



## Progetto WARBO

Ricarica artificiale: tecnologie innovative per la gestione sostenibile delle risorse idriche



Falde acquifere

Risparmio idrico

### DESCRIZIONE

Fenomeni di **impoverimento e inquinamento delle risorse idriche superficiali e sotterranee** sono sempre più diffusi. Le cause sono da indagare principalmente nell'aumento dei consumi d'acqua e nel degrado qualitativo della risorsa idrica, fenomeni questi legati a fattori come il cambiamento delle pratiche agricole, all'aumento della popolazione, ai cambiamenti climatici. In tale contesto, gestire e governare la risorsa acqua ed il suo utilizzo rappresenta una delle più principali sfide da affrontare a livello mondiale.

Con riferimento alle aree del Mediterraneo, che presentano anomalie di temperature medie maggiori rispetto ai valori climatologici registrati su scala globale, sono necessarie misure efficaci ed immediate di compensazione al fine di ridurre i fenomeni di degrado qualitativo e quantitativo delle acque.



### OBIETTIVI

E' in questo scenario che si inserisce il progetto WARBO, con l'obiettivo di rispondere alle necessità di **salvaguardare, proteggere e valorizzare le risorse idriche e gli ecosistemi terrestri, attraverso la regolazione della ricarica artificiale delle falde acquifere (RA) e l'analisi di diverse metodologie di applicazione (MAR "Metodologie di Ricarica Artificiale")**. Il progetto si è proposto di definire quelle che sono le metodologie della Ricarica Artificiale, le problematiche ad essa connesse, gli obiettivi principali della sua applicazione, nonché alcuni esempi concreti di applicazione. Sono, inoltre, state presentate le procedure che precedono la ricarica con particolare attenzione all'individuazione degli acquiferi sotterranei mediante l'utilizzo di dati sismici a riflessione e geoelettrici, nonché i processi di depurazione delle acque reflue destinate alla Ricarica Artificiale. Un altro obiettivo è stato quello di individuare le misure di recupero e depurazione delle cosiddette "acque grigie".

WARBO considera la **RA l'unica metodologia realmente efficace nel breve e lungo termine per contrastare la carenza idrica e la siccità**. Essa consente infatti di abbassare lo squilibrio fra richiesta d'acqua e risorse disponibili per uso domestico, per l'agricoltura e per tutte quelle attività industriali e artigianali, che necessitano di acqua dolce, arginando dinamiche di uso competitivo. La RA è, inoltre, considerata la migliore metodologia di contrasto allo squilibrio del ciclo dell'acqua, in armonia con l'assetto del territorio; ed è anche utilizzata per la realizzazione di barriere idrauliche di contrasto del cuneo salino in aree costiere per evitare il rischio di salinizzazione degli acquiferi con conseguente distruzione dei raccolti agricoli.

**Le attività dimostrative del progetto sono state realizzate in siti rappresentativi delle problematiche di degrado qualitativo e quantitativo delle risorse idriche in vari contesti climatici del Centro e Sud Europa**, che necessitano di rapidi interventi per non essere compromessi dalla carenza idrica.



## FASI DEL PROGETTO

Il progetto ha applicato in tre aree test diverse metodologie di ricarica artificiale per favorire l'immagazzinamento nel sottosuolo di parte delle piogge che scorrono nei corsi d'acqua principali verso il mare. Il progetto ha utilizzato **innovazioni metodologiche e tecnologiche nel campo del telerilevamento, della geofisica applicata, dell'idrogeologia, della geochimica e dell'economia ambientale** (applicate mediante un **approccio multidisciplinare integrato**). Sono stati effettuati monitoraggi e analisi per valutare e dimostrare i vantaggi/ svantaggi delle varie metodologie, identificare gli indicatori di qualità necessari per una loro corretta applicazione e verificare le ricadute qualitative e quantitative a breve, medio e lungo tempo della Ricarica Artificiale.

Le attività del progetto (descritte dettagliatamente nel [rapporto tecnico finale](#)) hanno riguardato:

- **Banca dati e implementazione del GIS** - Definizione delle caratteristiche dei siti per l'applicazione del metodo di RA degli acquiferi con particolare attenzione alla metodologia di monitoraggio e definizione degli indicatori di riferimento.
- **Supporto tecnico-scientifico e procedurale (da parte dell'ARPA) alla fattibilità delle varie fasi di progetto; e valutazioni nell'ambito degli schemi logici DPSIR (Driving Forces, Pressures, State, Impact, Responses)** dei dati geologici, chimici, biologici ed ambientali.
- **Applicazione delle metodologie integrate per la determinazione dell'efficienza della ricarica artificiale** nella pianura alluvionale friulana e nella bassa pianura padana.
- **Sviluppo di modelli matematici per la gestione della ricarica.**
- **Ricarica artificiale di acquiferi alluvionali complessi a differente grado di salinizzazione e/o inquinamento:** applicazione ad una test area nel territorio Copparese.
- **Metodologie integrate geofisiche, idrogeologiche, geochimiche e biologiche ai fini della gestione della ricarica artificiale di sistemi multiacquiferi complessi (direttiva 2000/60/CE, D.Lgs. 152/06).**
- **TGRA (Rilevamento termometrico integrato per la ricarica artificiale):** sistema innovativo per il monitoraggio in continuo dell'efficienza dell'infiltrazione e qualità delle acque.
- **Applicazione di tecnologie innovative per l'esecuzione e gestione dei pozzi di ricarica.**
- **Attività di supporto idrogeologico**, al fine di migliorare le conoscenze sull'idrogeologia locale.
- **Analisi ambientale e socio-economico** della ricarica artificiale.
- **Attività di diffusione** di notizie, competenze e conoscenze per creare una solida cultura tecnico-scientifica capace di comprendere le motivazioni che considerano la Ricarica Artificiale quale possibile soluzione per la tutela e la salvaguardia della risorsa Acqua.

## RISULTATI RAGGIUNTI

I risultati raggiunti da WARBO consentono di fornire a Enti (Regione, Provincia, Comune, consorzi di bonifica, ecc.), tecnici e ricercatori del settore gli strumenti per valutare il rischio di degrado delle risorse idriche e le proposte di ricarica artificiale essenziali per un corretto bilancio del costo economico ed ambientale legato alla disponibilità idrica.

**Le tre aree test** selezionate sono: l'area del Delta del Po (in provincia di Ferrara), l'Alta Pianura Friulana (in provincia di Udine) e un'area delle risorgive del Friuli-Venezia Giulia (in provincia di Pordenone) dove sono state applicate varie metodiche di ricarica artificiale:

- **Impianto sperimentale innovativo di ricarica artificiale di Mereto di Tomba (UD)**
- **Impianto di fitodepurazione della Zona Industriale Ponte Rosso-ZIPR in San Vito al Tagliamento (PN)**
- **Lago di cava in località Ponte San Pietro Copparo (FE).**

Il progetto ha valutato il ruolo che la ricarica può avere per contrastare l'inquinamento diffuso da nitrati (nella pianura friulana) e da salinizzazione (in Pianura Padana). Inoltre, è stato verificato che la ricarica si integra nei piani di gestione delle piene, definendo strategie di fitodepurazione da impiantare nei canali di derivazione delle acque a garanzia della qualità. WARBO ha analizzato come collegare gli invasi di cava con la rete fluviale e di conseguenza di rafforzamento del corridoio ecologico dell'asse fluviale. Infine, il progetto ha introdotto metodologie innovative per la caratterizzazione dei siti in modo da favorire la conoscenza essenziale per corretti piani gestionali. Le problematiche affrontate sono comuni a molte aree climaticamente sensibili che si affacciano nel mediterraneo e **gli enti gestori degli impianti (Consorzio di Leda Tagliamento e Comune di Copparo) hanno inserito le attività di ricarica nei loro piani gestionali per cui daranno continuità al progetto.**

Si evidenzia che l'analisi delle varie metodologie di ricarica artificiale rivelano che l'applicabilità del tipo di MAR è caratterizzato da una forte variabilità geografica, e che a livello di bacini, la risposta può essere diversa in base a fattori orografici, geologici e biologici, per cui a livello locale tale risposta deve essere valutata nel contesto della sua applicazione. Ai fini di una corretta



comprensione dei risultati conseguiti, è stata essenziale l'azione di monitoraggio per tutte le varie fasi della MAR, questo per valutare eventuali effetti diretti nella zona vadosa e successivamente nell'acquifero.

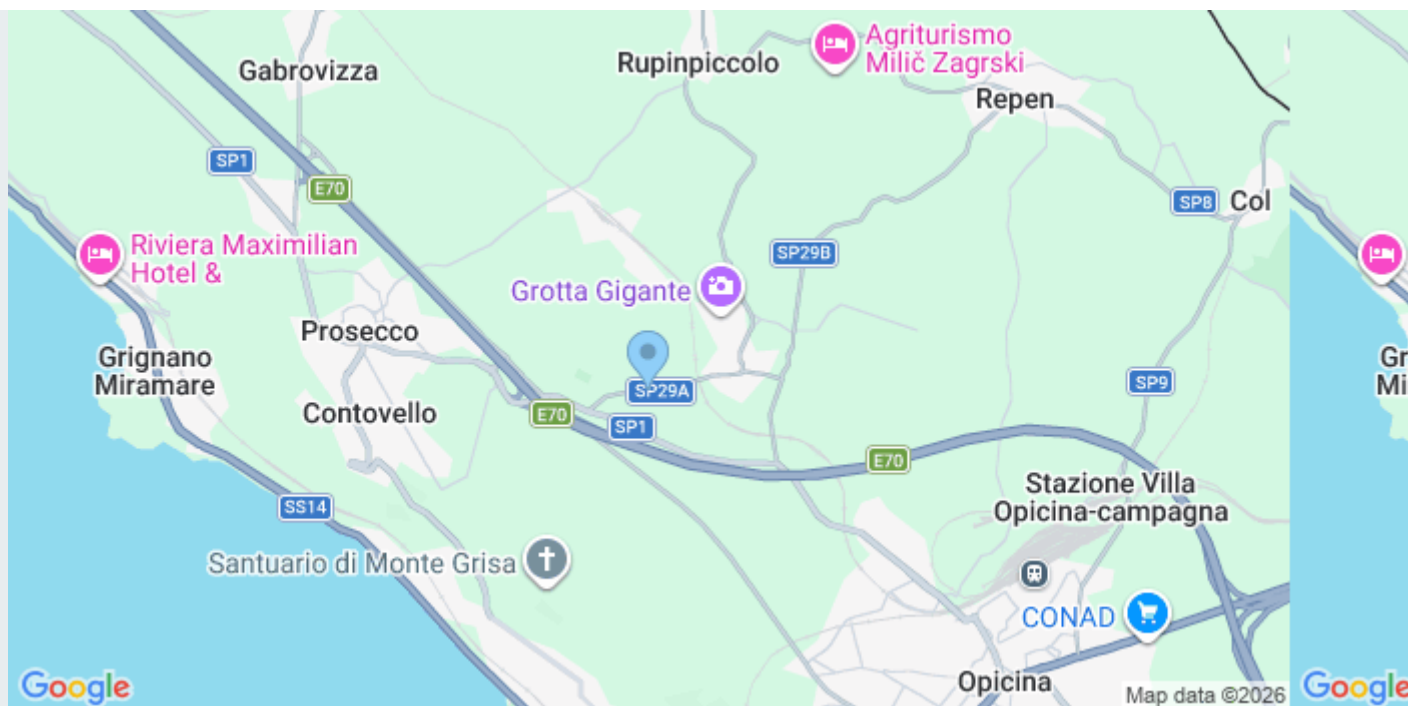
Un fattore innovativo e punto di forza di questo progetto è stata la sua **interdisciplinarietà e multidisciplinarietà delle metodologie scientifiche applicate**; non solo, prima della presentazione sono state collaudate una serie di metodologie sperimentali (geofisiche, geochimiche, interferometriche) che hanno portato ottimi risultati. Questi metodi applicati per la prima volta in uno studio per MAR, hanno consentito di ottenere molti dati necessari per la valutazione dei parametri fondamentali che consentono di formulare un bilancio idrico (porosità, fatturazione, tessitura, ecc.) e di ottenere modelli più attendibili e veritieri, basati su dati sperimentali reali, aggiornati e non teorici. Questo strumento metodologico potrà essere applicato come supporto agli aggiornamenti legislativi, finalizzati al raggiungimento degli obiettivi di piani di valorizzazione e tutela previsti dalle direttive relative alle risorse idriche.

Nella sezione [deliverables](#), presente sul sito web del progetto è possibile scaricare tutti i prodotti associati alle singole azioni. Tali prodotti, oltre a fornire maggiori dettagli sulle attività svolte e i risultati raggiunti, si presentano come utili strumenti di lavoro per la replicabilità dell'iniziativa, tra questi si evidenziano:

- [Protocolli idrogeologici](#) per la scelta delle aree di intervento, delle modalità di monitoraggio e della valutazione dell'efficacia della ricarica artificiale;
- [Modello definitivo integrato WARBO](#). Il rapporto descrive l'intera esperienza acquisita nel corso del progetto nel settore della modellistica idrologica a supporto dello studio della ricarica degli acquiferi, nonché della strumentazione e delle metodologie ottimali per la caratterizzazione del sistema sottosuolo e il monitoraggio della dinamica degli acquiferi;
- [Rapporto sul protocollo multidisciplinare WARBO](#). I dati del monitoraggio chimico, idrogeologico, chimico-fisico e biologico dei corpi idrici superficiali e sotterranei che caratterizzano le aree test hanno consentito di descrivere le dinamiche stagionali, identificare le cause del depauperamento delle risorse e descrivere la risposta del sistema alla ricarica naturale ed artificiale. La sintesi di queste dinamiche è stata ottenuta mediante l'elaborazione di tutti i dati con modelli idraulici, idrogeologici e geochimici utili a descrivere le dinamiche di scambio fra acque superficiali e sotterranee, definendo le ricadute in termini qualitativi e quantitativi della ricarica artificiale sulle risorse stoccate nel sottosuolo. I risultati di queste attività hanno permesso la redazione di **protocolli di analisi multidisciplinare di supporto alle procedure e metodologie di ricarica che sono sviluppati e redatti sulla base del quadro normativo UE**, proponendo con il progetto WARBO metodi, esperienze e strumenti operativi di implementazione e coordinamento fra la Direttiva Alluvioni 2007/60/EC e Direttiva Quadro Acque 2000/60/EC, nella consapevolezza che la gestione compatibile degli impianti di ricarica deve confrontarsi con le problematiche di sicurezza idraulica ed idrogeologica e con la gestione integrata delle risorse idriche per uso irriguo.
- Rapporto sull'[Applicazione della metodologie DPSIR nell'area friulana](#) e valutazione delle potenzialità di riutilizzo di acque reflue nella ricarica con sistema AFI.
- [Protocollo multidisciplinare WARBO e valutazione della trasferibilità del protocollo](#) ad altre realtà europee. Il Rapporto offre una sintesi del lavoro tecnico e scientifico effettuato nell'ambito del progetto WARBO in applicazione della Direttiva Quadro sulle Acque attraverso l'utilizzo della ricarica artificiale degli acquiferi in aree di pianura alluvionale interessate da gravi perdite qualitative e quantitative delle risorse idriche. Il progetto si è avvalso di metodologie convenzionali integrate da metodi innovativi finalizzati alla caratterizzazione dei siti, al monitoraggio della ricarica artificiale e alla elaborazione dei dati. Nel documento sono riportate le innovazioni metodologiche.
- [Parametri e indici descrittivi degli aspetti ambientali e socioeconomici della RA](#), il documento ha la finalità di costituire un inventario degli impatti della ricarica degli acquiferi.
- Report sulla [Progettazione del sistema TGRA](#) ed acquisizione dei dati litostratigrafici necessari alla taratura del sistema.
- Rapporto sui [risultati del monitoraggio dell'efficacia delle nuove tipologie di Pozzi mirati a ottimizzare la R.A.](#) con il protocollo multidisciplinare WARBO.

Un aspetto chiave del progetto è rappresentato dalla sua **replicabilità** in contesti con problematiche affini a quelle dei siti pilota. Gli elementi principali che rendono il progetto replicabile sono:

- l'**approccio al contesto della risorsa idrica**, consente a tutti gli addetti del settore di adottare una prospettiva più ampia che offre opportunità di innovazione efficaci e perseguibili;
- la **struttura del progetto** (combina un'analisi del contesto e delle opportunità di innovazione disponibili per far fronte alle tematiche della sostenibilità della risorsa idrica).
- l'**approfondimento di temi rilevanti a livello nazionale ed internazionale e con risvolti importanti a livello locale, la riduzione degli impatti ambientali negativi affrontati e il miglioramento efficacia nella soluzione dei problemi**;
- il **coinvolgimento diretto di autorità di gestione, stakeholders, imprese, consumatori**, ecc;
- la **formulazione di soluzioni innovative concrete** per le autorità competenti e la loro **diffusione a tutte gli Enti preposte alla gestione del territorio**.



#### Acronimo

WARBO

#### Protocollo

LIFE10 ENV/IT/000394

#### Programma di riferimento

[LIFE](#)

#### Beneficiario coordinatore

OGS (Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale)

#### Contatti

Coordinatore del progetto: Daniel Nieto Yabàr

#### Contributo EU

860.887,00

#### Anno Call

2010

#### Anno di inizio

2012

#### Anno di chiusura

2014

#### Sede del Beneficiario

Borgo Grotta Gigante, 42/C  
34010 Sgonico TS  
Italia

#### Regione

Friuli-Venezia Giulia

#### Descrizione Area

Friuli Venezia Giulia, Emilia-Romagna.