

Figura 222: Andamento di CE e T delle acque del Torrente Cenischia

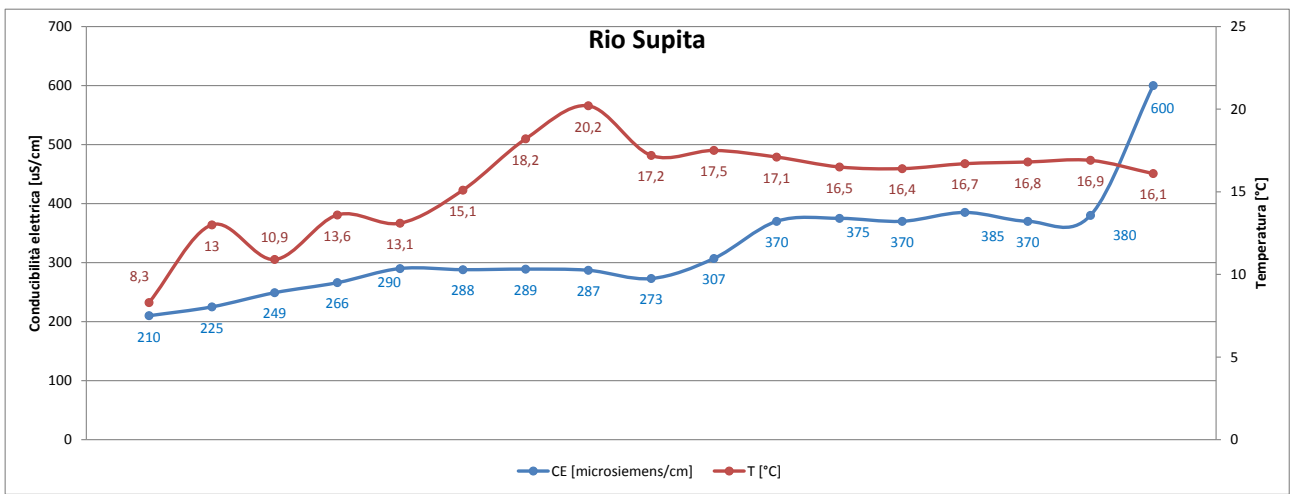


Figura 223: Andamento di CE e T delle acque del Rio Supita

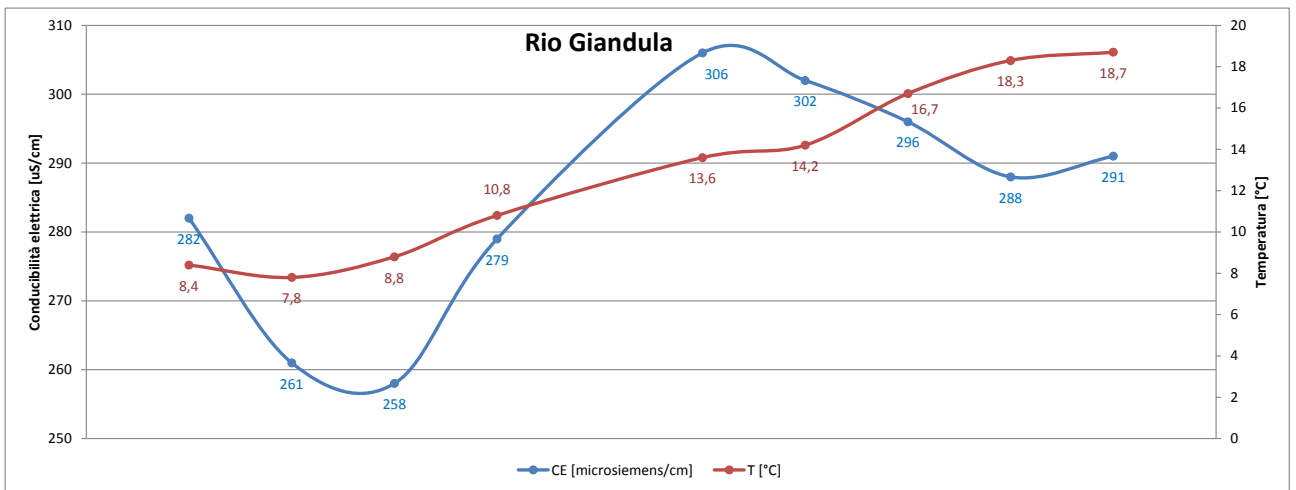


Figura 224: Andamento di CE e T delle acque del Rio Giandola

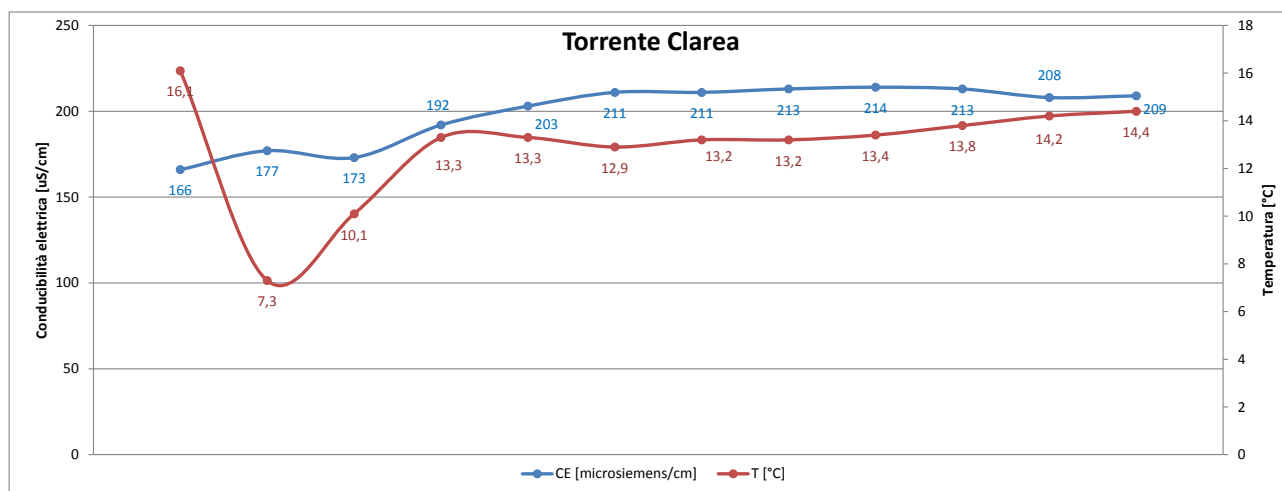


Figura 225: Andamento di CE e T delle acque del Torrente Clarea

Tali misure, effettuate per comprendere le interazioni tra i diversi corpi idrici e l’acquifero non hanno prodotto i risultati sperati. Il parametro temperatura subisce forti variazioni legate alla temperatura dell’aria a sua volta condizionata dall’ora di misura (le misure sono state effettuate nel periodo estivo e, nelle ore più calde della giornata, il valore della temperatura dell’acqua subisce notevoli aumenti). La conducibilità elettrica, seppur indispensabile per comprendere le interferenze tra corpo idrico superficiale e acquifero, richiedeva, per essere sfruttata al meglio, una maggior conoscenza del territorio e dell’idrogeologia locale, aspetti che, per motivi di tempo non sono stati approfonditi.

La divisione dei corsi d’acqua in tratti omogenei è stata dunque realizzata sulla base dei dati geologici e idrogeologici (litologie, complessi idrogeologici, presenza di faglie, ecc); in ogni tratto si è scelto di utilizzare, come punto a cui applicare il DHI, l’estremo di valle, quale punto maggiormente cautelativo.

In generale il punto scelto deve essere valutato tratto per tratto valutando contestualmente sia gli aspetti geometrici (es. quota reciproca punto–galleria, distanza punto–galleria, ecc) sia gli aspetti geologici (es. presenza di faglie, piani di scorrimento, ecc).

8.4.3. LA VARIANTE DEL DHI PER I CORSI D’ACQUA

Il metodo DHI, per essere adattato alla valutazione di isterilimento di un corso d’acqua, ha richiesto alcune modifiche. Avendo dunque individuato il punto in cui tale indice deve essere calcolato, i parametri chiave, precedentemente applicabili solamente alle sorgenti, sono stati modificati come descritto di seguito.

Le modifiche apportate al DHI originale sono sostanzialmente due: la prima legata al “tipo di sorgente” mentre la seconda riguarda l’”effetto topografico”.

La variabile, prima legata al “tipo di sorgente”, è stata trasformata in “tipo di punto d’acqua”; questa variabile valuta il tipo di rapporto che il punto d’acqua ha con il sistema di flusso idrico sotterraneo. Anche in questo caso, come verrà descritto anche per la variabile legata all’”effetto topografico”, si distinguono due casi, il primo per le sorgenti ed il secondo per i corsi d’acqua.

Per le sorgenti, sono stati distinti tre tipi: superficiale, profonda e mista. Nel caso delle sorgenti superficiali l'emergenza idrica è alimentata dai terreni di copertura quaternaria o da una variazione locale dell'intensità di fratturazione e alterazione della parte corticale del substrato; l'emergenza in questi casi è sovente localizzata in corrispondenza di rotture morfologiche del versante ed è alimentata da sistemi di flusso locali. Le sorgenti profonde sono generalmente alimentate da sistemi di flusso più estesi, sviluppati all'interno del substrato roccioso; esse possono emergere in corrispondenza di un limite di permeabilità rappresentato da faglie o da contatti tettonici o stratigrafici. Le sorgenti miste rappresentano un caso intermedio, presentando alimentazione sia superficiale che profonda, con percentuali variabili.

Per i corsi d'acqua, l'aspetto rilevante è il loro rapporto con l'acquifero. Facendo riferimento alla Figura 226 dove è mostrato il modello concettuale adottato, il corso d'acqua può essere in diretto contatto con la falda (casi 1 e 2), e in questo caso esso può alimentarla o esserne alimentato, oppure il corso d'acqua può essere sospeso (caso 3), non in contatto diretto con la falda. Nel caso 1, in cui la falda alimenta il corso d'acqua, sono distinti i tre ulteriori possibilità di alimentazione, come per le sorgenti: superficiale (1a), mista (1b) e profonda (1c).

Nel caso di alimentazione superficiale, il corso d'acqua è alimentato dai terreni di copertura quaternaria o comunque da depositi superficiali. L'emergenza di sistemi di flusso profondi caratterizza quei corsi d'acqua che solcano il substrato roccioso in corrispondenza di limiti di permeabilità, zone di faglia contatti tettonici o stratigrafici. I corsi d'acqua ad alimentazione mista rappresentano un caso intermedio, presentando alimentazione sia superficiale, sia profonda, con percentuali variabili.

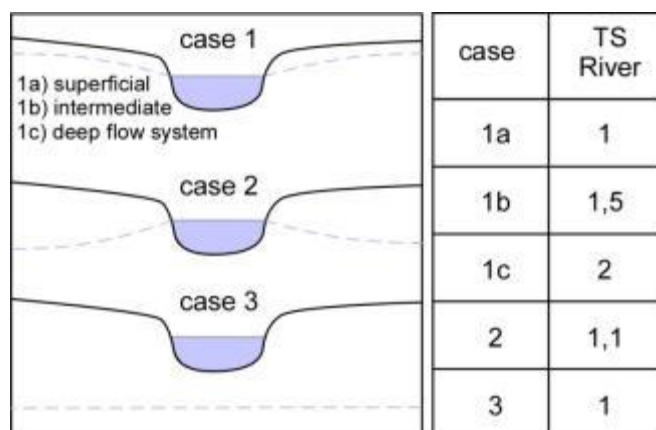


Figura 226: Esempificazione concettuale del rapporto tra corso d'acqua e falda. Nella tabella a sinistra sono mostrati i valori che assume ET per sorgenti e corsi d'acqua

La valutazione di tale variabile utilizza criteri di osservazione indiretta, di natura geologica, del tratto in cui scorre il corso d'acqua. Quando non è chiara la tipologia di alimentazione il punto è considerato ad alimentazione mista.

A differenza delle altre variabili, che mettono in relazione il punto d'acqua con la condizione prevista lungo la galleria considerata, il tipo di alimentazione è specifico di ogni punto d'acqua esaminato, a prescindere dalla galleria in analisi.

La seconda modifica riguarda la variabile "effetto topografico": si tratta di una variabile che considera l'aspetto morfologico del problema. La reciproca posizione del punto d'acqua e della galleria rispetto al profilo topografico dei versanti può influenzare la probabilità di occorrenza del fenomeno di drenaggio. In

particolare, si distinguono due casi, il primo per le sorgenti ed il secondo per i corsi d'acqua. Nello schema concettuale della figura seguente di sono esemplificati i casi possibili, valutati numericamente nella tabella a lato. Il valore assegnato alla variabile ET assume valore 1 per la condizione di minor probabilità di isterilimento e valore 2 per quella di maggiore probabilità.

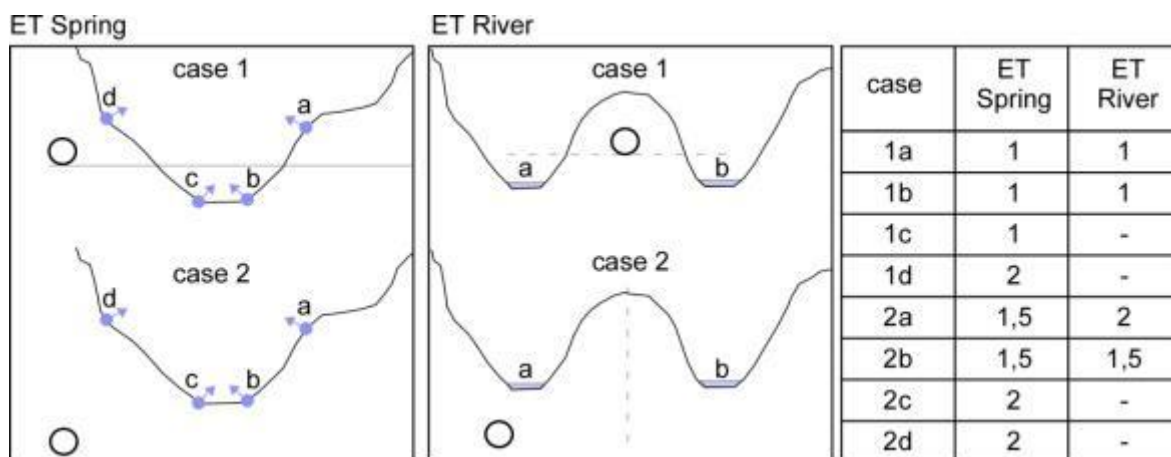


Figura 227: Esempificazione concettuale dell'Effetto Topografico (ET). Nella tabella a sinistra sono mostrati i valori che assume ET per sorgenti e corsi d'acqua

Nel caso delle sorgenti, che possono essere ubicate sia sui versanti che al loro piede, e quindi nel fondovalle, si distinguono otto diversi casi, che considerano l'ubicazione di sorgente e galleria sullo stesso versante o su versanti diversi e la loro reciproca posizione in quota.

Nel caso dei corsi d'acqua, questa variabile considera l'ubicazione del corso d'acqua esaminato rispetto alla galleria, sia per quanto riguarda la quota che per quanto riguarda la posizione del bacino che contiene il corso d'acqua. L'effetto della quota è massimo (valore 2) quando la galleria sottende il bacino del corso d'acqua ed è minimo (valore 1) quando la galleria è topograficamente più elevata del corso d'acqua. Vi è poi un caso intermedio, in cui la galleria si trova più bassa del corso d'acqua, ma sotto ad un bacino limitrofo (valore 1,5).

8.4.4. CONSIDERAZIONI SULL'INDICE DHI

L'indice DHI, di cui non si riportano i risultati applicativi per ragioni di riservatezza dei dati, risulta essere un valido strumento per l'individuazione preventiva delle sorgenti e dei corsi d'acqua a rischio di essiccamento a causa della realizzazione di un'opera sotterranea.

Strumenti come questo risultano fondamentali per la valutazione dei futuri impatti di un'opera sotterranea sui corpi idrici circostanti. La conoscenza, con un buon margine di sicurezza, dei punti d'acqua che subiranno un essiccamento totale o parziale permette azioni preventive e mitigative assai rilevanti sia per l'uomo che per gli ecosistemi interessati.

Come tutti i modelli concettuali di funzionamento anche il DHI richiede necessariamente una calibrazione che deve essere effettuata caso per caso e il miglioramento di tale metodologia passa attraverso la sua applicazione in contesti idrogeologici differenti.

9. CONCLUSIONI DELLA RICERCA

L'obiettivo della ricerca è stato quello di definire un approccio metodologico da applicare per lo studio delle interferenze tra un acquifero e un'opera sotterranea.

Come già illustrato nei capitoli introduttivi, lo studio è stato circoscritto ad una casistica, per ovvie ragioni, limitata, sia dal punto di vista dei sistemi acquiferi analizzati che delle opere interferenti e delle tecniche di monitoraggio. In particolare, visti i casi studio a disposizione, l'attenzione è stata rivolta maggiormente ad acquiferi di tipo carsico.

La ricerca non può considerarsi sicuramente esaustiva in quanto andrebbero condotti ulteriori studi, soprattutto per quanto riguarda gli acquiferi porosi e fratturati, comunque presi in considerazione ma in maniera meno approfondita. Ciononostante l'approccio metodologico di seguito sintetizzato può essere considerato valido ed applicabile anche per queste tipologie di acquifero.

Tale approccio vuole essere uno stimolo ed un contributo alla definizione di una procedura riconosciuta e standardizzata a livello normativo per lo studio delle interferenze acquifero-opera sotterranea in ambito idrogeologico.

Fermo restando l'analisi più approfondita affrontata nei capitoli precedenti, si ritiene opportuno riassumere di seguito i tratti principali dell'approccio definito e in generale quanto emerso dalla ricerca.

Lo studio dell'interazione tra acquifero ed opere in sottterraneo non può prescindere dalla conoscenza e dall'applicazione dell'**apparato normativo** in materia di monitoraggio ambientale, qualità delle acque e adempimenti per la realizzazione di progetti.

Risulta di fondamentale importanza, anche se non trattata esplicitamente, l'analisi della **letteratura** esistente in ambiti e situazioni analoghe a quella che si dovrà affrontare.

La corretta **ricostruzione del modello geologico** e del conseguente modello **idrogeologico** deve essere realizzata sia mediante rilievi e sopralluoghi in situ sia attraverso dati geognostici già esistenti o derivanti da sondaggi realizzati ad hoc. La definizione di un modello idrogeologico errato conduce ad una errata stima degli apporti idrici e delle portate che il sistema acquifero è in grado di erogare con conseguenze dirette sulle operazioni di scavo e sulla sicurezza del cantiere durante la realizzazione di un'opera in sottterraneo.

La **configurazione di un piano di monitoraggio** è un'attività imprescindibile per lo studio delle interferenze tra un'opera ed un acquifero. Esso deve essere così articolato:

- monitoraggio ante opera,
- monitoraggio in corso d'opera,
- monitoraggio post opera.

Il monitoraggio ante opera, che dovrebbe durare almeno un anno, è fondamentale sia per la comprensione del modello concettuale alla base del funzionamento dell'acquifero interessato sia per definire il livello del "bianco" rispetto ai parametri che saranno rilevati in corso d'opera.

Gli impatti più rilevanti sui sistemi acquiferi interferenti un'opera possono verificarsi durante la fase di realizzazione di questa. Pertanto è necessario prevedere un monitoraggio adeguato durante tutto il periodo di cantierizzazione dell'opera, al fine di limitare i rischi connessi alle interferenze con gli acquiferi (es. inrush, sinkhole, ecc.) e permettere di intervenire tempestivamente nel caso di situazioni potenzialmente a rischio.

Il monitoraggio post opera, infine, consente di verificare in fase di esercizio l'esattezza delle previsioni elaborate durante le fasi precedenti.

Il monitoraggio idrogeologico passa attraverso misurazioni effettuate in diversi punti d'acqua nella zona in cui l'opera sarà realizzata: emergenze, pozzi e piezometri, corsi d'acqua superficiali. A tal proposito deve essere identificata l'area su cui realizzare il monitoraggio, area che potrebbe essere anche molto estesa rispetto all'opera in sottterraneo da realizzare. Tale estensione è strettamente correlata al modello geologico e idrogeologico che bisogna realizzare prima di eseguire un'opera.

Affinché il monitoraggio possa restituire dei dati attendibili e significativi dell'acquifero interessato bisogna prestare particolare cura sia alla corretta installazione degli strumenti sia alle prestazioni dello strumento stesso ed in particolare alla sua risoluzione. In tale contesto si preme sottolineare l'importanza della taratura degli strumenti adoperati per il monitoraggio, effettuata con frequenza idonea in funzione del parametro da misurare.

La configurazione del monitoraggio deve prevedere un approccio integrato tra le misure di tipo manuale e le misure di tipo automatico: queste ultime, infatti, consentono il controllo continuo (o meglio ad alta frequenza) nel tempo delle variazioni dei parametri che caratterizzano il sistema acquifero. Tali misure devono comunque essere verificate e calibrate con opportune misurazioni manuali.

La conoscenza di un acquifero e delle conseguenti interferenze con un'eventuale opera sotterranea non può escludere il monitoraggio degli apporti, siano essi di tipo liquido (piogge) che di tipo solido (fusione nivale). Il rapporto tra input (Piogge, fusione nivale) e output (sorgenti, pozzi, ecc) è un elemento chiave per la comprensione del modello idrogeologico.

Durante le operazioni di scavo di un'opera sotterranea l'intercettazione di venute idriche impone la realizzazione di un sistema atto ad allontanare queste dalla zona di cantiere. Risulta quindi essenziale il controllo di tali scarichi; in questo senso acquista grande interesse il controllo della torbidità, problema spesso frequente durante la realizzazione di opere in sottterraneo. A tal proposito è sempre bene prevedere delle vasche di sedimentazione che permettano la deposizione dei componenti solidi dispersi in acqua.

L'intercettazione di acque caratterizzate da sostanze chimiche che superano le soglie previste dalla legge comporta interventi e trattamenti piuttosto onerosi. Dato l'elevato costo relativo all'eventuale trattamento degli scarichi è raccomandabile eseguire delle analisi chimiche per determinare i valori di fondo ambientali nei corpi idrici circostanti l'opera.

Oltre allo studio degli aspetti idrodinamici e degli aspetti chimico-fisici (Conducibilità elettrica specifica e Temperatura), anche il campionamento e le successive analisi di laboratorio sono indispensabili per caratterizzare le acque.

L'interconnessione tra la circolazione delle acque superficiali e/o sotterranee con l'opera può essere studiata anche con l'ausilio di test con traccianti, strumento fondamentale per evidenziare le modalità di arrivo ed i tempi delle acque che circolano in superficie e nel sottosuolo.

L'analisi dei casi studio ha evidenziato inoltre la necessità di includere nel piano di monitoraggio due aspetti poco conosciuti ma piuttosto frequenti che possono determinare interferenze significative: l'aggressività delle acque e la presenza di radon disciolto nelle acque.

Il monitoraggio di un sistema acquifero deve essere affiancato dallo sviluppo di un **modello concettuale** dell'acquifero stesso che ne descriva, in modo semplificato, il suo funzionamento.

Nell'ambito della ricerca si è tentato di individuare i diversi modelli concettuali che fanno riferimento sia ad acquiferi porosi che fratturati e/o carsificati.

Nella consapevolezza che sistemi acquiferi in rocce fratturate e materiali porosi presentano tra loro differenze sostanziali, sono stati definiti tre "macro-modelli" nel tentativo di identificare le modalità di circolazione delle acque sotterranee applicabili ad entrambi gli acquiferi individuando: sistemi acquiferi ad elevata velocità di flusso, sistemi acquiferi a moderata velocità di flusso e sistemi acquiferi a bassa velocità di flusso.

Anche l'individuazione di modelli concettuali relativi alla **tipologia di alimentazione** dell'acquifero interessato dall'opera riveste notevole importanza. Le diverse modalità di alimentazione infatti devono essere prese in considerazione per la previsione degli impatti e la conseguente definizione dell'estensione e della tipologia di monitoraggio. Sono state pertanto distinte principalmente tre diverse tipologie di alimentazione (primaria, secondaria e mista), relative agli apporti legati alla:

- ricarica diretta (piogge o fusione nivale) che interessa nel tempo unicamente l'acquifero interessato dall'opera in sottoterraneo;
- acque di ruscellamento provenienti da ammassi rocciosi poco permeabili o da travasi di acquiferi secondari (in genere detritici o fratturati) che contribuiscono alla ricarica dell'acquifero in esame.

In questo contesto lo studio dell'andamento delle temperature dell'acqua e dell'aria si è rivelato essere un buon indicatore della tipologia di alimentazione.

Il modello concettuale ed il monitoraggio hanno un rapporto biunivoco, in quanto il monitoraggio consente il controllo relativo ad un modello concettuale che a sua volta permette la realizzazione di un piano di monitoraggio più mirato ed efficace.

Da una parte, infatti, è fondamentale la taratura del modello concettuale tramite il monitoraggio, affinché questo sia effettivamente rappresentativo della realtà che modella. Dall'altra è consigliabile ottimizzare il piano di monitoraggio all'effettiva struttura del sistema acquifero descritta dal modello.

Il lavoro di ricerca è stato avallato dall'analisi di alcuni **casi studio** significativi in termini di interferenze tra sistema acquifero e un'opera sotterranea. I casi studio esaminati sono:

- acquifero impostato nei livelli di gesso carsificati di una cava in sottoterraneo (Moncalvo (AT));
- acquifero impostato nei livelli di gessi carsificati di una cava in sottoterraneo (Calliano (AT));
- acquifero impostato in un massiccio carbonatico ed interessato dallo scavo di un tunnel stradale (Traforo del Colle di Tenda (Piemonte Meridionale));

- acque superficiali interessate dalla futura realizzazione di un tunnel ferroviario (Val Susa (Piemonte Settentrionale))

L'analisi dei casi studio nell'ambito della ricerca ha svolto un duplice ruolo: da una parte, infatti, sono stati identificati e classificati procedure ed approcci applicati nello studio di casi reali e dall'altra si è cercato, durante lo sviluppo della ricerca, di applicare a ciascuno di essi la metodologia operativa proposta.

Da questi casi è stato inoltre possibile dedurre delle considerazioni generali descritte sinteticamente di seguito.

Le cave di gesso ubicate nei comuni di Moncalvo e Calliano, in provincia di Asti, distano circa 7 km tra loro e risultano analoghe, in molti aspetti, sia da un punto di vista geologico che morfologico. La loro grande diversità è insita nella loro struttura idrogeologica.

L'acquifero carsico impostato nei livelli di gesso di Moncalvo ha evidenziato una struttura a **dreni interconnessi** (o a moderata velocità di flusso) caratterizzata da grandi condotti carsici a pieno carico idraulicamente collegati ad una vasta rete di discontinuità. In acquiferi di questo tipo la ricostruzione della superficie piezometrica mediante misure eseguite in piezometri può risultare non significativa o non realizzabile in quanto legata unicamente ai livelli idrici locali intercettati dai fori di sondaggio e non rappresentativa della circolazione impostata nei condotti carsici a pieno carico di medie e grandi dimensioni. La realizzazione di opere sotterranee in contesti analoghi richiede dunque livelli di attenzione elevati a causa di possibili venute improvvise durante lo scavo (inrush). Sarà quindi opportuno prevedere perforazioni in avanzamento al fine di individuare eventuali condotti con carichi idraulici importanti e consentirne lo svuotamento in modo controllato.

Le analisi chimiche, in tal senso, forniscono preziose informazioni per comprendere le diverse circolazioni all'interno dell'ammasso roccioso impostate in condotti o in rete di fratture legate a circolazione profonda.

L'acquifero impostato nei livelli di gesso di Calliano ha evidenziato invece una struttura costituita da una fitta rete di fratture distribuita omogeneamente in tutto l'ammasso. La fratturazione così diffusa rende il mezzo di tipo "continuo" e permette una **circolazione di tipo dispersivo**. La realizzazione di opere sotterranee in acquiferi così strutturati deve prevedere un monitoraggio che si estende anche in zone molto distanti rispetto all'opera in quanto la sua interferenza può raggiungere punti d'acqua (sorgenti, pozzi, corsi d'acqua superficiali) anche molto lontani.

In contesti simili si possono escludere fenomeni di inrush ma sarà necessario prevedere adeguati sistemi di impermeabilizzazione del cavo sotterraneo, per impedire uno stravolgimento della circolazione delle acque sotterranee e superficiali.

In questa tipologia di acquiferi è possibile la ricostruzione della superficie piezometrica essendo presente un unico acquifero esteso all'intero ammasso roccioso.

Lo studio di questi due sistemi acquiferi impostati in ammasso roccioso insieme al sistema acquifero alimentante la sorgente del Rio Basino (Bologna) ha permesso di delineare un **modello concettuale relativo alla circolazione delle acque in ammassi gessosi**. Tale modello riprende i concetti più generali già applicati ad acquiferi impostati in ammassi carbonatici.

Il caso studio dell'acquifero impostato nel **massiccio carbonatico del Col di Tenda** in merito al raddoppio di un tunnel stradale che verrà realizzato il prossimo anno ha permesso di affrontare numerosi aspetti riguardanti le possibili interferenze tra opera sotterranea e sistema acquifero. Il monitoraggio idrogeologico messo in opera ha consentito di comprendere il modello concettuale dell'acquifero indicante un sistema caratterizzato da permeabilità non elevate con una circolazione prevalentemente impostata in corrispondenza di un esteso reticolo fratturato e con assenza di importanti condotti carsici. Tale acquifero alimenta una importante sorgente captata ad uso idropotabile localizzata ad una distanza di alcune centinaia di metri rispetto al nuovo tunnel stradale.

Il confronto dell'andamento di livelli piezometrici della porzione dell'acquifero interessato dal tunnel e della sorgente ha permesso di appurare l'esistenza di uno stretto legame tra le due zone del medesimo acquifero. Poiché l'opera interessa solo in minima parte la porzione della zona satura dell'acquifero è risultato che il depauperamento quantitativo della risorsa idrica sarà molto ridotto. Sulla base di tale collegamento è stato valutato il potenziale rischio di depauperamento sia quantitativo che qualitativo delle acque della sorgente. L'impiego di metodologie di consolidamento dell'ammasso roccioso attraverso l'iniezione di malte cementizie potrebbe invece condizionare pesantemente la qualità delle acque sotterranee per l'arrivo alla sorgente di certi quantitativi di cemento e degli additivi che in genere sono utilizzati per fluidificare od addensare le soluzioni cementizie. Le analisi chimiche delle acque non possono essere realizzate in intervalli temporali piuttosto brevi per costi eccessivi e di conseguenza è stato studiato un piano di monitoraggio che prevede un rilevamento in continuo di alcuni parametri che indicano l'arrivo delle malte cementizie. Sono pertanto stati eseguiti in laboratorio una serie di test per individuare i parametri più idonei. Tali prove hanno evidenziato che il valore del pH e della torbidità sembrano essere i parametri più adatti a tale scopo.

L'ultimo caso studio analizzato riguarda il problema dell'interferenza tra lo scavo in sottterraneo e le acque superficiali. La realizzazione di queste opere può infatti ridurre o addirittura annullare del tutto il flusso nei reticoli idrici superficiali portando un grave danno al sistema ambientale. Molti sono infatti, in letteratura, gli esempi che descrivono importanti impatti di questo tipo. La ricerca finalizzata alla sperimentazione di un modello che prevede l'interferenza tra scavi in sottterraneo e acque superficiali, è stata condotta in corrispondenza di una serie di corsi d'acqua che potrebbero essere interessati da rilevanti riduzioni del flusso idrico legati alla realizzazione di un tunnel ferroviario in Val di Susa. Il modello parametrico utilizzato si è rivelato un buon strumento per evidenziare tali impatti sull'ambiente. Tali modelli risultano efficaci se si conoscono in modo approfondito le situazioni idrogeologiche dell'area interessata che a loro volta vengono delineate dai dati di monitoraggio e da altri studi (es. test con traccianti, analisi chimiche, ecc).

In conclusione risulta che lo studio delle interferenze tra le acque sotterranee e superficiali con le opere in sottterraneo è un argomento molto vasto e complesso ed il suo approfondimento richiede un'analisi ed una casistica molto più ampia rispetto a quella presentata nella presente ricerca che, per ovvie ragioni, è stata limitata ad alcuni casi studio sul territorio regionale.

Le lacune legislative in questo ambito comportano approcci non strutturati a tali problematiche e spesso non basati su un piano di monitoraggio eseguito a regola d'arte. La ricerca svolta sottolinea proprio l'importanza della componente "monitoraggio" all'interno del processo di progettazione e successiva realizzazione di un'opera in sottterraneo.

10. BIBLIOGRAFIA

- Banzato, C. (2009, Aprile). Monitoraggio di sorgenti e determinazione di nuove metodologie per la definizione delle aree di salvaguardia. Torino.
- Civita, M. (2005). Casi-studio: gli impatti di grandi gallerie italiane sulle RIS. In M. Civita, *Idrogeologia applicata e ambientale* (p. 584-586). Torino: Casa Editrice Ambrosiana.
- Civita, M. (2005). *Idrogeologia applicata e ambientale*. Torino: Casa Editrice Ambrosiana.
- Civita, M., Cocozza, T., Forti, P., Perna, G., & Turi, B. (1983). Idrogeologia del bacino minerario dell'Iglesiente (Sardegna su Occidentale). In *Memorie dell'istituto italiano di speleologia Vol 2,2* (p. 137).
- Civita, M., De Maio, M., Fiorucci, A., Pizzo, S., & Vigna, B. (2002). Problematiche idrogeologiche. *Le opere in sotterraneo e il rapporto con l'ambiente* (p. 73-106). Torino: Patron editore.
- Colleparidi, S., Ogoumah Olagot, J., Simonelli, F., & Troli, R. (s.d.). *Degrado del calcestruzzo per attacco solfatico*. Tratto da <http://www.enco-journal.com/journal/ej48/silvia.html>
- Dematteis, A. (2008). Come prevenire e gestire venute d'acqua in galleria. *Gallerie & Tunneling*, 2-6.
- Dematteis, A., Kalamaras, G., & Eusebio, A. (2001). A system approach for evaluating springs drawdown due to tunneling. *Progress in tunnelling after 2000* (p. 257-264). Milano: Patron Editore.
- Dimitros, K., & Wagner, P. (2007). Groundwater ingress to tunnels - The exact analytical solution. *Tunneling and underground space technology*, 23-27.
- Fiaschetti, M., Tomei, F., Tasciotti, Z., S, D. S., Giubilati, R., Tomei, G., et al. (s.d.). *Rischio radon e prevenzione*. Tratto da <http://w3.uniroma1.it/medicinadellavoro/Struttura/Articoli/Nuova%20cartella/radon.pdf>
- Fiorucci, A. (s.d.). Corrosione e aggressività. Torino.
- Galleani, L., Vigna, B., Banzato, C., & Lo Russo, S. (2011). Validation of a Vulnerability Estimator for Spring Areas: the VESPA index. *Journal of Hydrology*, 233-245.
- Gaspar, E. (1987). *Modern trends in tracer hydrology*. CRC Press.
- Gattinoni, P. (s.d.). *Valutazione del rischio idrogeologico connesso alle opere in sotterraneo*. Tratto da Engeology.eu: www.engeology.eu
- Lepiller, M., & Modain, P. (s.d.). Les tracages artificiels en hydrogeologie karstique.
- Longinelli, A., & S, D. (1999). *Introduzione alla geochimica*. Torino: Utet.
- Marchionatti, F. (2008, Dicembre). Nuove sperimentazioni sull'utilizzo dei traccianti fluorescenti in campo idrogeologico. Torino.
- Massoli-Novelli R, P. M. (s.d.). *Impatto idrogeologico delle gallerie autostradali del Gran Sasso*. Roma.
- N, K., Colleuille, H., Wong, W., & Pedersen, T. (2000). Simulation of groundwater drainage into a tunnel in fractured rock and numerical analysis of leakage remediation, Romeriksporten tunnel, Norway. *Hydrogeology Journal*, 480-493.
- Pagliano, S. (2008, Dicembre). Interazione di uno scavo in sotterraneo con l'acquifero: caso studio Colle di Tenda. Torino.

- Perrochet, P., & Dematteis, A. (2007). Modeling Transient Discharge into Tunnel drilled in Heterogeneous Formation. *Ground water*, 786-790.
- Piccinini, L., & Vincenzi, V. (2010). Impacts of a railway tunnel on the stream baseflow verified by Means of numerical modelling. *AQUA Mundi*, 123-134.
- Premadasa, M., K, A., & Waterman. (2003). Identifying environmental impacts of underground construction. *Hydrogeology Journal*, 1160-1170.
- Rombini, F. (1996). *Gli scavi in sotterraneo*. Bologna: Azienda Usl di Ravenna.
- Shu-cai, L., Zong-qing, Z., Li-ping, L., Zhen-hao, X., Qian-qing, Z., & Shao-shuai, S. (2013). Risk assesment of water inrush in karst tunnels based on attribute synthetic evaluation system. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 50-58.
- Vigna, B. (1992). Gli acquisitori automatici portatili: applicazioni e risultati ottenuti nello studio delle rocce fessurate. *Ricerca e Protezione delle Risorse Idriche Sotterranee delle Aree Montuose*, (p. 277-296). Brescia.
- Vigna, B. (2002). Monitoraggio e valutazione della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi carsici. *Le risorse idriche sotterranee delle Alpi Apuane: conoscenze attuali e prospettive di utilizzo*, (p. 23-35). Forno di Massa.
- Vigna, B. (2007). Schematizzazione e funzionamento degli acquiferi in rocce carbonatiche. In *Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia* (p. 21-26). Bologna.
- Vigna, B. (2013). Modelli concettuali relativi agli acquiferi in rocce carbonatiche. *La ricerca carsologica in Italia*. Frabosa Soprana (CN).
- Vincenzi, V., Piccinini, L., Gargini, A., & Sapigni, M. (2010). Parametric and numerical modelling tools to forecast hydrogeological impacts of a tunnel. *AQUA Mundi*, 135-154.
- Yung-Chia, C., & Chia, Y. (2012). The impact of groundwater discharge to the Hsueh-Shan tunnel on the water resources in northern Taiwan. *Hydrogeology Journal*, 1599-1611.