

**SOLVAY CHIMICA ITALIA S.p.A.**  
**Rosignano Marittimo**

**STUDIO DI FATTIBILITÀ  
MIRATO ALLA DEFINIZIONE DI UN SISTEMA  
OTTIMALE DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO  
RELATIVO ALLE ATTIVITÀ INDUSTRIALI SOLVAY**

***Gruppo di lavoro:***

**UNIVERSITÀ DI PISA**

Prof. Emo Chiellini (Coordinatore)

Dott. Salvatore D'Antone

Sig.ra Maria G. Viola

Prof. Roberto Tartarelli

Prof. Sandra Vitolo

Ing. Maurizia Seggiani

Dott. Paolo Squarci (Consulente)



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA**

Prof. Diego Barba

Prof. Marina Prisciandaro

Ing. Silvano Cimini



**SEICO s.r.l. – ROMA**

Prof. Antonino Germanà

Ing. Roberto Barbieri

Sig. Sergio Boccitto

Sig. Ugo Buonerba

Sig. Vinicio Pogelli

Sig. Pierluigi Rossi



# INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>pag. 1</b>
<b>2. FABBISOGNI IDRICI CONNESSI ALL'ATTIVITÀ DELLO STABILIMENTO</b>	<b>2</b>
<b>3. INDAGINE CONOSCITIVA SULLE DISPONIBILITÀ IDRICHE DEL TERRITORIO</b>	<b>6</b>
<b>3.1. BACINO DEL FIUME FINE</b>	<b>6</b>
<b>3.2. ACQUIFERI DELLA PIANURA COSTIERA</b>	<b>6</b>
<b>3.3. BACINO DEL FIUME CECINA</b>	<b>6</b>
<b>4. SOLUZIONI PROPOSTE PER IL FABBISOGNO IDRICO CONNESSO ALLE ATTIVITÀ DELLO STABILIMENTO</b>	<b>9</b>
<b>4.1. GIACIMENTI DI SALGEMMA</b>	<b>11</b>
<b>4.2. STABILIMENTO DI ROSIGNANO</b>	<b>11</b>
<b>5. ANALISI TECNICO-ECONOMICA DELLE SOLUZIONI PROPOSTE</b>	<b>15</b>
<b>5.1. IPOTESI 1a – DERIVAZIONE DI ACQUA DAL FIUME CECINA MEDIANTE SFIORO E IMPIANTO DI POMPAGGIO E TRASFERIMENTO ALLA VASCA SALINA</b>	<b>15</b>
<b>5.2. IPOTESI 1b – PRODUZIONE DI 2,5 Mm<sup>3</sup>/anno PER DISSALAZIONE DI ACQUA DI MARE</b>	<b>17</b>
<b>5.3. IPOTESI 2a - POTENZIAMENTO IMPIANTO ARETUSA E PRODUZIONE DI ACQUA DI ALTA QUALITÀ</b>	<b>18</b>
<b>5.4. IPOTESI 2b – PRODUZIONE DI ACQUA DI ALTA QUALITÀ MEDIANTE DISSALAZIONE DI ACQUA DI MARE</b>	<b>18</b>
<b>6. CONFRONTO TECNICO-ECONOMICO E DI IMPATTO AMBIENTALE</b>	<b>20</b>
<b>7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b>	<b>23</b>

## TAVOLE E DISEGNI



In data 16 Settembre 2003 è stato stipulato, tra la Società Solvay Chimica Italia S.p.A. ed il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa, un *Contratto di Prestazione d'Opera Intellettuale* avente per oggetto lo **“Studio di Fattibilità Mirato alla Definizione di un Sistema di Approvvigionamento Idrico Relativo alle Attività Industriali della Società Solvay di Rosignano”**.

Vista la multidisciplinarietà e la multivalenza tecnica dello studio, per la sua realizzazione il Direttore del Programma di Ricerca, Prof. Emo Chiellini, ha costituito un gruppo di lavoro coinvolgendo ricercatori con competenze di chimica e chimica industriale (Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa), di ingegneria di processo (Dipartimento di Ingegneria Chimica, Chimica Industriale e Scienza dei Materiali dell'Università di Pisa), di geologia ed assetto del territorio (Dott. Paolo Squarci) nonché esperti nella progettazione e realizzazione di impianti industriali e di impianti di dissalazione (Dipartimento di Chimica, Ingegneria Chimica e Materiali dell'Università degli Studi dell'Aquila e società SEICO srl di Roma), tale da coprire tutti gli aspetti di competenza dell'incarico attribuito e tale da sviluppare una visione d'insieme delle varie problematiche in maniera obiettiva e tecnicamente valida.

## 1. PREMESSA

Già da tempo, la Società Solvay ha intrapreso una politica di salvaguardia delle risorse idriche del territorio attraverso varie soluzioni tese a sostituire l'attuale emungimento di acqua di falda con “nuove” risorse idriche, quali acqua da depuratori e acqua di superficie, da utilizzare nella produzione di salamoia e negli usi diretti in Stabilimento.

Il tentativo di impiegare direttamente l'acqua proveniente dal depuratore di Rosignano nei cicli di raffreddamento ha portato però ad utilizzare, in passato, solo una minima parte di tali acque a causa di una serie di problematiche tecniche legate alla loro composizione chimico-fisica e microbiologica. Al fine di utilizzare le potenzialità offerte sia dal depuratore di Rosignano che di Cecina, la Società Solvay, in un'ottica di ottimizzazione e salvaguardia delle risorse idriche ed in applicazione delle recenti leggi in materia di riutilizzo delle acque reflue civili, ha avviato da tempo un progetto, in sinergia con enti pubblici e privati, per il recupero di acqua dai suddetti depuratori per usi industriali. Nell'estate 2005, tale progetto sarà operativo con la messa in funzione dell'impianto ARETUSA che produrrà 4 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua resa compatibile per l'uso industriale attraverso trattamenti chimico-fisici e biologici. L'acqua riciclata dall'impianto ARETUSA ridurrà già significativamente i prelievi di risorsa idrica dal territorio, agendo su tutte le fonti di approvvigionamento, come il paleoalveo profondo dell'area costiera di Cecina, gli acquiferi della pianura costiera e le acque di superficie.

Nell'ambito di una politica di corretta gestione della risorsa acqua si inserisce il presente studio che, a partire da un'indagine conoscitiva sui fabbisogni idrici connessi alle attività dello Stabilimento di Rosignano Solvay e delle risorse idriche offerte dal territorio, si è proposto di analizzare e mettere a confronto diverse soluzioni impiantistiche con l'obiettivo primario di ridurre l'attuale emungimento di acqua di falda, nel breve-medio periodo, per la produzione di salamoia nei giacimenti di Ponteginori e, nel medio-lungo periodo, per le attività industriali nello Stabilimento.

## 2. FABBISOGNI IDRICI CONNESSI ALLE ATTIVITÀ DELLO STABILIMENTO

Le attività dello Stabilimento di Rosignano sono attualmente focalizzate nella produzione di prodotti sodici, clorati e derivati, perossidati, polietilene e clorometani.

Una delle principali materie prime per la produzione dei prodotti sodici (clorurati e derivati) è il cloruro di sodio (salgemma). Questo viene estratto dai giacimenti di Ponteginori immettendo acqua dolce nei depositi sotterranei di salgemma ed estraendo una soluzione acquosa satura (salamoia) che viene approvvigionata mediante condotte allo Stabilimento di Rosignano.

A fronte delle suddette attività, i prelievi totali annui di acqua, ripartiti sulla base della fonte di approvvigionamento, risultano i seguenti:

- Acqua di mare 85,0 - 95,0 Mm<sup>3</sup>/anno
- Acqua dolce 17,5 - 18,5 Mm<sup>3</sup>/anno.

L'acqua di mare viene utilizzata esclusivamente nello Stabilimento di Rosignano come mezzo di raffreddamento, mentre, l'acqua dolce è destinata a varie tipologie di utilizzo, come riportato in **Tabella 1**.

Lo Stabilimento consuma mediamente il 60% dell'approvvigionamento totale di acqua dolce per usi industriali mentre la restante parte è destinata alla produzione di salamoia presso i giacimenti di Ponteginori.

Tabella 1 - Prelievi di acqua dolce ripartiti per settore di impiego (dati medi relativi agli ultimi anni)

SETTORE DI IMPIEGO	PORTATA (Mm <sup>3</sup> /anno)	%
Acqua per refrigerazione	0,7*	4
	3,2	17
Acqua potabile Solvay	0,6	3
Acqua potabile ceduta ad ASA	1,0	5
Acqua demineralizzata	4,3	24
Acqua industriale	2,2	12
Produzione salamoia	6,5	35
<b>TOTALE</b>	<b>18,5</b>	<b>100</b>

\* acqua di recupero dal depuratore di Rosignano.

In **Figura 1** è riportata l'evoluzione dei consumi totali annui di acqua dello Stabilimento di Rosignano negli ultimi venti anni. Prendendo come anno di riferimento il 1979 e considerando i valori medi dei consumi idrici negli anni 2001-2002, si osserva che negli ultimi venti anni il consumo totale di acqua è aumentato da 69 a 101 Mm<sup>3</sup>/anno mentre il consumo di acqua dolce è sceso da 14 ad un valore medio di 11 Mm<sup>3</sup>/anno. Si osserva come i maggiori consumi idrici, dovuti principalmente ad una maggiore richiesta di acqua di raffreddamento da parte dello Stabilimento, siano stati soddisfatti completamente dall'utilizzo di acqua di mare mentre la messa in atto, da parte della Società Solvay, di strategie di ottimizzazione abbia portato ad una riduzione del 20% della quantità totale di acqua dolce consumata dallo Stabilimento.

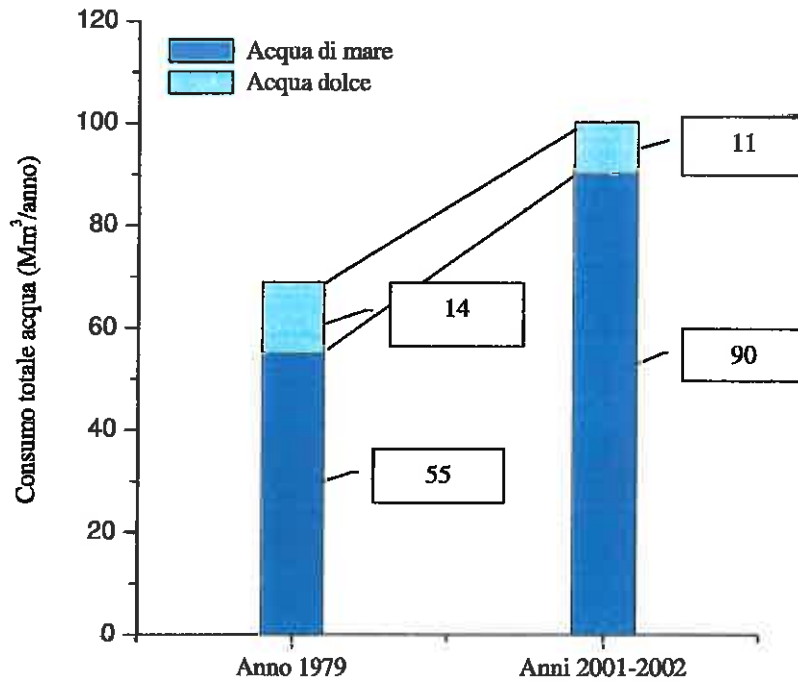


Figura 1. Evoluzione del consumo totale di acqua nello Stabilimento di Rosignano.

In Figura 2 si riporta la situazione delle fonti di approvvigionamento di acqua dolce. I dati si riferiscono a valori medi, rappresentativi della situazione registrata negli ultimi anni. Il consumo di acqua dolce nello Stabilimento (escluso il fabbisogno dei giacimenti di salgemma e l'acqua potabile ceduta ad ASA) si attesta su un valore medio di circa 11 Mm<sup>3</sup>/anno. La ripartizione di tale consumo, suddiviso per fonte di approvvigionamento, è riportata in Figura 3 e di seguito:

- 5,3 Mm<sup>3</sup>/anno (48 %) acqua fluente di superficie;
- 4,4 Mm<sup>3</sup>/anno (40 %) acqua di falda ad uso industriale;
- 0,6 Mm<sup>3</sup>/anno (5,5 %) acqua di falda per uso potabile;
- 0,7 Mm<sup>3</sup>/anno (6,5 %) acqua recuperata dal depuratore di Rosignano.

L'acqua di superficie deriva:

- dal sistema idrico del fiume Fine (quantità compresa tra una media di valori minimi ed una media di valori massimi di 2,5 – 3,5 Mm<sup>3</sup>/anno), dotato di un bacino artificiale di accumulo (Lago di S. Luce);
- dal fiume Cecina (quantità compresa tra una media di valori minimi ed una media di valori massimi di 2,0 – 2,7 Mm<sup>3</sup>/anno), attraverso la presa della "Steccaia" e l'accumulo nei Laghetti del Magona.

L'acqua di falda proviene da una rete di pozzi di emungimento così distribuita:

- acquifero non alluvionale della pianura costiera compreso tra l'area di Rosignano a Nord e S. Pietro in Palazzi a Sud (quantità compresa tra una media di valori minimi ed una media di valori massimi di 1,7 - 1,9 Mm<sup>3</sup>/anno ad uso industriale e 0,5 - 0,7 per uso potabile), alimentato da acque meteoriche esterne al bacino del fiume Cecina;
- acquifero del paleoalveo profondo del fiume Cecina e falde contermini non alluvionali (quantità compresa tra una media di valori minimi ed una media di valori massimi di 2,5 - 2,7 Mm<sup>3</sup>/anno), alimentate da acque derivanti dal bacino dello stesso. Occorre ricordare che viene inoltre emunto mediamente circa 1 Mm<sup>3</sup>/anno ceduto dalla Società Solvay ad ASA per usi potabili.

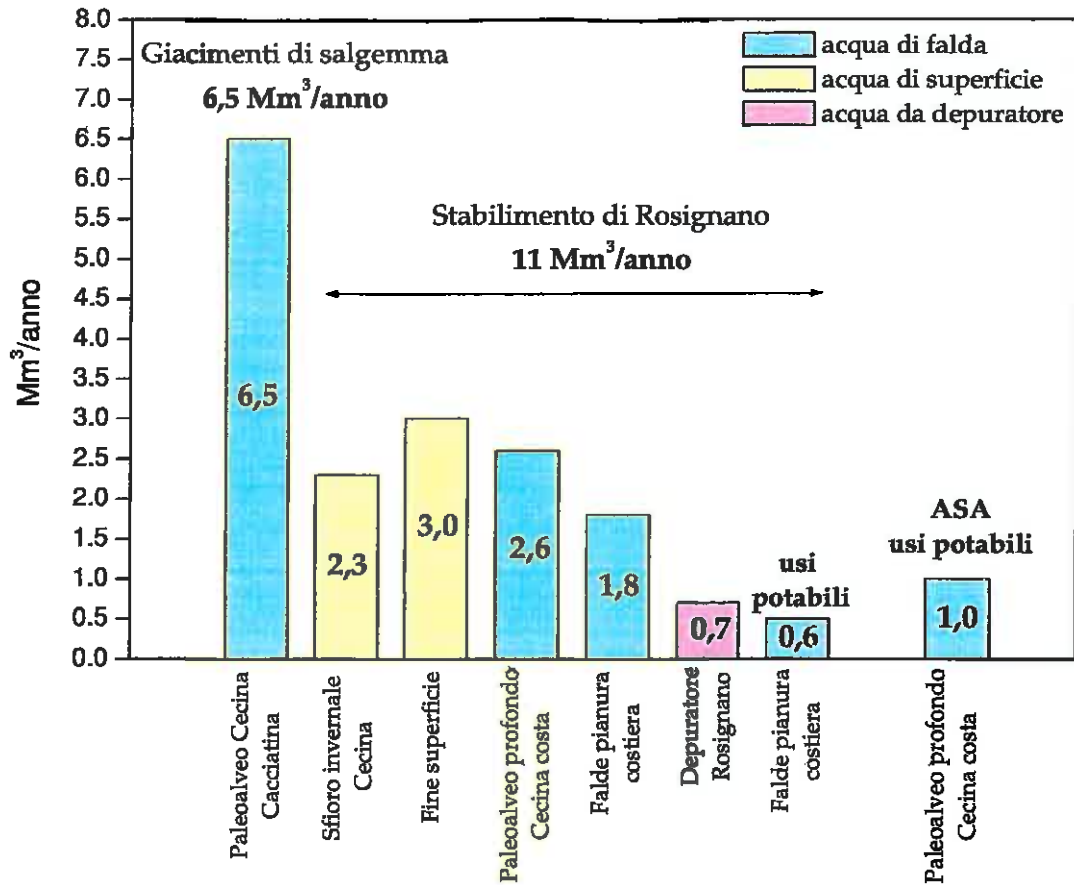


Figura 2. Ripartizione dei prelievi di acqua dolce da parte della Società Solvay per fonte di approvvigionamento (i dati si riferiscono a valori medi rappresentativi degli ultimi anni).

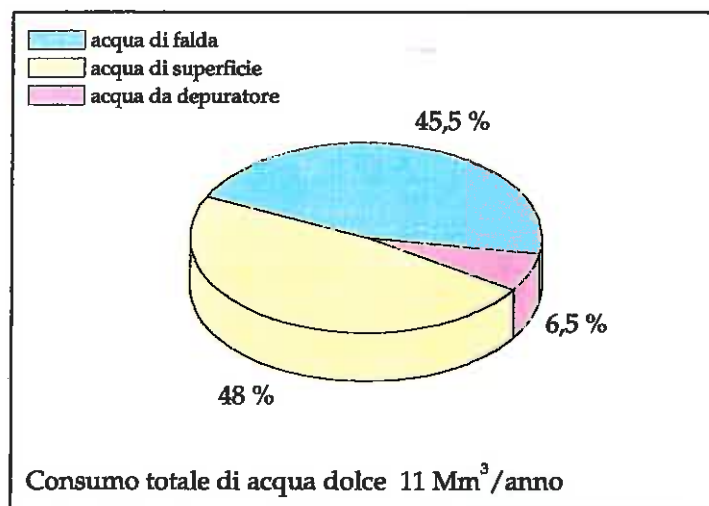


Figura 3. Aerogramma della ripartizione delle fonti di approvvigionamento di acqua dolce per lo Stabilimento di Rosignano (valori medi).

Oltre alle fonti di approvvigionamento citate sopra, circa 0,7 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua (pari al 6,5 % del consumo totale di acqua dolce in Stabilimento) provengono dal depuratore di Rosignano, nell'ambito della sperimentazione avviata dalla Società Solvay per recuperare tali acque reflue nei circuiti di raffreddamento.

L'attuale capacità produttiva dei depuratori di Cecina e Rosignano è pari a 2 Mm<sup>3</sup>/anno ciascuno per un totale di 4 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua reflua. Fino ad oggi non è stato, però, possibile usufruire a pieno di tale risorsa dato che l'acqua trattata dai depuratori non soddisfa le specifiche richieste per i circuiti di raffreddamento per quanto riguarda il carico organico, la durezza, il contenuto in cloruri, la salinità complessiva, la presenza di ammoniaca e di tensioattivi di varia composizione.

Al fine di riutilizzare tali acque nei circuiti di raffreddamento dello Stabilimento è stato realizzato l'impianto di post-trattamento ARETUSA che, tramite trattamenti chimico-fisici e biologici, renderà tali acque idonee agli usi industriali.

Oltre ai sopraccitati quantitativi di acqua dolce, connessi direttamente alle attività industriali nello Stabilimento di Rosignano, si devono considerare quelli necessari (mediamente 6,5 Mm<sup>3</sup>/anno) per la produzione della salamoia nei giacimenti di Ponteginori, emunti dai pozzi attivati nell'acquifero alluvionale del fiume Cecina, in zona Cacciatina nel Comune di Montecatini Val di Cecina.

### 3. INDAGINE CONOSCITIVA SULLE DISPONIBILITÀ IDRICHE DEL TERRITORIO

In Tavola 1 si riportano i limiti dei bacini e sottobacini idrografici del fiume Fine e Cecina.

#### 3.1. BACINO DEL FIUME FINE

La diga di S. Luce consente, incidendo solo marginalmente sulla portata del Fine, l'utilizzo per scopi industriali di acque di superficie (mediamente 3 Mm<sup>3</sup>/anno) e rappresenta, dal punto di vista idrologico, un fattore di regolazione delle portate del fiume Fine, garantendone la portata vitale anche durante i mesi di siccità estiva.

Data la parziale utilizzazione da parte dell'ASA per usi idropotabili delle acque presenti nei depositi alluvionali del Fine, esiste la possibilità di usufruire di circa 0,8 Mm<sup>3</sup>/anno, a valle delle opere di captazione per gli usi civili, da destinare ad usi industriali, senza interferire con i pozzi dell'acquedotto e, data la distanza dalla costa, senza causare l'avanzamento del fronte salino.

Pertanto, l'indagine svolta su tale bacino conferma la compatibilità ambientale dell'utilizzo attuale delle acque di superficie e la presenza di un'ulteriore potenzialità offerta dagli acquiferi contermini per usi industriali.

#### 3.2. ACQUIFERI DELLA PIANURA COSTIERA

Le acque, presenti negli acquiferi della pianura costiera tra il fiume Fine a nord e l'abitato di Cecina a sud, risultano scadenti sia quantitativamente che qualitativamente. In condizioni di scarsa ricarica lo sfruttamento della falda della pianura costiera è superiore alle sue potenzialità nonostante che siano stati ridotti i prelievi nella zona compresa tra il Tripesce e S. Pietro in Palazzi. Questo è messo in evidenza dalla diffusa estensione delle zone piezometricamente depresse e dalle variazioni della composizione chimico - isotopica delle acque che si è riscontrata in studi condotti recentemente. In tali acquiferi risultano elevate le concentrazioni in cloruri, nitrati e boro. L'origine dei primi è chiaramente marina e dipende principalmente da un sovrasfruttamento della falda in zone soggette già di per sé ad invasione di acqua salmastra dovuta a cause "storiche" e a particolari condizioni idrogeologiche. I nitrati derivano per la maggior parte dall'uso di fertilizzanti azotati e subordinatamente da scarichi civili. I prodotti azotati possono raggiungere la falda che non presenta una sufficiente copertura protettiva impermeabile. Riguardo al boro, si sta verificando una costante diminuzione della concentrazione con valori attuali in genere al di sotto di 1 ppm.

Tutto questo richiede una costante attenzione sullo stato di tali acquiferi, con controlli dei livelli e analisi chimica delle acque in modo da concertare al meglio, con tutti gli utilizzatori, l'uso di tale risorsa ed effettuare interventi atti ad evitare l'avanzamento del fronte salino nella parte costiera più esposta a questo fenomeno. La quantità e qualità di tali acque impongono quindi la ricerca di soluzioni alternative all'attuale sfruttamento di tale risorsa.

Il progetto ARETUSA consentirà una riduzione degli attuali emungimenti da tali acquiferi e un riequilibrio tra prelievi ed alimentazione naturale del sistema.

#### 3.3. BACINO DEL FIUME CECINA

Dal punto di vista idrologico, il fiume Cecina è caratterizzato da un regime torrentizio con piene, anche notevoli, e magre estreme. Le massime portate si registrano fra dicembre e febbraio mentre i minimi fra luglio ed agosto. E' frequente, durante i mesi estivi, trovare tratti di alveo completamente asciutti, anche se ciò non esclude l'esistenza di una circolazione di subalveo pure considerevole.



### Zona dell'alto corso (Cacciatine – Ponte di Monterufoli)

I prelievi per i giacimenti di salgemma, nella zona a monte della stazione di misura di Ponte di Monterufoli, ammontano a circa 6,5 Mm<sup>3</sup>/anno. Il prelievo nel periodo invernale non provoca problemi allo scorrimento superficiale del fiume. Al contrario, il prelievo estivo (2,5 Mm<sup>3</sup>/anno), anche se ben sostenuto dal subalveo del Cecina (11 Mm<sup>3</sup>), interferisce negativamente sullo scorrimento superficiale, caratterizzato da valori già molto bassi, mettendo in secca il fiume nel tratto prossimo al campo pozzi di Cacciatina, dove si concentrano i prelievi.

Data la presenza del boro in concentrazione di 1,5 mg/l, al di sopra del limite di potabilità (1 mg/l), le acque di subalveo del fiume Cecina, attualmente utilizzate, in questa zona, per scopi industriali, non possono essere destinate al consumo umano. Il mercurio risulta, invece, al di sotto del limite di potabilità (1 µg/l).

A fronte di simulazioni fatte ipotizzando la totale assenza di ricarica meteorica per cinque mesi, risulta che il quantitativo di 2,5 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua di falda non può emunta nel periodo estivo per usi industriali, ricorrendo ad altre fonti, potrebbe essere utilizzato dalla collettività per usi essenzialmente agricoli senza influire sul corso del fiume Cecina.

### Zona del basso corso (Steccaia - Ponte variante Aurelia)

#### *Acquifero subalveo*

Le potenzialità di immagazzinamento dell'acquifero subalveo profondo sono considerevoli e tali da sostenere per periodi prolungati l'emungimento senza interferire direttamente con lo scorrimento in alveo in zone prossime ai pozzi. Data la geometria dell'acquifero subalveo, la ricarica di questo si realizza in zone distanti dai pozzi stessi, come è confermato dalle misure di portata effettuate lungo il corso del Cecina. Si ritiene che i prelievi attuali in questo acquifero potranno essere mantenuti anche in futuro per una potenzialità di circa 2,4 Mm<sup>3</sup>/anno.

#### *Disponibilità idrica laminabile alla Steccaia*

Dall'analisi dei dati disponibili relativi al semestre novembre-aprile, risulta che per tutti gli anni esaminati il complessivo della portata supera sempre i 40 Mm<sup>3</sup> con valori medi di 110 -150 Mm<sup>3</sup> fino a valori massimi superiori a 450 Mm<sup>3</sup> (Figura 4). Vista la quantità di acqua in gioco e considerato che gli acquiferi di subalveo profondo ricevono la ricarica a monte della presa della Steccaia, è evidente la convenienza, ai fini di un riequilibrio del sistema, di trattenere parte delle acque nel periodo di massimo scorrimento in appositi cavi di raccolta.

Dall'analisi della durata delle portate a monte della Steccaia, risulta che si può disporre per circa 140 giorni all'anno di una portata superiore a 1500 m<sup>3</sup>/h (0,4 m<sup>3</sup>/s), ottenendo così un quantitativo laminabile minimo di 5,1 Mm<sup>3</sup>/anno (Figura 5). L'accumulo di tale aliquota risulta, quindi, compatibile con la disponibilità idrica nella parte interessata dall'opera di presa della Steccaia, non interferirà sullo scorrimento superficiale a valle e permetterà anche la ricarica degli acquiferi profondi.

Analisi recenti mostrano che le acque del fiume Cecina presentano concentrazioni di inquinanti quali mercurio (mediamente < 0,1 µg/l) e boro (valore medio 0,86 mg/l) al di sotto dei limiti di potabilità (1 µg/l per Hg e 1 mg/l per B), ed un basso contenuto di nitrati (mediamente 1,1 mg/l).

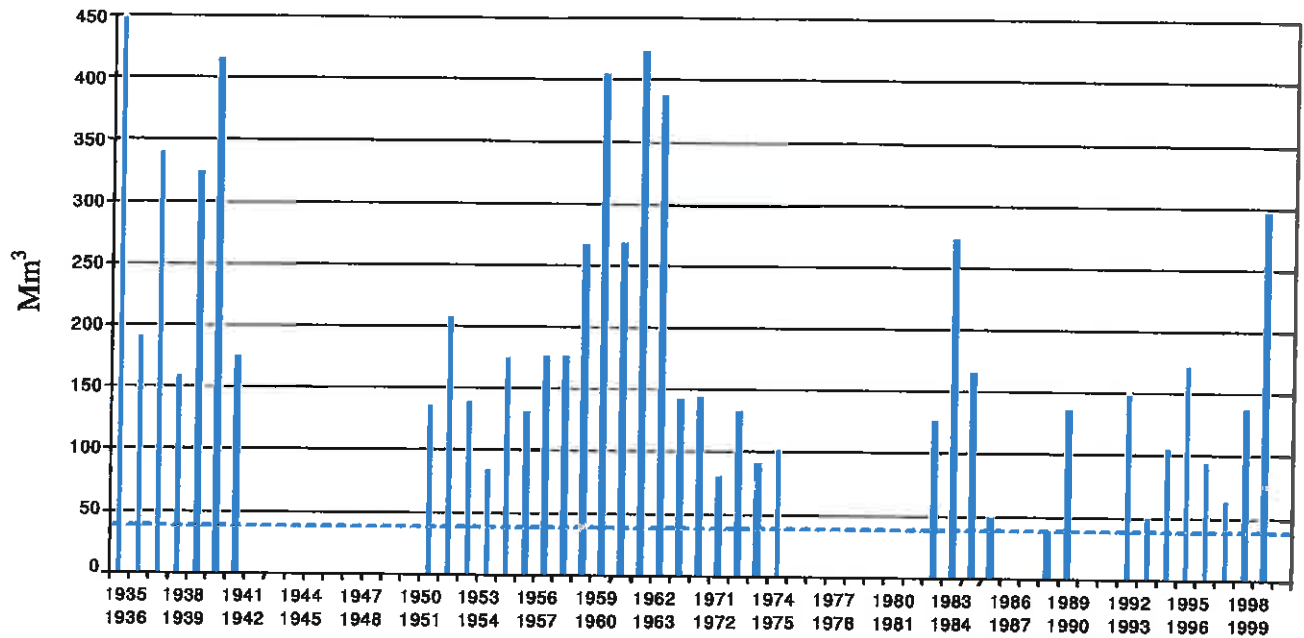


Figura 4. Stima della quantità totale di acqua transitata nel bacino del fiume Cecina chiuso alla Steccaia nel periodo novembre -aprile negli anni 1935-1999.

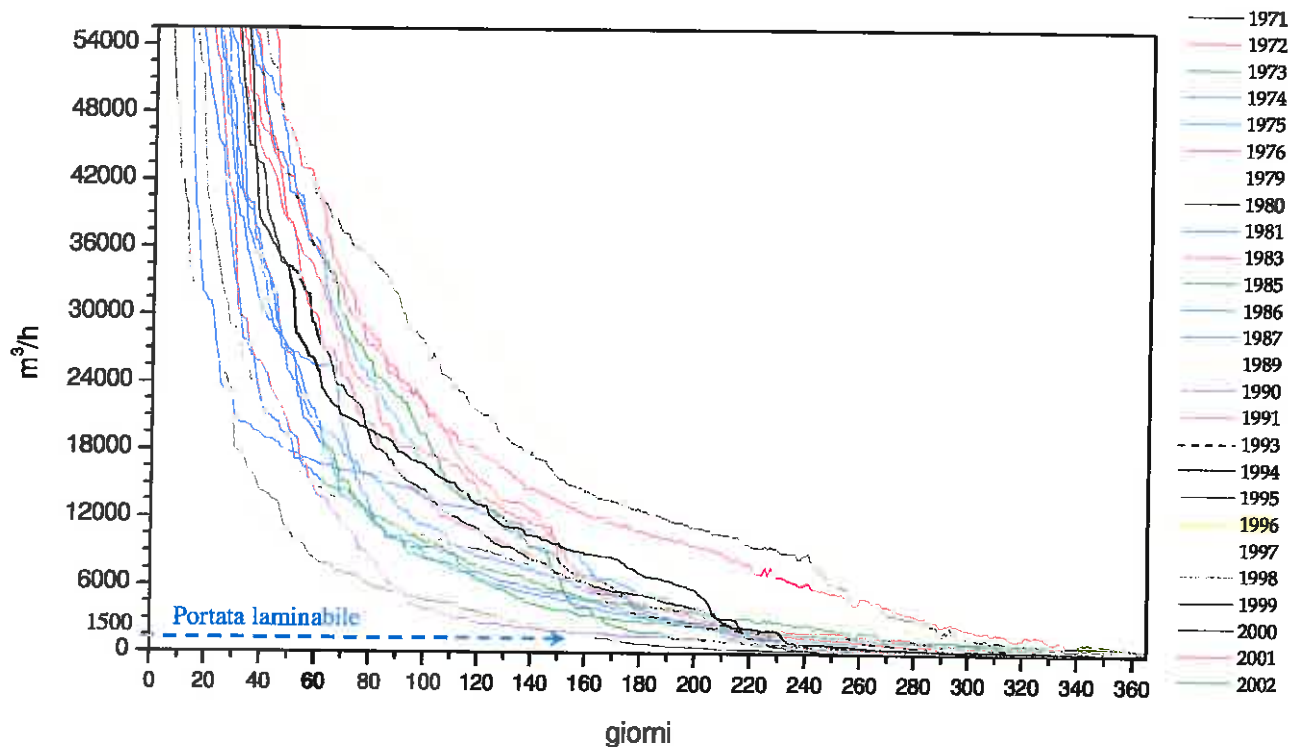


Figura 5. Durata delle portate del fiume Cecina valutate alla Steccaia relativa al periodo 1971-2002.

#### 4. SOLUZIONI PROPOSTE PER IL FABBISOGNO IDRICO CONNESSO ALLE ATTIVITÀ DELLO STABILIMENTO

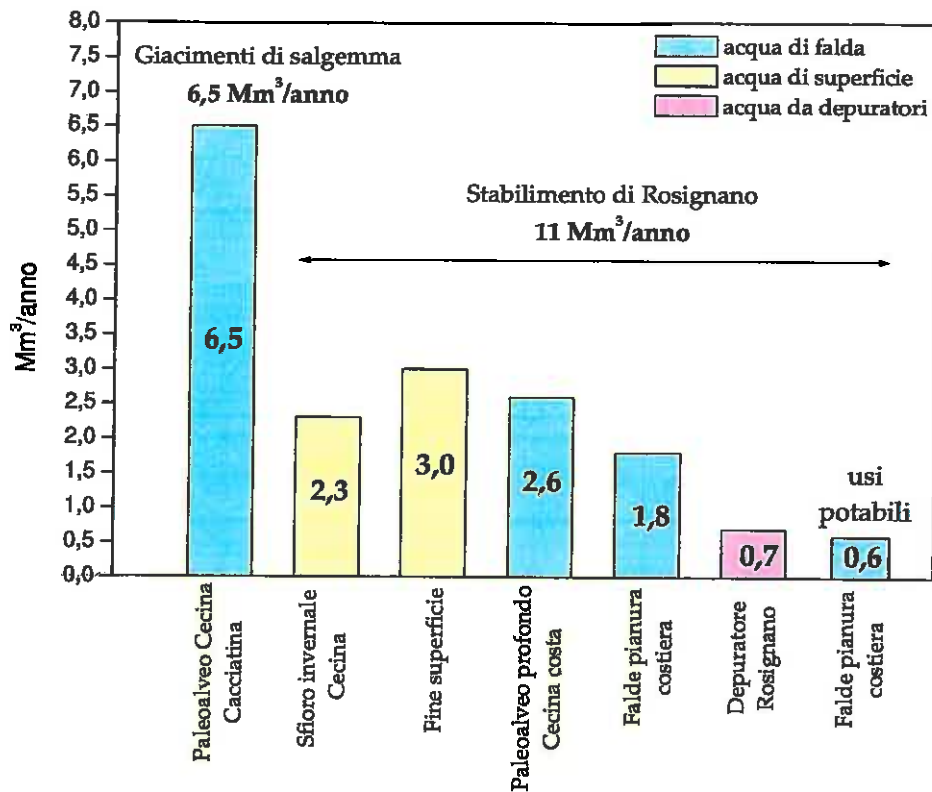
Con la messa in funzione dell'impianto ARETUSA, circa 4 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua, derivante dai depuratori di Rosignano e Cecina, sarà riciclata all'interno dello Stabilimento di Rosignano per essere impiegata nei cicli di raffreddamento dei processi produttivi in sostituzione di una pari quantità di acqua "pregiata" prelevata dalla falda. Ciò porterà a ridurre i prelievi di acqua di falda, agendo su tutte le fonti di approvvigionamento come il paleoalveo profondo dell'area costiera di Cecina, gli acquiferi della pianura costiera e le acque di superficie. L'utilizzo di tali acque reflue post-trattate modificherà sostanzialmente il rapporto tra il fabbisogno idrico dello Stabilimento e i prelievi di acqua dal territorio, come mostrato in **Figura 6**. Si evidenzia che il prelievo di acqua di falda diminuirà di circa 3,3 Mm<sup>3</sup>/anno, tale quantitativo potrà essere messo a disposizione della collettività o lasciato in falda per la salvaguardia ambientale.

In questa politica di ottimizzazione delle risorse idriche, già avviata dalla Società Solvay con il progetto ARETUSA, il presente studio si è prefisso di definire una strategia di interventi miranti a sostituire l'acqua di falda con "nuove" risorse idriche da utilizzare nella produzione di salamoia e negli usi diretti in Stabilimento. Le varie tipologie di intervento che sono state sviluppate e analizzate dal punto di vista tecnico-economico e di impatto ambientale si possono riassumere come segue:

- Accumulo e utilizzo di acqua di superficie prelevata mediante sfioro dal regime torrentizio invernale del fiume Cecina.
- Potenziamento del prelievo dai depuratori di Rosignano e Cecina (da 4 a 5 Mm<sup>3</sup>/anno) ed integrazione con il prelievo dal depuratore di Bibbona fino a complessivi 5,8 Mm<sup>3</sup>/anno (progetto ARETUSA potenziato) con successiva dissalazione, mediante osmosi inversa, per la produzione di acque di alta qualità per usi di Stabilimento.
- Dissalazione mediante osmosi inversa di acqua di mare.

Di seguito si riportano separatamente, le soluzioni proposte per ridurre, nel breve-medio periodo, l'utilizzo di acqua di falda per la produzione di salamoia nei giacimenti di salgemma e, in un medio-lungo periodo, per gli usi industriali in Stabilimento.

## SITUAZIONE ATTUALE



## SITUAZIONE DOPO ARETUSA

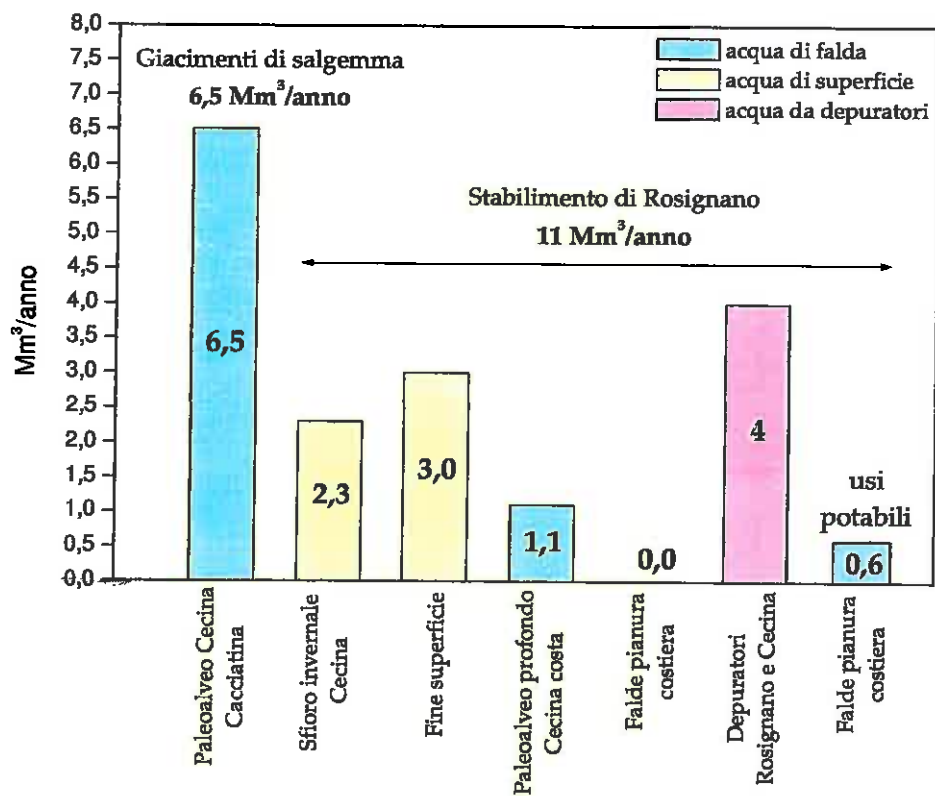


Figura 6. Evoluzione dei prelievi a fronte della messa in funzione dell'impianto ARETUSA.

#### 4.1. GIACIMENTI DI SALGEMMA

In passato varie soluzioni, incentrate sulla progressiva diminuzione dei prelievi da subalveo del fiume Cecina, sono state sviluppate con lo scopo di lasciare il fiume alle sue condizioni naturali di scorrimento durante il periodo di siccità estiva. Si ricorda il progetto di delocalizzazione dei pozzi della Cacciatina ed il progetto Cortolla allo scopo di dimezzare i prelievi dei pozzi della Cacciatina nel periodo estivo. Tali soluzioni hanno, però, **solo parzialmente** risolto tali problematiche.

Al fine di fornire una proposta inseribile in uno scenario di breve-medio termine, due diverse ipotesi di lavoro sono state sviluppate per sostituire l'attuale emungimento estivo di 2,5 Mm<sup>3</sup>/anno.

**Ipotesi 1a - Derivazione di acqua dal fiume Cecina nei mesi invernali (novembre-maggio) nei cavi già esistenti o in via di realizzazione presso la foce del fiume nel Comune di Montescudaio e realizzazione di un impianto di pompaggio e di trasporto di 2,5 Mm<sup>3</sup> mediante condotta forzata per alimentare durante i mesi estivi (giugno-ottobre) i giacimenti di salgemma.**

**Ipotesi 1b - Produzione di 2,5 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua dolce per dissalazione di acqua di mare mediante impianto ad osmosi inversa operante durante i mesi estivi e realizzazione del relativo sistema di trasferimento ai giacimenti di salgemma.**

Ambedue le proposte permettono di produrre acqua con caratteristiche idonee per essere impiegata nella preparazione della salamoia compatibile con il processo Solvay.

In **Figura 7** si riporta l'evoluzione prevista della ripartizione delle fonti di approvvigionamento di acqua dolce per i giacimenti di salgemma a fronte delle due ipotesi di lavoro. Come si osserva, entrambe le soluzioni consentirebbero di ridurre del 38 % l'attuale emungimento annuo di acqua di falda e di azzerarlo durante i mesi estivi dal campo pozzi della Cacciatina.

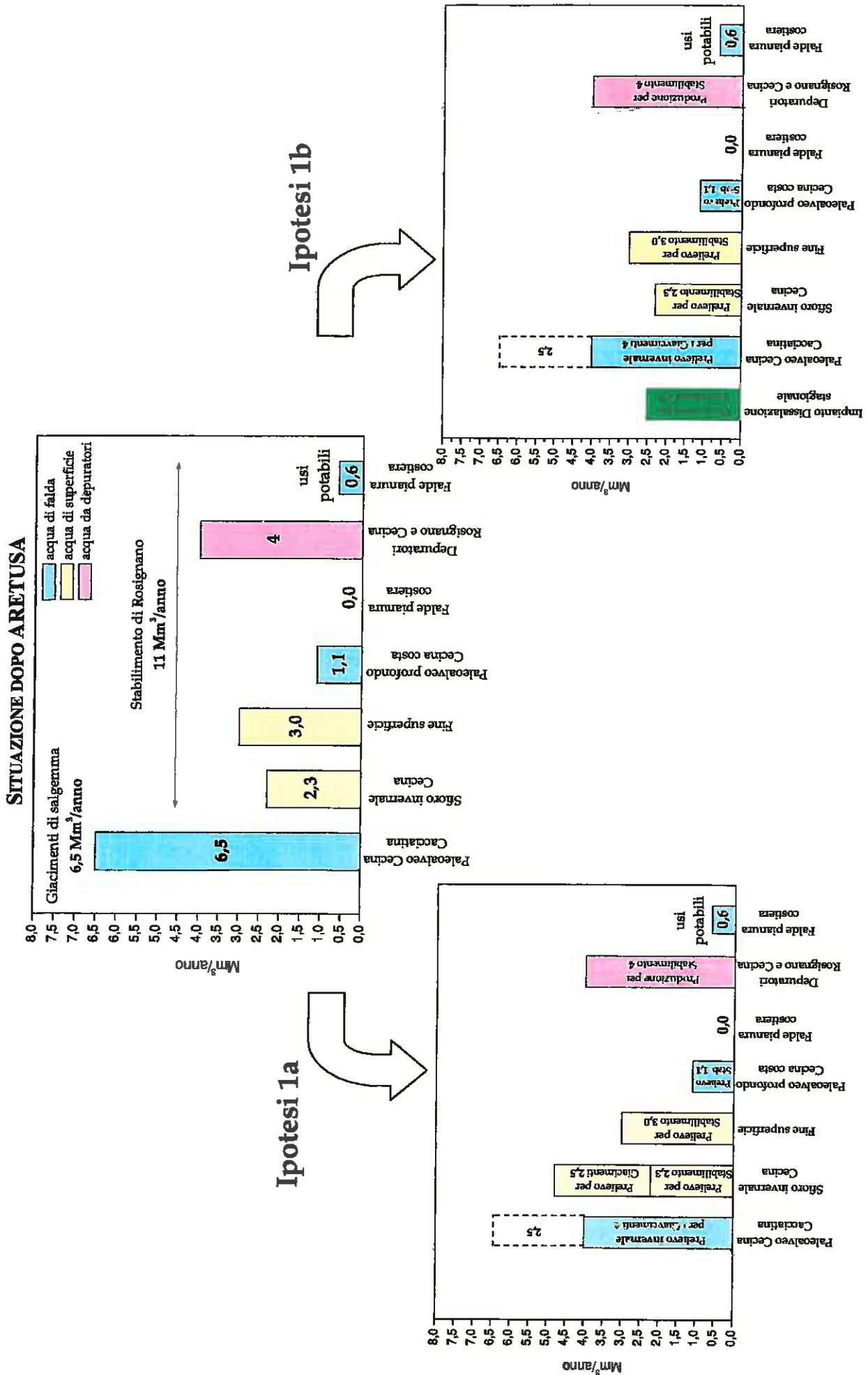


Figura 7. Possibile evoluzione della distribuzione delle fonti di approvvigionamento di acqua dolce per i giacimenti di salgemma a fronte di programmi di

#### 4.2. STABILIMENTO DI ROSIGNANO

In considerazione del fabbisogno di acqua di falda per usi industriali in Stabilimento e nell'ottica di tutelare tale risorsa dall'intrusione salina, due diverse ipotesi di lavoro sono state proposte con la prospettiva di pianificare scenari di medio-lungo periodo, tali da contrastare, anche, possibili riduzioni di apporti meteorici derivanti da variazioni meteo-climatiche. In tale ambito la tecnologia della dissalazione è stata proposta per la produzione di acqua di alta qualità a partire dall'acqua reflua dei depuratori, nell'ottica di una sua riqualificazione, ovvero a partire da acqua di mare.

**Ipotesi 2a - Potenziamento del progetto ARETUSA** da 4 a 5,8 Mm<sup>3</sup>/anno, ottenuto incrementando i prelievi dai depuratori civili di Rosignano e di Cecina ed aggiungendo gli effluenti dal depuratore di Bibbona. Tali quantitativi, integrati con 2,2 Mm<sup>3</sup>/anno di acque di superficie, potranno alimentare un impianto di dissalazione ad osmosi inversa con acqua leggermente salina (< 1g/l) in grado di produrre, oltre che acqua per i cicli di raffreddamento, acqua di elevata qualità, pari a circa 4,4 Mm<sup>3</sup>/anno (200 m<sup>3</sup>/h ad 1 ppm e 300 m<sup>3</sup>/h a 10 ppm di salinità), da impiegare come acqua demineralizzata ed acqua di processo nei cicli produttivi di Stabilimento.

In **Figura 8** viene riportata l'evoluzione della distribuzione delle fonti di approvvigionamento di acqua dolce per le attività industriali complessive Solvay a fronte dell'**Ipotesi 2a** e **Ipotesi 1a**.

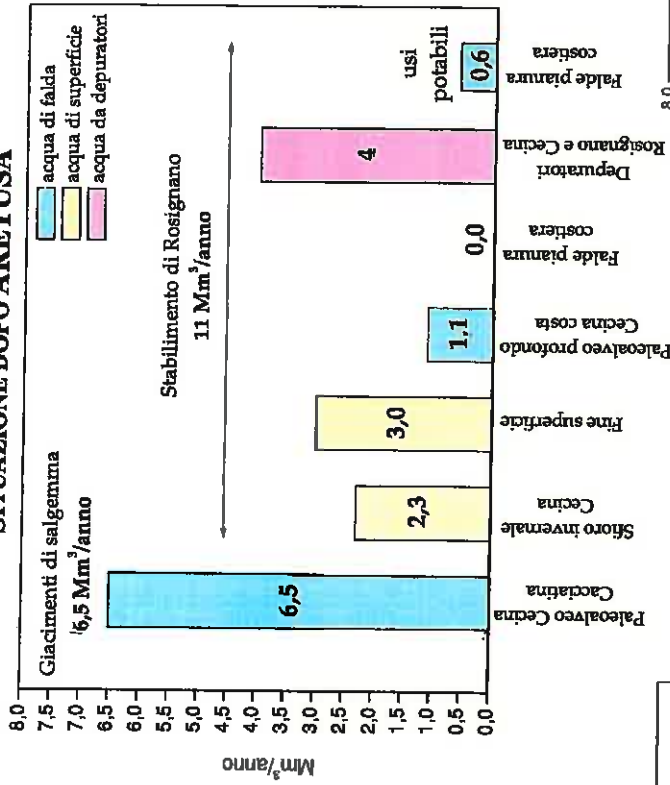
Vengono così considerate le ulteriori potenzialità offerte dai depuratori di Rosignano, Cecina e Bibbona in grado di produrre i suddetti quantitativi di reflui indipendentemente dall'evoluzione meteo-climatica e dallo scenario di riferimento.

**Ipotesi 2b - Produzione di acqua di elevata qualità mediante dissalazione di acqua di mare.**

In alternativa all'Ipotesi 2a, lo schema di processo sviluppato prevede la possibilità di produrre 4,4 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua di elevata qualità (200 m<sup>3</sup>/h ad 1 ppm e 300 m<sup>3</sup>/h a 10 ppm), da utilizzare durante l'intero anno nello Stabilimento, in aggiunta alla produzione di 2,5 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua dissalata (200 ppm) da inviare ai giacimenti di salgemma durante i mesi estivi.

In **Figura 8** viene riportata la possibile distribuzione delle fonti di approvvigionamento di acqua dolce per le attività industriali della Società Solvay in accordo all'**Ipotesi 2b** e **Ipotesi 1b**.

### SITUAZIONE DOPO ARETUSA



Ipotesi 2a  
Ipotesi 1a

Ipotesi 2b  
Ipotesi 1b

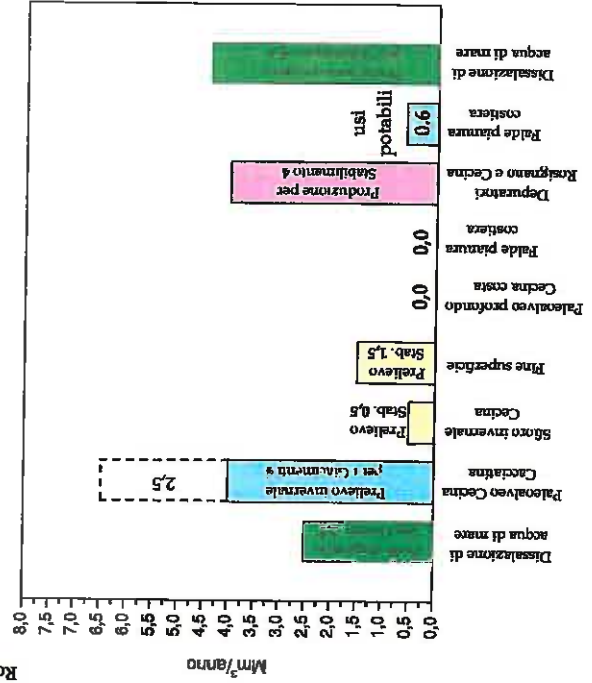
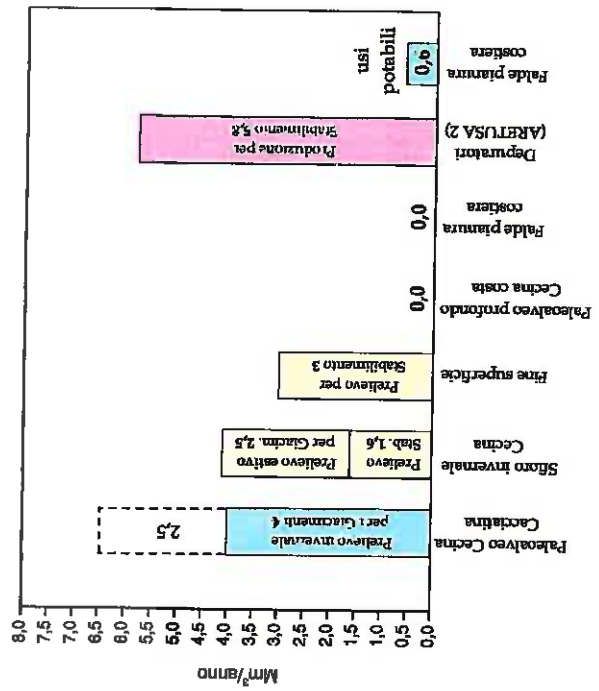


Figura 8. Possibile evoluzione della distribuzione delle fonti di approvvigionamento di acqua dolce per lo Stabilimento e per i giacimenti di salgemma a fronte di programmi di ottimizzazione delle risorse.



## 5. ANALISI TECNICO-ECONOMICA DELLE SOLUZIONI PROPOSTE

### 5.1. IPOTESI 1a – DERIVAZIONE DI ACQUA DAL FIUME CECINA MEDIANTE SFIORO E IMPIANTO DI POMPAGGIO E TRASFERIMENTO ALLA VASCA SALINA

#### Derivazione di acqua dal fiume Cecina mediante sfioro

L'attuale approvvigionamento di acqua dolce per la vasca salina a Buriano-Ponteginori si basa su un sistema di pozzi attivati nell'acquifero alluvionale del fiume Cecina che emungono dal subalveo del fiume una quantità media di acqua di 6,5 Mm<sup>3</sup>/anno. Durante il periodo estivo si evidenzia la mancanza di scorrimento superficiale testimoniata da lunghi tratti dell'alveo del fiume completamente asciutti. Tale ipotesi di lavoro si prefigge di sostituire i prelievi di acqua di falda nel periodo estivo giugno-ottobre, quantificabili in 2,5 Mm<sup>3</sup>/anno, con le acque superficiali del Cecina accumulate in appositi cavi durante il periodo invernale.

La predisposizione di un sistema complesso, come quello in oggetto, per essere operativo deve prevedere la realizzazione e l'adeguamento di opere in settori diversificati e dislocati su un'area di intervento, estesa per circa 25 km, che va dalla zona della Steccaia del Cecina fino all'area di Buriano.

Possiamo individuare tre aree principali nelle quali saranno realizzate nuove strutture e saranno revisionate e/o adeguate infrastrutture già esistenti: Steccaia, Gorile e i cavi di Montescudaio.

#### *Steccaia-Gorile*

Il complesso Steccaia-Gorile è una struttura dedicata alla laminazione delle portate invernali del Cecina, esiste da oltre 400 anni ed è sempre stata utilizzata per convogliare una piccola parte della portata del fiume tramite l'apposito canale, detto Gorile, fino ai cavi di accumulo (Laghetto Magona) durante il periodo invernale. La Steccaia, trovandosi in un'area a valle dei principali punti di ricarica ed in prossimità della foce, permette la derivazione di acqua dopo che questa ha percorso la quasi totalità del tragitto e sta per riversarsi in mare. Nessun lavoro è previsto sulla Steccaia, mentre l'opera di presa posta sulla bocca del Gorile va revisionata per consolidarne la struttura a contatto con l'acqua del fiume e per ricostituire un profilo idrodinamico che ne impedisca l'erosione e faciliti la derivazione dell'acqua.

Da quanto precedentemente riportato, la possibilità di disporre per almeno 140 giorni di una portata superiore a 1500 m<sup>3</sup>/h (0,4 m<sup>3</sup>/s) permette di ottenere un quantitativo minimo laminabile di 5,1 Mm<sup>3</sup>/anno, in grado di soddisfare, oltre l'attuale prelievo di 2,3 Mm<sup>3</sup>/anno convogliati e raccolti nei laghetti Magona, anche l'ulteriore derivazione di 2,5 Mm<sup>3</sup> da invasare nei cavi di Montescudaio, consentendo di mantenere un sufficiente scorrimento superficiale a valle senza minimamente pregiudicare la ricarica degli acquiferi profondi.

#### *Cavi di Montescudaio*

In **Tavola 2** sono riportati i cavi A, già esistenti e derivanti da attività estrattive di argilla nel Comune di Montescudaio in località Ponte Riadini, e il nuovo cavo B da realizzarsi in località Casa Giusti, dove è stata autorizzata l'escavazione di argilla come previsto dal PRAE (Piano Regionale Attività Estrattive) della Regione Toscana.

Dai sondaggi, dall'indagine geoelettrica e dai rilievi geologici di dettaglio effettuati in tale area risulta che i cavi interessano formazioni praticamente impermeabili tali da garantire la tenuta delle acque e la non interferenza con gli acquiferi sottostanti. Solo nella parte centrale del perimetro nord del cavo A di Ponte Riadini è presente in modo discontinuo un livello di ghiaie che potrebbero dare origine ad una connessione con la falda freatica superficiale alimentata dalle acque di subalveo del Cecina. Nei limitati tratti caratterizzati da questa situazione, onde evitare sia perdite dal bacino che ingresso di acqua dalla falda di subalveo, si dovrà provvedere alla loro

impermeabilizzazione. La verifica delle zone che dovessero necessitare di tali interventi sarà eseguita con indagini di dettaglio in fase di progettazione esecutiva.

Nell'ambito del progetto, la trasformazione delle cave di argilla esaurite in bacini di accumulo delle acque superficiali del Cecina è già di per se una riqualificazione ambientale di un'area fortemente degradata e deturpata all'impatto visivo.

Inoltre il complesso dei bacini potrà avere un uso polivalente sia ai fini industriali che per l'esercizio di attività ricreative e sportive come, ad esempio, il canottaggio, riqualificando di fatto un'area attualmente abbandonata e tutto il paesaggio ad essa circostante con interventi atti a creare un ambiente fruibile dalla popolazione per il tempo libero e rinaturalizzata nel contesto fluviale di appartenenza.

### Impianto di pompaggio e trasferimento alla vasca salina

I cavi possiedono i requisiti tecnici per poter accogliere un volume complessivo di circa 3 Mm<sup>3</sup>, di cui 2,5 Mm<sup>3</sup> da trasferire alla vasca salina in località Botrogrande nei cinque mesi estivi (giugno-ottobre). A tale scopo sono stati analizzati due impianti di trasferimento con condotta forzata con e senza stazione di pompaggio intermedia. Dall'analisi tecnico-economica, la soluzione impiantistica con stazione di pompaggio intermedia, posizionata in località Casino di Terra, è risultata più favorevole.

Si riportano nel **disegno 1.1A** e nel **disegno 2.1A** lo schema dell'impianto di trasferimento e il tracciato della condotta forzata, rispettivamente.

Per tale impianto è stato stimato un costo di investimento pari a circa 13,8 M€ ed un costo unitario medio dell'acqua pari a 0,63 €/m<sup>3</sup> (**Tabella 2**).

Tabella 2 - Costo dell'acqua – Ipotesi 1a

	Costo annuo (€)	Costo unitario (€/m <sup>3</sup> )
Quota annua impianto	1.103.680	0,441
Energia elettrica	161.019	0,064
Chemicals	-	-
Conduzione	171.550	0,069
Manutenzione	143.520	0,057
<b>TOTALE</b>	<b>1.579.769</b>	<b>0,632</b>
<i>Produzione annua</i>	<i>2,5 Mm<sup>3</sup>/anno</i>	
<i>Costo totale impianto</i>	<i>13.796.000 euro</i>	
<i>Coefficiente di ammortamento (20 anni, 5%)</i>	<i>0,08</i>	
<i>Fattore di utilizzazione dell'impianto</i>	<i>0,333</i>	
<i>Costo energia elettrica</i>	<i>0,077 euro/kWh</i>	
<i>Consumo di energia</i>	<i>0,86 kWh/m<sup>3</sup></i>	
<i>Unità di conduzione</i>	<i>13 stagionali</i>	
<i>Incidenza manutenzioni</i>	<i>0,015</i>	

## 5.2. IPOTESI 1b - PRODUZIONE DI 2,5 Mm<sup>3</sup>/anno PER DISSALAZIONE DI ACQUA DI MARE

Tale ipotesi di lavoro prende in esame la possibilità di produrre il quantitativo di acqua dolce necessario ai giacimenti di salgemma nel periodo estivo mediante dissalazione di acqua di mare. L'impianto, ubicato presso lo Stabilimento, è stato progettato con una potenzialità operativa di 870 m<sup>3</sup>/h ed opererà solo durante i mesi estivi (giugno-ottobre).

Nei disegni 1.1B, 2.1B e 3.1B si riportano lo schema di processo dell'impianto ad osmosi inversa, dell'impianto di trasferimento dell'acqua dissalata dallo Stabilimento alla vasca salina e il tracciato della condotta, rispettivamente.

L'analisi tecnico-economica, svolta per la condotta forzata senza e con stazione di pompaggio intermedia, porta ad individuare come più favorevole la soluzione con stazione intermedia posizionata in località La Steccaia.

Per tale impianto è stato stimato un costo di investimento pari a circa 35,1 M€ ed un costo unitario medio dell'acqua prodotta pari a 1,83 €/m<sup>3</sup> (Tabella 3).

Tabella 3 - Costo dell'acqua dissalata e trasferita alla vasca salina – Ipotesi 1b

	Costo di produzione (€/m <sup>3</sup> )	Costo di trasferimento (€/m <sup>3</sup> )	Costo unitario totale (€/m <sup>3</sup> )
Quota annua impianto	0,574	0,551	1,125
Sostituzione membrane	0,062	-	0,062
Energia elettrica	0,269	0,064	0,332
Chemicals	0,077	-	0,077
Conduzione	0,069	0,021	0,090
Manutenzione	0,068	0,072	0,140
<b>TOTALE</b>	<b>1,118</b>	<b>0,708</b>	<b>1,826</b>

*Produzione annua 2,5 Mm<sup>3</sup>/anno*

*Costo impianto dissalazione 17.929.000 euro    Unità conduzione 13 stagionali    Incidenza Manutenzioni 0,0125*

*Sostituzione annua membrane 20%*

*Costo impianto trasferimento 17.232.350 euro    Unità conduzione 4 stagionali    Incidenza Manutenzioni 0,015*

*Coefficiente di ammortamento 0,08*

*Fattore di utilizzazione dell'impianto 0,333*

*Costo energia elettrica 0,077 euro/kWh*

*Consumo di energia 4,3 kWh/m<sup>3</sup>*

### 5.3. IPOTESI 2a - POTENZIAMENTO IMPIANTO ARETUSA E PRODUZIONE DI ACQUA DI ALTA QUALITÀ

In tal caso è stata presa in esame la possibilità di ottenere acqua di processo (salinità 10 ppm) ed acqua per caldaie a media pressione (salinità 1 ppm) mediante dissalazione dei reflui provenienti dai depuratori di Rosignano, Cecina e Bibbona e post-trattati nell'impianto ARETUSA (salinità 1400 ppm), integrati con acque di superficie derivanti dai laghetti Magona e/o lago di S.Luce. L'impianto, ubicato all'interno dello Stabilimento, è stato progettato per una potenzialità operativa di 500 m<sup>3</sup>/h di cui 300 m<sup>3</sup>/h con salinità ≤ 10 ppm e 200 m<sup>3</sup>/h ≤ 1 ppm al fine di produrre 4,4 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua di alta qualità richiesta dallo Stabilimento. Lo schema di processo messo a punto è rappresentato nel disegno 1.2A.

Dall'analisi tecnico-economica condotta deriva un costo di investimento pari a 13,8 M€ ed un costo unitario dell'acqua di alta qualità di 0,4 €/m<sup>3</sup> (Tabella 4).

Tabella 4 - Costo di produzione di acqua di alta qualità da dissalazione dei reflui da ARETUSA – Ipotesi 2a

	Costo annuo (€)	Costo unitario (€/m <sup>3</sup> )
Quota annua impianto	1.106.846	0,138
Sostituzione membrane	92.400	0,021
Energia elettrica	516.298	0,117
Chemicals	264.000	0,060
Conduzione	375.000	0,047
Manutenzione	134.253	0,020
<b>TOTALE</b>	<b>2.488.797</b>	<b>0,403</b>
<i>Produzione annua</i>	<i>4,4 Mm<sup>3</sup>/anno</i>	
<i>Costo totale impianto</i>	<i>13.835.574 euro</i>	
<i>Coefficiente di ammortamento (20 anni, 5%)</i>	<i>0,08</i>	
<i>Sostituzione annua membrane</i>	<i>20 %</i>	
<i>Costo energia elettrica</i>	<i>0,077 euro/kWh</i>	
<i>Consumo di energia</i>	<i>1,4 kWh/m<sup>3</sup></i>	
<i>Unità di conduzione</i>	<i>9 + 1</i>	
<i>Incidenza manutenzioni</i>	<i>0,0125</i>	

### 5.4. IPOTESI 2b – PRODUZIONE DI ACQUA DI ALTA QUALITÀ MEDIANTE DISSALAZIONE DI ACQUA DI MARE

In tale ipotesi di lavoro viene esaminata la possibilità di produrre lo stesso quantitativo di acqua di alta qualità di cui all'Ipotesi 2a mediante dissalazione di acqua di mare. L'impianto di dissalazione è stato concepito in modo che operi su 5 linee in parallelo durante i 4 mesi estivi e su 2 linee negli 8 mesi residui producendo complessivamente 2,5 Mm<sup>3</sup>/anno (salinità circa 200 ppm) da inviare alla vasca salina e 5,5 Mm<sup>3</sup>/anno da inviare al successivo stadio di purificazione dal quale vengono prodotti 4,4 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua di alta qualità per usi di Stabilimento (200 m<sup>3</sup>/h ad 1 ppm e 300 m<sup>3</sup>/h a 10 ppm). Con tale configurazione impiantistica è possibile ottenere la desiderata curva di produzione annua in grado di soddisfare sia la richiesta dei giacimenti di salgemma che la richiesta di acqua di alta qualità per usi di Stabilimento.

Gli schemi di processo dello stadio di dissalazione e di purificazione sono riportati nei disegni 1.2B e 2.2B, rispettivamente.

Per il trasferimento dei 2,5 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua dissalata dallo Stabilimento alla vasca salina si utilizza una condotta forzata con stazione di pompaggio intermedia posizionata in località La Steccaia.

Dall'analisi tecnico-economica deriva un costo di investimento pari a 24,0 M€ per il dissalatore, 4,6 M€ per lo stadio di purificazione e 17,2 M€ per la condotta forzata. I costi unitari dell'acqua prodotta risultano rispettivamente pari a 0,84 €/m<sup>3</sup> per l'acqua di alta qualità da usare nello Stabilimento e 1,39 €/m<sup>3</sup> per l'acqua destinata alla vasca salina.

Tabella 5 – Costi di produzione dell'acqua – Ipotesi 2b

	2,5 Mm <sup>3</sup> /anno per giacimenti di salgemma	4,4Mm <sup>3</sup> /anno per usi di Stabilimento
Costo di produzione dell'acqua dissalata (€/m <sup>3</sup> )	0,679	0,679
Costo di purificazione dell'acqua dissalata (€/m <sup>3</sup> )	-	0,160
Costo di trasferimento alla vasca salina (€/m <sup>3</sup> )	0,708	-
<b>COSTO TOTALE DELL'ACQUA (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,387</b>	<b>0,839</b>
<b>CONSUMO DI ENERGIA kWh/m<sup>3</sup></b>	<b>4,2</b>	<b>4,0</b>
<b>INVESTIMENTO TOTALE (€)</b>	<b>45.821.607</b>	
<b>Impianto di dissalazione</b>		
Produzione annua	8,06 Mm <sup>3</sup>	
Costo totale impianto	24.012.257 euro	
Sostituzione annua membrane	20%	
Unità di conduzione	9 fisse e 4 stagionali	
Incidenza manutenzioni	0,0125	
<b>Impianto di purificazione</b>		
Produzione annua	4,40 Mm <sup>3</sup>	
Costo totale impianto	4.577.000 euro	
Sostituzione annua membrane	20%	
Unità di conduzione	0	
Incidenza manutenzioni	0,0125	
<b>Impianto di trasferimento</b>		
Produzione annua	2,50 Mm <sup>3</sup>	
Costo totale impianto	17.232.350 euro	
Unità di conduzione	4 stagionali	
Incidenza manutenzioni	0,015	
Coefficiente di ammortamento (20 anni, 5 %)	0,08	
Costo energia elettrica	0,077 euro/kWh	

## 6. CONFRONTO TECNICO-ECONOMICO E DI IMPATTO AMBIENTALE

A fronte dell'analisi tecnico-economica svolta è possibile proporre un piano di interventi in grado di ridurre i prelievi di acqua di falda, nel breve-medio periodo, per la produzione estiva della salamoia e, in una prospettiva di più lungo periodo, di compensare, per via tecnologica, le minori disponibilità idriche derivanti sia da un possibile sviluppo socio-economico del territorio sia da una riduzione di apporti pluviometrici.

Le soluzioni esaminate per rendere disponibile, durante il periodo estivo, 2,5 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua con composizione idonea alla preparazione della salamoia utilizzata nei processi Solvay hanno riguardato l'utilizzo di acqua dal regime torrentizio del fiume Cecina (Ipotesi 1a) e la produzione di acqua dolce mediante dissalazione di acqua di mare (Ipotesi 1b). Tali soluzioni sono riferibili a scenari di disponibilità di risorsa idrica profondamente diversi l'uno dall'altro e quindi non rappresentano soluzioni fra loro alternative.

Le soluzioni esaminate per far fronte nel medio-lungo periodo all'approvvigionamento dello Stabilimento hanno riguardato, da una parte, il potenziamento dell'impianto ARETUSA con la riqualificazione dei reflui per produrre acqua di alta qualità (Ipotesi 2a) e, dall'altra, la produzione dello stesso quantitativo di acqua di alta qualità mediante dissalazione di acqua di mare (Ipotesi 2b).

Nella **Tabella 6** si riporta il confronto economico delle varie ipotesi prese in esame nel presente studio. Nelle **Figure 9 e 10** vengono messi a confronto i costi stimati dell'acqua per le varie ipotesi esaminate per i giacimenti di salgemma e per la produzione di acqua di alta qualità per lo Stabilimento, rispettivamente.

Tabella 6 - Confronto economico delle soluzioni esaminate

	<b>Ipotesi 1a</b> 2,5 Mm <sup>3</sup> /anno per giacimenti di salgemma dai cavi	<b>Ipotesi 1b</b> 2,5 Mm <sup>3</sup> /anno per giacimenti di salgemma da dissalazione acqua di mare	<b>Ipotesi 2a</b> 4,4Mm <sup>3</sup> /anno per usi di Stabilmonto da acque reflue di ARETUSA	<b>Ipotesi 2b</b> 2,5 Mm <sup>3</sup> /anno per giacimenti di salgemma e 4,4 Mm <sup>3</sup> /anno per usi di Stabilmonto da dissalazione acqua mare
<b>Investimento per impianto di dissalazione (M€)</b>	-	17,9	13,8	24,0
<b>Investimento per impianto di purificazione (M€)</b>	-	-	-	4,6
<b>Investimento per impianto di trasferimento (M€)</b>	13,8	17,2	-	17,2
<b>INVESTIMENTO TOTALE (M€)</b>	<b>13,8</b>	<b>35,1</b>	<b>13,8</b>	<b>45,8</b>
<b>Costi unitari (€/m<sup>3</sup>)</b>				
Costo dissalazione	-	1,118	0,403	0,679
Costo purificazione	-	-	-	0,160
Costo trasferimento	0,632	0,708	-	0,708
<b>COSTO TOTALE DELL'ACQUA (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>0,632</b>	<b>1,826</b>	<b>0,403</b>	<b>0,839</b>
<b>CONSUMO DI ENERGIA (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>0,86</b>	<b>4,3</b>	<b>1,4</b>	<b>4,0</b>

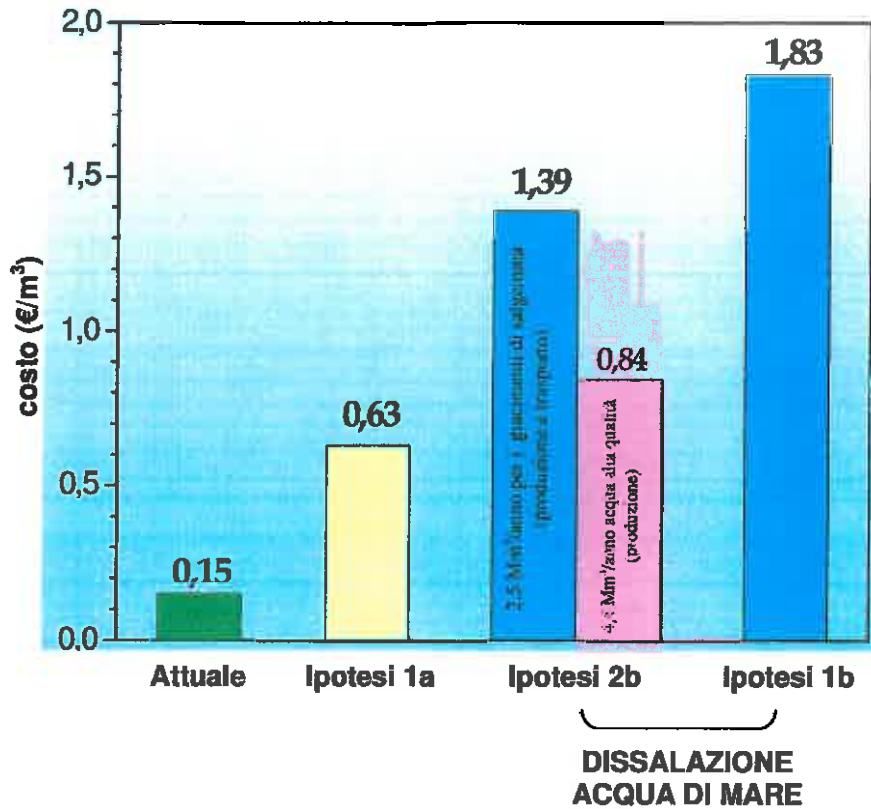


Figura 9. Confronto tra il costo attuale, il costo di trasferimento dai cavi (*Ipotesi 1a*) e i costi di dissalazione di acqua di mare (*Ipotesi 1b* e *Ipotesi 2b*) per le attività di estrazione del salgemma nei mesi estivi.

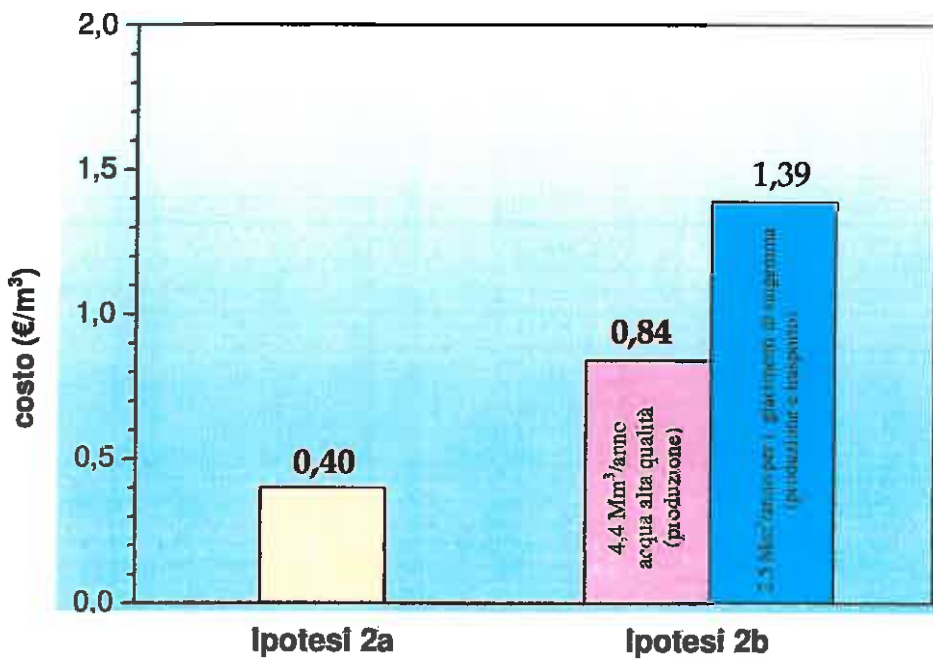


Figura 10. Confronto tra i costi di produzione di acqua di alta qualità per gli usi di Stabilimento riferiti alle *Ipotesi 2a* e *Ipotesi 2b*.



## 7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Da quanto illustrato si possono trarre le seguenti considerazioni.

- 7.A** ➤ Riguardo alla necessità di sostituire gli attuali emungimenti di acqua di falda nell'area Cacciatina durante il periodo estivo (giugno-ottobre) per l'approvvigionamento del salgemma, **l'Ipotesi 1a** (impianto di prelievo estivo di 2,5 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua accumulata nei cavi per derivazione delle acque eccedenti durante le piene invernali del fiume Cecina), pur comportando un costo dell'acqua di 0,63 €/m<sup>3</sup>, ben quattro volte superiore a quello attuale (0,15 €/m<sup>3</sup>), rappresenta la soluzione più vantaggiosa economicamente rispetto a quelle che prevedono la dissalazione di acqua di mare. Infatti, il costo dell'acqua prodotta nell'impianto di dissalazione con funzionamento stagionale (**Ipotesi 1b**) risulta pari ad 1,83 €/m<sup>3</sup>, ed anche nel caso del dissalatore dell'**Ipotesi 2b**, pur riducendosi ad 1,39 €/m<sup>3</sup> dato il maggior fattore di utilizzo e l'effetto scala rispetto all'impianto dell'**Ipotesi 1b**, risulta più del doppio di quello ottenuto con l'**Ipotesi 1a**. Bisogna ricordare che tale diminuzione si ottiene a fronte di un maggiore costo di investimento affrontato nell'ottica di produrre, oltre ai 2,5 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua desalinizzata da mandare ai giacimenti, anche 4,4 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua di alta qualità per usi di stabilimento ad un costo unitario di 0,84 €/m<sup>3</sup>.
- Pertanto, dal punto di vista **tecnico-economico**, la dissalazione di acqua di mare risulta notevolmente onerosa; l'analisi effettuata traduce in termini numerici quanto già qualitativamente prevedibile. La dissalazione comporta un costo di investimento due volte e mezzo quello della condotta di trasferimento ed un costo unitario dell'acqua che, anche nel caso della soluzione impiantistica più vantaggiosa (**Ipotesi 2b**), risulta circa doppio. **Produrre acqua dolce da acqua di mare appare, quindi, un'operazione economicamente inadatta laddove esista una concreta possibilità di utilizzare acqua di superficie prelevata da un regime torrentizio e sottratta così all'inevitabile disperdimento in mare.**
- Inoltre, produrre acqua dolce da acqua di mare comporta un consumo specifico di energia elettrica di 4,20 kWh per m<sup>3</sup> di acqua prodotta contro 0,86 kWh per m<sup>3</sup> di acqua trasferita alla vasca salina. Tenendo conto che per ogni kWh prodotto da combustibili fossili vengono immessi mediamente in atmosfera 0,55 kg di CO<sub>2</sub>, risulta che **l'Ipotesi 1a implica una produzione equivalente di CO<sub>2</sub> ben 5 volte inferiore a quella dell'Ipotesi 1b confermando così l'Ipotesi 1a migliore anche dal punto di vista dell'impatto ambientale.**
- 7.B** ➤ Riguardo alla possibilità futura di creare un surplus di acqua per gli usi di Stabilimento, laddove si rendesse necessario a causa di significativi cambiamenti climatici (o di indisponibilità della risorsa idrica), e la possibilità di utilizzare la tecnologia della dissalazione per produrre acqua di alta qualità, **l'Ipotesi 2a (potenziamento dell'impianto ARETUSA e dissalazione delle acque reflue integrate con acque di superficie) risulta la più vantaggiosa economicamente rispetto al caso della dissalazione di acqua di mare e successiva purificazione, cui rimane associato un costo del 100 % più elevato.** Inoltre, l'**Ipotesi 2a**, comportando un consumo specifico energetico di 1,4 kWh/m<sup>3</sup> contro il consumo energetico di 4,0 kWh/m<sup>3</sup> associato alla dissalazione di acqua di mare nell'**Ipotesi 2b**, risulta più vantaggiosa anche dal punto di vista dell'**impatto ambientale.**

7.C ➤ A fronte dell'indagine conoscitiva effettuata sulle risorse idriche offerte dai bacini idrografici contermini e dei dati derivanti dall'analisi tecnico-economica e di compatibilità ambientale delle varie soluzioni esaminate, è possibile individuare un percorso ottimale di interventi, contestualizzati con la realtà ambientale e territoriale in un quadro di corretta gestione della risorsa acqua, che consentirà nel tempo alla Società Solvay di ridurre in maniera significativa i prelievi di acqua di falda sia per la produzione di salamoia che per gli usi di Stabilimento. In particolar modo:

- **Nel breve-medio periodo**, per risolvere il problema contingente della sostituzione degli emungimenti estivi di acqua di falda per la produzione di salamoia, si propone la realizzazione di un impianto di pompaggio con relativa condotta forzata per il trasferimento di 2,5 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua superficiale dai cavi (in prossimità della foce del fiume Cecina) alla vasca salina (**Ipotesi 1a**). Il costo stimato dell'acqua trasferita risulta, in questo caso, pari a 0,63 €/m<sup>3</sup> contro gli attuali 0,15 €/m<sup>3</sup> e l'investimento complessivo è stimato in 13,8 M€, anche se, in caso di realizzazione del progetto, sarà necessario un ulteriore approfondimento tecnico-economico. Questa prima azione consentirà una riduzione del 38 % del prelievo totale di acqua di falda per i giacimenti di salgemma, cessando gli emungimenti nel campo pozzi dell'area Cacciatina nel periodo estivo. Inoltre, tale soluzione unitamente all'impianto ARETUSA determinerà una **riduzione del 60 % del prelievo totale di acqua di falda** connesso alle attività industriali Solvay. Tale riduzione porterà ad un significativo miglioramento della compatibilità dei fabbisogni idrici industriali con la disponibilità delle risorse del territorio.

- **Nel medio-lungo periodo**, con riferimento agli usi di Stabilimento, si ritiene che un'ulteriore riduzione degli emungimenti da falda e/o la creazione di un surplus di acqua, laddove si rendesse necessaria a causa di significativi cambiamenti climatici o di indisponibilità della risorsa idrica, potrebbe essere ottenuta tramite il potenziamento di ARETUSA, da 4 a 5,8 Mm<sup>3</sup>/anno. Tali quantitativi integrati con acque di superficie (Lago S.Luce e/o Laghetti Magona) potrebbero essere alimentati ad un impianto ad osmosi inversa (**Ipotesi 2a**) per produrre 4,4 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua di elevata qualità (1 e 10 ppm di salinità) per gli usi di processo e 3,6 Mm<sup>3</sup>/anno di acqua, opportunamente diluita, da utilizzare essenzialmente nei circuiti di raffreddamento, senza escludere che un certo quantitativo possa essere utilizzato anche per eventuali esigenze delle attività industriali Solvay. Il costo di produzione di tale acqua di alta qualità ammonta a 0,40 €/m<sup>3</sup> e l'investimento dell'impianto ad osmosi inversa è stimato in 13,8 M€.

**La tecnologia della dissalazione risulta una soluzione fattibile dal punto di vista tecnico-economico solo nell'ottica di una riqualificazione dei reflui di ARETUSA per la produzione di acqua di alta qualità data la loro bassa salinità (1400 ppm), mentre risulta non competitiva economicamente, nel contesto esistente, quanto si parte da acqua di mare, data l'elevata salinità di partenza (oltre 39000 ppm).**

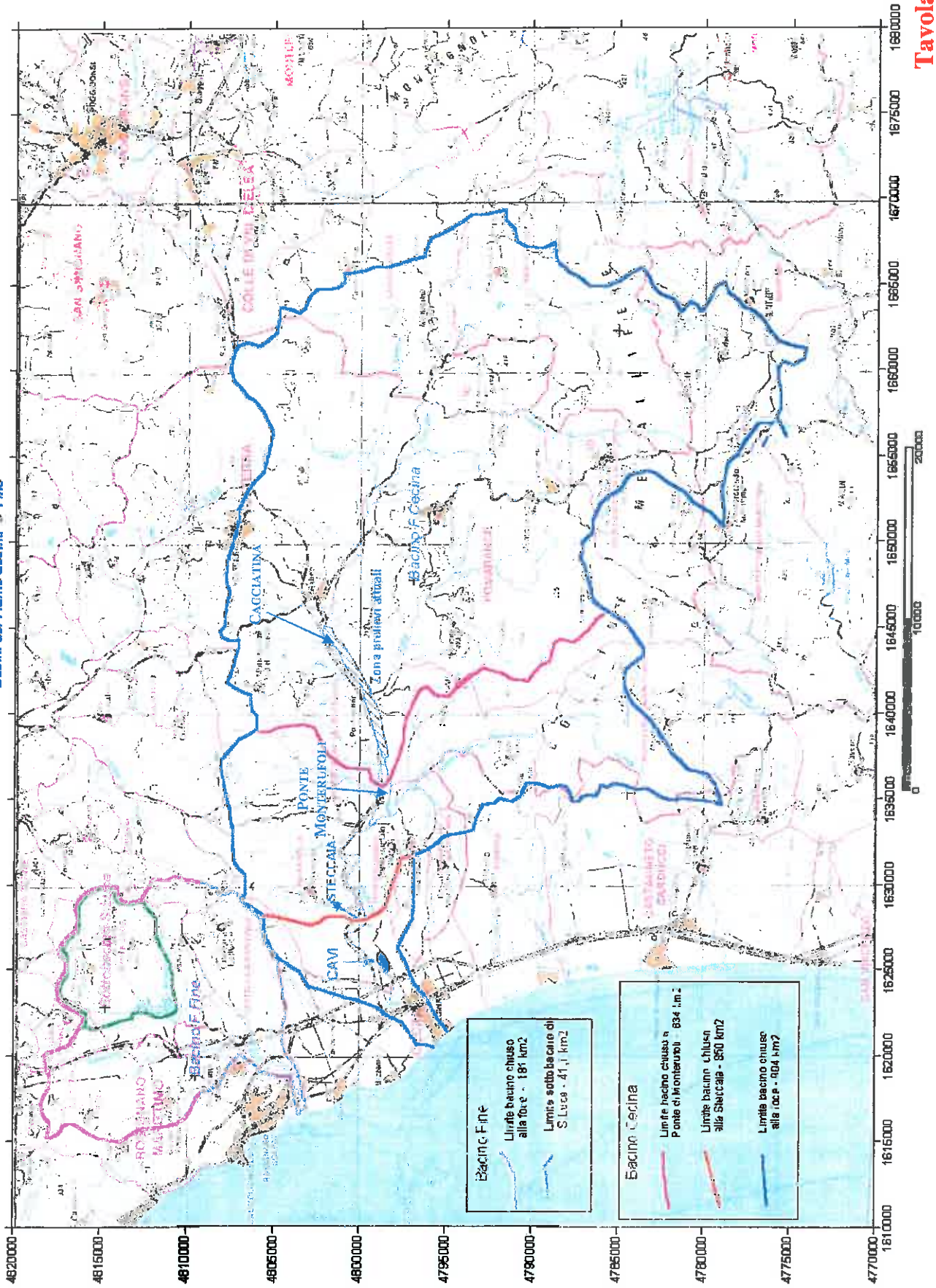
Il potenziamento dell'impianto ARETUSA (**Ipotesi 2a**) unitamente alla soluzione precedente (**Ipotesi 1a**) porterebbe, nel medio-lungo termine, ad una **riduzione del 63 % dell'emungimento totale da falda** per usi industriali oltre che ad una riduzione del 13 % dei prelievi di acqua di superficie.

#### 7.D ➤ **Sostenibilità economica delle soluzioni prospettate**

Le ipotesi esaminate e sviluppate nel presente studio hanno portato a costi di investimento e costi dell'acqua basati sullo sviluppo dettagliato di progetti contestualizzati con la realtà ambientale e territoriale in cui opera lo Stabilimento di Rosignano. Rispetto alla situazione attuale, che vede un costo di circa 0,15 €/m<sup>3</sup>, sono stati evidenziati costi dell'acqua notevolmente superiori (da 4 a 12 volte a seconda delle ipotesi). La sostenibilità economica delle soluzioni prospettate non rientra negli obiettivi del presente.

**TAVOLE**  
**E**  
**DISEGNI**

Studio di fattibilità mirato alla definizione di un sistema ottimale di approvvigionamento idrico relativo alle attività industriali Solvay  
**Bacini del Fiume Cecina e Fine**



Studio di fattibilità mirato alla definizione di un sistema ottimale di approvvigionamento idrico relativo alle attività industriali Solvay

Ubicazione dei Cavi

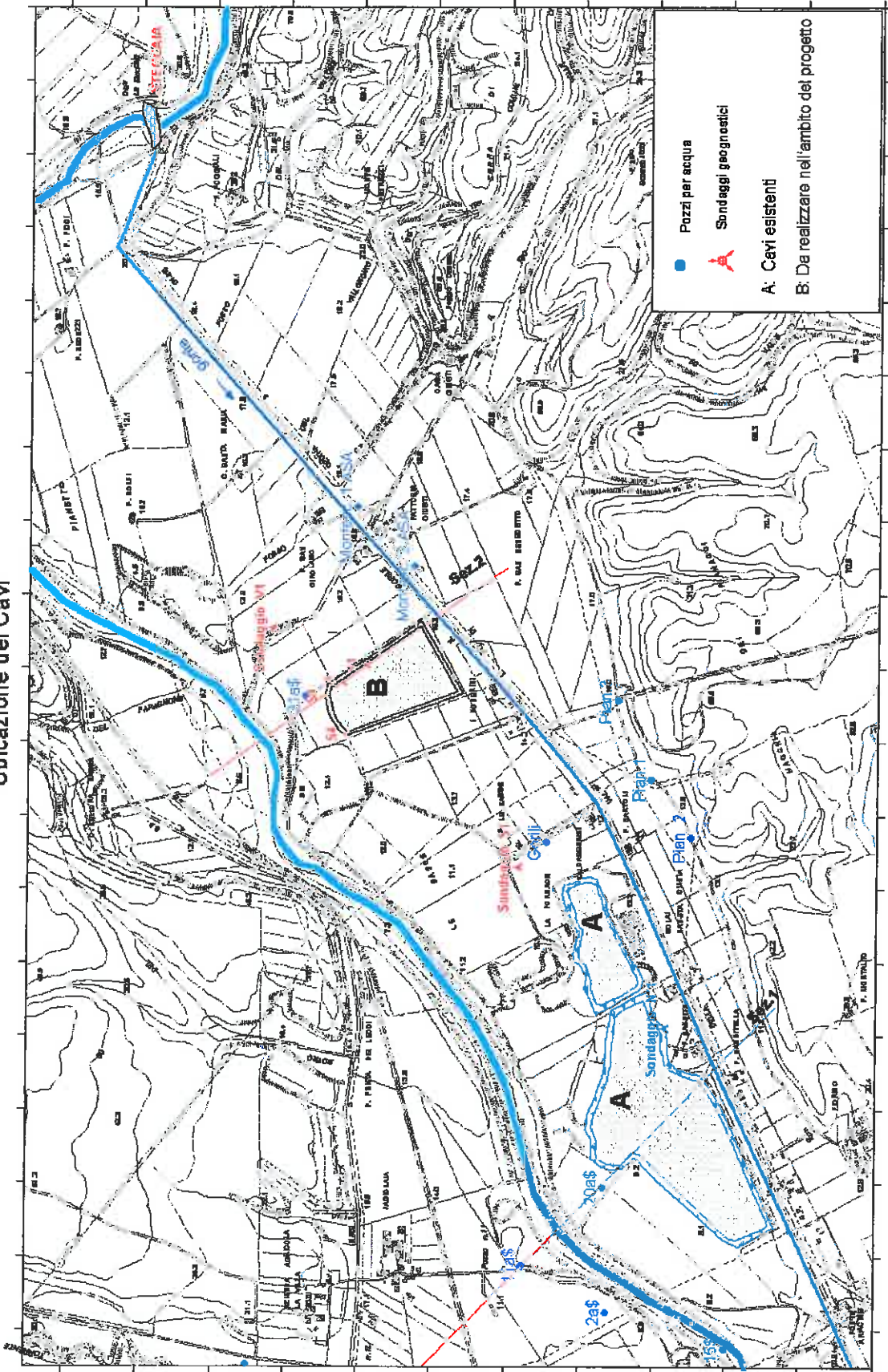


Tavola 2

