipendono dal regime di gestione delle acque e dalle condizioni climatiche
Reversibilità	non applicabile	l'effetto descritto è in larga misura irreversibile - anche se dopo un certo tempo la diga fosse demolita non sarebbe mai più possibile l'insediamento degli stessi ecotopi	gli effetti sono quasi completamente reversibili
Effetti collaterali	non applicabile	qualora l'area destinata a essere sommersa dal lago non venisse liberata dalla vegetazione, alberi e cespugli morti potrebbero ostruire il deflusso dell'acqua	a causa del calore accumulato nel lago durante il periodo autunnale ci si può aspettare un aumento della nebbia nell'area del lago - gli effetti secondari sulla vegetazione sono molto difficili da valutare ma si ritiene che siano limitati a una lieve variazione della composizione in specie dei tipi di vegetazione presenti nell'area del lago

Annotazioni	per poter fornire risultati più quantitativi sarebbe necessaria una serie di dati meteorologici misurati in molte stazioni			
	impatto 7	impatto 8	impatto 9	impatto 10
Parte dell'ecosistema considerata	<u>fisiografia</u>	<u>fisiografia</u>	<u>Fisiografia</u>	<u>fisiografia</u>
Componente dell'attività	creazione invaso	costruzione della diga - apertura di cantieri ed aree di servizio	creazione di un canale di derivazione e di un inghiottitoio di immissione, con un tratto supplementare in galleria	costruzione di una strada
Rapporto causa - effetto	risalita della tavola d'acqua - stabilità dei versanti	escavazione dei versanti - deposizione dei materiali da costruzione - modificazione della morfologia e della stabilità dei versanti	escavazione sui versanti, rimozione /accumulo di materiali - modificazione della morfologia dei versanti e dei processi in essi presenti	lavori di costruzione - variazione della morfologia dei versanti e dei processi nei versanti
Metodo di valutazione	esame della stabilità dei versanti attorno al lago previsto con l'aiuto di carte geografiche, fotografie e conoscenze di campagna	stima basata sulle conoscenze di campagna	stima basata sulle conoscenze di campagna	stima basata sulle conoscenze di campagna
Processi implicati nell'impatto	a causa della ricorrente sommersione dei versanti dell'area di invaso il loro contenuto d'acqua sarà maggiore per periodi di durata considerevole - riduzione dei deflussi sotterranei nei versanti adiacenti - la stabilità dei versanti dipende in larga misura dal contenuto di umidità dei materiali di cui sono formati - un aumento di esso può determinare il superamento del limite critico di stabilità	con l'introduzione nei versanti di elementi estranei e con la modificazione del loro profilo vengono interessati i processi naturali in essi presenti - il flusso naturale dell'acqua sotterranea risulterà alterato: nelle zone di escavazione le acque sotterranee affioreranno con possibile innesco di erosione per rigagnoli - l'accumulo di acqua potrà innescare forme di erosione anche sui terreni rilevati e/o pianeggianti, mentre nelle aree a valle potrà verificarsi un inaridimento dei suoli	i processi implicati sono sostanzialmente gli stessi citati a proposito della creazione dello sbarramento e delle aree di servizio, ma a causa della molto più ampia estensione in senso orizzontale dell'attività la concentrazione del ruscellamento superficiale e l'inaridimento dei suoli a valle sono più pronunciati	nella creazione di strade che tagliano i versanti la naturale morfologia di questi risulta alterata, con conseguente instabilità se il materiale che li costituisce non ha coesione

Ubicazione dell'impatto	specifiche del progetto	l'area intorno ai cantieri talvolta fino a varie decine di metri a monte e a valle di essi	in una striscia lungo il canale ma con possibilità di una notevole estensione a monte e a valle (instabilità dei versanti) - attorno all'inghiottitoio	lungo le strade ma ulteriori effetti a monte e a valle possono essere impediti solo parzialmente anche con una corretta esecuzione dei lavori
Dimensione dell'impatto	vedere carta	gli effetti variano da molto modesti nel caso di una piccola piattaforma di servizio, a molto ampi nel caso dello sbarramento: in quest'ultimo caso l'impatto può sovvertire completamente la natura morfologica dei versanti e i processi in essi presenti	intorno all'inghiottitoio gli effetti prevedibili sono probabilmente di scarsa entità se il materiale da rimuovere non viene depositato nella zona; lungo il canale si verifica una completa alterazione della parete inferiore del profilo dei versanti con interferenze con l'equilibrio naturale fatto che porta alla concentrazione del ruscellamento superficiale e all'inaridimento dei suoli a valle in ampie aree	gli effetti possono essere molto ampi a causa dell'inibizione dei normali processi di superficie (scorrimento superficiale di suolo e lettieria, deflussi superficiali) e dell'influenza sulla stabilità dei versanti - è necessario uno studio dettagliato su quest'ultimo aspetto
Caratteristiche temporali dell'impatto		in prima istanza l'impatto costituisce un evento unico, ma l'equilibrio dei versanti può risultare influenzato per un tempo molto lungo, in quanto in condizioni naturali il nuovo equilibrio tenderà a raggiungere la stessa configurazione del sistema dei versanti non sottoposto ad influenze	l'impatto iniziale è un evento unico ma gli effetti a lungo termine possono continuare a manifestarsi fino al raggiungimento di un nuovo equilibrio	l'impatto iniziale è un evento unico ma gli effetti a lungo termine possono durare per sempre - è necessaria una regolare manutenzione della strada per compensare tali effetti
Reversibilità	gli eventuali movimenti franosi hanno effetti irreversibili	gli effetti sono irreversibili	gli effetti non sono reversibili in brevi periodi	gli effetti sono irreversibili
Effetti collaterali	I sedimenti originati dalle frane possono sbarrare il normale corso del fiume e contribuire in misura considerevole all'interrimento dell'invaso - l'instabilità dei versanti dovuta ai movimenti di massa tenderà a estendersi a monte fino al raggiungimento di un nuovo equilibrio	variazione del regime delle acque superficiali e profonde - aumento della quantità di materiale influenzabile da processi di versante - leggero incremento della quantità di trasporto solido - nuove caratteristiche dell'habitat che portano alla prevalenza di un tipo degradato di vegetazione per un lungo periodo di tempo	grave alterazione del regime delle acque superficiali e profonde - danni alla vegetazione, impedimenti alla mobilità degli animali - gli effetti saranno maggiori qualora si costruisce una strada di servizio lungo il canale	modificazioni del regime delle acque superficiali e profonde - danni alla vegetazione - influenza sulla mobilità degli animali

Annotazioni				l'effetto della costruzione della strada abbinato agli effetti della costruzione del canale di derivazione determina le più gravi conseguenze fisiografiche - prima di dare avvio alla realizzazione sarebbe opportuno effettuare uno studio approfondito sulle implicazioni previste
	impatto 11	impatto 12	impatto 13	
Parte dell'ecosistema considerata	<u>Erpetofauna</u>	<u>vegetazione</u>	<u>vegetazione</u>	
Componente dell'attività	regime di gestione delle acque - creazione dell'invaso - costruzione di strade	regime di gestione delle acque	creazione dell'invaso	
Rapporto causa - effetto	modificaione dei biotopi - isolamento di biotopi - erpetofauna	cambiamento dei biotopi, impoverimento di biotopi - vegetazione	scomparsa e modificazione dei biotopi - scomparsa e modificazione di cenosi vegetali	
Metodo di valutazione	valutazione qualitativa basata sulle osservazioni di campagna raffrontate con gli altri effetti	confronto qualitativo del pattern di distribuzione della vegetazione con le previste variazioni della morfologia del letto del fiume e del regime delle portate - calcolo del valore come indicatori per le specie di piante - previsione del probabile sviluppo della vegetazione in base alle conoscenze della campagna e alla letteratura	confronto qualitativo del pattern di distribuzione della vegetazione con l'estensione del lago proposto - previsione dello sviluppo della vegetazione in base alle conoscenze di campagna e alla letteratura	

Processi implicati nell'impatto	<p>le specie erpetofaunistiche presentano requisiti differenti per quanto riguarda luoghi di produzione, biotopi estivi, biotopi invernali e luoghi di accoppiamento, nonché per le possibilità che hanno di raggiungere questi vari luoghi -</p> <p>qualunque modificazione nelle caratteristiche di uno o più di questi siti può avere riflessi sulla presenza delle singole specie</p>	<p>le specie di piante adattate agli habitat dinamici presenti lungo l'alveo possono scomparire - altre specie ruderali più comuni e/o più rampicanti, molto competitive, occuperanno queste zone diffondendosi per tutta l'area e soffocando tutti gli individui meno resistenti - impoverimento delle cenosi vegetali e diminuzione di quelle che si sviluppano proprio lungo le rive del fiume</p>	<p>gli ecotopi inondati saranno privi di vegetazione - un qualche sviluppo di questa sarà possibile sulle rive del lago non permanentemente sommerse</p>
Ubicazione dell'impatto	<p>molti luoghi di riproduzione per gli anfibi scompariranno in seguito alla realizzazione del progetto - poco si può dire con certezza sui biotopi estivi e invernali e le vie di migrazione, poiché si sa poco sull'autoecologia delle specie - è probabile che poche riusciranno a trarre vantaggio dalle modificazioni -</p> <p>viceversa la considerevole maggiore apertura della zona e l'isolamento dei biotopi dovuto alle opere lineari, come il canale e la strada, influirà negativamente su parecchie specie di anfibi</p>	<p>vedere carta</p>	<p>vedere carta</p>
Dimensione dell'impatto	<p>alcune specie risentiranno particolarmente di questa diminuzione dei biotopi adatti alla riproduzione -</p> <p>poiché si tratta di specie rare questo effetto viene considerato grave</p>	<p>gli effetti sulla vegetazione dell'alveo diminuiscono con l'aumentare della distanza dalla diga</p>	<p>specie ruderali si insinueranno nelle cenosi vegetali saltuariamente sommerse - il carattere ruderale della vegetazione aumenta col crescere della frequenza e della durata delle inondazioni</p>

Caratteristiche temporali dell'impatto	<p>è prevedibile che gli effetti sulla popolazione di anfibi si verifichino entro pochi anni dalla esecuzione dei lavori - l'uso delle strade porterà ad un'ulteriore diminuzione degli individui e, a lungo termine, l'apertura dell'area può condurre alla scomparsa della specie</p>	<p>è prevedibile che gli effetti sulla vegetazione non si verifichino immediatamente - le prime modificazioni si manifesteranno dopo qualche anno dalla realizzazione della diga e da quel momento esse aumenteranno progressivamente</p>	<p>a lungo termine le modificazioni della vegetazione diventeranno sempre più evidenti</p>
Reversibilità	<p>non ci sono specie per le quali sia prevedibile una scomparsa immediata dalla zona - pertanto se si ripristinasse la situazione originaria le specie potrebbero ricolonizzare le aree perdute - questo processo potrebbe richiedere tuttavia una considerevole quantità di tempo</p>	<p>gli effetti non sono reversibili - vi è comunque la possibilità che dopo un tempo molto lungo cenosi di piante più o meno simili tornino a svilupparsi una volta rimosse le costruzioni</p>	<p>gli effetti sono in larga misura irreversibili - anche nel caso che venissero ripristinate le caratteristiche idrologiche originarie non si ristabilirebbero mai le medesime fitocenosi</p>
Effetti collaterali	<p>i predatori degli anfibi possono risentire leggermente della diminuzione delle popolazioni</p>	<p>come risultato dello sviluppo di una vegetazione più ordinaria/ruderale (con una copertura crescente) anche altre parti dell'ecosistema ne risentiranno ad esempio si avrà una diminuzione della funzione di foraggiamento per i rettili, gli anfibi, gli uccelli e di quelle parti sabbiose/rocciose dell'alveo ancora presenti</p>	<p>le modificazioni della vegetazione comportano sempre alterazioni di altre parti dell'ecosistema per esempio della fauna - possono crearsi condizioni favorevoli per specie animali non desiderate (ad esempio ratti) - comunque tali effetti indiretti sono difficili da prevedere</p>
Annotazioni			

5. La mitigazione degli Impatti: l'ingegneria naturalistica

Gli effetti negativi sull'ambiente sono sempre presenti, anche quando l'opera è realizzata in un sito ad elevata tolleranza nei confronti delle pressioni antropiche (Vismara, 2000); di conseguenza, nell'ambito della VIA, devono essere individuate, per il controllo e la gestione degli impatti ambientali previsti, opportune misure di:

- **mitigazione:** riduzione o contenimento degli impatti, relativi alla localizzazione dell'intervento in progetto, alla scelta dello schema progettuale e tecnologico di base; sono misure volte a ridurre interferenze indesiderate, relative ad azioni che possono essere intraprese in ogni fase di vita dell'opera;
- **compensazione:** bilanciamento o indennizzo degli effetti negativi subiti dalle comunità a causa dell'attivazione o realizzazione del progetto attraverso, ad esempio, transazioni monetarie;
- **monitoraggio:** identificazione delle eventuali modifiche o azioni che devono essere effettuate per garantire il rispetto delle condizioni che hanno permesso la realizzazione del progetto.

Alcuni dei numerosi interventi atti alla mitigazione degli impatti possono essere identificati nelle tecniche di Ingegneria Naturalistica, una disciplina tecnico – scientifica che, attraverso metodologie proprie dell'ingegneria e sulla base di criteri meccanici, biologici ed ecologici, utilizza come materiali le piante vive o parti di esse in abbinamento con altri materiali (legname, legno, terra, geotessili).

H. Zeh, esperta svizzera, sostiene che lo scopo dell'ingegneria naturalistica “è *quello di vitalizzare il nostro paesaggio già costruito*”, migliorando l'inserimento di certe opere ritenute necessarie in una logica di sviluppo e mitigando il loro impatto sia a livello estetico – paesaggistico che naturalistico.

L'ingegneria naturalistica accelera i processi naturali, allo scopo di raggiungere precisi obiettivi in tempi più brevi e con costi sostenibili. Gli obiettivi sono molteplici (Tabella 6):

- **tecnico;**
- **ecologico;**
- **economico;**
- **estetico.**

Tabella 6: Obiettivi delle tecniche di ingegneria naturalistica (Schiechl – Stern, 1994, modificata).

OBIETTIVI	CARATTERISTICHE
Tecnico	<ul style="list-style-type: none"> • protezione delle sponde dall'erosione provocata dall'acqua corrente e dall'urto dell'onda; • protezione delle superfici spondali dall'erosione superficiale a seguito di precipitazioni, vento e gelo; • aumento della stabilità della scarpata con la costruzione di un collegamento terreno radice; • funzione protettiva contro il vento e la caduta sassi.
Ecologico	<ul style="list-style-type: none"> • compensazione degli estremi di umidità e temperatura nello strato aereo vicino al terreno e con ciò creazione di condizioni favorevoli di crescita; • miglioramento del bilancio idrico del terreno mediante drenaggio e immagazzinamento; • preparazione del terreno e formazione di humus; • creazione di spazi vitali per piante e animali; • ombreggiamento delle sponde e delle zone di vivaio per pesci mediante vegetazione legnosa; depurazione delle acque mediante fissazione delle sostanze nocive nella rizosfera; • funzione di protezione contro il vento;
Economico	<ul style="list-style-type: none"> • diminuzione delle spese di costruzione di manutenzione; • creazione di aree utilizzabili per l'agricoltura e la selvicoltura ne anche per scopi ricreativi;
Estetico	<ul style="list-style-type: none"> • armonizzazione del paesaggio nel tracciamento; • inquadramento degli elementi , riguardanti l'ulteriore sviluppo, e dei manufatti nel paesaggio; • aumento dell'effetto emotivo suscitato dal paesaggio mediante la creazione di nuove strutture.

Dalla Tabella 6, si comprende come le metodologie dell'ingegneria naturalistica possono essere applicate in diversi ambiti:

- **versanti**: consolidamento ed inerbimento di pendici franose;
- **corsi d'acqua**: consolidamento e rinverdimento delle sponde, costruzioni di briglie e pennelli, creazione di rampe di risalita per l'ittiofauna;
- **infrastrutture viarie**: inerbimento e rinverdimento delle scarpate e degli svincoli, realizzazione di barriere antirumore;
- **cave**: recupero ambientale di ex cave.

I materiali utilizzati possono essere raggruppati in (Manuale di Ingegneria Naturalistica, Regione Campania, 2002):

- **materiali vegetali vivi;**
- **materiali organici inerti;**
- **materiali di sintesi.**

I semi di specie vegetali con alta capacità vegetativa, vengono utilizzati in tutti gli interventi di rinaturalizzazione grazie alla capacità di creare piante; molto utilizzati, nel recupero dei versanti e lungo i corsi d'acqua, sono i semenziali e trapianti di specie arbustive ed arboree. Molto efficaci nella protezione dell'erosione sono: i rizomi, le radici, le piote erbose o zolle (insieme di radici e fusti erbacei), i tappeti erbosi a rotoli; infine le talee di specie arbustive o arboree, sono segmenti di fusto capaci di produrre radici attecchire rapidamente; molto utilizzate sono quelle specie vegetali con forti e profondi apparati radicali come salici e pioppi.

I materiali organici inerti sono quei materiali che non hanno capacità vegetativa, come: legno, reti di juta o fibra di cocco o altri vegetali, stuoie in fibra di paglia o di cocco o altri vegetali, paglia o fieno fissati al suolo con picchetti e fili, composti a base di cellulosa, concimi organici. Vengono utilizzati in abbinamento con i materiali vivi, in molte tecniche sono atti alla tenuta dell'opera nel transitorio, nell'attesa che le piante crescano e contribuiscano, attraverso l'apparato radicale alla resistenza complessiva.

I materiali di sintesi sono, invece, griglie, reti o tessuti di materiale sintetico, come poliammide, polietilene, poliestere, ecc.; particolarmente utili per il rivestimento di terreni soggetti ad erosione e da consolidare; fertilizzanti chimici, collanti chimici, impiegati in particolari situazioni di pendenza e su terreni poveri di sostanze nutritive.

Le tecniche di applicazione di questi materiali sono diverse e variano a seconda dello scopo e dell'effetto tecnico atteso, oltre ad essere funzione della disponibilità dei materiali e del periodo di inserimento. Interventi di completamento, di sviluppo e interventi di manutenzione sono da prevedere fino a quando l'intervento di ingegneria naturalistica non avrà raggiunto il suo pieno effetto.

Le esperienze sull'utilizzazione di queste tecniche sono state tradotte da diverse Regioni italiane in leggi, manuali, capitolati, mentre a livello nazionale numerose sono le leggi che regolano i cantieri di Ingegneria naturalistica (Tabella 7).

Tabella 7: Normativa sui Cantieri di Ingegneria Naturalistica

LIVELLO NAZIONALE	
1)	Legge n. 523 del 25 luglio 1904 Testo unico sulle opere idrauliche
2)	D.M. 20 agosto 1912 Approvazione delle norme per la preparazione dei progetti di lavori di sistemazione idraulico - forestale nei bacini montani
3)	Legge n. 183 del 18 maggio 1989 Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo
4)	Legge n. 102 del 2 maggio 1990 Disposizioni per la ricostruzione e la rinascita della Valtellina e delle adiacenti zone delle province di Bergamo, Brescia....colpite dalle eccezionali avversità atmosferiche dei mesi di luglio ed agosto 1987
5)	D.P.R. 14 aprile 1993 Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulico - forestale
6)	Legge n. 334 dell'8 ottobre 1997 Disposizioni per lo sviluppo e la qualificazione degli interventi e dell'occupazione in campo ambientale
7)	Legge n. 345 del 2 ottobre 1997 Finanziamenti per opere e interventi di viabilità, infrastrutture, di difesa del suolo, nonché per la salvaguardia di Venezia
8)	Legge n. 267 del 3 agosto 1998 Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore nelle zone colpite da disastri franosì nella Regione Campania
9)	Testo coordinato Legge n.109 Legge quadro coordinata con le modifiche introdotte dal D.D.L.A.S. 2288 del 11 febbraio 1994 in materia di lavori pubblici (Merloni)
10)	D.M. 4 febbraio 1999 Attuazione dei programmi urgenti per la riduzione del rischio idrogeologico, di cui agli articoli 1, comma 2, e 8, comma 2 del D.lgs. 180, convertito con modificazioni dalla Legge 3 agosto 1998 n. 267
11)	D.P.R. N. 348 del 2 settembre 1999 Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per alcune categorie di opere
12)	D.lgs. N. 152 del 11 maggio 1999 Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane" articolo 1 lettera D; articolo 3, comma 6; articolo 41, comma 1; Allegato 1
13)	D.P.R. n. 554 del 21 dicembre 1999 Regolamento di attuazione della Legge quadro in materia di lavori pubblici n. 109 del 11 febbraio 1994, e successive modificazioni
14)	D.P.R. n. 34 del 25 gennaio 2000 Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 8 della Legge 11 febbraio 1994, n. 109, e succ. modificazioni
15)	D.M. n. 175 del 4 ottobre 2000 Rideterminazione e aggiornamento nei settori scientifico - disciplinari e definizione delle relative dichiarazioni, ai sensi dell'articolo e del D.M. 23 dicembre 1999
16)	Legge 11 dicembre 2000, n. 365 Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della Regione Calabria danneggiate dalla calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000
17)	ESEMPIO A LIVELLO REGIONALE: Determinazione Regione Campania 21 febbraio 2001, n. 9/2001

Da ultimo è importante richiamare le “Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavori di opere a verde” del Ministero dell’Ambiente (1997), dove sono indicati gli elementi fondamentali per una corretta progettazione di opere di ingegneria naturalistica che vengono riportati di seguito:

- esame delle caratteristiche topo-climatiche e microclimatiche di ogni superficie di intervento
- analisi del sub-strato pedologico con riferimento alle caratteristiche chimiche, fisiche ed idrogeologiche del suolo in funzione degli additivi e correttivi da impiegare
- esame delle caratteristiche geomorfologiche e geolitologiche
- verifiche idrauliche geomeccaniche e geotecniche
- valutazioni delle possibili interferenze reciproche con l’infrastruttura
- conoscenza floristica e fitosologica e valutazione delle interferenze faunistiche
- utilizzo degli inerti tradizionali, ma anche materiali di nuova concezione quali le georeti tridimensionali e i geotessuti in abbinamento a piante
- selezione delle specie vegetali da impiegare abbinamento della funzione di consolidamento con quella di reinserimento ambientale e naturalistico.

5.1. Tecniche di Ingegneria Naturalistica applicate ai corsi d’acqua

Per lo scopo del presente lavoro risulta utile introdurre gli impieghi di alcune opere di ingegneria naturalistica; in particolare l’attenzione è rivolta alla sistematica introdotta da Schiechl (1973) per gli interventi di ingegneria naturalistica utilizzati nel campo dell’idraulica. I suddetti interventi possono essere:

- **Interventi stabilizzanti**: servono per diminuire, fino ad escludere, le forze meccaniche; stabilizzano e consolidano le sponde e le loro scarpate, come pure i versanti instabili, mediante la compenetrazione delle radici ed il consumo idrico. Trattasi di sistemi disposti linearmente e in maniera puntiforme, costituiti da arbusti e alberi, ovvero dalla relativa ramaglia con capacità di propagazione vegetativa. Le sistemazioni stabilizzanti vengono di norma integrate, a difesa dall’erosione, con interventi di rivestimento (Tabella 8).
- **Interventi di rivestimento**: proteggono rapidamente il terreno dall’erosione superficiale e dall’irraggiamento con la loro azione di copertura esercitata sull’intera superficie; migliorano il bilancio termico e idrico promovendo così l’attivazione biologica del terreno. Gli strati con copertura di paglia offrono già prima

dell'attecchimento della vegetazione (graminacee e erbe non graminoidi, piante legnose) una protezione contro le precipitazioni (Tabella 9).

- **Interventi combinati** : sostengono e consolidano scarpate e sponde instabili, combinando i materiali da costruzione vivi (piante o parti di piante) con quelli inerti (sassi, calcestruzzi, legno, acciaio, materiale sintetico); si consegue così un costante miglioramento del grado di efficienza ed una maggiore durata delle opere di sostegno (un esempio sono le palizzate).
- **Interventi complementari**: comprendono le semine e le piantagioni nell'eccezione più ampia e servono a fornire una prova sicura che le sistemazioni sono giunte allo stadio finale della progettazione.

Tabella 8: Interventi di rivestimento (Schiechl,1973).

Metodi costruttivi	Impiego	Attitudine Effetto	Vantaggi	Svantaggi	Periodo di rinverdimento	Costo della Costruzione
ZOLLE ERBOSE	Consolidamento di luoghi minacciati da erosione	1 su tutte le stazioni dove ci sono zolle erbose naturali	+ vegetazione adatta alle caratteristiche stazionali; + effetto immediato; + posa in opera semplice e rapida	- provvista delle zolle erbose difficile	Periodo vegetativo	Meccanizzata: economico; a mano: medio
MANTO ERBOSO PRONTO	Scarpate spondali, fossi rivestiti con zolle, scarpate poco pendenti e aree da rimodellare	2	+ effetto immediato	- necessità di terreno vegetale	Periodo vegetativo	Da economico a medio
SEMINA DI MANTI ERBOSI a) semina con fiorume*	In località elevate ed in zone di protezione della natura, in combinazione con altri metodi di semina	2 – 3 in collegamento con altri metodi di semina	+ miscugli di manto erboso adatti alle caratteristiche stazionali, ricchi di specie	- provvista del fiorume difficile; - il terreno coltivabile ne è la premessa	Periodo vegetativo	Economico
SEMINA DI MANTI ERBOSI b) semina standard*	Su terreno coltivabile come manto erboso permanente o intermedio	1 su terreno superficiale senza pericolo di erosione	+ semina rapida, semplice, è la più conveniente	- il terreno vegetale umifero, ricco di sostanze nutritive ne è la premessa	Periodo vegetativo	Economico
SEMINA DI MANTI ERBOSI c) idrosemina*	Rinverdimento meccanizzato di scarpate ripide con terreno sterile	Su stazioni in ombra, con clima umido	+ procedimento rapido e semplice; + possibile impiego di macchinari; + riporto di tutti i componenti in un unico processo di lavorazione	- il cantiere deve essere percorribile con veicoli; - limitato raggio di azione delle macchine; - su stazioni aride (pendii soleggiati) esito della crescita incerto	Periodo vegetativo	Da economico a medio
SEMINA DI MANTI ERBOSI d) semina a mucchio*	Consolidamento su vasti versanti o dei scarpate arginali con terreno sterile	Su tutte le stazioni prive di humus	+ il miglior effetto eco – climatico; + germinazione rapida e sicura (effetto serra) e sviluppo; + formazione di uno strato di humus; + protezione meccanica della superficie del terreno	- Più cicli di lavoro; - nei cantieri d'alta quota gli strati di copertura marciscono lentamente	Periodo vegetativo	Medio
SEMINA DI PIANTE	Per creare soprassuoli legnosi e	Ripide scarpate	+ conveniente;	- sviluppo lento	All'inizio o alla fine	Economico

LEGNOSE	completare altre sistemazioni di ingegneria naturalistica	rocciose	+ conforme alla natura; + utilizzazione su aree dove non si possono eseguire piantagioni		del periodo vegetativo	
Metodi costruttivi	Impiego	Attitudine Effetto	Vantaggi	Svantaggi	Periodo di rinverdimento	Costo della Costruzione
SEMINA su reti di protezione contro l'erosione	Scarpate ripide, scarpate su sabbia, scarpate su sponde regolari	Protezione contro l'erosione	+ immediata protezione contro l'erosione	- dispendioso	Periodo vegetativo	Costoso
POSA IN OPERA DI STUOIE SEMINATE	Sponde rivestite con zolle, scarpate poco pendenti e regolari	1 – 2	+ protezione immediata	- richiede uno spianamento accurato; - è utile disporre di terreno coltivabile	Periodo vegetativo	Da medio a costoso
POSA IN OPERA DI MANTELLATE	Creazione di parcheggi, accessi, aree di stazionamento, consolidamento di scarpate basse	2 – 3	+ sopporta subito carichi + il rinverdimento è possibile durante l'utilizzazione	- richiede molto lavoro - limitata altezza della costruzione	Periodo vegetativo	Costoso
COPERTURA VEGETALE DIFFUSA	Consolidamento di scarpate minacciate da erosione, dovuta all'acqua corrente o al vento	1 – 2	+ immediatamente efficace + copertura arbustiva densa in poco tempo	- impiego di molto materiale; - limitata altezza della costruzione	Periodo vegetativo	Medio

Tabella 9: Interventi Stabilizzanti (Schiechl, 1973).

Metodi costruttivi	Impiego	Attitudine ecologica	Attitudine tecnica	Vantaggi	Svantaggi	Periodo di rinverdimento	Costo della Costruzione
TALEE	Consolidamento e stabilizzazione di scarpate in terra, di muri a secco, selciati, scogliere	2 - 1	2	+ esecuzione rapida e semplice; + possibile successivamente.	Nessuno	Riposo vegetativo	Molto conveniente
GRATICCIATE	Pronti interventi per consolidare o trattenere il terreno superficiale	2	3	+ effetto immediato	<ul style="list-style-type: none"> • Elevato consumo di materiale; • Modesto effetto in profondità; • Sensibile nei confronti della portata solida 	Riposo vegetativo	Da medio a caro
GRADONATA a) con impiego di ramaglia con capacità di diffusione vegetativa	Consolidamento e rinsaldamento dei versanti, frane e scarpate spondali	2	1	+ semplice esecuzione meccanizzata; + buon effetto in profondità; + impiego di ogni tipo di rami.	Nessuno	Riposo vegetativo	Conveniente
GRADONATA b) con impiego di ramaglia viva e radifoglie radicate	Consolidamento e rinsaldamento dei versanti, frane e scarpate spondali	1	1	+ formazione della vegetazione iniziale e finale in un unico processo lavorativo; + miglior effetto in profondità.	Nessuno	Riposo vegetativo	Conveniente
GRADONATA b) con impiego di radifoglie radicate	Consolidamento e rinsaldamento dei versanti, frane e scarpate spondali	1	2	+ piantagione immediata dell'associazione finale; + effetto immediato	<ul style="list-style-type: none"> • Presuppone terreno ricco di sostanze nutritive; • Elevato fabbisogno di piante radicate. 	Riposo vegetativo	Medio

6. Il sistema Idrico Flumineddu – Tirso

Il caso di studio considerato è il sistema idrico Flumineddu – Tirso (Figura 9), inglobato nella più ampia rete idrica Tirso – Flumendosa; è situato nel bacino del fiume Flumineddu in un vasto territorio che si colloca a cavallo tra la provincia di Oristano, il Sarcidano (provincia di Nuoro) e la Marmilla (tra le province di Cagliari e Oristano); precisamente l'intervento si compone di una Traversa, realizzata in località Bau 'e Linu sul medio corso del Flumineddu, e da una condotta che percorre tutta la vallata del Flumineddu verso il Tirso fino ad innestarsi nella Diga Cantoniera.

L'intervento è incluso nell'elenco del "Programma di Opere per fronteggiare l'emergenza idrica in Sardegna" redatto dal Presidente della Giunta Regionale nella qualità di Commissario Straordinario per l'emergenza idrica, ed è finanziato nel Quadro Comunitario di Sostegno, 1994/99 - Programma Operativo Risorse Idriche.

Nel 1991 è stata realizzata la prima stesura del progetto "utilizzo dei deflussi del Flumineddu" che ha visto la sua ultima versione nel 1997 con la sua stesura definitiva.

Nel 2001 si è ottenuta la Compatibilità Ambientale con emanazione di un apposito Decreto Legge ed è proprio ultimamente alla fine del 2004 che i lavori di interconnessione dei sistemi idrici Tirso e Flumendosa –Campidano, comprensivi dell'intervento appena descritto, hanno visto la propria conclusione.

Attualmente l'opera è gestita dal Consorzio di Bonifica dell'Oristanese.

L'attività ha riguardato l'analisi del SIA del sistema idrico suddetto rielaborando e compilando la "Scheda A: Verifica della completezza della documentazione presentata dal Proponente – Quadro di riferimento Progettuale" che APAT usa nell'analisi delle opere lineari sottoposte a VIA Speciale (Legge Obiettivo).

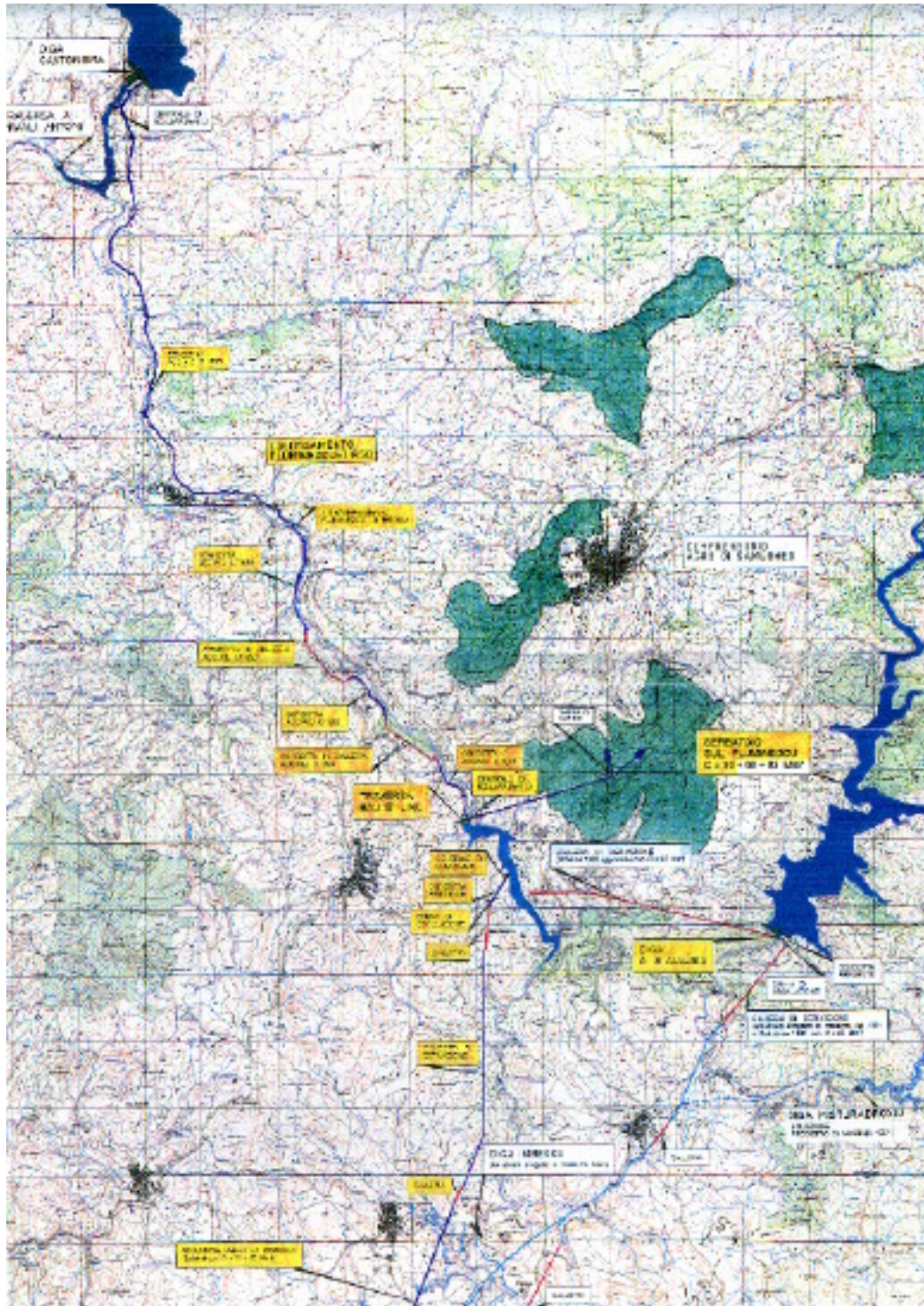
La Scheda è stata rielaborata per renderla funzionale all'analisi della specifica tipologia di opera e, quindi, compilata utilizzando le informazioni estrapolate dal SIA esaminato con particolare attenzione al quadro di riferimento progettuale.

6.1. Struttura e sviluppo della Scheda

In riferimento al QRPE, la scheda è formata da 10 capitoli il cui titolo riprende le indicazioni fornite dagli specifici articoli del DPCM, e precisamente:

- 1) Art. 4, c. 2, lett. a), DPCM 27.12.1988 e indicazioni di cui all'All II lett, B -. S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni assunte dal proponente nella definizione del progetto - Precisazione della natura dei beni e servizi offerti;

Figura 9: Schema dell'intervento Flumineddu - Tirso



- 2) Art. 4, c. 2, lett. b), DPCM 27.12.1988 - S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni assunte dal proponente nella definizione del progetto - Precisazione del grado di copertura della domanda ed i suoi livelli di soddisfacimento in funzione delle diverse ipotesi progettuali esaminate, ciò anche con riferimento all'ipotesi di assenza dell'intervento;
- 3) Art. 4, c. 2, lett. c), DPCM 27.12.1988 - S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni assunte dal proponente nella definizione del progetto – Prevedibile evoluzione quantitativa e qualitativa del rapporto domanda – offerta riferita alla presumibile vita tecnica ed economica dell'intervento;
- 4) Art. 4, c. 2, lett. d), DPCM 27.12.1988 - S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni assunte dal proponente nella definizione del cantiere – Articolazione delle attività necessarie alla realizzazione dell'opera in fase di cantiere (attività di cantiere connesse alla costruzione dell'opera e attività connesse alla gestione del cantiere);
- 5) Art. 4, c. 3, DPCM 27.12.1988 - S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni assunte dal proponente nella definizione del progetto – Analisi economica costi/benefici, ove prevista dalla normativa vigente, evidenziando i valori unitari e il tasso di redditività interna;
- 6) Art. 4, c. 4, DPCM 27.12.1988 - S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni delle scelte progettuali ed accorgimenti per un miglior inserimento dell'opera nell'ambiente – Caratteristiche fisiche e tecniche del progetto e delle aree occupate durante la costruzione e l'esercizio;
- 7) Art. 4, c. 4, lett. b), DPCM 27.12.1988 - S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni delle scelte progettuali ed accorgimenti per un miglior inserimento dell'opera nell'ambiente – Norme tecniche, prescrizioni, vincoli e specifiche tecniche di cui si è tenuto conto nella redazione del progetto;
- 8) Art. 4, c. 4, lett. c), DPCM 27.12.1988 - S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni delle scelte progettuali ed accorgimenti per un miglior inserimento dell'opera nell'ambiente – Motivazioni tecniche della scelta progettuale e delle principali alternative in esame;
- 9) Art. 4, c. 4, lett. d), DPCM 27.12.1988 - S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni delle scelte progettuali ed accorgimenti per un miglior inserimento dell'opera nell'ambiente – Misure non strettamente riferibili al progetto o provvedimenti di carattere gestionale che si ritiene opportuno adottare per contenere gli impatti sia nel corso della fase di costruzione che di esercizio;

10) Art. 4, c. 4, lett. e), DPCM 27.12.1988 - S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni delle scelte progettuali ed accorgimenti per u miglior inserimento dell’opera nell’ambiente – Interventi di ottimizzazione dell’inserimento nel territorio e nell’ambiente – interventi tesi a riequilibrare eventuali scompensi indotti sull’ambiente;

Ogni capitolo è composto da 5 elementi:

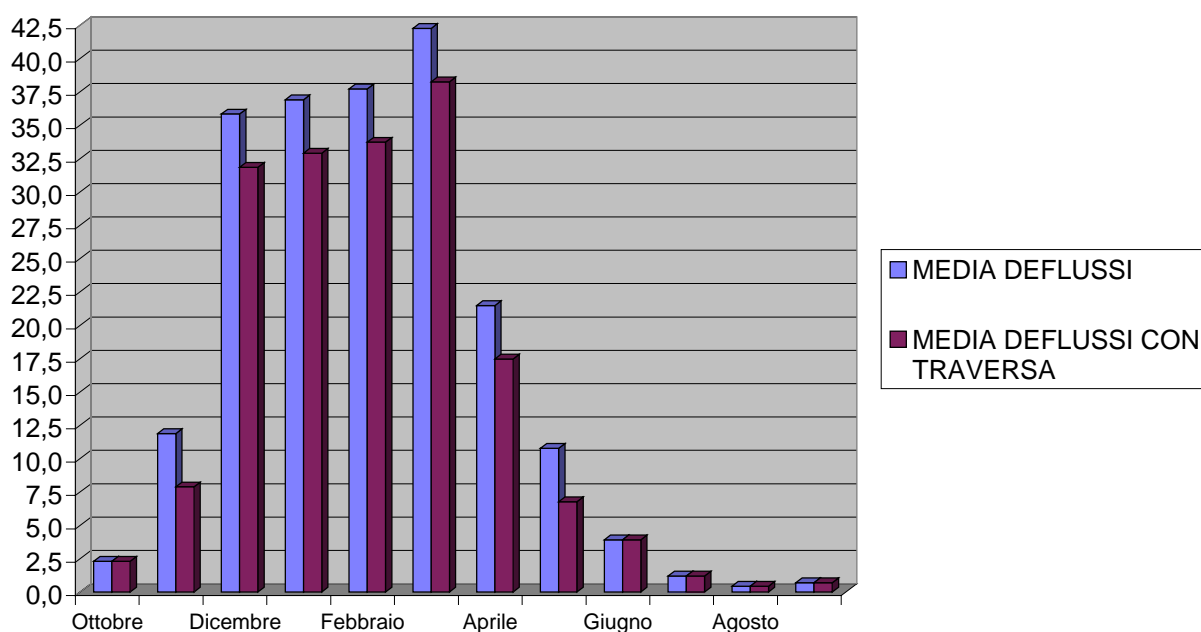
- numero progressivo di riferimento;
- descrittori che specificano l’oggetto del titolo;
- presenza dei dati – argomenti nel SIA – Elaborato progettuale – SNT (P se presente, NP se non presente, NA non applicabile);
- pagina di riferimento del Volume SIA – Elaborato progettuale – SNT;
- sintesi e valutazione delle informazioni contenute nel SIA.

La scheda è inserita alla fine del paragrafo (Tabella 13).

Dall’analisi della suddetta scheda si nota che numerosi sono i descrittori di rilevante importanza: un esempio, secondo il parere dello scrivente, è il descrittore “contesto di riferimento: ambiente idrico”. Infatti, con l’inserimento dell’intervento (traversa + condotta) si hanno delle modificazioni dell’ambiente idrico interessato (come visto nella tabella 5): in particolare si avrà una variazione del regime idrologico dei deflussi in una determinata sezione del reticolo idrografico (dove è collocata la traversa) che si potrebbe ripercuotere a monte (fenomeni di eutrofizzazione), a valle dello sbarramento (variazioni di portata) e sull’uso della risorsa.

Le modalità con le quali si formano i deflussi del Flumineddu sono determinate dalle caratteristiche idrologiche del bacino imbrifero, ossia dalla combinazione dei fattori climatici (caratteristiche delle piogge e delle temperature), con quelle fisico - morfologiche della superficie imbrifera (permeabilità, pendenze, copertura vegetale, caratteristiche dei suoli). La figura 10 riporta l’andamento dei deflussi medi con o senza la traversa.

Figura 10: Media dei deflussi con e senza traversa



Un'ulteriore parte importate della scheda è il capitolo 2.11, dove vengono descritte, per ogni componente ambientale, le opere di mitigazione previste che derivano da una accurata individuazione e valutazione degli impatti ambientali svolto nell'ambito del SIA.

Nel SIA si è prodotto una schema matriciale per ogni componente impattata da ognuna delle 4 parti in cui è stato diviso l'intervento:

- Corpo;
- Invaso;
- Condotte primo tratto (dalla traversa all'attraversamento fluviale a monte di Allai);
- Condotte secondo tratto (dall'attraversamento fluviale a monte di Allai fino alla diga Cantoniera).

Di seguito viene riportata una rielaborazione di tali schemi prendendo come esempio la componente acqua e la parte di intervento "corpo diga" (Tabella 10) e "invaso" (Tabella 11). In entrambe le Figure si nota che lo studio si sviluppa in fasi, ovvero troviamo una:

1. fase di base \Rightarrow nella matrice segno X
2. fase di analisi qualitativa mediante scale di giudizio
 - a) Gravità (Alta, Media, Bassa);
 - b) Irreversibilità (Irreversibile, Reversibile);
 - c) Durata (Temporanea, Permanente); \Rightarrow nella matrice combinazione di questi indici;

3. fase “dopo vocabolario” \Rightarrow tabella di conversione che permette di tradurre le simbologie utilizzate in valori numerici (confronto tra i vari impatti);

simbolo	numero	simbolo	numero
aip	-10	brp	-2
ait	-9	brt	-1
arp	-9	mip	-6
art	-8	mit	-5
bip	-3	mrp	-5
bit	-2	mrt	-4

\Rightarrow nella matrice inserimento del numero;

4. fase aggregata di colonne somma dei valori numerici degli impatti sulle righe.
- Infine, nella Tabella 12 oltre ai valori aggregati dei numeri ottenuti per le diverse componenti ambientali individuate in base al DPCM 27/12/88 (il confronto risulta significativo solo all'interno della stessa colonna), sono stati inseriti i livelli di influenza che possono essere o su scala locale L (influenza su un'area di qualche centinaio di metri al massimo un chilometro) o su scala vasta V (raggio di influenza superiore al chilometro)
- Da quest'ultima tabella si evince come la realizzazione dell'invaso modifichi molto gli equilibri delle componenti “ecosistema” e “paesaggio”. A tal riguardo, una misura di mitigazione potrebbe essere individuata in una “rampa di risalita per pesci”, argomento del prossimo capitolo.

Tabella 10: Matrice Impatti del Corpo Diga sulla componente acqua.

CORPO DIGA	Elemento costitutivo: ACQUA			Fasi : 1 di base; 2 di analisi; 3 dopo vocabolario					Fase 4: aggregata	
Componenti/Azioni		Circolazione automezzi	Movimentazioni e terra	Asportazione biomassa	Cantieri servizi		Strade temporanee	Costruzione Traversa	TOTALE	
SUPERFICIALI										
Superficiale QUANTITA'										
sottrazione volumi										
alterazione del deflusso			X - (brt) - (-1)	X - (brt) - (-1)				X - (mrt) - (-4)	-6	
Superficiale QUALITA'										
torbità		X - (mrt) - (-4)	X - (mrt) - (-4)	X - (mrt) - (-4)			X - (brt) - (-1)	X - (mrt) - (-4)	-17	
sostanze disciolte		X - (brt) - (-1)	X - (brt) - (-1)		X - (brt) - (-1)		X - (brt) - (-1)		-4	
FALDA										
Falda QUANTITA'										
sottrazione volumi										
alterazione del deflusso										
Falda QUALITA'										
torbità			X - (brt) - (-1)	X - (brt) - (-1)				X - (brt) - (-1)	-3	
sostanze disciolte			X - (brt) - (-1)	X - (brt) - (-3)	X - (brt) - (-1)				-5	
TOTALE									-35	
TOTALE RAGGUAGLIATO									-0,729	

Tabella 11: Matrice Impatti dell'Invaso sulla componente acqua.

INVASO	Elemento costitutivo: ACQUA			Fasi : 1 di base; 2 di analisi; 3 dopo vocabolario; 4: aggregata	LIVELLO
		Invaso	Presenza Invaso		
Componenti/Azioni					
SUPERFICIALI					L/N
Superficiale QUANTITA'					
sottrazione volumi					
alterazione del deflusso					
Superficiale QUALITA'					
torbidità					
sostanze disciolte				X - (mrp) - (-5)	-5
FALDA					
Falda QUANTITA'					
alterazione del deflusso				X - (brp) - (-2)	-2
Falda QUALITA'					
torbidità					
sostanze disciolte				X - (brp) - (-2)	-2
TOTALE					-9
TOTALE RAGGUAGLIATO					-0,643

La valutazione degli impatti esercitati dall'opera sulla quantità delle acque superficiali non viene analizzata nella presente matrice in quanto tali impatti sono stati valutati nella matrice relativa al corpo diga. L'invaso di Bau E' Linu verrà a costituire un nuovo corpo idrico dalle caratteristiche chimico – fisiche e biologiche diverse rispetto a quelle delle acque presenti nell'area; in relazione a ciò sono prevedibili degli impatti sulla qualità delle acque superficiali.

Tabella 12: Riepilogo valori convenzionali Impatto.

Elementi costitutivi		CORPO		INVASO		CONDOTTE TRATTO I		CONDOTTE TRATTO II	
		Aggregata	Livello	Aggregata	Livello	Aggregata	Livello	Aggregata	Livello
1	C. ACQUA	-0,729	L/V	-0,643	L	0,571	L	-0,3	L/V
2	C. ARIA	-0,444	L	-1	L	-0,285	L	-0,357	L
3	C. ECOSISTEMA	-0,433	L	-2	L	-0,68	L	0,4	L
4	C. PAESAGGIO	0,777	L/V	-2,833	L	-0,514	L	-0,28	L/V
	C. RUMORE								
5	VIBRAZIONI	-0,5	L			0,428	L	-0,7	L
6	C. SALUTE	0,416	L	-0,6	L	-0,321	L	-0,3	L
	C. SOCIO								
7	ECONIMICO	0,388	L	0,75	L	-0,285	L	-0,52	L
8	C. SUOLO	-0,69	L	-0,857	L	-0,5	L	-0,428	L

Tabella 13

Rielaborazione e compilazione della scheda a dell’Apat “verifica della completezza della documentazione presentata dal proponente” - quadro di riferimento progettuale per il collegamento Tirso – Flumineddu.

Art. 4, c. 2, lett. a), DPCM 27.12.1988 e indicazioni di cui all'All II lett.B		S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni assunte dal proponente nella definizione del progetto – Precisazione della natura dei beni e servizi offerti		
Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'esautività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
2.1.1	Inquadramento dell'intervento	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 3	L'intervento è compreso nell'elenco del "Programma di Opere per fronteggiare l'emergenza idrica in Sardegna" redatto dal Presidente della Giunta Regionale nella qualità di Commissario Straordinario per l'emergenza idrica; in particolare il suddetto intervento rientra tra quelli contrassegnati dal codice "E1" per i quali la copertura finanziaria prevista dal citato programma è costituita dalle risorse finanziarie del Quadro Comunitario di Sostegno, 1994/99 – Programma Operativo Risorse Idriche.
2.1.2	Ruolo dell'opera	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 3	L'opera ha lo scopo di utilizzare le risorse del Flumineddu – principale affluente del Tirso (importante corso d'acqua dell'Isola quasi totalmente inutilizzato) – che drena un bacino imbrifero della estensione di 860 Kmq, mediante una traversa di derivazione consentendo l'adduzione verso l'invaso sul corso principale del Tirso (745 Mmc) creato dalla Diga Cantoniera incrementando le riserve d'acqua sia per usi irrigui - industriali che idropotabili
2.1.3	Obbiettivi dell'opera	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 3	<p>L'offerta generata dal sistema Tirso – Flumineddu è costituita dalla disponibilità di risorsa idrica da utilizzarsi durante l'arco dell'anno sulla base della legge di richiesta delle utenze irrigue e idropotabili come dettagliatamente descritte nel seguito, a partire dai deflussi naturali del Tirso e del Flumineddu, che presentano, invece, un andamento nel tempo non compatibile con le esigenze della domanda. In particolare gli obbiettivi che scaturiscono dalla realizzazione dell'opera sono:</p> <ul style="list-style-type: none">• potenziamento dell'accumulo nell'invaso Cantoniera dei deflussi naturali del Flumineddu, con un incremento di disponibilità di 28 Mmc/anno derivabili;• possibilità di riformire lo schema idropotabile n. 31 del P.R.G.A.(14 Mmc/anno iniziali), senza intaccare il volume assegnato alla irrigazione dell'Oristanese;• possibilità di utilizzo del volume netto residuo (14 Mmc/anno) nell'ambito dello schema irriguo dell'Oristanese la cui potenzialità di domanda era superiore al volume assegnato con le

				<p>disponibilità dell'invaso Cantoniera;</p> <ul style="list-style-type: none"> • possibilità di addurre i volumi d'acqua necessari per l'avvio della prima fase dell'irrigazione della Marmilla e dell'Agro di Sanugheo, utilizzando quale unico sistema di capacità correlate, l'invaso di Cantoniera, l'invaso di Pranu Antoni e la nuova traversa realizzata con il progetto, in quanto sarà possibile utilizzare la condotta di collegamento realizzata con il progetto anche nella direzione opposta sfruttando, in tal caso, l'impianto di sollevamento esistente a Pranu Antoni, realizzato con i provvedimenti dell'emergenza idrica del 1991; • recupero e riutilizzo di 4.800 ml di condotta in acciaio D 1800 mm, che costituisce il collegamento – realizzato nell'ambito di interventi per l'emergenza idrica del 1991 – tra l'invaso di Pranu Antoni e l'invaso di S.Chiera (quello attualmente in esercizio e che è inglobato dal nuovo invaso di Cantoniera); • riduzione, da 100 Mmc (schema Flumineddu progetto di massima 1991 senza il collegamento previsto con il presente progetto) a 30 Mmc (schema Flumineddu 1997) della capacità della diga da realizzare sul Flumineddu nella seconda fase di attuazione dello schema irriguo per arrivare a fornire tutto il volume assegnato, pari a 50 Mmc/anno; tale riduzione si determina per il fatto che una parte della funzione di compenso assegnata alla diga di S' Allusia potrà essere svolta dal grande invaso di Cantoniera che, in relazione alla revisione dei parametri ideologici ed allo sviluppo dei prelievi di monte, risulterebbe esuberante per regolare i soli deflussi del Tirso.
2.1.4	Ubicazione dell'opera	P	<p>SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 6</p>	<p>Lo schema di utilizzazione Tirso – Flumineddu interessa un vasto territorio che si colloca a cavallo tra la provincia di Oristano, il Sarcidano (provincia di Nuoro) e la Marmilla (tra le provincie di Oristano e Cagliari).</p> <p>L'opera di derivazione che si propone di realizzare e la relativa condotta di adduzione sono localizzate nel bacino del Flumineddu, e precisamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • la traversa sarà realizzata in località Bau 'e Linu, sul medio corso del Flumineddu, 2,5 Km a valle della confluenza con il Rio Imbessu, a quota alveo 78,3 m.s.m., in modo da sottendere un bacino imbrifero sufficientemente esteso anche dopo la costruzione della Diga a S' Allusia. L'invaso si svilupperà in modo allungato lungo il corso d'acqua fino alla intersezione di questo con la curva di livello 87 m.s.m. mentre la quota di max invaso di piena arriverà a 92 m.s.m. (carico di 5 m. su una soglia tracimabile lunga 80 m per smaltire la portata massima di 1.930 mc/sec); la capacità dell'invaso che si viene a determinare tra il livello minimo (83 m.s.m.) e il livello massimo (87 m.s.m.) è pari a 505.000 mc con una superficie di circa 240.000 mq • la condotta si diparte dalla sezione dove sarà realizzata la traversa, in sponda destra, e percorre tutta la vallata del Flumineddu verso il Tirso, fino ad innestarsi nella diga Cantoniera, sviluppandosi a

				quote di poco superiori a quelle dell'alveo.
2.1.5	Area di influenza – Ambiti di indagine	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 7	<p>Gli ambiti principali interessati, a vario titolo, dal progetto di che trattasi sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ambito n. 1 : Il Bacino Imbrifero sotteso dalla traversa; - Ambito n. 2 : Il sito interessato dai manufatti e dallo specchio liquido; - Ambito n. 3 : Il tratto di asta fluviale a valle dello sbarramento; - Ambito n. 4 : Il territorio interessato dagli effetti socio-economici <p>Gli ambiti n. 1 e 2 sono delimitabili in modo relativamente preciso, mentre per gli ambiti n. 3 e 4 si deve assumere il criterio della significatività delle modificazioni potenziali dal momento che, in linea teorica, si possono avere effetti del progetto fino allo sbocco a mare della rete idrografica (per quanto riguarda il disturbo sull'asta a valle) e, sull'intera collettività regionale (o anche Nazionale) per quanto riguarda gli aspetti socio-economici.</p> <p>In particolare, le aree interessate dagli effetti dell'intervento sono quelle della piana di Oristano comprese all'interno dei territori del Consorzio di Bonifica della Piana di Terralba ed Arborea e del Consorzio di Bonifica del Campidano di Oristano, per quanto riguarda la maggiore disponibilità irrigua, e i comuni interessati dallo schema n. 31 del P.R.G.A. per quanto riguarda la quota di maggiore risorsa che viene utilizzata per rifornire il suddetto schema acquedottistico.</p>
2.1.6	Condizioni risorsa idrica nello stato attuale	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 10	<p>La domanda di risorsa idrica da soddisfare con la risorsa resa disponibile dallo schema Tirso – Flumineddu è costituita dai fabbisogni irrigui dei comprensori del Campidano di Oristano, della Marmilla, della Piana di Nurallao, come individuati dal Piano Acque nonché quelli dell'agro di Samugheo identificati nella fase di sviluppo del progetto della diga di S'Allusia, e dai fabbisogni idropotabili dei 28 centri che saranno serviti dallo schema n. 31 del P.R.G.A.</p> <p>Detti fabbisogni si manifestano poiché i suddetti territori presentano una elevata vocazione irrigua, in parte ormai consolidata (23.000 ettari già attrezzati nel Campidano di Oristano) in parte potenziale (come dimostrata dagli studi di estendimento dell'irrigazione dell'Oristanese e da quelli agro-pedologici propedeutici al Piano Acque); inoltre, allo stato attuale i comuni che saranno serviti dallo schema n. 31 del P.R.G.A. dispongono di approvvigionamento idropotabile precario, basato su risorse limitate ed inaffidabili per qualità e distribuzione temporale, che presentano le più gravi carenze proprio nella stagione di maggiore domanda per gli usi turistici e che, nel complesso, coprono solo il 30% del fabbisogno standard fissato dal Piano Regolatore.</p> <p>•ANTE OPERAM: la conoscenza preliminare dello stato dell'ambiente precedente alla realizzazione dell'opera permette di valutare lo "stato di salute" dell'ambiente circostante l'opera ad avvenuta realizzazione con possibilità di controllo dell'eventuale instaurarsi di situazioni critiche; si dovranno valutare le informazioni ottenute</p> <p>a) meteo-climatiche; acque sotterranee; acque superficiali; paesaggio; rumore e vibrazioni;</p>
2.1.7	Modalità di monitoraggio dell'opera	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 parte B – pag. 365	

				<p>biocenesi; salute umana; patrimonio culturale e naturalistico; assetto economico e sociale;</p> <p>b) Frequenza annuale</p> <p>•DURANTE LA COSTRUZIONE: si prosegue il monitoraggio già attivato nella fase preliminare; misurazioni dirette sul campo dei parametri fisici e indagini e sondaggi d'opinione presso l'utenza, il personale addetto e la cittadinanza•IN ESERCIZIO: particolare attenzione sarà prestata a</p> <p>a) tutti gli elementi legati alla verifica del funzionamento e dell'efficacia dei sistemi di telesegnalazione e teleallarme eventualmente installati; approfondimento di tutti gli aspetti legati alla quantità e qualità delle acque nell'asta dello sbarramento dipendente dalle strategie di rilascio ecologico attuate con <u>frequenza annuale</u> (temperatura, ph, salinità, ossigeno disciolto, azoto nitroso e nitrico, composti azotati e di fosforo, silice reattiva disciolta, clorofilla fitoplancotonica, solidi sospesi) •NEL TEMPO: in fase di dismissione dell'opera</p>
2.1.8.	Contesto di inserimento: Ambiente Idrico	P	SIA – Quadro di riferimento ambientale – Volume AMB2 – Ambiente Idrico	<p>1. Quadro climatico ed ideologico.</p> <p>1.1. Termometria ed Evapo-traspirazione</p> <p>1.2. Precipitazioni</p> <p>1.3. Deflussi</p> <p>a) Analisi dei valori mensili dei deflussi utili</p> <p>b) Analisi dei deflussi medi a valle della zona di sbarramento prima e dopo la realizzazione della traversa senza il rilascio ambientale</p> <p>c) Criteri di determinazione del rilascio ecologico</p> <p>d) Portata di max piena</p> <p>e) Laminazione delle piene</p> <p>f) Zone di esondazione a valle</p> <p>2. Caratteristiche del reticolo Idrografico</p> <p>3. Acque sotterranee</p> <p>4. Qualità delle acque</p>
Art. 4, c. 2, lett. b), DPCM 27.12.1988	<p>S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni assunte dal proponente nella definizione del progetto - Precisazione del grado di copertura della domanda ed i suoi livelli di soddisfacimento in funzione delle diverse ipotesi progettuali esaminate, ciò anche con riferimento all'ipotesi di assenza dell'intervento</p>			
Rif	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi specificando l'esattività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
2.2.1	Principali risultati dei rilievi di domanda irrigua	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 12, 14	<p>1. La domanda irrigua media annua della Piana di Oristano = oltre 200 Mmc</p> <p>2. La domanda irrigua media annua dei comprensori della Marmilla, Samugheo e Nurallao = 1 Mmc</p>

Rif	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
2.2.2	Principali risultati dei rilievi di domanda idropotabile	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 17, 19	La domanda attuale (1997) è di 9,9 Mc/anno Disponibilità reale attuale (1997) è di 3,2 Mc/anno
2.2.3	livelli di soddisfacimento attuali (all'inizio dell'esercizio)	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 24	Offerta = 188 Mmc/anno (risorse dei deflussi naturali del sistema Tirso - Flumineddu) Prelievo per usi idropotabili = 14 Mmc / anno 188 – 14 = 174 Mmc / anno volume per l'irrigazione dell'Oristanese (non si può estendere la risorsa ad altre aree)
2.2.4	Effetti della realizzazione/non realizzazione del progetto sulla rete al contorno	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 24	Grave situazione determinata a breve CARENZA IDRICA; studi finalizzati alla redazione del programma di opere per fronteggiare l'emergenza idrica; esigenza di rivedere lo schema di utilizzazione del Flumineddu per individuare soluzioni in grado di incrementare lo sfruttamento di questa importante risorsa non ancora pienamente utilizzata. La soluzione adottata per il nuovo assetto dello schema è scaturita da una valutazione comparativa di tre alternative tutte basate sulla realizzazione di una diga a S'Allusia, ma con capacità diverse, e soprattutto, con sviluppi temporali del rapporto investimenti/benefici molto diversi. Le diverse soluzioni esaminate sono state strutturate per conseguire gli obiettivi fissati per il soddisfacimento della domanda, e cioè garantire un volume derivabile di 50 Mmc/anno per i Compensori della Marmilla e di Samugheo ed accumulare nell'invaso di Cantoniera il volume massimo residuo dei deflussi naturali del Flumineddu

Art. 4, c. 2, lett. c), DPCM 27.12.1988	S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni assunte dal proponente nella definizione del progetto - Prevedibile evoluzione quantitativa e qualitativa dalla dal rapporto domanda-offerta riferita alla presumibile vita tecnica ed economica dell'intervento
--------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
2.3.1	Modalità di previsione delle condizioni future – domanda potenziale irrigua	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 11, 15	<p>1. La domanda potenziale irrigua media annua della Piana di Oristano = 306 Mmc</p> <p>2. La domanda potenziale irrigua media annua dei comprensori della Marmilla, Samugheo e Nurallao = 88,7 Mmc</p>
2.3.2.	Modalità di previsione delle condizioni future – domanda potenziale idropotabile	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 18	<p>La domanda potenziale è determinata, in termini di fabbisogno per le varie tipologie di utenze, dallo strumento di pianificazione di settore, il P.R.G.A. secondo criteri in esso riportati:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suddivisione dell'utenza in categorie (residenti nel capoluogo; residenti in frazioni; residenti in nuclei e case sparse; utenza turistica) e assegnazione di dotazioni unitarie determinate in base all'analisi delle necessità per lo svolgimento delle normali attività domestiche e degli usi collettivi • Previsione della consistenza numerica delle suddette categorie di utenza mediante opportuni modelli o valutazioni relative alle ricettività turistica prevista. <p>Orizzonte temporale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2031: 18,5 Mc/anno • 2006: 12,34 Mc/anno
2.3.3.	Bilancio risorse – fabbisogni futuri (in condizioni di regime del sistema Tirso – Flumineddu)	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 20, 22	<p>Bisogna riferirsi all'intero sistema Tirso, in quanto le disponibilità che si realizzeranno con lo schema Tirso - Flumineddu sono condizionate dagli usi che si attuano a monte della diga di Cantoniera e che sottraggono deflussi al nuovo invaso.</p> <p>la stima dei deflussi naturali deve essere riferita alle serie idrologiche degli ultimi anni che sono quelli che hanno modificato i valori precedenti e che hanno reso necessaria la rivisitazione dell'intero bilancio risorse – fabbisogni</p> <p>Domanda = Volume richiesto ai deflussi naturali = 553,3 Mc/anno Offerta = 336 Mmc/anno (risorse dei deflussi naturali del sistema Tirso - Flumineddu) + circa 70 Mmc/anno (schemi Mogoro e Montiferru) = 406 Mmc/anno.</p> <p>553,3 – 406 = 147,3 Mmc/anno DEFICIT SISTEMA</p>

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
				esplicitamente previsto nella strutturazione del Piano Acque, dovrà essere assorbito comprimendo i fabbisogni irrigui (scelta coerente con gli impegni Nazionali nei riguardi della politica Comunitaria); Si ritiene quindi che una restrizione dei fabbisogni irrigui pari a circa 1/3 porterà ad una selezione delle aree che presentano i migliori rendimenti economici Domanda = Volume richiesto ai deflussi naturali = 406,0 Mc/anno
2.3.4	Domanda all'ora di punta	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 19	la portata di punta disponibile secondo le assegnazioni del P.R.G.A. sarebbe di 277 l/sec corrispondente ad un volume medio annuo di 5,8 Mmc (rapporto tra portata media e portata di punta pari a 1,5)

Art. 4, c. 2, lett. d),
DPCM 27.12.1988

S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni assunte dal proponente nella definizione del cantiere- Articolazione delle attività necessarie alla realizzazione dell'opera in fase di cantiere (attività di cantiere connesse alla costruzione dell'opera e attività connesse alla gestione del cantiere)

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
2.4.1	I cantieri previsti, loro estensione e principali tipologie Tipologia delle aree individuate per l'ubicazione dei cantieri e loro localizzazione	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte B – pag. 254	Le principali aree di cantiere necessarie alla realizzazione del corpo della traversa e della centrale di sollevamento saranno predisposte nelle zone destinate a sommersione, per evitare di aggiungere sacrifici territoriali benché temporanei, a quanto imposto dalla realizzazione del serbatoio e del corpo diga. Inoltre si utilizzeranno aree di cantiere ubicate presso le baracche antistanti la diga Cantoniera Per quanto riguarda le piste da aprire in corrispondenza delle spalle della traversa, varrà il principio di operare la penetrazione dalle porzioni di versante disposte a monte dello sbarramento ed all'interno dell'area destinata a sommersione.
2.4.2	Cantieri in aree o in prossimità di beni vincolati – Presenza di aree protette, parchi, aree SIC, ecc	N.P.		
2.4.3	Durata dei lavori	P		

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
			SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag. 20	Circa 3 anni
2.4.4	Indicazione delle piste di cantiere e/o viabilità provvisoria	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag. 13	La traversa sarà raggiungibile previa sistemazione dell'attuale carreggiata che si distacca dalla strada provinciale Allai – Ruinas, subito dopo il ponte sul Flumineddù. La lunghezza complessiva della strada è di 2.850 metri: per 2.750 metri verrà sistemata la carreggiata esistente, mentre gli ultimi 280 metri per arrivare alla traversa saranno in sede nuova, con muro di sostegno della scarpata; la strada avrà lunghezza di 4,00 metri e sarà bitumata. La strada di accesso alla centrale di sollevamento è costituita dalla stessa strada di accesso alla traversa e la centrale è raggiunta attraverso la passerella realizzata lungo il coronamento della traversa stessa
2.4.5	Utilizzo della viabilità ordinaria per la fase di costruzione	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte B – pag. 362 - 363	a) La strada provinciale di Busachi, Allai – Samugheo lungo il tratto tra la diga Cantoniera ed il bivio con la S.P. per Ruinas; b) strada provinciale per Ruinas – Allai lungo il breve tratto dal succitato bivio sino al ponte sul Flumineddù in corrispondenza dell'incrocio con il tracciato della condotta; c) i restanti brevi tratti di viabilità minore sito al sito della traversa.
2.4.6	Aree di stoccaggio delle materie prime e delle terre	P		
2.4.7	Materiali impiegati -	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag.13, 15	<ul style="list-style-type: none"> • TRAVERSA in calcestruzzo semplice, ad eccezione dei muri d'ala, della platea e del dente di valle, che sono debolmente armati; il dosaggio di cemento è previsto pari a 220 kg/m3 di R 325 per i muri d'ala. • CONDOTTA in acciaio • CENTRALE DI SOLLEVAMENTO realizzata su un piazzale ottenuto dal riporto di parte del terreno di scavo della traversa opportunamente compattato
2.4.8.	Bilancio materiali	P	SIA – Quadro di	

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
			<p>riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag.19</p>	<ul style="list-style-type: none"> • scavi all'aperto m³ 181.360 • scavi in galleria m³ 30.521 • calcestruzzi per traverse m³ 11.503 • altre classi di calcestruzzi m³ 22.207 • calcestruzzi in galleria m³ 8.098 • ferro per c.a. Kg 545.978 • ferro per centine Kg 271.347 • pezzi speciali in acciaio e ferro lavorato Kg 249.439 • tubazione D 1800 da recuperare m 4.800 • tubazione D 1600 in acciaio saldato m 9.932 • valvole a farfalla n° 13 • strade di accesso m 2.850 • protezione catodica su tutte le tubazioni • macchinari ed apparecchiature elettromeccaniche della centrale di sollevamento kW 2.200
2.4.9	Fabbisogno di inerti	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag. 19	Gli inerti necessari per la confezione delle categorie di calcestruzzi sopra elencati hanno una cubatura, in mucchio, dell'ordine di 55.000 m³ , fino al diametro max di 80 mm per i calcestruzzi della traversa.
2.4.10	Fabbisogni idrici	N.P.		
2.4.11	Ubicazione delle cave autorizzate e delle quali è previsto l'uso	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte B – pag. 361	<ul style="list-style-type: none"> • I quantitativi necessari per la costruzione del corpo della traversa, della centrale di sollevamento, per il rivestimento delle gallerie e per i blocchi di ancoraggio delle condotte saranno prelevati dall'esistente cava utilizzata per la Diga Cantoniera dalla quale già sono stati estratti circa 1.000.000 mc; in tal modo si evita l'apertura di nuovi siti di cava e non si devono realizzare nuove piste per il transito di mezzi, potendosi utilizzare tracciati stradali già esistenti
2.4.12	Classificazione dei materiali di risulta attesi e relativa individuazione cartografica dei siti	P	SIA – Quadro di	Il quantitativo di materiale da allocare a discarica, dipendente dai possibili utilizzi operanti

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
	di discarica		riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte B – pag. 362	in fase di costruzione è di circa 33.000 mc di risulta dagli scavi delle condotte e di circa 25.000 mc dagli scavi delle gallerie
2.4.13	Necessità di depositi e discariche – Modalità di utilizzo dei materiali di risulta	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte B – pag. 362	lo smaltimento del materiale da allocare a discarica avverrà mediante abbancamento nell'area dell'invaso della Diga Cantoniera, ad occupare il volume delle acque morte; ; parte di detto materiale tuttavia potrà essere utilizzato per il ripristino ambientale di siti di cava o di zone minerarie dismesse
2.4.14	Modalità di movimentazione dei materiali	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte B – pag. 362 - 363	140.000 mc di materiale da movimentare corrisponde a circa 9.400 viaggi di camion da 15 mc di capacità; in un periodo di 24 mesi si ottiene un traffico mensile di 400 viaggi circa corrispondenti a 800 transiti; con un calendario di lavoro di 20 giorni mensili e di 8 ore al giorno, il traffico orario medio prevedibile è di 5 transiti ora; applicando coeff. di punta pari a 3-5 il numero orario di transiti non eccede il valore di 15-25 valore assolutamente compatibile con l'attuale livello di servizio delle strade provinciali interessate
2.4.15	Misure di contenimento degli impatti per ciascuna componente interessata (aree di cantiere, percorsi dei mezzi d'opera, aree di lavorazione)	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte B – pag. 252	<ul style="list-style-type: none"> • L'incorporazione dello scarico di fondo e di altre opere accessorie nel manufatto diga ha facilitato la limitazione dell'invasione territoriale da parte del cantiere alla porzione di alveo immediatamente adiacente al sito del corpo diga, evitando, per quanto tecnicamente possibile, lavorazioni a valle dello stesso. In ogni caso si tenderà ad occupare, per quanto possibile, dalle esigenze tecnico realizzative le aree destinate alla futura sommersione. Ciò varrà soprattutto per i cantieri di realizzazione del corpo diga. • massima cura alla selezione dei percorsi dei mezzi di cantiere onde evitare interferenze e disturbi con i centri abitati ed il traffico locale. • ricorso sia a siti di estrazione che a tracciati stradali già esistenti, consente un notevole risparmio ambientale. In tal modo infatti si è evitato di dover aprire nuove cave e di dover realizzare ex-novo le relative piste per il transito dei mezzi nell'area

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
				prossima al sito diga.
2.4.16	Descrizione e stima dell'efficacia dei ripristini delle aree di cantiere e dei percorsi dei mezzi d'opera per ciascuna componente interessata	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte B – pag. 264	<p>Le aree di cantiere e le piste per il transito degli automezzi adibiti alle lavorazioni, saranno collocate per quanto possibile in aree destinate alla sommersione e/o aree di scarso interesse paesaggistico e naturalistico, laddove non sia utilizzabile la viabilità esistente.</p> <p>Tuttavia, al termine dei lavori, sarà necessario ripristinare lo stato dei luoghi conformemente alle condizioni d'uso iniziali ed in armonia con il contesto territoriale circostante. A seconda che dette aree si trovino all'interno od all'esterno del perimetro del futuro serbatoio, si procederà al ripristino con modalità differenti.</p> <ul style="list-style-type: none"> Per i siti ubicati all'esterno del serbatoio si procederà, all'atto della smobilitazione del cantiere, al ripristino della morfologia preesistente mediante rimodellamenti da attuarsi secondo opportuni profili planoaltimetrici ed utilizzando materiali idonei per assortimento granulometrico e matrice litoide. Sarà prestata particolare attenzione alle nuove condizioni di stabilità delle pendici rimodellate ed al drenaggio delle acque superficiali. Successivamente si effettuerà lo spandimento del terreno vegetale, preventivamente stoccato, risultante dalle operazioni di scoticamento durante la preparazione del sito. Infine si procederà all'inerbimento della superficie mediante la semina di essenze erbacee in grado di attecchire in funzione dalle condizioni biotazionali dei siti, ed al reimpianto delle essenze precedentemente eliminate nella fase di costruzione. Per i siti collocati all'interno del perimetro del serbatoio, si eviterà di ricollocarvi il terreno vegetale asportato, onde evitare di aumentare il quantitativo di sostanze organiche nel corpo idrico. Successivamente, qualora necessario, si provvederà alla risistemazione morfologica dei siti, onde evitare fenomeni di instabilità dei pendii o di asportazione dei materiali dipendentemente dalle prevedibili escursioni del livello idrico del serbatoio.

Art. 4, c. 3, DPCM 27.12.1988	S.I.A. – quadro progettuale – motivazioni assunte dal proponente nella definizione del progetto - Analisi economica costi/benefici, ove prevista dalla normativa vigente, evidenziando i valori unitari e il tasso di redditività interna dell'investimento
-------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'esautività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
2.5.1	Valore attuale netto economico (VANE)	P	SIA – QRPE 1 pag. 31	VANE = Euro 48.022.279,95
2.5.2	Tasso interno economico di rendimento (TIER)	P	SIA – QRPE 1 pag. 31	TIER = 17,88 %

Art. 4, c. 4 lett. a), DPCM 27.12.1988	S.I.A. – quadro progettuale – motivazione delle scelte progettuali ed accorgimenti per un migliore inserimento dell'opera nell'ambiente - Caratteristiche fisiche e tecniche del progetto e delle aree occupate durante la costruzione e l'esercizio
-------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'esautività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
2.6.1	Caratteristiche Sbarramento	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag.12	<p>1) TRAVERSA:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Ubicazione: sul fiume Flumineddù a 2,5 Km circa a valle della confluenza col Rio Imbessu, a quota alveo 78,30 m s.l.m., in località "Bau 'e Linu" •Estensione bacino imbrifero sotteso: 700 km²; dopo l'entrata in servizio della diga S'Allusia il bacino residuo, tra diga e la traversa, risulterà pari a 339 km² •Schema adottato: in relazione al notevole valore della portata di piena eccezionale pari a 1930 m³/s e a seguito di un attento esame della topografia del luogo, si è adottato lo schema classico della vasca di dissipazione, per evitare il più possibile la escavazione dell'alveo a valle della vasca •Caratteristiche parte tracimabile: la soglia della parte tracimabile, lunga 80m, è a quota 87,00 m s.l.m., e la portata di piena eccezionale tracima sulla traversa con un carico di 5,00 metri, per cui si stabilisce a monte nel lago il livello di 92,00 m s.l.m; la parte tracimabile di valle è sagomata secondo il classico profilo Creager con il carico fondamentale pari a 5,00 metri •Livello massimo invaso: a quota 83,00 m s.l.m •Capacità utile invaso: 505.000 m³ •Parti insommergibili: sono previste due parti insommergibili, della lunghezza di 39,00 m in sponda destra e 16,50 m in sponda sinistra; •Coronamento: a quota 93,00 m.s.m. •Franco: 1 metro; con l'assorbimento del franco, la portata che tracima sulla soglia vale 2.500 m³/s, e corrisponde a un tempo di ritorno di mille anni circa; •Altezza: max 21,00 m (la quota più depressa nelle fondazioni è prevista a 72,00 m s.l.m) mentre l'altezza sul punto più depresso dell'alveo (m.s.m. 78,30) è di 14,70 metri.

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
				<p>•Lunghezza: 135,50 metri; il coronamento è largo 4,00 metri e attraversa la parte tracimabile con un ponte sorretto da 6 pile.</p> <p>•Vasca di calma: 20,00 m, ed è delimitata a valle da un robusto dente bene immerso nella roccia di fondazione; lo spessore della platea è di 2,00 m</p> <p>•Altre caratteristiche: Sono previsti due muri d'ala laterali dalla soglia fino al dente di valle; il muro di destra si prolunga oltre il dente per proteggere la centrale di sollevamento. L'opera è suddivisa permanentemente in dieci conci, mediante giunti verticali protetti da nastri di tenuta. E' previsto uno schermo di impermeabilizzazione con una fila di fori D 85 mm, profondi 15 metri e con passo di un metro. La cucitura tra roccia di fondazione e corpo della traversa verrà ottenuta con perforazioni da monte D 85 mm, lunghe mediamente 8,00 m; lo schermo e le cuciture saranno cementate con boiaccia di cemento R 425. Verrà inoltre adeguatamente escavata la sponda destra a monte della traversa, per favorire e garantire l'efficienza nel tempo dell'opera di presa</p> <p>•Volume di scavo di fondazione per la traversa: 22.450 m3</p> <p>•Volume getti in calcestruzzo per la traversa: 16.942 m3</p>
2.6.2	Caratteristiche Centrali di sollevamento – condotta di oscillazione	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag.13	<p>•Ubicazione: collocata in prossimità della traversa di Bau 'e Linu, in sponda destra, nella zona compresa tra i conci emergenti in sponda destra ed il muro d'ala della traversa stessa. Essa è realizzata su un piazzale ottenuto dal riporto di parte del terreno di scavo della traversa, opportunamente compattato; lungo il lato del piazzale opposto al paramento di monte della traversa si trova la condotta premente della centrale stessa e la parte iniziale della condotta di oscillazione</p> <p>•Composizione: è suddivisa in due edifici:</p> <p>a) <i>collocato a ridosso del muro d'ala dalla traversa, costituito dalla vasca di presa, di dimensioni 10.00 x 27.30 m, al di sopra della quale si trova la sala pompe</i></p> <p>b) <i>disposto in prossimità dell'ultimo concio emergente in sponda destra della traversa, ospita il locale trasformatori, la cabina dei quadri elettrici e di alimentazione, nonché i locali dell'ENEL.</i></p> <p>•Vasca di presa: alimentata da una condotta DN 2000 che preleva l'acqua dalla traversa tramite una presa posta a quota asse 82.00 m. s.l.m.; nella vasca di presa sono collocate 4 pompe ad asse verticale, il cui motore si torva nella sovrastante sala pompe; due pompe sono in grado di sollevare 650 l/s, mentre le altre due sollevano 1350 l/s, per un totale di 4000 l/s; non sono previste pompe di riserva (in quanto la sospensione del servizio per guasto o manutenzione di una o più pompe non comporta alcun disagio).</p> <p>•Condotte:</p> <p>a) <i>Una giunge alla vasca di presa intercettata da una paratoia piana delle dimensioni 2.20 x 2.20 azionabile dall'alto, nella sovrastante sala pompe.</i></p> <p>b) <i>Le pompe immettono l'acqua tramite condotte del diametro rispettivamente DN 600 (per le pompe da 650 l/s) e DN 900 (per le pompe da 1350 l/s), in una condotta premente del diametro DN 1400 lunga poche decine di</i></p>

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
				<p>metri, al termine della quale si ha una condotta di oscillazione del diametro DN 2500 in acciaio, che giunge fino alla quota 145,00 m.s.m.;</p> <p>c) la tubazione di adduzione e di limitare le variazioni di pressione durante i transitori di moto vario, indotti dall'avvio o dall'arresto delle pompe.</p>
2.6.3	Lunghezza e diametro della condotta di collegamento	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag.15	<p>• La lunghezza totale della condotta risulta di 14.944,50 m così suddivisi:</p> <p>tubazione in acciaio D 1800 4.707m</p> <p>tubazione in acciaio D 1600 9.900m</p> <p>tubazione in acciaio D 2300 236m</p> <p>tubazione in acciaio D 3000 101,50m</p>
2.6.4	Sviluppo piano – altimetrico della Condotta di collegamento	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag.14	<ol style="list-style-type: none"> partendo in destra dalla centrale di sollevamento, la condotta attraversa l'alveo del Rio Flumineddù in briglia, per proseguire in sinistra idraulica a lato della strada di accesso al manufatto, fino all'imbocco della prima galleria, situato alla progressiva 1.216/m. uscita della galleria, che ha una lunghezza di 1.026 m, il tracciato riprende a fiancheggiare la strada di accesso, e successivamente, costretto dalle elevate pendenze trasversali delle sponde del Rio, sale fino a quota terreno 106,50 m s.l.m. che rappresenta il punto più alto dell'intero collegamento alla progressiva 3.197 inizia la seconda galleria che ha una lunghezza di 1.076 m, fino alla progressiva 2.653 si utilizza la condotta recuperata D 1800, con la sola eccezione della galleria, dove la posa della tubazione con diametro 1600 mm ha permesso una sezione corrente di minori dimensioni attraversata la strada Provinciale Ruinas - Allai la condotta entra nella seconda galleria e prosegue poi in direzione dell'abitato di Allai, attraversando in briglia il rio Flumineddù e due affluenti rispettivamente di sinistra e destra dello stesso Rio, nonché per una seconda volta la Provinciale Allai - Busachi, che poi seguirà fino nei pressi della nuova diga del Tirso dopo aver superato, sempre in briglia, un affluente in destra del Flumineddù ed avvicinandosi all'invaso della traversa di Pranu Antoni, si è ritenuto conveniente attraversare nuovamente la strada e sistemare il tracciato a monte di essa, così da evitare che la tubazione fosse posata sotto il livello di massimo invaso della traversa dopo aver superato, sempre in briglia, un affluente in destra del Tirso e del Mandrolisai, la nuova strada Provinciale Alla - Busachi e la nuova variante della strada statale n° 388 del Tirso, la condotta giunge in prossimità della diga Cantoniera sul Tirso, ed intrinseca la condotta premente della centrale di Pranu Antoni; questo tratto di condotta esistente in acciaio D 1800, che collega la centrale suddetta fino alla vasca di compenso situata nei pressi del coronamento della nuova diga del Tirso, è stato mantenuto in esercizio per poter svolgere nel nuovo schema le funzioni di canna piezometrica per la protezione della condotta di collegamento che proviene dalla traversa di Bau 'e Linu quando è in funzione la centrale di Pranu Antoni verso l'invaso Cantoniera. Poiché quest'ultima tratta di

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
				<p>adduttrice deve trasferire anche contemporaneamente verso la diga le portate derivate dalle due traverse, è stato adottato il diametro di 2.300 mm.</p> <p>7) arriva quindi alla diga del Tirso e si collega alla presa esistente nel concio n° 28 in sponda sinistra, tramite un ponte tubo D 3000 al quale in futuro verrà collegata la centrale idroelettrica prevista ai piedi del manufatto.</p>
2.6.5	Posa in opera della condotta	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag.16	<p>Il ricoprimento minimo imposto lungo tutto lo sviluppo della condotta è di 1 metro sopra la generatrice superiore della tubazione; inerbimento dei rinterri della condotta per una larghezza media di 8 metri circa. Sono stati previsti</p> <ul style="list-style-type: none"> • massi di ancoraggio nei vertici piano altimetrici • blocchi di calcestruzzo per zavorrare alcuni tratti della condotta in zone che possono essere sommerse dalle portate di piena del Flumineddu • Volume di scavo per le condotte: 147.444 m3; • 11.800 m3 di scavi di sbancamento nei punti in cui la pendenza trasversale al tracciato è superiore al 30%.
2.6.6	N° Pozzetti	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag.16	<p>•Sono stati inseriti lungo il percorso della condotta:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) n° 20 pozzetti di sfiato b) n° 9 pozzetti di scarico a gravità c) n° 8 pozzetti di scarico forzato d) n° 7 pozzetti di scarico riportati in superficie e) alle progressive 2.647, 7.141 e 13.090 in corrispondenza dei relativi vertici altimetrici, sono state previste delle canne di areazione D 600, alte fino a quota 145 m s.l.m. per poter evacuare o immettere notevoli volumi d'aria nei transitori di funzionamento, in modo più efficace rispetto agli sfiati <p>ciascun pozzetto di scarico o sfiato è attrezzato con una presa per idrante, a disposizione dei corpi di vigilanza addetti alla prevenzione ed allo spegnimento degli incendi.</p>
2.6.7	N° attraversamenti	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag.16	<p>n° 25 attraversamenti di stradelli in macadam</p> <p>n° 3 attraversamenti di strade secondarie asfaltate</p> <p>n° 6 attraversamenti di strade Provinciali da effettuarsi in spingitubo</p>

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
2.6.8	N° briglie	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag.16	n° 16 attraversamenti in briglia: il corso del Rio Flumineddu è stato attraversato in briglia per due volte e nello stesso modo sono stati superati n° 6 corsi d'acqua minori e n° 8 fossi
2.6.9	Sviluppo in galleria	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag.16	<p>La scelta della posa in galleria è resa necessaria dalla morfologia dei territori attraversati ed in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> • per evitare il passaggio diretto nell'alveo del Rio Flumineddu laddove questo presenta sponde con elevate inclinazioni che non consentono la posa a mezza costa; • per ridurre al minimo indispensabile il consumo di energia elettrica richiesta dal sollevamento ubicato presso la traversa di Bau 'e Linu. Infatti, in caso contrario, si sarebbe reso necessario il superamento di quote di valico assai più elevate e quindi di pompe con prevalenze decisamente superiori; • per minimizzare i costi di costruzione, manutenzione e gestione delle opere riducendo lo sviluppo dei tracciati delle condotte; • per contenere l'impatto ambientale sul territorio che necessariamente comportava la realizzazione di un acquedotto con linee di trasporto di diametro rilevante ed opere d'arte maggiori e minori di una certa importanza.
2.6.10	Sezione tipo sviluppo in galleria	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag.17	<p>La sezione tipo scelta consente la posa della condotta di linea del DN 1600 mm in acciaio e l'ispezionabilità della stessa in fase di manutenzione.</p> <p>La tubazione da posare all'interno, in prevalenza costituita da barre della lunghezza di 12 m, è poggiata su selle in acciaio, che costituiscono anche delle cerniere in grado di contenere eventuali spostamenti trasversali della tubazione.</p> <p>Le selle poggiano su piastre d'acciaio ancorate al calcestruzzo della platea. Per impedire che le piastre e gli appoggi delle selle si saldino è prevista l'interposizione di una guaina di neoprene armato.</p> <p>La distanza tra gli appoggi è di circa 12 m e la sella è stata studiata in modo da consentire il passaggio al di sotto della generatrice inferiore della condotta, che risulta a circa 70 cm dal piano di calpestio della galleria. La pendenza in galleria è stata volutamente ridotta pari al 5 per mille allo scopo di agevolare, per quanto possibile, il trasporto di tubazioni e pezzi speciali con l'ausilio di carrelli che scorrono sulla pavimentazioni di calcestruzzo.</p> <p>La sezione tipo è composta da piedritti di altezza di 1,60 m e da una calotta semicircolare con raggio di 1,60 m; l'altezza</p>

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
				<p>massima in calotta, pari a 3,20 m, è uguale alla larghezza al piede.</p> <p>Le opere di sostegno dello scavo sono state studiate con riferimento alle indicazioni fornite dal rapporto geologico. In particolare sono previste due sezioni di tipo A e di tipo B; nella prima lo scavo appena eseguito verrà sostenuto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • da uno strato di spritz-beton con fibre di acciaio inox di 10 cm di spessore; • dagli ancoraggi con barre di diametro 24 mm Fe B 44 K complete di dado, piastre e resine sintetiche per l'ancoraggio delle barre, con interasse di 1,50 m; <p>Nella seconda sezione il sostegno dello scavo, previsto come nel caso precedente, verrà rinforzato con centine metalliche IPN 140 mm con passo variabile da 70 a 100 cm, con uno spessore maggiore di spritz-beton.</p> <p>Il rivestimento della sezione, in entrambe i casi, è previsto con uno spessore di 30 cm di calcestruzzo Rck 25 N/mm². In particolare, in corrispondenza degli imbocchi, per una lunghezza di circa 100 m per ciascun imbocco è stata prevista la sezione di tipo B con centine ad interasse di 70 cm.</p> <p>In corrispondenza degli imbocchi e degli sbocchi sono previsti opere di protezione della condotta, peraltro ammassata entro blocchi di ancoraggio altimetrici, costituiti da muri di sostegno realizzati in calcestruzzo armato. Gli imbocchi risultano tutti ispezionabili e facilmente raggiungibili dalla viabilità interpodere esistente. All'imbocco della seconda galleria si è reso necessario adottare un tratto di galleria artificiale a protezione della condotta. La galleria verrà realizzata con getto di calcestruzzo, previo scavo di una trincea, e successivo rinterro fino a ripristinare il profilo del terreno preesistente. L'ingresso è ottenuto dallo stesso pozzetto di intercettazione a valle dell'attraversamento stradale principale adiacente.</p>
2.6.11	Superficie direttamente occupata	P.	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A	Da ricavare con le caratteristiche geometriche delle opere ricomprese nell'intervento
2.6.12	Presenza opere da dismettere-demolire	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 / parte A – pag.19	Lungo il tracciato della condotta è previsto l'esproprio di una fascia di territorio di ampiezza pari a circa 12 m

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione, principali dati quantitativi, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
Art. 4, c. 4 lett. b), DPCM 27.12.1988 S.I.A. – quadro progettuale – motivazione delle scelte progettuali ed accorgimenti per un migliore inserimento dell'opera nell'ambiente – Norme tecniche, prescrizioni, vincoli e specifiche tecniche di cui si è tenuto conto nella redazione del progetto.				
Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
2.8.1	Norme tecniche di progettazione	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 – parte A pag. 3	<p>Le opere proposte sono soggette alla normativa appresso indicata:</p> <ul style="list-style-type: none"> • D.P.R. 01/11/1959, n.1363: Regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse). • L. 02/02/1974, n. 64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche. • D.M.LL.PP. 24/03/1982: Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento. • C.M.LL.PP. 09/02/1985, n.1959: Modalità e sistemi di allarme e segnalazione di pericolo per le dighe di ritenuta di cui al regolamento approvato con D.P.R. 01/11/1959 n.1963. • C.M.LL.PP. 28/02/1986, n.1125: Modifiche ed integrazioni alle precedenti circolari 09/02/1985 n. 1959 e 29/11/1985 n. 1391. • C.M.LL.PP 04/12/1987, n. 352: Prescrizioni inerenti l'applicazione del regolamento sulle dighe di ritenuta approvato con D.P.R. 01/11/1959, n.1363. • C.M.LL.PP.11/03/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. • D.M.LL.PP. 12/12/1985: Norme tecniche relative alle tubazioni. • C.M.LL.PP. 24/09/1988, n. 30483: Istruzione relative al D.P.LL.PP. 11/03/1988. • L. 05/11/1971, n.1086: Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e per strutture metalliche. • C.M.LL.PP. 14/01/1974: Istruzioni per l'applicazione della Legge 05/11/1971, n.1086. • D.M.LL.PP. 27/07/1985: Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale. • Direttiva del consiglio delle comunità europee n. 85/377 del 27/06/1985: Valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati. • L. 08/07/1986, n. 349: Istituzione del Ministero dell'Ambiente.

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
				<ul style="list-style-type: none"> ● D.P.C.M. 10/08/1988, n.377: Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale. ● D.P.C.M. 27/12/1988: Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della Legge 08/07/1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del D.P.C.M. 10/08/1988, n. 377. ● L.R. 07/06/1989 n. 30: Norme per la redazione del Piano Regionale delle Attività Estrattive di cava. ● C.P.C.M. 13/12/95: Disposizioni attuative ed integrative in materia di dighe ● Circolare Ministero Ambiente - 7/10/1996 - GAB/96/15208 "Procedure di Valutazione di Impatto Ambientale" ● Circolare Ministero Ambiente - 8/10/1996 - GAB/96/15326 "Principi e criteri di massima della Valutazione di Impatto Ambientale" <p>Per quanto riguarda gli atti provvedimenti e consultivi necessari alla realizzazione dell'intervento, questi sono elencati nel citato D.P.R. 01/11/1959.n.1363 e consistono in:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Progetto di massima: parere del Servizio Dighe. ● Progetto esecutivo: parere del Servizio Idrografico nei riguardi della portata di massima piena prevista; parere della competente Sezione del Consiglio Superiore del LL.PP.; nulla osta dell'autorità militare.
2.8.2	Norme tecniche e prescrizioni discendenti da, piani paesaggistici e territoriali e piani di settore	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 – parte A pag. 6	<p>La legge n. 431/85, c.d. legge Galasso, reca disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.</p> <p>In particolare, sono sottoposti a vincolo paesaggistico ai sensi della Legge n. 1497/39, tra gli altri, i seguenti beni (DPR 616/77 art 82):</p> <p>- c) "i fiumi, i torrenti ed i corsi d'acqua iscritti negli elenchi di cui al testo unico delle disposizioni di legge sull'acqua ed impianti elettrici, approvato con R.D. 11.12.1933, n. 1775, e le relative sponde o piede degli argini per una fascia di 150 m. ciascuna";</p> <p>- g) "i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento".</p> <p>Nel nostro caso risultano soggette a vincolo di cui alla lettera c) le fasce spondali dei seguenti colatori:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● il rio Flumineddu per tutto il suo percorso; ● il fiume Imbessu; ● il rio Maere; ● il rio Tudas. <p>Ancora, sono presenti alcune aree oggetto di tutela ai sensi della sopra citata lettera "g" (boschi e foreste):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● tutta l'area destinata a sommersione da parte del serbatoio; ● il primo tratto della condotta sino alla prima galleria. <p>L'imposizione di tale vincolo implica che una qualsiasi attività volta a modificare l'assetto attuale, quale ovviamente la costituzione di un invaso artificiale, deve sottostare alla procedura originata dai disposti dalla Legge n. 1497/39. In</p>

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
				particolare dovrà essere attivata la relativa richiesta di autorizzazione in base alle vigenti disposizioni per cui si prevede che le proposte di intervento sul territorio debbano essere sottoposte a specifica procedura per l'ottenimento del Nulla Osta da parte dei organi competenti regionali. La natura dell'intervento e le caratteristiche delle aree interessate non fanno prevedere particolari difficoltà per l'ottenimento di detto nulla – osta, anche in base alle trascorse esperienze in casi analoghi sul territorio regionale sardo.
2.8.3	Norme tecniche e prescrizioni discendenti da vincoli paesaggistici, archeologici e storico culturali	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 – parte A pag. 7	Il vincolo archeologico riguarda la tutela dei beni archeologici presenti sul territorio. Il riferimento legislativo che riguarda i beni archeologici é la Legge 01.06.1939, n. 1089. Tale legge tutela espressamente le cose, immobili e mobili, che presentano interesse storico, artistico, archeologico o etnografico. Sono altresì sottoposti a vincolo ex lege 1089/39 gli immobili che, a causa del loro riferimento con la storia politica militare, della letteratura, dell'arte e della cultura in genere, siano stati riconosciuti di interesse particolarmente importante. In forza di tale legge, pertanto, ogni progetto di intervento che interferisca con la salvaguardia di emergenze archeologiche deve essere sottoposto alla Soprintendenza per i Beni Archeologici, Architettionici, Artistici e Storici (B.A.A.S.) competente per territorio e per materia, per la preventiva autorizzazione. E' da tener presente però che (cfr. sentenza Cons. Stato, Sez. VI, 13.05.1964, Brancacci c. Min. P.I., in "Riv. Giur. Ed.", 1964, I, 881, I, 881) non sussiste l'imposizione del vincolo di interesse artistico o storico nel caso di ruderi archeologici dei quali sia soltanto supposta ma non accertata l'esistenza. Nel caso in esame, pertanto, ove non si riscontrino, emergenze visibili o rintracciabili mediante l'indagine sopralluogo e l'analisi cartografica o mediante attestazione da parte della Soprintendenza BAAAS competente per territorio, si può prescindere dall'effetto di tale vincolo. Al riguardo l'indagine cartografica effettuata per l'area sommersa e nella fascia di territorio direttamente interrita dalle opere o nelle sue immediate vicinanze non ha condotta all'individuazione di significative emergenze archeologiche quali nuraghi o dolmen o domus de janas o altro. Le indagini effettuate presso la Soprintendenza Archeologica di Cagliari hanno permesso l'individuazione, nel comprensori in esame, di alcune emergenze di interesse archeologico puntualmente indicate nella cartografia relativa a "Insediamenti, infrastrutture, emergenze antropiche, vincoli" in scala 1:10.000.
2.8.4	Norme tecniche e prescrizioni discendenti da vincoli idrogeologici, geologici e sismici e tutela dell'ambiente	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 – parte A pag. 6	In alcune zone oggetto del presente intervento è presente il vincolo idrogeologico regolato dalla Legge 30.12.1923 n. 3267. Sono soggette a vincolo idrogeologico, in particolare, le aree destinate a sommersione da parte della realizzata traversa e parte del tracciato della condotta sino alla prima galleria. (Considerate le caratteristiche geo - idrologiche delle formazioni su cui sono impostate le opere (vedi Vol AMB 2 "Ambiente idrico" ed AMB 3 "Suolo e sottosuolo" del Quadro di Riferimento Ambientale) non si configurano rilevanti ostacoli alla concessione del relativo nulla osta da parte delle autorità competenti.
2.8.5	Norme tecniche e prescrizioni	N.P.		

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'esaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
	discendenti da vincoli derivanti da: servizi ed altre limitazioni della proprietà, demaniali; specificare esigenze di Enti Locali.			
2.8.6	Norme tecniche e prescrizioni discendenti da esigenze di tutela dell'ambiente	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 – parte A pag. 9	<p>Le particolari caratteristiche tecniche delle opere oggetto del proposto intervento presumono una marcata condizionabilità del progetto da parte della natura e vocazione dei luoghi.</p> <p>Per quanto concerne infatti le esigenze di carattere idrologico, idraulico e geo-idrologico la collocazione ed il proporzionamento degli interventi non può prescindere dal soddisfacimento di indispensabili condizioni di base per la realizzazione dei manufatti e per la loro efficacia nei confronti degli obiettivi perseguiti.</p> <p>Ci si riferisce, ad esempio, alla collocazione del sito traversa ed al volume del serbatoio, caratteristiche queste univocamente determinabili solo in base a precisi requisiti di carattere tecnico – economico illustrati in progetto e, di fatto, non assoggettabili a sostanziali condizionamenti di tipo ambientale e/o di altra natura.</p> <p>Per quanto concerne gli aspetti ambientali rilevati sul territorio durante lo studio, alcuni di essi hanno esercitato un rilevante condizionamento nei confronti del progettista allo scopo di consentire il massimo possibile rispetto delle preesistenze e permettere il migliore inserimento delle opere nell'ambiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • la necessità di provvedere comunque, durante l'esercizio dell'opera, al rilascio di adeguati volumi idrici lungo l'asta del Flumineddu a valle della traversa allo scopo di permettere il mantenimento dell'ecosistema fluviale, la conservazione dei caratteri paesaggistici del corso d'acqua, il corretto rifornimento delle falde, etc.. • la constatazione della generale integrità paesaggistica della vallata del Flumineddu, soprattutto lungo il tratto immediatamente a valle della traversa prima dell'abitato di Allai, ha imposto la massima accortezza durante le fasi di individuazione del tracciato della condotta di adduzione alla diga Cantoniera; i criteri seguiti hanno privilegiato l'utilizzo dei tracciati stradali esistenti per la collocazione delle piste di servizio durante la costruzione e l'ampio ricorso a modalità realizzative in galleria per il superamento dei tratti caratterizzati dalle valenze paesaggistiche e naturalistiche piu' rilevanti. • si è minimizzato il numero dei manufatti di attraversamento in alveo nella consapevolezza dell'elevato grado di intrusione generalmente associabile, anche in presenza di appropriate misure mitigatrici, a tale tipo di manufatti; • decisiva importanza assumono inoltre le accortezze da applicarsi in fase di costruzione allo scopo di evitare

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'esaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
				rilevanti ed ingiustificate penalizzazioni del territorio nella fase di allestimento delle opere provvisoriale (aree e piste di cantiere) e provvedere un'adeguata azione di ripristino delle caratteristiche originali dei luoghi, in special modo laddove (lungo il tracciato della condotta) è prevista l'integrale ricostituzione del precedente assetto morfologico e vegetazionale.

Art. 4, c. 4 lett. c), DPCM 27.12.1988	S.I.A. – quadro progettuale – motivazione delle scelte progettuali ed accorgimenti per un migliore inserimento dell'opera nell'ambiente – Motivazioni tecniche della scelta progettuale e delle principali alternative prese in esame
-------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'esaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
2.9.1	Indicare se sono state studiate soluzioni alternative ¹	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag.3 SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 parte A – pag.21	SI
2.9.2	Quali soluzioni alternative sono state analizzate	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 3	4 Alternative, <ul style="list-style-type: none"> • 3 basate sulla realizzazione di una diga a S.Allusia con capacità diverse e con diversi sviluppi temporali del rapporto investimenti/benefici molto diversi • 1 alternativa della soluzione scelta tra le 3 precedenti, soluzione differente soltanto nello sviluppo del tracciato della condotta collegante la traversa sul Flumineddù e la diga Cantoniera

¹ in caso negativo riportare le motivazioni adottate dal Proponente per l'assenza di alternative

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'esattività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
			SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 parte A – pag.21	
2.9.3	In cosa differiscono le soluzioni analizzate	P	<p>SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE1 – pag. 25</p> <p>SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 parte A – pag.21</p>	<p>1) <i>Alternativa n° 1, schema 1991 aggiornato</i>: ricalca la soluzione del Progetto 1991 e ne è, in pratica, un aggiornamento fatto sulla base dei dati idrologici dell'ultimo periodo critico, (1986 - 95), prevede di ottenere il volume richiesto per l'agro di Samugheo e la Marmilla (50 Mmc/anno) utilizzando solo i deflussi del Flumineddu chiuso a S'Allusia; in tal caso è necessaria una capacità di regolazione di 82 Mmc che si ottiene con uno sbarramento di altezza pari a 107 m.; le opere di adduzione verso i comprensori sono praticamente le stesse del progetto di massima 1991. La soluzione verrebbe realizzata in due fasi: la prima con la diga, l'adduzione per l'agro di Samugheo e una condotta di adduzione verso la Marmilla; la seconda con un'altra condotta per la Marmilla.</p> <p>2) <i>Alternativa n° 2, Variante allo schema 1991 aggiornato</i>: si tratta di una variante all'alternativa 1 e prevede di utilizzare una maggiore estensione del bacino del Flumineddu, realizzando una traversa in località "Bau 'e Linu" a quota alveo 78,3 m.s.m. poco a valle della confluenza con il Rio Imbessu, in una sezione che sottende un bacino di 700 Km²; l'invaso realizzato con la traversa verrebbe collegato con pompaggio al serbatoio S'Allusia la cui capacità necessaria si ridurrebbe a 60,4 Mmc rendendo necessaria una diga alta 90 metri. Le adduzioni verso la Marmilla vengono modificate ed hanno origine della traversa. Le fasi di attuazione sono due: costruzione della diga e di una condotta per la Marmilla; costruzione della seconda condotta e della galleria di collegamento fra diga e traversa.</p> <p>3) <i>Alternativa n°3, "Schema 1997"</i>: può essere considerata di nuova concezione; si prevede una diga a S'Allusia di altezza pari a 76 m. che realizza una capacità di 30 Mmc e la traversa a "Bau 'e Linu" con una condotta di collegamento tra la traversa e la diga Cantoniera. Il collegamento funzionerebbe nella stagione invernale nella direzione Flumineddu - Tirso. Per contribuire ad accumulare nell'invaso di Cantoniera la massima parte dei deflussi del Flumineddu; nella stagione estiva la condotta può essere utilizzata in risalita dall'invaso Pranu Antoni all'invaso della traversa Bau 'e Linu, utilizzando la centrale di pompaggio esistente. Il collegamento può quindi costituire l'alimentazione provvisoria delle adduzioni verso la Marmilla e l'agro di Samugheo (qualora per queste si individuassero le risorse finanziarie), in attesa della diga S'Allusia. A regime, una volta realizzata la diga, la condotta in questione costituirebbe il</p>

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'esattività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
				<p>mezzo per integrare, con i prelievi dalla Cantoniera, i volumi derivabili dall'invaso S'Allusia, specialmente negli anni di magra sfruttando la capacità di compenso pluriennale della Cantoniera.</p> <p>Queste tre alternative sono state oggetto di studio di precedenti rapporti</p> <p>Tra queste 3 è stato scelto lo schema 1997 "alternativa 3" in quanto più vantaggioso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rapporto costi/efficacia attualizzato inferiore • volume invasato significativamente maggiore con un anticipo di 8-10 anni • immediato e massimo potenziamento delle risorse idriche del Flumineddu da accumulare nell'invaso Cantoniera; • assoluta certezza di potere derivare dall'invaso Cantoniera, anche nei periodi di peggiore magra, il volume destinato agli usi civili dello schema n. 31 del P.R.G.A. senza intaccare quello attualmente disponibile per l'irrigazione dell'Oristanese; • disponibilità dei primi volumi d'acqua per l'agro di Samugheo e la Marmilla molto più rapida, senza dovere aspettare l'inizio dell'esercizio della diga di S'Allusia; • necessità di impegni finanziari molto inferiori nella prima fase; • notevole minore altezza della diga di S'Allusia: 76 m. contro 96m. o 107 m., con relative semplificazioni strutturali e statici; • impatto ambientale molto più contenuto della diga S'Allusia per la minore altezza ed il minor volume necessario, pari alla metà o ad un terzo di quello previsto nel progetto 1991. <p>Tale alternativa è quella proposta e oggetto di studio del SIA</p> <p>4) <i>Alternativa n°4, "Schema 1997" con differente tracciato della condotta di collegamento con la diga Cantoniera:</i> percorso di 14,7 Km, che si svolge in riva sinistra sino a circa un chilometro a monte di Allai, poi attraversa il Flumineddu in ponte tubo circa 1 Km a monte di Allai e procede in riva destra fino alla diga Cantoniera; non sono previste gallerie, pertanto tutto lo sviluppo avviene in trincea.</p>
2.9.4	Che metodologia è stata utilizzata per il confronto	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 parte A – pag.22	<p>la metodologia per il confronto tra l'alternativa 3 e 4 (oggetto del SIA) si basa sull'adozione di un adeguato atlante di indicatori ambientali opportunamente allestiti allo scopo di rappresentare significativamente le interazioni progetto ambiente.</p> <p>Il metodo, denominato nella presente trattazione "metodo degli indicatori ambientali", si basa sulla individuazione di grandezze fisiche, esprimibili in forma parametrica, in grado di rappresentare</p>

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'esattività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
				<p>significativamente alcuni aspetti relativi agli impatti esercitati sul territorio dalle alternative in esame. I parametri elaborati non costituiscono di fatto dei veri e propri "indicatori ambientali" nel senso stretto del termine in quanto non sono finalizzati esclusivamente alla rappresentazione dello stato delle varie componenti ambientali esaminate. Essi sono soprattutto finalizzati alla descrizione di alcuni aspetti dei potenziali impatti determinabili, in seguito alla realizzazione delle alternative esaminate, a carico delle componenti ambientali sul territorio interferito dall'intervento. Questi parametri potranno pertanto comprendere, ad esempio, anche elementi descrittivi delle caratteristiche del progetto, ove queste risultino significative ai fini della rappresentazione comparativa degli impatti. Detto metodo, pur non risultando esaustivo è peraltro in grado di rendere più precise (grazie alla introduzione di parametri numerici facilmente verificabili) le operazioni di confronto quantitativo tra gli impatti. L'individuazione dei parametri dotati di efficacia rappresentativa nei confronti degli scenari d'impatto allo studio è stata condotta separatamente per le distinte componenti ambientali più significativamente interferite dalle condotte durante le fasi di cantiere e di esercizio. Nei confronti di alcune componenti ambientali non si sono sviluppati indicatori pur essendo prevedibili degli impatti durante la fase di realizzazione delle condotte, in quanto non è risultata valutabile una significativa differenziazione tra gli impatti determinati dalle due soluzioni. Ci si riferisce ad esempio agli impatti a carico della componente ambientale rumore: lo sviluppo dei due tracciati, attraversando la stessa valle infatti interferirà con i medesimi ricettori e pertanto non saranno esprimibili concrete differenziazioni tra le due soluzioni in studio.</p>
2.9.5	Confronto delle varie soluzioni, con riferimento alle diverse fasi di attuazione del progetto e di esercizio dell'opera, relativamente all'ambiente idrico	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 parte A – da pag.26 a pag. 37	<ul style="list-style-type: none"> ● interferenza con zone a vincolo idrogeologico: nessuna differenza tra i due tracciati ● interferenza con fasce di rispetto di colatori naturali: non si registrano significative differenze tra i due tracciati ● interferenza con zone di rispetto delle sorgenti: il tracciato proposto registra un lieve vantaggio rispetto al tracciato dell'alternativa 4 ● attraversamenti fluviali in alveo: nel caso dell'alternativa 4, allo scopo di limitare gli impatti permanenti in fase di esercizio su altre componenti (prevalentemente nei confronti della componente Paesaggio), si è scelto di realizzare detti attraversamenti in alveo, tuttavia determinando impatti temporanei a carico della componente esaminata in fase di realizzazione dell'intervento.
2.9.6	Confronto delle varie soluzioni, con riferimento alle diverse fasi di attuazione del progetto e di	P	SIA – Quadro di riferimento	<ul style="list-style-type: none"> ● sottrazione di vegetazione, di habitat ed effetti di disturbo per le comunità animali a seguito della messa in opera della condotta: i due tracciati proposti hanno effetti diversi sulle componenti

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
	esercizio dell'opera, relativamente alla flora, vegetazione, fauna ed ecosistemi		progettuale, vol. QRPE2 parte A – pag.44-50	<p>ambientali. Infatti nel caso del primo tracciato vengono interessati dall'opera circa 15,850 Km di unità ecosistemiche mentre il tracciato proposto è sicuramente meno impattante e interferisce con circa 12,200 Km. anche grazie ai tratti previsti in galleria. Inoltre, anche da un punto di vista dei valori naturalistici interferiti, il tracciato proposto è meno impattante, in quanto privilegia il passaggio in unità ambientali di minor rilievo. Il bosco ad esempio è interferito solo marginalmente (circa 150 metri) mentre il primo tracciato coinvolgeva tale unità ecosistemica per circa 1,5 chilometri. Anche la vegetazione ripariale ed il pascolo xerofitico vengono interessati in modo significativamente minore dal secondo tracciato che quindi è complessivamente e nettamente da preferire al primo;</p> <ul style="list-style-type: none"> • disturbo e perdita di habitat idoneo alla presenza della Gallina prataiola Tetrax tetrix e di altre specie ornamentali ad esso associate per scopi trofici e/o riproduttivi, in seguito alla realizzazione dei tracciati: tale tipo di analisi evidenzia che gli impatti più elevati su questa componente sarebbero generati dalla realizzazione dell'alternativa esaminata rispetto al tracciato proposto, alternativa che interferirebbe con una maggiore porzione di territorio caratterizzata da habitat idonei alla presenza della specie considerata (11,91 km del tracciato proposto contro i 14,05 km dell'alternativa).
2.9.7	Confronto delle varie soluzioni, con riferimento alle diverse fasi di attuazione del progetto e di esercizio dell'opera, relativamente al paesaggio	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 parte A – pag.51-56	<ul style="list-style-type: none"> • alterazione dei connotati paesaggistici: si sono confrontate le scelte tecnologiche atte ad effettuare gli attraversamenti del fiume e il passaggio in zone particolarmente delicate dal punto di vista morfologico e naturalistico; il tracciato scelto presenta 1 attraversamento in briglia e 2 tratti in galleria, mentre l'alternativa due attraversamenti in ponte tubo; è superfluo sottolineare la ridotta intrusione visuale di un attraversamento in briglia piuttosto che in ponte tubo ed i vantaggi associati ad un attraversamento in sottoraneo piuttosto che, pur utilizzando tecnologie più costose e complesse, garantisce un maggior rispetto dell'ambiente e della morfologia dei luoghi. • intrusione visuale: si è tenuto conto della frequenza dei passaggi della condotta nelle vicinanze di siti di importanza storico archeologica; la soluzione alternativa passerebbe nelle vicinanze di 2 siti archeologici (Bilardinu, Ponti Bracciu), mentre il tracciato proposto nelle vicinanze di nessun sito; quindi nel progetto del nuovo tracciato si è tenuto conto dell'impatto visivo che la presenza di un elemento a forte caratterizzazione tecnologica può causare alle caratteristiche e alla suggestività di una zona storica archeologica, deviando il passaggio della condotta.
2.9.8	Confronto delle varie soluzioni, con	N.P		

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
	riferimento alle diverse fasi di attuazione del progetto e di esercizio dell'opera, relativamente all'utilizzazione di risorse naturali e di materie prime, direttamente o indirettamente utilizzate o interessate			
2.9.9	Quali ottimizzazioni sono state previste per lo smaltimento delle risorse impiegate durante la costruzione (terre, rifiuti, ecc)	N.P		
2.9.10	Confronto delle varie soluzioni, con riferimento alle diverse fasi di attuazione del progetto e di esercizio dell'opera, relativamente agli aspetti geomorfologici – suolo e sottosuolo	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 parte A – da pag.38 a pag. 43	<ul style="list-style-type: none"> • modalità realizzative del tracciato: Appare evidente la distinta filosofia progettuale relativa ai due tracciati. Il progetto proposto ricorre a delle gallerie mentre il tracciato alternativo non utilizza tale metodologia realizzativa essendo tutto previsto in trincea. • Interferenza con classi d'uso del suolo: Le differenze più significative si registrano a carico della classe relativa alle aree boscate, decisamente favorevole al tracciato proposto. Anche le altre classi generalmente risultano favorevoli al tracciato proposto, ad esclusione delle zone caratterizzate da macchia e da aree a seminativi. I risultati emersi confermano la validità delle scelte progettuali operate.
2.9.11	Confronto delle varie soluzioni, con riferimento alle diverse fasi di attuazione del progetto e di esercizio dell'opera, relativamente alle conseguenti necessità progettuali per le successive fasi di progettazione, e conseguenti esigenze gestionali imposte o da ritenersi necessarie a seguito dell'analisi ambientale effettuata.	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 – Parte B	<ul style="list-style-type: none"> • Collocazione del sito traversa; • Collocazione del serbatoio; • Quota di max invaso • Rilascio ecologico;
2.9.12	Perché è stata scelta la soluzione proposta	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol.	<ul style="list-style-type: none"> • Dal confronto tra le alternative per mezzo degli indicatori parametrici, si può osservare che emerge un netto vantaggio della soluzione proposta. • Tale predominanza è l'evidente risultato delle scelte progettuali e realizzative adottate dal

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
			QRPE2 – Parte A pag. 57	<p>progettista, maggiormente volte al contenimento degli impatti dovuti al passaggio della condotta.</p> <ul style="list-style-type: none"> La maggiore attenzione alle problematiche ambientali risulta evidente già dalle scelte tecnico-realizzative adottate: gli attraversamenti fluviali in briglia subalveo ed i tratti in galleria sono l'evidente dimostrazione di una attenzione volta alle problematiche ambientali connesse alla realizzazione dell'opera. Dette scelte consentono una notevole riduzione degli impatti permanenti dovuti alla presenza dei manufatti. La presenza di due passaggi in ponte tubo ed il passaggio del cantiere in aree molto sensibili dal punto di vista naturalistico, paesaggistico e geoidrologico avrebbero sicuramente determinato un impatto permanente sulle varie componenti ambientali, mentre la realizzazione di tratti in galleria e di passaggi in sub-alveo, pur provocando inevitabilmente impatti su alcune componenti ambientali, consentiranno di contenere alla sola fase di realizzazione tali alterazioni limitando considerevolmente il "costo" ambientale dell'intervento. La attenta lettura del territorio e delle valenze naturalistiche e paesaggistiche presenti, ha inoltre consentito una migliore ed attenta collocazione dei vari tratti di condotta. Ci si riferisce ad esempio, per quanto riguarda gli aspetti naturalistici, alla minore incidenza del tracciato proposto in aree caratterizzate da copertura boschiva od in aree caratterizzate dalla presenza di habitat idonei alla presenza di specie faunistiche di interesse scientifico e conservazionistico (Gallina prataiola <i>Tetrax tetrix</i>). <p>Per quanto riguarda gli aspetti storico architettonici, il confronto è altrettanto vantaggioso per la soluzione proposta, la quale non interferisce direttamente con nessuna emergenza, al contrario del tracciato alternativo considerato che si colloca nelle adiacenze di due emergenze di interesse archeologico.</p>

Art. 4, c. 4 lett. d), DPCM 27.12.1988	S.I.A. – quadro progettuale – motivazione delle scelte progettuali ed accorgimenti per un migliore inserimento dell'opera nell'ambiente – Misure non strettamente riferibili al progetto o provvedimenti di carattere gestionale che si ritiene opportuno adottare per contenere gli impatti sia nel corso della fase di costruzione che di esercizio (opere di mitigazione)			
-------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
2.10.1	Indicazione della misura prevista per componente interessata	N.P.		

Art. 4, c. 4 lett. e), f) DPCM 27.12.1988	S.I.A. – quadro progettuale – motivazione delle scelte progettuali ed accorgimenti per un migliore inserimento dell’opera nell’ambiente – Interventi di ottimizzazione dell’inserimento nel territorio e nell’ambiente - interventi tesi a riequilibrare eventuali scompensi indotti sull’ambiente
----------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell’informazione e dei criteri di progetto, specificando l’eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
2.11.1	Opere di mitigazione per le quali è necessario adottare particolari accorgimenti per l’ottimizzazione dell’inserimento dell’opera nel contesto territoriale e ambientale	P	SIA – Quadro di riferimento progettuale, vol. QRPE2 – Parte B pag. 278 - 360	<p>Dalle schede presenti nel Quadro di Riferimento progettuale si sono estratte le opere di mitigazioni più significative per le varie componenti ambientali.</p> <p>1) AMBIENTE IDRICO – SUOLO E SOTTOSUOLO</p> <ul style="list-style-type: none"> Allo scopo di contenere gli impatti a carico delle acque del Flumineddu sarà prevista una vasca di decantazione a valle del cantiere allo scopo di favorire la sedimentazione della frazione più grossolana dei materiali presi in carico dalle acque oltre a contenere al max le interferenze con il corso d’acqua; le arie di cantiere saranno posizionate all’interno dell’area destinata a sommersione allo scopo di limitare la compromissione di aree a valle; in prossimità delle aree di cantiere sarà eseguito uno scotico dei primi 30-50 cm di suolo: il materiale di risulta dello scavo verrà conservato evitando di mescolarlo con quello dello scavo e riutilizzato al termine dei lavori per ricoprire la pista e le aree di cantiere con terreno vegetale in modo tale da accelerare il recupero ambientale; La caduta di materiale lungo i versanti può rivelarsi dannosa vista la morfologia dei versanti della valle nella quale si inserisce il tracciato della condotta, soprattutto nei 400 metri precedenti l’imbocco della I galleria; pertanto l’apertura della pista dovrà essere realizzata solo con escavatori per evitare il rotolamento di materiale, che si avrebbe se questo fosse rovesciato all’esterno della stessa. La difesa della pista dai processi erosivi deve avere la precedenza su ogni altro lavoro nei tratti in cui si opererà con pendenze di un certo rilievo. L’apertura di scoline trasversali lungo la pista in pendenza o la formazione di arginelli come rompitratte saranno indicate allo scopo di evitare ruscellamenti ed erosioni. Al termine dei lavori si dovrà procedere: <ul style="list-style-type: none"> a) al ripristino della morfologia preesistente mediante rimodellamenti con particolare attenzione alle condizioni di stabilità delle pendici rimodellate ed al drenaggio delle acque superficiali; b) alla pulizia del fiume da eventuali detriti; c) al re-impianto della vegetazione ripariale con essenze autoctone; d) all’inerbimento della superficie interessata dallo scavo della

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
				<p>trincea e dalla pista, mediante la semina di essenze erbacee allo scopo di contenere i fenomeni erosivi del suolo;</p> <ul style="list-style-type: none"> • allo scopo di contenere i disturbi da parte della briglia sul Flumineddu al deflusso della falda alluvionale si realizzeranno delle finestre nel manufatto; <p>2) PAESAGGIO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necessità di mitigazione degli impatti derivanti dalle oscillazioni della fascia spondale e dalla modifica degli ecosistemi: predisposizione di un opportuno programma di gestione del rilascio delle acque in modo da mantenere nella asta fluviale a valle dello sbarramento, un regime il più possibile simile a quello naturale cercando di salvaguardare al massimo l'habitat vegetazionale e il paesaggio. Per combattere l'eutrofizzazione si dovrà eliminare in fase di costruzione tutta la vegetazione presente sul fondo del proposto invaso. Per la riduzione degli impatti visivi della fascia spondale si potrà modellare il terreno in corrispondenza delle sponde più pianeggianti in modo da evitare l'estensione ininterrotta della fascia stessa. In dette porzioni si potranno impiantare adeguate essenze vegetali secondo i criteri di ripristino delle preesistenze e ricostituzione della continuità naturalistica esposti nei confronti della componente natura; • Necessità di predisporre preventivamente un piano per il tracciamento delle piste di cantiere che arrechi la minima offesa al contesto ambientale e in modo che lo stesso possa essere ripristinato a fine lavori e far rispettare questo piano onde evitare il percorrimto indiscriminato di tutte le porzioni di territorio circostanti l'opera. L'apertura delle piste potrà riguardare infatti maggiormente le aree destinate alla sommersione e così l'accumulo dei materiali da costruzione. Inoltre al completamento delle opere sarà imposto all'impresa di costruzione il ripristino di tutte le parti di territorio modificate o danneggiate. Per quanto riguarda la tutela delle acque sarà opportuno predisporre un sistema di depurazione dei liquami inquinanti ed evitare che i rifiuti solidi finiscano nelle acque del fiume. Può risultare utile la bagnatura delle piste, il controllo della velocità dei mezzi, il contenimento della durata delle lavorazioni, ecc. per

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
				<p>evitare il sollevamento di polveri che può causare disturbo per la popolazione di Allai l'agricoltura, e causare l'inquinamento dell'aria e dell'acqua;</p> <ul style="list-style-type: none"> Per quanto riguarda gli impatti dovuti alla intrusione visuale si avrà l'accortezza di realizzare l'edificio della centrale di sollevamento secondo un disegno architettonico che rispetti il contesto morfologico e cromatico, inserendola paesisticamente mediante l'utilizzo di materiali naturali nei rivestimenti e utilizzando colori che si mimetizzino il più possibile. La traversa è un'opera di dimensioni tali da non poter essere mitigata visivamente, ma la vicinanza dello specchio liquido potrà diminuirne la percezione anche grazie ad un accurato rimodellamento delle pendici del rilievo al termine dei lavori. Essendo la condotta un elemento orizzontale a sviluppo lineare è giusto che segua il percorso fluviale sviluppandosi parallelamente ad esso. Si ritiene opportuno comunque l'inserimento di essenze vegetali avendo però cura di non creare dei filari paralleli alla condotta in modo da non sottolineare la presenza, piuttosto disponendo delle macchie cespugliate ad imitazione di quelle esistenti e ricollegandosi alle preesistenze. Potranno convenientemente riutilizzarsi i volumi di terreno vegetale provenienti dalle operazioni di scotico. Data la scarsa acclività del profilo della condotta in questo tratto non si profilano particolari esigenze di stabilizzazione del scotico vegetale lungo lo scavo. Fortunatamente il passaggio in galleria non è vicinissimo ai centri abitati, perciò il sollevamento delle polveri non avrà effetti diretti sulla popolazione, mentre per ciò che riguarda le acque resta difficilmente mitigabile. Anche la rumorosità delle operazioni di cantiere non avrà conseguenze sugli abitanti dei centri vicini. Le operazioni saranno visibili a chi percorre la strada provinciale Allai-Ruinas e non sono sostanzialmente mitigabili sotto il profilo visuale. La galleria potrà essere mitigata con il ripristino delle porzioni di vegetazione distrutte per la costruzione degli imbocchi. Dovranno perciò essere impiantate nuove aree boschive e macchie arbustive come quelle esistenti cercando il più possibile di dare un aspetto naturale all'impianto perché possa, crescendo, confondersi con quello preesistente.

Rif.	Descrittori	Presenza dei dati-argomenti	Pag. di rif Vol. SIA / elaborat. Prog./SNT.	Sintesi dell'informazione e dei criteri di progetto, specificando l'eshaustività delle informazioni contenute nel SIA e evidenziando le eventuali criticità
				<ul style="list-style-type: none"> • Collocazione degli scarichi della condotta sarà preceduta da una verifica della compatibilità idrogeomorfologica con il sottostante colatore allo scopo di evitare erosioni e danneggiamenti alla vegetazione in occasione delle manovre. L'eventuale apprestamento di opere di regimazione e difesa va accortamente predisposto, preferibilmente attraverso tecniche di ingegneria naturalistica, allo scopo di contenere massimamente l'intrusione nell'ambiente naturale. • Dovrà essere ricostituita la vegetazione distrutta o alterata con l'impianto di specie identiche a quelle preesistenti prestando attenzione alle modifiche che la briglia avrà apportato alle correnti o al movimento ondoso sulle ripe. Un adeguato rimodellamento morfologico di sponde ed alveo completerà l'intervento di mimesi. Si avrà cura di conservare il materiale scavato dall'alveo per la successiva ricollocazione al termine dell'intervento. <p>3) VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA – ECOSISTEMI</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ripiantumazione delle essenze vegetali di maggior pregio, costituite principalmente dalle essenze forestali (Leccio, Corbezzolo, Roverella); ripiantumazione delle sponde del bacino con essenze vegetali resistenti all'oscillazione del livello quali salici e pioppi e predisposizione di piattaforme galleggianti per la nidificazione e la sosta di uccelli acquatici e di capanni di osservazione; costituzione di un popolamento ittico nell'invaso con specie autoctone; • PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI UNA SCALA DI RISALITA PER PESCI; determinazione di un significativo rilascio ecologico a valle della traversa per garantire il mantenimento delle comunità biologiche proprie dell'ecosistema fluviale;

7. Le “Rampe di risalita per pesci”

Gli sbarramenti fluviali costituiscono una barriera al movimento dei pesci a tal punto da comportare la scomparsa di alcune specie che, per sopravvivere, necessitano di migrare. È per tale motivo che a volte, laddove non sia previsto dai vari Regolamenti, si rende “auspicabile” provvedere alla costruzione di “rampe di risalita per pesci” attraverso gli sbarramenti, proprio al fine di consentire e per facilitare i loro movimenti migratori. Quindi, tali strutture, usate per mettere in comunicazione i bacini di monte e valle, aiutano a mantenere la biodiversità, il *continuum* ambientale necessario alla stabilità dell’ecosistema “fiume”.

Di fronte a fenomeni di dissesto idrogeologico, l’esigenza degli enti preposti di salvaguardare sia gli alvei e le rive da fenomeni di erosione, sia le proprietà e le persone potrebbe far passare in secondo piano la necessità comunque rilevante di tutelare la fauna ittica dall’eventuale costruzione di briglie, traverse, dighe, ecc.

Il concetto di rampa di risalita viene introdotto nella metà del XIX secolo dagli ingegneri tedeschi i quali realizzarono efficienti treppe (Figura 11) che equipaggiavano la costruzione delle numerose traverse che derivavano l’acqua per mulini e manifattiere. In Italia, nel 1890, fu costruito sul fiume Adda un intero sistema di passaggi per pesci ancora oggi in funzione (Figura 12); tale opera permette ai pesci di superare un dislivello tramite successivi passaggi in vasche, con scarsa pendenza, rallentando il flusso d’acqua.

7.1. Elementi per la progettazione

La progettazione di una rampa di risalita è un fatto piuttosto complesso poiché si impongono conoscenze di tipo BIOLOGICO e TECNICO IDRAULICO che portano ad un approccio interdisciplinare che coinvolge diverse materie: zoologia, biologia, fisiologia del nuoto nei pesci, ecologia applicata, paesaggio, geografia, fisica idraulica, geologia ed ingegneria.

Per stabilire quale tipo di rampa realizzare e per aprirgli la “strada” che più gli si addice, occorre conoscere bene le possibilità fisiche della popolazione ittica che ne usufruirà: infatti, non solo l’entrata deve essere percepibile alla maggior distanza possibile ma si deve conoscere la velocità della corrente prevista nella rampa per poterla confrontare con le due forme di velocità natatoria dei pesci e precisamente:

- “di crociera”, a bassa velocità e mantenute per 24 ore (processo aerobico);

Figura 11: Progetto realizzato in Germania nella seconda metà dell'800.

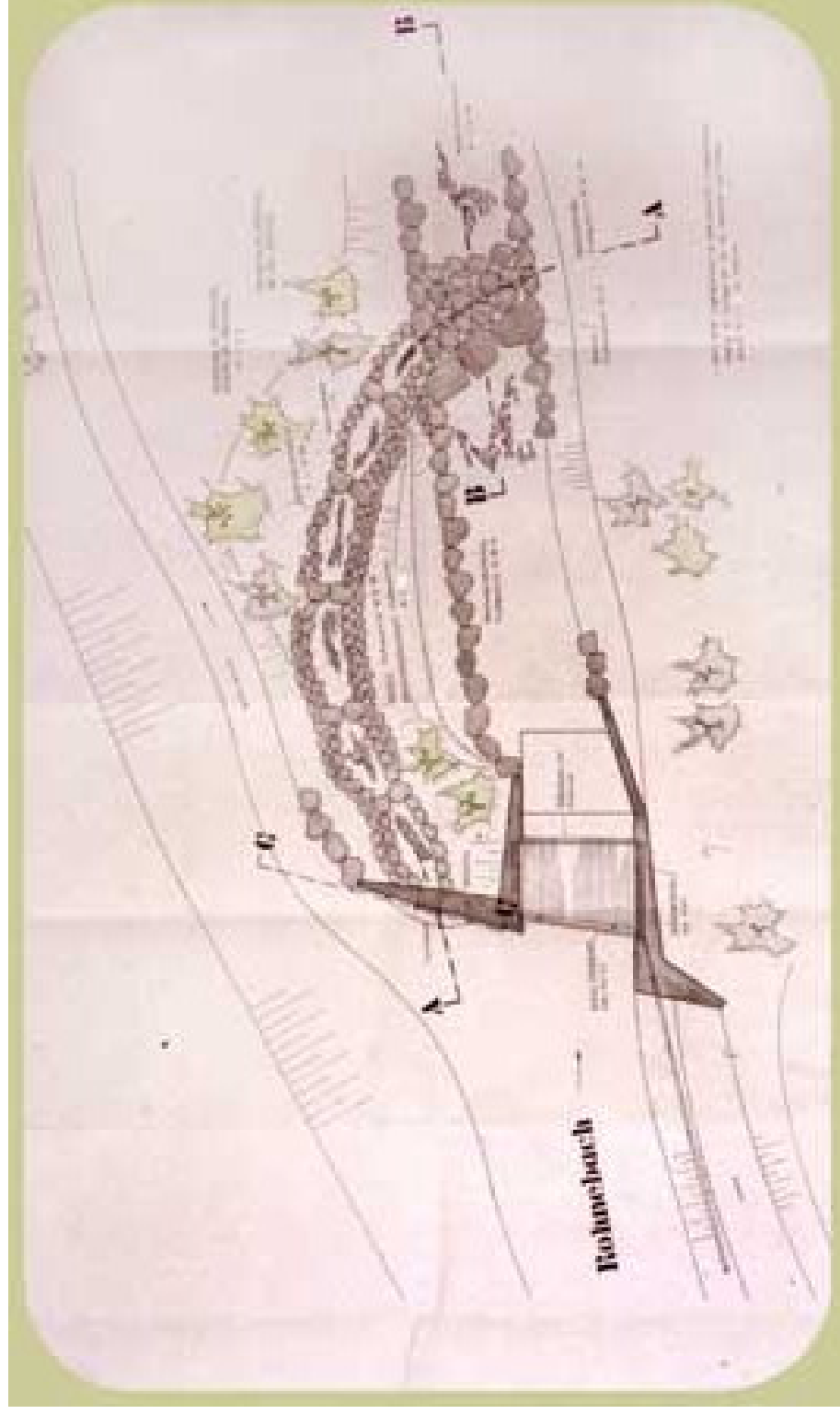


Figura 12: Passaggio a bacini successivi del 1893 sul fiume Adda



- “di scatto”, ad alta velocità e mantenute per poco tempo (processo anaerobico).

La velocità dipende anche dalla lunghezza del corpo, dal tempo di contrazione dei muscoli e dalla temperatura dell’acqua.

Ogni rampa di risalita deve, quindi:

- ridurre la velocità dell’acqua al di sotto della capacità natatoria;
- prevedere luoghi di riposo
- permettere il transito nei due sensi di marcia a meno che non si sia preliminarmente stabilito che il ritorno a valle può avvenire anche per altre vie (condotte di alimentazione idroelettrica che alimentano turbine lente).

La manualistica specializzata consiglia una velocità dell’acqua dentro una rampa di risalita mai superiore ai 2 m/s nel caso di trote e di 1 m/s nel caso di piccole specie o forme giovanili (Tabelle 14 e 15).

Tabella 14: Prestazioni Salmoni

SPECIE	LUNGHEZZA [cm]	PESO [kg]	TEMPERATURA ACQUA [°C]	VELOCITA' MAX [km/h]
Salmone	90	7,8	2	9
Salmone	90	7,8	25	34,5

Tabella 15: Prestazioni Trote

SPECIE	LUNGHEZZA [cm]	TEMPERATURA ACQUA [°C]	VELOCITA' MAX [km/h]	TEMPO [s]
Trota	90	2	9	9
Trota	90	25	34,5	34,5

Inoltre, l’opera di risalita subisce forti sollecitazioni specialmente da parte del materiale solido trasportato durante le piene ed è essa stessa fonte di impatto per l’ambiente.

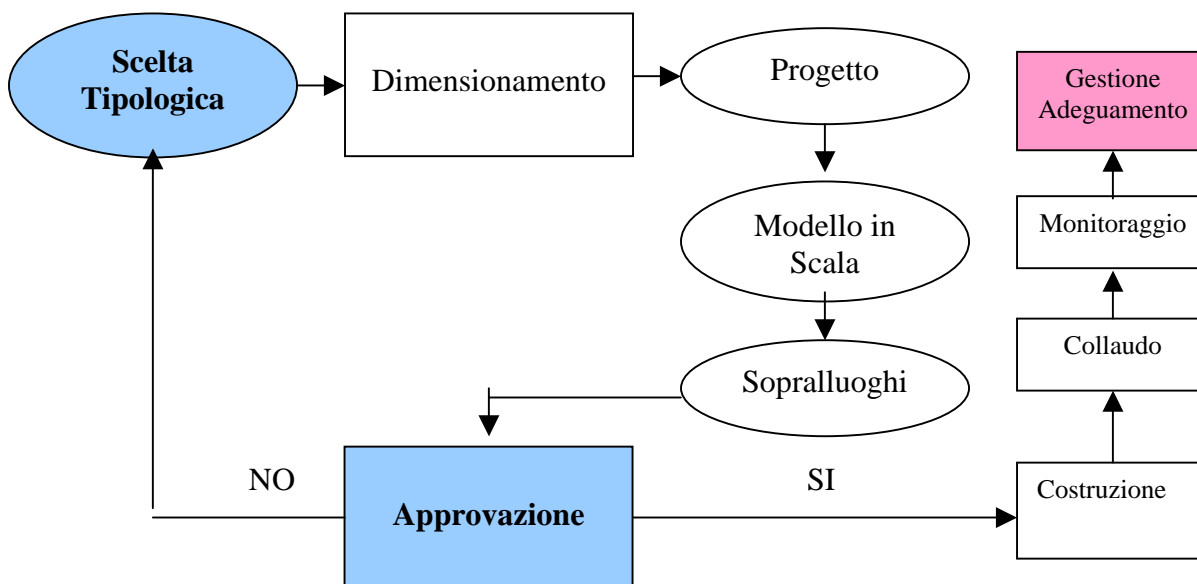
In conclusione, non esiste una metodologia standard da seguire per la costruzione di passaggi per pesci poiché le situazioni variano caso per caso in dipendenza della:

- entità dell’ostacolo;
- caratteristiche del corso d’acqua;
- specie ittiche presenti ;

•costi.

Un esempio di sviluppo di un progetto di una rampa di risalita è riportato in Figura 13.

Figura 13: Fasi realizzative di una rampa di risalita.



7.2. Gli Indici di Priorità

Per una corretta valutazione della necessità della costruzione delle rampe di risalita per pesci sono stati messi a punto degli “Indici di priorità”, o a scala di bacino o per singoli interventi alternativi; tali indici numerici (tanto è maggiore l’indice più è importante la priorità dell’intervento) possono essere considerati come strumenti di pianificazione territoriale.

Si consideri nel caso della Traversa Fluviale sul Flumineddu, l’**Indice di priorità di intervento totale**

$$Ip = Lt * \Sigma(ni * Ki) / \Sigma hi$$

dove:

- Lt è la lunghezza totale dell’asta fluviale raccordata ovvero ipotizzata continua (km);
- $\Sigma (ni * Ki)$ è la sommatoria specie presenti per il relativo Ki;
- Σhi è la sommatoria di tutti gli sbarramenti presenti.

Il coefficiente K_i determina l'importanza della singola specie per il distretto ittico – geografico in studio; la sua valutazione si basa su 4 parametri ai quali viene attribuito un valore da 0 a 3:

- **Mobilità:** è la necessità di compiere spostamenti più o meno lunghi sull'asta fluviale per motivi trofici o riproduttivi; tale valore è massimo per le specie migratrici;
- **Rarità:** è un parametro che indica quanto una determinata specie sia presente sul territorio; è massimo per le specie in rarefazione, il cui calo demografico sia possibilmente documentato;
- **Presenza, autoctonia:** è un parametro che indica quanto la specie sia diffusa sul territorio in questione rispetto ad aree più ampie, anche in conseguenza all'introduzione della barriera artificiale;
- **Valore sociale:** è un parametro che sottolinea l'interesse verso una determinata specie per attività ricreativa, pesca sportiva.

La somma del valore dei suddetti 4 parametri divisa per 10 determina i K_i per la singola specie ($0 < K_i < 1,2$).

Nel nostro caso, le specie ittiche presenti nel fiume Flumineddu sono state individuate dallo studio di Cottiglia, realizzato nel 1968 che rilevava la presenza delle seguenti tipologie di CIPRINIDI e SALMONIDI:

- Agane Alosa fallax Lacepede
- Anguilla Anguilla anguilla Linneo
- Latterino Atherina mochon Cuvier
- Spinarello Gasterosteus aculeatus Linneo
- Blennius vulgaris
- Trota
- Carpa Cyprinus carpio
- Gambusia Gambusia affinis holbrooki Gir
- Persico reale Perca fluviatilis Linneo
- Tinca Tinca Tinca Utilizzando i valori desunti da riferimenti di letteratura per le specie

ittiche riportate nella seguente tabella:

0,3	Carpa
0,4	Tinca
0,5	Persico Reale
1	Trota
1,1,	Anguilla

si è calcolato un $K_i = 0,23$ da cui deriva un valore di $I_p = 0,5$ valore significativo per la realizzazione di una rampa di risalita.

7.3. Tipologie di rampe.

Le tipologie di rampe realizzabili sono varie e sono realizzate in funzione delle condizioni al contorno; in seguito sono descritte alcune tipologie per vedere quale può essere applicata al caso di studio. In particolare si descriveranno:

- La rampa grezza
- La rampa di Crump
- Il passaggio a bacini successivi
- Il passaggio a rallentamento, o di DENIL
- Gli ascensori

La **Rampa grezza** si inserisce più facilmente nel paesaggio circostante; si possono avere esempi, presi dalla casistica svizzera e tedesca, adattati alla realtà italiana e ottenuti sfruttando tutta o una sola parte laterale o centrale della sezione del torrente o del fiume. Tale tipologia può anche essere adottata per mitigare grandi dislivelli con lunghe opere uniche o con successioni di piccoli manufatti. La sua perfetta realizzazione è presupposto indispensabile per garantire deflussi di corrente adatti per le specie alle quali è destinata: pendenza, profilo e scelta del materiale devono essere calcolati attentamente. Non è adatta quando ci si trova nei contesti ad elevata artificiosità (chiuse, grandi derivazioni, dighe di bassa valle, conche di navigazione) che riducono l'agibilità degli spazi necessari per questa soluzione; inoltre, non tutte le specie possono usufruirne come ad esempio la Cheppia, una specie che preferisce circolare in banchi composti anche da migliaia di individui estremamente sensibili alle semplici turbolenze ed al livello energetico della portata del passaggio.

La progettazione di una **Rampa di Crump**, ideata da un ingegnere inglese negli anni '50, ha le basi in un particolare comportamento della corrente su rampe costituite da briglie a sezione triangolare e con superfici assolutamente lisce realizzate secondo modelli che rispettano sezioni, profili di forma e di lieve pendenza; possono essere prese in considerazione solo nel caso vi sia un modesto trasporto solido e un buon controllo della portata; questa tipologia risulta di difficile applicazione in Italia per le caratteristiche dei nostri corpi idrici.

Largamente usati in Italia, invece, per aggirare ostacoli anche di notevoli dimensioni, sono i **Passaggi a bacini successivi**, di cui si hanno varie tipologie che si differenziano per il diverso tipo di comunicazione esistente tra i vari bacini; i pesci risalgono nuotando parzialmente in superficie, in immersione e raramente a salti.

I bacini possono comunicare tramite stramazzi, scanalature, fessure verticali, orifizi sommersi e loro combinazioni, dimensionate disposti in modo da permettere il passaggio a varie tipologie di pesci.

Si sviluppano molto in lunghezza e il dislivello di caduta tra due bacini successivi varia tra i 15 e i 45 cm. La necessità di mantenere rapporti precisi tra dislivelli e volumi ottimali dei bacini indirizza il progettista (in mancanza di spazio per la morfologia ambientale) a una o più inversioni della direzione in modo da garantire un buon raccordo fra l'entrata e l'uscita, per attrarre la maggior parte dei pesci e per facilitare il reperimento del passaggio.

La portata indispensabile per il loro corretto funzionamento è dell' 1% - 5% di quella del fiume, a seconda che si tratti di un corpo idrico di piccola o grande dimensioni.

Nel primo bacino si può anche prevedere di aumentare la portata d'ingresso, che funge da attrattiva per i pesci, sfruttando il valore energetico dissipato negli altri bacini e che dovrà essere di circa 150 Watt/mc; si utilizza per il calcolo di detta dissipazione le relazioni che legano l'altezza, la larghezza, la profondità e la superficie di comunicazione tra i vari bacini, progettati sulla base della portata riservata e del dislivello da superare.

Il **Passaggio a rallentamento** conosciuto come **passaggio di Denil**, dal nome di un ricercatore idraulico che nel 1908 studiò la riduzione della velocità dell'acqua in una condotta a forte pendenza, sfruttando l'attrito di getti di contro spinta, provocati da particolari pannelli dissipatori di sua elaborazione.

I getti di contro spinta generano una corrente al loro interno vorticoso e spumeggiante che però riduce la velocità dell'acqua scaricata fino a valori accettabili per i pesci che però li possono percorrere solo a velocità di scatto mantenute per pochi secondi; questo è il motivo per cui, nel caso di lunghezze elevate, devono essere dotati di vasche di sosta che permettono ai pesci di recuperare le adeguate riserve di glicogeno muscolare.

Sono sicuramente le rampe più semplici e meno costose; possono essere realizzate direttamente sugli sbarramenti ma hanno il limite tecnico di poter essere inseriti solo nel caso di livelli d'acqua di valle e di monte stabili e senza trasporto solido.

Figura 14: Passaggio a bacini successivi comunicanti tramite orifizio sul fondo e fenditure laterali presente sullo sbarramento idroelettrico sul fiume Piave, in località Soverzene (Belluno), con ittiofauna prevalentemente costituita da Salmonidi.



Figura 15: Passaggio Denil in legno - Laxa' A'sum , Islanda



Gli “**ascensori per pesci**” sono formati da una vasca più bassa, in cui i pesci sono richiamati, che sfocia in un pozzo. Sul fondo del pozzo è situata una seconda vasca usata per trasportare i pesci. La prima vasca può essere anche dotata di un divisorio per spingere il pesce dentro la seconda vasca che risale fino a monte per mezzo di un argano.

I pesci a questo punto sono rilasciati per mezzo di uno scivolo entro una terza vasca posta in sommità, che comprende una serie di uscite creando una corrente che guida i pesci attraverso il lago artificiale.

La durata di un ciclo, incluso lo spinta del pesce dentro la seconda vasca, è piuttosto breve: al picco del periodo di immigrazione, può essere di circa 15 minuti così che la velocità con cui i pesci sono trasferiti risulta abbastanza elevata.

Gli ascensori per pesci sono particolarmente efficaci nel caso in cui ci si trova dinanzi a sbarramenti molto alti e possono consentire a molte decine di migliaia di pesci di attraversare la diga.

La portata all'ingresso della prima vasca deve essere dell'ordine di diversi mc/s e deve creare una corrente con una velocità compresa tra 0,30 e 0,50 m/s.

La prima vasca ha dimensioni: 2-3 metri di larghezza e altezza, 5-10 metri di lunghezza; la capacità richiesta è di 15 – 30 litri per kg di pesce.

La seconda vasca è della stessa larghezza della prima ma non ha la stessa altezza e lunghezza: la sua capacità deve essere di 5 – 10 litri per kg di pesce.

Per il dispositivo meccanico richiesto, i costi di gestione degli ascensori sono relativamente alti e collegati alla dimensione del dislivello.

In termini di efficacia sono gli unici passaggi per pesci sostenibili ed utilizzabili per grandi sbarramenti; per la manutenzione deve essere ben chiaro che il meccanismo elevatore può essere danneggiato da detriti del fiume così che dovranno essere accuratamente protetti.

Le caratteristiche suddette si riferiscono all'unico esempio in Europa di ascensore per pesci (Figura 17) sul canale “**des Deux Mers**” a Golfech in Francia realizzato vicino alle torri di raffreddamento della centrale nucleare, le cui caratteristiche sono riportate nella Figura 16.

È quest'ultimo caso che ci sembra il più fattibile nel contesto ambientale del nostro caso di studio visto soprattutto il dislivello da superare.

Figura 16: Caratteristiche della centrale nucleare a Golfech in Francia.



Purpose: production of electricity

Installations: Golfech 1 and 2

Type: pressurized water reactors (class P'4)

Location: Golfech (Tarn and Garonne) on the lateral canal of the Garonne, southeast of Agen

Operator: Electricité de France

Period of operation: since 1990 (went critical in 1990 and 1993 respectively)

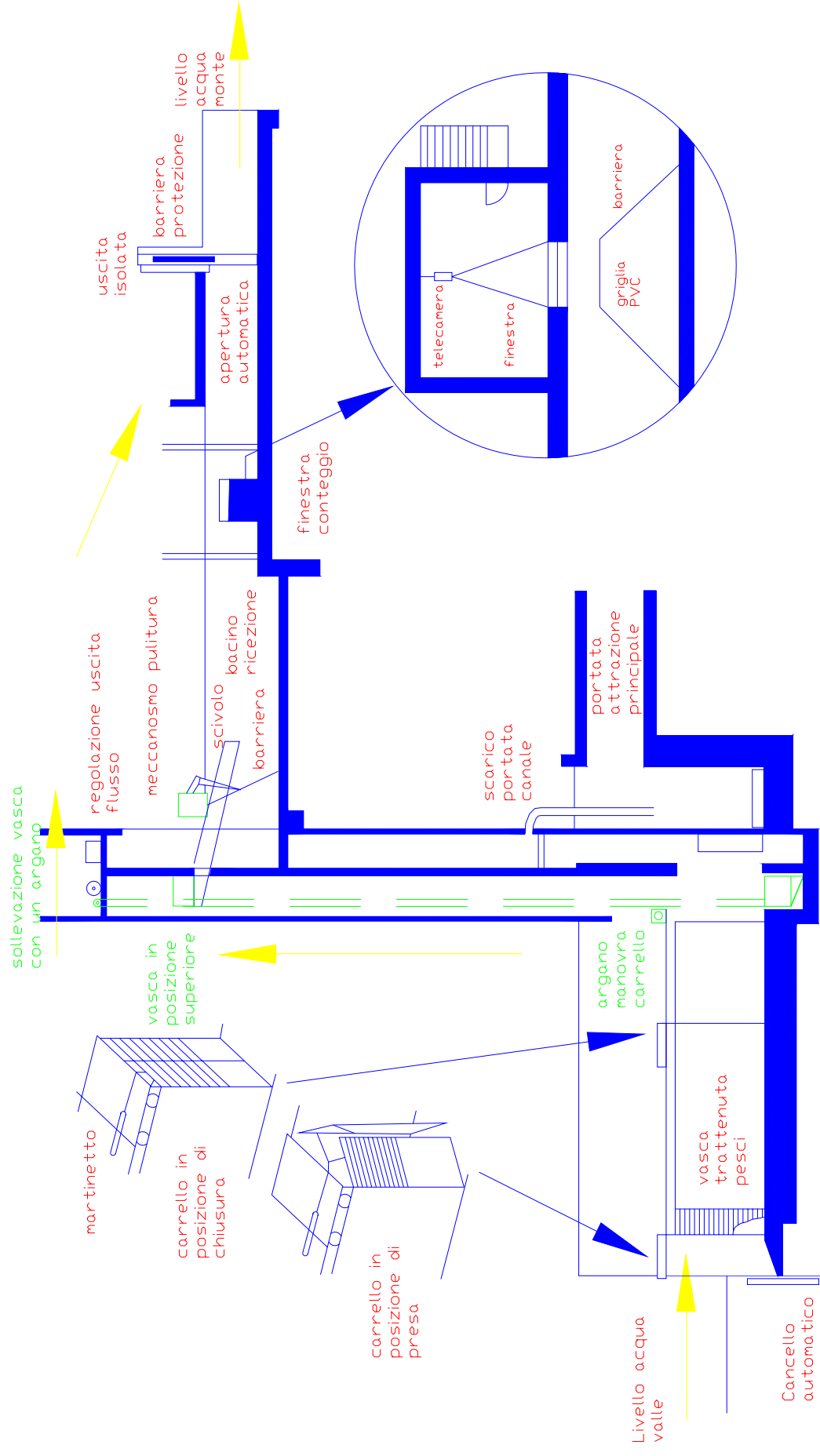
Fuel: low-enriched uranium oxide

Nuclear materials: uranium, plutonium, tritium

Nominal capacity: 2620 MW electric (1310 MW each reactor)

Actual production: total net at the end of 2000, 140.6 TWh (82.7 and 56.9 TWh respectively)

Figura 17: “Un unico esempio in Europa di ascensore per pesci realizzato sul canale “des Deux Mers”



8. Conclusioni

La metodologia di analisi e valutazione dello studio di impatto ambientale utilizzata nel lavoro così esposto, ha confermato la validità della “Scheda A” per il Quadro di riferimento progettuale applicata agli impianti di regolazione delle acque come strumento di analisi oggettiva che supera le semplici check list note in letteratura, in quanto fornisce:

- una descrizione delle caratteristiche fisiche dell'intervento, delle operazioni di cantiere, delle esigenze di utilizzazione della risorsa idrica, delle principali caratteristiche dell'ambiente idrico di inserimento e delle normative a cui ci si deve riferire per la sua realizzazione;
- una descrizione dettagliata delle principali alternative prese in esame dal Proponente, con le indicazioni delle principali indicazioni di scelta, sotto il profilo dell'impatto ambientale;
- una descrizione dei probabili effetti rilevanti sull'ambiente, delle misure previste per evitare, ridurre gli effetti negativi con particolare attenzione alla popolazione, alla fauna e alla flora, al suolo, all'acqua, all'aria, ai fattori climatici, al paesaggio e ai beni materiali, compreso il patrimonio architettonico e archeologico.

La validità e, di conseguenza, i vantaggi che possono derivare dall'applicazione della metodologia descritta, consente di affermare che altre categorie di opere sottoposte a Valutazione di Impatto Ambientale (al di là quindi del caso analizzato del sistema idrico del Flumineddu), potrebbero in futuro essere oggetto di studio, proprio attraverso l'utilizzo della “Scheda A”.

Nell'analizzare la suddetta Scheda ed in particolare, soffermandosi sulle opere di mitigazione, si è scelto di approfondire lo studio su quei progetti di ingegneria naturalistica nominate “rampe di risalita” per pesci.

L'attenzione si è concentrata sul tipo particolare “fish elevator” (ascensori per pesci) che sebbene sia un'opera presente in un solo Stato dell'Unione Europea, risulta in realtà un espediente intelligente per consentire, nei modi e nelle forme più idonee al caso concreto, la preservazione delle specie migratorie dei pesci presenti in un determinato corso d'acqua.

Nell'elaborazione e sviluppo di tali ricerche, sono stati, pertanto presi in considerazione tutti gli aspetti rilevanti del caso: sia i vantaggi che gli eventuali

ostacoli di ordine economico che potrebbero condizionare la realizzazione dell'ascensore per pesci.

In considerazione delle argomentazioni svolte, il suggerimento tecnico che ne può conseguire è senz'altro quello di, completata ormai l'analisi di rampe di risalita e/o dell'ascensore per pesci, applicarsi alla progettazione delle stesse.

Bibliografia

1. Francesco La Camera (1998), *Valutazione di Impatto Ambientale – Guida all'applicazione della normativa*, Il Sole 24 ore;
2. Daniele Verdesca (2003), *Manuale di valutazione di Impatto Ambientale*, Maggioli Editore;
3. Virginio Bettini, Larry W. Canter, Leonard Ortolano (2000), *Ecologia dell'Impatto Ambientale*, UTET Libreria;
4. Stefano Margiotta (2002), *Manuale di Tutela dell'Ambiente*, Il Sole 24 ore;
5. Marini, Porto, Leone (1989), *Impatto Ambientale delle opere idrauliche: orientamenti per gli studi di VIA*, CNR – Istituto di ricerca sulle acque, Roma;
6. Pier Luigi Carci, *La legislazione in tema di impatto ambientale delle opere di sistemazione fluviale*, in “Maione, Atti del corso di aggiornamento, 1996” e in “Maione, Atti del corso di aggiornamento: la difesa idraulica dei territori fortemente antropizzati, 1997”;
7. Consiglio Nazionale delle Ricerche – Progetto Finalizzato Trasporti 2 – a cura di Prof. Eugenio Borgia, *Studio di Impatto Ambientale nel Settore dei Trasporti*, edito da Ministero dell'Ambiente e del Territorio – Servizio Valutazione Impatto Ambientale;
8. Franco Fiorelli, *Valutazioni di Impatto Ambientale nell'esperienza degli Stati Uniti*, pag.123-130, in “Valutazione di Impatto Ambientale a cura di Michele Talia (1987), Giagemi Editore”;
9. Brian D. Clark, *La Valutazione di Impatto Ambientale nel Regno Unito*, pag. 131-136, in “Valutazione di Impatto Ambientale a cura di Michele Talia (1987), Giagemi Editore”;
10. Bruno Galletta, *Valutazione di Impatto Ambientale e progettazione infrastrutturale: il caso del tracciato autostradale Terni-Rieti*, in “Valutazione di Impatto Ambientale a cura di Michele Talia (1987), Giagemi Editore”;
11. Mario Polelli, *Valutazione di Impatto Ambientale*, Reda edizioni per l'Agricoltura;
12. Centro VIA Italiana (2004) , *Corso di formazione: la valutazione di Impatto Ambientale di piccoli impianti idroelettrici*;
13. Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT, 2003), *Nuovi dispositivi legislativi internazionali, comunitari e nazionali in materia di VIA*;

14. Carlo Blasi (1998), *Ecologia del paesaggio e pianificazione del territorio*, Università del Molise;
15. *Studio di Impatto ambientale di una diga, articolazione dello studio e risultanze del lavoro*, in *Acque sotterranee*;
16. Regione Emilia-Romagna – Legge Regionale 21 maggio 1999, n° 9, *Linee guida per le procedure di Valutazione di Impatto Ambientale dei progetti di Regimentazione Idraulica*;
17. Associazione Analisti Ambientali, *Gli strumenti di governo – V.I.A. Valutazione di Impatto Ambientale*;
18. www.epa.gov;
19. www.iaia.com;
20. Regione Lazio, Assessorato per l’Ambiente – Dipartimento Ambiente e Protezione Civile (2003), *Manuale di Ingegneria Naturalistica – Applicabile al Settore Idraulico*;
21. Regione Campania (2003), *Ingegneria Naturalistica – Regolamento e Prezzario*, DEI Tipografia del Genio Civile;
22. Regione Emilia-Romagna e Regione Veneto (1993), *Manuale tecnico di Ingegneria Naturalistica*;
23. Regione Veneto – ARPAV – Centro Valanghe di Arabba, *Aspetti procedurali ed esecutivi nei cantieri di ingegneria naturalistica* – Atti del corso 30 settembre – 10 ottobre 1996;
24. *Tecniche di Ingegneria Naturalistica di uso frequente nella protezione dei corsi d’acqua*, in *Manuale Tecnico di Ingegneria Naturalistica della Provincia di Terni*;
25. Virgilio Anselmo, *Interferenze della Vegetazione nelle sistemazioni idrauliche* pag.11-22, in “Associazione Italiana per l’Ingegneria Naturalistica, Atti del Convegno, *Sistemazione idrauliche con metodi naturalistici*, Bologna 19 aprile 1996”;
26. Pietro Calò, Fabio Palmeri, *Influenza della vegetazione sul deflusso: analisi comparata di diverse esperienze – coefficiente di scabrezza – manutenzioni*, in “Associazione Italiana per l’Ingegneria Naturalistica, Atti del Convegno, *Sistemazione idrauliche con metodi naturalistici*, Bologna 19 aprile 1996”;
27. Francesco Ferraiolo, Marco Vicari, *Programma MAC.R.A. per la verifica di interventi di protezione e consolidamento*, in “Associazione Italiana per

- l'Ingegneria Naturalistica, Atti del Convegno, *Sistemazione idrauliche con metodi naturalistici*, Bologna 19 aprile 1996”;
28. Provincia di Firenze – Assessorato Agricoltura, Caccia e Pesca, D.I.A.F. Dipartimento Ingegneria Agraria Forestale (2001), *Le scale di risalita per la tutela del patrimonio ittico – Progetto di intervento per i corsi d'acqua della Val di Sieve*;
 29. www.passeggiiperpesci.it;
 30. Pagliara, Chiavaccini, *La sistemazione idraulica con interventi a basso impatto: le rampe in massi*, in “Atti del convegno: L'ingegneria naturalistica in ambiente mediterraneo, Pisa aprile 2004”;
 31. A. L. Freschi, *Presentazione del Quaderno ARSIA – Interventi di Ingegneria Naturalistica in Toscana – Prime Esperienze di Monitoraggio*, in “Atti del convegno: L'ingegneria naturalistica in ambiente mediterraneo, Pisa aprile 2004”;
 32. F. Palmeri, *Come affrontare le realizzazioni, il monitoraggio e la sicurezza in fase di realizzazione nelle opere di ingegneria naturalistica*, in “Atti del convegno: L'ingegneria naturalistica in ambiente mediterraneo, Pisa aprile 2004”;
 33. M. Ferri, *La progettazione e la realizzazione di passaggi per pesci*;
 34. *L'Ingegneria Naturalistica* in www.liguriambiente.it/AMBIENTE/INGENAT.HTM;
 35. Gianna Mazzoni, Facoltà di Agraria – Università di Pisa, *Appunti di Principi di Ingegneria Naturalistica*, anno accademico 2002/2003;
 36. www.iene.info;
 37. Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT, 2003), *Atlante delle opere di sistemazione fluviale*;
 38. Mario A. Lenzi, Patrizia Paterno (1997), *La progettazione e la valutazione di impatto ambientale degli interventi di sistemazioni idraulico forestali*, Edizioni Progetto Padova;
 39. Muro Marchetti (2000), *Geomorfologia Fluviale*, pag. 193-236, Pitagora Edizioni;
 40. Giuseppe D'Occhio, *Il ruolo delle Autorità di Bacino nella difesa idraulica del territorio*, in in “Maione, Atti del corso di aggiornamento, 1996”;
 41. Da Deppo, Datei, Saladin (2000), *Sistemazione dei corsi d'acqua*, Ed. Libreria Cortina Padova;
 42. Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (2002), *Criteri e tecniche per la manutenzione del territorio ai fini della prevenzione del rischio idrogeologico*;

43. Manciola, Castelli, Piragino, *Criteri di intervento distribuito per la difesa idraulica – un caso di studio*, in XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Catania 9-12 settembre 1998;
44. Regione Piemonte (2003), *Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di Ingegneria Naturalistica*;
45. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero dell'Economia e delle Finanze
46. Gianfranco Becciu, Alessandro Paoletti (2004), *Esercitazione di Costruzioni Idrauliche*, CEDAM;
47. Progetto Toscana (1988), *Studio degli effetti ambientali della diga sul Torrente Farma*, Marsilio Editori;
48. *Current activities on Large Dams in Japan* (1997), Japan National Committee on Large Dams;
49. M. Grillenzoni, A. Ragazzoni (1995), *Valutazione multicriteriale “ex post” della Diga di Ridracoli*, Maggioli Editore;
50. Giuseppe Sansoni, *La portata minima vitale dei corsi d'acqua*, pag. 36-62, in “*La risorsa acqua e lo sviluppo compatibile*, Atti del Convegno Ragusa 1992”;
51. *Tavola rotonda: utilizzo delle acque della diga di Santa Rosalia ed impatto ambientale*, pag. 108-145, in “*La risorsa acqua e lo sviluppo compatibile*, Atti del Convegno Ragusa 1992”;
52. *Dams and Fishes – Review and Recommendations*, (1999) Bulletin n°116 CIGB ICOLD;
53. *Tilings Dams and Environment - Review and Recommendations*, (1996) Bulletin n°103 CIGB ICOLD;
54. Comitato Italiano Grandi Dighe, Presidenza del Consiglio dei Ministri-Servizio Nazionale Dighe (1997), *Dams in Italy*;
55. Comitato Italiano Grandi Dighe – Bollettino n°2 (1988), *L'Impatto Ambientale delle Dighe e dei relativi serbatoi*;
56. Comitato Italiano Grandi Dighe – Bollettino n°2 bis (1990), *L'Impatto Ambientale delle Dighe e dei relativi serbatoi - Appendice*;
57. *Thames Gateway Bridge, Environmental Statement: Main Report* (2004) pag.2.1-2.13;
58. Commissione V.I.A. – Ministero Ambiente e Tutela del Territorio (2003), *Linee Guida con documentazione grafica e fotografica – Proposta di Direttiva tecnica*

sugli interventi di mitigazione e compensazione ambientale, mediante opere in verde, delle grosse opere infrastrutturali soggette a procedure di V.I.A.;

59. Moulay Hassan El Badraoui (1999), *Benefits of Dams – Moroccan Case*, in Workshop on Benefits of and Concerns about Dams – Case studies, Antalya, Turkiye;
60. Angelucci, Cadeddu, Cesari, Jappelli, Plotti, Serra (1999), *Benefits of and Concerns about Dams: The Italian Case*, in Workshop on Benefits of and Concerns about Dams – Case studies, Antalya, Turkiye;
61. Vittorio Maugliani, *Elementi salienti nel disastro della diga del Gleno ed evoluzione della normativa italiana sulle dighe*, in l'Acqua rivista bimestrale dell'associazione idrotecnica italiana n°2/2004.