MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITA' E DELLA RICERCA

Programmi di ricerca cofinanziati - Modello E
Relazione scientifica conclusiva sui risultati di ricerca ottenuti - ANNO 2007
prot. 200788W4EC

1. Area Scientifico Disciplinare principale	*08: Ingegneria civile ed Architettura*
2. Coordinatore Scientifico del programma di ricerca	*SALANDIN Paolo*
- Università	*Università degli Studi di PADOVA*
- Facoltà	*Facoltà di INGEGNERIA*
- Dipartimento/Istituto	*Dip. INGEGNERIA IDRAULICA, MARITTIMA, AMBIENTALE E GEOTECNICA*
3. Titolo del programma di ricerca	*Problematiche legate alla complessità e all'incertezza nei problemi di flusso e trasporto nelle formazioni naturali eterogenee*
4. Settore principale del Programma di Ricerca:	*ICAR/02*
5. Costo originale del Programma:	*95.000 €*
6. Quota Cofinanziamento MIUR:	*40.000 €*
7. Quota Cofinanziamento Ateneo:	*22.243 €*
8. Finanziamento totale:	*62.243 €*
9. Durata:	*24 mesi*

10. Obiettivo della ricerca eseguita

Obiettivo dichiarato nel programma di ricerca era quello di esaminare alcune delle principali problematiche che si presentano nello studio dei casi di pratico interesse relativi a flusso e trasporto nelle formazioni naturalmente eterogenee e di suggerire tecniche e metodi utili alla loro soluzione. Questo cercando un riscontro pratico in una situazione reale - quella dell'acquifero di Settolo, località del comune di Valdobbiadene (TV) - delle tecniche suggerite per via teorica e dei modelli messi preliminarmente a punto su casi sintetici.
In tale ottica la ricerca prevedeva la messa a punto di modelli su casi sintetici, prendendo in considerazioni l'interazione fra le acque di falda e quelle superficiali, la stima della permeabilità negli acquiferi a partire dalle curve granulometriche, l'interpretazione di prove d'iniezione e con traccianti, la modellistica di trasporto condizionato a scala locale, considerando anche la distribuzione di probabilità della concentrazione nei processi dispersivi degli acquiferi naturali.
Parallelamente si doveva provvedere alla caratterizzazione geofisica e alla strumentazione del sito sperimentale preliminarmente individuato, allo scopo di raccogliere dati di carattere idrometrico, pluviometrico, freatimetrici, e per sviluppare prove di pompaggio, prove di iniezione controllata e test con traccianti salini.
I risultati di una campagna di indagini sulle proprietà chimico - fisiche delle acque di falda avrebbero integrato i dati acquisiti mediante la strumentazione installata.

11. Descrizione della Ricerca eseguita e dei risultati ottenuti

1) Studio su casi sintetici dei modelli d'interazione fra acque superficiali e acque di falda.
Una procedura di assimilazione dati a carattere sequenziale basata sull'algoritmo ensemble Kalman Filter (EnKF) è stata implementata in un modello numerico che tratta in modo accoppiato i deflussi superficiali e le acque di falda (CatHy). Scopo dello studio è verificare come l'assimilazione di misure sporadiche (nello spazio e nel tempo) relative a piezometria, contenuto volumetrico d'acqua, portate in una o più sezioni di controllo, possano migliorare la descrizione della risposta idrologica in termini di deflusso sotterraneo e superficiale. Il bacino è considerato soggetto a forzanti naturali (precipitazioni ed evapotraspirazione) le cui misure possono essere affette da errore, come pure è incerta la caratterizzazione delle caratteristiche idrauliche (e.g. conducibilità idraulica) delle formazioni porose. Oltre a una dettagliata analisi del caso relativo ad una colonna verticale di terreno, per valutare gli effetti indotti dalla frequenza di assimilazione e dalla assimilazione di quantità diverse (deflussi superficiali e piezometrica) sono state sviluppate numerose simulazioni completamente tridimensionali in un bacino schematico a forma di V. I risultati mostrano che la previsione delle portate superficiali è accurata quando vengano assimilate sia entrambe le informazioni relative al deflusso superficiale e alla piezometrica, sia considerando le stesse singolarmente. Al contrario, l'assimilazione dell'una o dell'altra di tali quantità fatta singolarmente, non restituisce soddisfacenti riproduzioni dei volumi d'acqua in sotterraneo e della loro distribuzione spaziale. Un elevata frequenza di acquisizione (in relazione ai tempi caratteristici di formazione della piena nel bacino) dei dati da assimilare, risulta particolarmente utile quando vengano acquisite entrambe le informazioni relative alla piezometria e alla portata. Dall'analisi emerge chiaramente che la corretta identificazione dello stato sotterraneo del bacino permette anche un miglioramento nella previsione dei deflussi superficiali mentre non è in genere vero il contrario. I risultati dello studio sono descritti in dettaglio nella memoria (2).
In una ulteriore memoria lo studio si focalizza sui dati relativi al "Brisy catchment", un piccolo bacino (4.64 km2 di superficie) in Belgio, per analizzare a confronto le prestazioni di due diverse tecniche di assimilazioni dati (nudging e ensemble Kalman Filter) implementate nel modello numerico che tratta in modo accoppiato i deflussi superficiali e le acque di falda (CatHy). Il primo dei due metodi, il nudging, è facile da implementare e comporta un minore onere computazionale, ma la sua abilità nel ricostruire la reale condizione del bacino è fortemente influenzata dal numero dei punti di monitoraggio disponibili sul bacino. In particolare si è dimostrato come l'assimilazione contenuto volumetrico d'acqua e dell'altezza di falda migliora solo localmente, in prossimità dei punti di osservazione, la ricostruzione del deflusso sotterraneo. Di conseguenza, l'idrogramma superficiale non viene correttamente ricostruito senza poter disporre di un elevato numero di punti di osservazione, venendo altrimenti sottostimato il volume d'acqua sotterraneo (almeno nelle condizioni di bacino insaturo analizzato nelle simulazioni prese in considerazione nel lavoro). Modificare le funzioni di peso del nudging, porta a correlazioni spurie tra i risultati relativi a posizioni caratterizzate da un differente dinamica di processo, e un miglioramento nella ricostruzione dei volumi sotterranei è possibile solo a costo di un maggior onere computazionale legato all'incremento del parametro di rilassamento. Miglioramenti alle prestazioni del nudging possono ottenersi dall'utilizzo delle strutture di covarianza dedotte dall'ensemble Kalman Filter per definire opportunamente le funzione di peso. A fronte di ciò, l' ensemble Kalman Filter è più oneroso dal punto di vista computazionale, ma offre prestazioni complessivamente migliori nella ricostruzione della reale evoluzione idrologica del bacino. I dettagli sono riportati in (3).
La descrizione del modello d'interazione fra le acque superficiali e sotterranee (CatHy) è riportata in (4). In tale lavoro è riportato in dettaglio il modello CatHy che descrive il movimento dell'acqua nelle formazioni porose risolvendo nel caso tridimensionale l'equazione di Richards, considerando quindi sia la fase satura che

quella non satura, mentre il deflusso superficiale è simulato per mezzo di un semplice modello cinematico.
Ad integrazione dei lavori precedenti è stata sviluppata una procedura per la previsione di portate e livelli da cui definire le condizioni al contorno da assegnare ai modelli numerici sviluppati nell'ambito della presente ricerca. Sono stati ottenuti risultati interessanti circa la possibilità di previsione a breve termine delle piene fluviali e, a medio termine, dell'andamento delle curve di esaurimento dei deflussi in condizioni di magra. Tenuto conto che le dinamiche della falda nel sito sperimentale di Settolo (TV) sono fortemente influenzate dai livelli idrometrici del fiume Piave, i risultati dello studio potranno essere utilizzati a scopo previsionale nei previsti sviluppi della ricerca. I risultati sono riportati in (1).

2) Studio su casi sintetici dei modelli interpretativi delle prove con traccianti
Negli ultimi anni le tecniche geofisiche sono sempre più utilizzate per lo studio dei processi di trasporto in falda. Fra le altre, la tomografia elettrica con resistività (ERT) sembra rappresentare un interessante strumento per la caratterizzazione del trasporto di soluti in falda, potendo da essa ottenersi immagini tridimensionali dell'evoluzione spazio temporale della nuvola di soluto. Il metodo può quindi fornire informazioni sulla distribuzione spaziale delle caratteristiche idrauliche e strutturali delle formazioni attraversate che risultano strettamente legate al processo convettivo - dispersivo misurato. La deduzione delle proprietà quali conducibilità idraulica, porosità, storatività, risulta di fatto complicata dall'eterogeneità delle formazioni naturali, come pure l'incerta conoscenza delle condizioni iniziali (distribuzione delle concentrazioni, campo di moto) relative all'immissione di soluto che controlla la successiva evoluzione dei soluti. Per risolvere il problema, è stato sviluppato un modello Lagrangiano di trasporto che, accoppiato ad una procedura di assimilazione dati del tipo EnKF, permetta di acquisire le informazioni derivanti dall'indagine ERT sviluppata in relazione a prove con traccianti. Le informazioni relative all'evoluzione della nuvola di soluto, permettono di apportare successive correzioni alla distribuzione di conducibilità idraulica (inizialmente assegnata a caso). Allo stato attuale non si dispone ancora di misure di campo e il modello è stato testato su casi sintetici. A partire da una distribuzione nota della conducibilità idraulica dell'acquifero, è stata simulata una prova con traccianti, "registrando" a tempi prefissati la distribuzione delle concentrazioni nell'acquifero, immaginando che tali informazioni possano essere dedotte da tecniche ERT su di un acquifero reale. Il modello accoppiato di trasporto Lagrangiano e assimilazione dati ha dimostrato di essere in grado di ricostruire, basandosi solo su tali informazioni, la distribuzione della conducibilità idraulica del caso "reale" con buona approssimazione. I primi risultati di tale attività sono stati oggetto della presentazione (5), mentre una più dettagliata e approfondita indagine sulla tecnica suggerita per la ricostruzione della distribuzione locale di conducibilità idraulica a partire dall'analisi di test con traccianti è riportata nei lavori (9) e (12). Una descrizione generale delle tecniche derivate dal filtro di Kalman e dalla loro applicazione per l'identificazione dei parametri degli acquiferi è fatta in (13).
I risultati di studio su quali siano le conseguenze indotte dagli errori insiti nell'informazioni dedotte da ERT applicata a test con traccianti sulla ricostruzione delle proprietà eterogenee dell'acquifero sono stati oggetto della presentazione (6). Il medesimo argomento è più ampiamente discusso nel manoscritto:
Camporese M, Cassiani G, Deiana R, Salandin P. (2010). Assessment of local hydraulic properties from Electrical Resistivity Tomography monitoring of synthetic tracer test experiments, preparato per una possibile pubblicazione su rivista internazionale.

3) Modellistica di trasporto e tecniche di caratterizzazione a scala locale
E' stato analizzato mediante l'uso di un modello il cui sviluppo è basato sugli elementi finiti stocastici (SFEM), la mutua rilevanza delle dimensioni finite del plume e della procedura di condizionamento dei risultati basata su misure locali di trasmissività. I risultati de lavoro sono esposti nel manoscritto
Darvini G, Salandin P. (2010). Analysis by SFEM of the dispersion processes in conditioned transmissivity field, preparato per una possibile pubblicazione su rivista internazionale.
Le discrepanze fra le evidenze deducibili dalla modellazione del processo dispersivo in acquiferi eterogenei a scala locale 3D e a scala regionale 2D, mettendo in evidenza come non sia possibile trascurare la dimensione iniziale dell'iniezione, sono state oggetto della presentazione (11).
Sono state inoltre sviluppate opportune metodologie, tradotte in codici di calcolo automatico appositamente implementati, basate sulla formulazione inversa del problema, che prevede, in luogo di seguire l'evoluzione di una generica particella partendo dalla sua posizione iniziale nel volume di immissione, di calcolare la posizione di partenza di quelle particelle che, al tempo generico, sono all'interno del volume di campionamento. L'implementazione di tali metodologie e la loro applicazione ad acquiferi sintetici, da un lato hanno permesso di validare i codici di calcolo e, dall'altro, hanno costituito la fase propedeutica alla successiva applicazione di tali approcci ad acquiferi reali. Le analisi in campo lineare sono state condotte sia per soluti passivi, sia per sostanze reagenti, assumendo un decadimento governato da una cinetica del primo ordine. Le analisi sono state condotte su un acquifero bidimensionale caratterizzato da un basso valore di varianza della log-conduttività (0.05), variando il numero di Péclet tra 10 e 10000. Inoltre, sono state effettuate numerose simulazioni variando le dimensioni trasversali iniziali dei plume inquinanti, in modo da valutare la soglia oltre la quale le condizioni di ergodicità possano essere ritenute valide. Infine, alcune variazioni sul coefficiente di decadimento hanno permesso di condurre una serie di analisi di sensitività sull'influenza della variabilità di tale coefficiente sulle curve di probabilità.
Per quanto riguarda la valutazione della permeabilità, anche in senso stocastico, a partire dalla sola granulometria dell'acquifero, una metodica di approccio al problema è offerta dal network-modeling, che consiste nella ricostruzione della struttura dei vuoti interni alla matrice solida di un ammasso poroso e la rappresentazione di essi mediante una rete di tubi capillari, per la valutazione della permeabilità. Il procedimento, mediante l'integrazione delle equazioni di Navier-Stokes all'interno dei canalicoli, permette di determinare la portata filtrante e di conseguenza, tramite la legge di Darcy, la permeabilità. I risultati ottenuti sono stati confrontati con i dati sperimentali reperibili in letteratura e con i risultati ottenibili dalle formule empiriche più comuni osservando che il metodo proposto rappresenta un'estensione di queste nelle pratiche applicazioni potendo tener conto di un maggior numero di parametri e della variabilità della permeabilità in funzione dell'impacchettamento casuale dei grani. I dettagli sono riportatati in (16).

4) Caratterizzazione geofisica e strumentazione del sito sperimentale di Settolo - Valdobbiadene (TV)
Per valutarne appieno le possibilità di applicazione ai casi reali, si provveduto alla caratterizzazione e strumentazione di un'area dove erano presenti alcuni pozzi ad uso acquedottistico di proprietà e/o gestiti dell'ex Consorzio Schievenin Alto Trevigiano, ora Alto Trevigiano Servizi (ATS) s.r.l. con sede a Montebelluna (TV). L'area in oggetto si trova lungo il corso del Fiume Piave ed è delimitata a Nord dalle pendici del Monte Cesen, a Sud-Ovest dalle pendici del Monte Grappa e a Sud dall'alveo del Fiume Piave. E' situata quindi nella fascia pedemontana del Trevigiano, in prossimità del comune di Valdobbiadene (TV), più precisamente in località Settolo Alto. La porzione qui d'interesse risulta prevalentemente pianeggiante - con quote che variano dai 165 m ai 155 m s.m.m. - e l'acquifero, di tipo freatico, ha potenza media di circa 40 m. L'alimentazione della falda è legata alle precipitazioni, alle acque provenienti dai versanti e alle dispersioni del fiume Piave stesso che scorre su alluvioni ad elevata permeabilità. Il sottosuolo è inoltre solcato da paleoalvei del fiume che, in epoca più o meno recente, ha più volte cambiato il suo percorso determinando delle zone con permeabilità differenziata. La caratterizzazione e strumentazione dell'area sviluppata nel biennio è la seguente.
a) Caratterizzazione geofisica di superficie.
*Sono stati eseguiti quattro profili tomografici, (Linea 1, Linea 2, Linea 3 e Linea 4), nella zona di Settolo Alto, nei pressi del Comune di Valdobbiadene (TV). Purtroppo si sono dovuti scartare a posteriori i risultati della Linea 1 perché viziati dalla presenza di altre tubazioni che hanno interferito con le analisi geoelettriche. La spaziatura interelettrodica è stata impostata a 10 m e le misure sono state effettuate in configurazione Wenner - Schlumberger, con una sequenza-base a 48 elettrodi e, talora, sequenze di roll-along da 24 elettrodi ciascuna. Complessivamente, i profili tomografici hanno richiesto due giorni di acquisizione dati. I dati raccolti sono risultati di buona qualità con la già citata eccezione della Linea 1. Dal risultato dell'inversione per la Linea 2 si possono notare tre principali livelli di variazione di resisitività, riconducibili a strutture di interesse geologico. Il primo, caratterizzato da valori di resistività molto elevati (tra i 1000 ed i 2000 Ohm*m), si colloca a profondità, rispetto al piano campagna, comprese tra 0 e 10 m; il secondo, sempre resistivo, ma con valori di resistività compresi tra i 400 ed 1000 Ohm*m, occupa la parte centrale della tomografia elettrica, raggiungendo profondità variabili tra i 20 e i 50 m circa; l'ultimo strato è invece caratterizzato da valori di resistività molto bassi (minori di 400 Ohm*m) e chiude la sezione indicata. Anche per la Linea 3, è possibile individuare una zona sub-superficiale molto resistiva, compresa tra la superficie del piano campagna e circa 10-20 m di profondità; una zona a resistività minore posta a circa 20-30 m dalla superficie del terreno ed, al di sotto di questa, una zona molto più conduttiva. Gli strati individuati nelle sezioni 2D delle Linee 2 e 3, si ripetono in maniera verosimile nell'immagine tomografica relativa alla Linea 4; unica differenza: la mancanza di alcune anomalie riscontrate per le altre linee. Una ulteriore linea di geoelettrica è stata sviluppata a posteriori in corrispondenza a una formazione, probabilmente una morena di origine glaciale, che divide il bacino del rio de Funer da quello del Piave allo scopo di analizzare le caratteristiche di tale formazione che sembra caratterizzata da valori estremamente bassi di conducibilità idraulica, venendo a rappresentare subito a nord dell'area in esame un confine naturale fra i due corsi d'acqua prima della loro confluenza.*
b) Monitoraggio del livello del Piave
E' stata installata una stazione di misura dei livelli in sponda sinistra del Piave, con lettura mediante sensore sonar e teletrasmissione dei dati acquisiti alla centrale dello Schievenin Alto Trevigiano. Nell'aprile 2010 si è provveduto all'installazione di un secondo misuratore di livello sul fiume Piave, in una sezione posta circa 1300 m a monte dalla precedente. La misura è fatta tramite una cella di pressione integrata da datalogger con frequenza di acquisizione di 1/10 minuti.
c) Installazione di sonde per la misura del livello di falda
Sono stati individuati otto pozzi utili per la registrazione in continuo dei livelli di falda mediante celle di pressione dotate di data logger per la registrazione degli stessi dati. La frequenza di acquisizione è stata fissata a 0,1 1/minuti, valore ritenuto sufficiente a cogliere sia le variazioni legate alle diverse forzanti ideologiche, sia quelle indotte dai pompaggi attuati a scopo irriguo che non sono inusuali nell'area di studio nel periodo estivo. Gli otto piezometri sono stati installati fra il mese di giugno e quello di luglio: sono disponibili dati utili per la ricerca e contemporanei su tutti i piezometri installati a partire dal mese di agosto. A tali dati va ovviamente aggiunto il livello misurato da ATS nel pozzo cosiddetto "base" che pompa a scopo idropotabile fino a 160 l/s. Nel novembre 2009 sono stati attivati i sensori in nuovi tre pozzi appositamente terebrati (dei quali si era fatto cenno nella relazione annuale) situati a sud dell'area in esame. A tali pozzi se ne sono aggiunti altri quattro, anch'essi appositamente terebrati subito a monte del pozzo base in previsione dello sviluppo di prove d'iniezione e con traccianti. Di questi due sono strumentati con sonde dotate di datalogger.

Con la recente installazione (estate 2010) di nuove sonde, sono attualmente 17 i punti di misura del livello di falda dell'acquifero, anche se occasionalmente sono stati osservati problemi di malfunzionamento di alcune sonde che hanno richiesto interventi di manutenzione, interrompendo (anche se per periodi limitati) la serie di dati rilevati in continuo. E' da sottolineare come tre di queste celle siano multiparametriche, acquisendo in contemporanea alle quote di falda anche i valori di temperatura e conducibilità elettrica.
c) Acquisizione del modello digitale del terreno dell'area in esame
E' stato acquisito il DTM riferito alla superficie topografica del territorio, con celle di 5m, derivato da un TIN realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia di Pisa nell'ambito del progetto DIGITALIA. I dati altimetrici utilizzati per la realizzazione del TIN derivano dalla Carta Tecnica Numerica della Regione Veneto. Per garantire un miglioramento sostanziale del prodotto, nell'ambito della realizzazione del TIN sono stati adottati particolari algoritmi per migliorare la rappresentazione altimetrica delle creste e dei fondovalle.
d) acquisizione di dati pluviometrici e idrometrici da terzi
Sono stati acquisiti a partire dal mese di luglio 2009 i dati pluviometrici relativi alla vicina stazione di Valdobbiadene Bigolino, assieme a quelli pluvio - idrometrici disponibili presso la derivazione del Bretelle, situata lungo il Piave subito a nord dell'area oggetto di studio.
e) analisi granulometriche
La terebrazione dell'ultimo pozzo realizzato, posto circa 60 m a monte del pozzo base, è stata fatta estraendo un campione continuo relativa all'intera profondità del pozzo (33 m). Di questa carota è stata fatta per ciascun metro di lunghezza del campione la caratterizzazione granulometrica e aerometrica, interpretando poi i risultati in termini di conducibilità idraulica secondo tecniche suggerite in letteratura. Una descrizione dettagliata del sito e della strumentazione installata è stata oggetto delle memorie e presentazioni (7), (14), (15). In tale ultima presentazione, come nel rapporto (17), sono stati esposti i risultati dell'applicazione di alcuni modelli, deterministici e non, interpretativi delle prove di pompaggio sviluppate e i risultati delle prime prove di iniezione realizzate nei nuovi pozzi terebrati.
Una prima applicazione al bacino sperimentale di Settolo - Valdobbiadene della tecnica di assimilazione dati EnKF accoppiata con il modello d'interazione fra acque superficiali e sotterranee descritto al punto 1) è riportata in (8).

5) Sviluppo di prove con traccianti e di iniezione
E' stata sviluppata una prova con tracciante a gradiente forzato iniettando una soluzione salina al 7% lungo tutta la profondità (circa 25 m) del pozzo d'iniezione. Il volume totale della soluzione (circa 14 m3) è stato iniettato in 30 minuti e il rilievo del tracciante è stato sviluppato mediante la tecnica Electrical Resisitivity Tomography (ERT) sfruttando tre pozzi disposti planimetricamente a triangolo circa 20 m a valle dalla posizione di iniezione. Il monitoraggio è stato protratto in continuo per la durata di quasi una settimana. I dati ottenuti di ottima qualità sono attualmente in corso di elaborazione e permetteranno la riproduzione tridimensionale dell'evoluzione del soluto. Le prime evidenze sono state oggetto della presentazione (10).

6) Analisi chimiche delle acque del sito sperimentale
E' stata eseguita l'analisi di un elevato numero di parametri chimico - fisici (Alcalinità totale, calcio, magnesio, potassio, rH, batteri, parametri chimici vari, antiparassitari totali, idrocarburi, metalli, cloruro, pH, torbidità, durezza, residuo secco) in campioni prelevati contemporaneamente da nove pozzi scelti opportunamente distribuiti nell'area sperimentale. I risultati riportati nel rapporto (17) sono attualmente in corso di studio per individuare le firme geochimiche delle acque e cercarle di porle in relazione ai loro diversi percorsi deducibili dalla modellazione matematica e/o dalle evidenze sperimentali.

E' comunque da sottolineare la realizzazione - con l'indispensabile collaborazione di ATS s.r.l. - di una campo studi strumentato in località Settolo - Valdobbiadene (TV) per l'analisi dei processi di flusso e trasporto in acquiferi naturalmente eterogenei sul quale sarà possibile lo sviluppo di ulteriori prove e analisi oltre a quelle già fatte nel corso del presente PRIN.

12. Problemi riscontrati nel corso della ricerca

Le problematiche riscontrate nello sviluppo dell'attività, hanno riguardato in particolare l'installazione della strumentazione nel sito sperimentale, lo sviluppo di alcune simulazioni e delle prove sperimentali con traccianti. In particolare esse sono:
1) il misuratore di livello in Piave, non essendo raggiunto dalla linea elettrica, è stato alimentato mediante l'uso accoppiato di pannelli solari e batterie tampone. La messa a punto di tale sistema di alimentazione ha richiesto più tempo del previsto per l'opportuna scelta delle batterie tampone che devono garantire il fabbisogno per tutto il periodo in cui i pannelli non sono illuminati adeguatamente (periodi con forte nuvolosità e piogge intense)
2) i piezometri utili per lo sviluppo delle prove con traccianti sono stati terebrati in ritardo rispetto il previsto. Uno solo di questi quattro piezometri rientra nella fascia di rispetto di una condotta della SNAM rete gas che corre a Sud-Est del pozzo base e la domanda di deroga inoltrata il 28 luglio 2009 alla SNAM ha avuto riscontro positivo ma ha ritardato notevolmente le operazioni; peraltro il posizionare tale piezometro completamente al di fuori della fascia di rispetto della condotta SNAM, avrebbe comportato un allineamento non ottimale del sistema previsto per lo svolgimento dei test con traccianti.
3) dalle prime misure e simulazioni effettuate, si è verificato che l'area oggetto di studio potrebbe essere influenzata non solo dal contributo pluviometrico diretto e dal Piave, ma anche da un piccolo rio (il Rio de Funer) che sversa in sinistra Piave poco a valle del campo pozzi. E' necessaria l'installazione (non prevista nel progetto originale) di un sistema di misura dei livelli su tale affluente che, per ragioni sia burocratiche che di disponibilità economica, non è ancora stata effettuata.
4) la modellazione dell'intero bacino del Rio de Funer più l'area propriamente sede del sito sperimentale risulta estremamente onerosa dal punto di vista computazionale per quanto riguarda le simulazioni tridimensionali dell'interazione fra falda superficiale e sotterranea e richiede tempi di calcolo molto lunghi.
5) risulta difficile garantire l'uniformità dell'iniezione lungo tutta la profondità del pozzo appositamente terebrato e, per contro, una iniezione che interessi una profondità limitata a qualche metro (fatta ad esempio con l'ausilio di packer) non descrive la complessiva variabilità verticale della conducibilità idraulica. Una possibile e originale soluzione è stata individuata ed è suggerita in (10).
6) sarebbe necessario avere più pozzi in grado di emungere elevate portate (dell'ordine di 100 l/s) nell'area in esame, per poter sollecitare da posizioni diverse l'acquifero. I costi per la terebrazione e la strumentazione di tale tipo di pozzo appaiono però insostenibili nell'ambito del progetto di ricerca, e possono essere coperti solo da ATS nel caso consideri conveniente incrementare lo sfruttamento dell'acquifero.
7) è ancora in fase di controllo la scala delle portate del fiume Piave alla traversa del Brentelle. La relazione disponibile presso gli uffici regionali risulta infatti alquanto datata e di definizione non del tutto certa. Una sua verifica / aggiornamento risulterebbe quantomai utile per trovare una certa corrispondenza fra i livelli liquidi che si instaurano in destra al campo pozzi (condizione al contorno per i modelli sviluppati e da sviluppare) e le portate che scorrono nel Piave: potendo così fare un uso previsionale delle serie storiche disponibili.

13. Risorse umane complessivamente ed effettivamente impegnate (da consuntivo)

	(mesi uomo) TOTALE
da personale universitario	*76*
altro personale	*32*
Personale a contratto a carico del PRIN 2007	*6*

14. Modalità di svolgimento (dati complessivi)

Partecipazioni a convegni:

	Già svolti (numero)	Da svolgere (numero)	Descrizione
in Italia	*5*	*0*	*Guardia Piemontese 2009 e 2010; Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche 2010*
all'estero	*6*	*0*	*AGU Fall Meeting 2008 e 2009; CMWR 2010; IAHR 2010*
TOTALE	**11**	**0**	

Per ogni campo di testo max 8.000 caratteri spazi inclusi

Articoli pertinenti pubblicati:

	Numero	Descrizione
su riviste italiane con referee	*1*	*(1) RUSSO D., CANALI M., FIOROTTO V., CARONI E. (2009). SULLA PREVISIONE DELLE PORTATE DI MAGRA NEI CORSI D'ACQUA NATURALI. Il caso del fiume Tagliamento. L'ACQUA, vol. 5/2009; p. 9-18, ISSN: 1125-1255*
su riviste straniere con referee	*3*	*(2) CAMPORESE M, PANICONI C, PUTTI M, SALANDIN P. (2009). Ensemble Kalman Filter Data Assimilation for a Process-based Catchment Scale Model of Surface and Subsurface Flow. WATER RESOURCES RESEARCH, vol. 45, W10421,, ISSN: 0043-1397, doi: 10.1029//2008WR007031* *(3) CAMPORESE M, PANICONI C, PUTTI M, SALANDIN P. (2009). A comparison of data assimilation techniques for a coupled model of surface and subsurface flow. VADOSE ZONE JOURNAL, vol. 8; p. 837-845, ISSN: 1539-1663, doi: 10.2136/vzj2009.0018* *(4) CAMPORESE M., C. PANICONI, M. PUTTI, AND S. ORLANDINI; 2010; Surface--subsurface flow modeling with pathbased runoff routing, boundary condition-based coupling, and assimilation of multisource observation data; Rivista: WATER RESOURCES RESEARCH; Volume: vol. 46; W02512, ISSN: 0043-1397, doi: 10.1029/2008WR007536*
su altre riviste italiane	*0*	
su altre riviste straniere	*0*	
comunicazioni a convegni/congressi internazionali	*7*	*(5) Camporese M, Cassiani G, Deiana R, Salandin P. (2008). Assessment of local hydraulic properties from Electrical Resistivity Tomography monitoring of tracer test experiments, Eos Trans. AGU, 89(53), Fall Meet. Suppl., Abstract H44C-05.* *(6) Deiana R, Camporese M., Cassiani G., Salandin P. (2009). Impact of ERT data inversion uncertainty on the assessment of local hydraulic properties from tracer test experiments; Eos Trans. AGU, 90(52), Fall Meet. Suppl., Abstract H51K-04.* *(7) Camporese M., Salandin P, Darvini G, Durigon R, Pizzaia P. (2009) Is it possible to use different data types and scales to reduce flow and transport uncertainty in natural heterogeneous formations? The experimental setup of the Settolo aquifer (Italy); Eos Trans. AGU, 90(52), Fall Meet. Suppl., Abstract H43F-1080* *(8) Camporese M, Da Deppo L, Salandin P, Pizzaia P. (2010). Reducing modeling uncertainty in natural aquifers: the experimental site of Settolo (ITALY). In: proceedings of XVIII CMWR. Barcellona (Spain), June 21-24.* *(9) Crestani E, Camporese M, Salandin P. (2010). Hydraulic conductivity assessment via tracer test data assimilation: a comparison of updating techniques. In: proceedings of Valencia IAHR Congress. Valencia (Spain), September 22-24.* *(10) Salandin P, Camporese M., Cassiani G, Deiana R, Perri M. (2010), On the relevance of the initial conditions in field tracer tests monitored by time lapse ERT: the Settolo (Italy) case study, Abstract H11E-0855 presented at 2010 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif., 13-17 Dec.* *(11) Darvini G, Salandin P. (2010), From the local to the regional scale. What is the effect of missing vertical heterogeneity moving from fully 3-D to 2-D depth averaged dispersion models?, Abstract H14B-01 presented at 2010 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif., 13-17 Dec.*
comunicazioni a convegni/congressi nazionali	*5*	*(12) Crestani E, Camporese M, Salandin P. (2010). Definizione delle proprietà idrauliche locali di un acquifero dall'analisi di* *test con traccianti. In: atti del XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni idrauliche. Palermo, 14-17 Settembre.* *(13) Salandin P. (2010). Utilizzo di tecniche di assimilazione dati per l'identificazione dei parametri idraulici degli acquiferi naturali. In: G. FREGA. Tecniche per la difesa dall'inquinamento. vol. XXXI, pp.641-659, COSENZA: BIOS, ISBN: 978-88-6093-073-6.* *(14) Camporese M, Da Deppo L, Darvini G, Salandin P. (2010). Prime evidenze di uno studio sperimentale per la definizione di un approccio modellistico multiscala. Il caso dell'acquifero di Settolo (TV). In: atti del XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni idrauliche. Palermo, 14-17 Settembre 2010.* *(15) Salandin P. (2010). Analisi sperimentale multiscala negli acquiferi naturali. il sito di Settolo - Valdobbiadene (TV). Presentazione su invito alla Master Class sulle acque sotterranee, XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni idrauliche. Palermo, 14-17 Settembre 2010.*

		(16) Marson C, Fiorotto V, Zovatto L. (2010). Valutazione della permeabilità mediante approccio network modeling. In: Atti del XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni idrauliche. Palermo, 14-17 settembre 2010.
rapporti interni	*1*	*(17) Zovi F, Camporese M, Crestani E, Pizzaia P., Salandin P. (2010), Il sito sperimentale di Settolo - Valdobbiadene (TV) dal 2009 al 2010: risultanze dei primi due anni di attività. Rapporto interno. Dipartimento IMAGE - Università di Padova.* *Nel rapporto sono riportate: a) l'ubicazione del sito e le caratteristiche topografiche dell'area oggetto di studio; b) le conoscenze di carattere geologico e geotecnico; c) le risultanze della caratterizzazione geofisica; d) l'evoluzione della strumentazione installata; e) le prove di pompaggio, di iniezione e con traccianti sviluppate; f) la caratterizzazione chimica delle acque; g) i primi risultati dedotti dall'applicazione dei modelli di letteratura.*
brevetti depositati	*0*	
TOTALE	**17**	

Per ogni campo di testo max 8.000 caratteri spazi inclusi

Data 22/12/2010 15:05 Firma .....

Si autorizza alla elaborazione e diffusione delle informazioni riguardanti i programmi di ricerca presentati ai sensi del D. Lgs. n. 196/2003 del 30.6.2003 sulla "Tutela dei dati personali". La copia debitamente firmata deve essere depositata presso l'Ufficio competente dell'Ateneo.