

## **Azione 4: Metodologie integrate per la determinazione dell'efficienza della ricarica artificiale nella pianura alluvionale friulana e nella bassa pianura padana**

Questa attività ha lo scopo di definire l'organizzazione generale del management di progetto, in particolare la definizione, l'identificazione delle responsabilità e dei compiti di ciascun partner. OGS è il Leader Partner del Progetto WARBO e in quanto tale ha curato le attività di coordinamento tecnico e gestione amministrativa assicurando, tramite protocolli ben strutturati, le necessarie informazioni ad ogni partner garantendo lo stato di avanzamento delle varie attività assegnate (WP) attraverso consultazioni periodiche tra tutti i partners del progetto e il networking. Le attività sono state suddivise in Task: Task 1- Attività di collegamento e coordinamento, Task 2- monitoraggio, Task 3- Coinvolgimento degli Stakeholder.

L'immagine relativa alla flow chart evidenzia le connessioni tra singole azioni previste da tutti partner che hanno partecipato al progetto.

L'obiettivo principale dell'azione 4 è stato quello di applicare un sistema integrato di metodologie geofisiche (a compendio e a supporto dei dati litostratigrafici, idrogeologiche e idrogeochimici) precise e non invasive in grado di comprendere i meccanismi idrogeologici che concorrono alla formazione, alla circolazione e al mantenimento delle falde nel complesso sistema acquifero delle due macroaree in prospettiva di azioni di MAR.

Le caratteristiche idro-geo-strutturali delle aree pilota si presentano dal punto di vista geologico differenti e ben distinte, questo dovuto soprattutto alla diversa genesi del territorio che da un lato è caratterizzata da depositi più o meno grossolani (più o meno cementati) in cui persiste una falda freatica ben distinta (pianura friulana), mentre per la pianura copparese, la presenza di sedimenti fini, di un paleoalveo ed dell'acqua salata in profondità ha reso necessario ancor più l'impiego di un ampio spettro di tecnologie a diverso grado di risoluzione e penetrazione, che hanno consentito di analizzare e definire al meglio la geometria dei depositi (acquisizione con tecniche geofisiche a marco-scala: bassa risoluzione e alta penetrazione) e le caratteristiche petrofisiche del sottosuolo. L'assetto litostratigrafico dei depositi a micro-scala è stato definito con l'impiego di tecniche ad alta risoluzione e bassa penetrazione. Utilizzando le tecniche di acquisizione ad HR (alta risoluzione) è stato possibile individuare aree di interferenze e/o comunicazioni idrauliche fra le varie strutture geologiche nel sottosuolo che in bibliografia non erano ancora ben contraddistinte (presenza di importanti lenti di conglomerato anche superficiali nell'area di Mereto e di un paleoalveo a Copparo). I nuovi dati indiretti provenienti dalla geofisica hanno consentito di predisporre al meglio l'ubicazione di nuovi pozzi (partner P7) in prospettiva idrogeologica e di ricarica in modo tale da ottimizzare la loro resa ed efficacia per le azioni di progetto sperimentali programmati (campionamento delle acque, monitoraggio delle stesse...). Oltretutto con i dati geofisici si è reso possibile lo sviluppo e l'implementazione dei modelli geologico-concettuali delle aree test (Mereto di Tomba e Copparo) con ulteriore creazione di modelli statici che, a seguito di opportune calibrazioni grazie ai test di ricarica (anche grazie al monitoraggio geofisico avvenuto con la Tomografia Elettrica-ERT), alla fine è stato possibile simulare scenari di ricarica massiva come dimostrato dal partner P4.

Nella fattispecie le attività di campagna hanno riguardato l'esecuzione delle seguenti tecniche geofisiche:

1. Metodi elettrici (Tomografia elettrica - ERT):

Il metodo impiega un campo elettrico artificiale prodotto e immesso nel terreno per misurare la distribuzione di resistività nel terreno, e tramite queste valutazioni, dedurre la presenza e/o descrivere la morfologia di target di interessi quali corpi sepolti, natura litologica del sottosuolo, profondità e morfologia del substrato, presenza della risorsa idrica (profondità e spessore dell'acquifero etc.). L'impiego dei dispositivi multielettrodo, mediante un numero elevato di elettrodi disposti sul terreno e tutti simultaneamente collegati al georesistivimetro, permette l'acquisizione automatizzata della resistività apparente da ogni quaterna possibile di elettrodi, secondo tipi di array predisposti in funzione dei target previsti.

2. Metodo elettromagnetico: GPR (Ground Probing Radar o Ground Penetrating Radar):

Questa tecnica si basa sull'emissione e propagazione di impulsi elettromagnetici nel terreno, i quali vengono riflessi e rifratti dalle discontinuità fisiche ed elettriche presenti nel sottosuolo. La penetrazione del segnale impulsivo è funzione dello spettro del segnale irradiato e delle proprietà elettriche del terreno nel quale si propaga.

3) Metodi sismici passivi (Tromino):

Questo metodo utilizza il rumore di fondo del terreno (naturale e antropico) come sorgente per esplorare il sottosuolo. È un sistema molto economico e speditivo ad alta penetrazione e limitata risoluzione. Le tecniche di sismica passiva a stazione singola forniscono: a) le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo e delle strutture, la cui coincidenza può produrre pericolosi fenomeni di doppia risonanza con forte amplificazione delle sollecitazioni; b) indicazioni 'puntuali' sulla stratigrafia sismica sotto il punto di misura. L'elaborazione dei dati raccolti che si focalizza sui rapporti spettrali delle singole strutture permette di individuare e mappare le strutture fino a profondità di parecchie centinaia di metri e consente di ricavare una prima caratterizzazione sismo-stratigrafica del sottosuolo.

4) Metodi sismici a riflessione attivi ed ad alta risoluzione (VHR):

Questo metodo geofisico sfrutta le onde riflesse dalle varie discontinuità litostratigrafiche e strutturali per ricostruire la geometria del sottosuolo. In genere si adotta la tecnica multicanale, energizzando lungo stendimenti dove sono posti i geofoni che captano le perturbazioni acustiche generate da sistemi di energizzazioni quali vibroseis oppure mazze battenti. Le riflessioni acustiche si generano per effetto del contrasto di impedenza acustica (densità x velocità) tra i vari livelli litologici presenti nel sottosuolo. La sismica ad alta risoluzione (VHR) riesce a discriminare la porzione più superficiale del sottosuolo con maggiore risoluzione, con la possibilità di poter correlare il dato geofisico indiretto con quello di pozzo (dato diretto).

5) Il profilo sismico verticale (Vertical Seismic Profiling - VSP):

È una misura sismica effettuata in pozzo. La realizzazione di un VSP prevede la registrazione di energizzazioni eseguite in superficie con sensori calati a diversi livelli di profondità lungo il sondaggio geognostico. I sensori, solitamente geofoni a 3 componenti, registrano gli eventi sismici diretti che si propagano dalla superficie in profondità (campo down-going) e gli eventi sismici riflessi, che si propagano verso la superficie (campo up-going), generati all'interfaccia tra formazioni geologiche a diversa impedenza acustica. Lo scopo del VSP è quello di misurare le velocità intervallari delle formazioni geologiche perforate, permettendo la conversione dei tempi sismici in profondità.

6) Telerilevamento (rilievi Laser a scansione, aerofotografici e iperspettrali) finalizzate alla rappresentazione cartografica e topografica di elevato dettaglio del territorio e alla caratterizzazione superficiale di alcune proprietà fisiche del terreno.

Gli indicatori quantitativi assegnati per ogni tecnica svolta nei siti test sono stati i seguenti:

1) ERT, a completamento delle attività svolte a Copparo e documentate nell'Incept Report, sono state completate le campagne di acquisizione nel macroarea del Friuli-Venezia Giulia con l'esecuzione di n. 6 profili ERT per un totale di 1190 m nel sito di Mereto di Tomba e n. 2 profili ERT per un totale di 543 m nel sito di ZIPR;

- 2) GPR nei tre siti test e per le quali sono state prodotti: n.7 profili GPR per un totale di 1895 m nel sito di Mereto di Tomba, n.7 profili per un totale di 1087 m nel sito di ZIPR e n.10 profili per un totale di 2776 m;
- 3) Sismica Passiva, n.147 punti di ascolto per un totale di 9261 di array prodotto nel sito di Mereto di Tomba, n.183 punti di ascolto per un totale di 12080 di array prodotto nel sito di ZIPR e n.132 punti di ascolto per un totale di 6379 di array prodotto nel sito di Copparo;
- 4) Sismica 2D e VHR, n.4 linee sismiche per un totale di 1598 m nel sito di Mereto di Tomba, n.2 linee sismiche per un totale di 1570 m nel sito di ZIPR, n.3 linee sismiche per un totale di 9150 m nel sito di Copparo;
- 4) Sismica 3D, esecuzione di n1 3D con 100 metri d lato nel sito di ZIPR;
- 5) VSP, Sono stati eseguiti n. 3 punti di misura nel sito di Mereto di Tomba e n. 3 punto di misura nel sito di Copparo. Nel sito di ZIPR visto la buona qualità dei dati provenienti dalla sismica a riflessione 2D (ottimo rapporto segnale/rumore) si è rilevato oltretutto che in fase di processing, l'analisi di velocità fatta sui semblance è stata molto affidabile. Per questa ragione si è ritenuto che un'ulteriore acquisizione del tipo VSP nel sito test di ZIPR poteva offrire scarse indicazioni aggiuntive se non la ridondanza di dati/informazioni sulla natura geofisica adesso già nota del sottosuolo;
- 6) Telerilevamento, sono stati prodotte le mappe per la rappresentazione del territori dei tre siti test nonché la tipologia dei dati (shape file etc..) per l'analisi di dettaglio delle caratteristiche superficiali e morfologiche (microrilievo) necessari per la modellizzazione (circa 22 km<sup>2</sup> di territorio coperto presso i siti di ricarica).

## **Azione 11: Diffusione**

L'obiettivo dell'azione è di promuovere la 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. In particolare OGS, assieme a tutti i partner, mira a stimolare la creazione di efficaci canali di comunicazione e di scambio con scuole, università, istituti di ricerca, enti, imprese ed associazioni, nell'ambito delle possibili soluzioni per affrontare il problema della scarsità idrica. Per questo sono state promosse dai partner di WARBO campagne di comunicazione e informazione aperte a tutti (presentazioni dimostrative per le scuole e Università, laboratori didattici, organizzazione di conferenze scientifiche e divulgative a livello locale, regionali, nazionali e internazionale per la diffusione dei risultati, aggiornamento sito web e la realizzazione di brochure, articoli/pubblicazioni a valenza tecnico-scientifica).