



REGIONE SICILIA
Assessorato regionale dell'energia
e dei servizi di pubblica utilità
Dipartimento regionale dell'acqua e dei rifiuti



DIGA GIBBESI

RIVALUTAZIONE SISMICA, STUDIO DELLE PRESSIONI NEUTRE E
MOTI DI FILTRAZIONE, PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO
ECONOMICA, DEFINITIVA ED ESECUTIVA, MANUTENZIONE
STRAORDINARIA STRADA DI COLLEGAMENTO CASA DI GUARDIA
- POZZO - PARATOIE E RIEFFICIENTAMENTO STRUMENTAZIONE
DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

D STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI
NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Dott. Ing. Antonino Margagliotta

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE TRA:

Mandataria

Mandanti



GEO R.A.S. s.r.l.



DIREZIONE DI PROGETTO PER L'ATI :

TECHNITAL S.p.A.

Dott. Ing. Simone Venturini

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE TECNICA

ELABORATO N° :

II122F-D-SGI-RT-001-00

		ELABORATO		CONTROLLATO		APPROVATO		
SIGLA		C.Marchino		A. Rizzo		S. Venturini		
REVISIONE	N.		DESCRIZIONE			RED.	VER.	APP.
	1	00	Emissione Maggio 2021			C.M.	A.R.	S.V.
	2							
	3							

NOME FILE :



II122F_D_SGI_RT_001_00.pdf

DATA :

Maggio 2021

SCALA :

-

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 1 di 39</p>

**Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità
Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti**

DIGA GIBBESI

**PROGETTO PER L'AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI INGEGNERIA RELATIVI
ALLO STUDIO DI RIVALUTAZIONE SISMICA DELLE OPERE STRUTTURALI
DELL'IMPIANTO, ALLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA DELLA MANUTEN-
ZIONE STRAORDINARIA DELLA STRADA DI COLLEGAMENTO CASA DI GUAR-
DIA – POZZO PARATOIE, ALLO STUDIO INTERPRETATIVO E ALLA PROGET-
TAZIONE ESECUTIVA DEL RIEFFICIENTAMENTO DELLA STRUMENTAZIONE
DI MONITORAGGIO E CONTROLLO**



STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE

RELAZIONE TECNICA

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 2 di 39

INDICE



1.	PREMESSA	3
2.	OGGETTO E SCOPO	4
3.	ELABORATI DI RIFERIMENTO	5
4.	DESCRIZIONE DELLA DIGA	6
4.1.	Generalità	6
4.2.	Corpo diga: struttura e materiali che la costituiscono	8
4.3.	Corpo diga: terreni di fondazione	10
5.	STRUMENTAZIONI DI MONITORAGGIO DISPONIBILI	12
5.1.	Celle piezometriche nel corpo diga	12
5.1.1.	Quota di installazione e frequenze di lettura	12
5.1.2.	Dati disponibili	13
5.1.3.	Considerazioni conclusive	14
5.2.	Piezometri Casagrande in sponda destra	19
5.2.1.	Quota del boccaforo e frequenze di lettura	19
5.2.1.	Dati disponibili	19
5.2.1.	Considerazioni conclusive	20
5.3.	Piezometri Casagrande in sponda sinistra	22
5.3.1.	Quota del boccaforo e frequenze di lettura	22
5.3.2.	Dati disponibili	23
5.3.3.	Considerazioni conclusive	23
5.4.	Piezometri a tubo aperto posti a valle del corpo diga	25
5.4.1.	Quota del boccaforo e frequenze di lettura	25
5.4.2.	Dati disponibili	26
5.4.3.	Considerazioni conclusive	27
6.	ANALISI DI FILTRAZIONE E CONFRONTO DI COERENZA CON LE MISURE DISPONIBILI	30
6.1.	Modalità di analisi, condizioni al contorno e sezione di riferimento	30
6.2.	Permeabilità dei materiali che compongono il corpo diga	31
6.3.	Risultati dell'analisi di filtrazione	34
7.	CONCLUSIONI	39

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 3 di 39

1. PREMESSA

Nel presente documento si riporta lo studio geotecnico interpretativo delle pressioni neutre e dei moti di filtrazione che interessano il corpo diga dell'invaso Gibbesi e le relative sponde.



La presente fase di analisi ha quali basi di riferimento le indagini geognostiche integrative, di recente consegna, e le serie storiche di dati di monitoraggio, recuperati presso la casa di guardia.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 4 di 39

2. OGGETTO E SCOPO

L'oggetto del presente documento è lo studio geotecnico interpretativo delle pressioni neutre e dei moti di filtrazione che interessano il corpo diga e le sponde.

Lo scopo è quello di valutare nel suo complesso i dati di monitoraggio di tipo piezometrico e, nel caso, di rilevare eventuali anomalie nel funzionamento delle diverse strumentazioni disponibili, al fine di fornire utili indicazioni per un piano di miglioramento del quadro di monitoraggio.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 5 di 39

3. ELABORATI DI RIFERIMENTO

I seguenti elaborati grafici sono di riferimento per la presente relazione:

- II122F D SGI DS 002.00 Planimetria ubicazione strumentazione di monitoraggio piezometrico esistente ed indagini geognostiche integrative
- II122F D SGI DS 003.00 Sezione longitudinale al coronamento della diga
- II122F D SGI DS 004.00 Sezioni A-B-C trasversali alla diga
- II122F D SGI DS 005.00 Sezioni D-E in sponda destra

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 6 di 39</p>

4. DESCRIZIONE DELLA DIGA

4.1. Generalità

La diga è ubicata nel comune di Sommatino in provincia di Caltanissetta ed intercetta il torrente Gibbesi, Figura 4-1.

Il bacino imbrifero di riferimento, alla sezione di sbarramento, si estende sui comuni di Naro, Canicattì, Delia e Sommatino, con una estensione complessiva di circa 116 km².

L'invaso artificiale ha una superficie dello specchio liquido a pieno regime di 1.13 Km² e una capacità massima di progetto pari a 11.4 milioni di m³.

La destinazione della risorsa idrica invasata è per uso irriguo.

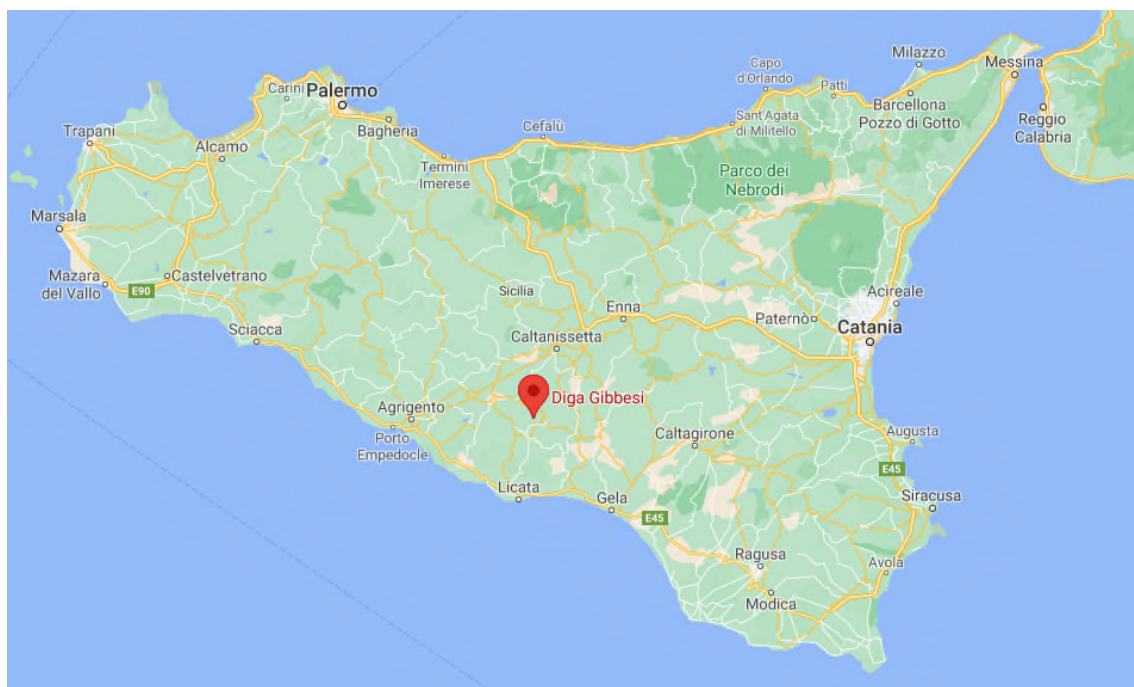


Figura 4-1: Diga di Gibbesi – Localizzazione dell'invaso sul territorio regionale

La diga, realizzata tra il 1978 e il 1992, è del tipo a materiali sciolti con nucleo di tenuta centrale e struttura zonata.

Planimetricamente lo sbarramento ha andamento mistilineo, con uno sviluppo complessivo in testa al coronamento di 607 m.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 7 di 39

La sezione trasversale della diga ha forma trapezoidale con larghezza in testa al coronamento di m 9 e alla base di m 276.50. La sommità del rilevato è posta a quota 236 m s.l.m., con altezza totale dello sbarramento di 46 m.

Il collaudo (ex art. 14 del D.P.R. 1363/59) è ancora oggi in corso e il serbatoio è nella condizione di invaso sperimentale con le relative operazioni avviate il 18/07/2007.



Di seguito si riportano i dati prevalenti della diga e dell'invaso desunti dai progetti approvati.

Corpo diga:

- altezza della diga (ai sensi del D.M. n° 44 del 24/03/82) 46.00 m;
- altezza della diga (ai sensi della Legge 584/94) 30.00 m;
- altezza di massima ritenuta 31.50 m;
- quota coronamento 236.00 m s.l.m.;
- franco (ai sensi del D.M. n° 44 del 24/03/82) 4.50 m;
- franco netto (ai sensi del D.M. n° 44 del 24/03/82) 4.01 m;
- sviluppo del coronamento 607.00 m;
- volume della diga 1720000 m³;
- grado di sismicità assunto nel progetto $S = 9$;
- classifica ai sensi del D.M. n° 44 del 24/03/82: B-b.

Dati principali dell'invaso:

- quota di massimo invaso 231.50 m s.l.m.;
- quota di massima regolazione 229.00 m s.l.m.;
- quota minima di regolazione 219.00 m s.l.m.;
- superficie dello specchio liquido (quota massimo invaso) 1.29 km²;
- volume totale di invaso (ai sensi del D.M. n° 44/82) 14×10^6 m³;
- volume di invaso (ai sensi della Legge n° 584/1994) 11.4×10^6 m³;
- volume utile di regolazione 7.90×10^6 m³;
- volume di laminazione 2.60×10^6 m³;
- superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso 116 km²;
- portata di massima piena di progetto 1400 m³/s.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 8 di 39</p>

4.2. Corpo diga: struttura e materiali che la costituiscono

L'opera di sbarramento è costituita da un rilevato a sezione trapezoidale con uno sviluppo mistilineo di circa 607 m in corrispondenza del coronamento.

La diga è a materiali sciolti di tipo zonato con nucleo di tenuta, come mostrato nella seguente Figura 4-2.

La diga ha una larghezza alla base di circa 280 m ed una altezza massima, nella parte centrale, misurata rispetto al taglione di immorsamento del nucleo nella formazione argillosa di base, pari a circa 46 m. Il coronamento ha una larghezza di 9 m e si colloca a quota 236 m s.l.m..


I livelli di ritenuta alla massima regolazione ed alla massima piena sono rispettivamente pari a 229.00 m e 231.50 m s.l.m..

Le geometrie ed i materiali che costituiscono la diga vengono ora descritti con riferimento ai rilievi in sito ed ai documenti storici delle diverse fasi di progetto, che hanno permesso di conoscere la composizione granulometrica delle diverse zone che compongono il corpo diga.



Il nucleo è costituito da limo argilloso ed è ammorsato nella formazione di base costituita da materiali argillosi e marnosi mediante un taglione di 4 m di altezza con pendenza, su entrambi i versanti di 1.5/1. I paramenti laterali del nucleo sono sagomati con pendenza 1/4 e la larghezza minima del nucleo, in testa, è di 4.50 m. A ridosso del nucleo sono disposti, verso monte, uno strato di transizione in calcarenite, e verso valle, un filtro a tre strati a granulometria crescente. Sia la transizione che i filtri ricoprono anche la superficie di fondazione.

Il fianco di monte è costituito da materiale calcareo, tout-venant nella parte interna e selezionato verso il paramento. Il paramento è sagomato con pendenza variabile tra 2/1 a 6/1, decrescente dal coronamento alla base. La protezione dal moto ondoso è assicurata da un rivestimento superficiale di spessore 1 m di materiale da scogliera.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 9 di 39</p>

Il fianco di valle è costituito da materiale calcarenitico tout-venant nella parte interna, e calcareo tout-venant nella parte più esterna, il tutto protetto da un manto erboso superficiale. Il paramento è sagomato con pendenza variabile tra 2/1 a 4.7/1, decrescente dal coronamento alla base, ed è interrotto a diverse altezze da banchine orizzontali di larghezza 3 m.

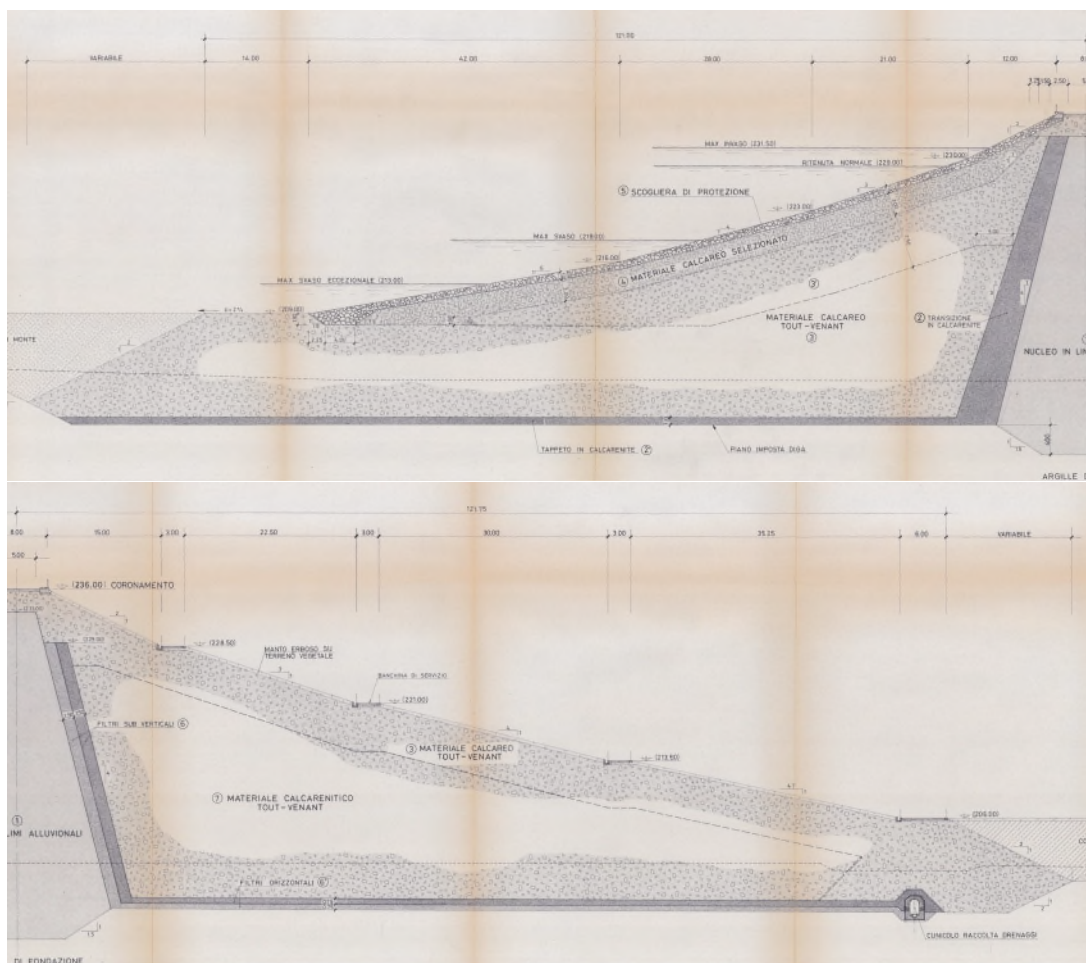



Figura 4-2: Diga di Gibbesi – Sezione tipo della diga

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 10 di 39</p>

4.3. Corpo diga: terreni di fondazione

Tutto il bacino interessato dall'invaso si colloca in una zona caratterizzata da litotipi prevalentemente di natura argilloso-marnosa, come evidente dalla presente carta geologica, relativa al progetto di massima dell'invaso del 1969.

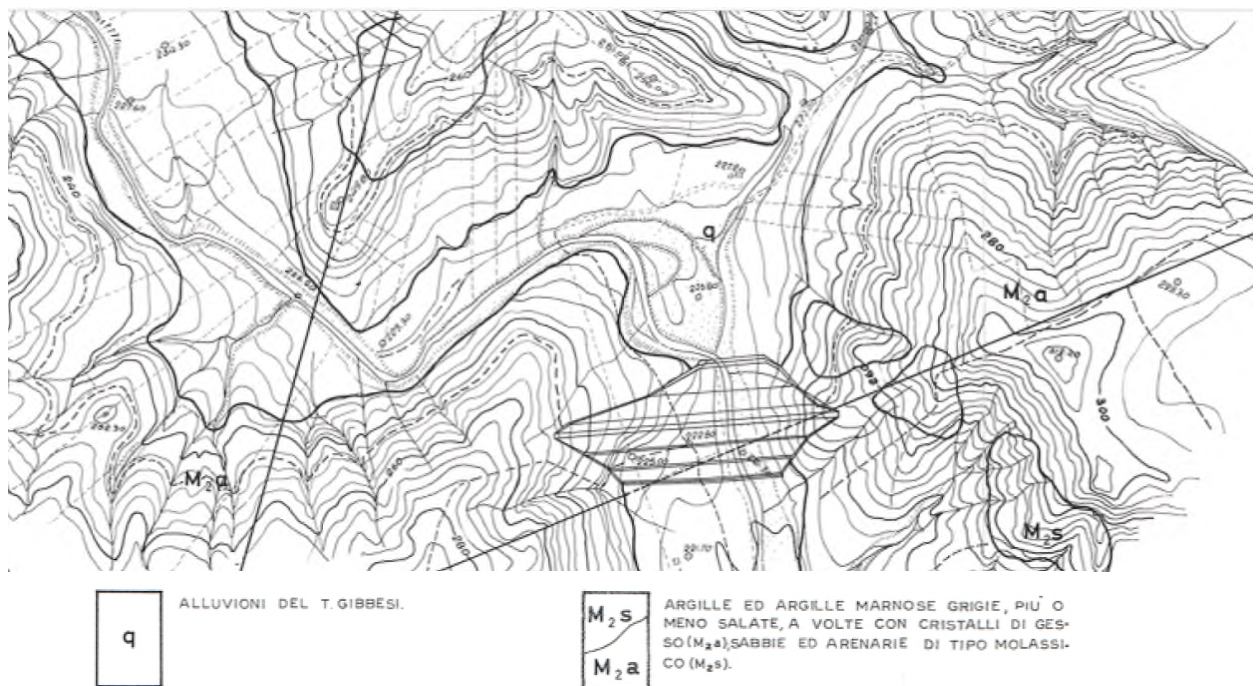




Figura 4-3: Diga di Gibbesi – Planimetria geologica – Progetto di massima (1969)

Nel dettaglio, la zona di imposta dello sbarramento interessa quasi interamente depositi di argille marnose appartenenti alla formazione dell'olistostroma, con una ristretta fascia di argille tortoniane in corrispondenza della spalla sinistra. Le alluvioni del Gibbesi, indicate nella carta geologica precedente lungo il corso del torrente, e le porzioni alterate superficiali dei depositi argilloso-marnosi sono state quasi interamente eliminate in fase di realizzazione del piano di fondazione, per poter impostare il corpo diga direttamente sulle argille di base.

La spalla sinistra dello sbarramento interessa sostanzialmente le stesse formazioni di base, con una scarsa presenza di porzioni alterate superficiali, grazie all'azione attiva dell'erosione e del dilavamento.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 11 di 39

La spalla destra vede invece la presenza di potenti strati allentati, che possono essere ricondotti alla presenza di una vasta paleofrana, stabilizzata verso l'invaso dalla realizzazione di una mantellata in calcare tout-venant.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 12 di 39

5. STRUMENTAZIONI DI MONITORAGGIO DISPONIBILI

Il vigente F.C.E.M., revisionato a febbraio 2009 ed approvato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti – Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche con prot. 2876/RV del 24/03/2009, prevede le seguenti strumentazioni volte al monitoraggio piezometrico della diga e delle relative sponde:

- Celle piezometriche a corda vibrante, disposte a diverse quote entro il nucleo ed il paramento di valle in corrispondenza delle tre sezioni strumentate A, B e C;
- Piezometri Casagrande installati in prossimità della sponda destra;
- Piezometri Casagrande installati in prossimità della sponda sinistra;
- Piezometri a tubo aperto installati a valle della diga.

L'ubicazione di tutte queste strumentazioni è stata illustrata nel dettaglio nella "Planimetria ubicazione strumentazione di monitoraggio piezometrico esistente ed indagini geognostiche integrative" e nelle relative sezioni A-B-C-D-E.

A questi strumenti naturalmente si uniscono le rilevazioni nel tempo del livello dell'invaso, delle piogge giornaliere e delle portate scaricate dai cunicoli destro e sinistro posti sul piano di fondazione del paramento di valle.

5.1. Celle piezometriche nel corpo diga

5.1.1. Quota di installazione e frequenze di lettura

La seguente tabella riassume tutte le celle piezometriche previste nel F.C.E.M. e le relative quote di installazione in corrispondenza delle tre sezioni trasversali allo sbarramento A, B e C:

Denominazione cella	Sezione di riferimento	Quota di installazione – m s.l.m.
A1 - nucleo	A	210
A2 - nucleo		216
A3 - nucleo		222
A4 - nucleo		226
A5 – param. valle		218
B1 - nucleo	B	206
B2 - nucleo		214

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 13 di 39

B3 - nucleo	C	222
B4 - nucleo		226
C1 - nucleo		210
C2 - nucleo		216
C4 - nucleo		226

Nel documento F.C.E.M. si fa riferimento ad una acquisizione ed elaborazione automatica delle letture all'interno della casa di guardia.

5.1.2. Dati disponibili

Nonostante quanto indicato nel F.C.E.M., lo scrivente non ha avuto modo di recuperare una completa ed esaustiva serie di misure, ma solo dati parziali, relativi al solo periodo 2009-2013. Tali dati oltretutto sono disponibili unicamente in forma grafica, derivati dall'asseverazione del 2014, in termini di variazione della quota piezometrica nel tempo: si è quindi privi della misura grezza che avrebbe potuto consentire la piena verifica dell'algoritmo di elaborazione della misura a partire dal valore della pressione agente sulla cella a corda vibrante per poi passare alla corrispondente quota piezometrica.

Tra l'altro, a partire dal marzo 2013, a causa di un guasto non meglio precisato al sistema di acquisizione dei dati, non sono più stati eseguiti monitoraggi.

Le seguenti Figura 5-1, Figura 5-2 e Figura 5-3 illustrano i dati disponibili per le celle installate rispettivamente in corrispondenza delle sezioni trasversali A, B e C. Le quote piezometriche rilevate alle celle piezometriche sono messe in correlazione con i livelli dell'invaso nello stesso intervallo di tempo, e le piogge rilevate.

In linea generale, per tutte le sezioni strumentate, i piezometri installati entro il nucleo (tutti ad eccezione di A5) rilevano livelli medi della quota piezometrica molto diversi fra loro, in coerenza con la presenza di una forte cadente piezometrica che fa sì che strumenti posti a quote diverse, pur sulla stessa verticale, possano ricadere su linee equipotenziali diverse fra loro. Ciò che è invece non coerente sono i valori assoluti delle quote piezometriche medie rilevate dagli strumenti A2, A3 ed A4 per la sezione A, B2, B3, B4 per la sezione B, C1, C2 e C4 per la sezione C, che individuano quote ben maggiori di quelle medie raggiunte dall'invaso nello stesso periodo. Addirittura, alcuni strumenti segnalano quote costantemente al di sopra del massimo livello che l'invaso ha raggiunto nel corso

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 14 di 39

della sua storia, ciò a dimostrazione di una mancata taratura iniziale degli strumenti, o di una errata elaborazione del dato grezzo.



Solo le celle A1 e B1 poste nel nucleo segnalano invece quote piezometriche costantemente minori a quelle del livello di invaso, pur con oscillazioni nel tempo che solo per la cella B1 sembrano coerenti con le variazioni dell'invaso, con un ritardo da correlare con la ridotta permeabilità del nucleo rispetto ai paramenti laterali.

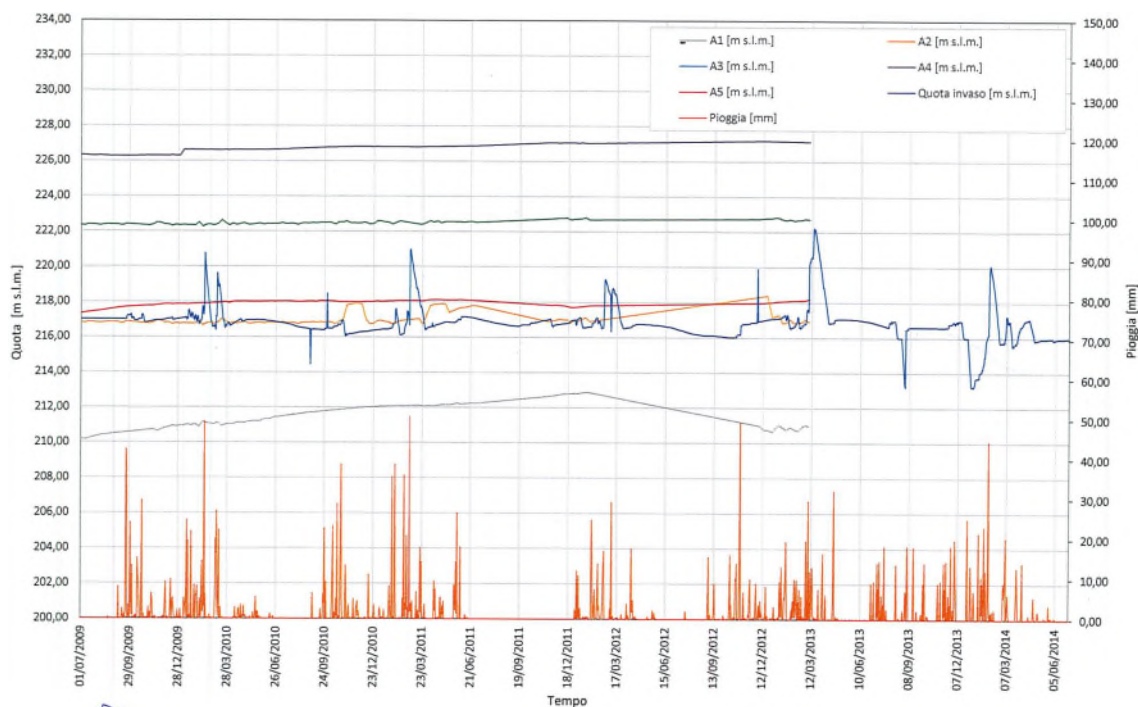
Infine la cella A5, l'unica installata entro il paramento di valle, segnala anch'essa un livello di falda superiore al livello di invaso, che sembrerebbe indicare una mancata caduta piezometrica all'interno del nucleo ed all'interfaccia con il lato di valle, il che non trova conferma nell'andamento delle portate perse ai cunicoli di drenaggio alla base, come illustrato nella seguente Figura 5-4, dalla quale è evidente che le perdite da ciascuno dei due cunicoli risultano a regime decisamente inferiori a 0.10 l/s, con picchi temporanei con non superano mai 1 l/s: si tratta quindi in entrambi i casi di valori molto ridotti.

5.1.3. Considerazioni conclusive

Nel complesso i livelli piezometrici rilevati dalle celle a corda vibrante non sembrano per nulla rappresentativi della reale situazione idrogeologica del corpo diga. Ciò può essere dovuto, come detto, ad una mancata calibrazione del sistema, ad un errore nell'algoritmo di derivazione delle corrispondenti quote piezometriche ma anche, per quelle strumentazioni poste a quote superiori ai 216.5 m s.l.m. (valore medio del livello di invaso tra 2009 e 2014) al fatto che le celle risultano collocate praticamente durante tutto il loro periodo di lettura all'interno di un terreno insaturo e di conseguenza non sono in grado di fornire letture affidabili.

Ciò trova conferma anche nella Scheda tecnica di sintesi contenuta nella delibera CIPE n.54/2016 (scheda n.075) nella quale, con riferimento alle celle piezometriche nel corpo diga si afferma che "i valori non sono coerenti con le pressioni totali alla relativa quota e, com'è noto, questi strumenti richiedono una frequente ricalibrazione del sistema trasduttore, ammesso che la cella posizionata in quota sia stata installata a perfetta regola d'arte e funzionante".

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 15 di 39</p>



SEZIONE DI MISURA (A) IN CORRISPONDENZA ALLA SEZIONE 6

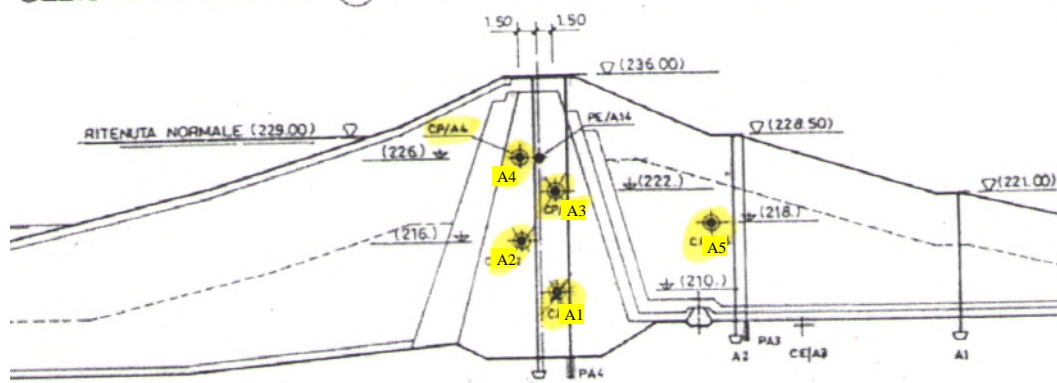


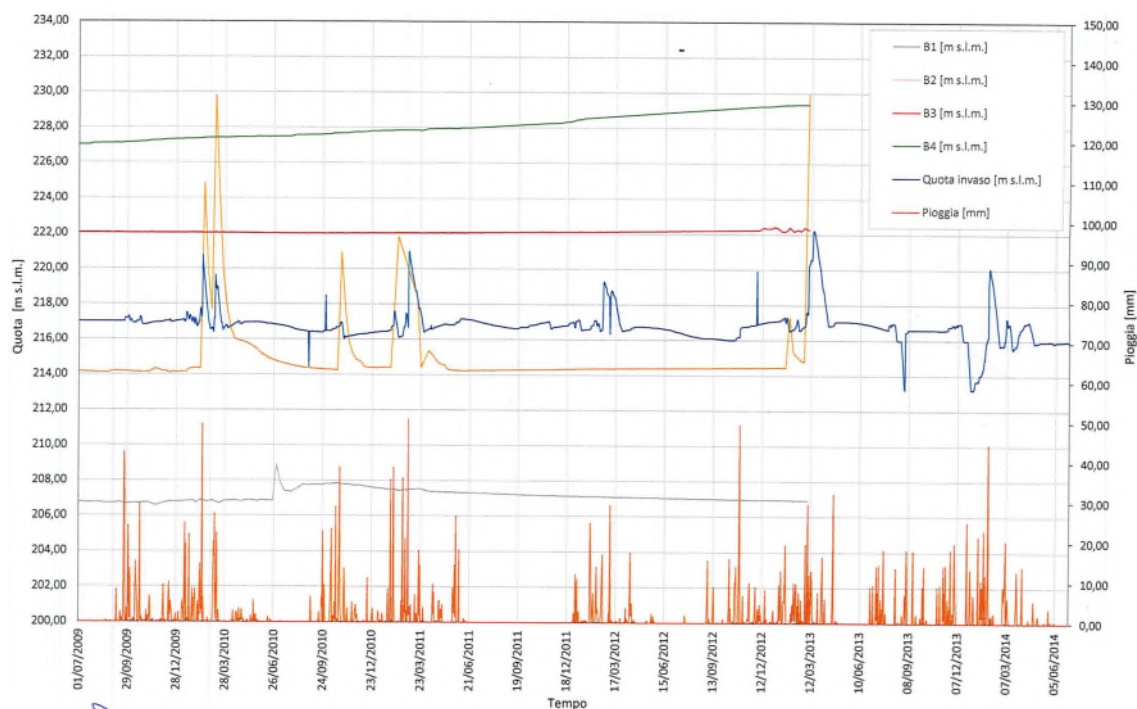


Figura 5-1: Diga di Gibbesi – Sezione A - Celle piezometriche A1-A2-A3-A4-A5

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 16 di 39</p>



SEZIONE DI MISURA (B) INTERMEDIA TRA LE SEZIONI 9-10

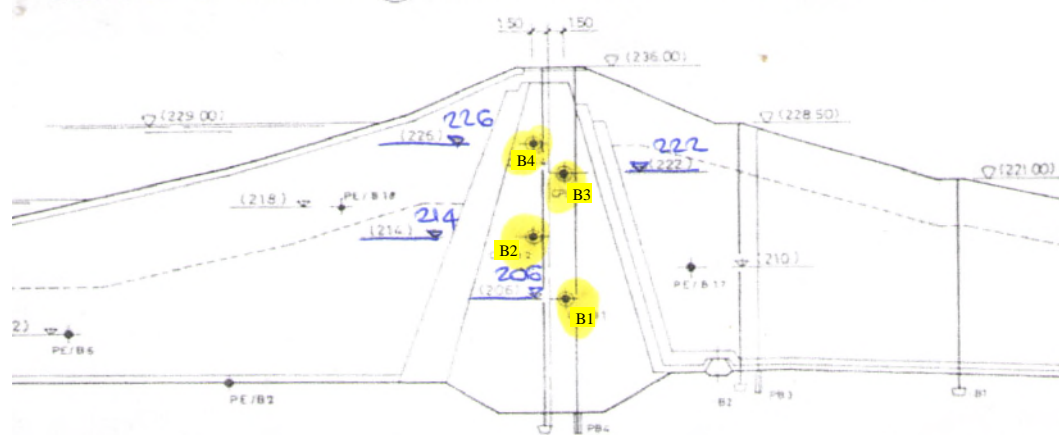




Figura 5-2: Diga di Gibbesi – Sezione B - Celle piezometriche B1-B2-B3-B4

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 17 di 39</p>

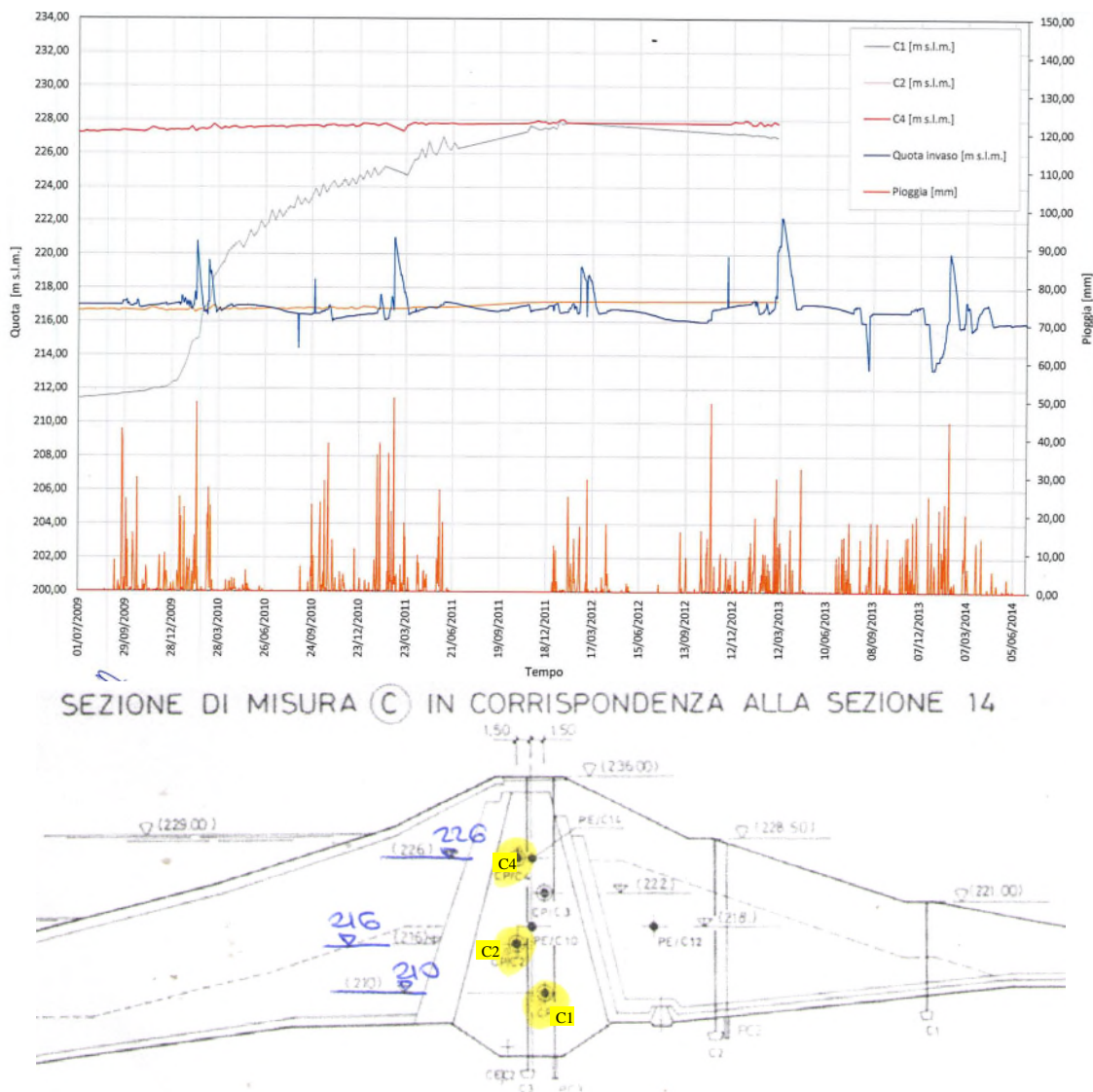



Figura 5-3: Diga di Gibbesi – Sezione C - Celle piezometriche C1-C2-C4

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 18 di 39</p>

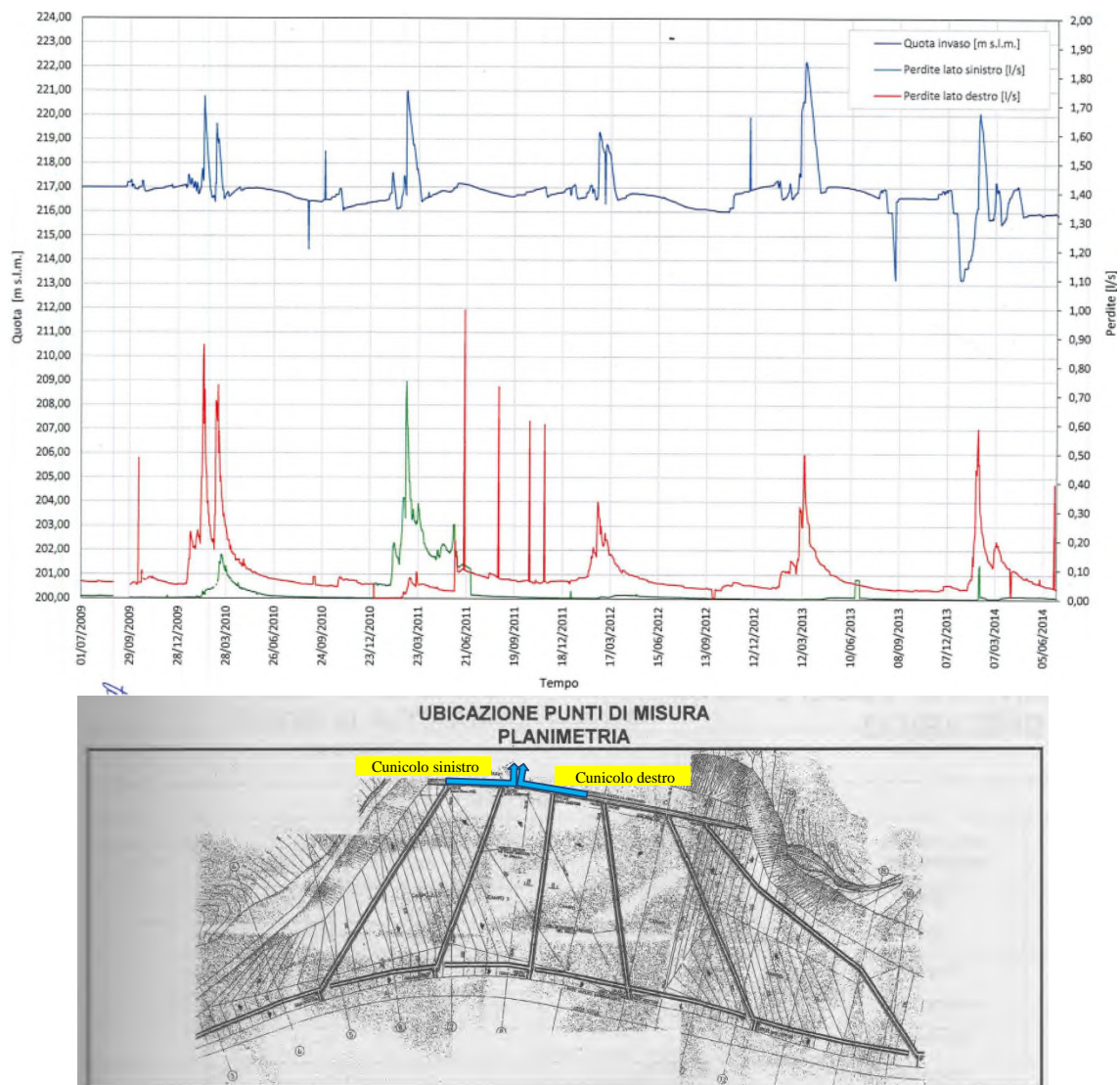


Figura 5-4: Diga di Gibbesi – Variazione del livello di invaso e delle portate perse ai cunicoli di drenaggio nello stesso periodo di osservazione delle celle piezometriche nel corpo diga

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 19 di 39

5.2. Piezometri Casagrande in sponda destra

5.2.1. Quota del boccaforo e frequenze di lettura

La seguente tabella riassume tutti i piezometri previsti nel F.C.E.M. per il monitoraggio della sponda destra e le relative quote del boccaforo:

Denominazione piezometro	Quota boccaforo – m s.l.m.
Pd1	242.98
Pd2	243.63
Pd3	242.17
Pd4	251.53
Pd5	232.79
Pd6a	234.63
Pd6b	234.58
Pd7	239.75
Pd8	244.34
Pd9	246.11


Non è nota la profondità di installazione della cella e l'estensione dei tratti filtranti lungo il foro.

Le letture vengono eseguite manualmente, mediante freatimetro, con una frequenza circa settimanale, e sono disponibili a partire dal 2016 ai giorni nostri.

5.2.1. Dati disponibili

Le seguenti Figura 5-5 e Figura 5-6 illustrano i dati disponibili per i piezometri Casagrande installati in corrispondenza della spalla destra della diga. Le quote piezometriche rilevate ai piezometri, Figura 5-5, o le corrispondenti soggiacenze dalla superficie topografica, Figura 5-6, sono messe in correlazione con i livelli dell'invaso e le piogge nello stesso intervallo di tempo.

In linea generale, quasi tutti i piezometri della spalla destra risultano installati in un'area topograficamente più alta dello sbarramento e laterale allo stesso, con quote variabili tra 240 e 250 m s.l.m.. Per questi strumenti si rileva una quota piezometrica media compresa tra 234 e 240 m s.l.m. e soggiacenze della falda comprese tra 3 e 15 m.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 20 di 39

I soli tre piezometri Pd5, Pd6a e Pd6b risultano installati tra le sezioni 20 e 21 della diga, in corrispondenza del punto in cui in queste sezioni il paramento di valle lascia il posto al terreno naturale. In questa zona la quota topografica risulta prossima ai 235-240 m s.l.m., con un livello di falda posto mediamente a 230 m di quota.

Il confronto con le variazioni del livello di invaso mostra chiaramente che le quote della superficie piezometrica rinvenuta alla sponda destra risultano ovunque decisamente superiori ai livelli dell'invaso. Questa evidenza suggerisce la presenza, in sponda destra, di un livello di falda che viene alimentato dai versanti circostanti, e che a sua volta, in virtù della minore quota dell'invaso, tende ad alimentarlo.

Le letture piezometriche caratterizzate da una minore soggiacenza manifestano inoltre una certa correlazione con i regimi pluviometrici, per poi consegnare all'invaso gli effetti differiti di tale rialzo temporaneo dalla falda.

5.2.1. Considerazioni conclusive

Nel complesso quindi i livelli piezometrici rilevati in sponda destra sembrano rappresentativi della situazione del pendio, indicando la presenza di una falda che si colloca a quote generalmente superiori all'invaso, e che riceve alimentazione dai versanti circostanti.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 21 di 39</p>

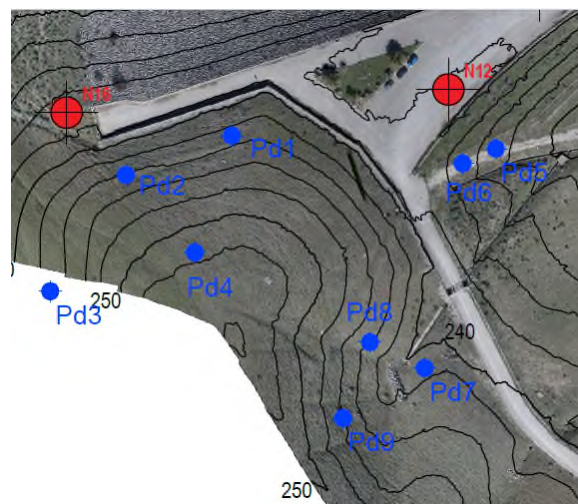
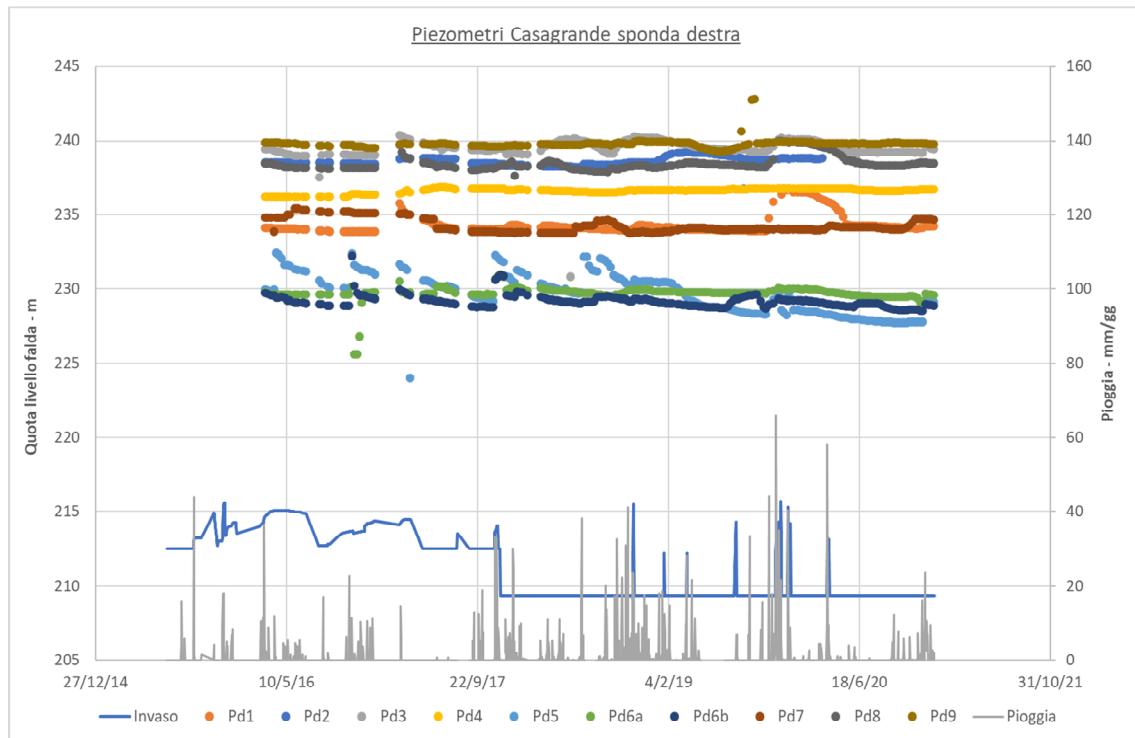


Figura 5-5: Diga di Gibbesi – Letture disponibili per i piezometri in sponda destra – Quote di falda

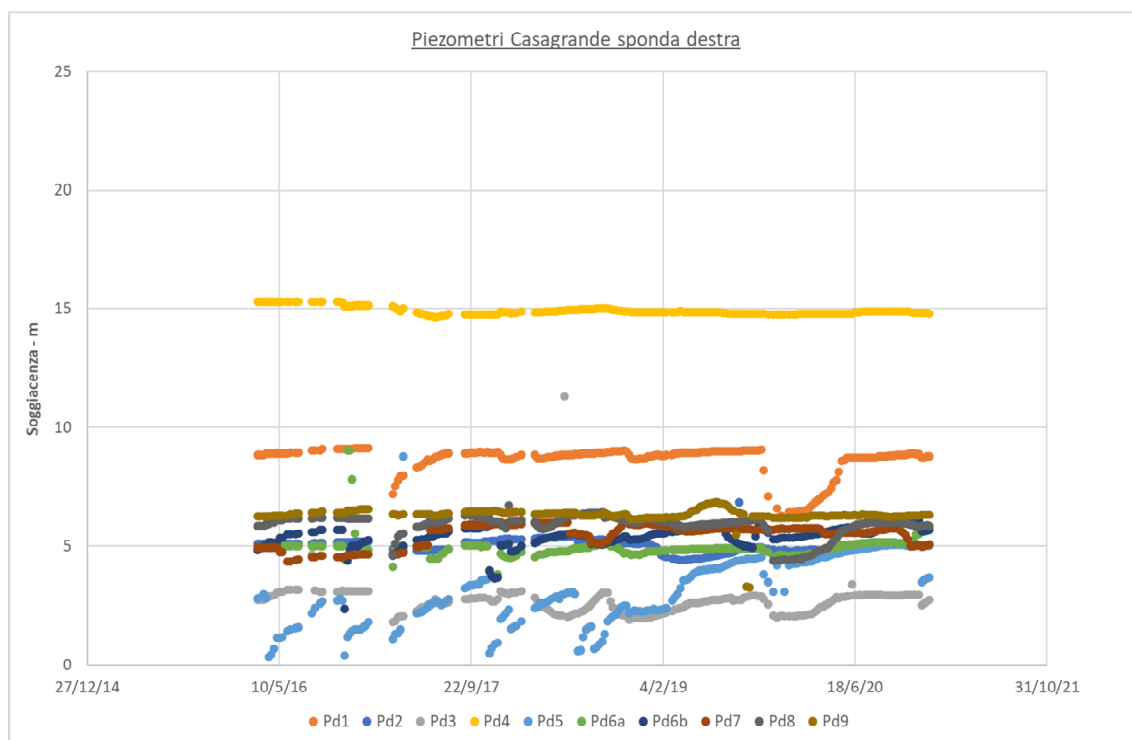


Figura 5-6: Diga di Gibbesi – Letture disponibili per i piezometri in sponda destra – Soggiacenza


5.3. Piezometri Casagrande in sponda sinistra

5.3.1. Quota del boccaforo e frequenze di lettura

La seguente tabella riassume tutti i piezometri previsti nel F.C.E.M. per il monitoraggio della sponda sinistra e le relative quote del boccaforo:

Denominazione piezometro	Quota boccaforo – m s.l.m.
Ps1	236.88
Ps2	236.58
Ps3	236.80
Ps4	234.45
Ps5	234.46

Non è nota la profondità di installazione della cella e l'estensione dei tratti filtranti lungo il foro.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 23 di 39

Le letture vengono eseguite manualmente, mediante freatimetro, con una frequenza circa settimanale, e sono disponibili a partire dal 2016 ai giorni nostri.

5.3.2. Dati disponibili

Le seguenti Figura 5-7 e Figura 5-8 illustrano i dati disponibili per i piezometri Casa-grande installati in corrispondenza della spalla sinistra della diga. Le quote piezometriche rilevate ai piezometri, Figura 5-7, o le corrispondenti soggiacenze dalla superficie topografica, Figura 5-8, sono messe in correlazione con i livelli dell'invaso e le piogge nello stesso intervallo di tempo.

In linea generale, i piezometri Ps1, Ps2 e Ps3 della spalla sinistra risultano installati in un'area laterale allo sbarramento, con quote variabili tra 235 e 240 m s.l.m.. Per questi strumenti si rileva una quota piezometrica media prossima a quella topografica per Ps2 e Ps3, più lontani dall'invaso, e pari a 217 m s.l.m. per Ps1, prossimo alla sezione 1 della diga.

I restanti piezometri Ps4 e Ps5 sono posti sempre a quote prossime ai 235 m s.l.m., ma in una zona più a sud dello sbarramento, lungo il versante laterale sinistro della valle, dove corrono anche le gallerie di scarico dell'invaso. Per questi strumenti i livelli piezometrici risultano molto variabili in relazione ai regimi pluviometrici, con oscillazioni anche di 5 m attorno ad una quota media del livello pari a 228 m s.l.m..

Il confronto con le variazioni del livello di invaso mostra chiaramente che le quote della superficie piezometrica rinvenuta alla sponda sinistra risultano ovunque decisamente superiori ai livelli dell'invaso. Questa evidenza suggerisce la presenza, anche in sponda sinistra, di un livello di falda che viene alimentato dai versanti circostanti, e che a sua volta, in virtù della minore quota dell'invaso, tende ad alimentarlo.

Le letture piezometriche caratterizzate da una minore soggiacenza manifestano inoltre una forte correlazione con i regimi pluviometrici, per poi consegnare all'invaso gli effetti differiti di tale rialzo temporaneo dalla falda.

5.3.3. Considerazioni conclusive

Nel complesso quindi i livelli piezometrici rilevati in sponda sinistra sembrano rappresentativi della situazione del pendio, indicando la presenza di una falda che si colloca a quote generalmente superiori all'invaso, e che riceve alimentazione dai versanti circostanti.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 24 di 39</p>

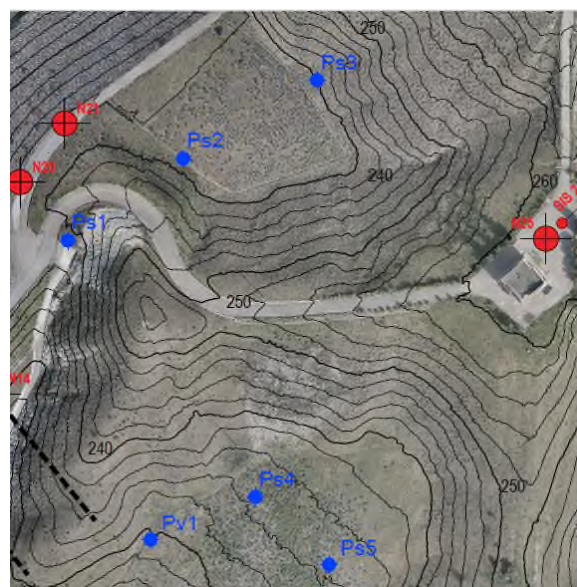
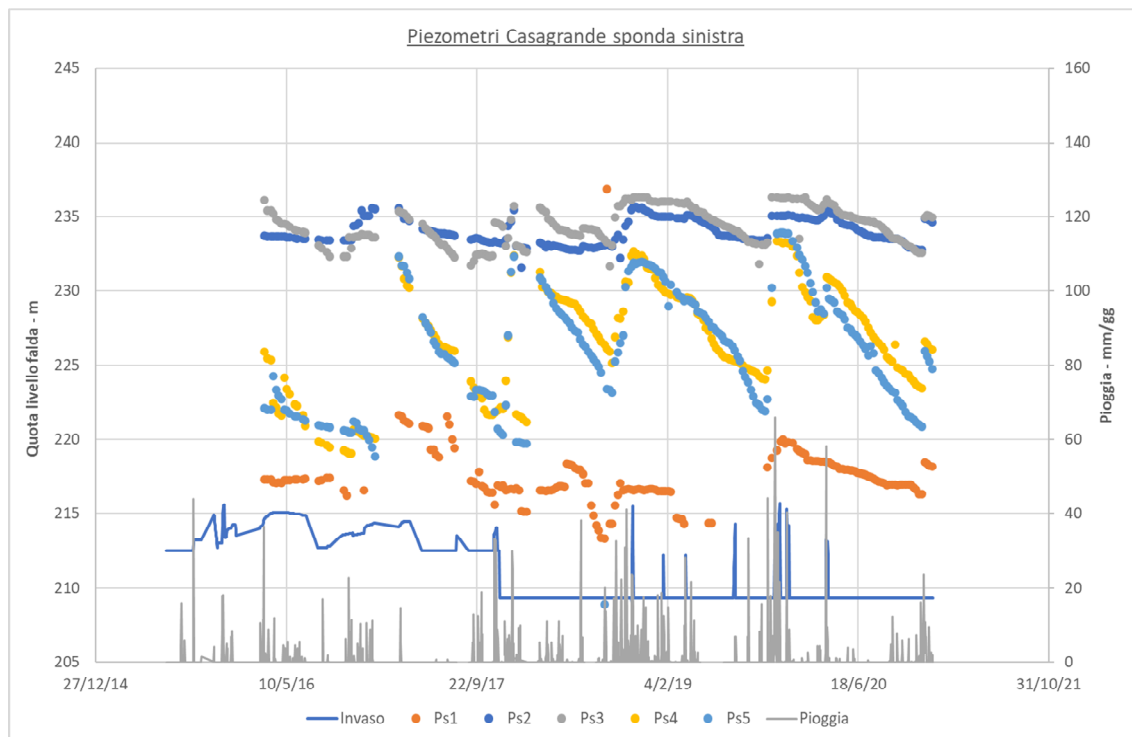


Figura 5-7: Diga di Gibbesi – Letture disponibili per i piezometri in sponda sinistra – Quote di falda

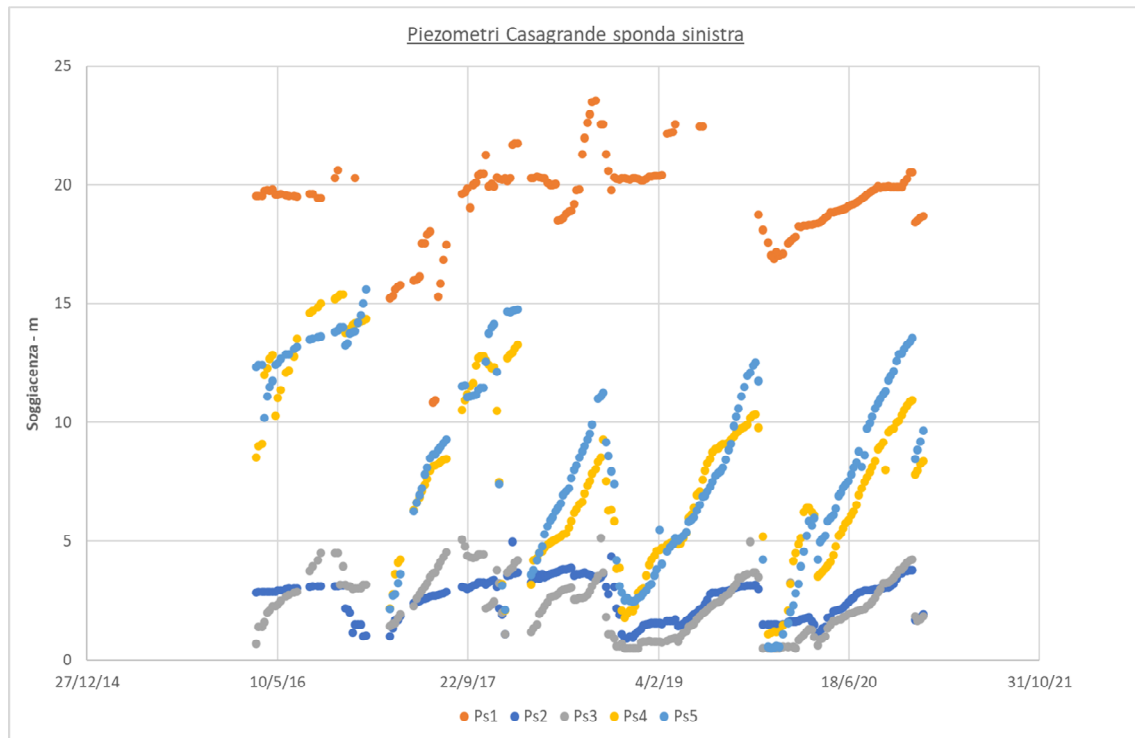




Figura 5-8: Diga di Gibbesi – Letture disponibili per i piezometri in sponda sinistra – Soggiacenza

5.4. Piezometri a tubo aperto posti a valle del corpo diga

5.4.1. Quota del boccaforo e frequenze di lettura

La seguente tabella riassume tutti i piezometri previsti nel F.C.E.M. per il monitoraggio della zona posta a valle del piede diga e le relative quote del boccaforo:

Denominazione piezometro	Quota boccaforo – m s.l.m.
Pv1	230.73
Pv2	225.28
Pv3	210.69
Pv4	207.71
Pv5	207.76
Pv6	223.75
Pv7	-
Pv8	227.92
Pv9	229.17

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 26 di 39

Non è nota la profondità di installazione della cella e l'estensione dei tratti filtranti lungo il foro.

Il piezometro Pv7 è risultato guasto fin dalla sua installazione.

Le letture dei restanti strumenti vengono eseguite manualmente, mediante freatimetro, con una frequenza circa settimanale, e sono disponibili a partire dal 2016 ai giorni nostri.

5.4.2. Dati disponibili

Le seguenti Figura 5-9 e Figura 5-10 illustrano i dati disponibili per i piezometri Casa-grande installati in corrispondenza della spalla sinistra della diga. Le quote piezometriche rilevate ai piezometri, Figura 5-9, o le corrispondenti soggiacenze dalla superficie topografica, Figura 5-10, sono messe in correlazione con i livelli dell'invaso e le piogge nello stesso intervallo di tempo.

In linea generale, i piezometri della serie Pv si possono dividere in due gruppi:

- i piezometri Pv1, Pv2, Pv6, Pv8 e Pv9 installati a valle dello sbarramento, lungo i versanti laterale della valle, a quote altimetriche comprese tra 220 e 230 m s.l.m.;
- i piezometri Pv3, Pv4 e Pv5 installati nelle immediate prossimità della colmata di valle dello sbarramento, a quote comprese tra 205 e 210 m s.l.m..

Per quanto riguarda il primo gruppo di strumenti, si rilevano livelli piezometrici sempre superiori a quelli dell'invaso, in coerenza con la presenza di falde alle due sponde, alimentate dai versanti laterali.

I restanti piezometri del secondo gruppo invece mostrano livelli inferiori all'invaso, compresi tra i 198 ed i 205 m s.l.m., in coerenza con una rete di flusso che attraversa lo sbarramento con una forte perdita di carico al contatto tra il nucleo ed il più permeabile paramento di valle.

Il confronto con le variazioni del livello di invaso non sembra mostrare chiare correlazioni né naturalmente dove le quote della superficie risultano superiori ai livelli dell'invaso, né per quegli strumenti posti a valle del corpo diga, probabilmente perché tali variazioni sono estemporanee, e vengono intercettate dai filtri e gestite dai cunicoli di drenaggio (Figura 5-4) senza riuscire a determinare significative variazioni a carico dello strumento. Si ricordi a tale riguardo che si tratta in questo caso di piezometri a tubo aperto, il cui tempo di risposta non è certamente immediato.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 27 di 39

5.4.3. Considerazioni conclusive

Nel complesso quindi i livelli piezometrici rilevati ai piezometri a valle del corpo diga confermano da un lato la presenza di falde poste a quote superiori all'invaso lungo i versanti laterali, dall'altro, limitatamente a quelli posti nelle immediate prossimità del piede dello sbarramento, la presenza di un efficace abbattimento del carico piezometrico ad opera del corpo diga.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 28 di 39</p>

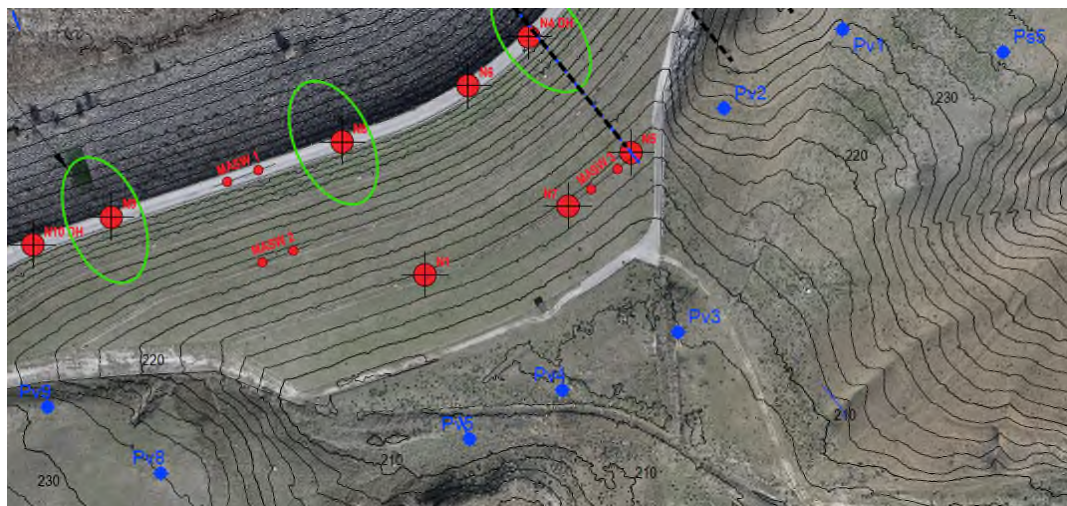
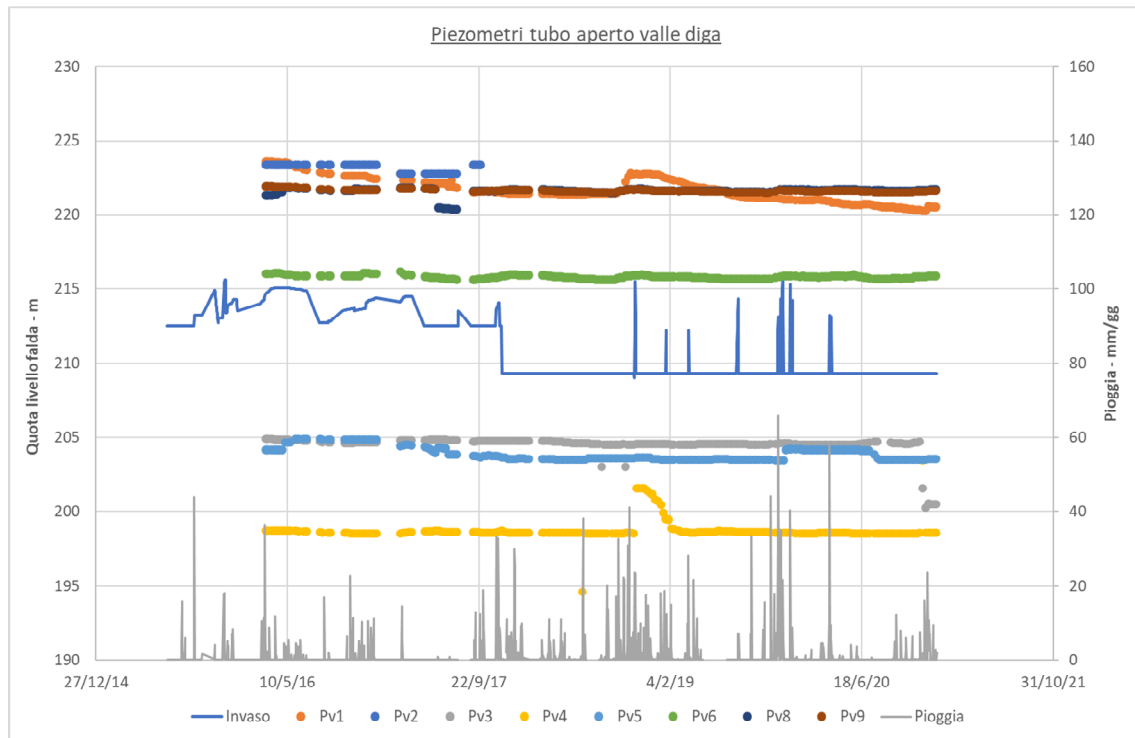



Figura 5-9: Diga di Gibbesi – Letture disponibili per i piezometri a valle del corpo diga – Quote di falda

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 29 di 39</p>

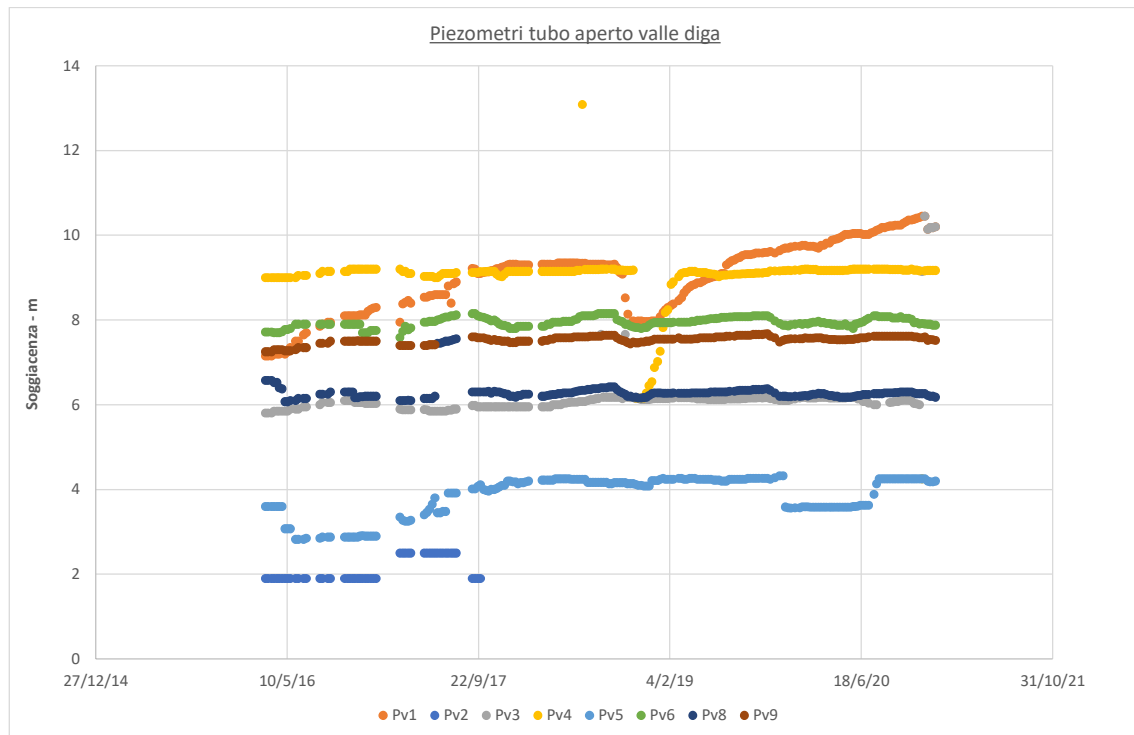


Figura 5-10: Diga di Gibbesi – Letture disponibili per i piezometri a valle del corpo diga – Soggiacenza

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 30 di 39</p>

6. ANALISI DI FILTRAZIONE E CONFRONTO DI COERENZA CON LE MISURE DISPONIBILI

6.1. Modalità di analisi, condizioni al contorno e sezione di riferimento

Nel presente capitolo si intende proporre l'analisi di filtrazione in regime stazionario del corpo diga, con riferimento alla sezione trasversale B, lungo la quale sono disponibili alcune misure piezometriche alle celle installate nel nucleo, oltre al piezometro a tubo aperto Pv5 posto in opera in corrispondenza della colmata al piede diga.

L'analisi è stata realizzata mediante il codice di calcolo agli elementi finiti Plaxis 2D. Il programma richiede la definizione della geometria della sezione trasversale, delle permeabilità da assegnare ai diversi materiali che compongono il corpo diga ed infine delle condizioni al contorno per l'analisi di flusso.

L'analisi di filtrazione viene svolta in regime stazionario, considerando un livello piezometrico a valle dello sbarramento prossimo ad una quota di 203.50 m s.l.m., in aderenza con le letture del piezometro Pv5 nel periodo 2020-2021. Per quanto riguarda il livello dell'acqua nell'invaso, si considerano due diverse condizioni:

- Caso A: si riferisce alla condizione attuale, in cui la quota piezometrica nell'invaso corrisponde indicativamente ad una quota stazionaria di 209 m s.l.m., Figura 6-1;
- Caso B: scenario futuro, in cui il livello dell'acqua nell'invaso possa raggiungere, a valle del collaudo, la quota di ritenuta normale (massima regolazione) di 229 m s.l.m., Figura 6-2.

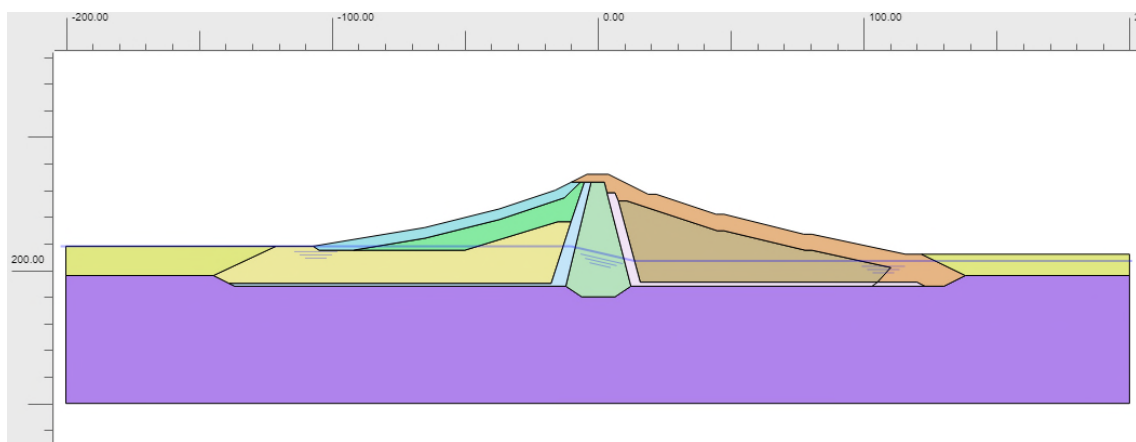




Figura 6-1: Diga di Gibbesi – Analisi di filtrazione – Geometria del modello e condizioni al contorno per il caso A

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 31 di 39</p>

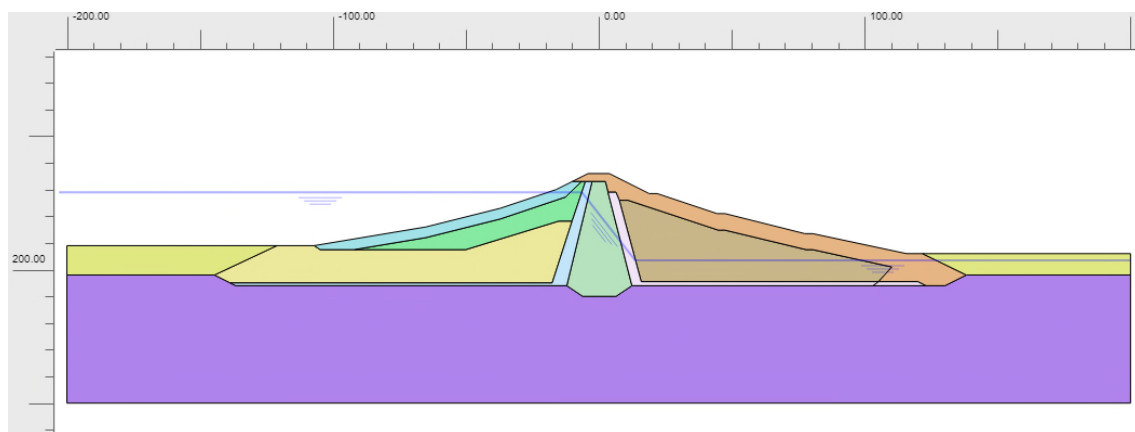


Figura 6-2: Diga di Gibbesi – Analisi di filtrazione – Geometria del modello e condizioni al contorno per il caso B

6.2. Permeabilità dei materiali che compongono il corpo diga

Le uniche informazioni disponibili per quanto riguarda le permeabilità dei materiali messi in opera per la realizzazione dello sbarramento, sono contenuti all'interno degli atti delle visite di collaudo. In questi documenti, infatti, resta traccia di alcune prove di permeabilità eseguite in sito all'interno di specifici pozzetti realizzati nel corso della visita di collaudo del 01/12/1989, si veda a riguardo la seguente Figura 6-3.

Si tratta complessivamente di 21 pozzetti, 7 per ciascuna delle sezioni 7, 9 ed 11, realizzati nel rinfianco di monte, nello strato transizione nucleo-monte, nel nucleo ed infine nel paramento di valle, al fine di indagare i valori di densità e permeabilità in sito. Le diverse zone interessate dai pozzetti riflettono le suddivisioni tra i diversi materiali del corpo diga, come denominati nella sezione tipo precedentemente proposta in Figura 4-2.

U b i c a z i o n e d e l l e p r o v e	Valori della prova			Valori specifiche			N O T E
	Yd	W	k	Yd	W	k	
	t/m ³	%	cm/sec	t/m ³	%	cm/sec	
S	Rinf. monte(Calcare)	2,035	5,6	6,5E-03	1,91	2÷10	E-4÷E-2 zona 4
e	Rinf. monte(Calcare)	2,027	6,4	7,0E-03	1,91	2÷10	E-4÷E-2 zona 4
z	Trans. (Calcarenita)	1,960	8,7	7,5E-08	1,80	5÷14	E-6÷E-5
.	Nucleo (Arg. Draffù)	1,760	15,9	5,8E-08	1,70	12÷20	E-8÷E-7
.	Nucleo (Arg. Draffù)	1,750	17,2	1,7E-08	1,70	12÷20	E-8÷E-7
7	Rinf. valle(Calcare)	2,084	7,3	1,1E-04	1,91	2÷10	E-5÷E-4 zona 3
.	Rinf. valle(Calcare)	2,064	8,9	8,4E-04	1,91	2÷10	E-5÷E-4 zona 3
S	Rinf. monte(Calcare)	2,154	8,4	6,5E-05	1,91	2÷10	E-5÷E-4 zona 3
e	Rinf. monte(Calcare)	2,091	7,1	7,0E-05	1,91	2÷10	E-5÷E-4 zona 3
z	Trans. (Calcarenita)	1,867	8,4	9,1E-05	1,80	5÷14	E-6÷E-5
.	Nucleo (Arg. Draffù)	1,746	15,3	3,9E-08	1,70	12÷20	E-8÷E-7
.	Nucleo (Arg. Draffù)	1,774	16,8	4,5E-08	1,70	12÷20	E-8÷E-7
9	Rinf. valle(Calcare)	2,087	7,9	1,4E-04	1,91	2÷10	E-4÷E-3 zona 3'
.	Rinf. valle(Calcare)	2,064	9,1	5,9E-04	1,91	2÷10	E-4÷E-3 zona 3'
S	Rinf. monte(Calcare)	2,017	8,5	6,8E-05	1,91	2÷10	E-5÷E-4 zona 3
e	Rinf. monte(Calcare)	2,007	6,8	7,0E-05	1,91	2÷10	E-5÷E-4 zona 3
z	Trans. (Calcarenita)	1,887	9,3	1,9E-05	1,80	5÷14	E-6÷E-5
.	Nucleo (Arg. Draffù)	1,799	16,0	3,8E-07	1,70	12÷20	E-8÷E-7
.	Nucleo (Arg. Draffù)	1,776	16,1	1,2E-08	1,70	12÷20	E-8÷E-7
11	Rinf. valle(Calcare)	2,164	8,4	6,6E-05	1,91	2÷10	E-5÷E-4 zona 3
.	Rinf. valle(Calcare)	2,084	8,0	6,0E-05	1,91	2÷10	E-5÷E-4 zona 3

Figura 6-3: Diga di Gibbesi – Permeabilità derivanti da pozzetti eseguiti durante la visita di collaudo del 01/12/1989

A queste prove di permeabilità si aggiungono alcune prove eseguite nel corso dei lavori sul rilevato del corpo diga fino al mese di novembre 1990, e riportate negli stessi atti di collaudo.

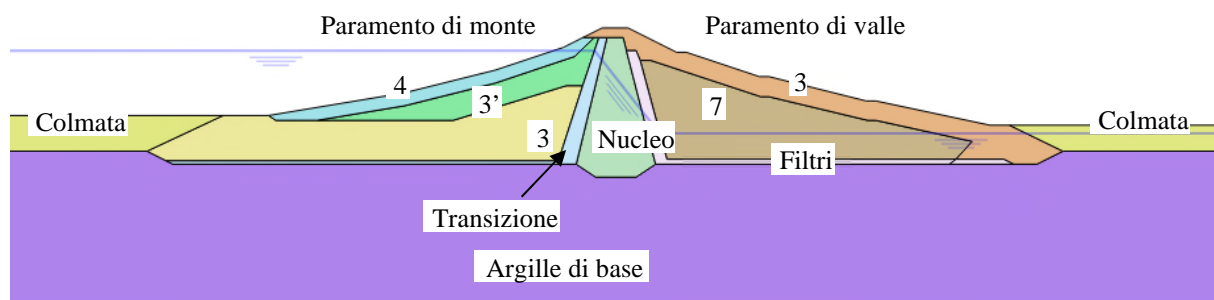
Per i materiali dei filtri le permeabilità derivanti dalle prove in sito indicano un valore medio di 1.3e-5 m/s per il filtro I, 6e-5 m/s per il filtro II.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 33 di 39</p>

Per le argille di base si è adottato un valore di permeabilità di $1e-9$ m/s, per la colmata $1e-7$ m/s, valori che derivano dalle prove edometriche a base di progetto.

La seguente tabella riassume tutte le informazioni disponibili dai documenti di collaudo, dalla quale si evince che complessivamente i criteri di progetto, in termini di permeabilità, sono stati pienamente soddisfatti. A partire dai valori di permeabilità misurati in sito, sono stati derivati i corrispondenti valori implementati, per le diverse zone, nel modello di filtrazione:

Materiale		Permeabilità media in sito durante visite di collaudo – m/s	Permeabilità media in sito durante realizzazione diga – m/s	Permeabilità di progetto - m/s	Permeabilità adottata per analisi di filtrazione – m/s
Paramento di monte	Zona 4	$7e-5$	$8.7e-6$	$1e-6 - 1e-4$	$7e-5$
	Zona 3'	-	$2.7e-6$	-	$7e-6$
	Zona 3	$7e-7$	$9.6e-5$ (295 prove)	$1e-7 - 1e-6$	$7e-7$
Transizione monte/nucleo		$4e-7$	$7.8e-6$ (295 prove)	$1e-8 - 1e-7$	$4e-7$
Nucleo		$9e-10$	$1.2e-9$ (513 prove)	$1e-10 - 1e-9$	$1e-9$
Paramento di valle	Zona 3	$2e-6$	$9.6e-5$	$1e-7 - 1e-6$	$1e-6$
	Zona 7 (3')	$4e-6$	$2.7e-6$	$1e-6 - 1e-5$	$4e-6$
Argille di base		-	-	-	$1e-9$
Colmata		-	-	-	$1e-7$



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 34 di 39


6.3. Risultati dell'analisi di filtrazione

Le seguenti Figura 6-4 e Figura 6-5 descrivono i risultati più significativi delle analisi di flusso in regime stazionario del corpo diga in corrispondenza della sezione B, rispettivamente nel caso A e B. Le figure illustrano nella parte superiore la distribuzione del carico piezometrico totale, nella parte inferiore le pressioni piezometriche agenti.

Come si può osservare, le significative differenze di permeabilità tra il nucleo ed i paramenti laterali consentono un efficace abbattimento delle pressioni idrostatiche a partire dal lato monte verso valle, in particolare nel caso B, laddove è più accentuato il gradiente piezometrico.

Il flusso, Figura 6-6, risulta concentrato all'interno dei filtri, con una portata per metro lineare (nella direzione ortogonale al foglio) che aumenta di circa 5-10 volte nel passare dal caso A al B. Considerando quindi che nella situazione attuale (caso A) le portate uscenti complessive dai cunicoli drenanti ammontano in media a 0.025 l/s, ci si può attendere a regime una portata uscente compresa tra 0.12 e 0.25 l/s, valori comunque decisamente esigui. Tale ordine di grandezza ben si confronta con le portate uscenti misurate tra il 2009 ed il 2014, Figura 5-4, periodo in cui l'invaso è stato mantenuto pressoché costante su un livello di 217 m s.l.m., a metà tra la quota attuale ed il valore a regime, con portate perse complessive di 0.065 l/s.

Infine, il grafico di Figura 6-7 illustra l'andamento delle pressioni agenti lungo una verticale posizionata in mezzeria al nucleo. Tale grafico può essere utile per valutare i valori di pressione da attendersi agenti nelle celle piezometriche da mettere in opera ex-novo nel corpo diga, in sostituzione alle celle a corda vibrante ormai fuori uso.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 35 di 39</p>

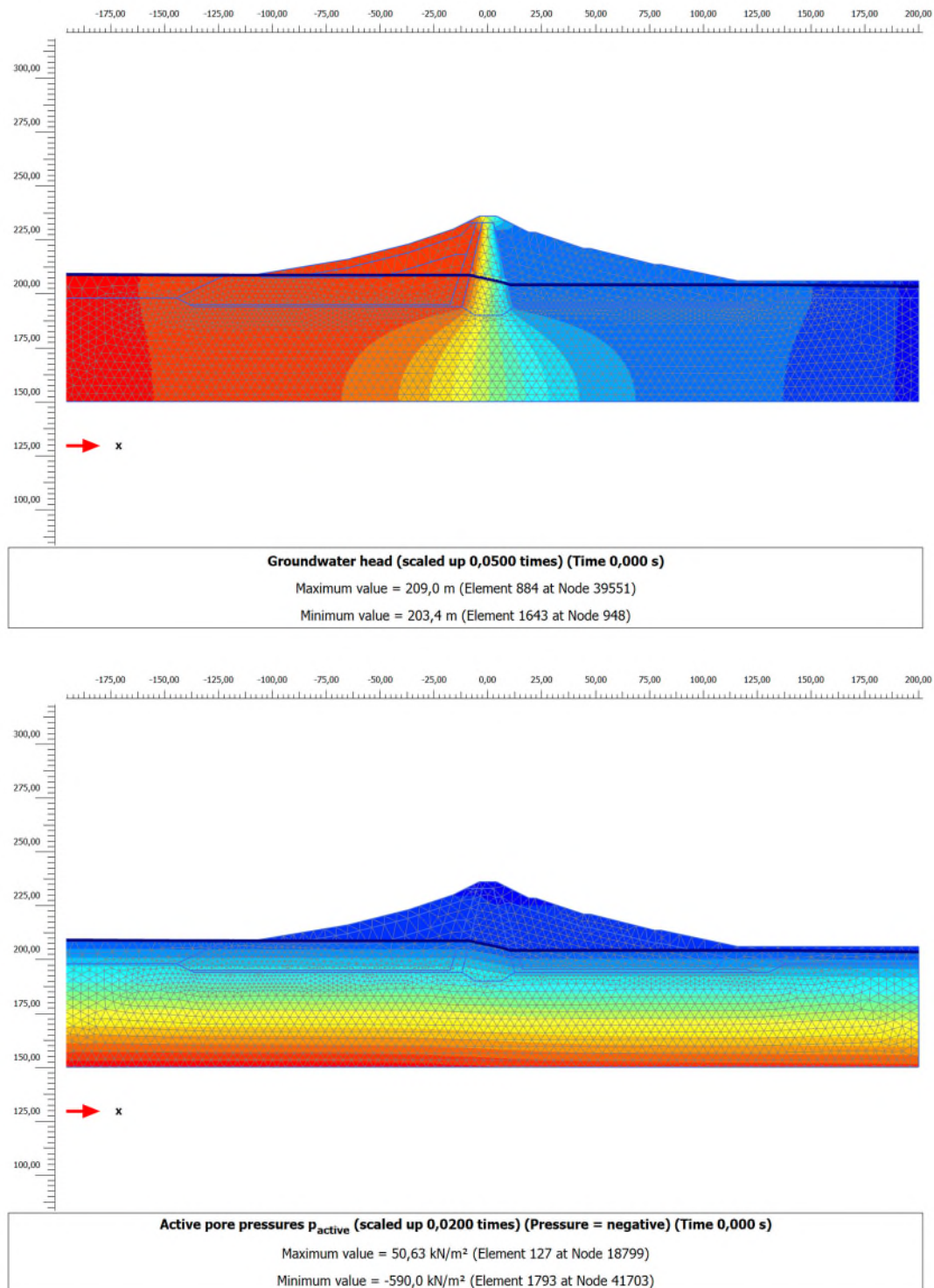


Figura 6-4: Diga di Gibbesi – Risultati dell'analisi di filtrazione – Caso A

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 36 di 39</p>

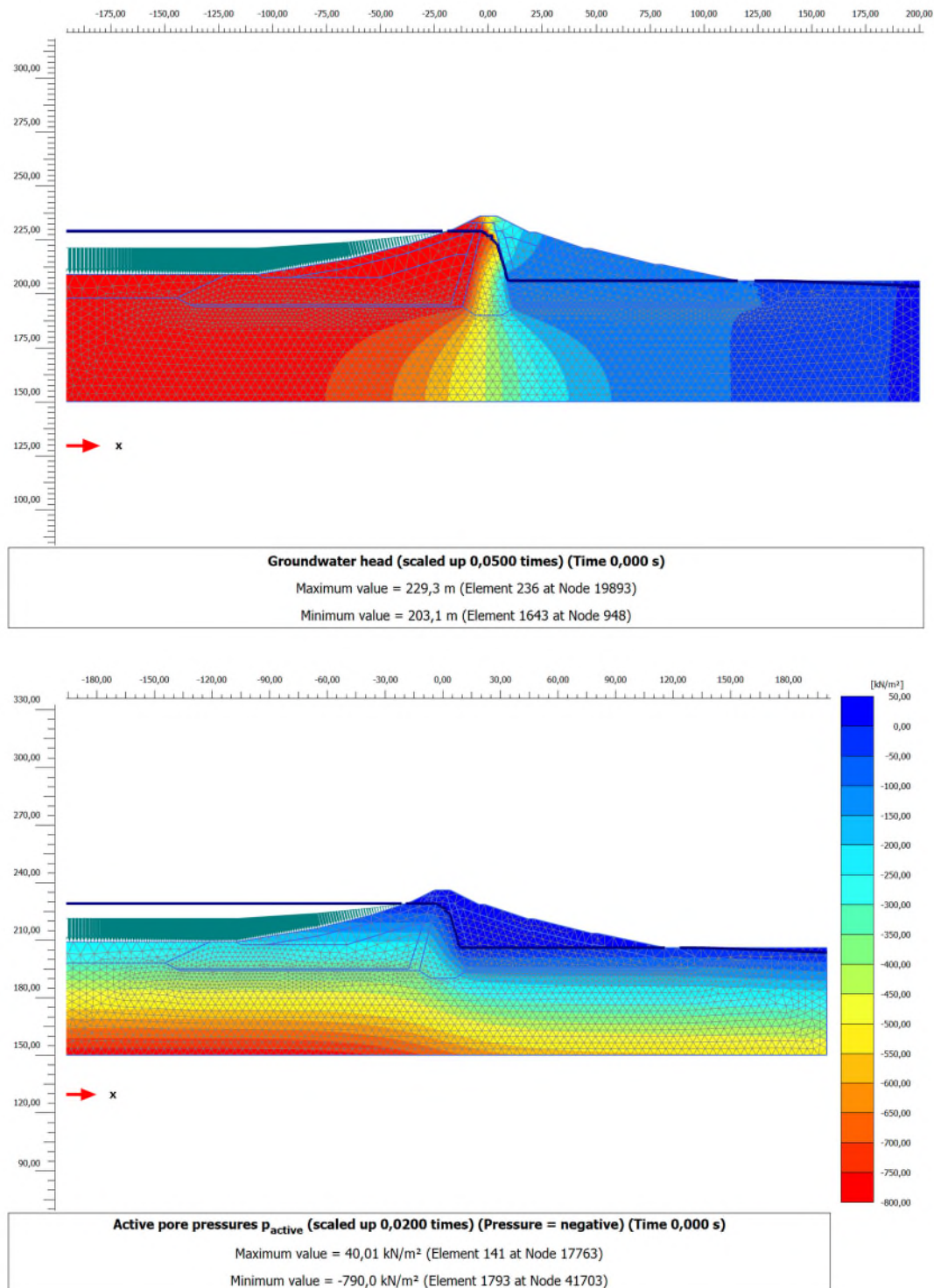


Figura 6-5: Diga di Gibbesi – Risultati dell'analisi di filtrazione – Caso B

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 37 di 39</p>

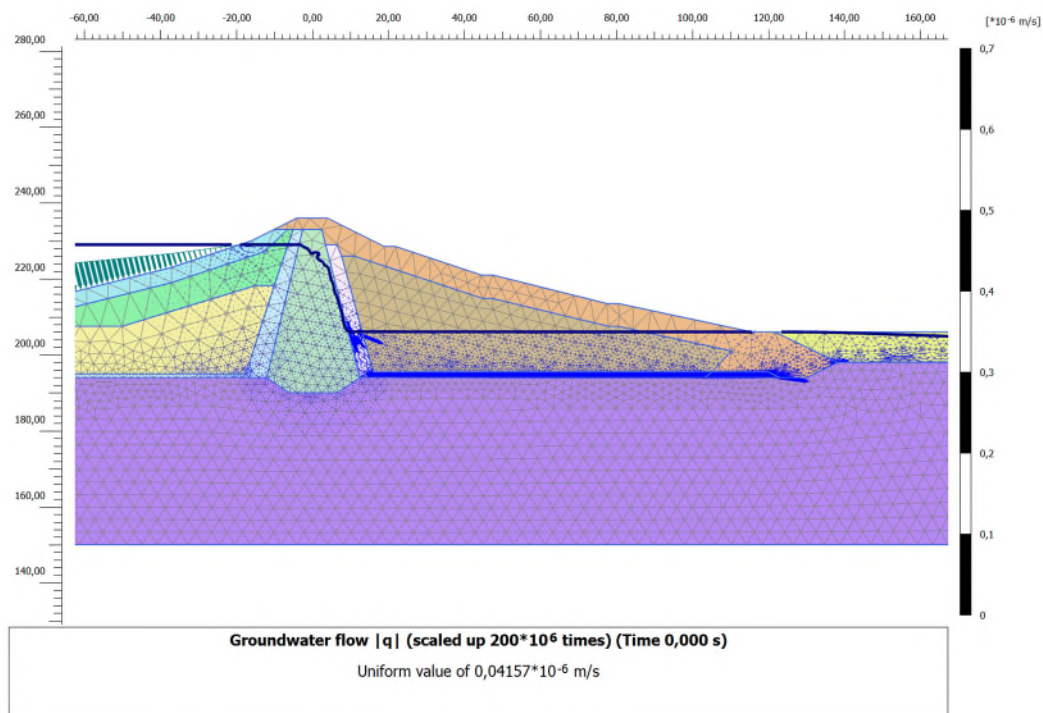
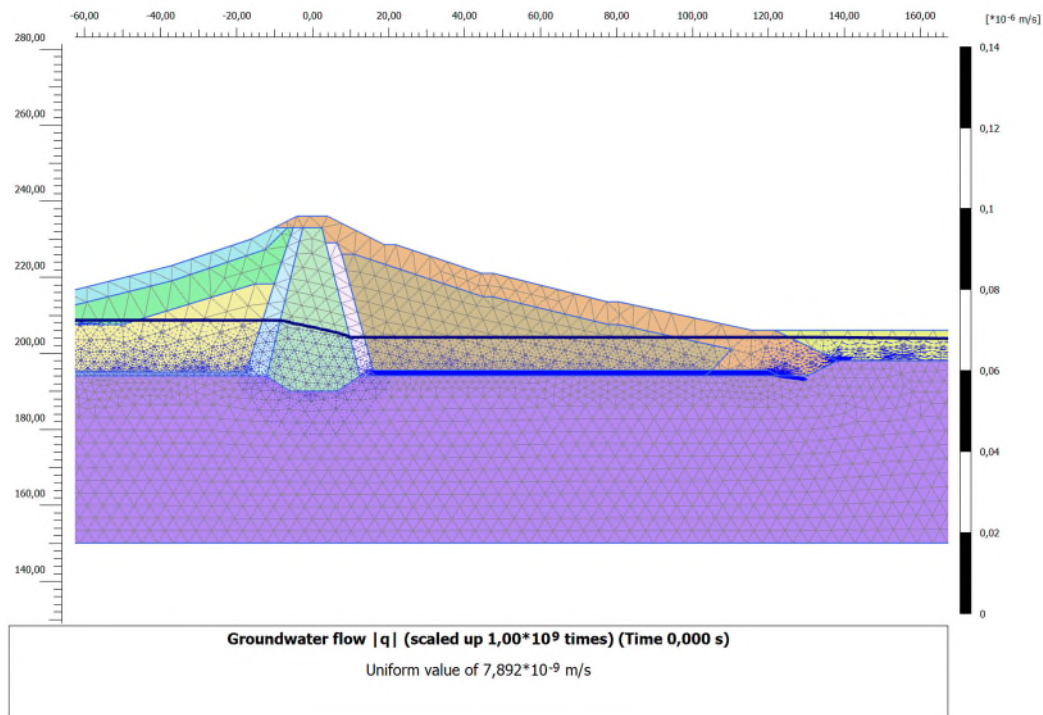



Figura 6-6: Diga di Gibbesi – Vettori di flusso – Caso A (sopra) e B (sotto)

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE</p> <p>D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE</p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F D-SGI - RT-001-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 38 di 39</p>

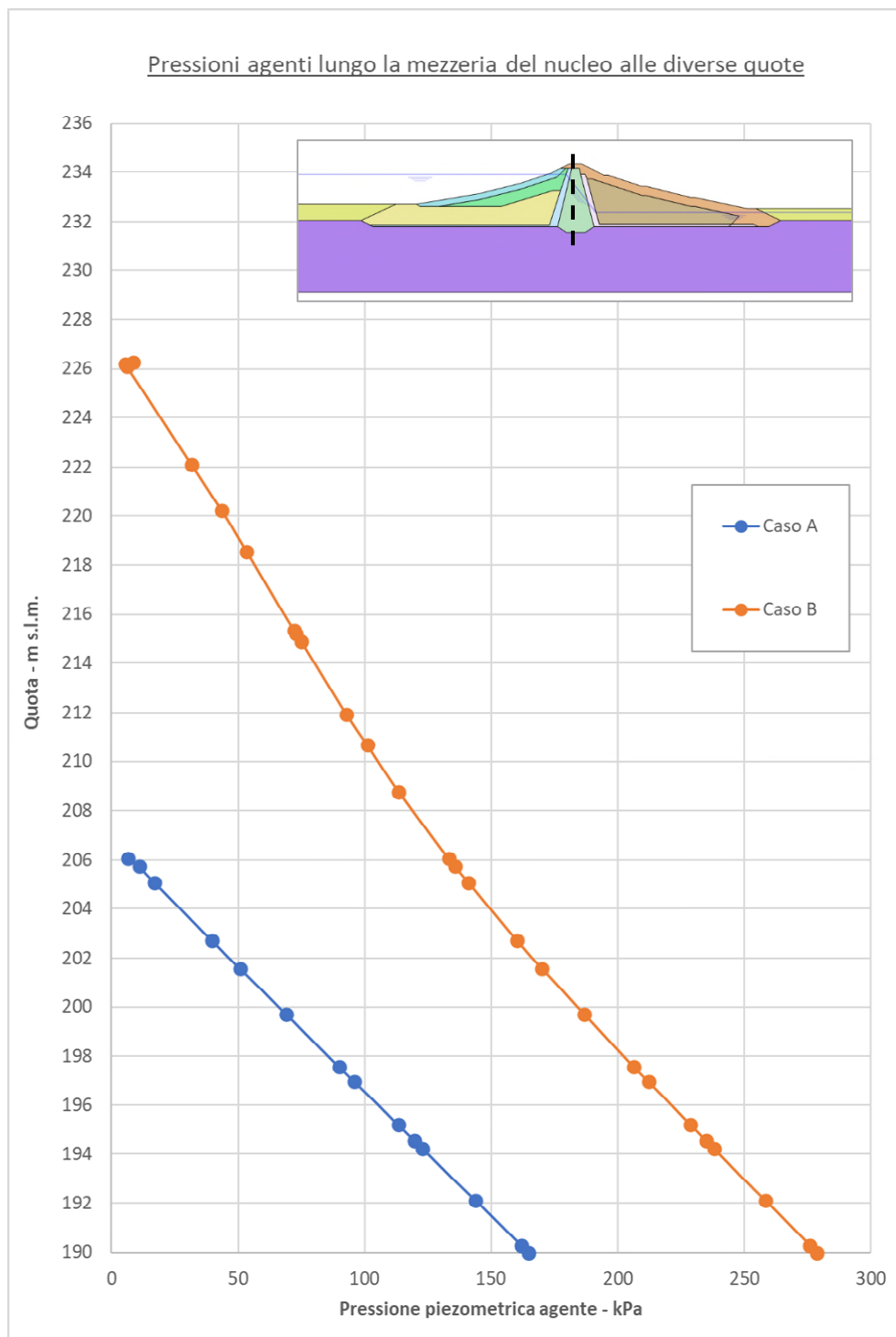



Figura 6-7: Diga di Gibbesi – Pressioni agenti lungo una verticale posta al centro del nucleo

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE D - STUDIO GEOTECNICO INTERPRETATIVO DELLE PRESSIONI NEUTRE E DEI MOTI DI FILTRAZIONE	REGIONE SICILIANA 
II122F D-SGI - RT-001-00	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 39 di 39

7. CONCLUSIONI

Il presente documento propone lo studio geotecnico interpretativo delle pressioni neutre e dei moti di filtrazione che interessano il corpo diga dell'invaso Gibbesi e le relative sponde.

L'analisi delle strumentazioni di monitoraggio piezometrico disponibili nel complesso ha potuto mettere in luce alcuni elementi salienti del panorama idrogeologico complessivo:

- L'esistenza, lungo le sponde ed i versanti laterali del corpo diga, verso valle, di livelli di falda posti a quote altimetriche più elevate dell'invaso, alimentati dai versanti circostanti, che nelle condizioni attuali alimentano a loro volta il bacino. Queste informazioni sono state derivate da tre serie di piezometri Casagrande o a tubo aperto, che, pur con i tempi di risposta tipici di queste tipologie di strumentazione, riescono a cogliere in maniera coerente ed efficace il regime piezometrico complessivo;
- La presenza di un sistema di monitoraggio delle pressioni agenti nel corpo diga basato su celle a corda vibrante, che mostrano chiaramente errori grossolani di misura e non risultano quindi affidabili nel fornire uno strumento di valutazione del corretto funzionamento del corpo diga;
- Valori di portate perse ai cunicoli drenanti (che corrono sulla superficie di base del paramento di valle) molto esigui, tali da garantire un'efficace azione di abbattimento delle pressioni piezometriche lungo una generica sezione trasversale monte/valle ad opera dello sbarramento stesso.

Nella seconda parte del documento, si è poi proposta l'analisi di filtrazione in regime stazionario lungo la sezione B trasversale al corpo diga, sia nella condizione attuale dell'invaso, sia nella condizione a regime (massima regolazione). È evidente che le permeabilità che caratterizzano le diverse componenti della diga consentono un efficace abbattimento delle pressioni idrostatiche a partire dal lato monte verso valle, limitando attivamente le portate perse in entrambe le condizioni dell'invaso.