



Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben

Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee



Ausbau Eisenbahnachse München-Verona

# BRENNER BASISTUNNEL

Ausführungsprojekt

Potenziamento Asse Ferroviario Monaco-Verona

## GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

Progetto Esecutivo

### Sub-Baulos Hauptbauwerke Eisackunterquerung Sublotto di costruzione Opere Principali Sottoattraversamento Isarco

<b>Fachbereich</b>				<b>Settore</b>			
				04 – Idraulica e idrologia			
<b>Dokumentenart</b>				<b>Tema</b>			
				Acque di falda			
<b>Dokumentenart</b>				<b>Tipo documento</b>			
				Relazione specialistica			
<b>Titel</b>				<b>Titolo</b>			
				Modello di filtrazione della falda			
				Opere per il sottoattraversamento del fiume			
Ausführende Unternehmen / Imprese esecutrici		Beauftragte / Mandataria:		Bearbeitung des Dokuments / Elaborazione del documento		Datum/Data	
						14.01.2016	
Auftraggeber / Mandanti:		Beauftragte / Mandataria:		Geprüft / Verificato		Name/Nome	
				14.01.2016		A. Dal Fabbro	
				Freigegeben / Autorizzato		14.01.2016	
				Gesehen BBT / Visto BBT_RUP		A. Lombardi	
				Massstab / Scala		-	
Projekt-kilometer / Progressiva di progetto		von / da 54+015 bis / a 56+100 bei / al		Bau- kilometer / Chilometro opera		von / da bis / a bei / al	
Staat Stato		Los Lotto		Einheit Unità		Nummer Numero	
Fachbereich Settore		Thema Tema		ID Numm. Num. ID		Vertrag Contratto	
Nummer Codice		Dok.art Tipo doc.		Revision Revisione			
02		H71		AF		002	
04		04		002.00		B0115	
2099		RT5		02			

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume

<b>Bearbeitungsstand Stato di elaborazione</b>			
<b>Revision Revisione</b>	<b>Änderungen / Cambiamenti</b>	<b>Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica</b>	<b>Datum Data</b>
02	Anmerkungen BBT von 15.12.2015 Osservazioni BBT del 15.12.2015	A. Dal Fabbro	14.01.2016
01	Anmerkungen BBT Osservazioni BBT	A. Dal Fabbro	30.11.2015
00	Erstversion Prima Versione	M. Scarella	06.08.2015

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE</b> .....	<b>6</b>
2.1	IL LOTTO DI COSTRUZIONE "SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO".....	6
2.1.1	Opere del subplotto "Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco".....	6
2.1.2	Opere del subplotto "Opere principali Sottoattraversamento Isarco".....	6
2.2	OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO" NON OGGETTO DI PROGETTAZIONE.....	10
<b>3</b>	<b>OBIETTIVI DELLO STUDIO</b> .....	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>INFORMAZIONI DI BASE</b> .....	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>MODELLO DI FILTRAZIONE</b> .....	<b>12</b>
5.1	FINALITÀ DEL MODELLO.....	12
5.1.1	Scopo.....	12
5.1.2	Opere a progetto.....	13
5.2	MODELLO CONCETTUALE.....	13
5.2.1	Acquifero.....	13
5.2.2	Fiume Isarco.....	15
5.3	SOFTWARE DI CALCOLO.....	16
5.4	SCHEMI ANALIZZATI.....	16
5.5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	17
5.5.1	Permeabilità.....	17
5.5.2	Porosità efficace.....	20
<b>6</b>	<b>MODELLO DI FILTRAZIONE LUNGO LA FALDA</b> .....	<b>20</b>
6.1	GEOMETRIA DEL MODELLO.....	20
6.1.1	Dominio di simulazione.....	20
6.1.2	Tipo di analisi.....	21
6.1.3	Interferenza con le Opere a progetto.....	21
6.1.4	Discretizzazione spaziale.....	21
6.1.5	Discretizzazione temporale.....	21
6.1.6	Condizioni a contorno.....	22
6.2	SEQUENZA DI COSTRUZIONE.....	24
6.3	CASI SIMULATI.....	24
6.4	SINTESI DEI RISULTATI.....	24
<b>7</b>	<b>MODELLO DI FILTRAZIONE LUNGO IL FIUME</b> .....	<b>24</b>
7.1	GEOMETRIA DEL MODELLO.....	25

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

7.1.1	Dominio di simulazione.....	25
7.1.2	Tipo di analisi .....	25
7.1.3	Interferenza con le Opere a progetto.....	26
7.1.4	Discretizzazione spaziale .....	26
7.1.5	Discretizzazione temporale .....	26
7.1.6	Condizioni a contorno.....	26
7.2	CALIBRAZIONE DEL MODELLO.....	27
7.3	ANALISI DI SENSITIVITÀ .....	28
7.4	SEQUENZA DI COSTRUZIONE .....	28
7.5	EFFETTO SUL GRADIENTE .....	28
7.6	CASI SIMULATI .....	29
7.7	SINTESI DEI RISULTATI .....	30
7.7.1	Introduzione.....	30
7.7.2	Punti di controllo.....	30
7.7.3	Velocità di filtrazione.....	31
7.7.4	Gradiente della falda .....	34
7.7.5	Effetto della permeabilità del jetgrouting.....	35
<b>8</b>	<b>RIASSUNTO E CONCLUSIONI.....</b>	<b>38</b>
<b>9</b>	<b>ELENCHI .....</b>	<b>41</b>
9.1	TABELLE.....	41
9.2	FIGURE.....	42
9.3	FONTI E BIBLIOGRAFIA .....	42
9.4	ALLEGATI .....	42

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

## 1 INTRODUZIONE

Il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco", costituisce la parte estrema meridionale della Galleria di Base del Brennero prima dell'accesso nella stazione di Fortezza, ed è ubicato ca. 1 km a nord dell'abitato di Fortezza, in località Prà di Sopra, in Provincia di Bolzano.

Il lotto di costruzione comprende essenzialmente le opere civili grezze in sotterraneo e le opere esterne individuate dal programma lavori 2010 e successivi aggiornamenti della Galleria di Base del Brennero.

Le opere progettate costituiscono pertanto un "lotto costruttivo non funzionale" facente parte del progetto complessivo della Galleria di Base del Brennero.

I requisiti di progetto e funzionali delle opere progettate rispondono a quelli del progetto definitivo della Galleria di Base del Brennero che ha ottenuto l'approvazione da parte delle autorità competenti.

Le opere progettate inoltre recepiscono le prescrizioni impartite nel corso dei diversi iter autorizzativi, le ottimizzazioni e la specificazione di standard elaborati nell'ambito della progettazione guida transfrontaliera, nonché i risultati delle campagne geognostiche integrative effettuate negli anni 2010-2011, e successivamente nel 2015 propedeutica alla predisposizione del progetto esecutivo, con particolare riferimento all'aggiornamento del modello idrogeologico.

Le interfacce e gli standard di costruzione definiti consentono l'integrazione delle infrastrutture e delle dotazioni impiantistiche dei diversi lotti di costruzione previsti dal programma lavori della Galleria di base del Brennero, tra i quali è compreso il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco".

Il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco" è suddiviso a sua volta nei due seguenti sublotti:

- sublotto di costruzione "Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco", del quale è stato elaborato il progetto esecutivo;

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

- subplotto “Opere principali Sottoattraversamento Isarco” oggetto del presente progetto esecutivo.

## 2 INQUADRAMENTO GENERALE

### 2.1 IL LOTTO DI COSTRUZIONE “SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO”

L’ubicazione delle aree interessate dai lavori ed i limiti del lotto di costruzione sono rilevabili negli elaborati progettuali ai quali si rimanda.

Ai fini della localizzazione delle opere, si stabilisce che la progressivazione delle gallerie principali utilizzata nei documenti delle progettazioni è quella generale dell’Opera, riferita per la galleria Est (binario dispari) alla stazione di Innsbruck, mentre la progressivazione delle interconnessioni sono riferite al loro punto di sfocco dei tracciati delle interconnessioni da quelle delle gallerie principali.

#### 2.1.1 Opere del subplotto “Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco”

Le opere del subplotto “Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco”, le quali non fanno parte del progetto esecutivo in oggetto, consistono essenzialmente in:

- variante alla S.S.12 del Brennero dal km 490+500 al km 491+500, compreso un nuovo ponte sul Rio Bianco, con spostamento dei sottoservizi interferiti e realizzazione di un accesso all’area di cantiere;
- ponte sull’Isarco;
- sottopasso alla linea ferroviaria del Brennero, al km 200+400;
- viabilità interna di cantiere.

#### 2.1.2 Opere del subplotto “Opere principali Sottoattraversamento Isarco”

Le opere del subplotto “Opere principali Sottoattraversamento Isarco”, che fanno parte del progetto esecutivo, consistono essenzialmente in:

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

## **Gallerie principali**

### **1° tratto**

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale) da pk 54+015.00 (inizio lotto) a pk 54+600.67 di cui:
  - da pk 54+015.00 a pk 54+465.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo);
  - da pk 54+465.00 a pk 54+600.67 in galleria naturale di diramazione a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo).
- Galleria principale ovest – binario pari - (tratto in galleria naturale) da pk 54+042.00 (inizio lotto) a pk 54+598.85 di cui:
  - da pk 54+042.00 a pk 54+440.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo);
  - da pk 54+440.00 a pk 54+598.85 in galleria naturale di diramazione a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo).

### **2° tratto (Attraversamento Fiume Isarco)**

- Galleria principale est – binario dispari – (tratto galleria naturale), da pk 54+600.67 a pk 54+700.77 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo).
- Galleria principale ovest – binario pari – (tratto galleria naturale), da pk 54+598.85 a pk 54+711.07 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo).

### **3° tratto**

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale), da pk 54+700.77 a pk 54+968.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo).

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

- Galleria principale ovest - binario pari – (tratto in galleria naturale), da pk 54+711.07 a pk 54+916.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo).

#### **4° tratto**

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria artificiale), da pk 54+968.00 a pk 55+060.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza).
- Galleria principale ovest - binario pari – (tratto in galleria artificiale), da pk 54+916.00 a pk 55+018.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza).

#### **5° tratto**

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale), da pk 55+060.00 a pk 56+100.00 (fine lotto) di cui:
  - da pk 55+060.00 a pk 55+485.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo);
  - da pk 55+485.00 a pk 56+100.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo).

*Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.*

- Galleria principale ovest – binario pari - (tratto in galleria naturale), da pk 55+018.00 a pk 56+190.00 (fine lotto) di cui:
  - da pk 55+018.00 a pk 55+549.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo);
  - da pk 55+549.00 a pk 56+190.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo).

*Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.*

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

### Interconnessioni

- Interconnessione est – binario dispari, “tratto di diramazione dalla galleria principale – fine lotto”, da pk 1+971.44 (pk 54+600.67 Galleria principale est – binario dispari) a pk 2+683.62 di cui:
  - da pk 1+971.44 a pk 2+069.97 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale attraversamento Isarco a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo);
  - da pk 2+069.97a pk 2+270.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza);
  - da pk 2+270.00 a pk 2+525.00 corpo stradale ferroviario a binario singolo con scavo “a vascone” (scavo e opere civili);
  - da pk 2+525.00 a pk 2+683.62 corpo stradale ferroviario in rilevato/trincea (scavo e opere civili).
- Interconnessione ovest – binario pari, “tratto di diramazione dalla galleria principale – fine lotto”, da pk 1+693.13 (pk 54+598.85 Galleria principale ovest – binario pari) a pk 2+550.00 di cui:
  - da pk 1+693.13 a pk 1+795.86 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale attraversamento Isarco a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo);
  - da pk 1+795.86 a pk 2+550.00 in galleria naturale a binario singolo (scavo e rivestimento definitivo).

*Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.*

### Spostamento linea storica FS

- da pk 199+935 ca. a pk 200+900 ca. (binario pari) della linea ferroviaria esistente Verona Brennero, per una lunghezza di m 965 ca. (realizzazione della nuova sede ferroviaria e attrezzaggio, messa in esercizio).

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

### Opere minori e accessorie

Sono comprese nel lotto di costruzione le seguenti opere minori:

- pozzi e uscite di emergenza (scavo e rivestimento definitivo);
- cunicoli trasversali di collegamento (scavo e rivestimento definitivo);
- opere complementari in corrispondenza del tratto di linea FS spostata;
- interventi di messa in sicurezza contro la caduta massi sopra la linea storica da ca. km 199+000 a ca. km 200+265;
- interventi di ripristino ambientale e sistemazione finale del fiume Isarco e delle aree interessate dai lavori;
- viabilità di accesso alla zona di soccorso presso il portale interconnessione pari fino alla pk 0+275 ca.

Costituiscono inoltre parte integrante del progetto del sublotto di costruzione, la realizzazione di tutte le opere accessorie e di piccole dimensioni che ricadono nel tratto oggetto dell'intervento, la cui realizzazione risulta necessaria e/o funzionale alla compiuta esecuzione delle opere.

### **2.2 OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO" NON OGGETTO DI PROGETTAZIONE**

Le seguenti opere ed impianti sono escluse dalla presente progettazione:

- **Impianti ferroviari** a servizio delle gallerie principali e delle interconnessioni costituiti essenzialmente da:
  - sovrastruttura;
  - interventi per la mitigazione dalle vibrazioni;
  - impianti di trazione elettrica e approvvigionamento energetico;

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

- sistemi di telecomunicazione e sorveglianza;
  - sistemi di comando/controllo;
  - impianti meccanici (come definiti nel progetto definitivo 2008);
  - impianto di sorveglianza cantiere e localizzazione delle persone.
- **Opere di portale delle due gallerie principali est ed ovest** (binari dispari e pari) e i tratti iniziali delle medesime gallerie, secondo i limiti di lotto precedentemente definiti.
  - **Opere di portale della galleria d'interconnessione pari** ed il tratto iniziale della medesima galleria, secondo il limite di lotto precedentemente definito.
  - **Opere presso il portale d'interconnessione pari** e la relativa viabilità di accesso dalla pk 0+275 ca. alla pk 0+400 ca. ed al Bacino di ritenuta Holer Graben.
  - Opere riferite all'ambito della **stazione di Fortezza**.
  - **Bacini di ritenuta Holer Graben e Hohewand** e la relativa viabilità di accesso.

### 3 OBIETTIVI DELLO STUDIO

Il presente studio ha come oggetto la modellazione idraulica della falda (acquifero) nella zona interessata dalle opere per il sottoattraversamento del fiume Isarco, compresa tra i pozzi di accesso per le gallerie.

Il modello consente di investigare i vettori flusso, la direzione, la velocità di filtrazione e i gradienti idraulici in relazione alle opere in sottterraneo previste a progetto.

L'obiettivo del modello è di fornire informazioni circa l'efficacia delle opere propedeutiche agli interventi di consolidamento e congelamento in termini di riduzione delle velocità di filtrazione della falda, nonché di stimare gli impatti sui gradienti locali dovuti all'interferenza delle strutture.

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

## 4 INFORMAZIONI DI BASE

Le informazioni sulle caratteristiche litologiche e idrauliche dei depositi che ricoprono il fondovalle del fiume Isarco sono state raccolte nel corso di una serie di campagne geognostiche (2005 e 2009) culminate con le più recenti prove con tracciante (2015). I documenti di riferimento per queste informazioni sono:

- Studio geologico, idrogeologico e geotecnico, Sottoattraversamento Isarco, Indagini geotecniche e idrogeologiche, SET su incarico BBT, 2006;
- Prove con tracciante – Sintesi delle indagini, Progetto Esecutivo, Sublotto di costruzione Opere Principali Sottoattraversamento Isarco, SC Sembenelli Consulting, 2015.

Durante lo sviluppo del Progetto Definitivo è stato realizzato un modello numerico della falda di ampia estensione che, seppur finalizzato alla stima delle portate di aggotamento non più oggetto del presente Progetto Esecutivo, consente di ricavare utili indicazioni sulla natura dei materiali di fondovalle e sulle dinamiche dell'acquifero. Si rimanda al seguente documento di sintesi:

- Abbassamento delle falda, Relazione sulla modellazione numerica, Progetto Definitivo Sublotto di costruzione Opere Principali Sottoattraversamento Isarco, ARCADIS, 2013.

## 5 MODELLO DI FILTRAZIONE

### 5.1 FINALITÀ DEL MODELLO

#### 5.1.1 Scopo

Il modello di filtrazione della falda nel settore del sottoattraversamento è stato sviluppato allo scopo di investigare le perturbazioni idrodinamiche generate nell'acquifero dagli interventi di consolidamento e dallo scavo delle gallerie al di sotto dell'alveo del fiume Isarco.

Con l'aiuto del modello sono state determinate le

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

velocità e i vettori di flusso, i gradienti e i livelli della falda sia nelle condizioni indisturbate (naturali) che conseguenti alla realizzazione dalle opere in sotterraneo.

Di seguito vengono descritte le impostazioni, le geometrie adottate per lo sviluppo del modello e i risultati salienti.

### 5.1.2 Opere a progetto

Il modello include le seguenti opere a progetto per il sottoattraversamento del fiume Isarco:

- sistemazione (protezione) in massi ciclopici nell'alveo del fiume per uno spessore di circa 2 m;
- solette in calcestruzzo di spessore circa 0.5 m realizzate al di sotto della protezione in massi e in corrispondenza della volta delle gallerie;
- setti in jet-grouting con colonne di diametro 1500 mm realizzate immediatamente a monte e a valle di ciascuna galleria, compenetranti lateralmente con il trattamento di consolidamento e intestate nelle solette;
- trattamento di consolidamento, preliminare e propedeutico al congelamento, realizzato al contorno dello scavo di ciascuna galleria.

## 5.2 MODELLO CONCETTUALE

L'obiettivo del modello concettuale è di fornire una rappresentazione schematica delle caratteristiche locali rilevanti ai fini dell'elaborazione del modello dell'acquifero. Le condizioni idrogeologiche descritte di seguito sono basate sulle informazioni raccolte nel corso delle recenti campagne di indagini (Par. 4).

### 5.2.1 Acquifero

Il fondovalle dell'Isarco è caratterizzato da una diversità di riempimenti. Depositi grossolani, che rappresentano la matrice prevalente, si trovano nelle immediate vicinanze di sedimenti a grana fine, materiale spigoloso di crollo (detriti), ghiaie fluviali arrotondate e trovanti di notevole dimensione. I sedimenti si trovano di fatto interdigitati fittamente, in particolare nelle vicinanze dei

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

fianchi vallivi. La natura dei depositi è eterogenea sia in senso orizzontale che verticale. Dai sondaggi esplorativi non è emerso alcun settore litologico decisamente omogeneo.

Prove specifiche volte alla determinazione delle caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero sono state recentemente condotte impiegando traccianti fluorescenti (2015). Sebbene localizzate in aree limitate, le prove hanno evidenziato la presenza nel settore di fondovalle di un deposito grossolano con caratteristiche idrauliche relativamente omogenee, con permeabilità media nell'ordine di  $2 \times 10^{-3}$  m/s, tuttavia localmente diversificato dalla presenza di lenti sabbiose meno trasmissive con permeabilità nell'ordine di  $8 \times 10^{-4}$  m/s, potenzialmente presenti in alveo o derivanti dall'interdigitazione delle conoidi laterali.

La presenza di lenti a minor permeabilità può avere un effetto apprezzabile sulla dinamica locale dell'acquifero. La localizzazione e l'estensione di tali lenti non è tuttavia nota e presumibilmente può ritrovarsi in modo diffuso nel fondovalle. Anche lo spessore delle lenti è ragionevolmente variabile. Le informazioni ad oggi raccolte attestano spessori metrici.

Il modello lungo la falda è stato sviluppato sulla base di un profilo di stratigrafia a fasce differenziate, pur essendo tutte a permeabilità piuttosto elevata. La presenza di fasce più fini in profondità (fini comunque sabbiosi e non di grande impatto sui valori del coefficiente di permeabilità) non impatta significativamente sui risultati.

Il modello lungo il fiume è stato sviluppato sulla base di due differenti profili di stratigrafia:

- uno scenario con profilo omogeneo e permeabilità uniforme;
- uno scenario con profilo a fasce diversificate, ovvero caratterizzato dall'alternanza di lenti meno trasmissive in una matrice omogenea.

Lo scenario con profilo omogeneo rappresenta una situazione potenzialmente realistica. Infatti, sebbene i profili stratigrafici elaborati sulla base dei sondaggi geognostici rivelino la presenza di un deposito eterogeneo, i risultati delle prove con tracciante hanno

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

dimostrato un comportamento idraulico relativamente omogeneo, con permeabilità variabili in un range piuttosto ristretto.

Lo scenario con fasce differenziate rappresenta un'integrazione dello scenario a profilo omogeneo, volto ad investigare con un modello parametrico l'influenza di fasce a minor permeabilità sull'idrodinamica dell'acquifero. Le lenti a differente permeabilità si alternano in profondità, con spessori ed estensioni variabili, senza uno schema regolare, con l'intento di simulare la naturale stratificazione dei sedimenti, prodotta dal complesso processo di genesi. Ciascuna fascia è continua entro i confini del modello, ovvero disposta a formare un "tubo di flusso" ininterrotto all'interno del quale le velocità di filtrazione sono congruenti. Questa configurazione conferisce ai depositi un comportamento anisotropo con predominanza della componente di flusso orizzontale.

### 5.2.2 Fiume Isarco

L'analisi delle misure piezometriche nel fondovalle dell'Isarco evidenziano la presenza di un unico acquifero la cui superficie è almeno a tratti in contatto diretto con il livello dell'Isarco. Nel settore del sottoattraversamento le letture piezometriche sulle sponde, in adiacenza all'alveo, evidenziano un livello di falda circa 3 m inferiore rispetto all'alveo del fiume. In questo settore è possibile che al di sotto dell'alveo sia presente una fascia satura o parzialmente satura all'interno della quale le acque del fiume filtrano verticalmente verso la falda, con flusso indipendente dal gradiente tra l'Isarco e la falda.

Il fondo alveo è stato modellato considerando la presenza dell'estesa protezione in massi ciclopici prevista a progetto a difesa contro l'erosione. Lo spessore della protezione è di circa 2 m. E' ragionevole supporre che questa fascia presenti una permeabilità elevata, in virtù del basso grado di incastro dei massi e della scarsa compattazione del materiale di intasamento. All'interno di questa fascia si concentrerà dunque gran parte del flusso di sub-alveo.

La modellazione della zona di transizione tra il fondo alveo, ovvero la protezione in massi ciclopici, e la superficie della falda è senza dubbio complessa. In questa fascia è ragionevole supporre una filtrazione con

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

componente sia verticale, di ricarica della falda, che orizzontale in misura non quantificabile. Al fine di considerare una condizione peggiore della situazione reale e dunque conservativa, la superficie della falda è stata assunta pari, ovvero rincollata, al fondo del fiume. Questa condizione determina velocità della falda nella zona di sub-alveo maggiori di quelle attese in condizioni di lavoro.

### 5.3 SOFTWARE DI CALCOLO

Il comportamento idrodinamico della acque di falda è stato modellato con l'ausilio del software di modellazione numerica GeoStudio 2012 (Versione 8.14.1) distribuito dalla Geo-Slope International (Calgary, Canada).

Il software GeoStudio contiene una serie di applicativi specifici per l'analisi di problemi di geotecnica, ambiente e idraulica (stabilità, filtrazione, propagazione di inquinanti, ecc). Le presenti analisi sono state condotte con l'applicativo SEEP/W, specifico per problemi di filtrazione.

SEEP/W è un programma agli elementi finiti bidimensionali, basato sulla soluzione delle equazioni di filtrazione in medi porosi, in accordo con la teoria di Darcy.

### 5.4 SCHEMI ANALIZZATI

Le condizioni che si realizzano sono tipicamente tridimensionali, in quanto la falda segue l'asse della valle, mentre il fiume, con il suo apporto alla percolazione verticale, si sviluppa secondo l'andamento meandriforme dell'alveo attivo.

Per poter meglio modellare le condizioni tridimensionali reali con il programma bidimensionale utilizzato, sono state considerate due sezioni:

- a) la prima sezione taglia la zona del sottoattraversamento secondo la linea di deflusso principale della falda e rappresenta quindi il Modello di Filtrazione lungo la Falda
- b) la seconda sezione taglia la zona del sottoattraversamento in direzione parallela al fiume e rappresenta quindi il Modello di

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

## Filtrazione lungo il Fiume

I dati geometrici salienti e i riferimenti della falda sono riportati nella Tavola 02-H71-AF-002-04-04-003.00-B0115-06701-1A6-00.

Con il Modello a) si intende analizzare l'interferenza tra la filtrazione subverticale del fiume e le opere progettate.

Con il Modello b) si intende analizzare una particolare situazione, in corrispondenza dell'asse fiume, dove ci si attende un locale sollevamento della falda, assumendo conservativamente che tra fiume e falda il terreno sia saturato.

Oltre a dare informazioni circa la filtrazione, il Modello a) intende supportare la scelta di adottare anche il Modello b).

## 5.5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 5.5.1 Permeabilità

I materiali che compongono il modello sono stati definiti in termini di permeabilità satura  $K$  e anisotropia  $K_y/K_x$ , ovvero rapporto tra permeabilità verticale e orizzontale. Per le sole alluvioni superficiali è stato inoltre adottato un modello comportamentale non saturo, con cui sono stati analizzati i casi relativi alla sezione tagliata lungo la massima pendenza della falda.

La permeabilità dell'acquifero è stata definita sulla base dei risultati delle prove con tracciante, con particolare riferimento alle misure raccolte nella zona del sottoattraversamento nelle vicinanze del campo sportivo (dipolo MW-B-14 – MW-B-09). In relazione al modello concettuale (Par. 5.2.1) con profilo differenziato si distinguono un deposito alluvionale e l'alternanza di lenti sabbiose a minor permeabilità:

- deposito alluvionale:  $K = 1.91 \times 10^{-3}$  m/s;
- lenti sabbiose:  $K = 8.6 \times 10^{-4}$  m/s.

Nel modello concettuale con profilo omogeneo, il materiale è uniforme e corrisponde alla stesso deposito alluvionale con  $K = 1.91 \times 10^{-3}$  m/s.

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

Il coefficiente di anisotropia dell'acquifero è stato definito sulla base dei risultati della prova di pompaggio a lunga durata condotta nel 2005 (100 l/s), che ha interessato una vasta porzione di fondovalle. Il rapporto  $K_y/K_x$  è risultato localmente variabile, mediamente debole e prossimo ad un valore di 0,8, ovvero con predominanza della componente orizzontale.

Un valore superiore di permeabilità è stato assunto per la fascia di sub-alveo costituita dalla protezione in massi ciclopici intasati con alluvioni, in considerazione del maggior indice dei vuoti:  $K = 5 \times 10^{-3}$  m/s;

Nelle analisi nel transitorio, con il materiale non saturo, si sono adottati i seguenti parametri:

Alluvioni Isarco

Model: Saturated Only  
Hydraulic  
Sat Kx: 0,0002 m/sec  
Ky'/Kx' Ratio: 0,8  
Rotation: 0 °  
Mv: 0 /kPa

Calcestruzzo

Model: Saturated Only  
Hydraulic  
Sat Kx: 1e-011 m/sec  
Ky'/Kx' Ratio: 1  
Rotation: 0 °  
Volumetric Water Content: 0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
Mv: 0 /kPa

Massi Ciclopici intasati

Model: Saturated Only  
Hydraulic  
Sat Kx: 0,001 m/sec  
Ky'/Kx' Ratio: 1  
Rotation: 0 °  
Volumetric Water Content: 0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
Mv: 0 /kPa

Fascia Permeabile

Model: Saturated Only  
Hydraulic  
Sat Kx: 0,00196 m/sec  
Ky'/Kx' Ratio: 0,8  
Rotation: 0 °  
Volumetric Water Content: 0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
Mv: 0 /kPa

Jet Grouting

Model: Saturated Only  
Hydraulic  
Sat Kx: 1e-008 m/sec  
Ky'/Kx' Ratio: 1  
Rotation: 0 °  
Volumetric Water Content: 0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

Mv: 0 /kPa

Alluvioni Isarco (non saturo)  
Model: Saturated / Unsaturated  
Hydraulic  
K-Function: New Function  
Ky'/Kx' Ratio: 0,8  
Rotation: 0 °  
Vol. WC. Function: isarco

Tali parametri sono stati integrati con le seguenti  
funzioni rappresentative delle condizioni di non  
saturazione:

New Function  
Model: Hyd K Data Point Function  
Function: X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure  
Curve Fit to Data: 100 %  
Segment Curvature: 100 %  
Saturated Kx: 0,0001  
Data Points: Matric Suction (kPa), X-Conductivity  
(m/sec)

Data Point: (0,01; 0,0001)  
Data Point: (0,018329807; 9,9940245e-005)  
Data Point: (0,033598183; 9,9765574e-005)  
Data Point: (0,061584821; 9,9266074e-005)  
Data Point: (0,11288379; 9,7877786e-005)  
Data Point: (0,20691381; 9,4181194e-005)  
Data Point: (0,37926902; 8,5059095e-005)  
Data Point: (0,6951928; 6,5543218e-005)  
Data Point: (1,274275; 3,4675397e-005)  
Data Point: (2,3357215; 8,5822138e-006)  
Data Point: (4,2813324; 8,0207193e-007)  
Data Point: (7,8475997; 4,4858279e-008)  
Data Point: (14,384499; 2,6631715e-009)  
Data Point: (26,366509; 2,0270087e-010)  
Data Point: (48,329302; 1,9488945e-011)  
Data Point: (88,586679; 2,2517524e-012)  
Data Point: (162,37767; 3,0055726e-013)  
Data Point: (297,63514; 4,5212165e-014)  
Data Point: (545,55948; 7,5474728e-015)  
Data Point: (1.000; 1,3781864e-015)

Estimation Properties  
Hyd. K-Function Estimation Method: Fredlund-  
Xing Function  
Volume Water Content Function: isarco  
Saturated Kx: 0,0001 m/sec  
Maximum: 1.000  
Minimum: 0,01  
Num. Points: 20

Vol. Water Content Functions

isarco  
Model: Fredlund-Xing Function  
Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure  
Mv: 2e-005 /kPa  
Saturated Water Content: 0,25 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
Residual Water Content: 0,025 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
A: 2 kPa  
N: 2

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

M: 2

Suction Limit: 1000000

Porosity: 0,24999996

I parametri delle opere a progetto sono stati così definiti:

- solette in calcestruzzo:  $K = 1 \times 10^{-11}$  m/s;
- setti in jet-grouting:  $K = 1 \times 10^{-8}$  m/s;
- trattamento di consolidamento:  $K = 1 \times 10^{-8}$  m/s;

### 5.5.2 Porosità efficace

La porosità efficace dell'acquifero è stata definita sulla base dei risultati delle prove con traccianti, e assume un valore di 0.25.

Tale parametro, che rappresenta la percentuale di acqua gravitativa contenuta nel volume di terreno, è indispensabile ai fini del calcolo della velocità effettiva di filtrazione, ovvero la velocità con cui l'acqua si muove nei canalicoli formati dai grani del terreno.

## 6 MODELLO DI FILTRAZIONE LUNGO LA FALDA

### 6.1 GEOMETRIA DEL MODELLO

#### 6.1.1 Dominio di simulazione

Il modello si estende lungo l'asse della valle per una lunghezza di circa 485 m. La parte centrale del modello, di circa 185 m, include l'alveo e le opere. I limiti del modello si estendono rispettivamente di ulteriori 160 m sia a monte che a valle.

Il modello si sviluppa in profondità nei depositi di fondovalle per circa 80 m, coerentemente con i profili stratigrafici, le sezioni geotecniche e le stese sismiche eseguite nel corso delle precedenti campagne di indagine (2005). L'estensione del modello è tale da minimizzare problemi di bordo.

Per definire la geometria del modello sono stati considerati i dati topografici e batimetrici, recentemente ottenuti dalla Committente nell'aprile 2015. La posizione

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

delle gallerie e delle opere complementari fa riferimento agli assi di tracciamento piano-altimetrici del presente Progetto Esecutivo.

#### 6.1.2 Tipo di analisi

Il problema numerico è stato sviluppato con un modello bidimensionale.

Per meglio modellare gli apporti del fiume, nella zona centrale del modello, sono state considerate zone non sature e carichi idraulici compatibili con gli idrogrammi di piena.

#### 6.1.3 Interferenza con le Opere a progetto

Il modello interferisce parzialmente con le opere a progetto, essendo la sezione tagliata trasversalmente al fiume. Nel modello, sono state introdotte solo le parti delle opere che vengono intersecate dalla sezione.

#### 6.1.4 Discretizzazione spaziale

L'area del modello è stata suddivisa in circa 37305 elementi e 37508 nodi. La mesh di calcolo per la soluzione del problema agli elementi finiti è composta da elementi di dimensione massima circa 1 m.

Una tale discretizzazione spaziale consente di ottenere un dettaglio adeguato del campo di moto (vettori flusso) nell'intorno delle opere a progetto pur mantenendo entro limiti accettabili la potenza richiesta e i tempi di calcolo del risolutore.

#### 6.1.5 Discretizzazione temporale

Il modello è stato sviluppato per fasi temporali successive, ossia:

- a) uno step temporale iniziale in condizioni di moto permanente, ovvero considerando un flusso costante in ingresso al modello e la conservazione della massa dell'acquifero, con livelli del fiume medi, per determinare le condizioni medie iniziali del modello
- b) 5 step temporali successivi per modellare una piena di durata 18 ore, ricavata dall'idrogramma dei piena (vedi 02-H71-AF-002-04-03-001.00-B0115-02001-RT5-01).

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

#### 6.1.6 Condizioni a contorno

Le condizioni a contorno lungo la frontiera del modello sono le seguenti:

- livello della falda sulla sezione di monte pari al livello del fiume a quota 778 m slm;
- livello della falda sulla sezione di valle pari al livello del fiume a quota 767 m slm;
- livelli del fiume corrispondenti alla piena con tempo di ritorno 30 o 150 anni, ricavati a partire dalle sezioni idrauliche corrispondenti alle varie zone della sezione analizzata
- sezioni di deflusso libero all'interno dei pozzi in fase di costruzione

I livelli di falda sono stati simulati mediante un potenziale fisso, ovvero un carico idrostatico esteso sull'intera estensione verticale della frontiera.

Lo scavo delle gallerie, internamente al modello, è stato simulato mediante elementi che partecipano alla filtrazione.

I livelli del fiume sono stati assunti variabili, secondo l'idrogramma di piena corrispondente.

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume

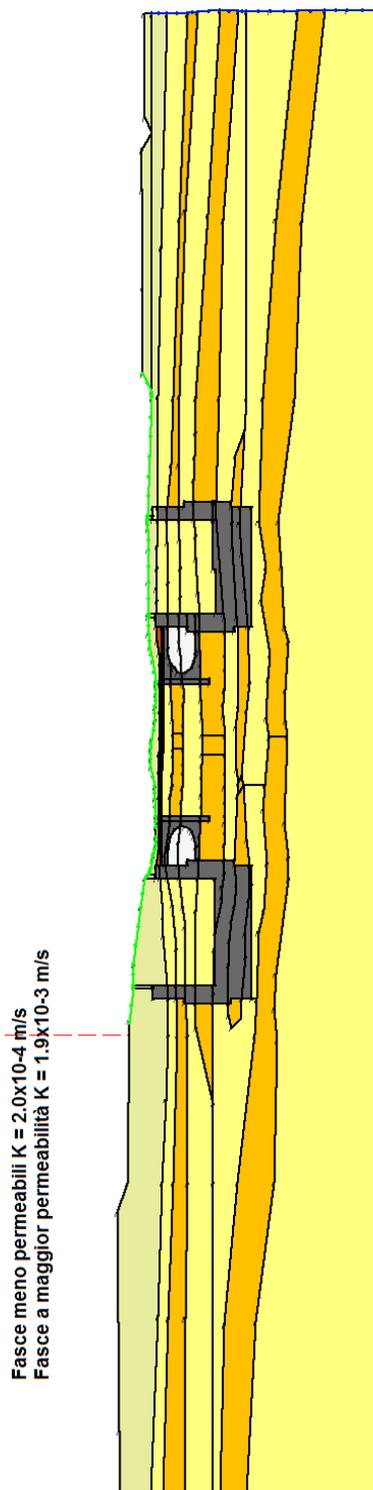


Figura 1: Geometria di calcolo per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002 \text{ m/s}$ . Lungo Termine.

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

## 6.2 SEQUENZA DI COSTRUZIONE

In questa modellazione, tenuto conto che le opere interferiscono parzialmente con la sezione di analisi, è stata semplicemente considerata una fase di costruzione generica, in cui i pozzi sono aperti.

## 6.3 CASI SIMULATI

Gli scenari simulati sono i seguenti:

- Costruzione
- Lungo termine

La presenza della soletta in calcestruzzo sopra la volta delle gallerie e della protezione in massi ciclopici è comune ha tutti i casi simulati.

## 6.4 SINTESI DEI RISULTATI

I risultati sono presentati in Allegato D e nel seguito riassunti nei loro tratti salienti.

- la campana di sollevamento della piezometrica attorno al fiume è confinata dalla presenza delle opere. Tuttavia essendo queste limitate in estensione, l'effetto si dissipa immediatamente a valle e a monte delle stesse. Il modello lungo il fiume meglio approfondisce questo aspetto;
- una eventuale filtrazione dall'alto, dovuta a una scarsa efficacia locale delle opere di protezione dell'alveo, non produce effetti significativi
- I massimi valori del gradiente idraulico in fondazione sono inferiori a 0.05 e quindi accettabili
- I massimi valori di sottoppressione nella soletta di protezione sono risultati nell'ordine di 17-18 kPa, in fase di costruzione (pozzo aperto). Tali valori si verificano con carico idraulico calante (transitorio) e sono compatibili con le condizioni di equilibrio al sollevamento.

## 7 MODELLO DI FILTRAZIONE LUNGO IL

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

## FIUME

### 7.1 GEOMETRIA DEL MODELLO

#### 7.1.1 Dominio di simulazione

Il modello si estende lungo l'asse del fiume Isarco per una lunghezza di circa 170 m. La parte centrale del modello, circa 90 m, include le 4 canne delle gallerie (IP, BP, BD, ID) sotto l'alveo del fiume. I limiti del modello si estendono rispettivamente di ulteriori 30 m a monte e 50 m a valle.

Il modello si sviluppa in profondità nei depositi di fondovalle per circa 80 m. Tale coltre di depositi è congruente con i profili stratigrafici, le sezioni geotecniche e le stese sismiche eseguite nel corso delle precedenti campagne di indagine (2005). Inoltre, una tale estensione del modello è sufficiente ad eliminare problemi di bordo, presupposto necessario a creare condizioni conservative per la simulazione del flusso.

La geometria del modello è stata costruita sulla base del rilievo batimetrico dell'alveo, eseguito dalla Committente nell'aprile 2015. La posizione delle gallerie e delle opere complementari fa riferimento agli assi di tracciamento plano-altimetrici del presente Progetto Esecutivo.

#### 7.1.2 Tipo di analisi

Il problema numerico è stato sviluppato con un modello bidimensionale. Si è ritenuto adeguato al caso in esame un tale approccio in quanto:

- la falda nel fondovalle dell'Isarco ha una direzione prevalente monte-valle marcatamente monodimensionale dovuta alla presenza di un unico acquifero e al confinamento dei fianchi vallivi e del sottostante substrato;
- l'obiettivo del modello è di valutare l'effetto degli interventi di consolidamento localizzati tra i pozzi di accesso, sotto l'alveo del fiume, nella porzione centrale del fondovalle, caratterizzata da un flusso di falda circa parallelo all'alveo del fiume;
- l'impostazione bidimensionale è conservativa poiché non comprende l'eventuale aggiramento laterale delle zone di deposito trattate, amplificando

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

dunque gli effetti di sopraelevazione e sifonamento della falda. Va inoltre sottolineato che, tale aggiramento è comunque ostacolato dagli afflussi idrici e dai gradienti nelle pendici della valle.

### 7.1.3 Interferenza con le Opere a progetto

Il modello interferisce direttamente con le opere a progetto, essendo la sezione tagliata lungo il fiume. In particolare le opere che si estendono in profondità appaiono come diaframmi continui.

### 7.1.4 Discretizzazione spaziale

L'area del modello è stata suddivisa in circa 12358 elementi e 12328 nodi. La mesh di calcolo per la soluzione del problema agli elementi finiti è composta da elementi di dimensione massima circa 1 m.

Una tale discretizzazione spaziale consente di ottenere un dettaglio adeguato del campo di moto (vettori flusso) nell'intorno delle opere a progetto pur mantenendo entro limiti accettabili la potenza richiesta e i tempi di calcolo del risolutore.

### 7.1.5 Discretizzazione temporale

Il modello è stato sviluppato in condizioni di moto permanente, ovvero considerando un flusso costante in ingresso al modello e la conservazione della massa dell'acquifero.

### 7.1.6 Condizioni a contorno

Le condizioni a contorno lungo la frontiera del modello sono le seguenti:

- livello della falda sulla sezione di monte pari al livello del fiume a quota 774.2 m slm;
- livello della falda sulla sezione di valle pari al livello del fiume a quota 770.6 m slm;

I livelli di falda sono stati simulati mediante un potenziale fisso, ovvero un carico idrostatico esteso sull'intera estensione verticale della frontiera.

Lo scavo delle gallerie, internamente al modello, è stato simulato mediante elementi inattivi, non attraversati da

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

alcun flusso di falda.

Il gradiente idraulico medio entro i limiti del modello è di circa 0.0214 m/m e risulta in buona analogia con il gradiente ricavato dalle misure piezometriche nella zona del sottoattraversamento.

## 7.2 CALIBRAZIONE DEL MODELLO

La fase di calibrazione del modello ha considerato la situazione indisturbata (naturale) della falda e ha verificato la capacità del modello di riprodurre velocità di filtrazioni congruenti con le misure ricavate dalle prove con traccianti.

Come misura di riferimento è stata considerata la velocità apparente (darcyana) di circa  $4.73 \times 10^{-5}$  m/s e la corrispondente velocità effettiva di  $1.85 \times 10^{-4}$  m/s (16 m/giorno) ottenuta nella zona del sottoattraversamento (campo sportivo) con gradiente di circa 0.0214 m/m. Si fa notare che tale gradiente coincide con il gradiente medio del campo di moto entro i limiti del modello (Par. 7.1.6).

Nel modello concettuale a profilo omogeneo la velocità apparente presenta un valore medio di circa  $4.42 \times 10^{-5}$  m/s, con locali incrementi fino a valori di circa  $4.71 \times 10^{-5}$  m/s. La correlazione con la misura di riferimento è dunque molto buona, con scostamenti del valor medio accettabili e verosimilmente legati alla discretizzazione del modello.

Nel modello a profilo differenziato, la velocità è stata rilevata all'interno del deposito alluvionale a maggior permeabilità. Nel processo di calibrazione è stata evidenziata l'importanza della geometria delle fasce a differente permeabilità sulla risposta del modello. Differenti configurazioni sono state testate arrivando alla conclusione che, al fine di ottenere una velocità di filtrazione congruente con le misure sul campo, le fasce devono estendersi senza interruzione entro i confini del modello, che assume quindi una conformazione stratigrafica a fasce orizzontali continue.

La velocità apparente rilevata all'interno delle fasce a maggior permeabilità presenta un valore medio di circa  $4.15 \times 10^{-5}$  m/s, con locali incrementi fino a valori di circa  $4.59 \times 10^{-5}$  m/s. La correlazione sia con la misura di riferimento che con il modello a profilo omogeneo è

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

molto buona. Gli scostamenti di velocità sono verosimilmente legati in parte alla discretizzazione del modello e in parte alla variabilità dello spessore delle fasce.

### 7.3 ANALISI DI SENSITIVITÀ

Un importante risultato atteso con la modellazione della falda è la quantificazione dell'effetto cut-off (barriera) prodotto dai setti in jet-grouting sulla velocità della falda. Tale effetto è ragionevolmente collegato all'estensione in profondità dei setti. Per poter disporre di un parametro di raffronto sull'efficacia dell'intervento è stata dunque condotta un'analisi di sensitività.

Per entrambi i modelli implementati (profilo omogeneo e profilo differenziato) sono state considerate configurazioni con lunghezza dei setti via via crescente. La lunghezza iniziale è stata definita in modo tale da raggiungere una profondità 0.5 m al di sotto del limite dei trattamenti di consolidamento sul fondo delle gallerie. Successivamente sono state definite lunghezze estese di +1, +2 e +3 m rispetto alla configurazione iniziale.

### 7.4 SEQUENZA DI COSTRUZIONE

La realizzazione del trattamento di consolidamento e dello scavo delle gallerie seguirà una sequenza operativa procedendo da monte verso valle, una galleria alla volta. Il completamento di una o più gallerie potrebbe dunque produrre un qualche effetto "ombra" sulla circolazione della falda nelle restanti zone interessate dai lavori.

La sequenza di realizzazione delle gallerie è stata simulata con il modello nella sola configurazione a profilo omogeneo e con lunghezza dei setti nella configurazione iniziale (Par. 7.3).

### 7.5 EFFETTO SUL GRADIENTE

Una effetto rilevante che può essere indagato con il modello di filtrazione della falda è l'influenza dei trattamenti di consolidamento e dei manufatti in sotterraneo in termini di gradienti locali.

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

La superficie della falda ha una sua pendenza naturale, l'interferenza delle opere a progetto sul deflusso della falda può modificarla creando un maggior dislivello monte-valle.

A tal fine, oltre alla condizione che include i setti in jet-grouting e le relative analisi di sensitività, è stato considerato un ulteriore caso di raffronto senza setti, con il solo scavo delle gallerie e i trattamenti di consolidamento propedeutici.

## 7.6 CASI SIMULATI

Gli scenari simulati sono riassunti nella seguente Tabella 1. La presenza della soletta in calcestruzzo sopra la volta delle gallerie e della protezione in massi ciclopici è comune ha tutti i casi simulati.

Scenari	Profilo		Setti jet-grouting				Gallerie realizzate			
	Omogeneo	Differenziato	iniziale	+1 m	+2 m	+3 m	IP	BP	BD	ID
CASO 1	✓									
CASO 2	✓		✓							
CASO 3	✓			✓						
CASO 4	✓				✓					
CASO 5	✓					✓				
CASO 6	✓		✓				✓			
CASO 7	✓		✓				✓	✓		
CASO 8	✓		✓				✓	✓	✓	
CASO 9	✓		✓				✓	✓	✓	✓
CASO 10	✓						✓	✓	✓	✓
CASO 11		✓								
CASO 12		✓	✓							
CASO 13		✓		✓						
CASO 14		✓			✓					
CASO 15		✓				✓				

Tabella 1: Scenari simulati con il modello di filtrazione della falda

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

## 7.7 SINTESI DEI RISULTATI

### 7.7.1 Introduzione

I risultati sono presentati in Allegato A, B, e C e nel seguito riassunti nei loro tratti salienti.

### 7.7.2 Punti di controllo

Il modello di filtrazione della falda consente di valutare la velocità, la direzione dei vettori flusso, i livelli piezometrici e i gradienti all'interno del dominio di simulazione.

Ai fine di ricavare utili informazioni progettuali sulle velocità di filtrazione della falda nell'intorno delle opere a progetto, con particolare riferimento ai trattamenti di consolidamento propedeutici allo scavo delle gallerie, il modello è stato interrogato in due punti di controllo coincidenti con i nodi della mesh di calcolo, in corrispondenza rispettivamente del fondo (arco rovescio) e della volta (calotta) di ciascuna galleria.

I punti di controllo per la misura della velocità sono illustrati schematicamente nella seguente Figura 2 e Figura 3.

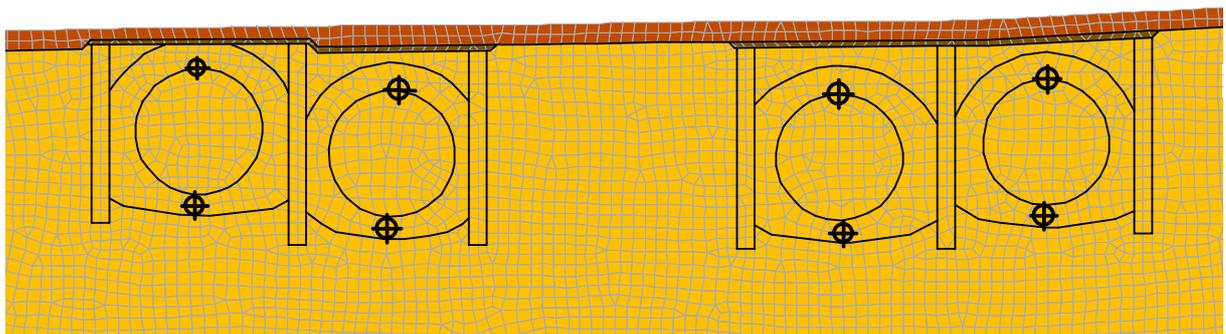


Figura 2: Punti di controllo per la misura della velocità di filtrazione della falda. Modello parziale con profilo stratigrafico omogeneo

Il modello concettuale con profilo differenziato è stato ottimizzato in modo tale da prevedere la localizzazione delle fasce più permeabili (deposito alluvionale) in corrispondenza dei punti di controllo. In questo modo le velocità misurate sul modello corrispondono al peggior scenario atteso ed a una condizione conservativa di analisi.

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume

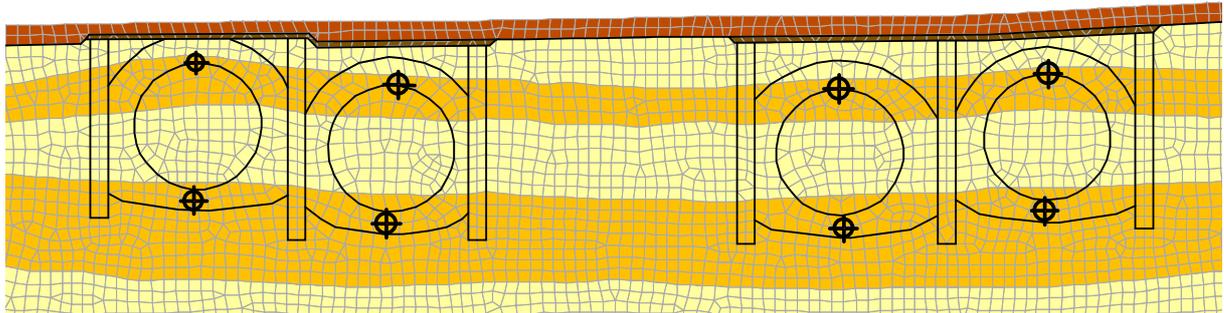


Figura 3: Punti di controllo per la misura della velocità di filtrazione della falda. Modello parziale con profilo stratigrafico differenziato

L'effetto prodotto dalle opere a progetto sui livelli piezometrici e sul gradiente della superficie della falda è stato quantificato in relazione a ciascuna coppia di gallerie.

I punti di controllo per la misura dei livelli piezometrici sono illustrati schematicamente nella seguente Figura 4.

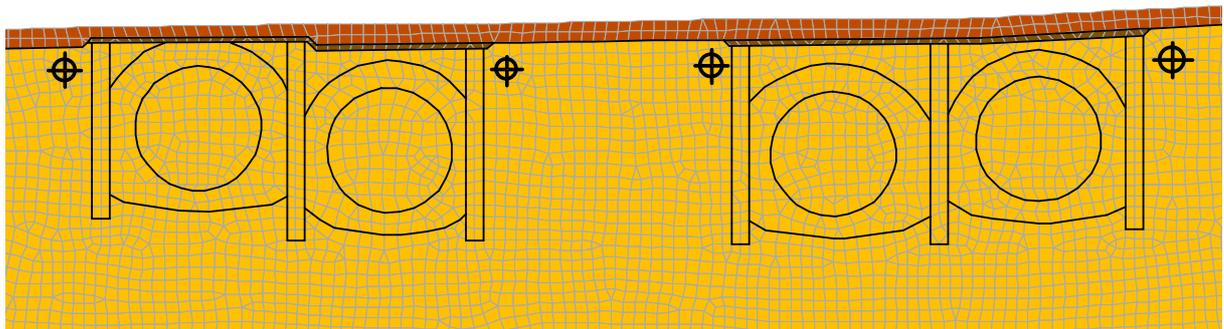


Figura 4: Punti di controllo per la misura dei livelli piezometrici

### 7.7.3 Velocità di filtrazione

La misura sul modello della velocità di filtrazione della falda in corrispondenza dei punti di controllo è illustrata nella seguente Tabella 2, Tabella 3 e Tabella 4.

Il modello risolve le equazioni del campo di moto in termini di velocità apparente  $q$ . La relazione che lega la velocità apparente alla velocità effettiva  $v$  è la seguente:

$$v = \frac{q}{n_e}$$

dove  $n_e$  è la porosità efficace. La velocità effettiva è espressa sia in m/s che in m/giorno (m/d).

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume

	/Volta Gallerie			/Arco rovescio		
<b>CASE 1/CASO 1</b>	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]
IP	4.34x10 <sup>-05</sup>	1.73x10 <sup>-04</sup>	15.0	4.22x10 <sup>-05</sup>	1.69x10 <sup>-04</sup>	14.6
BP	4.28x10 <sup>-05</sup>	1.71x10 <sup>-04</sup>	14.8	4.24x10 <sup>-05</sup>	1.70x10 <sup>-04</sup>	14.6
BD	4.59x10 <sup>-05</sup>	1.84x10 <sup>-04</sup>	15.9	4.36x10 <sup>-05</sup>	1.74x10 <sup>-04</sup>	15.1
ID	4.35x10 <sup>-05</sup>	1.74x10 <sup>-04</sup>	15.0	4.32x10 <sup>-05</sup>	1.73x10 <sup>-04</sup>	14.9
<b>CASE 2/CASO 2</b>	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]
IP	2.25x10 <sup>-06</sup>	9.01x10 <sup>-06</sup>	0.8	2.28x10 <sup>-05</sup>	9.10x10 <sup>-05</sup>	7.9
BP	2.51x10 <sup>-06</sup>	1.00x10 <sup>-05</sup>	0.9	2.60x10 <sup>-05</sup>	1.04x10 <sup>-04</sup>	9.0
BD	1.80x10 <sup>-06</sup>	7.20x10 <sup>-06</sup>	0.6	2.61x10 <sup>-05</sup>	1.04x10 <sup>-04</sup>	9.0
ID	2.40x10 <sup>-06</sup>	9.60x10 <sup>-06</sup>	0.8	2.29x10 <sup>-05</sup>	9.16x10 <sup>-05</sup>	7.9
<b>CASE 3/CASO 3</b>	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]
IP	1.80x10 <sup>-06</sup>	7.18x10 <sup>-06</sup>	0.6	1.90x10 <sup>-05</sup>	7.61x10 <sup>-05</sup>	6.6
BP	2.00x10 <sup>-06</sup>	8.02x10 <sup>-06</sup>	0.7	2.19x10 <sup>-05</sup>	8.78x10 <sup>-05</sup>	7.6
BD	1.40x10 <sup>-06</sup>	5.60x10 <sup>-06</sup>	0.5	2.15x10 <sup>-05</sup>	8.61x10 <sup>-05</sup>	7.4
ID	1.92x10 <sup>-06</sup>	7.66x10 <sup>-06</sup>	0.7	1.92x10 <sup>-05</sup>	7.69x10 <sup>-05</sup>	6.6
<b>CASE 4/CASO 4</b>	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]
IP	1.43x10 <sup>-06</sup>	5.72x10 <sup>-06</sup>	0.5	1.57x10 <sup>-05</sup>	6.27x10 <sup>-05</sup>	5.4
BP	1.60x10 <sup>-06</sup>	6.40x10 <sup>-06</sup>	0.6	1.86x10 <sup>-05</sup>	7.42x10 <sup>-05</sup>	6.4
BD	1.09x10 <sup>-06</sup>	4.34x10 <sup>-06</sup>	0.4	1.74x10 <sup>-05</sup>	6.95x10 <sup>-05</sup>	6.0
ID	1.53x10 <sup>-06</sup>	6.10x10 <sup>-06</sup>	0.5	1.58x10 <sup>-05</sup>	6.34x10 <sup>-05</sup>	5.5
<b>CASE 5/CASO 5</b>	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]
IP	1.06x10 <sup>-06</sup>	4.24x10 <sup>-06</sup>	0.4	1.19x10 <sup>-05</sup>	4.78x10 <sup>-05</sup>	4.1
BP	1.19x10 <sup>-06</sup>	4.77x10 <sup>-06</sup>	0.4	1.41x10 <sup>-05</sup>	5.65x10 <sup>-05</sup>	4.9
BD	7.72x10 <sup>-07</sup>	3.09x10 <sup>-06</sup>	0.3	1.27x10 <sup>-05</sup>	5.09x10 <sup>-05</sup>	4.4
ID	1.13x10 <sup>-06</sup>	4.50x10 <sup>-06</sup>	0.4	1.20x10 <sup>-05</sup>	4.80x10 <sup>-05</sup>	4.1

Tabella 2: Misura su modello della velocità di filtrazione della falda. Profilo omogeneo, analisi di sensitività sulla lunghezza dei setti jet-grouting

	/Volta Gallerie			/Arco rovescio		
<b>CASE 2/CASO 2</b>	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]
IP	2.25x10 <sup>-06</sup>	9.01x10 <sup>-06</sup>	0.8	2.28x10 <sup>-05</sup>	9.10x10 <sup>-05</sup>	7.9
BP	2.51x10 <sup>-06</sup>	1.00x10 <sup>-05</sup>	0.9	2.60x10 <sup>-05</sup>	1.04x10 <sup>-04</sup>	9.0
BD	1.80x10 <sup>-06</sup>	7.20x10 <sup>-06</sup>	0.6	2.61x10 <sup>-05</sup>	1.04x10 <sup>-04</sup>	9.0
ID	2.40x10 <sup>-06</sup>	9.60x10 <sup>-06</sup>	0.8	2.29x10 <sup>-05</sup>	9.16x10 <sup>-05</sup>	7.9
<b>CASE 6/CASO 6</b>	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]
IP	-	-	-	-	-	-
BP	2.42x10 <sup>-06</sup>	9.69x10 <sup>-06</sup>	0.8	2.52x10 <sup>-05</sup>	1.01x10 <sup>-04</sup>	8.7

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume

	/Volta Gallerie			/Arco rovescio		
BD	$1.79 \times 10^{-06}$	$7.17 \times 10^{-06}$	0.6	$2.60 \times 10^{-05}$	$1.04 \times 10^{-04}$	9.0
ID	$2.39 \times 10^{-06}$	$9.56 \times 10^{-06}$	0.8	$2.28 \times 10^{-05}$	$9.13 \times 10^{-05}$	7.9
<b>CASE 7/CASO 7</b>	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]
IP	-	-	-	-	-	-
BP	-	-	-	-	-	-
BD	$1.78 \times 10^{-06}$	$7.11 \times 10^{-06}$	0.6	$2.57 \times 10^{-05}$	$1.03 \times 10^{-04}$	8.9
ID	$2.35 \times 10^{-06}$	$9.40 \times 10^{-06}$	0.8	$2.27 \times 10^{-05}$	$9.08 \times 10^{-05}$	7.8
<b>CASE 8/CASO 8</b>	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]
IP	-	-	-	-	-	-
BP	-	-	-	-	-	-
BD	-	-	-	-	-	-
ID	$2.29 \times 10^{-06}$	$9.15 \times 10^{-06}$	0.8	$2.19 \times 10^{-05}$	$8.75 \times 10^{-05}$	7.6

Tabella 3: Misura su modello della velocità di filtrazione della falda. Profilo omogeneo, analisi degli effetti indotti dalla sequenza di costruzione delle gallerie

	/Volta Gallerie			/Arco rovescio		
<b>CASE 11/CASO 11</b>	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]
IP	$4.24 \times 10^{-05}$	$1.70 \times 10^{-04}$	14.7	$4.14 \times 10^{-05}$	$1.66 \times 10^{-04}$	14.3
BP	$4.21 \times 10^{-05}$	$1.68 \times 10^{-04}$	14.5	$4.22 \times 10^{-05}$	$1.69 \times 10^{-04}$	14.6
BD	$4.65 \times 10^{-05}$	$1.86 \times 10^{-04}$	16.1	$4.43 \times 10^{-05}$	$1.77 \times 10^{-04}$	15.3
ID	$4.07 \times 10^{-05}$	$1.63 \times 10^{-04}$	14.1	$4.19 \times 10^{-05}$	$1.68 \times 10^{-04}$	14.5
<b>CASE 12/CASO 12</b>	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]
IP	$2.27 \times 10^{-06}$	$9.06 \times 10^{-06}$	0.8	$2.51 \times 10^{-05}$	$1.01 \times 10^{-04}$	8.7
BP	$2.52 \times 10^{-06}$	$1.01 \times 10^{-05}$	0.9	$2.79 \times 10^{-05}$	$1.12 \times 10^{-04}$	9.6
BD	$1.90 \times 10^{-06}$	$7.61 \times 10^{-06}$	0.7	$2.90 \times 10^{-05}$	$1.16 \times 10^{-04}$	10.0
ID	$2.24 \times 10^{-06}$	$8.95 \times 10^{-06}$	0.8	$2.54 \times 10^{-05}$	$1.01 \times 10^{-04}$	8.8
<b>CASE 13/CASO 13</b>	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]
IP	$1.82 \times 10^{-06}$	$7.28 \times 10^{-06}$	0.6	$2.10 \times 10^{-05}$	$8.40 \times 10^{-05}$	7.3
BP	$2.02 \times 10^{-06}$	$8.09 \times 10^{-06}$	0.7	$2.36 \times 10^{-05}$	$9.46 \times 10^{-05}$	8.2
BD	$1.49 \times 10^{-06}$	$5.96 \times 10^{-06}$	0.5	$2.40 \times 10^{-05}$	$9.58 \times 10^{-05}$	8.3
ID	$1.79 \times 10^{-06}$	$7.16 \times 10^{-06}$	0.6	$2.12 \times 10^{-05}$	$8.46 \times 10^{-05}$	7.3
<b>CASE 14/CASO 14</b>	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]
IP	$1.44 \times 10^{-06}$	$5.78 \times 10^{-06}$	0.5	$1.71 \times 10^{-05}$	$6.86 \times 10^{-05}$	5.9
BP	$1.60 \times 10^{-06}$	$6.39 \times 10^{-06}$	0.6	$1.94 \times 10^{-05}$	$7.77 \times 10^{-05}$	6.7
BD	$1.15 \times 10^{-06}$	$4.58 \times 10^{-06}$	0.4	$1.91 \times 10^{-05}$	$7.62 \times 10^{-05}$	6.6
ID	$1.42 \times 10^{-06}$	$5.69 \times 10^{-06}$	0.5	$1.73 \times 10^{-05}$	$6.93 \times 10^{-05}$	6.0
<b>CASE 15/CASO 15</b>	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]	<i>q</i> [m/s]	<i>v</i> [m/s]	<i>v</i> [m/d]

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume

	/Volta Gallerie			/Arco rovescio		
IP	$1.11 \times 10^{-06}$	$4.43 \times 10^{-06}$	0.4	$1.34 \times 10^{-05}$	$5.36 \times 10^{-05}$	4.6
BP	$1.21 \times 10^{-06}$	$4.83 \times 10^{-06}$	0.4	$1.51 \times 10^{-05}$	$6.02 \times 10^{-05}$	5.2
BD	$8.32 \times 10^{-07}$	$3.33 \times 10^{-06}$	0.3	$1.41 \times 10^{-05}$	$5.64 \times 10^{-05}$	4.9
ID	$1.08 \times 10^{-06}$	$4.32 \times 10^{-06}$	0.4	$1.34 \times 10^{-05}$	$5.35 \times 10^{-05}$	4.6

Tabella 4: Misura su modello della velocità di filtrazione della falda. Profilo differenziato, analisi di sensitività sulla lunghezza dei setti jet-grouting

#### 7.7.4 Gradiente della falda

La misura sul modello del gradiente idraulico della falda in corrispondenza dei punti di controllo è illustrata nella seguente Tabella 5, Tabella 6, Tabella 7.

Il gradiente idraulico  $i$  è stato stimato in relazione alla differenza  $\Delta H$  tra il carico idraulico (quota geodetica della falda) di monte  $\rho_m$  e quello di valle  $\rho_v$  e alla distanza tra i punti di controllo, ovvero rispettivamente 38.0 m per la coppia IP-BP e 36.3 m per la coppia BD-ID.

<b>CASE 1/CASO 1</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
IP - BP	773.644	772.823	0.821	0.0216
BD - ID	772.417	771.610	0.807	0.0222
<b>CASE 2/CASO 2</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
IP - BP	773.860	772.692	1.168	0.0307
BD - ID	772.509	771.287	1.222	0.0337
<b>CASE 3/CASO 3</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
IP - BP	773.885	772.678	1.207	0.0318
BD - ID	772.521	771.270	1.251	0.0345
<b>CASE 4/CASO 4</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
IP - BP	773.893	772.676	1.217	0.0320
BD - ID	772.521	771.255	1.266	0.0349
<b>CASE 5/CASO 5</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
IP - BP	773.903	772.674	1.229	0.0323
BD - ID	772.521	771.235	1.286	0.0354

Tabella 5: Misura su modello del gradiente idraulico della falda. Profilo omogeneo, analisi di sensitività sulla lunghezza dei setti jet-grouting

<b>CASE 6/CASO 6</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
----------------------	--------------	--------------	----------------	-----------

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

IP - BP	773.879	772.674	1.205	0.0317
BD - ID	772.515	771.284	1.231	0.0339
<b>CASE 7/CASO 7</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
IP - BP	773.879	772.660	1.219	0.0321
BD - ID	772.502	771.281	1.221	0.0336
<b>CASE 8/CASO 8</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
IP - BP	773.881	772.671	1.210	0.0318
BD - ID	772.514	771.279	1.235	0.0340
<b>CASE 9/CASO 9</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
IP - BP	773.882	772.675	1.207	0.0318
BD - ID	772.518	771.274	1.244	0.0343
<b>CASE 10/CASO 10</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
IP - BP	773.815	772.768	1.047	0.0275
BD - ID	772.566	771.317	1.249	0.0344

Tabella 6: Misura su modello del gradiente idraulico della falda. Profilo omogeneo, analisi degli effetti indotti dalla costruzione delle gallerie

<b>CASE 11/CASO 11</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
IP - BP	773.644	772.823	0.821	0.0216
BD - ID	772.402	771.593	0.809	0.0223
<b>CASE 12/CASO 12</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
IP - BP	773.855	772.705	1.150	0.0303
BD - ID	772.523	771.312	1.211	0.0334
<b>CASE 13/CASO 13</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
IP - BP	773.864	772.703	1.161	0.0305
BD - ID	772.522	771.293	1.229	0.0338
<b>CASE 14/CASO 14</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
IP - BP	773.873	772.699	1.174	0.0309
BD - ID	772.521	771.274	1.247	0.0343
<b>CASE 15/CASO 15</b>	$\rho_m$ [m]	$\rho_v$ [m]	$\Delta H$ [m]	$i$ [m/m]
IP - BP	773.884	772.698	1.186	0.0312
BD - ID	772.522	771.253	1.269	0.0349

Tabella 7: Misura su modello del gradiente idraulico della falda. Profilo differenziato, analisi di sensitività sulla lunghezza dei setti jet-grouting

### 7.7.5 Effetto della permeabilità del jetgrouting

Il coefficiente di permeabilità del jet-grouting è stato assunto pari a  $k = 1 \cdot 10^{-8}$  m/s, che corrisponde alla

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

massa del terreno trattato, tenuto conto delle discontinuità e delle sovrapposizioni che si generano durante il trattamento. Si ricorda che nella realizzazione si è specificata una sequenza operativa di chiusura progressiva, che consente di minimizzare la presenza di aperture.

In presenza di eventuali discontinuità la permeabilità media equivalente della parete di diaframma aumenta. E' stata condotta una stima degli effetti di tale possibilità, assumendo un coefficiente di permeabilità 100 volte più grande di quello atteso, ossia  $k = 1 \cdot 10^{-6}$  m/s. Va notato che ciò corrisponderebbe ad avere una finestra larga 5 cm lungo tutto il contatto tra colonne adiacenti, cosa che appare irrealistica.

La verifica è stata condotta sul caso omogeneo 13. Con riferimento ai risultati riportati sinteticamente in Figura 5, si può notare che la differente permeabilità dei setti ha un effetto trascurabile sia sulla distribuzione delle linee equipotenziali che sul flusso di filtrazione.

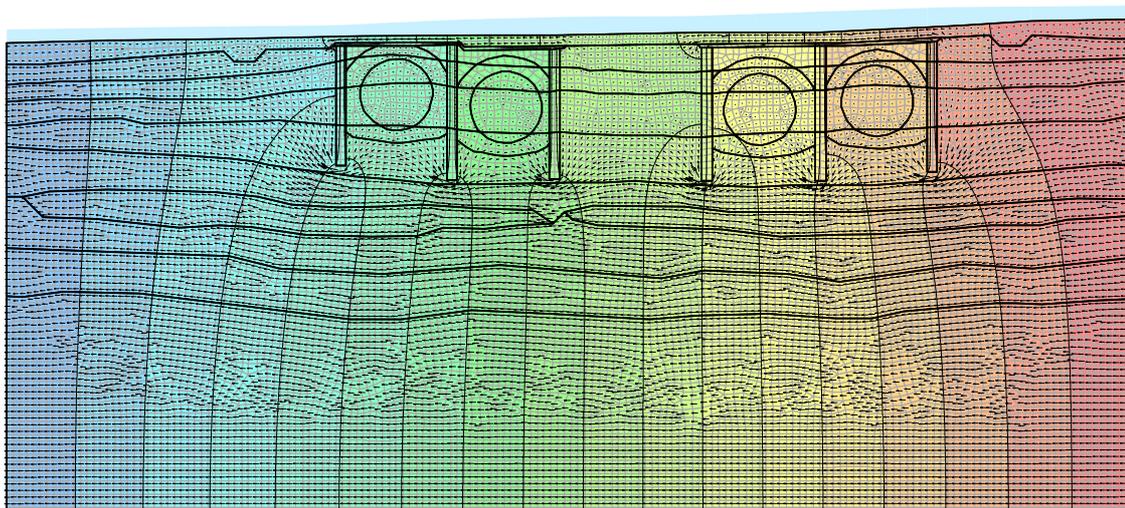
Si ritengono le ipotesi fatte ragionevoli e aderenti alla realtà. Tuttavia anche adottando ipotesi pessimistiche circa la riuscita dei setti in jet-grouting, le ripercussioni sulla filtrazione sono risultate limitate. Effetti locali potrebbero essere più marcati, ma avrebbero comunque un impatto più limitato sulle lavorazioni.

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume

**CASO 13**  
Esecuzione Setti Jet Grouting (lunghezza +3m)

Permeabilità alluvioni  $K = 1.9 \times 10^{-3}$  m/s  
Permeabilità jet-grouting  $K = 1 \times 10^{-8}$  m/s



**CASO 13**  
Esecuzione Setti Jet Grouting (lunghezza +3m)

Permeabilità alluvioni  $K = 1.9 \times 10^{-3}$  m/s  
Permeabilità jet-grouting  $K = 1 \times 10^{-6}$  m/s

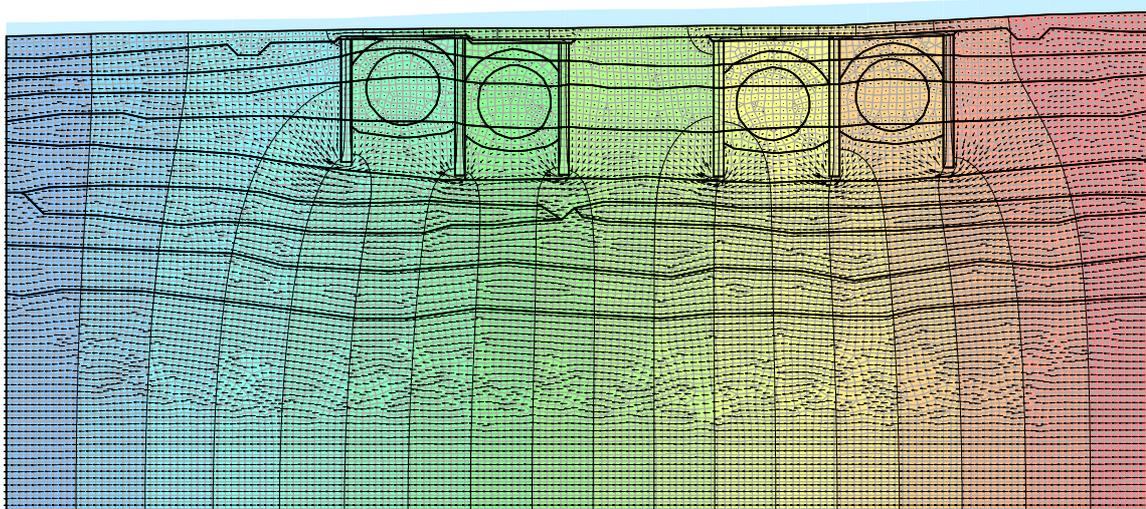


Figura 5: Effetto della diversa permeabilità dei setti in jet-grouting sulla filtrazione

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

## 8 RIASSUNTO E CONCLUSIONI

Riassumendo i risultati del modello della falda si possono trarre le seguenti conclusioni:

### Confronto tra i risultati nelle due sezioni

- la modellazione lungo la falda ha consentito di evidenziare che in asse al fiume si genera un sollevamento della falda, prodotto dalla filtrazione che si instaura in senso verticale dal fondo alveo verso la falda. Il livello di saturazione che tale zona può raggiungere dipende dai livelli medi del fiume e dalla durata con cui tali livelli si mantengono o evolvono. La piena saturazione costituisce il limite superiore di tali configurazioni e può essere raggiunta in tempi relativamente brevi solo al crescere della pezzatura del terreno e quindi della sua permeabilità.
- Assumere che il terreno tra fiume e falda sia saturo rappresenta quindi una ipotesi conservativa.
- Nella modellazione lungo il fiume, si è assunto che tutto il materiale dell'alveo sia saturo a partire dal livello del fiume. Ciò corrisponde ad assumere le condizioni estreme che si verificano nel modello precedente, in corrispondenza della sezione in asse al fiume. Tali condizioni pertanto portano a una stima conservativa delle condizioni di lavoro delle strutture in costruzione.

### Azioni sulla soletta

- Con il modello lungo la falda, che analizza il transitorio, è possibile stimare le massime sottopressioni in fase di livelli del fiume calanti. In ogni caso le sottopressioni si mantengono entro livelli accettabili, che possono essere agevolmente controllati dal peso totale dei materiali sovrastanti

### Velocità di filtrazione della falda

- nella condizione indisturbata, ovvero senza la presenza di opere in sotterraneo, la velocità di filtrazione della falda nella configurazione a profilo omogeneo e in quella a profilo differenziato

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

(valutata nelle fasce più trasmissive) è sostanzialmente comparabile e presenta valori massimi nell'ordine dei 15 m/d (velocità affettiva in m/giorno), in buona analogia con le evidenze raccolte nel corso delle prove con tracciante;

- l'esecuzione di setti in jet-grouting estesi in profondità nel sub-alveo, a monte e a valle di ciascuna galleria, determina una importante riduzione locale della velocità di filtrazione della falda. I setti producono un effetto cut-off, forzando il flusso verso un percorso di aggiramento in profondità e isolando parzialmente lo spazio racchiuso tra i setti. La riduzione della velocità di filtrazione è via via crescente allontanandosi dal fondo dei setti, ovvero risalendo verso la volta delle gallerie;
- l'analisi di sensitività sulla lunghezza dei setti evidenzia che al crescere della profondità delle colonne jet-iniettate si riducono proporzionalmente le velocità attese sia sul fondo che sulla volta delle gallerie:
  - nella configurazione a profilo omogeneo la velocità sul fondo decresce da circa 15 m/d (condizione indisturbata) a rispettivamente 9, 7.5, 6 e 4.5 m/d per incrementi di lunghezza dei setti di 1 m (originale,+1,+2,+3 m);
  - nella configurazione a profilo differenziato la velocità sul fondo decresce da circa 15 m/d (condizione indisturbata) a rispettivamente 9.5, 8, 6.5 e 5 m/d per incrementi di lunghezza dei setti di 1 m (originale,+1,+2,+3 m);

in entrambe le configurazioni la velocità in volta si attesta su valori < 1 m/d, indipendentemente dalla lunghezza dei setti;

- in sostanza dunque, non si osservano differenze di rilievo nella risposta del modello tra la configurazione a profilo omogeneo e quella a profilo differenziato. Il profilo differenziato presenta una concentrazione del flusso lungo le fasce più trasmissive, tuttavia all'interno di esse è dimostrata un'analoga efficacia dei setti. In termini di velocità si riscontra mediamente un valore sul fondo delle gallerie maggiore di circa 0.5 m/d nella configu-

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

razione a profilo differenziato, questo risultato è verosimilmente legato ad un qualche effetto “tubo di flusso” nelle fasce più trasmissive.

- lo scavo delle gallerie non produce un apprezzabile effetto “ombra” sulla circolazione della falda nelle restanti zone interessate dai lavori.

### **Gradiente della falda**

- il gradiente naturale della falda simulato con il modello nella zona del sottoattraversamento è pari a circa 2.2%, in buona analogia con le misura piezometriche raccolte sul campo. La configurazione di analisi (profilo omogeneo o indisturbato) non ha effetti sul gradiente nella condizione indisturbata;
- lo scavo delle gallerie al di sotto dell'alveo del fiume, ovvero l'ingombro delle sezioni delle gallerie e dei trattamenti di consolidamento a contorno, determina una modifica locale dei livelli piezometrici a monte (sopraelevazione) e a valle (depressione) delle gallerie, essenzialmente legata alle perdite di carico conseguente all'allungamento dei percorsi di filtrazione. Rispetto alla condizione indisturbata l'incremento della differenza di carico piezometrico è stimata in circa 0.23 m per la coppia IP-BP e in circa 0.44 per la coppia BD-ID. Per quest'ultima coppia di gallerie l'effetto è maggiore in virtù del minor ricoprimento sopra la volta, del contatto dei consolidamenti con la soletta in calcestruzzo (ID) e del relativo maggior effetto barriera;
- la realizzazione dei setti in jet-grouting determina un ulteriore incremento della differenza di carico piezometrico. Rispetto alla situazione indisturbata l'incremento legato alla lunghezza originale dei setti è stimato nella configurazione a profilo omogeneo rispettivamente in circa 0.35 per la coppia IP-BP e in circa 0.41 per la coppia BD-ID. Si fa osservare che, rispetto allo scavo delle sole gallerie (punto precedente), il maggior effetto barriera è apprezzabile solo per la coppia IP-BP, dove i setti vanno a chiudere il passaggio del flusso sopra la volta delle gallerie;
- l'analisi di sensitività sulla lunghezza dei setti evidenzia che, a fronte di una maggior profondità

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

delle colonne jet-iniettate, l'incremento della differenza di carico piezometrico è modesto:

- nella configurazione a profilo omogeneo l'incremento è stimato variabile da 0.35 (originale) a 0.41 m (+3 m) per la coppia IP-BP e da 0.41 (originale) a 0.48 m (+3 m) per la coppia BD-ID;
- nella configurazione a profilo differenziato l'incremento è stimato variabile da 0.33 (originale) a 0.36 m (+3 m) per la coppia IP-BP e da 0.40 (originale) a 0.46 m (+3 m) per la coppia BD-ID;

l'effetto legato alla presenza dei setti nella configurazione a profilo omogeneo e in quella a profilo differenziato è dunque confrontabile.

- l'incremento della differenza di carico piezometrico conseguente alla realizzazione dei setti è di poco superiore a quello atteso con il solo scavo delle gallerie (e consolidamento a contorno). I setti si configurano dunque come un intervento integrativo di basso impatto.

## 9 ELENCHI

### 9.1 TABELLE

Tabella 1: Scenari simulati con il modello di filtrazione della falda 29

Tabella 2: Misura su modello della velocità di filtrazione della falda. Profilo omogeneo, analisi di sensitività sulla lunghezza dei setti jet-grouting 32

Tabella 3: Misura su modello della velocità di filtrazione della falda. Profilo omogeneo, analisi degli effetti indotti dalla sequenza di costruzione delle gallerie 33

Tabella 4: Misura su modello della velocità di filtrazione della falda. Profilo differenziato, analisi di sensitività sulla lunghezza dei setti jet-grouting 34

Tabella 5: Misura su modello del gradiente idraulico della falda. Profilo omogeneo, analisi di sensitività sulla lunghezza dei setti jet-grouting 34

Tabella 6: Misura su modello del gradiente idraulico

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Idraulica e idrologia  
Tema: Acque di falda  
**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

della falda. Profilo omogeneo, analisi degli effetti indotti dalla costruzione delle gallerie 35

Tabella 7: Misura su modello del gradiente idraulico della falda. Profilo differenziato, analisi di sensitività sulla lunghezza dei setti jet-grouting 35

## 9.2 FIGURE

Figura 1: Geometria di calcolo per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Lungo Termine. 22

Figura 2: Punti di controllo per la misura della velocità di filtrazione della falda. Modello parziale con profilo stratigrafico omogeneo 30

Figura 3: Punti di controllo per la misura della velocità di filtrazione della falda. Modello parziale con profilo stratigrafico differenziato 30

Figura 4: Punti di controllo per la misura dei livelli piezometrici 30

Figura 5: Effetto della diversa permeabilità dei setti in jet-grouting sulla filtrazione

## 9.3 FONTI E BIBLIOGRAFIA

- Studio geologico, idrogeologico e geotecnico, Sottoattraversamento Isarco, Indagini geotecniche e idrogeologiche, SET su incarico BBT, 2006;
- Prove con tracciante – Sintesi delle indagini, Progetto Esecutivo, Sublotto di costruzione Opere Principali Sottoattraversamento Isarco, SC Sembenelli Consulting, 2015;
- Abbassamento della falda, Relazione sulla modellazione numerica, Progetto Definitivo Sublotto di costruzione Opere Principali Sottoattraversamento Isarco, ARCADIS, 2013;
- Seepage modeling with SEEP/W, An engineering Methodology, John Krahn, 2004.

## 9.4 ALLEGATI

A. Modello Lungo il Fiume. Geometria, profili stratigrafici

Fachbereich:

Thema:

**Dokumenteninhalt:**

Settore: Idraulica e idrologia

Tema: Acque di falda

**Contenuto documento: Modello di filtrazione della falda  
Opere per il sottoattraversamento del fiume**

B. Modello Lungo il Fiume. Vettori flusso e linee isovelocità, profilo omogeneo

C. Modello Lungo il Fiume. Vettori flusso e linee isovelocità, profilo differenziato

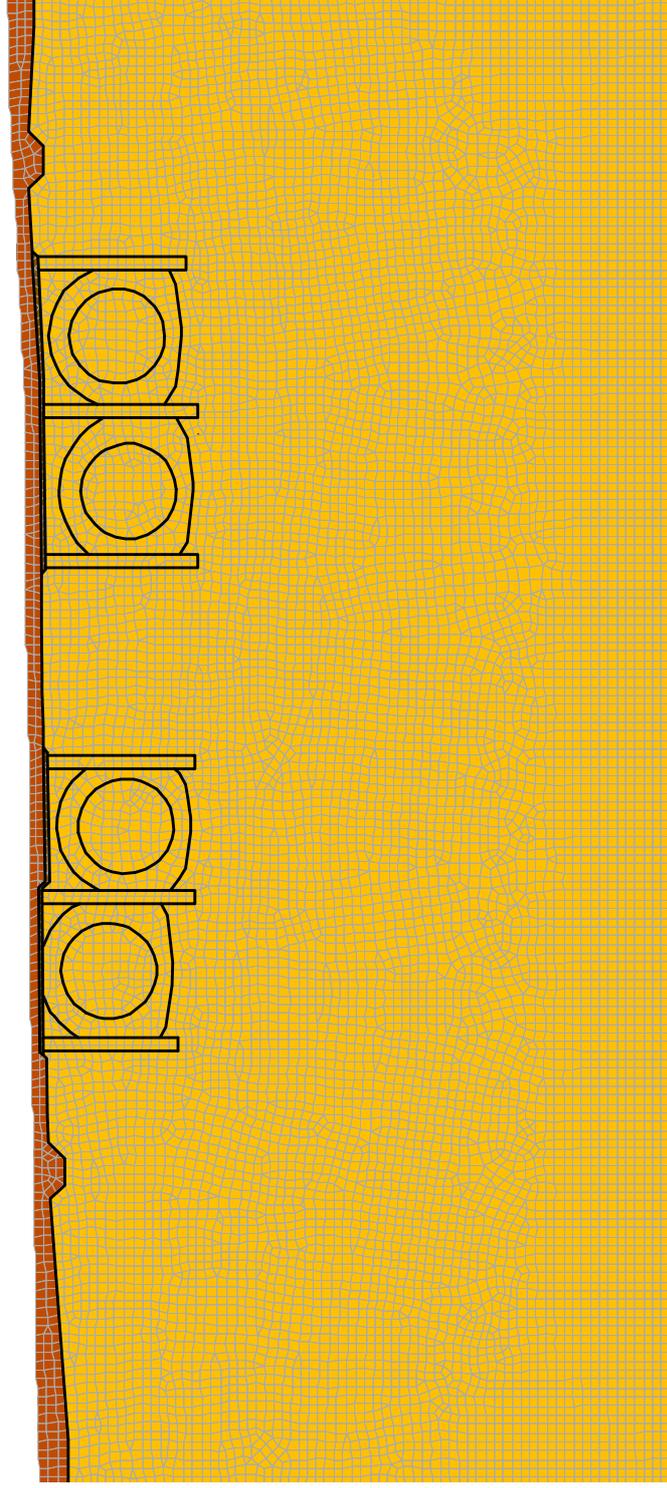
D. Modello Lungo la Falda

<b>ANLAGE A</b>	<b>ALLEGATO A</b>
	<b>Modello Lungo il Fiume. Geometria Profili stratigrafici</b>

MODELLO CONCETTUALE  
PROFLO STRATIGRAFICO OMIGENEO

MATERIALI

 Deposito alluvionale K = 1.9x10<sup>-3</sup> m/s

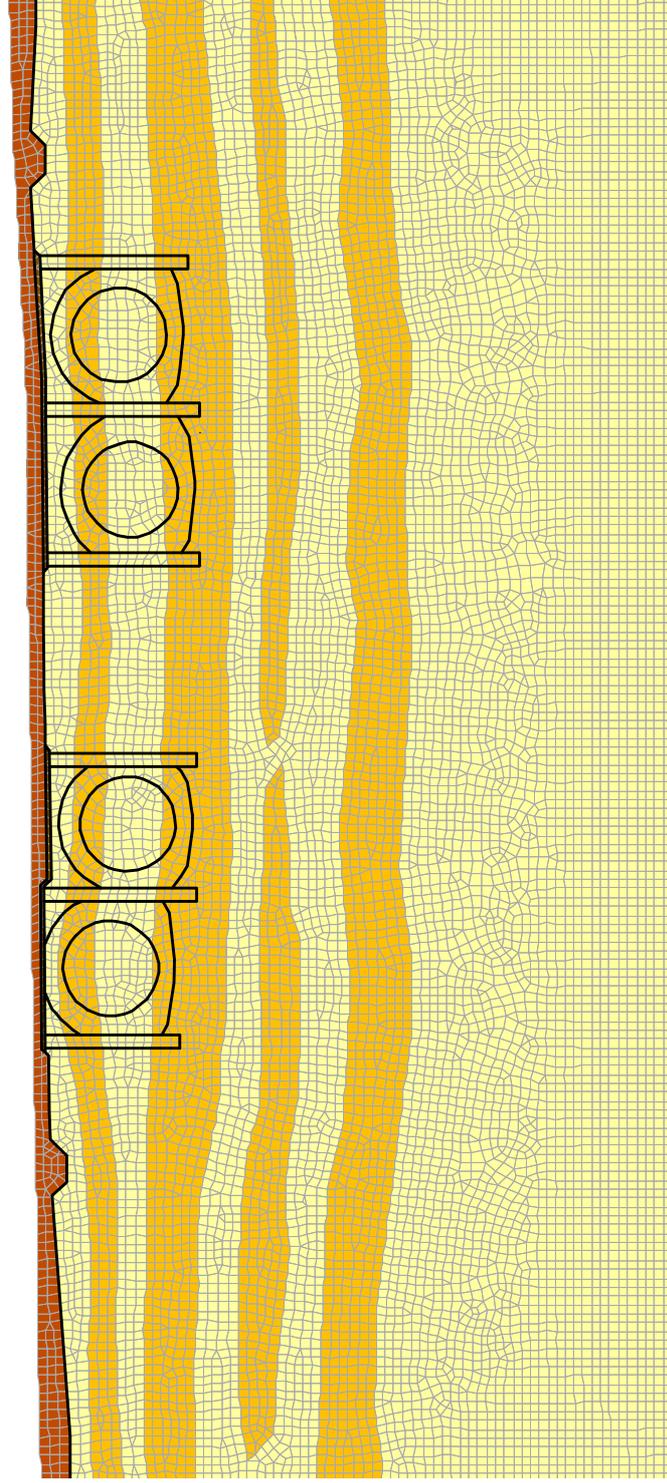


**MODELLO CONCETTUALE  
PROFILO STRATIGRAFICO DIFFERENZIATO**

**MATERIALI**

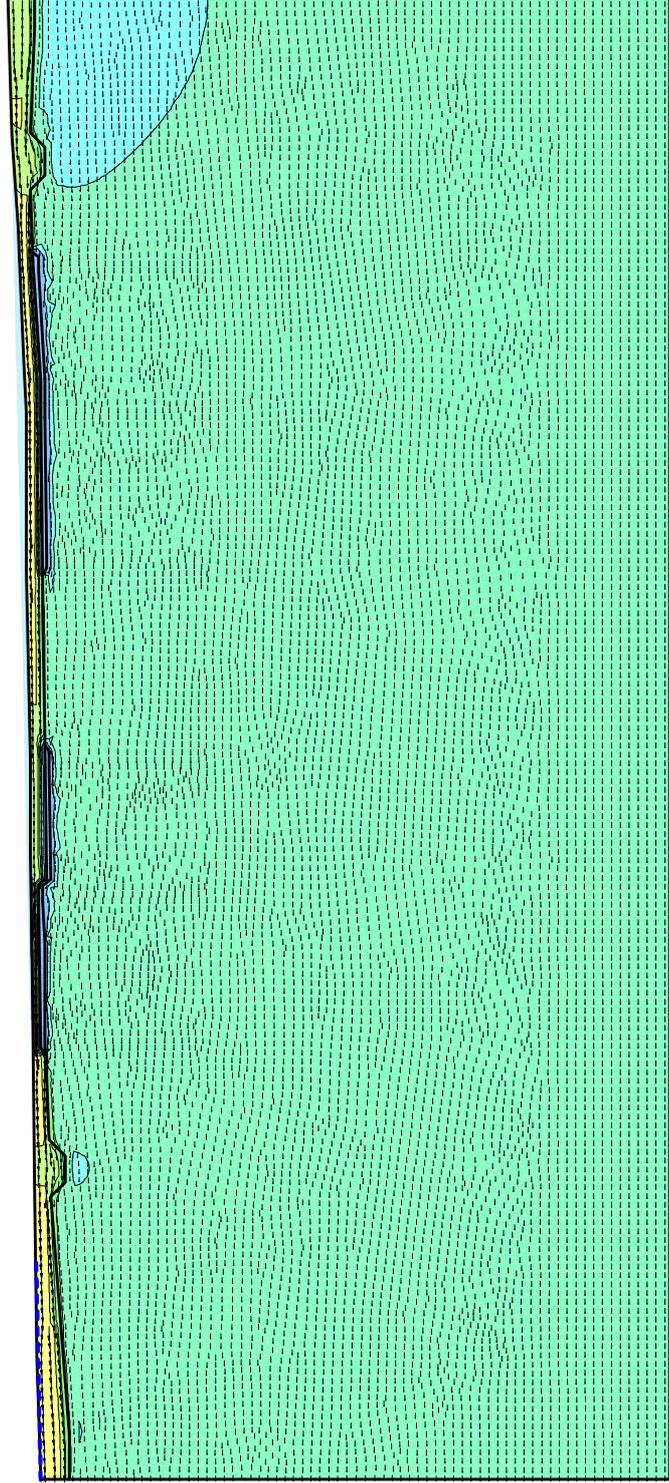
 Deposito alluvionale  $K = 1.9 \times 10^{-3}$  m/s

 Lenti sabbiose  $K = 8.6 \times 10^{-4}$  m/s

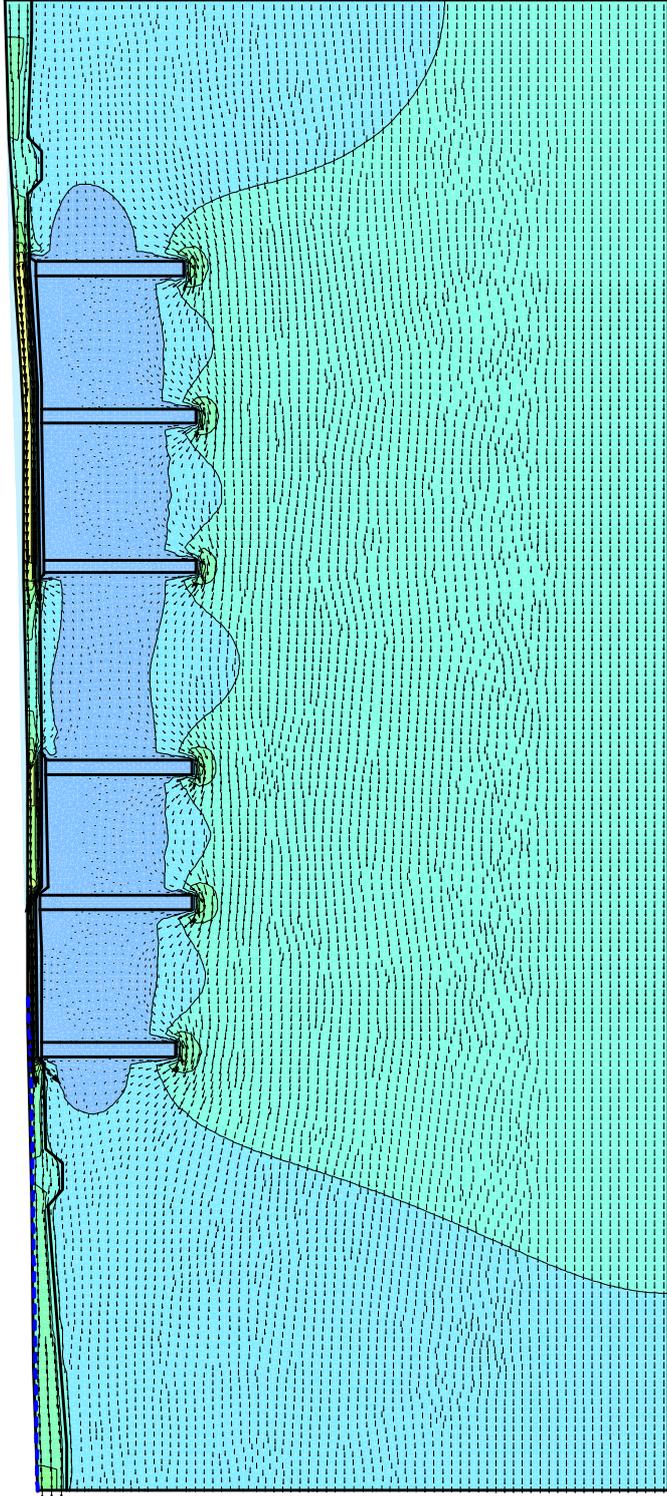


<b>ANLAGE B</b>	<b>ALLEGATO B</b>
	<b>Modello Lungo il Fiume. Vettori flusso e linee isovelocità Profilo Omogeneo</b>

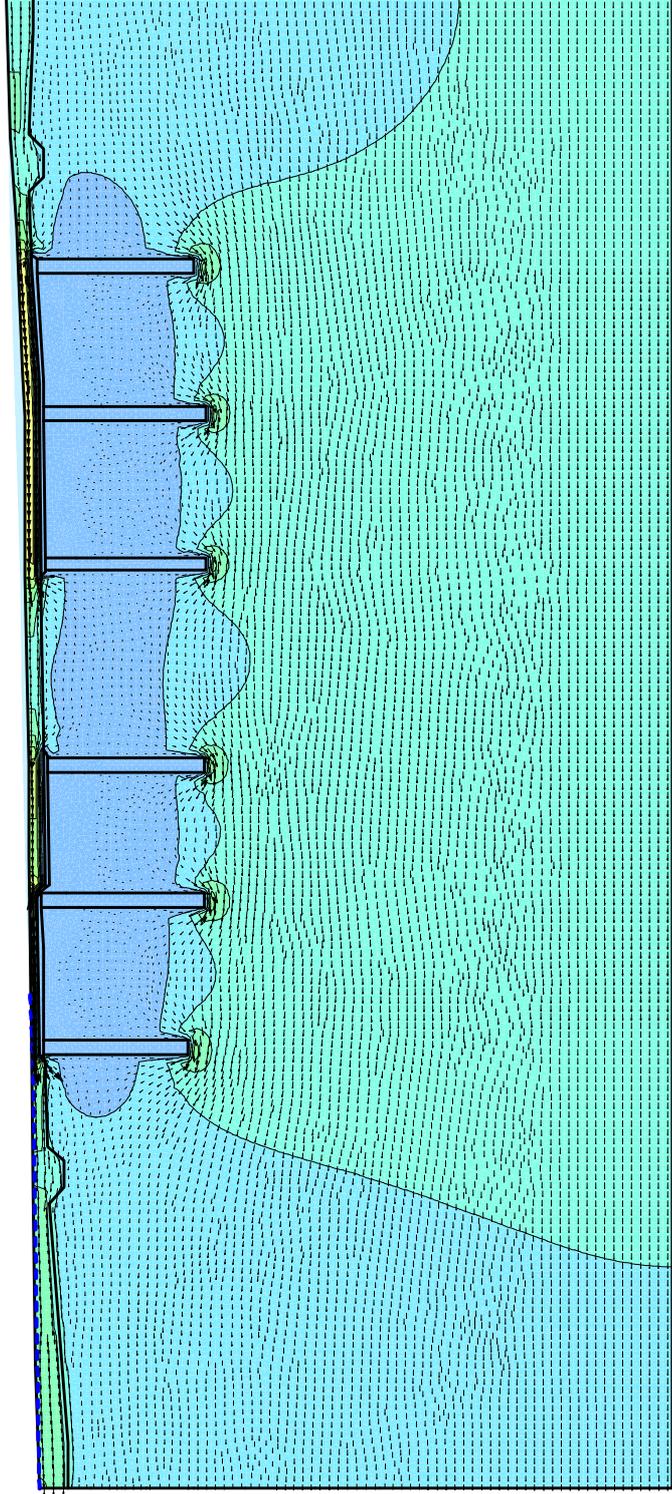
CASO 1



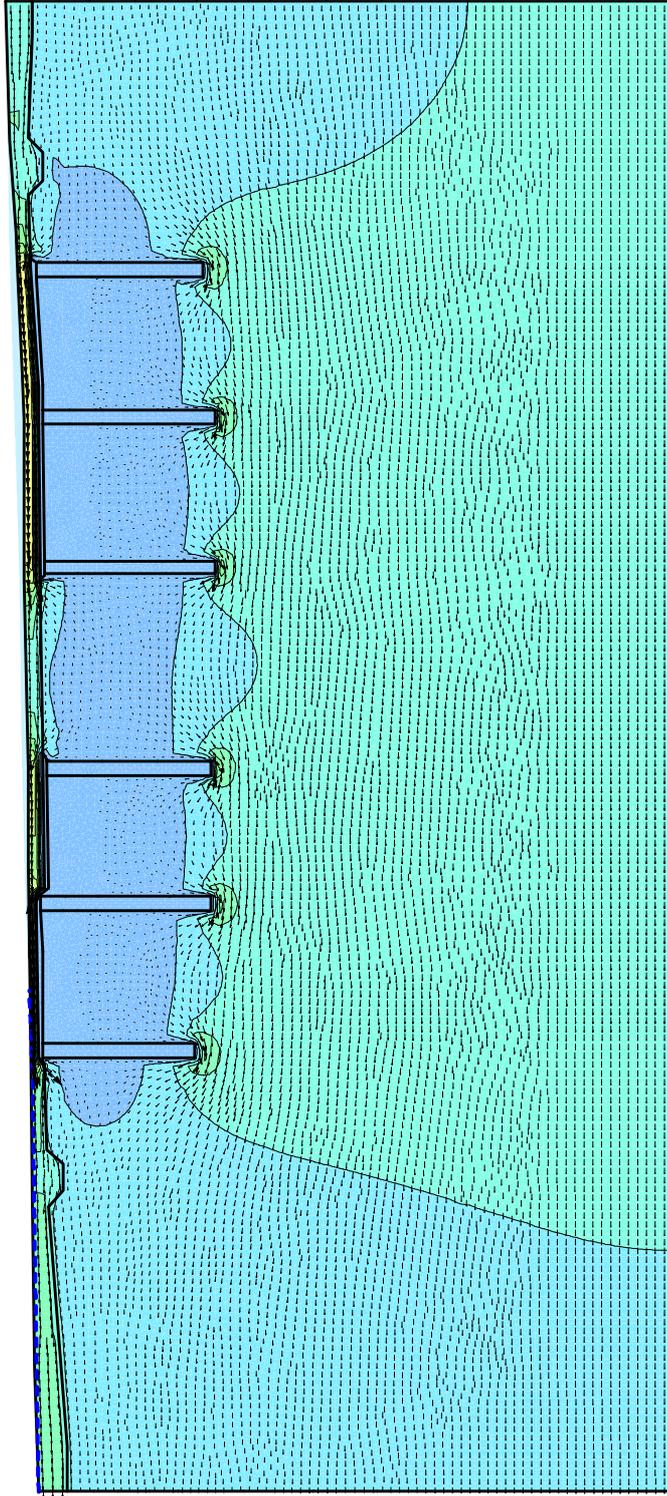
CASO 2



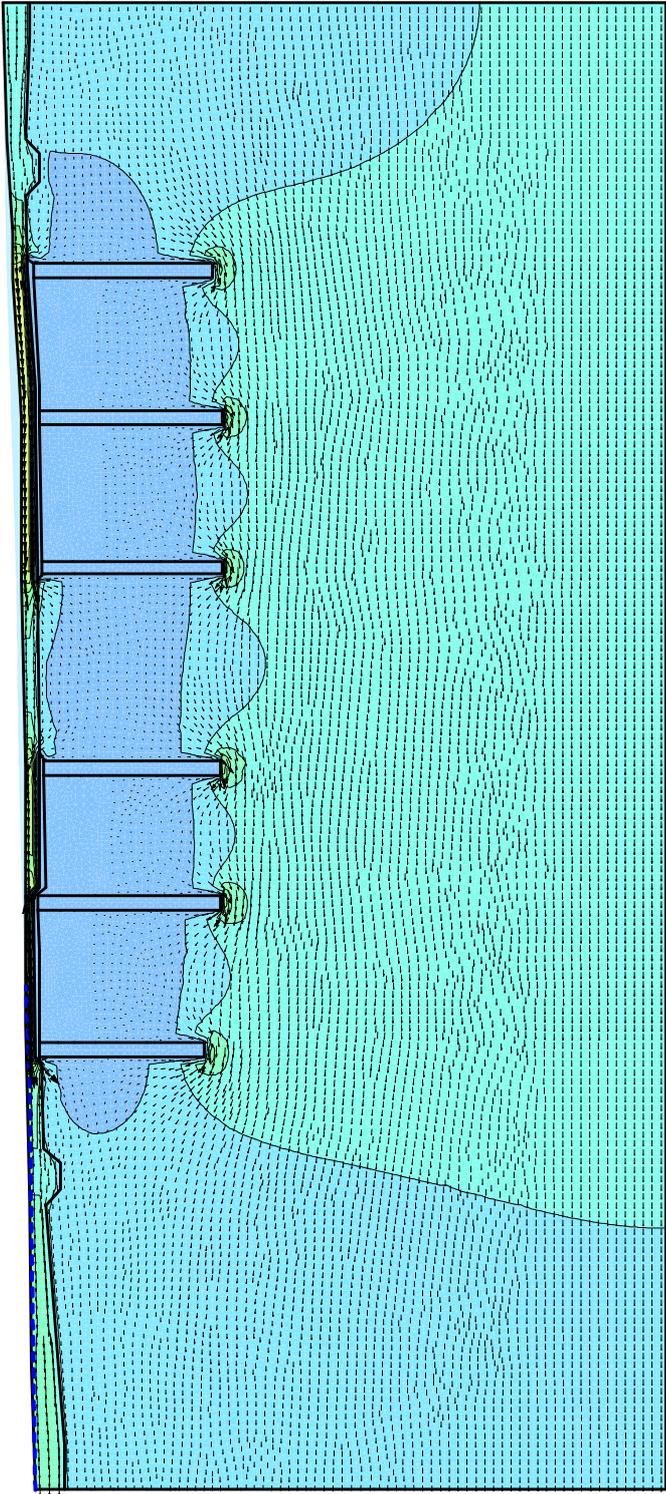
CASO 3



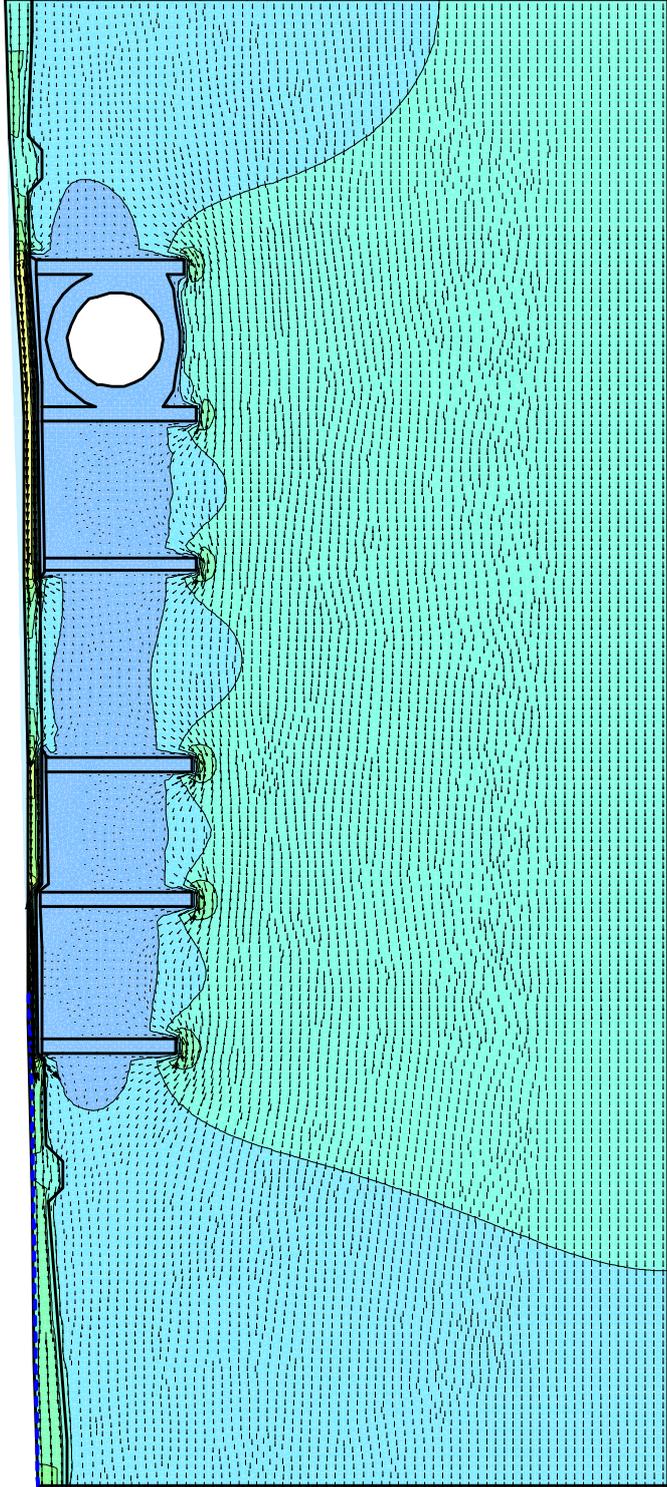
CASO 4



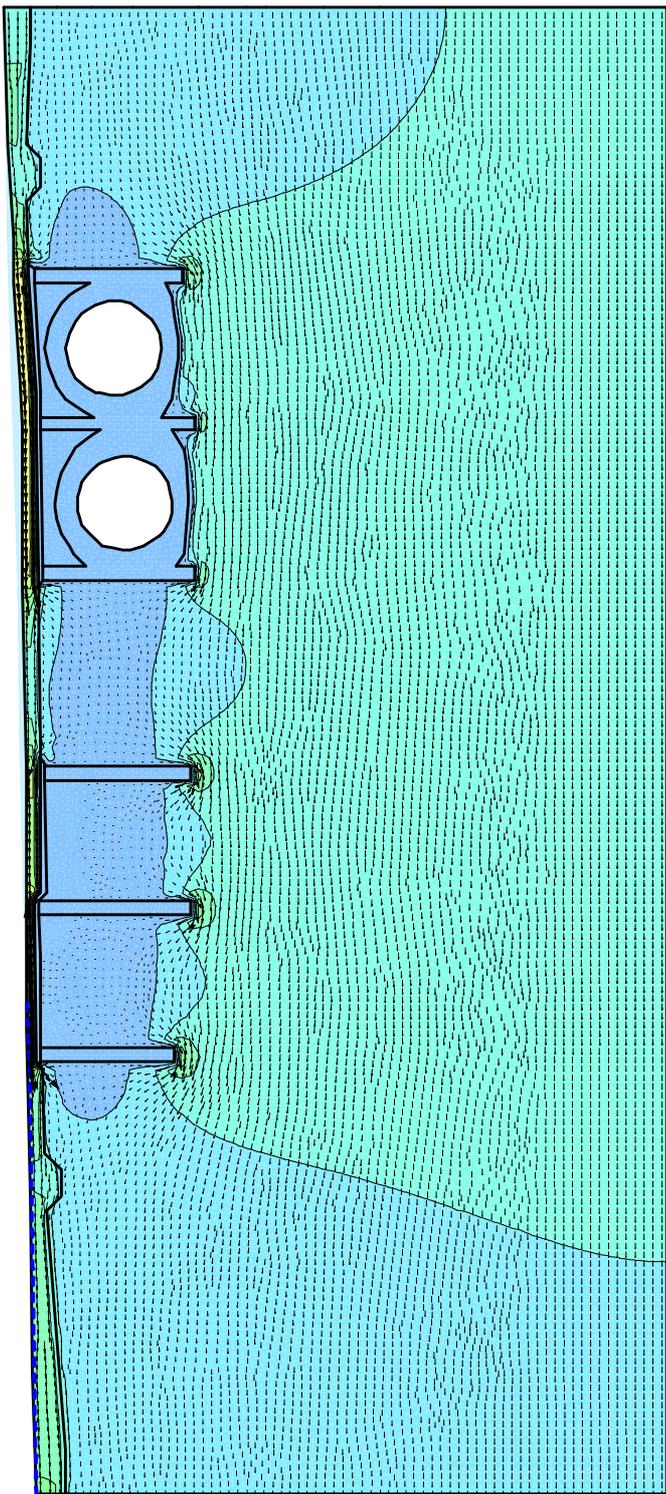
CASO 5



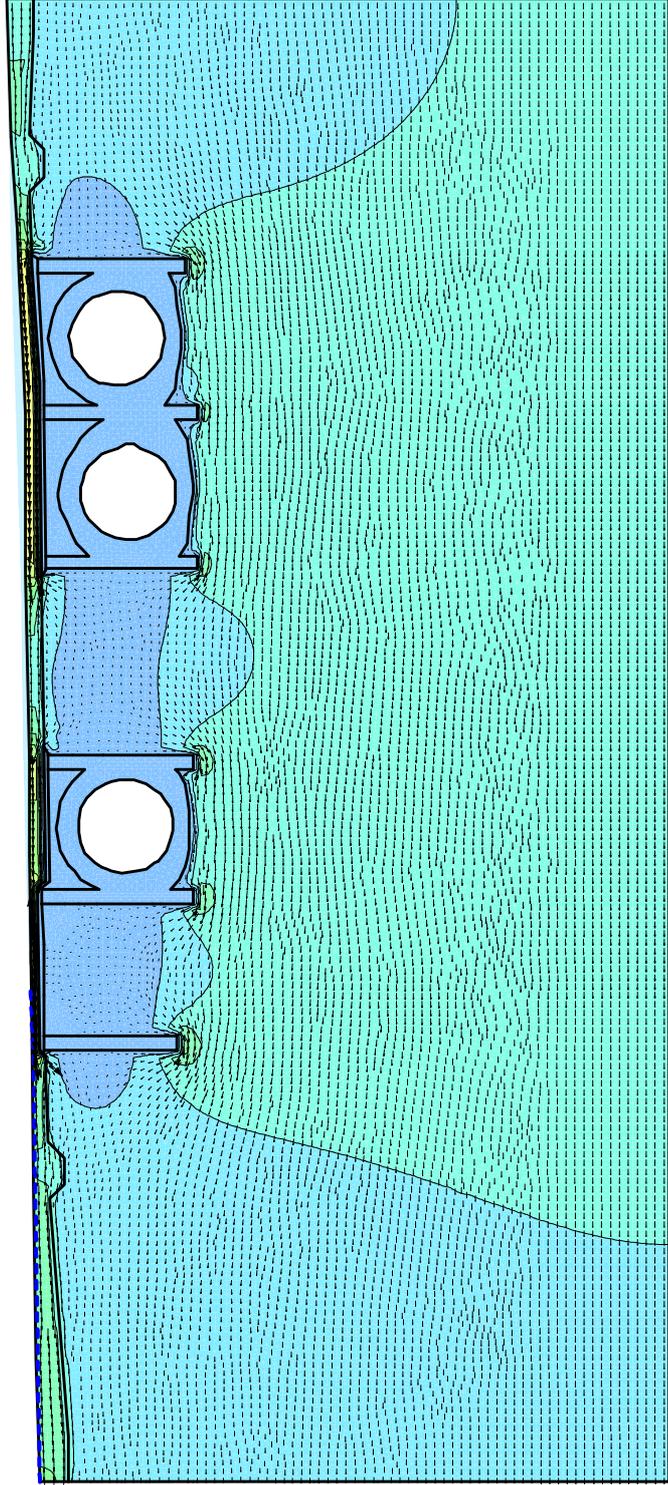
CASO 6



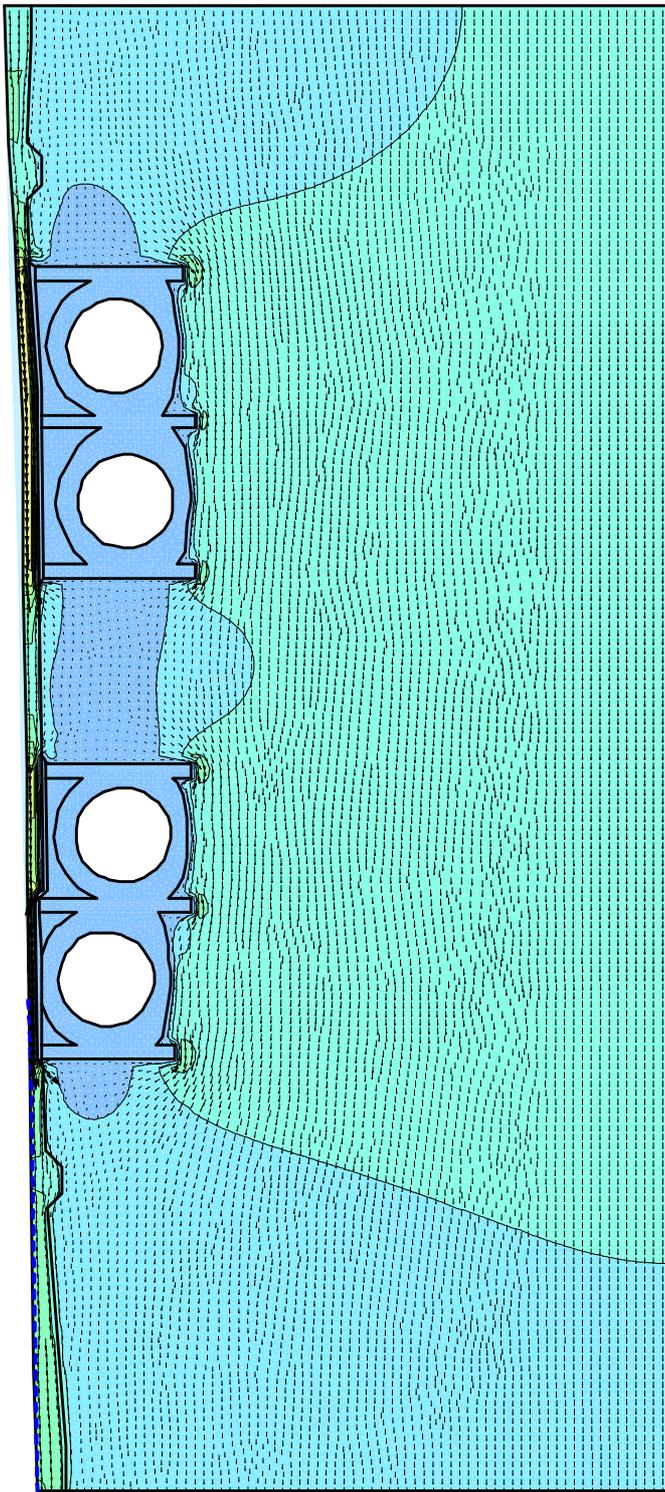
CASO 7



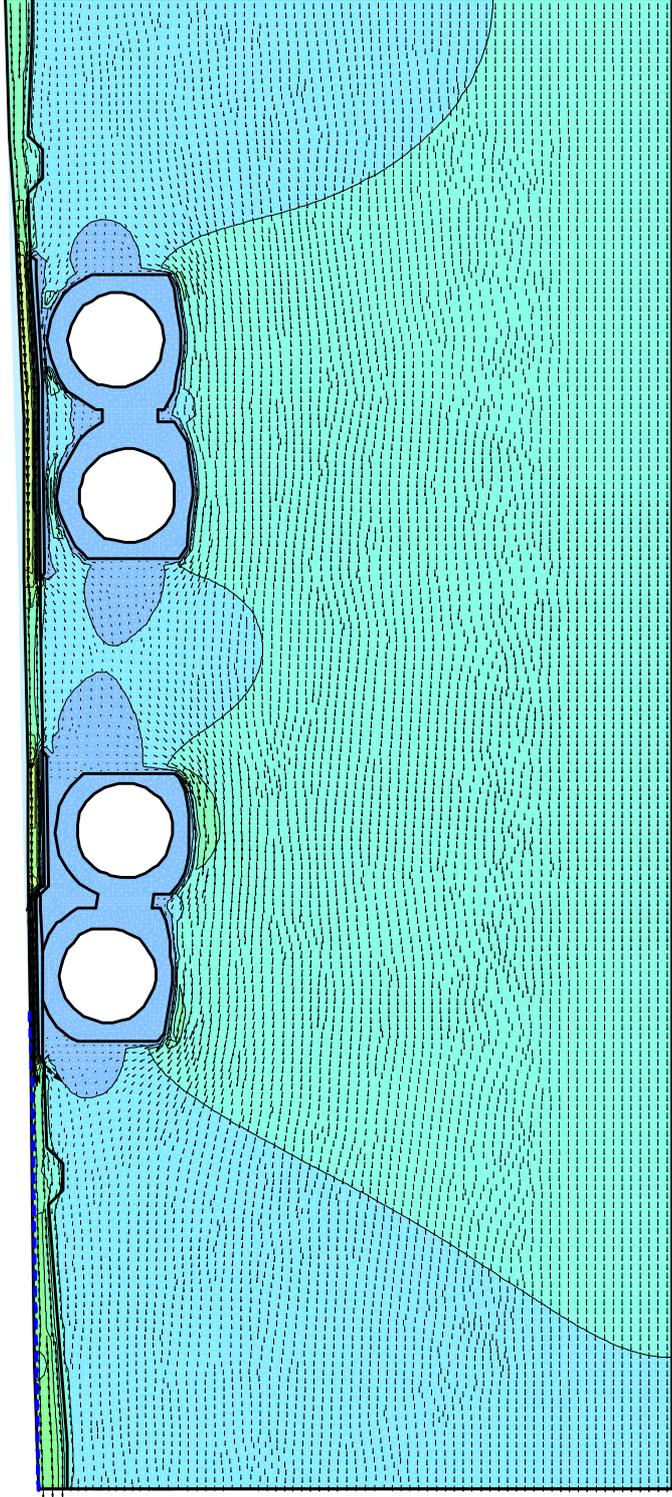
CASO 8



CASO 9

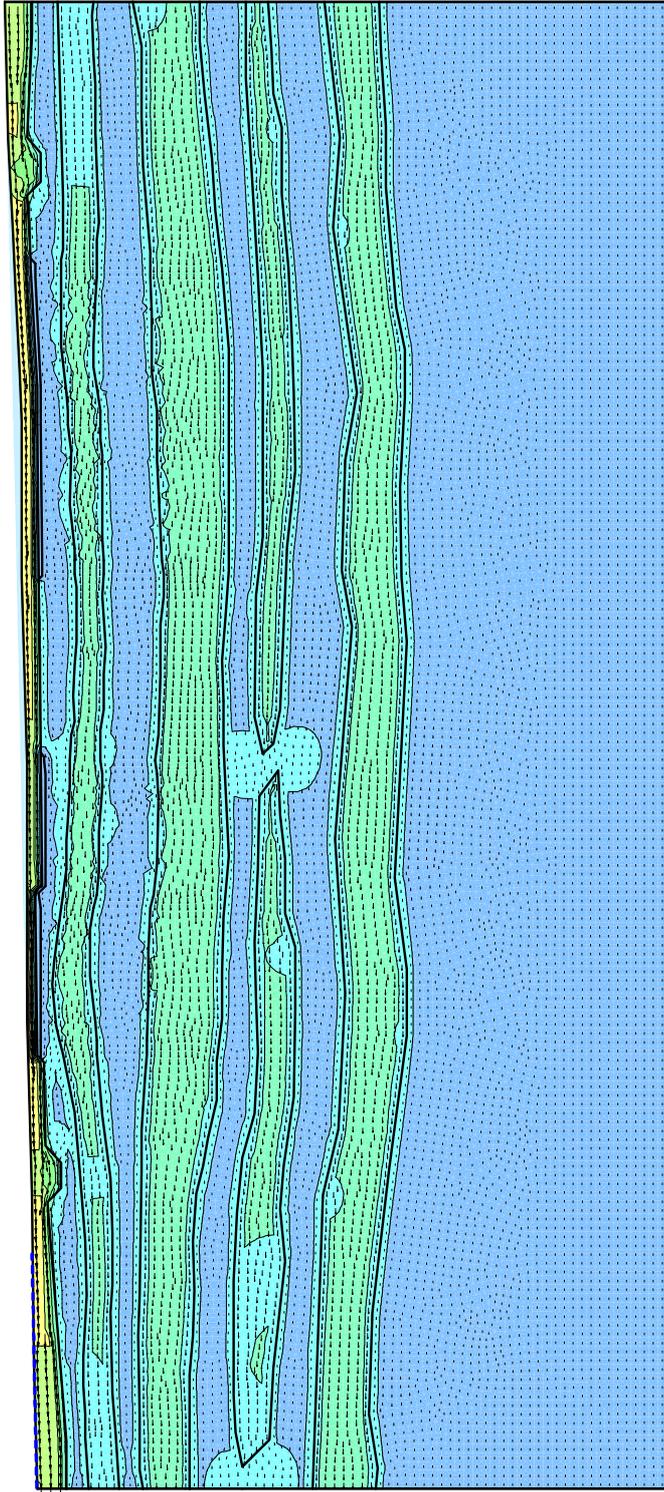


CASO 10

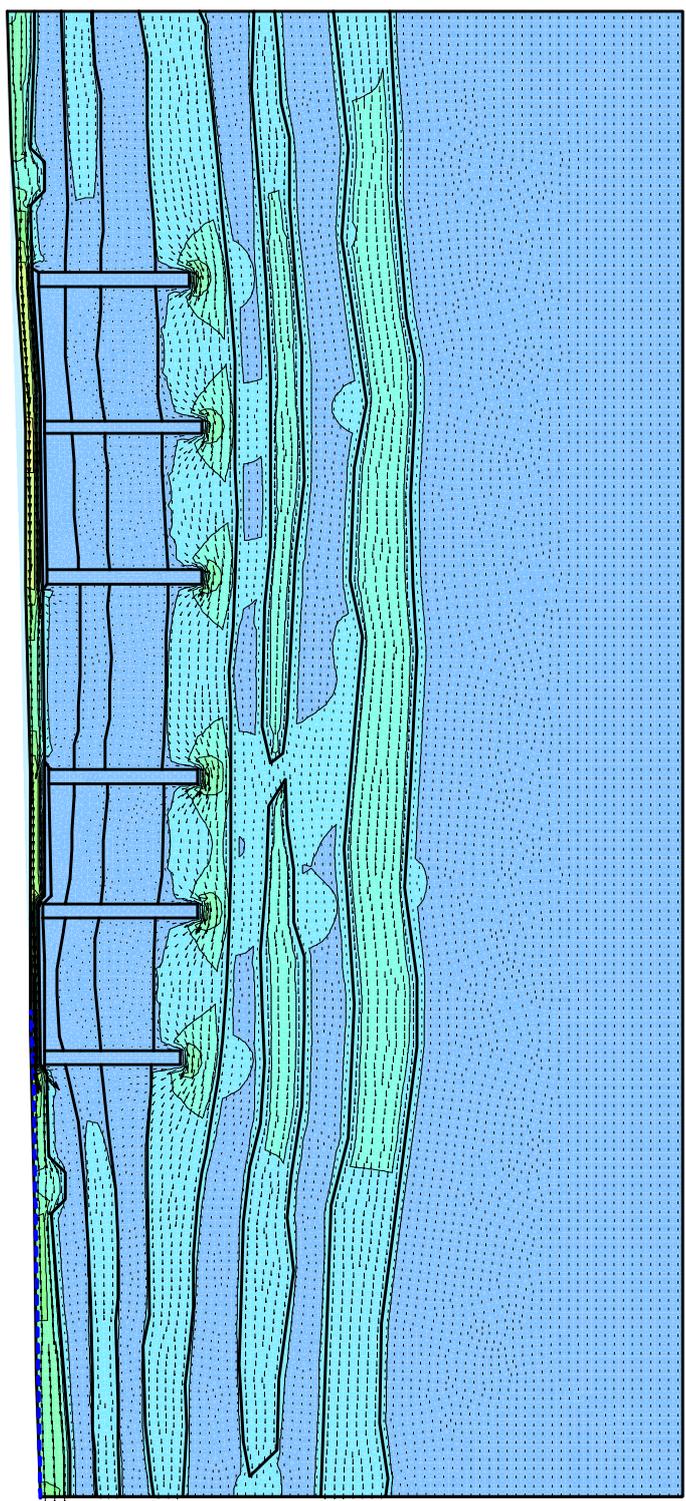


<b>ANLAGE C</b>	<b>ALLEGATO C</b>
	<b>Modello Lungo il Fiume. Vettori flusso e linee isovelocità Profilo Differenziato</b>

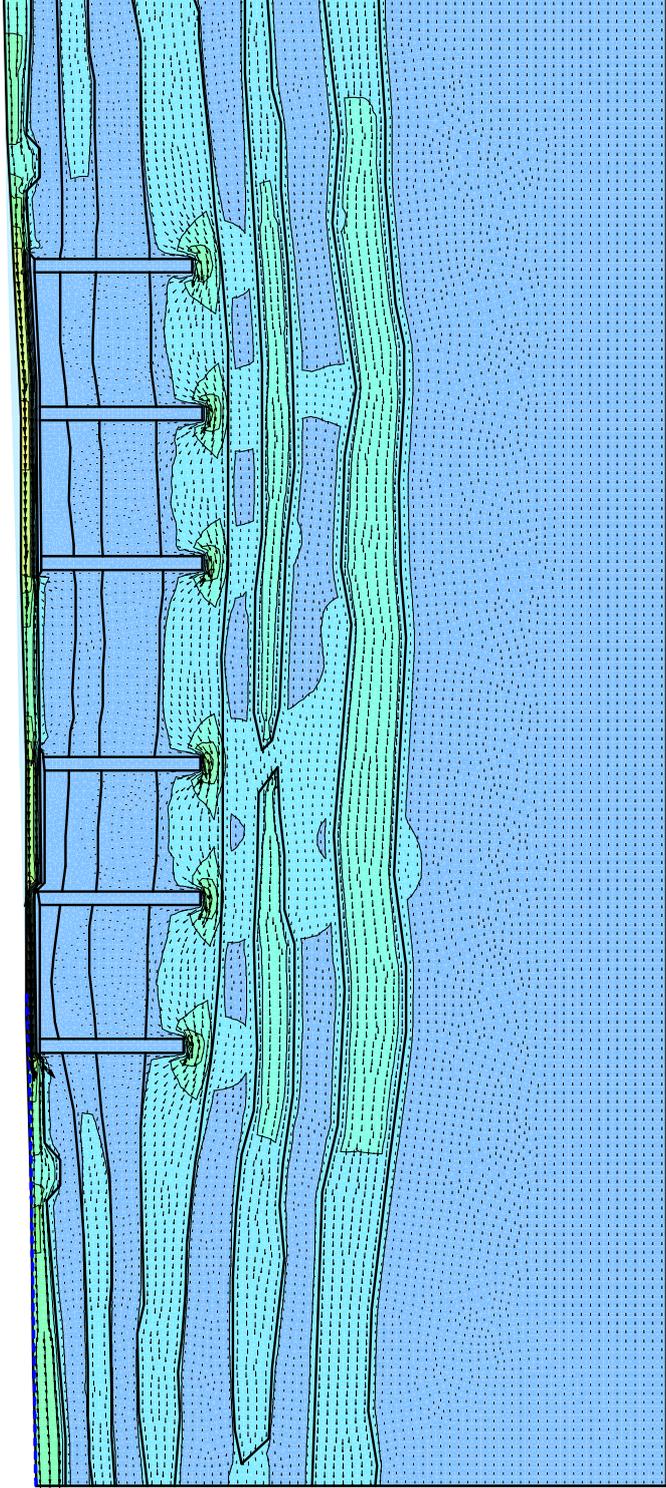
CASO 11



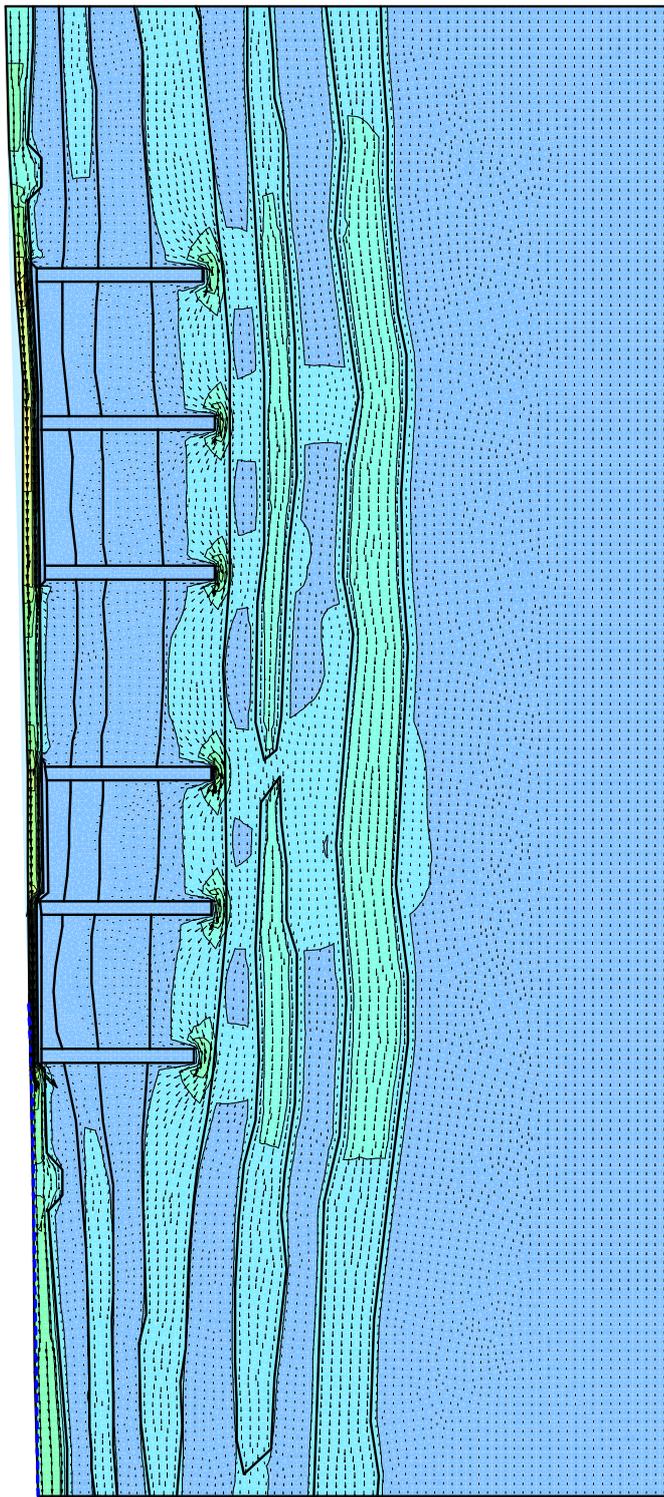
CASO 12



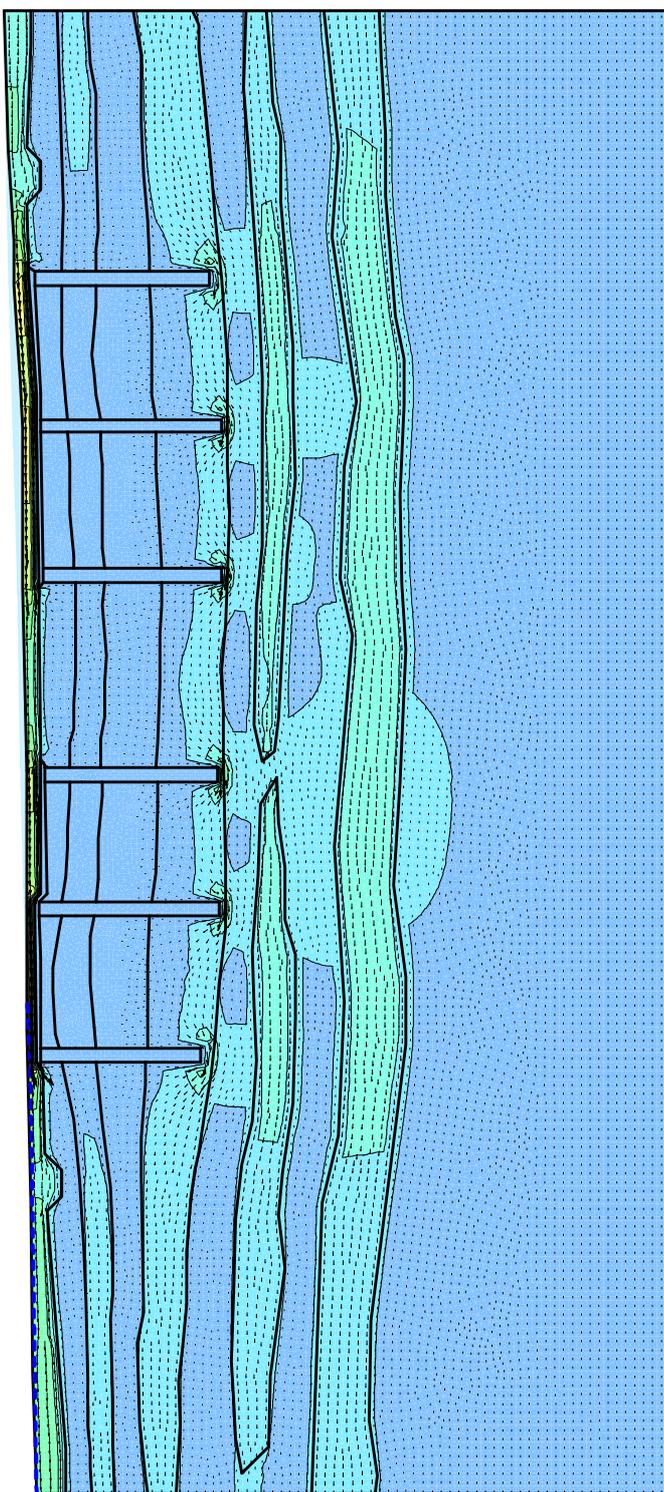
CASO 13



CASO 14



CASO 15



<b>ANLAGE D</b>	<b>ALLEGATO D</b>
	<b>Modello Lungo la Falda</b>

## OGGETTO E SCOPO

In seguito, sono riassunti i risultati delle analisi FEM non lineari eseguite per verificare la filtrazione e il livello della quota piezometrica in seguito ad eventi di piena del fiume Isarco. Il calcolo comprende una fase iniziale di filtrazione ed una fase di transitorio con calcolo di filtrazione nel tempo quando avviene l'innalzamento dei livelli dell'acqua dovuti alla piena. In automatico è stato eseguito un calcolo di stabilità dell'argine di protezione.

La modellazione dello strato superficiale delle alluvioni è stata fatta con un modello Saturo/Non saturo.

Il calcolo è stato eseguito con il software Seep/W Slope/W di Geoslope International, con l'ipotesi di stato piano 2D ed è rappresentativo di una sezione critica del fiume Isarco e delle opere parallela all'andamento della valle da Ovest a Est. La modellazione è stata fatta per due fasi:

- costruzione dei pozzi e delle gallerie
- fase finale a lungo termine.

## OUTPUT DI CALCOLO E RISULTATI ANALISI DI FILTRAZIONE Fase di costruzione

### Base Seepage

---

Report generated using GeoStudio 2012. Copyright © 1991-2015 GEO-SLOPE International Ltd.

#### File Information

File Version: 8.14  
Created By: Giuseppe Sembenelli  
Last Edited By: Calcolo  
Revision Number: 206  
Date: 15/12/2015  
Time: 14:24:47  
Tool Version: 8.14.2.11317  
File Name: B1\_Seiz Falda\_extended\_004b02\_b2\_coff\_unsatFE\_k0001\_12b\_costr.gsz  
Directory: F:\1EDIT\SAIE\WORK\Idraulica\REV\_1\Filtrazione lungo valle Isarco\COSTRUZIONE\

#### Project Settings

Length(L) Units: Meters  
Time(t) Units: Seconds  
Force(F) Units: Kilonewtons  
Pressure(p) Units: kPa  
Mass(M) Units: Grams  
Mass Flux Units: g/sec  
Unit Weight of Water: 9,807 kN/m<sup>3</sup>  
View: 2D  
Element Thickness: 1

## Analysis Settings

### Base Seepage

Kind: SEEP/W

Method: Steady-State

#### Settings

Include Air Flow: No

#### Control

Apply Runoff: Yes

#### Convergence

Maximum Number of Iterations: 500

Minimum Pressure Head Difference: 0,005

Significant Digits: 2

Max # of Reviews: 10

#### Hydraulic Under-Relaxation Criteria

Under-Relaxation Initial Rate: 1

Under-Relaxation Min. Rate: 0,1

Under-Relaxation Reduction Rate: 0,65

Under-Relaxation Iterations: 10

Equation Solver: Parallel Direct

#### Time

Starting Time: 0 sec

Duration: 0 sec

Ending Time: 0 sec

## Materials

### Alluvioni Isarco

Model: Saturated Only

#### Hydraulic

Sat Kx: 0,0002 m/sec

Ky/Kx' Ratio: 0,8

Rotation: 0 °

Mv: 0 /kPa

### Calcestruzzo

Model: Saturated Only

#### Hydraulic

Sat Kx: 1e-011 m/sec

Ky/Kx' Ratio: 1

Rotation: 0 °

Volumetric Water Content: 0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

Mv: 0 /kPa

### Massi Ciclopici intasati

Model: Saturated Only

#### Hydraulic

Sat Kx: 0,001 m/sec

Ky/Kx' Ratio: 1

Rotation: 0 °

Volumetric Water Content: 0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

Mv: 0 /kPa

### Fascia Permeabile

Model: Saturated Only

#### Hydraulic

Sat Kx: 0,00196 m/sec

Ky/Kx' Ratio: 0,8

Rotation: 0 °

Volumetric Water Content: 0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

Mv: 0 /kPa

### Jet Grouting

Model: Saturated Only

#### Hydraulic

Sat Kx: 1e-008 m/sec

Ky/Kx' Ratio: 1

Rotation: 0 °  
Volumetric Water Content: 0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
Mv: 0 /kPa

Alluvioni Isarco (non saturo)

Model: Saturated / Unsaturated  
Hydraulic  
K-Function: New Function  
Ky/Kx' Ratio: 0,8  
Rotation: 0 °  
Vol. WC. Function: isarco

Boundary Conditions

Drainage

Type: Total Flux (Q) 0  
Review: Yes

U/S livello falda

Type: Head (H) 778  
Review: No

D/S livello falda

Type: Head (H) 767  
Review: No

Infiltrazione Isarco base

Type: Head (H) 772.4  
Review: No

K Functions

New Function

Model: Hyd K Data Point Function  
Function: X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure  
Curve Fit to Data: 100 %  
Segment Curvature: 100 %

Saturated Kx: 0,0001

Data Points: Matric Suction (kPa), X-Conductivity (m/sec)

Data Point: (0,01; 0,0001)  
Data Point: (0,018329807; 9,9940245e-005)  
Data Point: (0,033598183; 9,9765574e-005)  
Data Point: (0,061584821; 9,9266074e-005)  
Data Point: (0,11288379; 9,7877786e-005)  
Data Point: (0,20691381; 9,4181194e-005)  
Data Point: (0,37926902; 8,5059095e-005)  
Data Point: (0,6951928; 6,5543218e-005)  
Data Point: (1,274275; 3,4675397e-005)  
Data Point: (2,3357215; 8,5822138e-006)  
Data Point: (4,2813324; 8,0207193e-007)  
Data Point: (7,8475997; 4,4858279e-008)  
Data Point: (14,384499; 2,6631715e-009)  
Data Point: (26,366509; 2,0270087e-010)  
Data Point: (48,329302; 1,9488945e-011)  
Data Point: (88,586679; 2,2517524e-012)  
Data Point: (162,37767; 3,0055726e-013)  
Data Point: (297,63514; 4,5212165e-014)  
Data Point: (545,55948; 7,5474728e-015)  
Data Point: (1.000; 1,3781864e-015)

Estimation Properties

Hyd. K-Function Estimation Method: Fredlund-Xing Function  
Volume Water Content Function: isarco  
Saturated Kx: 0,0001 m/sec  
Maximum: 1.000  
Minimum: 0,01  
Num. Points: 20

Vol. Water Content Functions

isarco

Model: Fredlund-Xing Function  
 Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure  
 Mv: 2e-005 /kPa  
 Saturated Water Content: 0,25 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
 Residual Water Content: 0,025 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
 A: 2 kPa  
 N: 2  
 M: 2  
 Suction Limit: 1000000  
 Porosity: 0,24999996

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	15,217	779,059
Point 2	15,217	772,724
Point 3	12,087	772,722
Point 4	12,087	767,884
Point 5	-0,006	767,75
Point 6	-21,534	768,311
Point 7	-149,489	773,277
Point 8	-149,455	783,5
Point 9	4,039	780,152
Point 10	16,431	779,059
Point 11	16,437	768,232
Point 12	16,441	762,226
Point 13	16,442	759,193
Point 14	10,517	759,126
Point 15	10,517	762,1
Point 16	10,517	753,507
Point 17	13,372	753,548
Point 18	16,442	753,269
Point 19	16,431	752,619
Point 20	33,569	752,619
Point 21	44,521	750,228
Point 22	48,3	750,5
Point 23	53,35	749,8
Point 24	57,101	749,8
Point 25	57,114	746,455
Point 26	55,544	746,456
Point 27	49,2	745,9
Point 28	42,32	746,299
Point 29	37,4	747,5
Point 30	30,85	748,2
Point 31	23,394	748,494
Point 32	10,517	748,367
Point 33	12,087	765,318
Point 34	16,439	765,305
Point 35	12,1	744,2
Point 36	12,087	740,959

Point 37	49,277	740,959
Point 38	55,531	740,959
Point 39	55,545	741,623
Point 40	44,3	741,8
Point 41	32,683	743,232
Point 42	25,6	742,8
Point 43	23,389	779,146
Point 44	41,627	776,638
Point 45	51,135	775,253
Point 46	51,165	770,614
Point 47	38,6	769,6
Point 48	32,2	769,4
Point 49	28	765,2
Point 50	42,4	766,4
Point 51	51,165	768,18
Point 52	-149,522	769,348
Point 53	0	764,9
Point 54	-149,818	762,642
Point 55	0	761,4
Point 56	10,517	762,511
Point 57	12,087	762,511
Point 58	40,75	758,9
Point 59	51,165	758,185
Point 60	51,165	764,024
Point 61	42,1	763,2
Point 62	35,082	762,15
Point 63	27,92	753,07
Point 64	51,165	752,619
Point 65	-150	753,532
Point 66	-22,612	753,2
Point 67	2	759
Point 68	6,3	748,3
Point 69	2,194	747,5
Point 70	5,238	744,506
Point 71	12,087	747,511
Point 72	10,517	747,511
Point 73	57,101	758,1
Point 74	55,531	768,683
Point 75	55,531	767,899
Point 76	55,531	764,378
Point 77	70,168	769,669
Point 78	71,671	769,659
Point 79	71,668	767,293
Point 80	70,168	767,293
Point 81	71,668	763,655
Point 82	70,168	763,655
Point 83	71,668	757,166
Point 84	70,168	757,166
Point 85	71,668	754,287

Point 86	70,168	754,287
Point 87	55,534	770,629
Point 88	55,531	770,16
Point 89	55,531	769,669
Point 90	59,6	768,7
Point 91	60,691	767,865
Point 92	64,724	767,275
Point 93	67,155	765,729
Point 94	67,914	764,582
Point 95	68,133	763,813
Point 96	63,1	764,6
Point 97	57,101	758,848
Point 98	61,382	758,995
Point 99	64,63	759,564
Point 100	66,364	760,348
Point 101	67,252	761,103
Point 102	68,101	762,637
Point 103	55,531	761,448
Point 104	57,101	761,448
Point 105	114,757	769,287
Point 106	116,257	769,287
Point 107	116,257	766,814
Point 108	114,757	766,814
Point 109	116,257	763,21
Point 110	114,757	763,21
Point 111	116,257	757,2
Point 112	114,757	757,2
Point 113	116,257	754,287
Point 114	114,757	754,287
Point 115	116,257	769,776
Point 116	133,413	769,776
Point 117	133,413	769,288
Point 118	71,668	770,157
Point 119	86,309	770,159
Point 120	86,309	769,659
Point 121	97,601	769,775
Point 122	114,761	769,787
Point 123	97,601	769,286
Point 124	133,413	764,051
Point 125	129,101	764,276
Point 126	126,35	764,2
Point 127	122,05	763,391
Point 128	118,221	763,374
Point 129	118,613	761,938
Point 130	120,061	760,348
Point 131	121,794	759,564
Point 132	123,843	759,138
Point 133	125,764	758,924
Point 134	131,843	758,848

Point 135	131,843	761,448
Point 136	133,413	761,448
Point 137	133,413	767,9
Point 138	126,676	767,878
Point 139	124,006	767,655
Point 140	121,546	767,1
Point 141	131,843	757,7
Point 142	125,75	757,679
Point 143	121,35	757,2
Point 144	334,061	761,52
Point 145	334,395	758,286
Point 146	334,845	751,174
Point 147	334,585	745,217
Point 148	133,413	771,659
Point 149	136,543	771,659
Point 150	136,543	774,009
Point 151	136,543	776,959
Point 152	137,779	776,959
Point 153	137,779	774,006
Point 154	137,779	771,75
Point 155	137,779	767,899
Point 156	137,779	764,026
Point 157	98,7	766,1
Point 158	93,785	766,1
Point 159	93,785	762,878
Point 160	98,7	762,878
Point 161	91,7	756,7
Point 162	97,95	756,7
Point 163	97,95	749,529
Point 164	91,7	749,529
Point 165	137,779	761,448
Point 166	137,779	758,848
Point 167	137,779	757,7
Point 168	131,843	749,449
Point 169	137,779	749,918
Point 170	137,779	752,459
Point 171	168,439	753,499
Point 172	174,367	753,499
Point 173	174,367	759,676
Point 174	168,439	759,676
Point 175	172,797	762,511
Point 176	172,797	764,298
Point 177	168,439	764,298
Point 178	174,367	762,511
Point 179	172,797	768,039
Point 180	168,439	768,039
Point 181	168,43	752,383
Point 182	174,37	752,383
Point 183	136,079	749,777

Point 184	174,367	747,51
Point 185	172,797	747,511
Point 186	167,8	747,2
Point 187	159,2	747,2
Point 188	136,731	745,696
Point 189	133,413	745,609
Point 190	133,413	746,448
Point 191	131,843	746,448
Point 192	133,422	742,122
Point 193	145,85	743,167
Point 194	157,15	744,1
Point 195	167,35	744,7
Point 196	172,797	744,399
Point 197	172,797	740,959
Point 198	133,413	740,959
Point 199	78,213	745,606
Point 200	81,463	743,59
Point 201	63,899	742,512
Point 202	107,75	745,13
Point 203	100,45	746
Point 204	86,85	745,85
Point 205	82,55	745,2
Point 206	84,45	744
Point 207	106,3	742,6
Point 208	115	741,6
Point 209	189,55	746,195
Point 210	197,247	743,224
Point 211	97,601	770,592
Point 212	114,728	770,592
Point 213	71,668	770,977
Point 214	70,168	770,169
Point 215	55,531	771,659
Point 216	60,683	770,832
Point 217	64,187	770,909
Point 218	68,926	771,013
Point 219	116,381	770,557
Point 220	121,75	770,557
Point 221	124,75	770,668
Point 222	128,605	771,414
Point 223	-150,005	750,927
Point 224	0,35	739,68
Point 225	33,45	738,516
Point 226	40,95	736,8
Point 227	56,25	735,853
Point 228	73,65	737,269
Point 229	97,2	735,2
Point 230	97,687	729,272
Point 231	69,35	730,15
Point 232	58,25	729,1

Point 233	50,75	729,1
Point 234	19,8	733
Point 235	8,3	733,65
Point 236	-1,667	732,63
Point 237	-150,005	742,478
Point 238	103,659	736,15
Point 239	116,55	735,665
Point 240	124,15	734,751
Point 241	141,978	737,75
Point 242	152,85	736,35
Point 243	167,8	738,514
Point 244	334,657	726,209
Point 245	334,824	717,123
Point 246	167,8	732,2
Point 247	152,953	731,424
Point 248	133,05	730,46
Point 249	128,6	728,95
Point 250	112,75	729,9
Point 251	102,55	729,9
Point 252	52,401	771,659
Point 253	52,398	774,167
Point 254	52,401	779,059
Point 255	71,653	771,841
Point 256	67,905	771,718
Point 257	64,753	771,709
Point 258	61,9	771,701
Point 259	59,482	772,477
Point 260	58,235	772,878
Point 261	54,35	773,454
Point 262	86,309	770,977
Point 263	114,646	771,86
Point 264	111,581	771,757
Point 265	107,425	771,988
Point 266	102,615	772,052
Point 267	96,695	773,047
Point 268	93,73	773,546
Point 269	90,397	773,44
Point 270	87,383	773,339
Point 271	81,362	772,159
Point 272	77,143	772,021
Point 273	131,152	774,127
Point 274	126,481	773,619
Point 275	122,153	772,933
Point 276	115,579	771,892
Point 277	147,877	774,139
Point 278	158,511	774,224
Point 279	165,172	774,299
Point 280	168,439	774,376
Point 281	168,439	771,245

Point 282	159,815	771,423
Point 283	152,422	771,576
Point 284	145,65	771,78
Point 285	141,939	771,571
Point 286	148,169	767,675
Point 287	160,718	768,075
Point 288	161,65	764,27
Point 289	152,65	763,986
Point 290	143,35	763,95
Point 291	144,45	758,227
Point 292	155,643	758,8
Point 293	163,15	758,8
Point 294	152,359	753,499
Point 295	152,359	752,459
Point 296	-150	700
Point 297	335	700
Point 298	0	700
Point 299	15,051	700
Point 300	169,667	774,329
Point 301	333,989	773,073
Point 302	333,815	768,194
Point 303	172,797	771,249
Point 304	172,797	772,722
Point 305	169,667	772,721
Point 306	12,167	739,264
Point 307	65,551	757,482
Point 308	62,782	757,549
Point 309	58,509	757,622
Point 310	76,655	763,568
Point 311	80,73	763,35
Point 312	86,115	762,873
Point 313	88,997	762,734
Point 314	102,035	762,932
Point 315	108,494	762,992
Point 316	111,574	762,435
Point 317	109,329	757,387
Point 318	105,97	756,891
Point 319	103,307	756,891
Point 320	88,302	756,891
Point 321	84,724	756,891
Point 322	78,345	757,387
Point 323	75,264	756,97
Point 324	62,266	749,756
Point 325	66,698	749,537
Point 326	69,361	749,756
Point 327	72,223	749,537
Point 328	76,715	749,537
Point 329	80,71	749,895
Point 330	86,036	749,477

Point 331	104,121	750,034
Point 332	108,474	750,034
Point 333	112,966	749,617
Point 334	120,12	749,537
Point 335	124,671	749,477
Point 336	78,19	767,126
Point 337	81,447	766,394
Point 338	85,394	766,449
Point 339	91,619	766,16
Point 340	102,978	766,367
Point 341	109,064	766,712
Point 342	118,787	764,762
Point 343	119,826	766
Point 344	77,811	769,659
Point 345	92,174	769,465
Point 346	106,253	769,286
Point 347	106,288	769,781
Point 348	106,288	770,592
Point 349	78,018	770,158
Point 350	78,018	770,977
Point 351	92,228	770,029
Point 352	92,155	770,777
Point 353	168,417	776,844
Point 354	169,595	776,824
Point 355	81,925	736,542
Point 356	334,681	742,451
Point 357	181,611	759,772
Point 358	189,322	759,275
Point 359	197,093	759,077
Point 360	186,44	766,987
Point 361	186,242	764,463
Point 362	-25,558	700,043
Point 363	-9,451	699,906
Point 364	47,832	699,665
Point 365	59,475	699,803
Point 366	71,426	699,837
Point 367	92,993	699,974
Point 368	127,748	700,112
Point 369	155,977	699,974
Point 370	179,365	699,974
Point 371	195,612	699,988
Point 372	141,163	700,046
Point 373	108,376	700,035
Point 374	166,632	699,974
Point 375	81,177	699,899
Point 376	32,318	699,824
Point 377	-38,353	700,02
Point 378	-150,044	716,262
Point 379	-150,025	726,896

Point 380	-150,025	705,927
Point 381	-48,191	733,457
Point 382	-48,204	745,389
Point 383	-48,188	753,51
Point 384	-48,402	761,749
Point 385	-48,316	766,214
Point 386	-48,087	769,714
Point 387	-48,431	781,053
Point 388	208,637	773,139
Point 389	208,805	771,249
Point 390	208,631	766,152
Point 391	208,877	764,215
Point 392	208,709	758,999
Point 393	208,471	751,49
Point 394	208,308	742,595
Point 395	208,111	737,07
Point 396	207,867	726,908
Point 397	208,305	699,999
Point 398	266,544	732,768
Point 399	265,948	724,611
Point 400	266,228	749,979
Point 401	268	754,924
Point 402	266,714	764,007
Point 403	268,989	762,219
Point 404	257,096	770,069
Point 405	-93,57	739,478
Point 406	-94,51	749,705
Point 407	-92,777	762,14
Point 408	-92,611	767,924
Point 409	-91,976	771,189
Point 410	-129,468	783,683
Point 411	-58,138	784,301
Point 412	-133,653	700,003
Point 413	-110,794	700,007
Point 414	-94,984	700,01
Point 415	-76,683	700,013
Point 416	-58,096	700,016
Point 417	221,992	699,999
Point 418	235,79	699,999
Point 419	258,637	699,999
Point 420	280,446	700
Point 421	296,667	700
Point 422	316,399	700
Point 423	334,899	709,802
Point 424	334,67	734,78
Point 425	51,133	779,05

Lines

	Start Point	End Point	Hydraulic Boundary
--	-------------	-----------	--------------------

Line 1	1	2	
Line 2	2	3	
Line 3	3	4	
Line 4	4	5	
Line 5	5	6	
Line 6	9	1	Infiltrazione Isarco base
Line 7	1	10	
Line 8	10	11	Drainage
Line 9	11	4	
Line 10	12	13	Drainage
Line 11	13	14	
Line 12	14	15	
Line 13	15	12	
Line 14	16	17	
Line 15	17	18	
Line 16	18	19	
Line 17	19	20	Drainage
Line 18	20	21	
Line 19	21	22	
Line 20	22	23	
Line 21	23	24	
Line 22	24	25	
Line 23	25	26	
Line 24	26	27	
Line 25	27	28	
Line 26	28	29	
Line 27	29	30	
Line 28	30	31	
Line 29	31	32	
Line 30	32	16	
Line 31	4	33	
Line 32	33	34	
Line 33	34	11	Drainage
Line 34	36	37	
Line 35	37	38	
Line 36	38	39	
Line 37	39	40	
Line 38	40	41	
Line 39	41	42	
Line 40	42	35	
Line 41	10	43	
Line 42	43	44	
Line 43	44	45	
Line 44	46	47	
Line 45	47	48	
Line 46	48	11	
Line 47	7	52	U/S livello falda
Line 48	53	33	
Line 49	52	54	U/S livello falda

Line 50	55	15	
Line 51	15	56	
Line 52	56	57	
Line 53	57	33	
Line 54	13	58	
Line 55	58	59	
Line 56	59	60	Drainage
Line 57	60	61	
Line 58	61	62	
Line 59	62	12	
Line 60	13	18	Drainage
Line 61	18	63	
Line 62	63	20	
Line 63	20	64	Drainage
Line 64	64	59	Drainage
Line 65	54	65	U/S livello falda
Line 66	66	67	
Line 67	67	14	
Line 68	66	16	
Line 69	16	14	
Line 70	32	68	
Line 71	68	69	
Line 72	69	70	
Line 73	70	35	
Line 74	35	71	
Line 75	71	72	
Line 76	72	32	
Line 77	24	73	
Line 78	73	59	
Line 79	51	74	
Line 80	74	75	
Line 81	75	76	
Line 82	76	60	
Line 83	60	51	Drainage
Line 84	77	78	
Line 85	78	79	
Line 86	79	80	
Line 87	80	77	
Line 88	79	81	
Line 89	81	82	
Line 90	82	80	
Line 91	81	83	
Line 92	83	84	
Line 93	84	82	
Line 94	83	85	
Line 95	85	86	
Line 96	86	84	
Line 97	46	87	
Line 98	87	88	

Line 99	88	89	
Line 100	89	74	
Line 101	51	46	Drainage
Line 102	74	90	
Line 103	90	80	
Line 104	77	89	
Line 105	75	91	
Line 106	91	92	
Line 107	92	93	
Line 108	93	94	
Line 109	94	95	
Line 110	95	96	
Line 111	96	76	
Line 112	97	98	
Line 113	98	99	
Line 114	99	100	
Line 115	100	101	
Line 116	101	102	
Line 117	102	95	
Line 118	76	103	
Line 119	103	104	
Line 120	104	97	
Line 121	82	95	
Line 122	105	106	
Line 123	106	107	
Line 124	107	108	
Line 125	108	105	
Line 126	107	109	
Line 127	109	110	
Line 128	110	108	
Line 129	109	111	
Line 130	111	112	
Line 131	112	110	
Line 132	111	113	
Line 133	113	114	
Line 134	114	112	
Line 135	115	116	
Line 136	116	117	
Line 137	117	106	
Line 138	106	115	
Line 139	119	120	
Line 140	78	118	
Line 141	122	105	
Line 142	123	121	
Line 143	124	125	
Line 144	125	126	
Line 145	126	127	
Line 146	127	128	
Line 147	128	129	

Line 148	129	130	
Line 149	130	131	
Line 150	131	132	
Line 151	132	133	
Line 152	133	134	
Line 153	134	135	
Line 154	135	136	
Line 155	136	124	
Line 156	117	137	
Line 157	137	138	
Line 158	138	139	
Line 159	139	140	
Line 160	140	107	
Line 161	109	128	
Line 162	134	141	
Line 163	141	142	
Line 164	142	143	
Line 165	143	111	
Line 166	145	144	D/S livello falda
Line 167	116	148	
Line 168	148	149	
Line 169	149	150	
Line 170	150	151	
Line 171	151	152	
Line 172	152	153	Drainage
Line 173	153	154	Drainage
Line 174	154	155	Drainage
Line 175	155	137	
Line 176	155	156	Drainage
Line 177	156	124	
Line 178	124	137	
Line 179	157	158	
Line 180	158	159	
Line 181	159	160	
Line 182	160	157	
Line 183	161	162	
Line 184	162	163	
Line 185	163	164	
Line 186	164	161	
Line 187	136	165	
Line 188	165	156	Drainage
Line 189	166	134	
Line 190	141	167	
Line 191	167	166	Drainage
Line 192	141	168	
Line 193	169	170	
Line 194	170	167	Drainage
Line 195	171	172	
Line 196	172	173	

Line 197	173	174	
Line 198	174	171	Drainage
Line 199	166	165	Drainage
Line 200	179	180	
Line 201	180	177	Drainage
Line 202	177	176	
Line 203	176	179	
Line 204	171	181	
Line 205	181	182	
Line 206	182	172	
Line 207	168	183	
Line 208	182	184	
Line 209	184	185	
Line 210	185	186	
Line 211	186	187	
Line 212	187	188	
Line 213	188	189	
Line 214	189	190	
Line 215	190	191	
Line 216	191	168	
Line 217	192	193	
Line 218	193	194	
Line 219	194	195	
Line 220	195	196	
Line 221	196	197	
Line 222	197	198	
Line 223	198	192	
Line 224	25	199	
Line 225	199	200	
Line 226	200	201	
Line 227	201	39	
Line 228	39	26	
Line 229	189	202	
Line 230	202	203	
Line 231	203	204	
Line 232	204	205	
Line 233	205	206	
Line 234	206	207	
Line 235	207	208	
Line 236	208	192	
Line 237	192	189	
Line 238	184	209	
Line 239	209	210	
Line 240	210	196	
Line 241	196	185	
Line 242	212	122	
Line 243	121	211	
Line 244	213	118	
Line 245	118	214	

Line 246	214	88	
Line 247	87	215	
Line 248	215	216	
Line 249	216	217	
Line 250	217	218	
Line 251	218	213	
Line 252	212	219	
Line 253	219	220	
Line 254	220	221	
Line 255	221	222	
Line 256	222	148	
Line 257	115	122	
Line 258	225	226	
Line 259	226	227	
Line 260	227	228	
Line 261	229	230	
Line 262	230	231	
Line 263	231	232	
Line 264	232	233	
Line 265	233	234	
Line 266	234	235	
Line 267	235	236	
Line 268	229	238	
Line 269	238	239	
Line 270	239	240	
Line 271	240	241	
Line 272	241	242	
Line 273	242	243	
Line 274	246	247	
Line 275	247	248	
Line 276	248	249	
Line 277	249	250	
Line 278	250	251	
Line 279	251	230	
Line 280	215	252	
Line 281	252	253	
Line 282	253	254	
Line 283	213	255	
Line 284	255	256	Infiltrazione Isarco base
Line 285	256	257	Infiltrazione Isarco base
Line 286	257	258	Infiltrazione Isarco base
Line 287	258	259	Infiltrazione Isarco base
Line 288	259	260	Infiltrazione Isarco base
Line 289	260	261	Infiltrazione Isarco base
Line 290	261	253	Infiltrazione Isarco base
Line 291	153	277	
Line 292	277	278	
Line 293	278	279	
Line 294	279	280	

Line 295	280	281	Drainage
Line 296	281	282	
Line 297	282	283	
Line 298	283	284	
Line 299	284	285	
Line 300	285	154	
Line 301	155	286	
Line 302	286	287	
Line 303	287	180	
Line 304	177	288	
Line 305	288	289	
Line 306	289	290	
Line 307	290	156	
Line 308	167	291	
Line 309	291	292	
Line 310	292	293	
Line 311	293	174	
Line 312	171	294	Drainage
Line 313	294	295	Drainage
Line 314	295	170	Drainage
Line 315	298	299	
Line 316	262	119	
Line 317	301	302	D/S livello falda
Line 318	303	304	
Line 319	304	305	
Line 320	305	300	
Line 321	35	36	
Line 322	183	169	
Line 323	34	12	Drainage
Line 324	34	49	
Line 325	49	50	
Line 326	50	51	
Line 327	73	97	
Line 328	36	306	
Line 329	306	224	
Line 330	306	225	
Line 331	205	199	
Line 332	200	206	
Line 333	84	307	
Line 334	307	308	
Line 335	308	309	
Line 336	309	73	
Line 337	81	310	
Line 338	310	311	
Line 339	311	312	
Line 340	312	313	
Line 341	313	159	
Line 342	160	314	
Line 343	314	315	

Line 344	315	316	
Line 345	316	110	
Line 346	112	317	
Line 347	317	318	
Line 348	318	319	
Line 349	319	162	
Line 350	161	320	
Line 351	320	321	
Line 352	321	322	
Line 353	322	323	
Line 354	323	83	
Line 355	24	324	
Line 356	324	325	
Line 357	325	326	
Line 358	326	327	
Line 359	327	328	
Line 360	328	329	
Line 361	329	330	
Line 362	330	164	
Line 363	163	331	
Line 364	331	332	
Line 365	332	333	
Line 366	333	334	
Line 367	334	335	
Line 368	335	168	
Line 369	79	336	
Line 370	336	337	
Line 371	337	338	
Line 372	338	339	
Line 373	339	158	
Line 374	157	340	
Line 375	340	341	
Line 376	341	108	
Line 377	128	342	
Line 378	342	343	
Line 379	343	140	
Line 380	45	46	Drainage
Line 381	120	344	
Line 382	344	78	
Line 383	123	345	
Line 384	345	120	
Line 385	105	346	
Line 386	346	123	
Line 387	121	347	
Line 388	347	122	
Line 389	211	348	
Line 390	348	212	
Line 391	118	349	
Line 392	349	119	

Line 393	213	350	
Line 394	350	262	
Line 395	119	351	
Line 396	351	121	
Line 397	262	352	
Line 398	352	211	
Line 399	212	263	
Line 400	263	276	Infiltrazione Isarco base
Line 401	276	275	Infiltrazione Isarco base
Line 402	275	274	Infiltrazione Isarco base
Line 403	274	273	Infiltrazione Isarco base
Line 404	273	150	Infiltrazione Isarco base
Line 405	263	264	Infiltrazione Isarco base
Line 406	264	265	Infiltrazione Isarco base
Line 407	265	266	Infiltrazione Isarco base
Line 408	266	267	Infiltrazione Isarco base
Line 409	267	268	Infiltrazione Isarco base
Line 410	268	269	Infiltrazione Isarco base
Line 411	269	270	Infiltrazione Isarco base
Line 412	270	271	Infiltrazione Isarco base
Line 413	271	272	Infiltrazione Isarco base
Line 414	272	255	Infiltrazione Isarco base
Line 415	353	354	
Line 416	354	300	
Line 417	303	179	
Line 418	180	281	Drainage
Line 419	280	353	Drainage
Line 420	177	174	Drainage
Line 421	173	178	
Line 422	178	175	
Line 423	175	176	
Line 424	169	181	
Line 425	228	355	
Line 426	355	229	
Line 427	200	355	
Line 428	357	358	
Line 429	358	359	
Line 430	173	357	
Line 431	179	360	
Line 432	361	176	
Line 433	145	146	D/S livello falda
Line 434	144	302	D/S livello falda
Line 435	362	363	
Line 436	363	298	
Line 437	364	365	
Line 438	365	366	
Line 439	370	371	
Line 440	368	372	
Line 441	372	369	

Line 442	367	373	
Line 443	373	368	
Line 444	369	374	
Line 445	374	370	
Line 446	366	375	
Line 447	375	367	
Line 448	299	376	
Line 449	376	364	
Line 450	377	362	
Line 451	237	379	U/S livello falda
Line 452	380	296	U/S livello falda
Line 453	236	381	
Line 454	382	224	
Line 455	65	383	
Line 456	383	66	
Line 457	384	55	
Line 458	385	53	
Line 459	6	386	
Line 460	387	9	
Line 461	300	388	
Line 462	388	301	
Line 463	389	303	
Line 464	360	390	
Line 465	391	361	
Line 466	359	392	
Line 467	182	393	
Line 468	210	394	
Line 469	394	356	
Line 470	243	395	
Line 471	396	246	
Line 472	371	397	
Line 473	244	245	D/S livello falda
Line 474	147	356	D/S livello falda
Line 475	146	147	D/S livello falda
Line 476	395	398	
Line 477	398	244	
Line 478	245	399	
Line 479	399	396	
Line 480	393	400	
Line 481	400	147	
Line 482	392	401	
Line 483	401	146	
Line 484	390	402	
Line 485	402	144	
Line 486	145	403	
Line 487	403	391	
Line 488	302	404	
Line 489	404	389	
Line 490	223	65	U/S livello falda

Line 491	237	223	U/S livello falda
Line 492	7	8	U/S livello falda
Line 493	381	405	
Line 494	405	237	
Line 495	223	406	
Line 496	406	382	
Line 497	54	407	
Line 498	407	384	
Line 499	52	408	
Line 500	408	385	
Line 501	386	409	
Line 502	409	7	
Line 503	8	410	
Line 504	410	411	
Line 505	411	387	
Line 506	296	412	
Line 507	412	413	
Line 508	413	414	
Line 509	414	415	
Line 510	415	416	
Line 511	416	377	
Line 512	397	417	
Line 513	417	418	
Line 514	418	419	
Line 515	419	420	
Line 516	420	421	
Line 517	421	422	
Line 518	422	297	
Line 519	297	423	D/S livello falda
Line 520	423	245	D/S livello falda
Line 521	356	424	D/S livello falda
Line 522	424	244	D/S livello falda
Line 523	379	378	U/S livello falda
Line 524	378	380	U/S livello falda
Line 525	254	425	
Line 526	425	45	Drainage

Regions

	Material	Points	Area (m <sup>2</sup> )
Region 1	Alluvioni Isarco (non saturato)	1;2;3;4;5;6;386;409;7;8;410;411;387;9	1.995
Region 2	Jet Grouting	11;4;3;2;1;10	27,99

Re gio n 3	Jet Grou ting	12;13;14;15	17,7 94
Re gio n 4	Jet Grou ting	16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27;28;29;30;31;32	200, 86
Re gio n 5	Jet Grou ting	4;33;34;11	11,9 5
Re gio n 6	Jet Grou ting	35;36;37;38;39;40;41;42	75,4 39
Re gio n 7		10;43;44;45;46;47;48;11	284, 38
Re gio n 8	Alluvi oni Isarc o	7;52;408;385;53;33;4;5;6;386;409	534, 51
Re gio n 9	Fasci a Perm eabil e	52;54;407;384;55;15;56;57;33;53;385;408	815, 4
Re gio n 10		12;13;58;59;60;61;62	130, 66
Re gio n 11		13;18;63;20;64;59;58	210, 34
Re gio n 12	Alluvi oni Isarc o	54;65;383;66;67;14;15;55;384;407	1.25 0,5
Re gio n 13	Fasci a Perm eabil e	66;16;14;67	116, 22
Re gio n 14	Fasci a Perm eabil e	32;68;69;70;35;71;72	31,3 05
Re gio n 15	Jet Grou ting	64;20;21;22;23;24;73;59	77,4 45
Re gio n 16	Jet Grou ting	51;74;75;76;60	18,4 7
Re gio	Jet Grou	77;78;79;80	3,56 01

n 17	ting		
Re gio n 18	Jet Grou ting	80;79;81;82	5,45 7
Re gio n 19	Jet Grou ting	82;81;83;84	9,73 35
Re gio n 20	Jet Grou ting	84;83;85;86	4,31 85
Re gio n 21	Jet Grou ting	46;87;88;89;74;51	9,56 22
Re gio n 22	Jet Grou ting	89;74;90;80;77	21,6 52
Re gio n 23		75;91;92;93;94;95;96;76	36,6 91
Re gio n 24		97;98;99;100;101;102;95;96;76;103;104	57,5 74
Re gio n 25	Jet Grou ting	74;90;80;82;95;94;93;92;91;75	20,4 34
Re gio n 26	Jet Grou ting	105;106;107;108	3,70 95
Re gio n 27	Jet Grou ting	108;107;109;110	5,40 6
Re gio n 28	Jet Grou ting	110;109;111;112	9,01 5
Re gio n 29	Jet Grou ting	112;111;113;114	4,36 95
Re gio n 30	Calc estru zzo	115;116;117;106	8,38 07
Re gio	Calc estru	118;349;119;120;344;78	7,30 61

n 31	zzo		
Re gio n 32	Calc estru zzo	121;347;122;105;346;123	8,48 83
Re gio n 33		124;125;126;127;128;129;130;131;132;133;134;135;136	63,9 54
Re gio n 34	Jet Grou ting	117;137;138;139;140;107;106	30,5 07
Re gio n 35	Jet Grou ting	109;128;129;130;131;132;133;134;141;142;143;111	38,7 27
Re gio n 36	Jet Grou ting	137;117;116;148;149;150;151;152;153;154;155	22,9 65
Re gio n 37	Jet Grou ting	137;155;156;124	16,8 57
Re gio n 38	Fasci a Perm eabil e	157;158;159;160	15,8 36
Re gio n 39	Fasci a Perm eabil e	161;162;163;164	44,8 19
Re gio n 40	Jet Grou ting	156;124;136;165	11,3 1
Re gio n 41	Jet Grou ting	166;134;141;167	6,81 45
Re gio n 42	Jet Grou ting	167;141;168;183;169;170	47,6 06
Re gio n 43	Jet Grou ting	171;172;173;174	36,6 17
Re gio n 44	Jet Grou ting	165;136;135;134;166	15,4 34

Re gio n 45	Jet Grou ting	179;180;177;176	16,3 03
Re gio n 46	Jet Grou ting	172;171;181;182	6,62 23
Re gio n 47	Jet Grou ting	168;183;169;181;182;184;185;186;187;188;189;190;191	188, 54
Re gio n 48	Jet Grou ting	192;193;194;195;196;197;198	105, 83
Re gio n 49	Fasci a Perm eabil e	25;199;200;201;39;26	81,4 52
Re gio n 50	Fasci a Perm eabil e	189;202;203;204;205;206;207;208;192	149, 4
Re gio n 51	Fasci a Perm eabil e	184;209;210;196;185	58,8 91
Re gio n 52	Mass i Ciclo pici intas ati	211;348;212;122;347;121	13,9 04
Re gio n 53	Mass i Ciclo pici intas ati	213;118;214;88;87;215;216;217;218	14,0 95
Re gio n 54	Mass i Ciclo pici intas ati	122;212;219;220;221;222;148;116;115	21,3 42
Re gio n 55	Fasci a Perm eabil e	223;406;382;224;306;225;226;227;228;355;229;230;231;232;233;234;235;236;381;405;237	2.12 8,5
Re gio n	Fasci a Perm	229;238;239;240;241;242;243;395;398;244;245;399;396;246;247;248;249;250;251;230	1.87 6,8

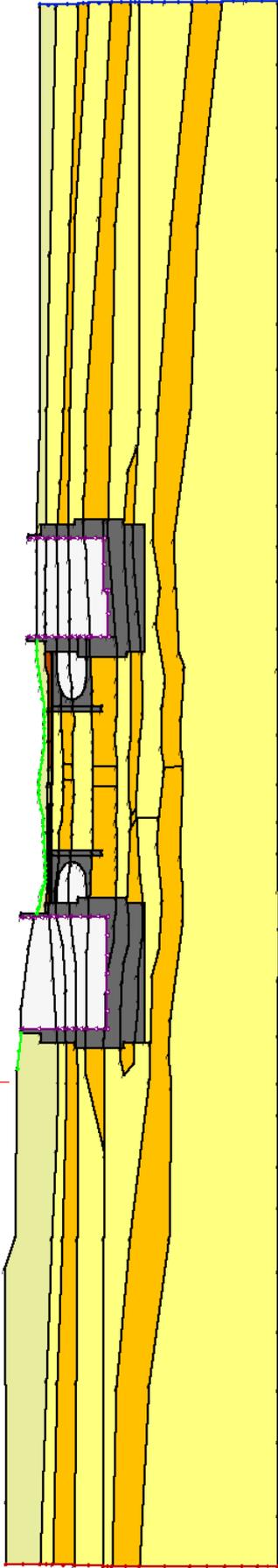
56	eabile		
Regio n 57	Jet Grou ting	45;46;87;215;252;253;254;425	13,8 48
Re gio n 58	Alluvi oni lsarc o (non satur o)	253;252;215;216;217;218;213;255;256;257;258;259;260;261	23,1 33
Re gio n 59		153;277;278;279;280;281;282;283;284;285;154	81,0 68
Re gio n 60		155;286;287;180;177;288;289;290;156	116, 58
Re gio n 61		167;291;292;293;174;171;294;295;170	171, 22
Re gio n 62	Mass i Ciclo pici intas ati	213;350;262;119;349;118	11,9 9
Re gio n 63	Alluvi oni lsarc o (non satur o)	300;388;301;302;404;389;303;304;305	516, 06
Re gio n 64	Jet Grou ting	33;34;12;15;56;57	14,2 52
Re gio n 65	Jet Grou ting	14;16;17;18;13	33,7 35
Re gio n 66		11;34;49;50;51;46;47;48	118, 61
Re gio n 67		34;12;62;61;60;51;50;49	115, 83
Re gio n	Jet Grou ting	26;39;40;41;42;35;71;72;32;31;30;29;28;27	208, 36

68			
Re gio n 69		18;19;20;63	7,59 61
Re gio n 70	Jet Grou ting	73;97;104;103;76;60;59	31,6 41
Re gio n 71	Alluvi oni Isarc o	16;32;68;69;70;35;36;306;224;382;406;223;65;383;66	1.10 2,4
Re gio n 72	Fasci a Perm eabil e	205;199;200;206	5,89 36
Re gio n 73	Jet Grou ting	95;82;84;307;308;309;73;97;98;99;100;101;102	35,4 64
Re gio n 74	Alluvi oni Isarc o	81;310;311;312;313;159;160;314;315;316;110;112;317;318;319;162;161;320;321;322;323;83	260, 55
Re gio n 75	Alluvi oni Isarc o	24;324;325;326;327;328;329;330;164;163;331;332;333;334;335;168;191;190;189;202;203;204;205; 199;25	297, 59
Re gio n 76	Fasci a Perm eabil e	73;24;324;325;326;327;328;329;330;164;161;320;321;322;323;83;85;86;84;307;308;309	257, 73
Re gio n 77	Fasci a Perm eabil e	162;163;331;332;333;334;335;168;141;142;143;111;113;114;112;317;318;319	252, 11
Re gio n 78	Fasci a Perm eabil e	79;336;337;338;339;158;159;313;312;311;310;81	76,5 3
Re gio n 79	Fasci a Perm eabil e	157;340;341;108;110;316;315;314;160	58,8 07
Re gio n 80		128;342;343;140;139;138;137;124;125;126;127	52,3 09
Re gio	Jet Grou	128;109;107;140;343;342	11,1 71

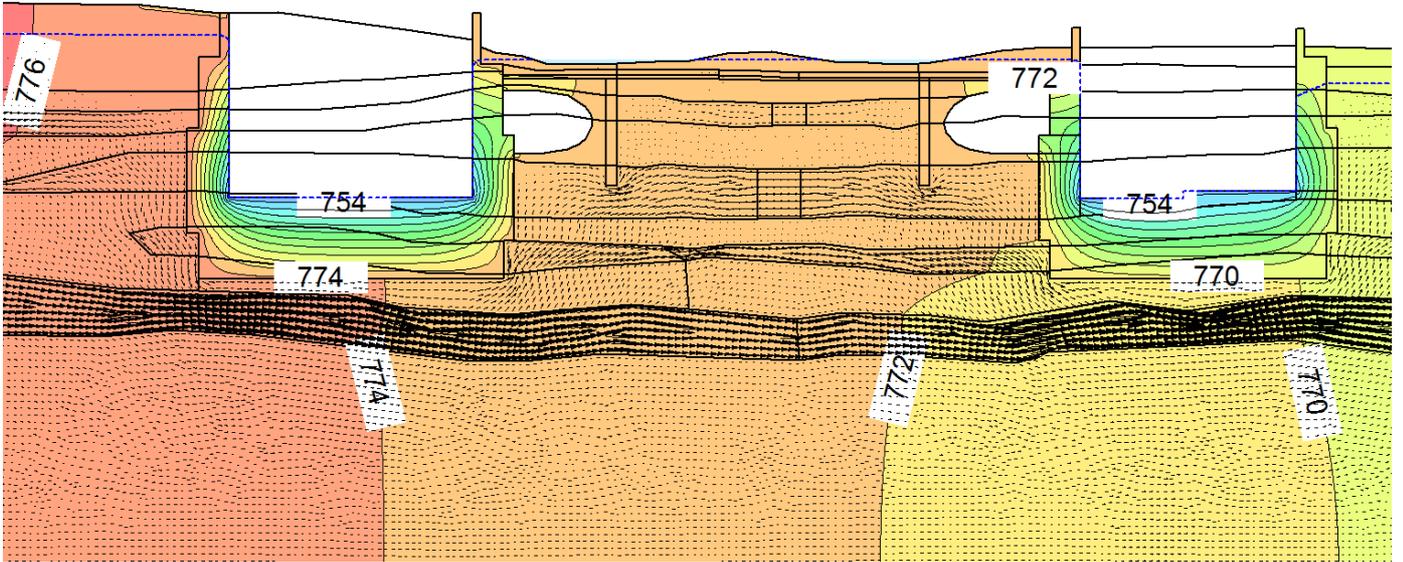
n 81	ting		
Re gio n 82	Alluvi oni Isarc o	78;79;336;337;338;339;158;157;340;341;108;105;346;123;345;120;344	125, 83
Re gio n 83	Alluvi oni Isarc o	119;351;121;123;345;120	5,98 79
Re gio n 84	Alluvi oni Isarc o	262;352;211;121;351;119	8,82 49
Re gio n 85	Calc estru zzo	88;89;77;78;118;214	8,00 19
Re gio n 86	Calc estru zzo	122;105;106;115	0,74 077
Re gio n 87	Alluvi oni Isarc o (non satur o)	150;149;148;222;221;220;219;212;263;276;275;274;273	49,3 39
Re gio n 88	Alluvi oni Isarc o (non satur o)	255;213;350;262;352;211;348;212;263;264;265;266;267;268;269;270;271;272	72,5 19
Re gio n 89	Jet Grou ting	353;354;300;305;304;303;179;180;281;280	25,3 93
Re gio n 90	Jet Grou ting	177;174;173;178;175;176	24,5 94
Re gio n 91		154;285;284;283;282;281;180;287;286;155	111, 74
Re gio n 92		156;165;166;167;291;292;293;174;177;288;289;290	168, 62
Re gio n 93	Jet Grou ting	170;169;181;171;294;295	56,8 26

Re gio n 94	Jet Grou ting	189;192;193;194;195;196;185;186;187;188	118, 69
Re gio n 95	Alluvi oni Isarc o	355;228;227;226;225;306;36;37;38;39;201;200	295, 4
Re gio n 96	Alluvi oni Isarc o	356;424;244;398;395;243;242;241;240;239;238;229;355;200;206;207;208;192;198;197;196;210;394	2.03 7,4
Re gio n 97	Alluvi oni Isarc o	147;356;394;210;209;184;182;393;400	1.05 5,5
Re gio n 98	Fasci a Perm eabil e	357;358;359;392;401;146;147;400;393;182;172;173	992, 93
Re gio n 99	Fasci a Perm eabil e	179;360;390;402;144;145;403;391;361;176	362, 39
Re gio n 10 0	Alluvi oni Isarc o	176;361;391;403;145;146;401;392;359;358;357;173;178;175	1.02 8,7
Re gio n 10 1	Alluvi oni Isarc o	303;179;360;390;402;144;302;404;389	892, 11
Re gio n 10 2	Alluvi oni Isarc o	245;399;396;246;247;248;249;250;251;230;231;232;233;234;235;236;381;405;237;379;378;380;296 ;412;413;414;415;416;377;362;363;298;299;376;364;365;366;375;367;373;368;372;369;374;370;37 1;397;417;418;419;420;421;422;297;423	14.8 34

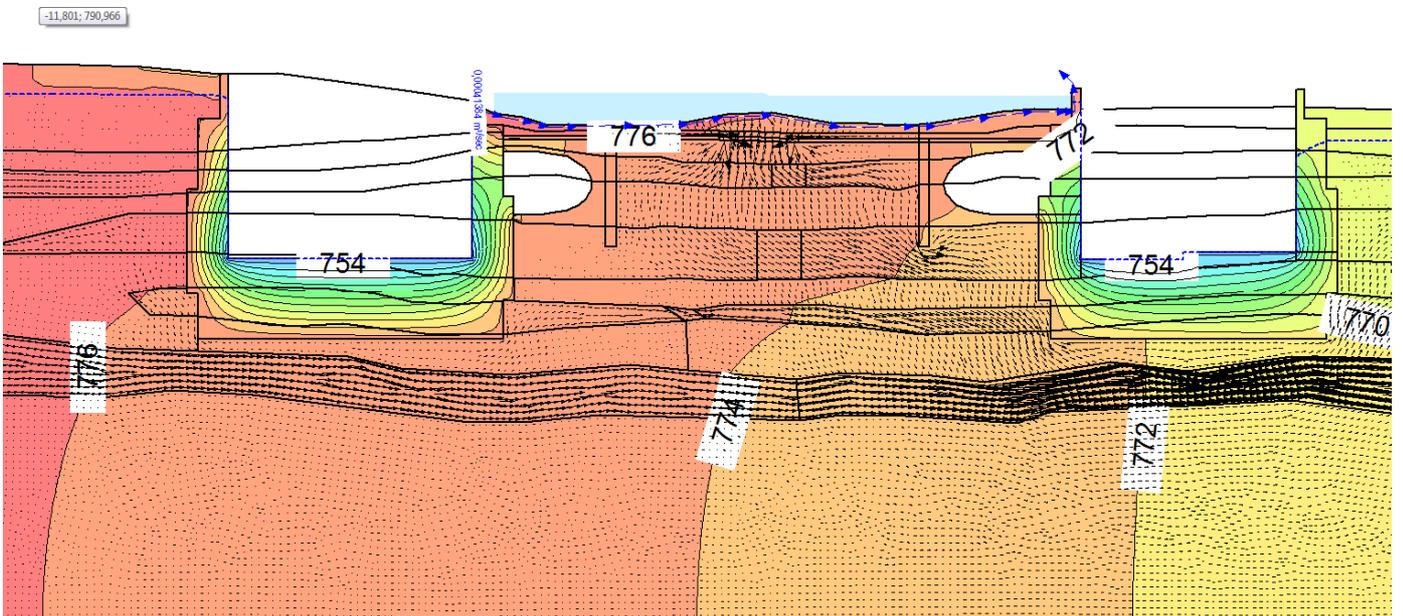
Fasce meno permeabili  $K = 2.0 \times 10^{-4}$  m/s  
Fasce a maggior permeabilità  $K = 1.9 \times 10^{-3}$  m/s



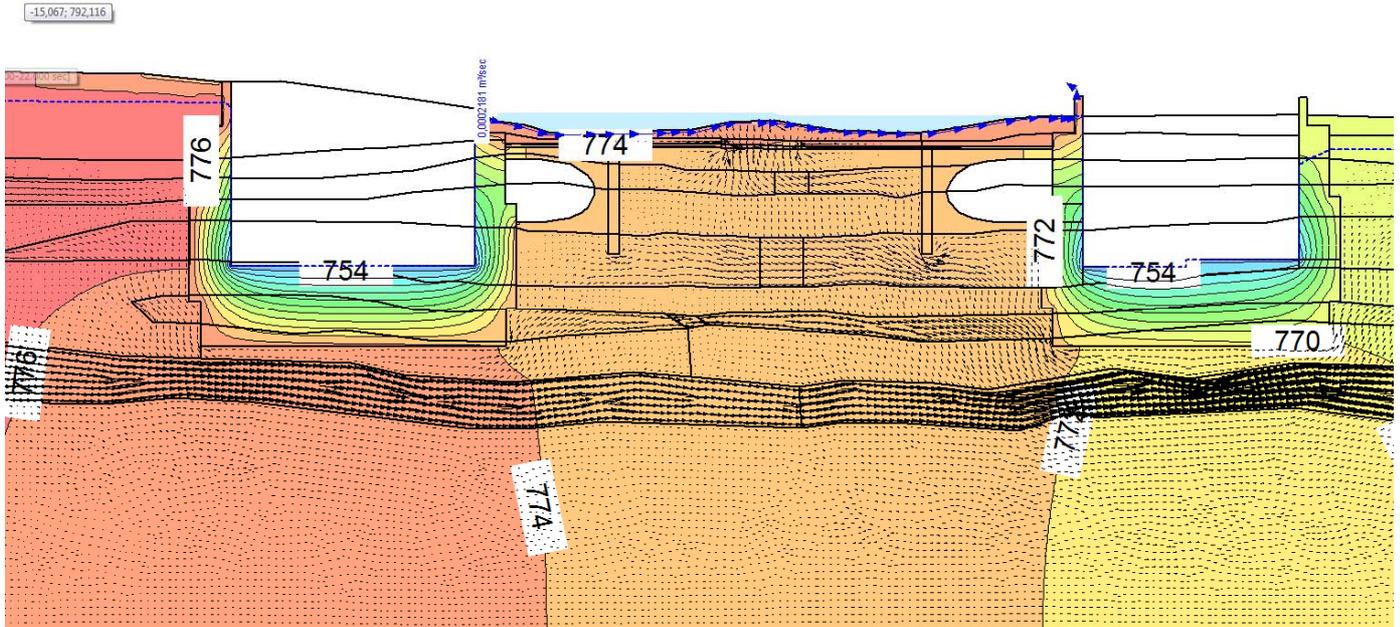
Geometria di calcolo per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Fase di Costruzione



Total Head (m) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo iniziale. Fase di Costruzione

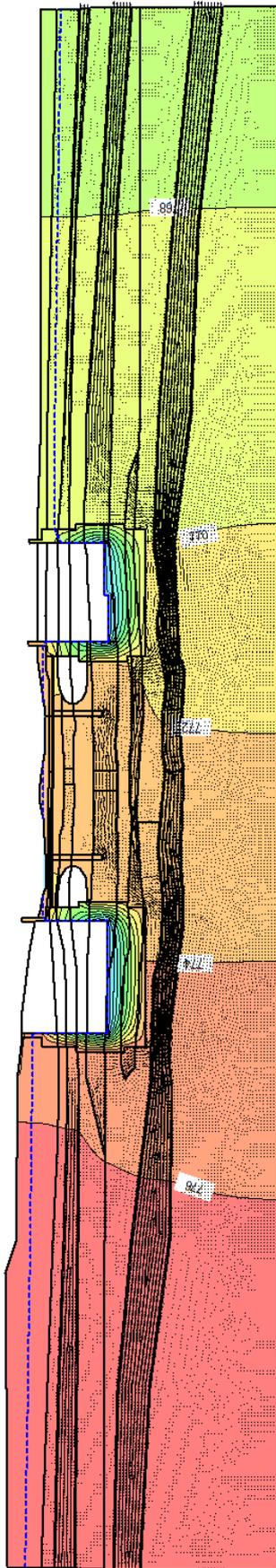


Total Head (m) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo 9.17 ore. Fase di Costruzione



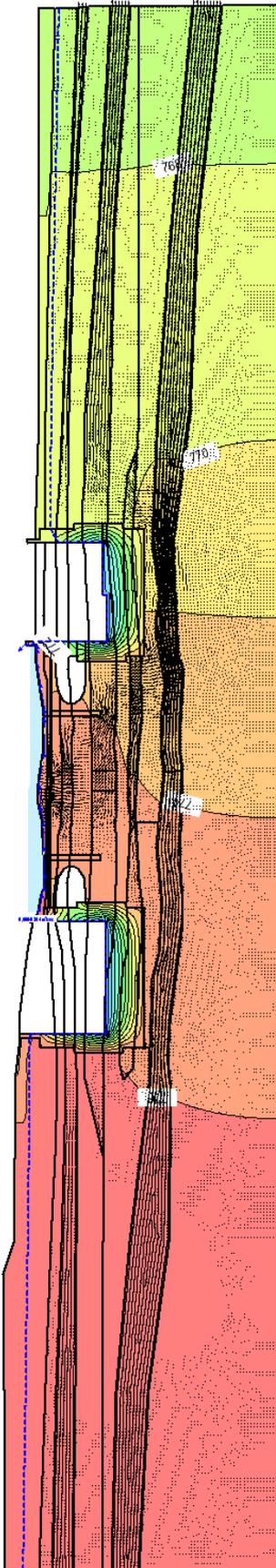
Total Head (m) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo 15.3 ore. Fase di Costruzione

Fasce meno permeabili  $K = 2.0 \times 10^{-4}$  m/s  
Fasce a maggior permeabilità  $K = 1.9 \times 10^{-3}$  m/s

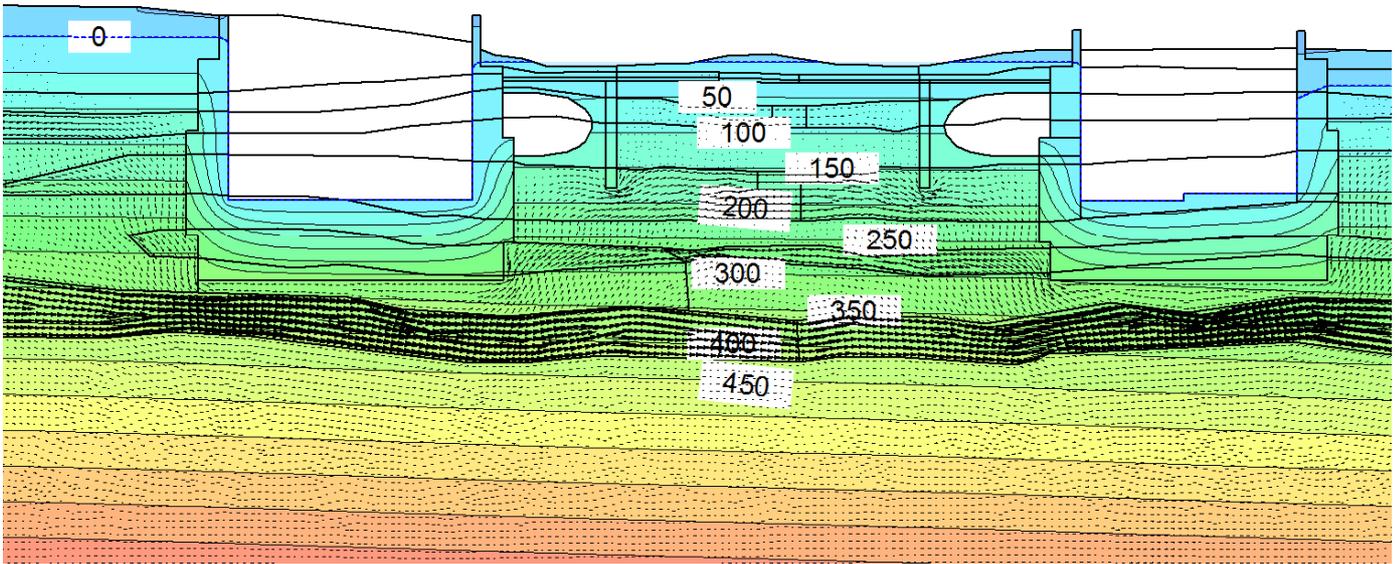


Total Head (m) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo iniziale .Modello esteso. Fase di Costruzione.

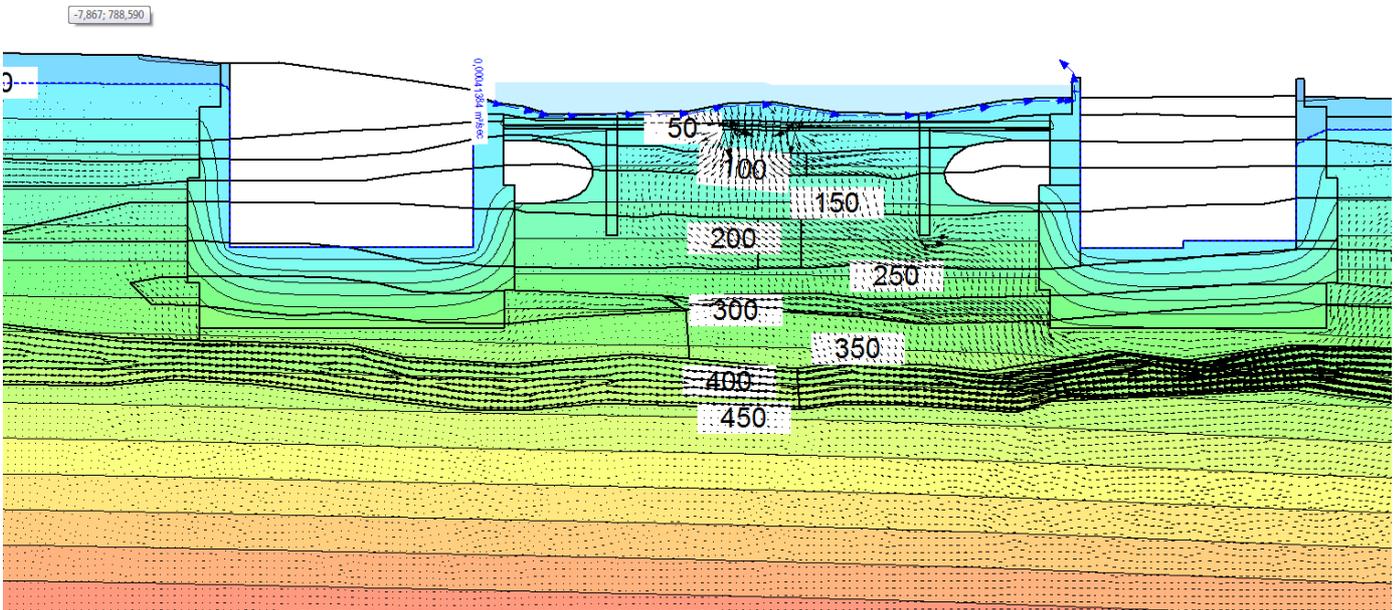
Fasce meno permeabili  $K = 2.0 \times 10^{-4}$  m/s  
Fasce a maggior permeabilità  $K = 1.9 \times 10^{-3}$  m/s



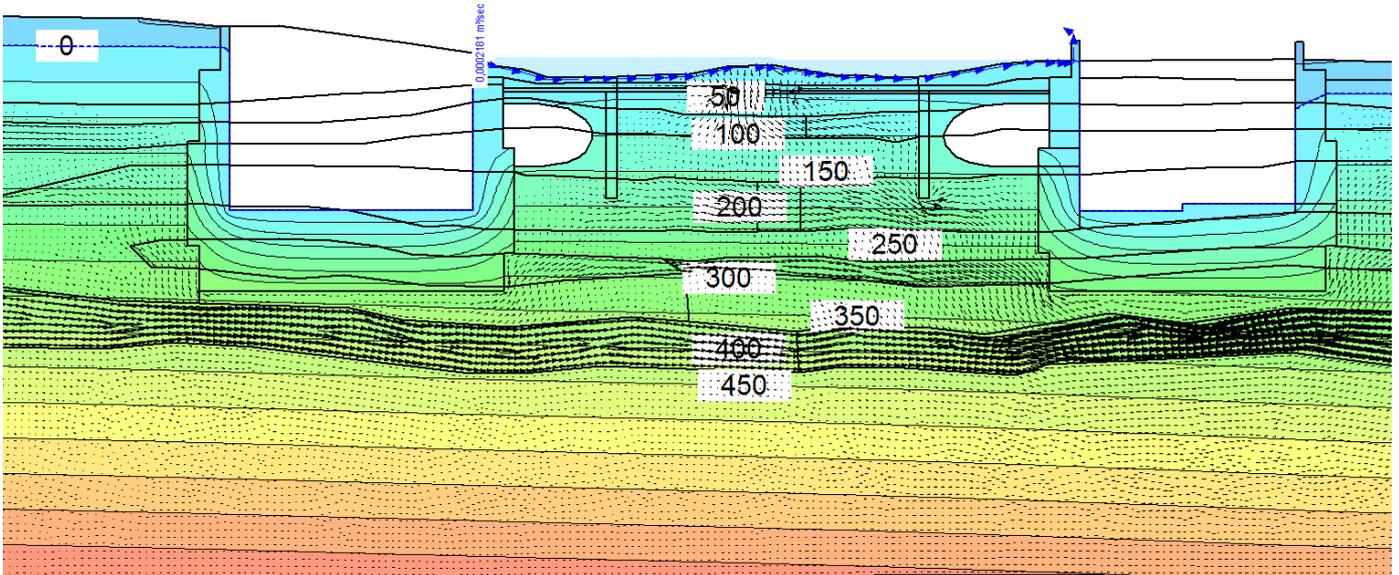
Total Head (m) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo 9.17 ore. Modello esteso. Fase di Costruzione.



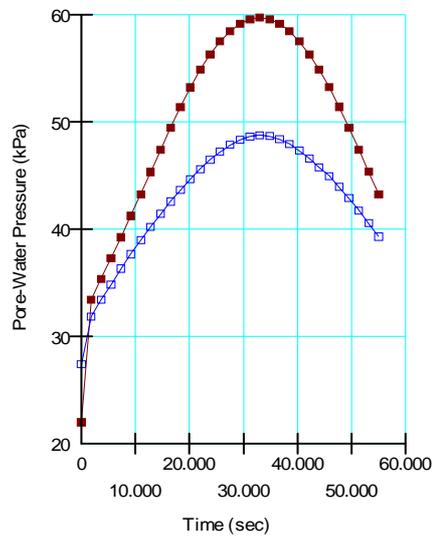
Pore water pressure (kPa) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo iniziale. Fase di Costruzione.



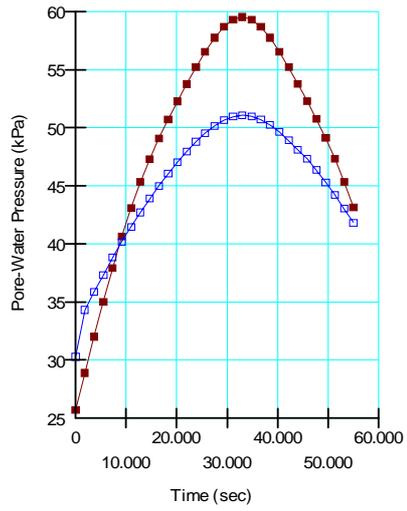
Pore water pressure (kPa) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo 9.17 ore. Fase di Costruzione



Pore water pressure (kPa) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo 15.3 ore. Fase di Costruzione



Pore water pressure (kPa) nel tempo per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Confronto tra punti sopra (rosso) e sotto (blu) la soletta in calcestruzzo di monte. Fase di Costruzione.



Pore water pressure (kPa) nel tempo per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Confronto tra punti sopra (rosso) e sotto (blu) la soletta in calcestruzzo di valle. Fase di Costruzione.

# OUTPUT DI CALCOLO E RISULTATI ANALISI DI FILTRAZIONE FASE A LUNGO TERMINE

## Base Seepage

---

Report generated using GeoStudio 2012. Copyright © 1991-2015 GEO-SLOPE International Ltd.

### File Information

File Version: 8.14  
Created By: Giuseppe Sembenelli  
Last Edited By: Calcolo  
Revision Number: 218  
Date: 15/12/2015  
Time: 11:18:56  
Tool Version: 8.14.2.11317  
File Name: B1\_Seiz falda\_extended\_004b02\_b2\_coff\_unsatFE\_k0001\_15b\_LTer.gsz  
Directory: F:\1EDIT\SAIE\WORK\Idraulica\REV\_1\Filtrazione lungo valle Isarco\LUNGO TERMINE\

### Project Settings

Length(L) Units: Meters  
Time(t) Units: Seconds  
Force(F) Units: Kilonewtons  
Pressure(p) Units: kPa  
Mass(M) Units: Grams  
Mass Flux Units: g/sec  
Unit Weight of Water: 9,807 kN/m<sup>3</sup>  
View: 2D  
Element Thickness: 1

### Analysis Settings

#### Base Seepage

Kind: SEEP/W  
Method: Steady-State  
Settings  
    Include Air Flow: No  
Control  
    Apply Runoff: Yes  
Convergence  
    Maximum Number of Iterations: 500  
    Minimum Pressure Head Difference: 0,005  
    Significant Digits: 2  
    Max # of Reviews: 10  
    Hydraulic Under-Relaxation Criteria  
        Under-Relaxation Initial Rate: 1  
        Under-Relaxation Min. Rate: 0,1  
        Under-Relaxation Reduction Rate: 0,65  
        Under-Relaxation Iterations: 10  
Equation Solver: Parallel Direct  
Time  
    Starting Time: 0 sec  
    Duration: 0 sec  
    Ending Time: 0 sec

### Materials

#### Alluvioni Isarco

Model: Saturated Only  
Hydraulic

Sat Kx: 0,0002 m/sec  
Ky'/Kx' Ratio: 0,8  
Rotation: 0 °  
Mv: 0 /kPa

#### Calcestruzzo

Model: Saturated Only  
Hydraulic

Sat Kx: 1e-011 m/sec  
Ky'/Kx' Ratio: 1  
Rotation: 0 °  
Volumetric Water Content: 0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
Mv: 0 /kPa

#### Massi Ciclopici intasati

Model: Saturated Only  
Hydraulic

Sat Kx: 0,001 m/sec  
Ky'/Kx' Ratio: 1  
Rotation: 0 °  
Volumetric Water Content: 0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
Mv: 0 /kPa

#### Fascia Permeabile

Model: Saturated Only  
Hydraulic

Sat Kx: 0,00196 m/sec  
Ky'/Kx' Ratio: 0,8  
Rotation: 0 °  
Volumetric Water Content: 0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
Mv: 0 /kPa

#### Jet Grouting

Model: Saturated Only  
Hydraulic

Sat Kx: 1e-008 m/sec  
Ky'/Kx' Ratio: 1  
Rotation: 0 °  
Volumetric Water Content: 0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
Mv: 0 /kPa

#### Alluvioni Isarco (non saturo)

Model: Saturated / Unsaturated  
Hydraulic

K-Function: New Function  
Ky'/Kx' Ratio: 0,8  
Rotation: 0 °  
Vol. WC. Function: isarco

#### Boundary Conditions

##### U/S livello falda

Type: Head (H) 778  
Review: No

##### D/S livello falda

Type: Head (H) 767  
Review: No

##### Infiltrazione Isarco base

Type: Head (H) 772.4  
Review: No

## K Functions

### New Function

Model: Hyd K Data Point Function  
Function: X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure  
Curve Fit to Data: 100 %  
Segment Curvature: 100 %  
Saturated Kx: 0,0001  
Data Points: Matric Suction (kPa), X-Conductivity (m/sec)  
Data Point: (0,01; 0,0001)  
Data Point: (0,018329807; 9,9940245e-005)  
Data Point: (0,033598183; 9,9765574e-005)  
Data Point: (0,061584821; 9,9266074e-005)  
Data Point: (0,11288379; 9,7877786e-005)  
Data Point: (0,20691381; 9,4181194e-005)  
Data Point: (0,37926902; 8,5059095e-005)  
Data Point: (0,6951928; 6,5543218e-005)  
Data Point: (1,274275; 3,4675397e-005)  
Data Point: (2,3357215; 8,5822138e-006)  
Data Point: (4,2813324; 8,0207193e-007)  
Data Point: (7,8475997; 4,4858279e-008)  
Data Point: (14,384499; 2,6631715e-009)  
Data Point: (26,366509; 2,0270087e-010)  
Data Point: (48,329302; 1,9488945e-011)  
Data Point: (88,586679; 2,2517524e-012)  
Data Point: (162,37767; 3,0055726e-013)  
Data Point: (297,63514; 4,5212165e-014)  
Data Point: (545,55948; 7,5474728e-015)  
Data Point: (1.000; 1,3781864e-015)

### Estimation Properties

Hyd. K-Function Estimation Method: Fredlund-Xing Function  
Volume Water Content Function: isarco  
Saturated Kx: 0,0001 m/sec  
Maximum: 1.000  
Minimum: 0,01  
Num. Points: 20

## Vol. Water Content Functions

### isarco

Model: Fredlund-Xing Function  
Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure  
Mv: 2e-005 /kPa  
Saturated Water Content: 0,25 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
Residual Water Content: 0,025 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
A: 2 kPa  
N: 2  
M: 2  
Suction Limit: 1000000  
Porosity: 0,24999996

### Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	15,217	779,059
Point 2	15,217	772,724
Point 3	12,087	772,722
Point 4	12,087	767,884
Point 5	-0,006	767,75
Point 6	-21,534	768,311
Point 7	-149,489	773,277
Point 8	-149,455	783,5
Point 9	4,039	780,152

Point 10	16,431	779,059
Point 11	16,437	768,232
Point 12	16,441	762,226
Point 13	16,442	759,193
Point 14	10,517	759,126
Point 15	10,517	762,1
Point 16	10,517	753,507
Point 17	13,372	753,548
Point 18	16,442	753,269
Point 19	16,431	752,619
Point 20	33,569	752,619
Point 21	44,521	750,228
Point 22	48,3	750,5
Point 23	53,35	749,8
Point 24	57,101	749,8
Point 25	57,114	746,455
Point 26	55,544	746,456
Point 27	49,2	745,9
Point 28	42,32	746,299
Point 29	37,4	747,5
Point 30	30,85	748,2
Point 31	23,394	748,494
Point 32	10,517	748,367
Point 33	12,087	765,318
Point 34	16,439	765,305
Point 35	12,1	744,2
Point 36	12,087	740,959
Point 37	49,277	740,959
Point 38	55,531	740,959
Point 39	55,545	741,623
Point 40	44,3	741,8
Point 41	32,683	743,232
Point 42	25,6	742,8
Point 43	23,389	779,146
Point 44	41,627	776,638
Point 45	51,135	775,253
Point 46	51,165	770,614
Point 47	38,6	769,6
Point 48	32,2	769,4
Point 49	28	765,2
Point 50	42,4	766,4
Point 51	51,165	768,18
Point 52	-149,522	769,348
Point 53	0	764,9
Point 54	-149,818	762,642
Point 55	0	761,4
Point 56	10,517	762,511
Point 57	12,087	762,511
Point 58	40,75	758,9

Point 59	51,165	758,185
Point 60	51,165	764,024
Point 61	42,1	763,2
Point 62	35,082	762,15
Point 63	27,92	753,07
Point 64	51,165	752,619
Point 65	-150	753,532
Point 66	-22,612	753,2
Point 67	2	759
Point 68	6,3	748,3
Point 69	2,194	747,5
Point 70	5,238	744,506
Point 71	12,087	747,511
Point 72	10,517	747,511
Point 73	57,101	758,1
Point 74	55,531	768,683
Point 75	55,531	767,899
Point 76	55,531	764,378
Point 77	70,168	769,669
Point 78	71,671	769,659
Point 79	71,668	767,293
Point 80	70,168	767,293
Point 81	71,668	763,655
Point 82	70,168	763,655
Point 83	71,668	757,166
Point 84	70,168	757,166
Point 85	71,668	754,287
Point 86	70,168	754,287
Point 87	55,534	770,629
Point 88	55,531	770,16
Point 89	55,531	769,669
Point 90	59,6	768,7
Point 91	60,691	767,865
Point 92	64,724	767,275
Point 93	67,155	765,729
Point 94	67,914	764,582
Point 95	68,133	763,813
Point 96	63,1	764,6
Point 97	57,101	758,848
Point 98	61,382	758,995
Point 99	64,63	759,564
Point 100	66,364	760,348
Point 101	67,252	761,103
Point 102	68,101	762,637
Point 103	55,531	761,448
Point 104	57,101	761,448
Point 105	114,757	769,287
Point 106	116,257	769,287
Point 107	116,257	766,814

Point 108	114,757	766,814
Point 109	116,257	763,21
Point 110	114,757	763,21
Point 111	116,257	757,2
Point 112	114,757	757,2
Point 113	116,257	754,287
Point 114	114,757	754,287
Point 115	116,257	769,776
Point 116	133,413	769,776
Point 117	133,413	769,288
Point 118	71,668	770,157
Point 119	86,309	770,159
Point 120	86,309	769,659
Point 121	97,601	769,775
Point 122	114,761	769,787
Point 123	97,601	769,286
Point 124	133,413	764,051
Point 125	129,101	764,276
Point 126	126,35	764,2
Point 127	122,05	763,391
Point 128	118,221	763,374
Point 129	118,613	761,938
Point 130	120,061	760,348
Point 131	121,794	759,564
Point 132	123,843	759,138
Point 133	125,764	758,924
Point 134	131,843	758,848
Point 135	131,843	761,448
Point 136	133,413	761,448
Point 137	133,413	767,9
Point 138	126,676	767,878
Point 139	124,006	767,655
Point 140	121,546	767,1
Point 141	131,843	757,7
Point 142	125,75	757,679
Point 143	121,35	757,2
Point 144	334,061	761,52
Point 145	334,395	758,286
Point 146	334,845	751,174
Point 147	334,585	745,217
Point 148	133,413	771,659
Point 149	136,543	771,659
Point 150	136,543	774,009
Point 151	137,779	774,006
Point 152	137,779	771,75
Point 153	137,779	767,899
Point 154	137,779	764,026
Point 155	98,7	766,1
Point 156	93,785	766,1

Point 157	93,785	762,878
Point 158	98,7	762,878
Point 159	91,7	756,7
Point 160	97,95	756,7
Point 161	97,95	749,529
Point 162	91,7	749,529
Point 163	137,779	761,448
Point 164	137,779	758,848
Point 165	137,779	757,7
Point 166	131,843	749,449
Point 167	137,779	749,918
Point 168	137,779	752,459
Point 169	168,439	753,499
Point 170	174,367	753,499
Point 171	174,367	759,676
Point 172	168,439	759,676
Point 173	172,797	762,511
Point 174	172,797	764,298
Point 175	168,439	764,298
Point 176	174,367	762,511
Point 177	172,797	768,039
Point 178	168,439	768,039
Point 179	168,43	752,383
Point 180	174,37	752,383
Point 181	136,079	749,777
Point 182	174,367	747,51
Point 183	172,797	747,511
Point 184	167,8	747,2
Point 185	159,2	747,2
Point 186	136,731	745,696
Point 187	133,413	745,609
Point 188	133,413	746,448
Point 189	131,843	746,448
Point 190	133,422	742,122
Point 191	145,85	743,167
Point 192	157,15	744,1
Point 193	167,35	744,7
Point 194	172,797	744,399
Point 195	172,797	740,959
Point 196	133,413	740,959
Point 197	78,213	745,606
Point 198	81,463	743,59
Point 199	63,899	742,512
Point 200	107,75	745,13
Point 201	100,45	746
Point 202	86,85	745,85
Point 203	82,55	745,2
Point 204	84,45	744
Point 205	106,3	742,6

Point 206	115	741,6
Point 207	189,55	746,195
Point 208	197,247	743,224
Point 209	97,601	770,592
Point 210	114,728	770,592
Point 211	71,668	770,977
Point 212	70,168	770,169
Point 213	55,531	771,659
Point 214	60,683	770,832
Point 215	64,187	770,909
Point 216	68,926	771,013
Point 217	116,381	770,557
Point 218	121,75	770,557
Point 219	124,75	770,668
Point 220	128,605	771,414
Point 221	-150,005	750,927
Point 222	0,35	739,68
Point 223	33,45	738,516
Point 224	40,95	736,8
Point 225	56,25	735,853
Point 226	73,65	737,269
Point 227	97,2	735,2
Point 228	97,687	729,272
Point 229	69,35	730,15
Point 230	58,25	729,1
Point 231	50,75	729,1
Point 232	19,8	733
Point 233	8,3	733,65
Point 234	-1,667	732,63
Point 235	-150,005	742,478
Point 236	103,659	736,15
Point 237	116,55	735,665
Point 238	124,15	734,751
Point 239	141,978	737,75
Point 240	152,85	736,35
Point 241	167,8	738,514
Point 242	334,657	726,209
Point 243	334,824	717,123
Point 244	167,8	732,2
Point 245	152,953	731,424
Point 246	133,05	730,46
Point 247	128,6	728,95
Point 248	112,75	729,9
Point 249	102,55	729,9
Point 250	52,401	771,659
Point 251	52,398	774,167
Point 252	71,653	771,841
Point 253	67,905	771,718
Point 254	64,753	771,709

Point 255	61,9	771,701
Point 256	59,482	772,477
Point 257	58,235	772,878
Point 258	54,35	773,454
Point 259	86,309	770,977
Point 260	114,646	771,86
Point 261	111,581	771,757
Point 262	107,425	771,988
Point 263	102,615	772,052
Point 264	96,695	773,047
Point 265	93,73	773,546
Point 266	90,397	773,44
Point 267	87,383	773,339
Point 268	81,362	772,159
Point 269	77,143	772,021
Point 270	131,152	774,127
Point 271	126,481	773,619
Point 272	122,153	772,933
Point 273	115,579	771,892
Point 274	147,877	774,139
Point 275	158,511	774,224
Point 276	165,172	774,299
Point 277	168,439	774,376
Point 278	168,439	771,245
Point 279	159,815	771,423
Point 280	152,422	771,576
Point 281	145,65	771,78
Point 282	141,939	771,571
Point 283	148,169	767,675
Point 284	160,718	768,075
Point 285	161,65	764,27
Point 286	152,65	763,986
Point 287	143,35	763,95
Point 288	144,45	758,227
Point 289	155,643	758,8
Point 290	163,15	758,8
Point 291	152,359	753,499
Point 292	152,359	752,459
Point 293	-150	700
Point 294	335	700
Point 295	0	700
Point 296	15,051	700
Point 297	169,667	774,329
Point 298	333,989	773,073
Point 299	333,815	768,194
Point 300	172,797	771,249
Point 301	172,797	772,722
Point 302	169,667	772,721
Point 303	12,167	739,264

Point 304	65,551	757,482
Point 305	62,782	757,549
Point 306	58,509	757,622
Point 307	76,655	763,568
Point 308	80,73	763,35
Point 309	86,115	762,873
Point 310	88,997	762,734
Point 311	102,035	762,932
Point 312	108,494	762,992
Point 313	111,574	762,435
Point 314	109,329	757,387
Point 315	105,97	756,891
Point 316	103,307	756,891
Point 317	88,302	756,891
Point 318	84,724	756,891
Point 319	78,345	757,387
Point 320	75,264	756,97
Point 321	62,266	749,756
Point 322	66,698	749,537
Point 323	69,361	749,756
Point 324	72,223	749,537
Point 325	76,715	749,537
Point 326	80,71	749,895
Point 327	86,036	749,477
Point 328	104,121	750,034
Point 329	108,474	750,034
Point 330	112,966	749,617
Point 331	120,12	749,537
Point 332	124,671	749,477
Point 333	78,19	767,126
Point 334	81,447	766,394
Point 335	85,394	766,449
Point 336	91,619	766,16
Point 337	102,978	766,367
Point 338	109,064	766,712
Point 339	118,787	764,762
Point 340	119,826	766
Point 341	77,811	769,659
Point 342	92,174	769,465
Point 343	106,253	769,286
Point 344	106,288	769,781
Point 345	106,288	770,592
Point 346	78,018	770,158
Point 347	78,018	770,977
Point 348	92,228	770,029
Point 349	92,155	770,777
Point 350	81,925	736,542
Point 351	334,681	742,451
Point 352	181,611	759,772

Point 353	189,322	759,275
Point 354	197,093	759,077
Point 355	186,44	766,987
Point 356	186,242	764,463
Point 357	-25,558	700,043
Point 358	-9,451	699,906
Point 359	47,832	699,665
Point 360	59,475	699,803
Point 361	71,426	699,837
Point 362	92,993	699,974
Point 363	127,748	700,112
Point 364	155,977	699,974
Point 365	179,365	699,974
Point 366	195,612	699,988
Point 367	141,163	700,046
Point 368	108,376	700,035
Point 369	166,632	699,974
Point 370	81,177	699,899
Point 371	32,318	699,824
Point 372	-38,353	700,02
Point 373	-150,044	716,262
Point 374	-150,025	726,896
Point 375	-150,025	705,927
Point 376	-48,191	733,457
Point 377	-48,204	745,389
Point 378	-48,188	753,51
Point 379	-48,402	761,749
Point 380	-48,316	766,214
Point 381	-48,087	769,714
Point 382	-48,431	781,053
Point 383	208,637	773,139
Point 384	208,805	771,249
Point 385	208,631	766,152
Point 386	208,877	764,215
Point 387	208,709	758,999
Point 388	208,471	751,49
Point 389	208,308	742,595
Point 390	208,111	737,07
Point 391	207,867	726,908
Point 392	208,305	699,999
Point 393	266,544	732,768
Point 394	265,948	724,611
Point 395	266,228	749,979
Point 396	268	754,924
Point 397	266,714	764,007
Point 398	268,989	762,219
Point 399	257,096	770,069
Point 400	-93,57	739,478
Point 401	-94,51	749,705

Point 402	-92,777	762,14
Point 403	-92,611	767,924
Point 404	-91,976	771,189
Point 405	-129,468	783,683
Point 406	-58,138	784,301
Point 407	-133,653	700,003
Point 408	-110,794	700,007
Point 409	-94,984	700,01
Point 410	-76,683	700,013
Point 411	-58,096	700,016
Point 412	221,992	699,999
Point 413	235,79	699,999
Point 414	258,637	699,999
Point 415	280,446	700
Point 416	296,667	700
Point 417	316,399	700
Point 418	334,899	709,802
Point 419	334,67	734,78
Point 420	16,435	772,72
Point 421	51,158	771,734
Point 422	168,439	772,748
Point 423	210,056	773,138
Point 424	216,133	776,051
Point 425	244,76	776,169
Point 426	275,968	776,293
Point 427	289,132	776,229
Point 428	294,901	773,094
Point 429	299,757	775,514
Point 430	333,676	775,798

Lines

	Start Point	End Point	Hydraulic Boundary
Line 1	1	2	
Line 2	2	3	
Line 3	3	4	
Line 4	4	5	
Line 5	5	6	
Line 6	9	1	Infiltrazione Isarco base
Line 7	11	4	
Line 8	12	13	
Line 9	13	14	
Line 10	14	15	
Line 11	15	12	
Line 12	16	17	
Line 13	17	18	
Line 14	18	19	
Line 15	19	20	
Line 16	20	21	
Line 17	21	22	

Line 18	22	23	
Line 19	23	24	
Line 20	24	25	
Line 21	25	26	
Line 22	26	27	
Line 23	27	28	
Line 24	28	29	
Line 25	29	30	
Line 26	30	31	
Line 27	31	32	
Line 28	32	16	
Line 29	4	33	
Line 30	33	34	
Line 31	34	11	
Line 32	36	37	
Line 33	37	38	
Line 34	38	39	
Line 35	39	40	
Line 36	40	41	
Line 37	41	42	
Line 38	42	35	
Line 39	10	43	Infiltrazione Isarco base
Line 40	43	44	Infiltrazione Isarco base
Line 41	44	45	Infiltrazione Isarco base
Line 42	46	47	
Line 43	47	48	
Line 44	48	11	
Line 45	7	52	U/S livello falda
Line 46	53	33	
Line 47	52	54	U/S livello falda
Line 48	55	15	
Line 49	15	56	
Line 50	56	57	
Line 51	57	33	
Line 52	13	58	
Line 53	58	59	
Line 54	59	60	
Line 55	60	61	
Line 56	61	62	
Line 57	62	12	
Line 58	13	18	
Line 59	18	63	
Line 60	63	20	
Line 61	20	64	
Line 62	64	59	
Line 63	54	65	U/S livello falda
Line 64	66	67	
Line 65	67	14	
Line 66	66	16	

Line 67	16	14	
Line 68	32	68	
Line 69	68	69	
Line 70	69	70	
Line 71	70	35	
Line 72	35	71	
Line 73	71	72	
Line 74	72	32	
Line 75	24	73	
Line 76	73	59	
Line 77	51	74	
Line 78	74	75	
Line 79	75	76	
Line 80	76	60	
Line 81	60	51	
Line 82	77	78	
Line 83	78	79	
Line 84	79	80	
Line 85	80	77	
Line 86	79	81	
Line 87	81	82	
Line 88	82	80	
Line 89	81	83	
Line 90	83	84	
Line 91	84	82	
Line 92	83	85	
Line 93	85	86	
Line 94	86	84	
Line 95	46	87	
Line 96	87	88	
Line 97	88	89	
Line 98	89	74	
Line 99	51	46	
Line 100	74	90	
Line 101	90	80	
Line 102	77	89	
Line 103	75	91	
Line 104	91	92	
Line 105	92	93	
Line 106	93	94	
Line 107	94	95	
Line 108	95	96	
Line 109	96	76	
Line 110	97	98	
Line 111	98	99	
Line 112	99	100	
Line 113	100	101	
Line 114	101	102	
Line 115	102	95	

Line 116	76	103	
Line 117	103	104	
Line 118	104	97	
Line 119	82	95	
Line 120	105	106	
Line 121	106	107	
Line 122	107	108	
Line 123	108	105	
Line 124	107	109	
Line 125	109	110	
Line 126	110	108	
Line 127	109	111	
Line 128	111	112	
Line 129	112	110	
Line 130	111	113	
Line 131	113	114	
Line 132	114	112	
Line 133	115	116	
Line 134	116	117	
Line 135	117	106	
Line 136	106	115	
Line 137	119	120	
Line 138	78	118	
Line 139	122	105	
Line 140	123	121	
Line 141	124	125	
Line 142	125	126	
Line 143	126	127	
Line 144	127	128	
Line 145	128	129	
Line 146	129	130	
Line 147	130	131	
Line 148	131	132	
Line 149	132	133	
Line 150	133	134	
Line 151	134	135	
Line 152	135	136	
Line 153	136	124	
Line 154	117	137	
Line 155	137	138	
Line 156	138	139	
Line 157	139	140	
Line 158	140	107	
Line 159	109	128	
Line 160	134	141	
Line 161	141	142	
Line 162	142	143	
Line 163	143	111	
Line 164	145	144	D/S livello falda

Line 165	116	148	
Line 166	148	149	
Line 167	149	150	
Line 168	151	152	
Line 169	152	153	
Line 170	153	137	
Line 171	153	154	
Line 172	154	124	
Line 173	124	137	
Line 174	155	156	
Line 175	156	157	
Line 176	157	158	
Line 177	158	155	
Line 178	159	160	
Line 179	160	161	
Line 180	161	162	
Line 181	162	159	
Line 182	136	163	
Line 183	163	154	
Line 184	164	134	
Line 185	141	165	
Line 186	165	164	
Line 187	141	166	
Line 188	167	168	
Line 189	168	165	
Line 190	169	170	
Line 191	170	171	
Line 192	171	172	
Line 193	172	169	
Line 194	164	163	
Line 195	177	178	
Line 196	178	175	
Line 197	175	174	
Line 198	174	177	
Line 199	169	179	
Line 200	179	180	
Line 201	180	170	
Line 202	166	181	
Line 203	180	182	
Line 204	182	183	
Line 205	183	184	
Line 206	184	185	
Line 207	185	186	
Line 208	186	187	
Line 209	187	188	
Line 210	188	189	
Line 211	189	166	
Line 212	190	191	
Line 213	191	192	

Line 214	192	193	
Line 215	193	194	
Line 216	194	195	
Line 217	195	196	
Line 218	196	190	
Line 219	25	197	
Line 220	197	198	
Line 221	198	199	
Line 222	199	39	
Line 223	39	26	
Line 224	187	200	
Line 225	200	201	
Line 226	201	202	
Line 227	202	203	
Line 228	203	204	
Line 229	204	205	
Line 230	205	206	
Line 231	206	190	
Line 232	190	187	
Line 233	182	207	
Line 234	207	208	
Line 235	208	194	
Line 236	194	183	
Line 237	210	122	
Line 238	121	209	
Line 239	211	118	
Line 240	118	212	
Line 241	212	88	
Line 242	87	213	
Line 243	213	214	
Line 244	214	215	
Line 245	215	216	
Line 246	216	211	
Line 247	210	217	
Line 248	217	218	
Line 249	218	219	
Line 250	219	220	
Line 251	220	148	
Line 252	115	122	
Line 253	223	224	
Line 254	224	225	
Line 255	225	226	
Line 256	227	228	
Line 257	228	229	
Line 258	229	230	
Line 259	230	231	
Line 260	231	232	
Line 261	232	233	
Line 262	233	234	

Line 263	227	236	
Line 264	236	237	
Line 265	237	238	
Line 266	238	239	
Line 267	239	240	
Line 268	240	241	
Line 269	244	245	
Line 270	245	246	
Line 271	246	247	
Line 272	247	248	
Line 273	248	249	
Line 274	249	228	
Line 275	213	250	
Line 276	250	251	
Line 277	211	252	
Line 278	252	253	Infiltrazione Isarco base
Line 279	253	254	
Line 280	254	255	Infiltrazione Isarco base
Line 281	255	256	Infiltrazione Isarco base
Line 282	256	257	Infiltrazione Isarco base
Line 283	257	258	Infiltrazione Isarco base
Line 284	258	251	Infiltrazione Isarco base
Line 285	151	274	Infiltrazione Isarco base
Line 286	274	275	Infiltrazione Isarco base
Line 287	275	276	Infiltrazione Isarco base
Line 288	276	277	Infiltrazione Isarco base
Line 289	278	279	
Line 290	279	280	
Line 291	280	281	
Line 292	281	282	
Line 293	282	152	
Line 294	153	283	
Line 295	283	284	
Line 296	284	178	
Line 297	175	285	
Line 298	285	286	
Line 299	286	287	
Line 300	287	154	
Line 301	165	288	
Line 302	288	289	
Line 303	289	290	
Line 304	290	172	
Line 305	169	291	
Line 306	291	292	
Line 307	292	168	
Line 308	295	296	
Line 309	259	119	
Line 310	298	299	D/S livello falda
Line 311	300	301	

Line 312	301	302	
Line 313	302	297	
Line 314	35	36	
Line 315	181	167	
Line 316	34	12	
Line 317	34	49	
Line 318	49	50	
Line 319	50	51	
Line 320	73	97	
Line 321	36	303	
Line 322	303	222	
Line 323	303	223	
Line 324	203	197	
Line 325	198	204	
Line 326	84	304	
Line 327	304	305	
Line 328	305	306	
Line 329	306	73	
Line 330	81	307	
Line 331	307	308	
Line 332	308	309	
Line 333	309	310	
Line 334	310	157	
Line 335	158	311	
Line 336	311	312	
Line 337	312	313	
Line 338	313	110	
Line 339	112	314	
Line 340	314	315	
Line 341	315	316	
Line 342	316	160	
Line 343	159	317	
Line 344	317	318	
Line 345	318	319	
Line 346	319	320	
Line 347	320	83	
Line 348	24	321	
Line 349	321	322	
Line 350	322	323	
Line 351	323	324	
Line 352	324	325	
Line 353	325	326	
Line 354	326	327	
Line 355	327	162	
Line 356	161	328	
Line 357	328	329	
Line 358	329	330	
Line 359	330	331	
Line 360	331	332	

Line 361	332	166	
Line 362	79	333	
Line 363	333	334	
Line 364	334	335	
Line 365	335	336	
Line 366	336	156	
Line 367	155	337	
Line 368	337	338	
Line 369	338	108	
Line 370	128	339	
Line 371	339	340	
Line 372	340	140	
Line 373	120	341	
Line 374	341	78	
Line 375	123	342	
Line 376	342	120	
Line 377	105	343	
Line 378	343	123	
Line 379	121	344	
Line 380	344	122	
Line 381	209	345	
Line 382	345	210	
Line 383	118	346	
Line 384	346	119	
Line 385	211	347	
Line 386	347	259	
Line 387	119	348	
Line 388	348	121	
Line 389	259	349	
Line 390	349	209	
Line 391	210	260	
Line 392	260	273	
Line 393	273	272	Infiltrazione Isarco base
Line 394	272	271	Infiltrazione Isarco base
Line 395	271	270	Infiltrazione Isarco base
Line 396	270	150	Infiltrazione Isarco base
Line 397	260	261	Infiltrazione Isarco base
Line 398	261	262	Infiltrazione Isarco base
Line 399	262	263	Infiltrazione Isarco base
Line 400	263	264	Infiltrazione Isarco base
Line 401	264	265	Infiltrazione Isarco base
Line 402	265	266	Infiltrazione Isarco base
Line 403	266	267	Infiltrazione Isarco base
Line 404	267	268	Infiltrazione Isarco base
Line 405	268	269	Infiltrazione Isarco base
Line 406	269	252	Infiltrazione Isarco base
Line 407	300	177	
Line 408	178	278	
Line 409	175	172	

Line 410	171	176	
Line 411	176	173	
Line 412	173	174	
Line 413	167	179	
Line 414	226	350	
Line 415	350	227	
Line 416	198	350	
Line 417	352	353	
Line 418	353	354	
Line 419	171	352	
Line 420	177	355	
Line 421	356	174	
Line 422	145	146	D/S livello falda
Line 423	144	299	D/S livello falda
Line 424	357	358	
Line 425	358	295	
Line 426	359	360	
Line 427	360	361	
Line 428	365	366	
Line 429	363	367	
Line 430	367	364	
Line 431	362	368	
Line 432	368	363	
Line 433	364	369	
Line 434	369	365	
Line 435	361	370	
Line 436	370	362	
Line 437	296	371	
Line 438	371	359	
Line 439	372	357	
Line 440	235	374	U/S livello falda
Line 441	375	293	U/S livello falda
Line 442	234	376	
Line 443	377	222	
Line 444	65	378	
Line 445	378	66	
Line 446	379	55	
Line 447	380	53	
Line 448	6	381	
Line 449	382	9	
Line 450	297	383	Infiltrazione Isarco base
Line 451	384	300	
Line 452	355	385	
Line 453	386	356	
Line 454	354	387	
Line 455	180	388	
Line 456	208	389	
Line 457	389	351	
Line 458	241	390	

Line 459	391	244	
Line 460	366	392	
Line 461	242	243	D/S livello falda
Line 462	147	351	D/S livello falda
Line 463	146	147	D/S livello falda
Line 464	390	393	
Line 465	393	242	
Line 466	243	394	
Line 467	394	391	
Line 468	388	395	
Line 469	395	147	
Line 470	387	396	
Line 471	396	146	
Line 472	385	397	
Line 473	397	144	
Line 474	145	398	
Line 475	398	386	
Line 476	299	399	
Line 477	399	384	
Line 478	221	65	U/S livello falda
Line 479	235	221	U/S livello falda
Line 480	7	8	U/S livello falda
Line 481	376	400	
Line 482	400	235	
Line 483	221	401	
Line 484	401	377	
Line 485	54	402	
Line 486	402	379	
Line 487	52	403	
Line 488	403	380	
Line 489	381	404	
Line 490	404	7	
Line 491	8	405	
Line 492	405	406	
Line 493	406	382	
Line 494	293	407	
Line 495	407	408	
Line 496	408	409	
Line 497	409	410	
Line 498	410	411	
Line 499	411	372	
Line 500	392	412	
Line 501	412	413	
Line 502	413	414	
Line 503	414	415	
Line 504	415	416	
Line 505	416	417	
Line 506	417	294	
Line 507	294	418	D/S livello falda

Line 508	418	243	D/S livello falda
Line 509	351	419	D/S livello falda
Line 510	419	242	D/S livello falda
Line 511	374	373	U/S livello falda
Line 512	373	375	U/S livello falda
Line 513	10	420	
Line 514	420	11	
Line 515	45	421	
Line 516	421	46	
Line 517	149	152	
Line 518	250	421	
Line 519	2	420	
Line 520	150	151	Infiltrazione Isarco base
Line 521	45	251	Infiltrazione Isarco base
Line 522	1	10	Infiltrazione Isarco base
Line 523	277	422	
Line 524	422	278	
Line 525	278	300	
Line 526	422	302	
Line 527	277	297	Infiltrazione Isarco base
Line 528	383	423	Infiltrazione Isarco base
Line 529	423	424	Infiltrazione Isarco base
Line 530	424	425	
Line 531	425	426	
Line 532	426	427	
Line 533	423	428	
Line 534	428	298	
Line 535	427	428	
Line 536	428	429	
Line 537	429	430	
Line 538	430	298	

#### Regions

	Material	Points	Area (m <sup>2</sup> )
Region 1	Alluvioni Isarco (non saturato)	1;2;3;4;5;6;381;404;7;8;405;406;382;9	1.995
Region 2	Jet Grouping	11;4;3;2;420	20,287
Region 3	Jet Grouping	12;13;14;15	17,794
Region 4	Jet Grouping	16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27;28;29;30;31;32	200,86

Re gio n 5	Jet Grou ting	4;33;34;11	11,9 5
Re gio n 6	Jet Grou ting	35;36;37;38;39;40;41;42	75,4 39
Re gio n 7	Alluvi oni Isarc o (non satur o)	10;43;44;45;421;46;47;48;11;420	284, 38
Re gio n 8	Alluvi oni Isarc o	7;52;403;380;53;33;4;5;6;381;404	534, 51
Re gio n 9	Fasci a Perm eabil e	52;54;402;379;55;15;56;57;33;53;380;403	815, 4
Re gio n 10	Alluvi oni Isarc o	12;13;58;59;60;61;62	130, 66
Re gio n 11	Alluvi oni Isarc o	13;18;63;20;64;59;58	210, 34
Re gio n 12	Alluvi oni Isarc o	54;65;378;66;67;14;15;55;379;402	1.25 0,5
Re gio n 13	Fasci a Perm eabil e	66;16;14;67	116, 22
Re gio n 14	Fasci a Perm eabil e	32;68;69;70;35;71;72	31,3 05
Re gio n 15	Jet Grou ting	64;20;21;22;23;24;73;59	77,4 45
Re gio n 16	Jet Grou ting	51;74;75;76;60	18,4 7
Re gio n 17	Jet Grou ting	77;78;79;80	3,56 01

Re gio n 18	Jet Grou ting	80;79;81;82	5,45 7
Re gio n 19	Jet Grou ting	82;81;83;84	9,73 35
Re gio n 20	Jet Grou ting	84;83;85;86	4,31 85
Re gio n 21	Jet Grou ting	46;87;88;89;74;51	9,56 22
Re gio n 22	Jet Grou ting	89;74;90;80;77	21,6 52
Re gio n 23		75;91;92;93;94;95;96;76	36,6 91
Re gio n 24		97;98;99;100;101;102;95;96;76;103;104	57,5 74
Re gio n 25	Jet Grou ting	74;90;80;82;95;94;93;92;91;75	20,4 34
Re gio n 26	Jet Grou ting	105;106;107;108	3,70 95
Re gio n 27	Jet Grou ting	108;107;109;110	5,40 6
Re gio n 28	Jet Grou ting	110;109;111;112	9,01 5
Re gio n 29	Jet Grou ting	112;111;113;114	4,36 95
Re gio n 30	Calc estru zzo	115;116;117;106	8,38 07
Re gio n 31	Calc estru zzo	118;346;119;120;341;78	7,30 61

Re gio n 32	Calc estru zzo	121;344;122;105;343;123	8,48 83
Re gio n 33		124;125;126;127;128;129;130;131;132;133;134;135;136	63,9 54
Re gio n 34	Jet Grou ting	117;137;138;139;140;107;106	30,5 07
Re gio n 35	Jet Grou ting	109;128;129;130;131;132;133;134;141;142;143;111	38,7 27
Re gio n 36	Jet Grou ting	137;117;116;148;149;152;153	16,4 7
Re gio n 37	Jet Grou ting	137;153;154;124	16,8 57
Re gio n 38	Fasci a Perm eabil e	155;156;157;158	15,8 36
Re gio n 39	Fasci a Perm eabil e	159;160;161;162	44,8 19
Re gio n 40	Jet Grou ting	154;124;136;163	11,3 1
Re gio n 41	Jet Grou ting	164;134;141;165	6,81 45
Re gio n 42	Jet Grou ting	165;141;166;181;167;168	47,6 06
Re gio n 43	Jet Grou ting	169;170;171;172	36,6 17
Re gio n 44	Jet Grou ting	163;136;135;134;164	15,4 34
Re gio	Jet Grou	177;178;175;174	16,3 03

n 45	ting		
Re gio n 46	Jet Grou ting	170;169;179;180	6,62 23
Re gio n 47	Jet Grou ting	166;181;167;179;180;182;183;184;185;186;187;188;189	188, 54
Re gio n 48	Jet Grou ting	190;191;192;193;194;195;196	105, 83
Re gio n 49	Fasci a Perm eabil e	25;197;198;199;39;26	81,4 52
Re gio n 50	Fasci a Perm eabil e	187;200;201;202;203;204;205;206;190	149, 4
Re gio n 51	Fasci a Perm eabil e	182;207;208;194;183	58,8 91
Re gio n 52	Mass i Ciclo pici intas ati	209;345;210;122;344;121	13,9 04
Re gio n 53	Mass i Ciclo pici intas ati	211;118;212;88;87;213;214;215;216	14,0 95
Re gio n 54	Mass i Ciclo pici intas ati	122;210;217;218;219;220;148;116;115	21,3 42
Re gio n 55	Fasci a Perm eabil e	221;401;377;222;303;223;224;225;226;350;227;228;229;230;231;232;233;234;376;400;235	2.12 8,5
Re gio n 56	Fasci a Perm eabil e	227;236;237;238;239;240;241;390;393;242;243;394;391;244;245;246;247;248;249;228	1.87 6,8

Re gio n 57	Jet Grou ting	421;46;87;213;250	4,58 13
Re gio n 58	Alluvi oni Isarc o (non satur o)	251;250;213;214;215;216;211;252;253;254;255;256;257;258	23,1 33
Re gio n 59	Alluvi oni Isarc o (non satur o)	151;274;275;276;277;422;278;279;280;281;282;152	81,0 68
Re gio n 60	Alluvi oni Isarc o	153;283;284;178;175;285;286;287;154	116, 58
Re gio n 61	Alluvi oni Isarc o	165;288;289;290;172;169;291;292;168	171, 22
Re gio n 62	Mass i Ciclo pici intas ati	211;347;259;119;346;118	11,9 9
Re gio n 63	Alluvi oni Isarc o (non satur o)	297;383;423;428;298;299;399;384;300;301;302	516, 08
Re gio n 64	Jet Grou ting	33;34;12;15;56;57	14,2 52
Re gio n 65	Jet Grou ting	14;16;17;18;13	33,7 35
Re gio n 66	Alluvi oni Isarc o	11;34;49;50;51;46;47;48	118, 61
Re gio n 67	Alluvi oni Isarc o	34;12;62;61;60;51;50;49	115, 83
Re gio	Jet Grou	26;39;40;41;42;35;71;72;32;31;30;29;28;27	208, 36

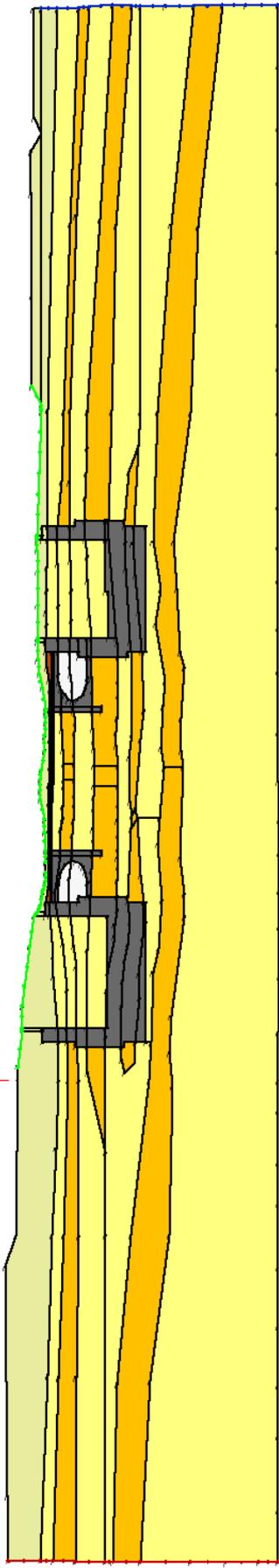
n 68	ting		
Re gio n 69	Alluvi oni Isarc o	18;19;20;63	7,59 61
Re gio n 70	Jet Grou ting	73;97;104;103;76;60;59	31,6 41
Re gio n 71	Alluvi oni Isarc o	16;32;68;69;70;35;36;303;222;377;401;221;65;378;66	1.10 2,4
Re gio n 72	Fasci a Perm eabil e	203;197;198;204	5,89 36
Re gio n 73	Jet Grou ting	95;82;84;304;305;306;73;97;98;99;100;101;102	35,4 64
Re gio n 74	Alluvi oni Isarc o	81;307;308;309;310;157;158;311;312;313;110;112;314;315;316;160;159;317;318;319;320;83	260, 55
Re gio n 75	Alluvi oni Isarc o	24;321;322;323;324;325;326;327;162;161;328;329;330;331;332;166;189;188;187;200;201;202;203; 197;25	297, 59
Re gio n 76	Fasci a Perm eabil e	73;24;321;322;323;324;325;326;327;162;159;317;318;319;320;83;85;86;84;304;305;306	257, 73
Re gio n 77	Fasci a Perm eabil e	160;161;328;329;330;331;332;166;141;142;143;111;113;114;112;314;315;316	252, 11
Re gio n 78	Fasci a Perm eabil e	79;333;334;335;336;156;157;310;309;308;307;81	76,5 3
Re gio n 79	Fasci a Perm eabil e	155;337;338;108;110;313;312;311;158	58,8 07
Re gio n 80		128;339;340;140;139;138;137;124;125;126;127	52,3 09
Re	Jet	128;109;107;140;340;339	11,1

gio n 81	Grou ting		71
Re gio n 82	Alluvi oni Isarc o	78;79;333;334;335;336;156;155;337;338;108;105;343;123;342;120;341	125, 83
Re gio n 83	Alluvi oni Isarc o	119;348;121;123;342;120	5,98 79
Re gio n 84	Alluvi oni Isarc o	259;349;209;121;348;119	8,82 49
Re gio n 85	Calc estru zzo	88;89;77;78;118;212	8,00 19
Re gio n 86	Calc estru zzo	122;105;106;115	0,74 077
Re gio n 87	Alluvi oni Isarc o (non satur o)	150;149;148;220;219;218;217;210;260;273;272;271;270	49,3 39
Re gio n 88	Alluvi oni Isarc o (non satur o)	252;211;347;259;349;209;345;210;260;261;262;263;264;265;266;267;268;269	72,5 19
Re gio n 89	Jet Grou ting	300;177;178;278	13,9 8
Re gio n 90	Jet Grou ting	175;172;171;176;173;174	24,5 94
Re gio n 91	Alluvi oni Isarc o	152;282;281;280;279;278;178;284;283;153	111, 74
Re gio n 92	Alluvi oni Isarc o	154;163;164;165;288;289;290;172;175;285;286;287	168, 62
Re gio n 93	Jet Grou ting	168;167;179;169;291;292	56,8 26

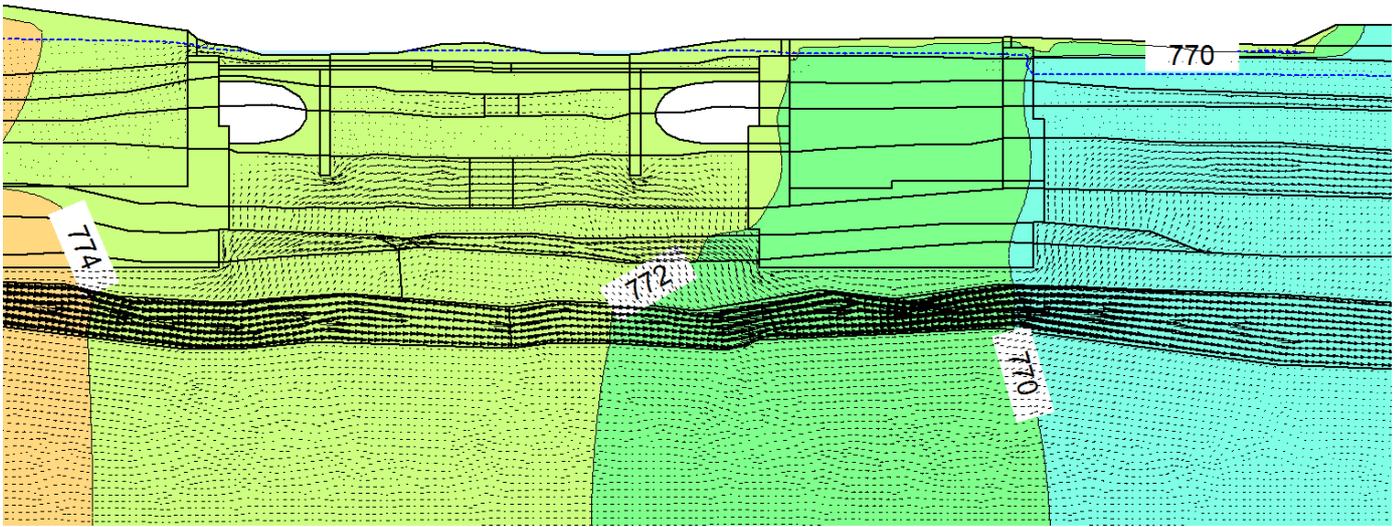
Regio n 94	Jet Grou ting	187;190;191;192;193;194;183;184;185;186	118, 69
Re gio n 95	Alluvi oni Isarc o	350;226;225;224;223;303;36;37;38;39;199;198	295, 4
Re gio n 96	Alluvi oni Isarc o	351;419;242;393;390;241;240;239;238;237;236;227;350;198;204;205;206;190;196;195;194;208;389	2.03 7,4
Re gio n 97	Alluvi oni Isarc o	147;351;389;208;207;182;180;388;395	1.05 5,5
Re gio n 98	Fasci a Perm eabil e	352;353;354;387;396;146;147;395;388;180;170;171	992, 93
Re gio n 99	Fasci a Perm eabil e	177;355;385;397;144;145;398;386;356;174	362, 39
Re gio n 10 0	Alluvi oni Isarc o	174;356;386;398;145;146;396;387;354;353;352;171;176;173	1.02 8,7
Re gio n 10 1	Alluvi oni Isarc o	300;177;355;385;397;144;299;399;384	892, 11
Re gio n 10 2	Alluvi oni Isarc o	243;394;391;244;245;246;247;248;249;228;229;230;231;232;233;234;376;400;235;374;373;375;293 ;407;408;409;410;411;372;357;358;295;296;371;359;360;361;370;362;368;363;367;364;369;365;36 6;392;412;413;414;415;416;417;294;418	14.8 34
Re gio n 10 3	Alluvi oni Isarc o (non satur o)	149;150;151;152	2,84 65
Re gio n 10 4	Alluvi oni Isarc o (non satur o)	421;45;251;250	3,76 84
Re gio	Alluvi oni	2;1;10;420	7,70 58

n 10 5	Isarco (non satur o)		
Re gio n 10 6	Alluvi oni Isarco (non satur o)	278;422;302;301;300	6,44 18
Re gio n 10 7	Alluvi oni Isarco (non satur o)	422;277;297;302	1,98 69
Re gio n 10 8	Alluvi oni Isarco (non satur o)	423;424;425;426;427;428	242, 22
Re gio n 10 9	Alluvi oni Isarco (non satur o)	428;429;430;298	93,6 07

Fasce meno permeabili  $K = 2.0 \times 10^{-4}$  m/s  
Fasce a maggior permeabilità  $K = 1.9 \times 10^{-3}$  m/s

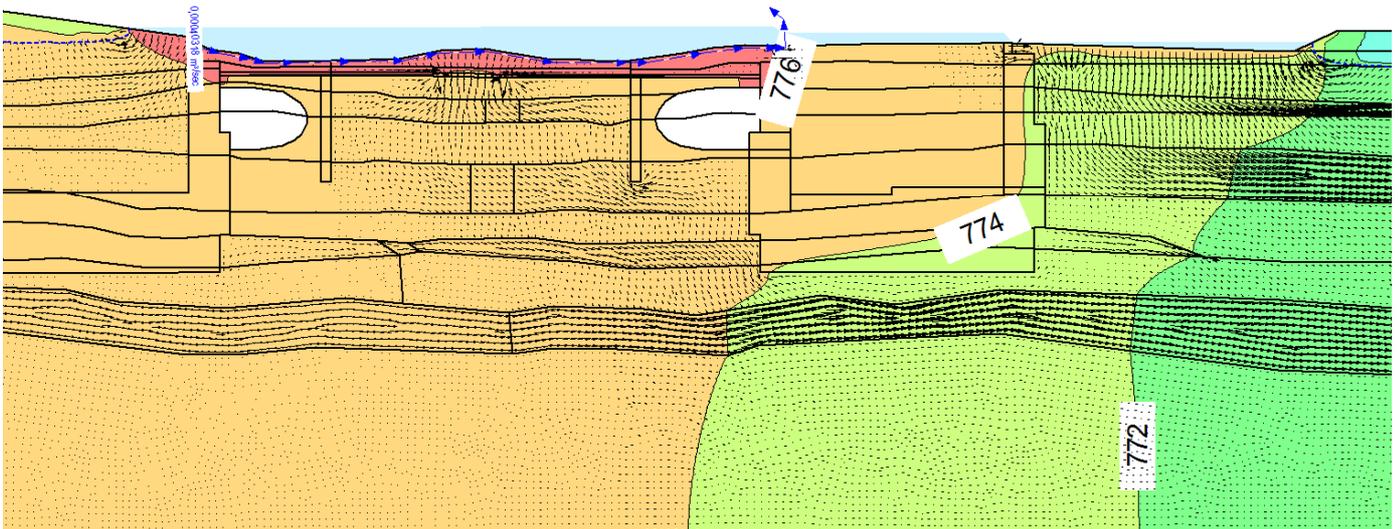


Geometria di calcolo per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Fase a Lungo Termine.



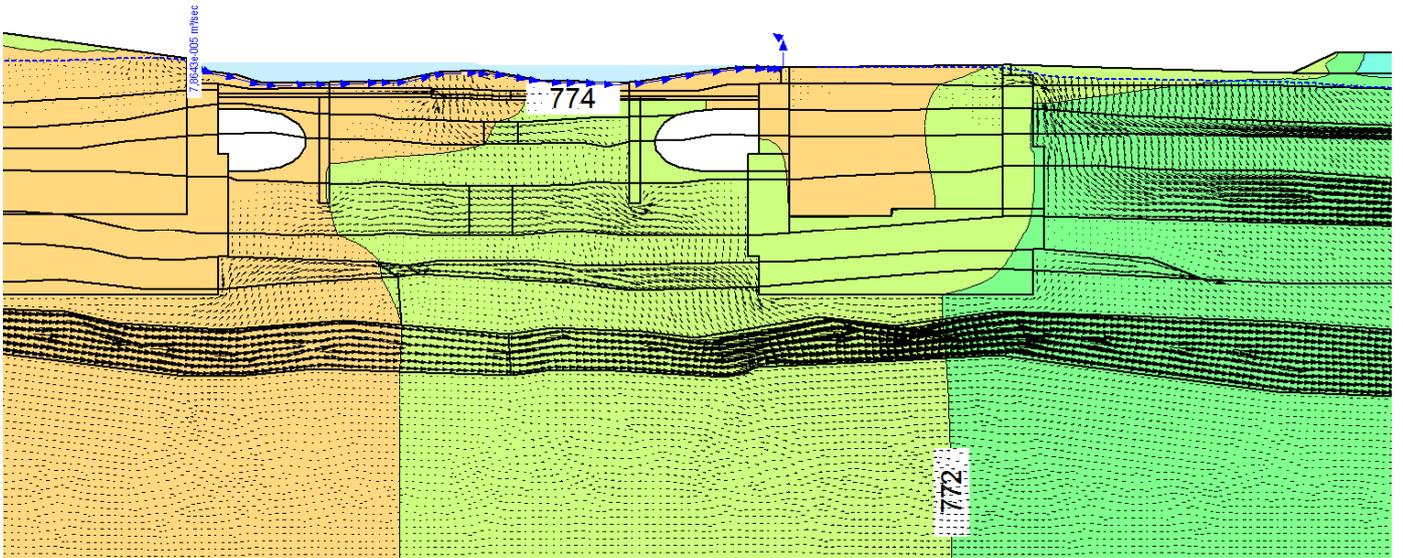
Total Head (m) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo iniziale. Fase a Lungo Termine..

f\_unsaFE\_k0001\_15b\_LTer



Total Head (m) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo 9.17 ore. Fase a Lungo Termine.

27,147,796,465



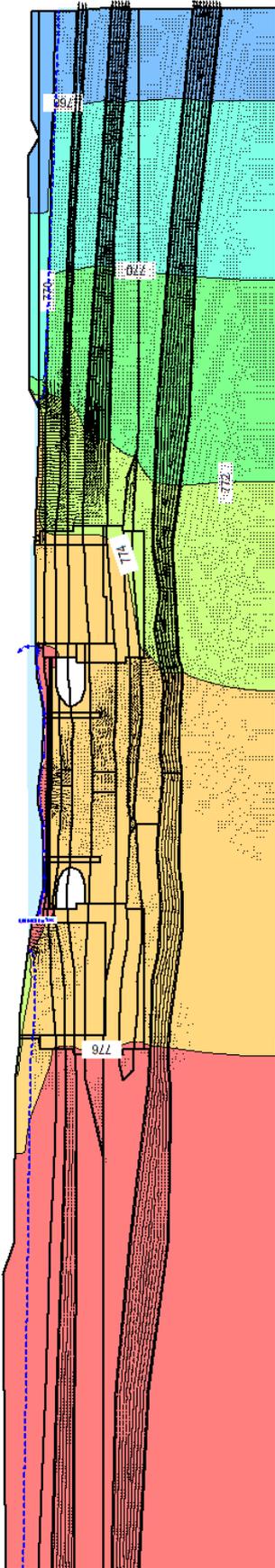
Total Head (m) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo 15.3 ore. Fase a Lungo Termine.

Fasce meno permeabili  $K = 2.0 \times 10^{-4}$  m/s  
Fasce a maggior permeabilità  $K = 1.9 \times 10^{-3}$  m/s

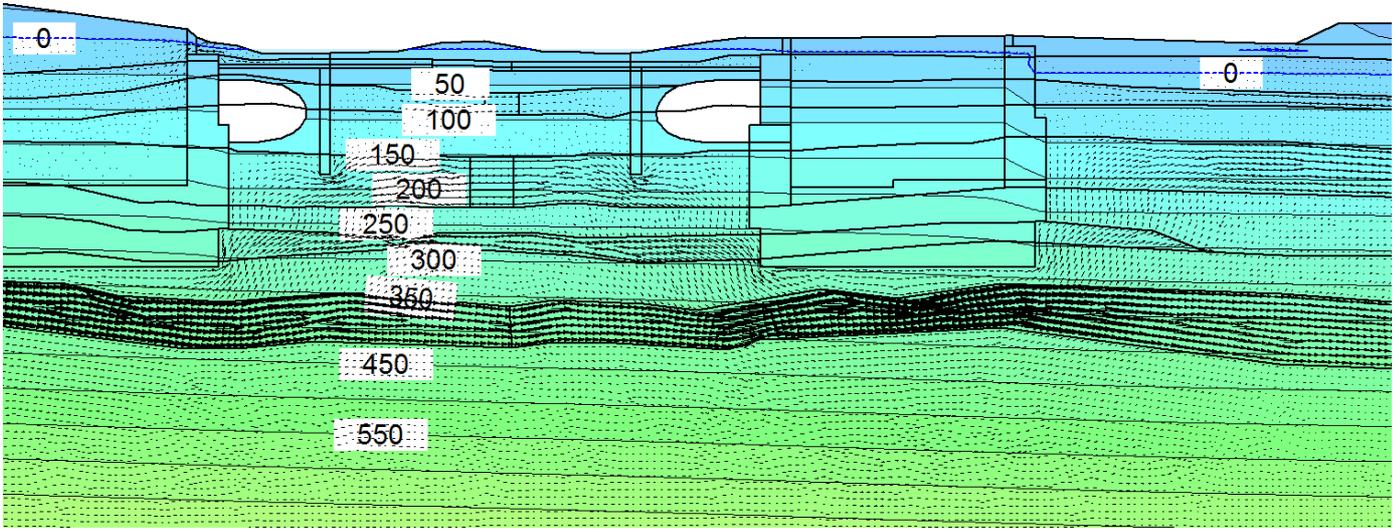


Total Head (m) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo iniziale. Modello esteso. Fase a Lungo Termine.

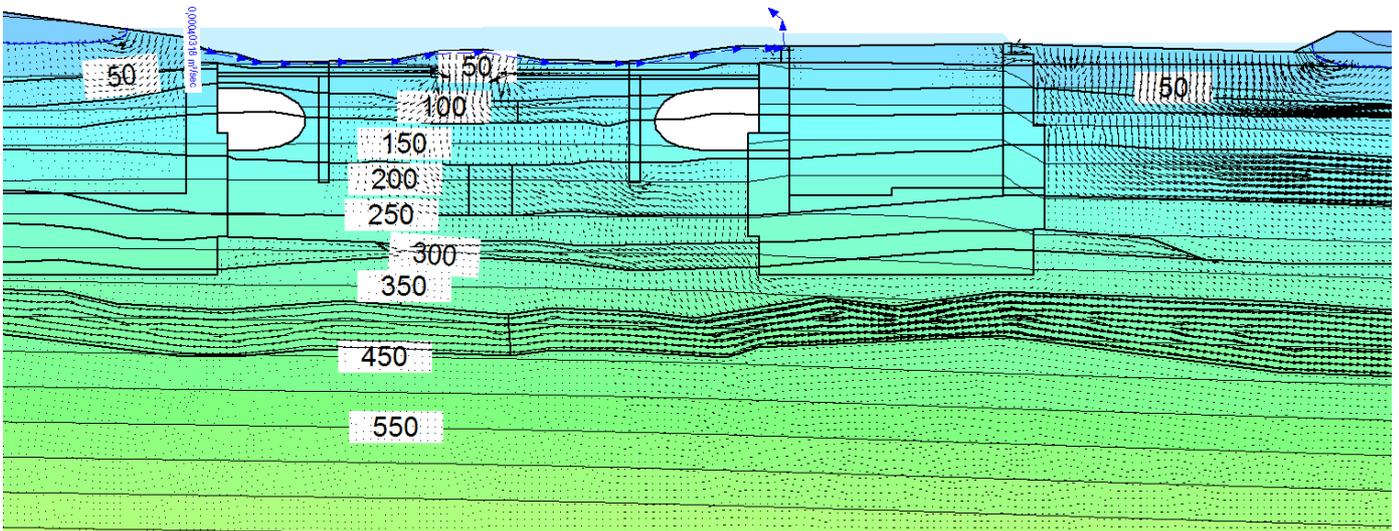
Fasce meno permeabili  $K = 2.0 \times 10^{-4}$  m/s  
Fasce a maggior permeabilità  $K = 1.9 \times 10^{-3}$  m/s



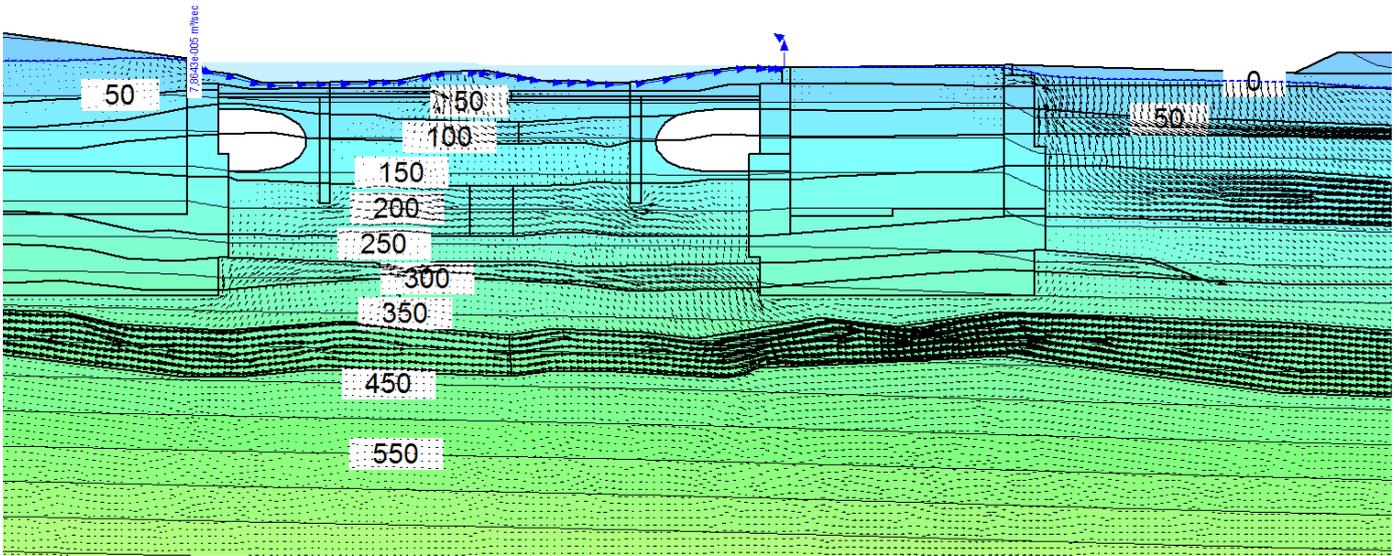
Total Head (m) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo 9.17 ore. Modello esteso. Fase a Lungo Termine.



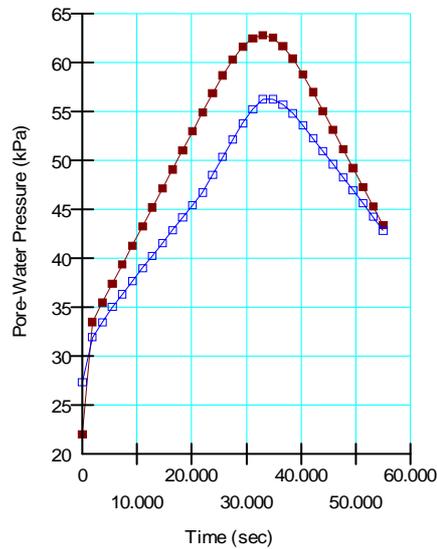
Pore water pressure (kPa) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo iniziale. Fase a Lungo Termine.



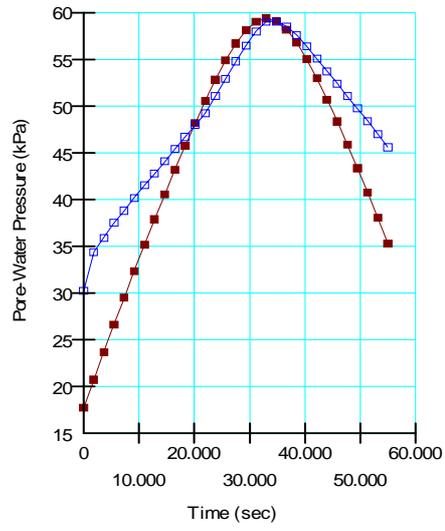
Pore water pressure (kPa) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo 9.17 ore. Fase a Lungo Termine.



Pore water pressure (kPa) per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Ipotesi alluvioni superficiali con  $K=0.0002$  m/s. Step di calcolo 15.3 ore. Fase a Lungo Termine.



Pore water pressure (kPa) nel tempo per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Confronto tra punti sopra (rosso) e sotto (blu) la soletta in calcestruzzo di monte. Fase a Lungo Termine.



Pore water pressure (kPa) nel tempo per la sezione di Sottoattraversamento del fiume Isarco. Confronto tra punti sopra (rosso) e sotto (blu) la soletta in calcestruzzo di valle. Fase a Lungo Termine.