

Studio geologico dell'area di Marsabit finalizzato all'esplorazione delle risorse idriche sotterranee

Introduzione

Lo studio e l'analisi dei lineamenti tettonici sono utilizzati per la ricostruzione del flusso di acque sotterranee, in particolare in aree caratterizzate dalla presenza di rocce ignee e/o metamorfiche. In queste litologie, infatti, essendo la permeabilità primaria estremamente ridotta, la permeabilità effettiva è direttamente connessa alla permeabilità secondaria rappresentata dai sistemi di faglie e fratture che interessano gli ammassi rocciosi. In particolare i pozzi più produttivi sono spesso localizzati in corrispondenza di grandi lineamenti strutturali e all'intersezione di sistemi di fratture principali.

La metodologia più efficace per la rappresentazione cartografica dei sistemi di lineamenti è rappresentata dall'analisi di immagini telerilevate (foto aeree, immagini da satellite), che consentono di studiare zone ampie e spesso difficilmente raggiungibili. Da alcuni anni le successive fasi di analisi statistica dei dati telerilevati sono realizzate mediante l'utilizzo di tecnologie GIS, che consentono di elaborare ed integrare i diversi strati tematici finalizzati alla valutazione delle potenzialità idriche alla scala di interesse.

La carta dei lineamenti tettonici, di per se non sempre significativa, deve essere integrata con ulteriori strati tematici derivati dalla valutazione di modelli di elevazione digitale (DEM) e da elaborazioni GIS. I parametri principali che sembrano regolare la distribuzione della risorsa idrica sotterranea sono costituiti, oltre che dall'assetto strutturale (lineamenti tettonici), dalla litologia e dalla morfologia del territorio. In aree analoghe a quella oggetto dello studio, la risorsa idrica sotterranea sembra concentrarsi in corrispondenza di rocce basaltiche caratterizzate da permeabilità primaria e secondaria, in particolare al contatto con il basamento cristallino e con i suoli di alterazione (lateriti).

Per quanto riguarda la morfologia, la prima falda idrica più facilmente sfruttabile è localizzata in corrispondenza di canali di drenaggio, all'interno dei depositi alluvionali che riempiono le valli.

Il prodotto finale di questo procedimento è quindi una "carta delle risorse idriche potenziali", ottenuta mediante l'integrazione di diverse carte tematiche, ognuna delle quali esprime il potenziale idrico stimato sulla base di un singolo parametro (lineamenti tettonici, litologia ecc.).

La "carta delle risorse idriche potenziali" necessita di un'attenta e puntuale verifica sul terreno dei diversi dati elaborati, in seguito alla quale verranno apportate le necessarie modifiche e correzioni finalizzate ad ottenere la "carta delle risorse idriche potenziali" definitiva.

Questo elaborato rappresenta uno strumento di lavoro strategico da incrociare con i dati su pozzi e sorgenti presenti nell'area esaminata. Le informazioni sui punti d'acqua variano dalla semplice ubicazione, alla profondità dei pozzi, stratigrafie, livelli acquiferi, portate, analisi chimiche ecc. Queste informazioni molto spesso non sono disponibili, rendendo necessario lo svolgimento di campagne di raccolta dati. L'incrocio delle informazioni contenute nella "carta delle risorse idriche potenziali" con i dati sui punti d'acqua consente di ottenere indicazioni su zone potenzialmente produttive non ancora sfruttate, nelle quali indirizzare i necessari approfondimenti rappresentati essenzialmente da prospezioni geofisiche finalizzate all'individuazione dei siti più idonei alla perforazione.

Inquadramento geologico

Il vulcano a scudo di M. Marsabit è localizzato nel Kenya settentrionale (Fig. 1) ed appartiene ad un sistema di aree vulcaniche sviluppate ad est del Lago Turkana comprendenti Demo Dera (NE di Marsabit), Huri Hills (N di Marsabit) e numerosi centri eruttivi di minori dimensioni a sud di Marsabit (Kaisut, Laisamis, Merille) (Fig. 2).

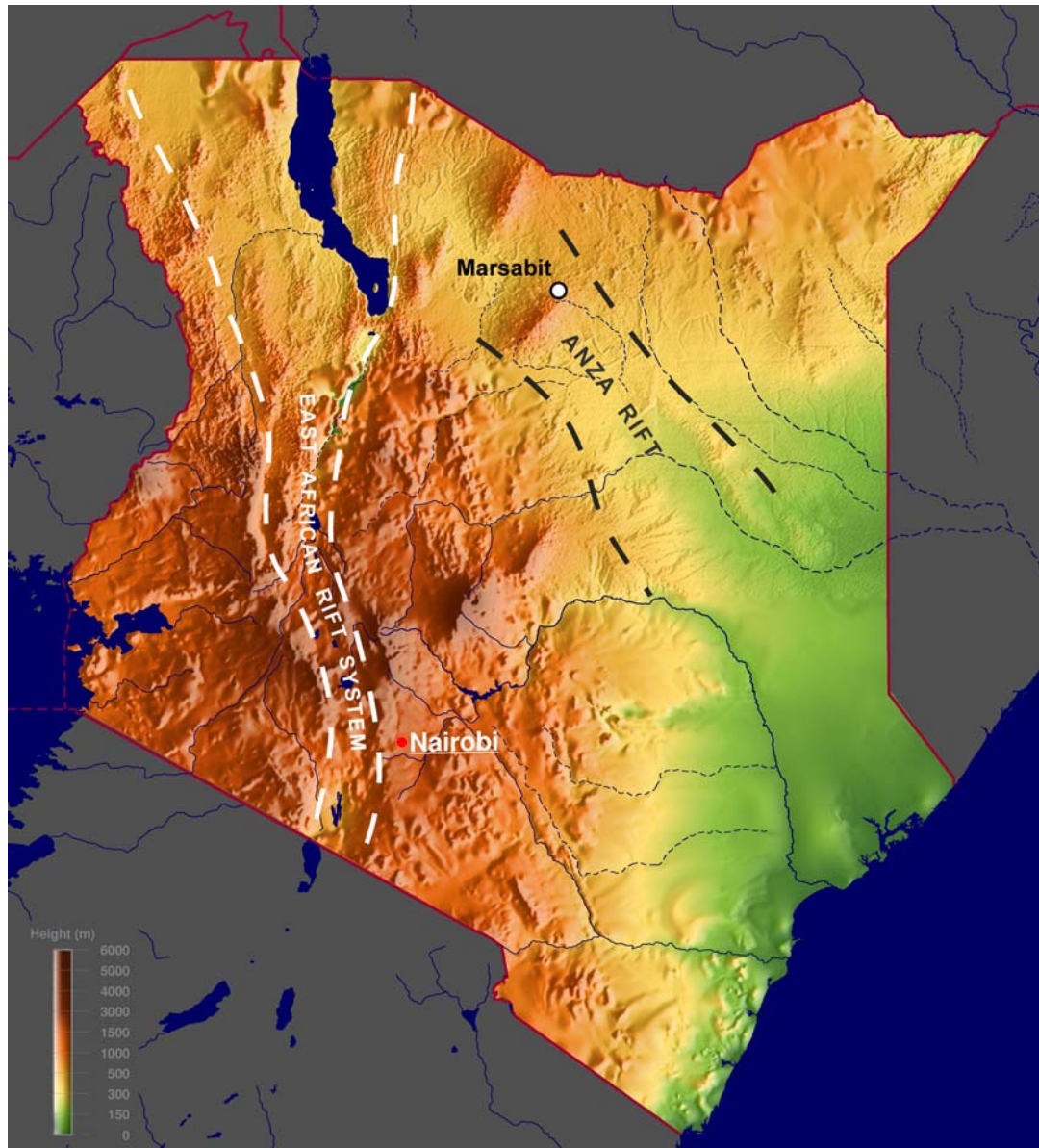


Fig.1 – Strutture principali del sistema del rift africano nel Kenya.

L'attività di questi vulcani è connessa allo sviluppo del Rift del Kenya appartenente all'East African Rift System (EARS) che si colloca temporalmente a partire dalla base del Neogene. In particolare l'attività vulcanica di Marsabit inizia nel Miocene superiore (7.7-5.4 Ma; Brotzu et al., 1984) con l'eruzione di

basalti alimentati da fessure. In base a datazioni K–Ar, il vulcano a scudo di Marsabit, che si sovrappone ai basalti miocenici ha fornito età tra 1.8-0.7 Ma (Key et al., 1987) e 0.5 Ma (Brotzu et al., 1984). Per quanto riguarda lo stile di eruzione, a circa 2 Ma, si passa da uno stile hawaiano ad uno stile stromboliano che ha portato alla formazione di coni di cenere caratterizzati da xenoliti del mantello e di crateri di composizione da basaltico-alcalina a basanitica.

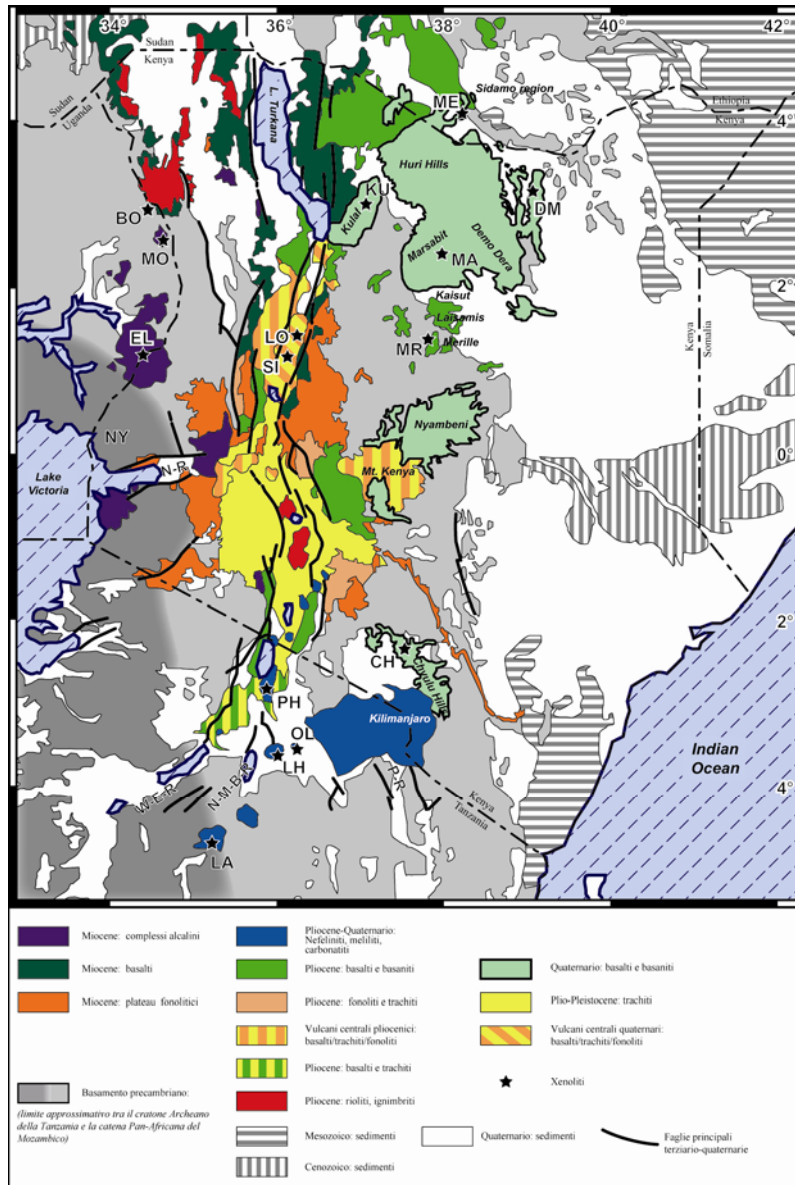


Fig. 2 – Schema geologico del Kenya e delle regioni confinanti.

A differenza di altri vulcani (p.e. M. Kenya) situati lungo il margine orientale del Rift, l'area vulcanica di Marsabit si è sviluppato in corrispondenza della depressione topografica dell'Anza Rift, una zona a bassa elevazione (600 m di altitudine media) che rappresenta il prolungamento orientale della depressione del Lago Turkana e separa il plateau est africano, a SW, dal plateau dell'Afar, a N. L'Anza

Rift fa parte del sistema di rift a scala continentale che si estende in direzione NW-SE dal bacino della Sirte in Libia fino al Kenya meridionale attraverso il Sudan. Questo Rift di età Mesozoico-Paleogene è tagliato dal sistema dell'EARS. I depositi vulcanici di Marsabit ricoprono e mascherano l'Anza Rift, il cui prolungamento al di sotto dell'area vulcanica di Marsabit dai dati di sismica a riflessione (Bosworth & Morley, 1994).

Il sistema dei rift est africani si è sviluppato principalmente all'interno del basamento africano che viene generalmente distinto in due domini: il cratone della Tanzania e la catena del Mozambico. Il primo è caratterizzato da rocce granitoidi e polimetamorfiche, rocce metasedimentarie e metavulcaniche di età comprese tra l'Archeano e il Paleoproterozoico con età più vecchie riferibili a 2.8 Ga (Manya & Maboko, 2003 cum biblio). La catena del Mozambico segue il margine orientale del cratone della Tanzania e rappresenta il risultato di eventi multipli di accrezione del Gondwana orientale durante l'intervallo Neoproterozoico-Paleozoico inferiore e comprende domini metamorfici con differenti età ed evoluzioni P-T (Ulianov & Kalt, 2006 cum biblio). Nel Kenya settentrionale la catena del Mozambico rappresenta principalmente il risultato dell'orogenesi Neoproterozoica dell'Africa orientale riferibile a 720-550 Ma (Meert, 2003).

L'Anza Rift si è sviluppato nell'ambito del basamento cristallino della catena del Mozambico e la sua evoluzione post-Paleozoica è caratterizzata da calcari ed arenarie del Giurassico e da una successione a dominante arenaceo-pelitica del Cretaceo-Quaternario. Nell'area di Marsabit le successioni del Mesozoico sono quasi completamente ricoperte dai depositi vulcanici e da quelli del Quaternario; a SE di Marsabit perforazioni a scopo petrolifero hanno comunque evidenziato una successione del Cretaceo-Quaternario di elevato spessore (fino ad oltre 4000 m) che rappresenta l'evoluzione sedimentaria dell'Anza Rift.

Attività e metodologie

L'obiettivo dello studio è quello di individuare aree potenzialmente produttive dal punto di vista della risorsa idrica sotterranea nell'area di Marsabit, utilizzando metodologie costituite dall'analisi di immagini telerilevate integrata con attività sul terreno. Il prodotto finale del presente studio è rappresentato dalla "carta delle risorse idriche potenziali", per ottenere la quale saranno necessari i seguenti passaggi (Fig. 3):

- realizzazione di carte tematiche dell'area riguardanti i seguenti parametri: litologia, lineamenti tettonici, geomorfologia e pendenze;
- valutazione delle condizioni favorevoli alla presenza della risorsa idrica sotterranea sulla base dell'incrocio dei diversi parametri e della verifica dei dati idrogeologici e idrostrutturali realizzata sul terreno.
- realizzazione della "carta delle risorse idriche potenziali" mediante l'integrazione delle diverse carte tematiche in ambiente GIS.

Le quattro carte tematiche (Carta Litologica, Carta Tettonica, Carta Geomorfologica e Carta delle Pendenze) verranno realizzate utilizzando metodologie di remote sensing su foto fa satellite e modelli di elevazione digitale. Le carte ottenute in prima battuta saranno modificate e corrette sulla base delle osservazioni e dei dati raccolti nel corso dell'attività di terreno.

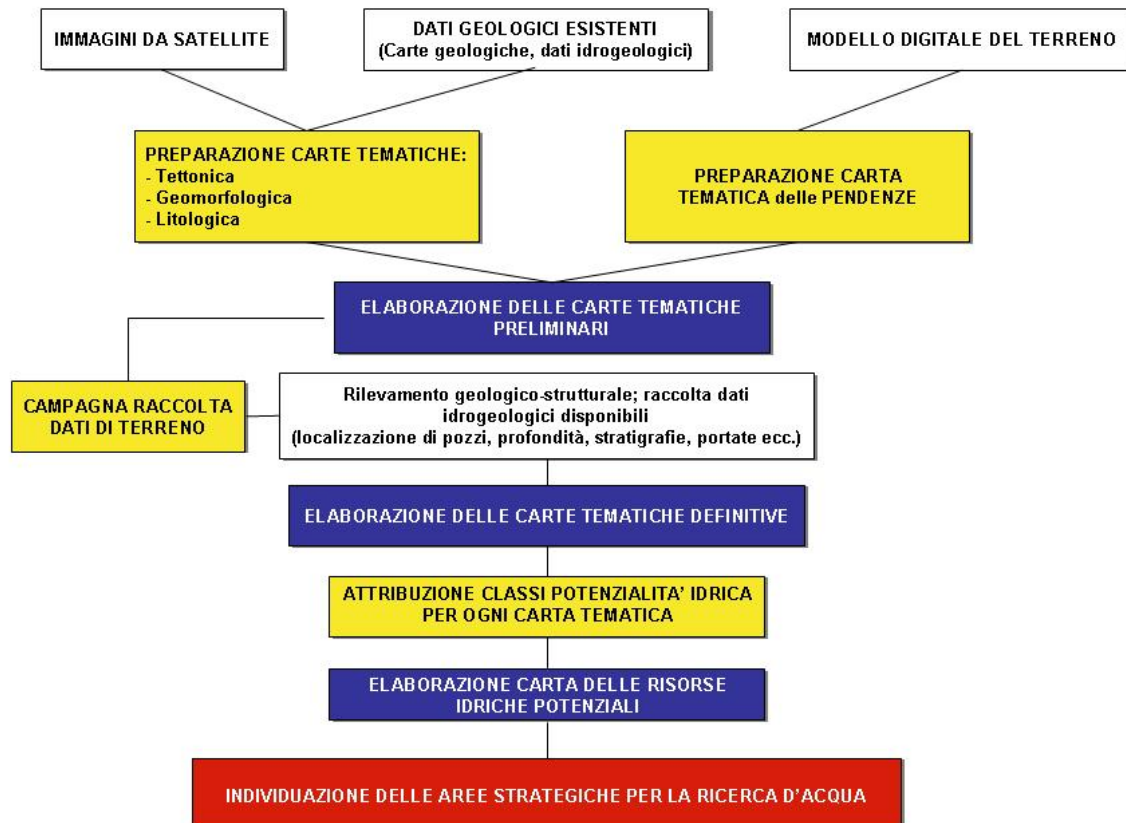


Fig. 3 – Diagramma di flusso delle attività.

Carta Litologica

La Carta Litologica sarà realizzata attraverso l'interpretazione delle foto satellitari sulla base della cartografia geologica disponibile, che dovrà essere reperita nelle fasi di raccolta del materiale esistente. Nell'area di studio, la litologia dominante è rappresentata da rocce vulcaniche costituite da basalti alcalini, depositi piroclastici e ceneri vulcaniche, di età pleistocenica. In corrispondenza delle depressioni vallive affiorano depositi alluvionali quaternari.

Da una prima analisi della letteratura esistente, si evince come al di sotto dei basalti affiorino depositi sedimentari giurassico-cretacei essenzialmente arenacei. Affioramenti sono segnalati a NW dell'area di studio tra Targi e Makona, al confine con il deserto del Chalbi. Un affioramento limitato si ritrova inoltre

a N di Marsabit (Bule Burgabo sandstones). I depositi giurassico-cretacei al di sotto dei basalti sono stati infine attraversati anche in pozzo, con spessori dell'ordine di circa 2000m.

L'attività di terreno consentirà principalmente di verificare se all'interno dell'area esaminata siano presenti eventuali affioramenti del substrato dei basalti ad oggi non segnalati. Sarà importante inoltre raccogliere dati e informazioni sui pozzi esistenti per confrontare localizzazione, profondità e produttività con la litologia.

Carta Tettonica

La Carta Tettonica sarà realizzata attraverso l'individuazione di lineamenti da foto satellitari e la ricostruzione di morfostrutture mediante l'analisi del DEM. I lineamenti identificati sono rappresentati essenzialmente da sistemi di joint e faglie. In questo senso l'attività di terreno sarà di fondamentale importanza per verificare gli allineamenti individuati da foto e per raccogliere dati sui sistemi di fratture quali geometria, cinematica, spaziatura, apertura ecc. La ricostruzione del campo di stress fornisce importanti indicazioni sulla potenzialità da parte dei diversi sistemi di fratture dal punto di vista della risorsa idrica. Anche in questo caso sarà importante confrontare i dati raccolti sui pozzi con le informazioni sui sistemi di fratture, per individuare i sistemi più idonei in corrispondenza dei quali concentrare le ricerche. In studi precedenti a carattere regionale, si osserva come l'area di Marsabit sia caratterizzata da un sistema principale di lineamenti tettonici con orientazione NE-SW (Key et al., 1987; Bosworth et al., 1992), evidenziato dall'allineamento di coni vulcanici. Questo sistema di fratture è compatibile con un campo di stress in cui la direzione dell'asse di stress minimo è di circa N130°E (Bosworth et al., 1992).

Carta Geomorfologica

La Carta Geomorfologica sarà realizzata attraverso l'analisi del modello di elevazione digitale, mediante la quale saranno distinte: aree di cresta lungo ridges basaltici; scarpate fluviali, potenzialmente coincidenti con superfici di faglia; aree pedemontane con pendenze modeste e modellate da ruscellamento superficiale; terrazzi costituiti sia da successive colate basaltiche, sia da terrazzi alluvionali lungo le principali aste vallive; aree piane generalmente coincidenti con singole colate laviche, a loro volta incise da valli e gole che formano il reticolo di drenaggio che in alcuni casi può essere controllato dalla tettonica.

Lo studio sul terreno sarà importante per verificare l'effettiva influenza della tettonica sulla morfologia dell'area, come ad esempio la corrispondenza tra scarpate fluviali e piani di faglia.

Carta delle Pendenze

La Carta delle Pendenze sarà elaborata a partire dal DEM, individuando i settori compresi tra le classi di pendenza scelti. Si ipotizzano cinque classi di pendenza, con potenzialità idriche decrescenti all'aumentare della pendenza.

Realizzazione della “carta delle risorse idriche potenziali”

L’elaborazione della “carta delle risorse idriche potenziali” avverrà attraverso l’integrazione delle quattro carte tematiche. Ogni parametro dei quattro layers tematici verrà suddiviso in classi di “*favorability*”, secondo il livello di potenzialità rispetto alla presenza di risorsa idrica.

I valori assegnati al layer litologia si basano sul significato idrogeologico dei diversi tipi di rocce e seguono l’impostazione concettuale proposta da Krishnamurty et al. 1996. Nel nostro caso abbiamo assegnato gli stessi valori elevati ai soli due litotipi distinti, basalti e depositi alluvionali, caratterizzati entrambi da elevata permeabilità, in un caso secondaria e nell’altro legata alla porosità primaria.

I lineamenti tettonici generalmente agiscono come condotti per il flusso idrico sotterraneo e quindi sono idrogeologicamente molto significativi, in particolare in corrispondenza di settori specifici quali ad esempio incroci di sistemi di faglie. Nel caso dei lineamenti tettonici è estremamente importante verificare quali famiglie di strutture sono caratterizzate dalla presenza di pozzi produttivi, indicazione che consente di individuare le direzioni più promettenti. Le classi attribuite a questo parametro si basano sulla distanza dal lineamento considerato, con la potenzialità che decresce all’allontanarsi dal lineamento. Si assume infatti che l’intensità della fatturazione decresce all’allontanarsi dall’allineamento principale, implicando che la potenzialità di trovare la risorsa idrica è tanto maggiore quanto più vicini al lineamento.

Anche per il layer geomorfologico verranno distinte aree attribuite a classi di potenzialità idrica decrescente da canali e aree pianeggianti, caratterizzate dalla massima probabilità di risorsa idrica, fino a zone di scarpata, cresta e picchi montuosi, con minima probabilità. Analogamente la carta delle pendenze sarà utilizzata per risalire a classi con probabilità decrescente dalle pendenze minime a quelle massime.

I quattro layer suddivisi in zone a classi di potenzialità variabile saranno quindi sovrapposti per ottenere la carta delle risorse idriche potenziali. Nella carta l’insieme delle zone ottenuto dalla sovrapposizione dei quattro layer, verrà suddiviso in cinque intervalli di classi corrispondenti a potenzialità idriche definite *molto buone*, *buone*, *moderate*, *basse* e *scarse*.

Applicazioni

La “carta delle risorse idriche potenziali” ottenuta mediante le attività descritte, rappresenta uno strumento strategico per pianificare le successive modalità di esplorazione della risorsa idrica. L’individuazione delle aree potenzialmente più idonee alla presenza di acquiferi sfruttabili, consentirà infatti di ottimizzare i necessari approfondimenti di carattere geofisico preliminari alle attività di perforazione.