



DIGA DI BASTIA

lavori di ripristino del franco

visita tecnica

Nove 22/05/2019



DIGA DI BASTIA (BL)

La diga di Bastia, ubicata nei comuni di **Ponte nelle Alpi**, **Puos** e **Farra d'Alpago**, sbarrà l'emissario naturale del lago di Santa Croce, il **torrente Rai**. Il lago è alimentato dalle acque del suo principale immissario, il **torrente Tesa**, dal torrente Runal, dal Tesa Vecchio e dalle acque del **fiume Piave**, per mezzo di un canale adduttore con portata massima di **80 m³/s**.



Foto aeree (anno 1995)

DIGA DI BASTIA (BL)

Costruzione dell'argine di contenimento in terra (anni 1926-'29)



Negli anni 1926-'29 per ottenere l'**ampliamento del lago naturale di Santa Croce**, già utilizzato ai fini della produzione idroelettrica fin dal 1914, **fu costruita un'opera di ritenuta in terra lunga complessivamente quasi due chilometri.**

Il primitivo schema degli impianti prevedeva unicamente l'utilizzazione delle acque del bacino imbrifero proprio del lago (136 km²); mentre nel 1929 **l'intero bacino imbrifero superiore del Piave** (1690 km²), venne allacciato al lago di S. Croce per mezzo un **canale di collegamento con il lago** alimentato da uno sbarramento sul fiume presso Soverzene successivamente ampliato nell'attuale traversa fluviale.

Nasceva così l'attuale utilizzazione del **serbatoio di S.Croce** che oggi alimenta le centrali in cascata di **Fadalto, Nove, S.Floriano, Castelletto, Caneva e Livenza.**

DIGA DI BASTIA (BL)

scarichi verso l'emissario del lago il t. Rai



Paratoia cilindrica a cannocchiale



Sfioratore laterale



DIGA DI BASTIA (BL)

Cedimenti dell'opera



Lo sbarramento poggia su un potente banco di **sedimenti limosi saturi normalconsolidati** con intercalazioni torbose, di origine fluvio-glaciale (di spessore massimo di **100 m**) la cui potenza si riduce da ovest verso est; il sedimento, **andando verso est**, passa da materiali più fini a terreni con una granulometria con **maggior presenza di ghiaia e sabbie**, risultando pertanto questi ultimi **meno compressibili**.

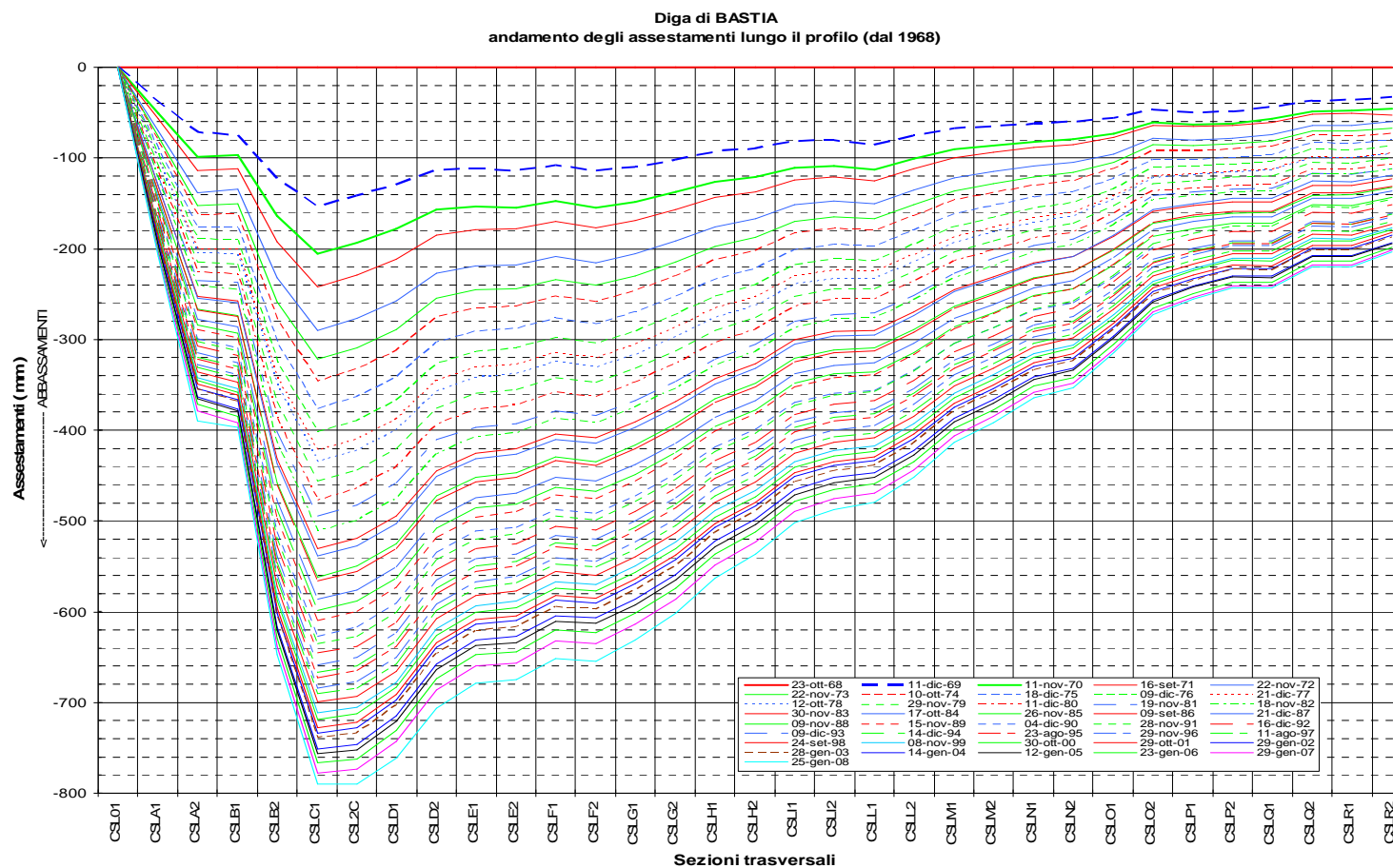
Il **substrato litoide** è costituito da rocce **calcareo-marnose rossastre** (Scaglia Rossa).

Di seguito sono riportati gli **assestamenti** registrati durante la vita dello sbarramento che hanno raggiunto valori superiori ai **2,5 m**.

DIGA DI BASTIA (BL)

Cedimenti dell'opera registrati dal 1968 (40 anni)

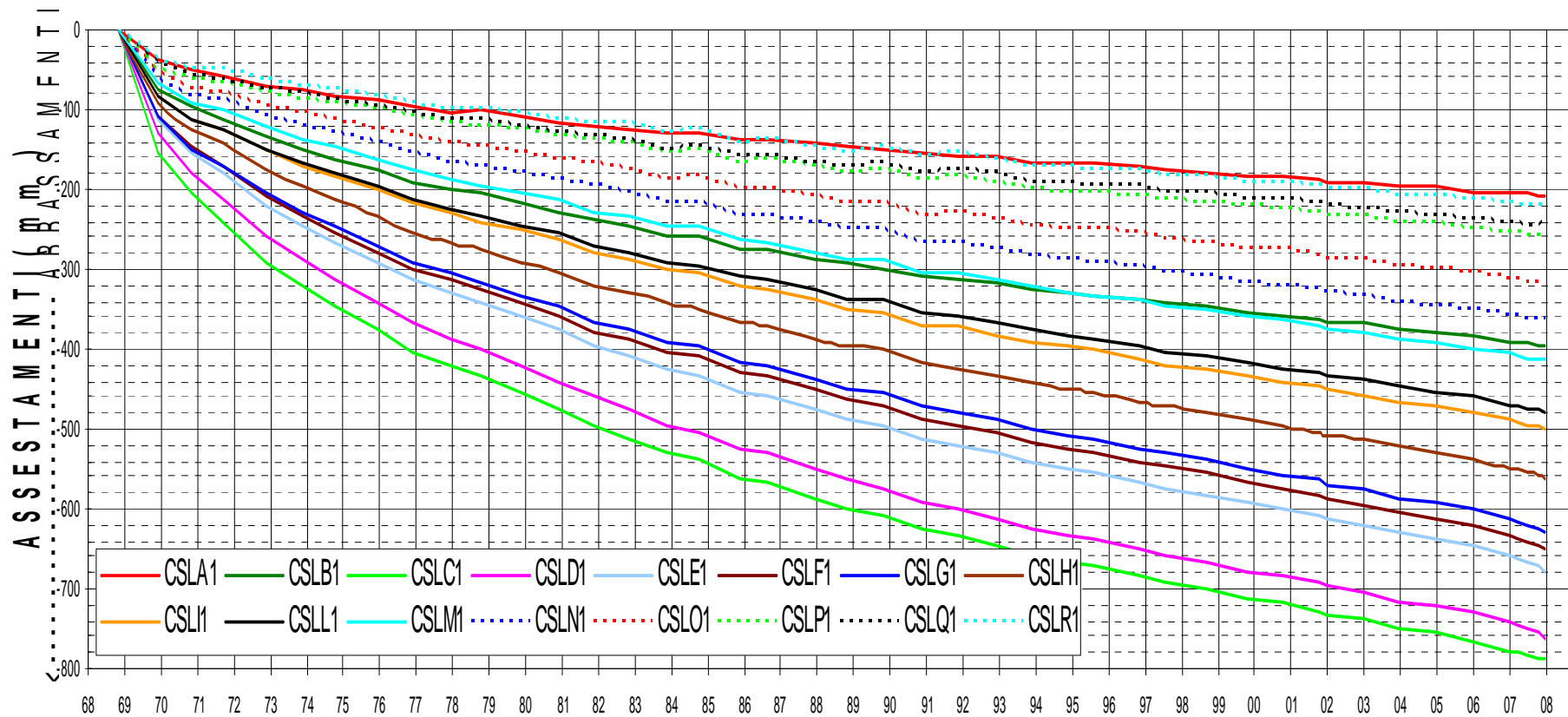
Diagramma degli assestamenti lungo il rilevato principale



DIGA DI BASTIA (BL)

Cedimenti dell'opera registrati dal 1968 (40 anni)

diagramma cedimenti - tempo di alcuni capisaldi significativi dal 1968



DIGA DI BASTIA (BL)

Progetto di ripristino del franco idraulico della diga (anno 2004)



Descrizione del Progetto

Per il ripristino della quota di coronamento (389,20 m s.l.m) il progetto ha previsto l'esecuzione di un sovrizzo del rilevato che a differenza di quello fatto nel 1967-68, è stato eseguito verso valle mantenendo perciò il paramento di monte esistente e prolungandolo con la stessa pendenza fino alla quota coronamento.

Per migliorare la stabilità il progetto è stato realizzato un **ingrossamento della sezione verso valle** tramite due banchine: la prima a quota 386,5 m s.l.m. di 3 m di larghezza, la seconda a quote variabili tra 383,50 e 384,0 m s.l.m. di larghezza variabile.

Su un tratto del paramento di monte della diga principale è stata realizzata una berma d'altezza modesta (quota 383,50 m s.l.m.) **con funzione stabilizzatrice** del rilevato (lato monte) **finché il processo di consolidazione porterà ad un miglioramento della coesione non drenata dei terreni di fondazione**. La berma è stata realizzata con terreno di tipo permeabile protetto dall'erosione con **materassi tipo "Reno"** di spessore 30 cm riempiti con pietrisco e ciottoli.

DIGA DI BASTIA (BL)

Progetto di ripristino del franco idraulico della diga (anno 2004)

Il terreno dell'ampliamento del rilevato della **diga principale** sarà costituito:

- per la parte sommitale e per il corpo diga, da terreni **impermeabili di tipo limoso con granulometria simile a quella del corpo del rilevato originario**, costipati al 90% della densità della prova Proctor modificata, mediante stesa del materiale al contenuto ottimo d'umidità e compattato in strati con rulli gommati o a piede di pecora;
- la **berma inferiore posta sul paramento di valle e quella a monte** saranno invece costituita da materiale più permeabile (sabbie e ghiaie limose) costipato al 95% della densità della prova Proctor modificata mediante stesa del materiale al contenuto ottimo d'umidità e compattato in strati di 30 cm di spessore con rulli gommati o rulli vibranti.



DIGA DI BASTIA (BL)

Progetto di ripristino del franco idraulico della diga (anno 2004)



Cave di prestito

Per ridurre l'impatto dei lavori sul territorio circostante sono stati scelti siti più prossimi alla diga all'interno dell'invaso idonei al prelievo del materiale da utilizzare per l'ampliamento del corpo diga questi sono risultati:

- per i terreni impermeabili (limi con sabbia argillosi o limi sabbiosi argillosi) **l'area all'interno del lago situata ad est del sifone Bastia**; tale area fu probabilmente già utilizzata in passato per i lavori di costruzione del corpo diga originario.
- per i terreni più permeabili (ghiaie sabbiose limose) e **l'area all'incile del torrente Tesa all'interno del perimetro del lago**

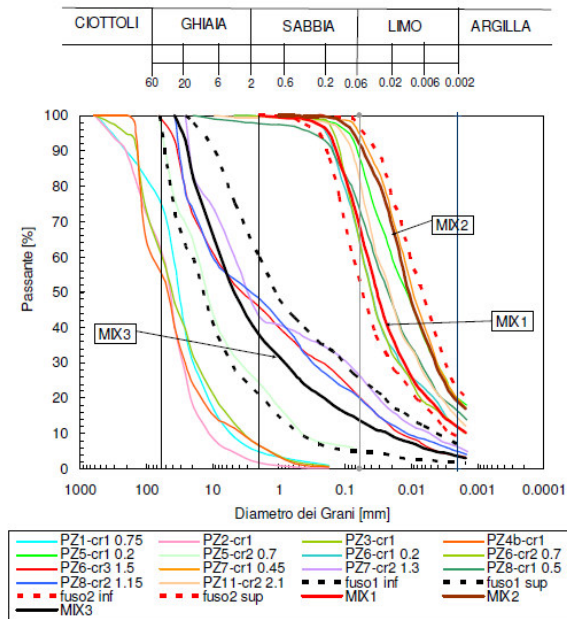


DIGA DI BASTIA (BL)

Progetto esecutivo (anno 2005)

Caratterizzazione stratigrafica e geotecnica presso le cave di prestito

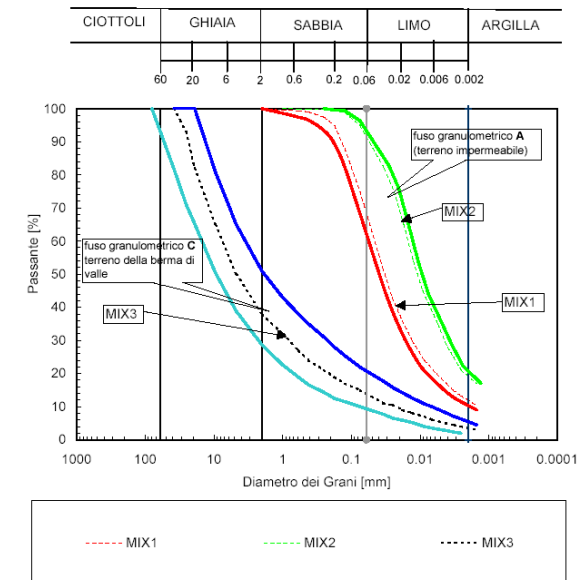
Nel gennaio del 2005, il CESI Centro Elettrotecnico Sperimentale Giacinto Motta S.p.A. ha eseguito una campagna di indagini di laboratorio finalizzata alla **caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei materiali prelevati presso le cave di prestito** che forniranno i materiali necessari al ripristino del franco della diga.



Dalle prove di laboratorio è stato possibile individuare le miscele dei materiali disponibili ed indagare gli indici, la resistenza meccanica al taglio e la permeabilità **al fine di scegliere i fusi granulometrici compatibili con i parametri geotecnici di progetto.**

FIG. 1

Diga di Bastia - Progetto di ripristino del franco idraulico - fusi granulometrici dei materiali da porre in opera



DIGA DI BASTIA (BL)

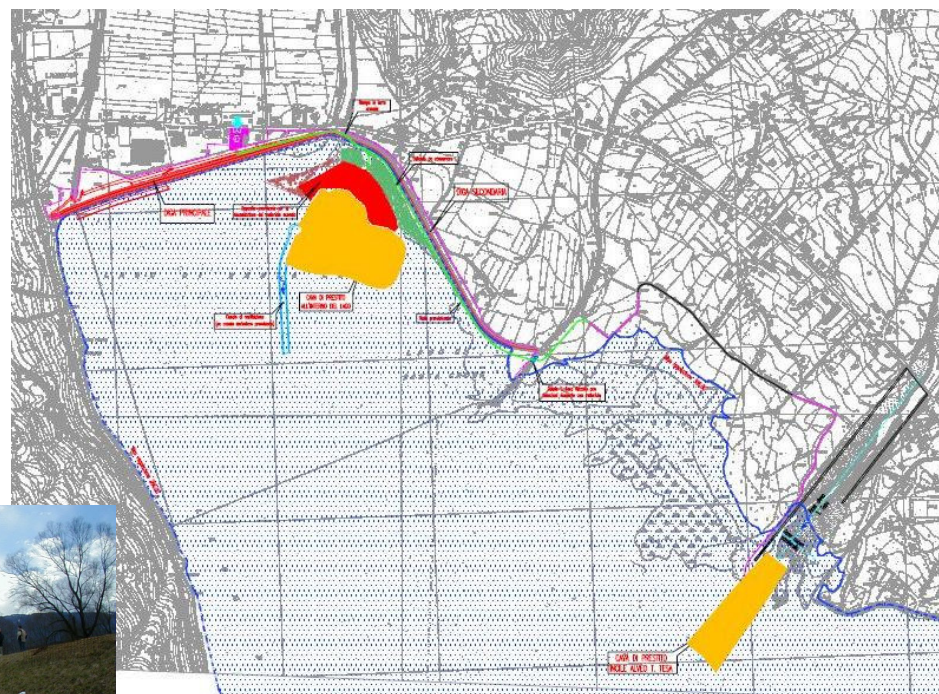
Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Recinzioni, box e approntamento della viabilità di cantiere.

Conformemente alle previsioni del PSC sono stati dapprima eseguiti il nuovo accesso carraio dalla S.P. n° 422, gli apprestamenti di sicurezza relativi alla recinzione, segnaletica ed ai servizi igienico sanitari del cantiere.

Di seguito sono state realizzate **le piste che collegano le cave di prestito alla diga**. In particolare dal torrente Tesa è stata realizzata una pista esterna all'area naturalistica dello Sbarai **lunga complessivamente 3,3 km** comprendendo anche un rilevato in terra armata per permettere l'attraversamento della diga presso il sifone Bastia, funzionale anche alla cava di prestito nel lago.



DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Particolare del rifacimento ed estensione dei drenaggio nel 2006



Fase di sfilamento del cassero



**Completamento e compattazione
del terreno costituente il filtro**

DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco (anni dal 2006 al 2009)



Estrazione e vagliatura del materiale granulare Tipo C dalla cava di prestito in alveo del T. Tesa (2006)

Il materiale granulare estratto dall'alveo è stato trasportato presso l'area attrezzata adiacente alla cava di prestito nel lago ove è stato sottoposto a vagliatura con parziale frantumazione e miscelato con il 12 % di materiale limoso (estratto dal lago) al fine di ottenere un miscela compatibile con il fuso granulometrico di progetto.



DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Alcune fasi della stesa e compattazione del terreno granulare tipo C sulla berma di valle



Compattazione per strati di **25 cm** finiti (circa 30 cm prima della rullatura) mediante rullatura in **8** passate con rullo a superficie liscia da **19 t** modello Hamm 3520 HT regolato alla velocità di **1,5 km/h** (il metodo è stato preventivamente testato su campo prove e approvato dal R.I.D).

DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Alcune fasi della realizzazione della berma di monte granulare tipo C e protezione con materassi tipo «Reno»



DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco (anni dal 2006 al 2009)

Riepilogo quantità e caratteristiche geotecniche del terreno granulare tipo C

Quantità messe in opera:

- Berma di valle diga principale: 35.600 m³;
- berma di monte diga principale: 5.000 m³;
- intervento sulla diga secondaria: 3.400 m³.

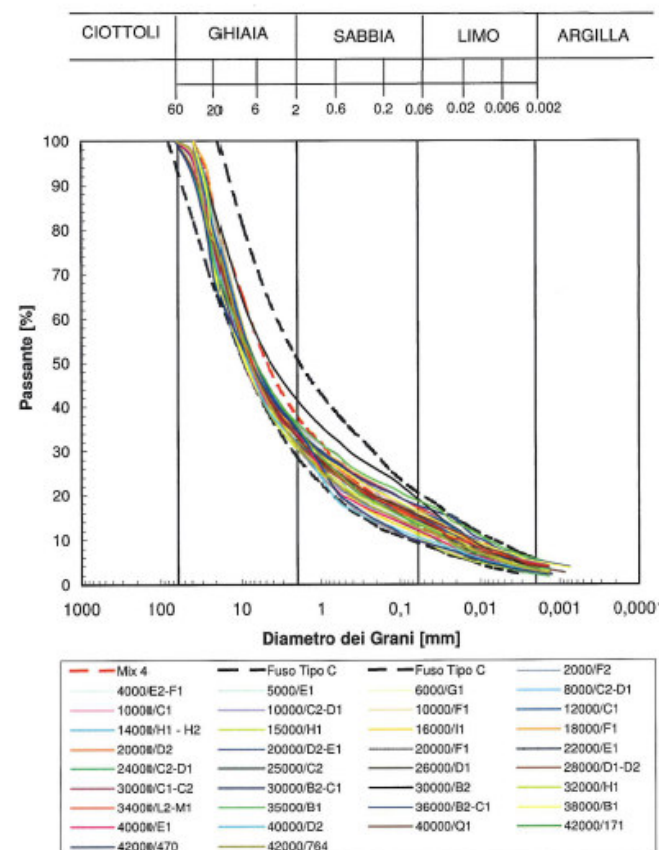
Per un totale di **44.000 m³** di cui la metà sono stati messi in opera da settembre a metà ottobre 2006.

I risultati delle prove “**Proctor Modificata**” danno una densità secca massima che mediamente è risultata di circa **22 kN/m³** con variazioni contenute ($\pm 0,3$ kN/m³) con una W_{opt} compresa tra **5.3 e 6.3%**.

I risultati delle **prove di densità in sito** danno valori superiori al **95%** della prova Proctor modificata; il valore medio è risultato **21,69 kN/m³**. Il valore minimo non è mai sceso sotto 20,75 kN/m³. L'umidità è risultata compresa tra **4 e 7%**

I limiti di Atterberg sono sempre risultati inferiori rispettivamente al limite plastico WP di 20% ed al limite liquido WL di 33%; l'indice plastico IP mediamente del 7% non ha superato il 12-13%.

Le prove triassiali tipo Tx CIU (consolidate non drenate) hanno confermato un **angolo d'attrito ϕ' superiore a 40°** e pertanto decisamente superiore al minimo richiesto.




DIGA DI BASTIA (BL)

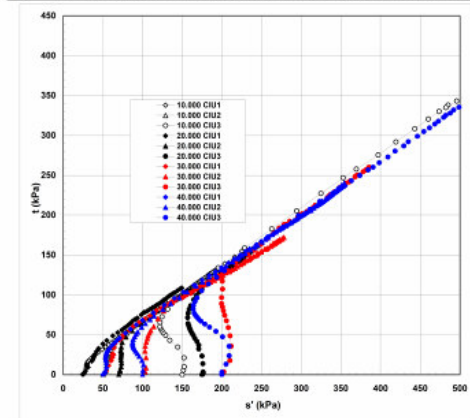
Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)

Riepilogo caratteristiche geotecniche del terreno granulare tipo C




										PROVA TRIASSIALE CUI									
										dati generali e diagramma $\epsilon - \sigma'$									
E n° matricola CUI33																			
nr.	data emiss.		operatore		responsabile		Completamento:												
5	2011/09/07		Capelli		Capelli		IMPRESA SALVATI DIGA DI BASTIA TIPO C												
Normativa di riferimento: ASTM D4787/06																			
Dati di caratterizzazione: M303																			
nr. CESA A5882018 del 15/02/05																			
Profondità (m): 0,1 - 0,25										Profondità (m): 0,1 - 0,25									
Data prova:										Data prova:									
										0 42									
										8,1 - 0,3 CUI									

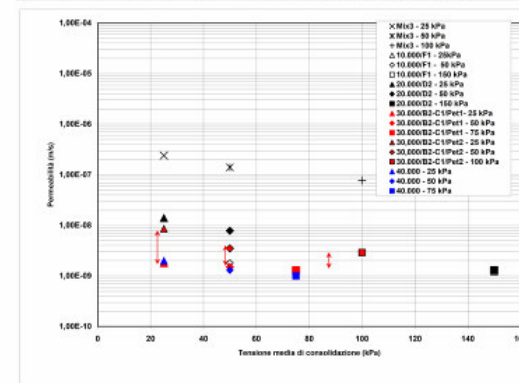
Caratteristiche		Poi di valore		Dati testati										Dati a fine consolidazione										Dati a rottura									
		Media	Stdev	Pro	Spa	D	H	T	W	%	U _{max}	%	U _{max}	%	U _{max}	%	U _{max}	%	U _{max}	%	U _{max}	%	U _{max}	%	U _{max}	%	U _{max}	%	U _{max}	%			
10000	21-06	04	98	100,0	174,8	0,70	7,6	21,26	0,21	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
20000	22-02	04	98	100,0	175,0	0,70	7,6	21,26	0,21	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
30000	21-06	04	98	100,0	175,0	0,70	7,6	21,26	0,21	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
40000	21-06	04	98	100,0	175,0	0,70	7,6	21,26	0,21	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
50000	21-06	04	98	100,0	175,0	0,70	7,6	21,26	0,21	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
60000	21-06	04	98	100,0	175,0	0,70	7,6	21,26	0,21	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
70000	21-06	04	98	100,0	175,0	0,70	7,6	21,26	0,21	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
80000	21-06	04	98	100,0	175,0	0,70	7,6	21,26	0,21	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
90000	21-06	04	98	100,0	175,0	0,70	7,6	21,26	0,21	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
100000	21-06	04	98	100,0	175,0	0,70	7,6	21,26	0,21	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	



Tipologia: Titolo: Modificatore:
 Geo_Matematica_03 **CU1** **CU1**

 ISMES Società a partecipazione paritetica				PROVA PERMEABILITA' FLUSSO COSTANTE dati generali e diagramma $k - \sigma'_1$									
nr.	data emiss.	operatore	responsabile	Completamento:									
5	2011/09/07	Capelli	Capelli	IMPRESA SALVATI DIGA DI BASTIA TIPO C									
Normativa di riferimento: ASTM D5091/07				w		w		d'		k		Profondità (m): Prova: Data prova:	
				%		MPa		MPa		MPa			
				25		25		2.406/07		2.406/07			
				39		39		1.406/07		1.406/07			
				100		100		7.116/08		7.116/08			
				22,7		22,7		85		85			
Dati di caratterizzazione: M303 nr. CESA A5882018 del 15/02/05													

Prova di volume statico, proprieta' di massa, prova			Dati iniziali				Caratteristiche della prova				Risultati della prova									
Circuito	media	prova	prova	D	H	Y	W	W ₀	W ₁	e ₁ ¹	e ₁ ²	K ₁	K ₂	B.P.	e ₁	e ₂	H	Y	I	K
	statica	prova	statica																	
mm ³	%	%	mm	mm	mm	mm ³	%	kg/m ³	%	%	MPa	MPa	MPa	MPa	%	cm ³ /h	cm ³	h	h	h
21.96	100	90	100.0	170.0	23.50	7.7	21.83	0.213	100	25	15	10	0.0	0.2	0.9	5.63E-05	67.5	3.9	1.00	1.00
									50	50	10	0.0	0.0	0.2	1.0	5.63E-05	680.0	3.9	1.00	1.00
									100	100	0.4	0.2	0.2	0.6	0.9	5.63E-05	704.0	6.3	1.00	1.00
									25	35	15	0.0	0.3	0.9	0.4	0.0001	177.6	10.0	1.00	1.00
									50	50	10	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0017	310.7	17.5	1.00	1.00
22.02	103	96	100.0	170.0	23.15	8.3	21.18	0.256	100	156	16	0.0	0.15	1.0	2.27E-04	380.0	21.9	7.36	0.96	0.96
									25	15	10	0.0	0.2	0.3	0.0	5.63E-05	111.0	5.0	1.00	1.00
									50	50	10	0.0	0.4	1.4	0.0	0.0006	86.7	1.9	1.00	1.00
									75	75	10	0.0	0.51	1.6	0.0	0.0005	107.9	4.58	1.00	1.00
21.84	101	90	99.9	182.0	22.38	8.3	20.84	0.203	100	25	15	0.0	0.2	0.3	0.0	5.63E-05	68.4	3.4	0.99	0.99
									50	50	15	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0011	146.5	8.3	1.00	1.00
									100	100	1.0	0.2	0.4	0.24	0.3	2.27E-04	201.3	20.12	0.96	0.96
21.86	100	90	100.0	188.1	20.92	8.3	19.32	0.311	100	20	15	0.0	0.2	0.3	0.0	5.99E-04	121.6	6.9	0.99	0.99
									50	50	10	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0046	103.5	16.3	1.00	1.00
21.93	109	99	100.0	170.0	23.16	7.8	21.47	0.234	100	20	15	0.0	0.2	0.3	0.0	5.99E-04	121.6	6.9	0.99	0.99



Tipologia: Titolo: Modificatore:
 Geo_Matematica_03 **CU1** **CU1**

DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Estrazione materiale limoso TIPO A dalla cava di prestito nel lago.

Per accedere alla cava di prestito nel lago, causa della scarsa portanza del materiale normalconsolidato saturo d'acqua, è stata necessaria la realizzazione di un consistente cassonetto in materiale ghiaioso su tessuto in polipropilene, di elevate caratteristiche meccaniche, impermeabile ad alta resistenza e risvoltato sui lati. I mezzi escavatori hanno spesso impiegato degli zatteroni in legno disposti sotto i cingoli.



DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Parziale essiccamento del terreno limoso con forno

Essiccatore rotante a gas

La seconda soluzione proposta dall'impresa, poi applicata per l'esecuzione dei lavori, è stata l'asciugatura del terreno mediante un impianto temporaneo per l'essiccazione di inerti; pertanto, nei mesi di luglio, agosto e settembre 2007, **è stato allestito un forno a tamburo rotante del diametro di 3 m e della lunghezza di 24 m alimentato a gas metano tramite una linea dedicata**. La velocità di rotazione del forno è all'incirca pari a 5 giri al minuto.

L'impianto che è corredato da una tramoggia di carico del limo, un nastro trasportatore di caricamento, un nastro trasportatore di scarico della bocca del forno, un bruciatore a metano di **potenza massima 10.000 kW** e da un aspiratore del vapore. Completano l'impianto una serie di **filtri a manica per trattenere le polveri** e una **griglia per la vagliatura del materiale essiccato** per l'allontanamento della ghiaia e dei ciottoli che vengono conglobati nel limo durante le attività di estrazione e stoccaggio.

Inizio dell'allestimento dell'impianto **luglio 2007** – fine impiego **novembre 2009**

Il materiale per la posa è stato disponibile da settembre 2007

DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Parziale essiccamento del terreno limoso con forno

Montaggio dell'impianto essiccatore in funzione
Particolare dell'interno di una sezione del cilindro del forno
sono visibili le palette che consentono l'avanzamento del terreno



DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Parziale essiccamento del terreno limoso con forno



Condotta interrata DN 180
per l'alimentazione del bruciatore del forno a gas metano



Montaggio del forno

DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)

Parziale essiccamento del terreno limoso con forno



Vista generale del forno in esercizio con la tramoggia ed il nastro di carico

DIGA DI BASTIA (BL)
Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)
Parziale essiccamento del terreno limoso con forno



Vista del caricamento dalla tramoggia di carico

DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Parziale essiccamento del terreno limoso con forno



Vista del forno in esercizio con il nastro di scarico del terreno trattato

DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Parziale essiccamento del terreno limoso con forno

Contenuto d'acqua iniziale $w=32-35\%$ Contenuto d'acqua finale $w=13\%$

Consumi:

La quantità di materiale tipo A parzialmente essiccato con il forno è stata pari a 55.000 m³ misurati su sezione in opera, ai quali vanno aggiunti ulteriori 5.000 m³ mescolati al materiale granulare tipo C, con un consumo di circa **1.900.000 m³** di gas metano.

Il consumo medio di gas necessario al trattamento di un metro cubo di materiale asciugato e compattato (misurazione su sezione in opera) è stato pari a **32 m³** circa contro i 29 m³ calcolati strettamente necessari calcolati senza le perdite di calore (buon rendimento del sistema).

- Produzione oraria media: **30 m³/ora**;
- Consumo orario di gas medio: **900÷1000 m³/ora**;
- Ore di funzionamento del forno: **2000 ore circa**

DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Stesa e compattazione terreno limoso tipo A



Ricarica sulla 2° berma di valle con impiego di pala cingolata e 2 rulli

DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)

Scavo della parte sommitale del coronamento



Particolari del materiale utilizzato durante l'intervento di ricarica del 1967-68 proveniente dall'alveo del t. TESA

DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Stesa e compattazione materiale limoso tipo A sul coronamento

Compattazione per strati di **15 cm** finiti (circa 20 cm prima della rullatura) mediante rullatura in **4 passate con rullo vibrante tassellato** da 19 t modello Hamm 3520 HT regolato alla velocità di 1,5 km/h e vibrazione a 30 Hz e successive **6 passate con rullo vibrante a superficie liscia** con un rullo vibrante a superficie liscia Bitelli Ghibli C100 da 11 t regolato alla velocità di 1,5 km/h.



DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Stesa e compattazione materiale limoso tipo A sul coronamento



Profilatura dei paramenti di monte e di valle con asportazione del materiale poco compattato

DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)

Riepilogo quantità e caratteristiche geotecniche del terreno limoso tipo A

Quantità messe in opera:

- Diga principale: **55.000 m³**;

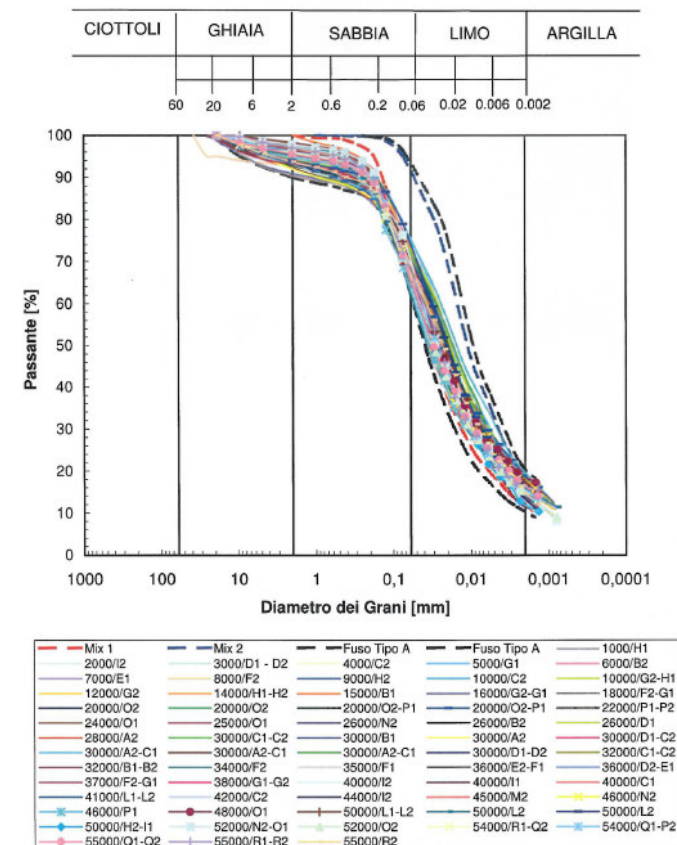
Caratteristiche geotecniche terreno "A"

Le **umidità del terreno** durante la compattazione sono risultate comprese tra **11% e 16%** con una media di **13.2%** e quindi molto prossima alla media delle umidità ottime ottenute dalle prove Proctor modificata ($W_{opt}=13\%$); ciò ha consentito di ottenere pesi di volume sempre superiori al 90% del peso di volume secco della Prova Proctor Modificata; infatti i pesi di volume del terreno secco sono risultati compresi tra **16,2 e 19,2 kN/m³** con un valore medio di **17,7 kN/m³**.

Limiti di Atterberg: i valori del limite liquido WL sono compresi tra 28 e 41 % con una media del 34%, mentre il limite plastico Wp ha valori compresi tra 19 e 27% con un valore medio di 22 %. L'indice plastico IP risulta compreso tra 10% e 16% con una media del **13%**.

Le prove triassiali (Tx CIU) eseguite sui campioni ricostruiti hanno indicato i seguenti parametri di resistenza:

coesione $c' = 15$ kPa ed angolo d'attrito $\phi' = 32^\circ$.



DIGA DI BASTIA (BL)

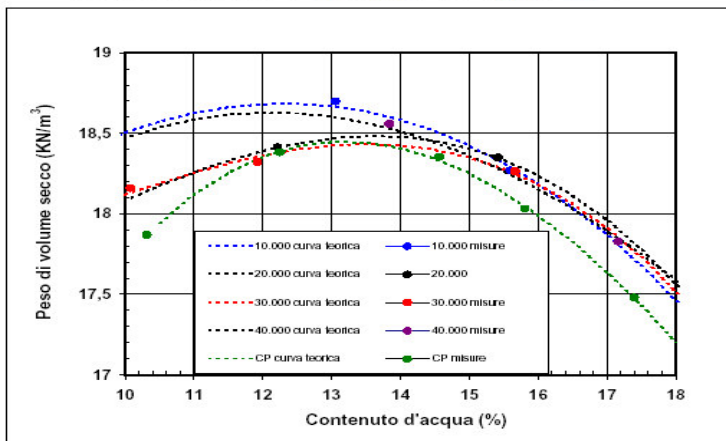
Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Riepilogo quantità e caratteristiche geotecniche del terreno limoso tipo A

				CURVA DI COMPATTAZIONE PROCTOR			
Divisione Ambiente e Territorio di CERI S.p.A.							
rev.	data emiss.	operatore	responsabile	Committente:	IMPRESA SALVATI		
0	31/10/08	Ranzani	Capelli	Cantiere:	DIGA DI BASTIA		
Normativa di riferimento: ASTM D1557/01				Materiale:	TIPO A		
				Profondità [m]:	0,1 - 0,25		
				Prova:	PrM 1		
				Data prova:	31/10/08		

Peso di volume massimale ottimale	CP	10.000	20.000	30.000	40.000
Peso di volume umido (KN/m³)	20,89	20,98	20,99	20,92	20,88
Umidità (%)	13,20	12,30	13,60	13,50	12,10
Peso di volume secco (KN/m³)	18,45	18,68	18,48	18,43	18,63



Tipo di compattazione: PROCTOR MODIFICATO
Diametro formatore: 4 pollici

Nota:

CP: Prova eseguita sui materiali utilizzati nelle prove di compattazione in sito del rilevato "Campo Prova" di Agosto 2007 e successivamente sul rilevato del "Campo Prova 2" di settembre 2007

				PROVA TRIASSIALE CIU			
Divisione Ambiente e Territorio di CERI S.p.A.				dati generali e diagramma t - s'			
rev.	data emiss.	operatore	responsabile	Committente:	IMPRESA SALVATI		
0	31/10/08	Capelli		Cantiere:	DIGA DI BASTIA		
Normativa di riferimento: ASTM D4267/05				Materiale:	TIPO A		
Data di caratterizzazione: MR1				Profondità [m]:	0,1 - 0,25		
ref. CERI A50820 10 dal 15/02/05				Prova:	CIU		
				Data prova:			

Caratteristiche		Post di volume: % sito-progetto		Dati iniziali										Dati a fine consolidazione										Dati a rottura			
		Media kg/m³	Prop. %	Site	D mm	H mm	γ kg/m³	w %	γ _d kg/m³	σ _v MPa	σ _v ' MPa	K	B.P. MPa	D MPa	σ _v MPa	σ _v ' MPa	e	DFC g/mm	w %	σ _v MPa	σ _v ' MPa						
emiss p	16,45	07	09	50,0	100,0	19,53	19,4	16,36	0,62	25	25	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4					
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24	0,63	75	75	1,0	400	0,98	0,98	1,04	0,95	1,0	0,020	147,4	263,1	23,4						
16,45	07	09	50,0	100,0	19,43	19,4	16,24																				

DIGA DI BASTIA (BL)

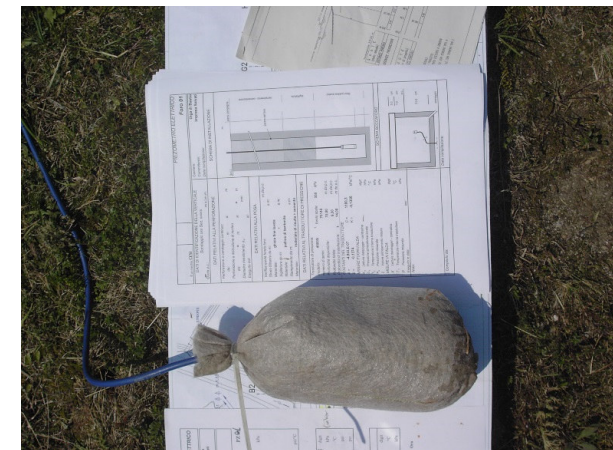
Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)

Strumentazioni installate durante i lavori

Durante l'esecuzione dei lavori sono state adeguate e installate le seguenti strumentazioni di controllo

- **Assestimetri** a piastra (nuovi);
- **Assestimetri** a punti magnetici (sopraelevazione degli esistenti e uno nuovo);
- **Prolungamento** dei piezometri esistenti a tubo aperto (per il mantenimento dello storico);
- **Piezometri/manometri elettroacustici MGK** a corda vibrante (nuovi);
- **Piezometri tipo Casagrande** (nuovi);
- Punti di misura della **portata** dei drenaggi e del fosso di guardia a valle diga.

L'illustrazione dettagliata di tali sistemi di misura e dei relativi dati monitorati durante i lavori e fino ad oggi è oggetto dell'intervento successivo.



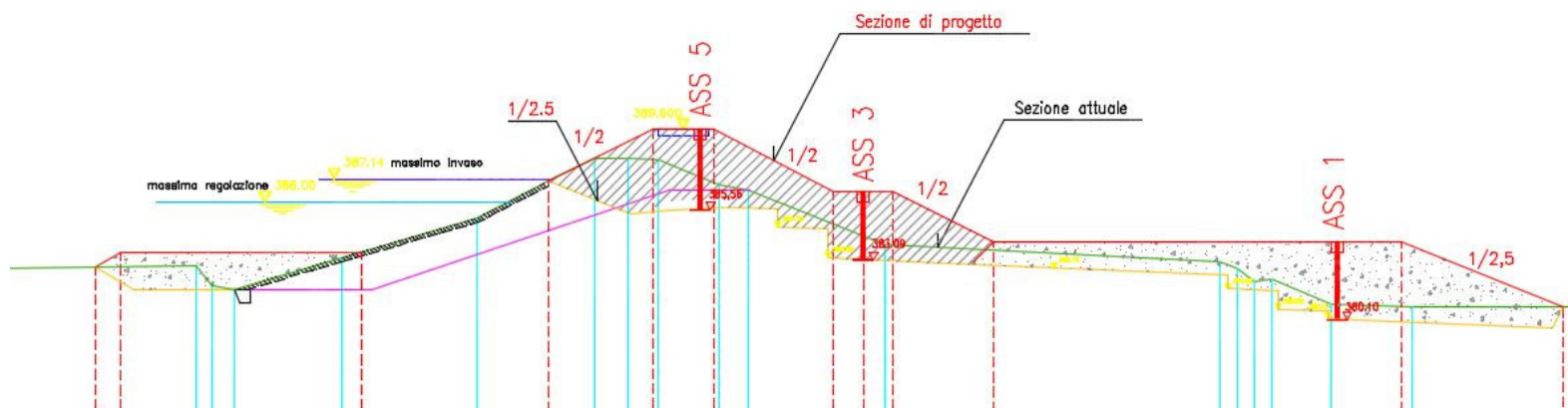
DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)

Installazione e controllo degli assestimetri a piastra durante i lavori

Per il controllo dei cedimenti del rilavato durante i lavori e dopo sono stati installati 6 assestimetri a piastra disposti rispettivamente sulla sezione C1 (denominati ASS1, 3 e 5) e sulla sezione I1 (denominati ASS 2, 4, 6).

La base metallica con impronta da 50x50 cm è stata adagiata sul piano di scavo, previo livellamento con sabbia, prima dell'esecuzione dei rilevati; mentre il controllo è avvenuto tramite livellazione periodica della testa del tubo verticale collegato alla base e protetto da un tubo camicia corrugato. L'asta è stata poi prolungata con appositi manicotti in funzione dell'avanzamento dei rilevati.



Sezione C1

DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Diagramma degli abbassamenti risultanti dagli assestimetri a piastra durante i lavori

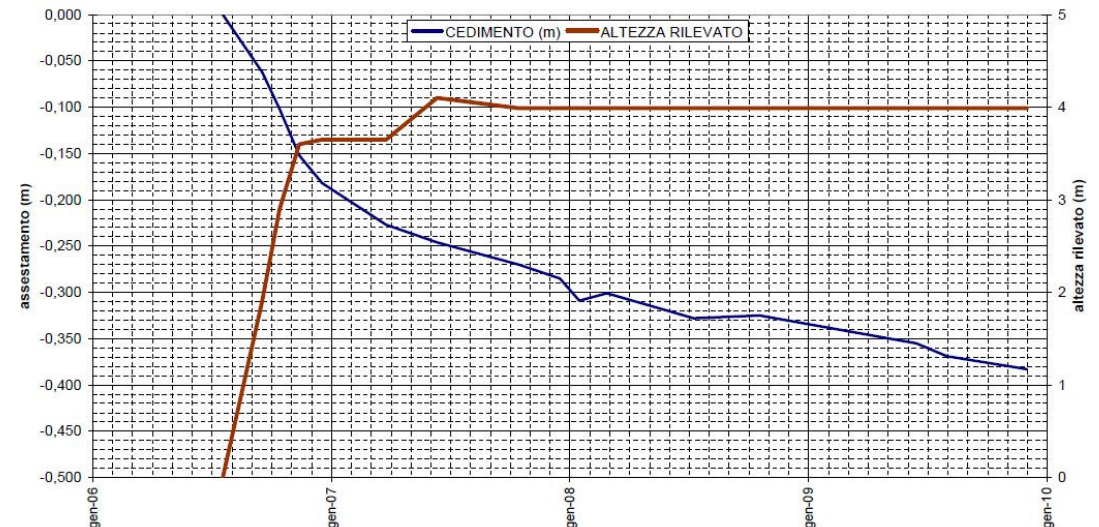
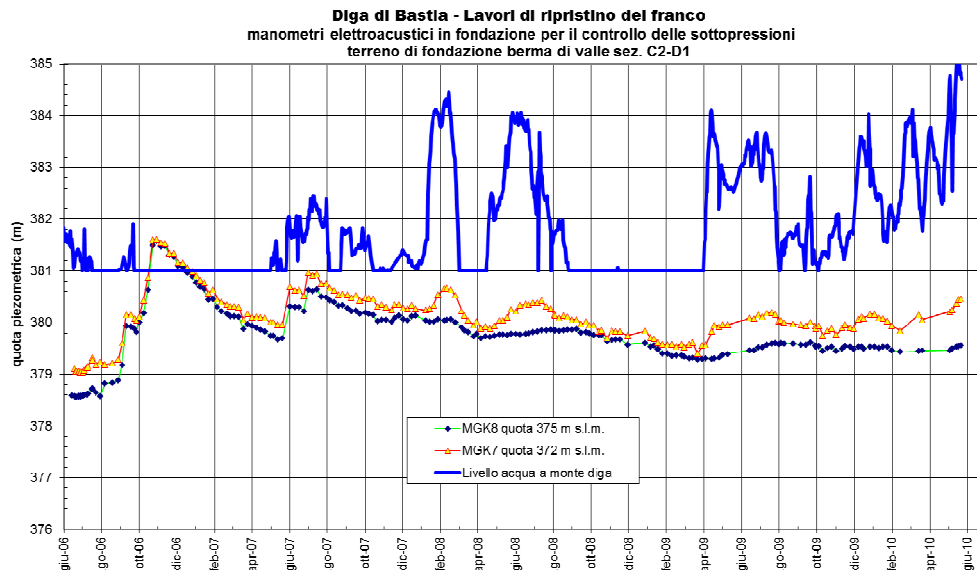
In corrispondenza della sezione C1 più significativa sono stati registrati abbassamenti di **5 cm** sulla parte alta a livello del coronamento a fronte di un a ricarica di 4 m circa, **12 cm** sulla berma intermedia e **38 cm** al piede diga verso il fosso di guardia, ove il terreno era più compressibile come già evidenziato in progetto. Infatti, in questa sezione sulla fondazione della berma, si è stimato un cedimento di 73 cm all'85% del completamento della consolidazione primaria (anno 2040).



AdB ER Ingegneria Civile e Idraulica SNE

AdB ER UBI Vittorio Veneto

Diga di Bastia - berma di valle
Assestmetro ASS1 sez. C1 - **CAPISALDI AGGIORNATI**



DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Controllo in opera dei terreni utilizzati per la formazione dei rilevati durante i lavori

Entrambe le miscele limose (tipo A) e granulari (tipo C), oltre ai controlli preliminari durante i campi prova, hanno subito delle verifiche qualitative costanti tramite prove geotecniche in sito e in laboratorio con la seguente cadenza:

Ogni 1000 m³ di materiale steso fino a 10'000 m³ e ogni 2000 m³ di materiale steso oltre i 10'000 m³

- Determinazione del volume in sito con volumometro a sabbia e determinazione dell'umidità (con forno in cantiere) e analisi granulometrica di laboratorio con determinazione dei limiti di Atterberg.(plastico e liquido);

Ogni 5000 m³ di materiale steso

- Analisi granulometrica di laboratorio con determinazione dell'umidità dei limiti di Atterberg (plastico e liquido);

Ogni 10'000 m³ di materiale steso

- Prove integrative di laboratorio: curva di compattazione Proctor, prova di permeabilità a flusso costante, prova triassiale Tx CIU
- Inoltre sono stati effettuati controlli giornalieri dell'**umidità residua del materiale trattato nel forno della temperatura in uscita sia del terreno che dell'aria secondo le prescrizioni dell'autorità di controllo**

DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Determinazione della densità in cantiere del terreno riportato con volumometro a sabbia

I controlli di cantiere sono stati eseguiti da incaricato del CESI

Il metodo misura prevede di praticare un foro nel terreno e di riempirlo tramite apposita attrezzatura contenente sabbia calibrata di peso specifico noto. Dalla differenza tra il peso iniziale e quello finale è possibile calcolare il volume della sabbia necessari al riempimento del foro.

Il peso specifico del terreno umido è calcolato dividendo il peso del materiale asportato nel foro per il volume del foro; dopodiché il materiale viene asciugato con un forno ed è ripeso per stabilire il contenuto di umidità.



DIGA DI BASTIA (BL)

Lavori per il ripristino del franco idraulico (anni dal 2006 al 2009)



Controllo dei terreni impiegati per il rilevato durante i lavori

Esempio di certificato di prova materiale granulare tipo C ogni 2000 m³

ISMES E un marchio CESI

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME IN SITO CON VOLUMOMETRO A SABBIA

rev.	data emiss.	spettatore	responsabile
0	11/09/2006	Capelli	Capelli

Normativa di riferimento: ASTM D1555-99
 N° certificato di prova: 01
 N° verbale di accettazione: 0/00

Committente: **IMPRESA SALVATI**
 Cantiere: **DIGA DI BASTIA**
 Materiale: **TIPO C**
 Progressivo/Sezione: **10006/C1**
 Profondità [m]: **0,1 - 0,25**
 Prova: **γ₁**
 Data prova: **05/09/2006**

Cadenza controllo	Data	Volume progressivo	Riferimento	Sezione	Quota
[m ³]	[gg/mm/aa]	[m ³]			[m]
2.000	05/09/2006	10.000	Berna di valle	C1	381,40

Attrezzatura utilizzata

Identificazione bidonelli sabbia:	A
Identificazione cono sabbia:	V1
Peso bidonelli + sabbia A (gr):	7145,0
Peso sabbia nel cono B (gr):	1516,25
Densità secca di riferimento sabbia C (gr/cm ³):	1,33

Valori di prova

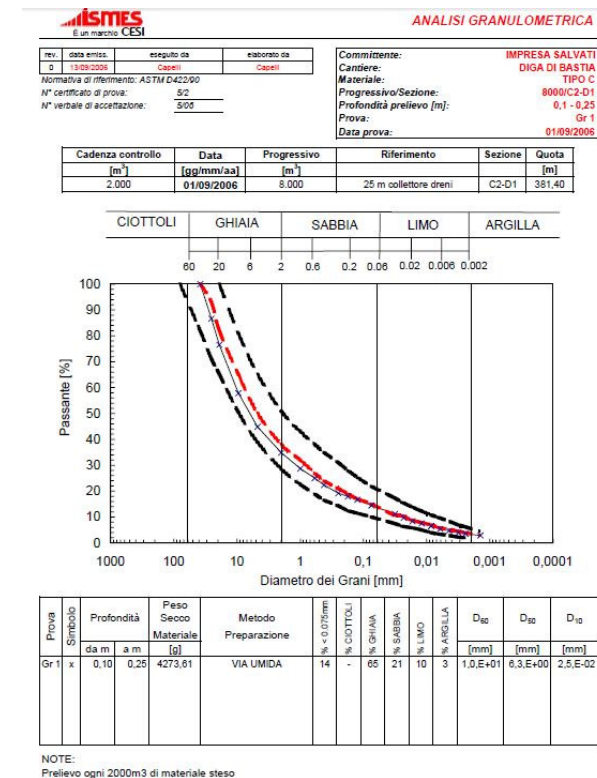
Peso bidonelli + sabbia residua (D) (gr)	3954,5
Peso sabbia nel foro (E=A-B-D) (gr)	1672,3
Volume del foro (F=E/C) (cm ³)	1257,3
Peso materiale umido asportato (G) (gr)	2951,0
Peso materiale secco asportato (H) (gr)	2762,0

Risultati di prova

Umidità materiale asportato I=(G-H)/H (%)	6,8
Peso di volume umido misurato L=G/F*9,81 (KN/m ³):	23,02
Peso di volume secco misurato M=H/F*9,81 (KN/m ³):	21,55

Norma di riferimento: ASTM D 1556 - 90
 Temperatura di prova (C):

NOTE:
 Prelievo ogni 2000m³ di materiale stesso



DIGA DI BASTIA (BL)

Ripristino del manto erboso (anno 2010)



In ottemperanza al progetto, al termine dei lavori di ricarica e posa dei cavidotti di alimentazione della strumentazione di controllo della diga, sul paramento di valle ed sul paramento di monte è stato ripristinato il manto erboso con funzione di protezione antierosiva.

A tal fine è stata eseguita una **idrosemina potenziata**, con miscuglio oppositamente studiato in funzione delle caratteristiche del terreno (Ph basico e carenza di azoto) e caratterizzato dall'impiego specie erbacee con **apparato radicale profondo e a ridotta crescita della biomassa epigea.**

La semina è stata preceduta da trattamento diserbante della flora avventizia e leggera erpicatura del fondo troppo compatto.

Miscuglio erbaceo

COMPONENTE	DOSE g/m ²
Semente	35
Fertilizzante organo minerale complesso con microelementi a lenta cessione	30
Fertilizzante azotato a pronto effetto	25
Mulch di fibre di legno a matrice legata	80
Mulch di cellulosa	80
Ammendante organico	160
Aggrappante/fissativo	3
Collanti naturali	25
TOTALE	438

SPECIE	VARIETA'	% in peso
Lolium perenne	Mondial	20
Festuca arundinacea	Chochise	30
Festuca arundinacea	Asterix	11
Festuca rubra	Echo	15
Poa trivialis	Solo	2
Festuca pratense	Laura	6
Lotus Corniculatus	Leo	3
Trifoglio repens nano	Ronny/Huia	3
Lupinella		3
Veccia comune	Aneto/Nitra	5
Cynodon Dactylon	Casino Royale	2

DIGA DI BASTIA (BL)

Ripristino del manto erboso (anno 2010)



Preparazione del fondo
(6 settembre 2010)



Idrosemina
(15 settembre 2010)

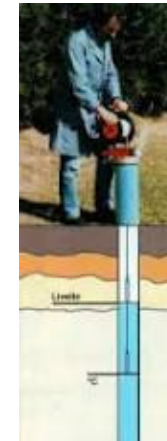


Attecchimento
(al 19 novembre 2010)



Misure attualmente condotte per il controllo dell'opera:

- Misure delle portate
- Misure piezometriche
- Misure topografiche



Misura delle portate riferite al fosso di guardia



Punto di misura A



Punto di misura B



Punto di misura C



Punto di misura D

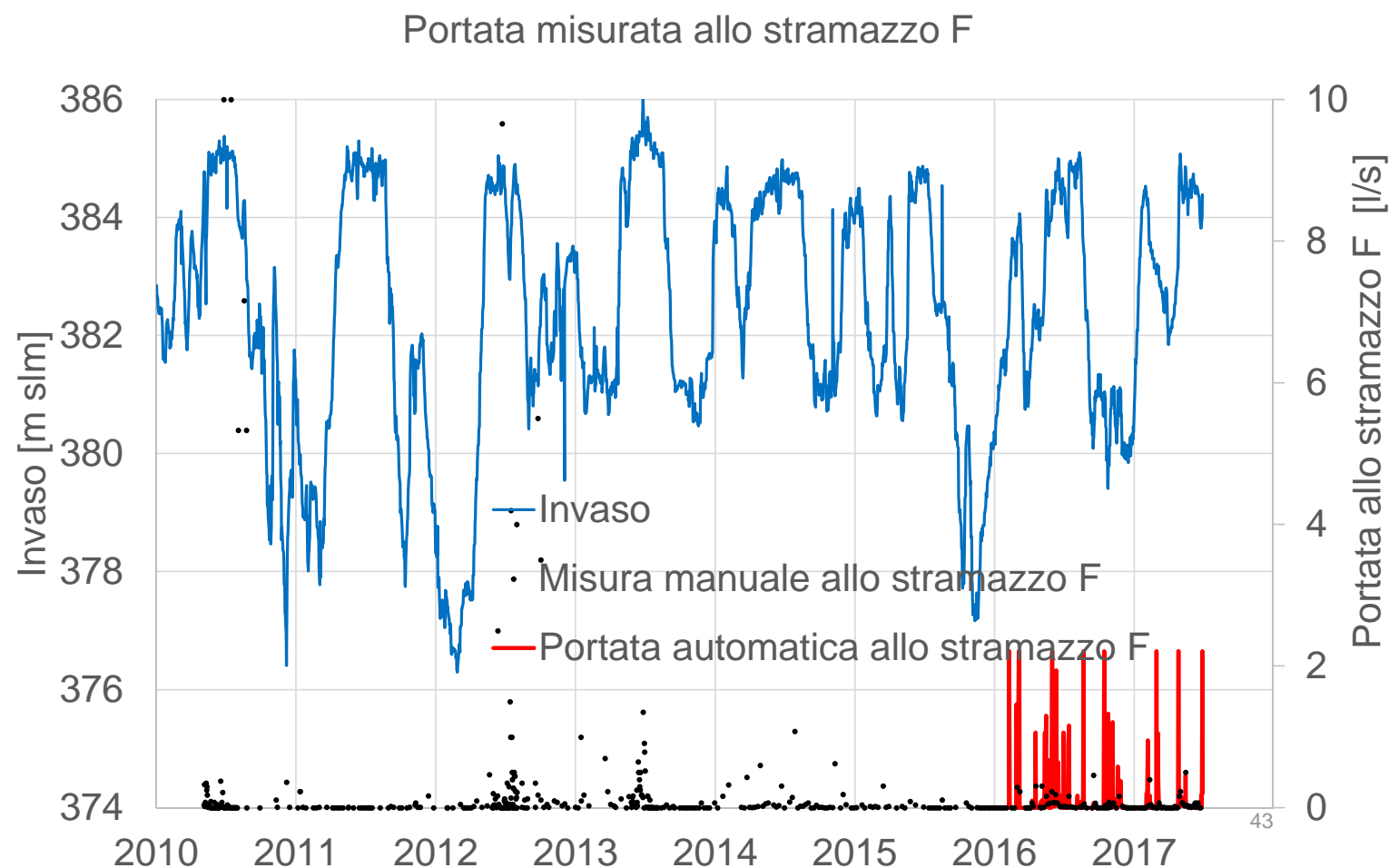


Punto di misura E

Misure alle portate riferite ai drenaggi del corpo diga



Punto di misura F



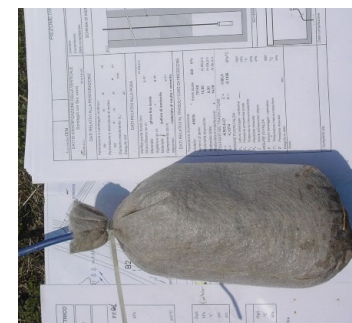
Misure piezometriche



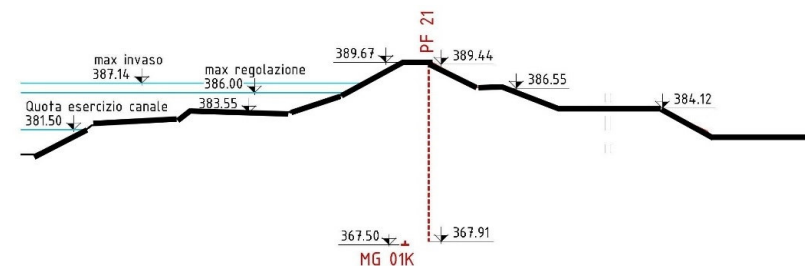
Piezometri Casagrande



Manometri elettroacustici



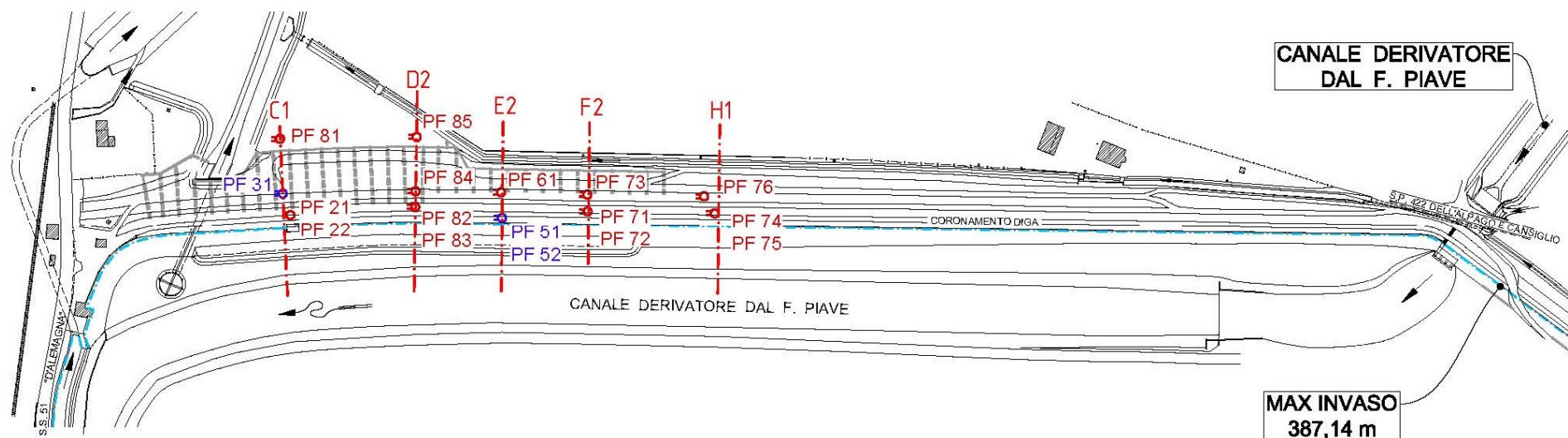
Piezometria nelle sezioni rappresentative



Misure piezometriche – Strumenti Casagrande



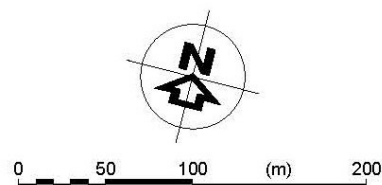
PIEZOMETRI



• PF Piezometri "Casagrande" installati nel 2001 e prolungati nel 2009 con pozzetto di testa e fondazione porta cassetta sensori ESSDI (vedi dis. n° 11735)

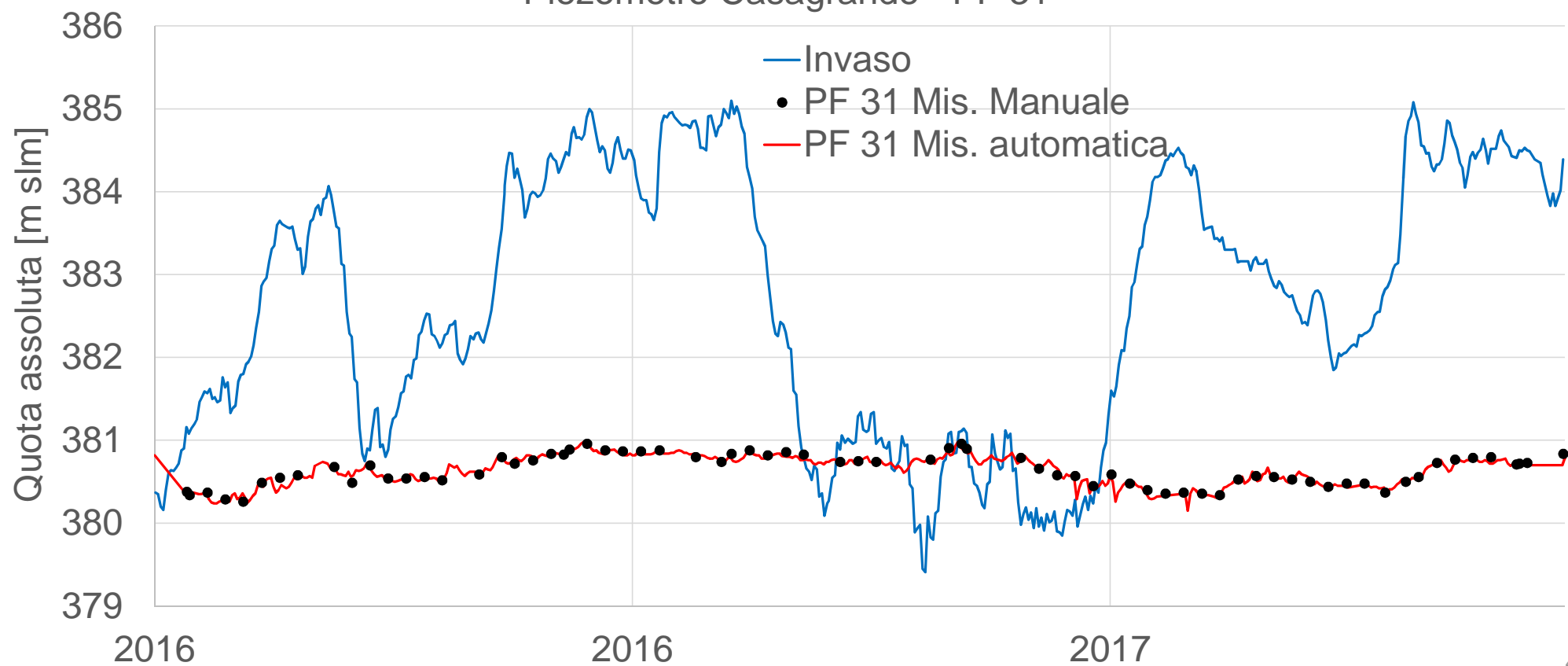
• PF Piezometri "Casagrande" installati nel 2009 con pozzetto di testa e fondazione porta cassetta sensori ESSDI (vedi dis. n° 11735)

LAGO DI S. CROCE



Misure piezometriche

Piezometro Casagrande - PF 31



Misure topografiche



Livellazione



Misure agli assestimetri a piastra

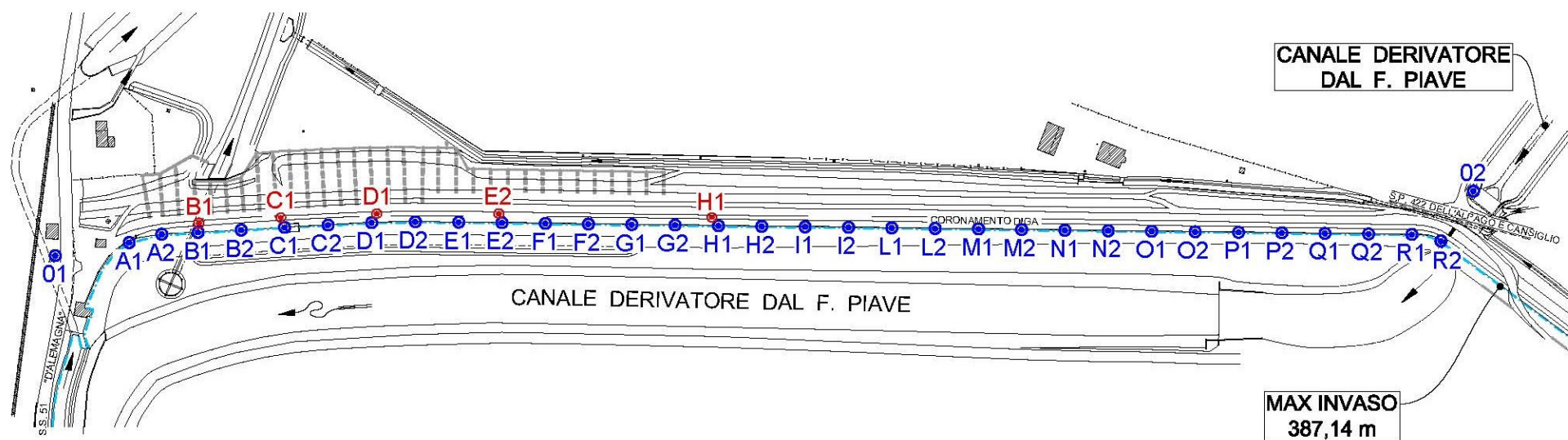
Misure agli assestimetri BRS



Livellazione

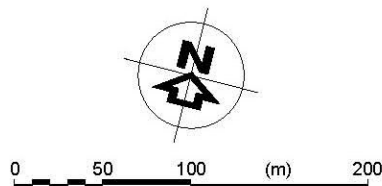


LIVELLAZIONI



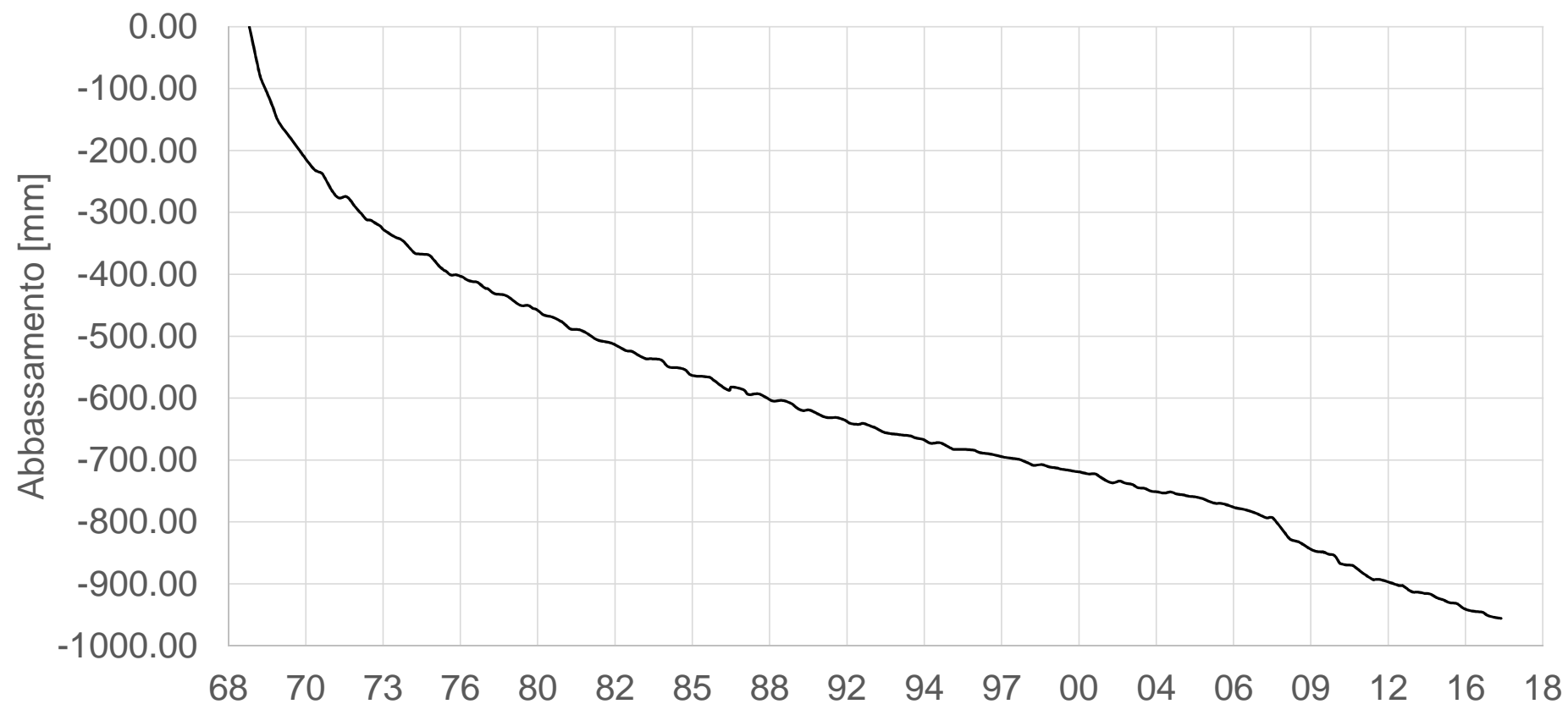
- CS** Caposaldi di livellazione installati sul piano di coronamento nel 2010
- CSL** Caposaldi di livellazione installati nel 1968

LAGO DI S. CROCE

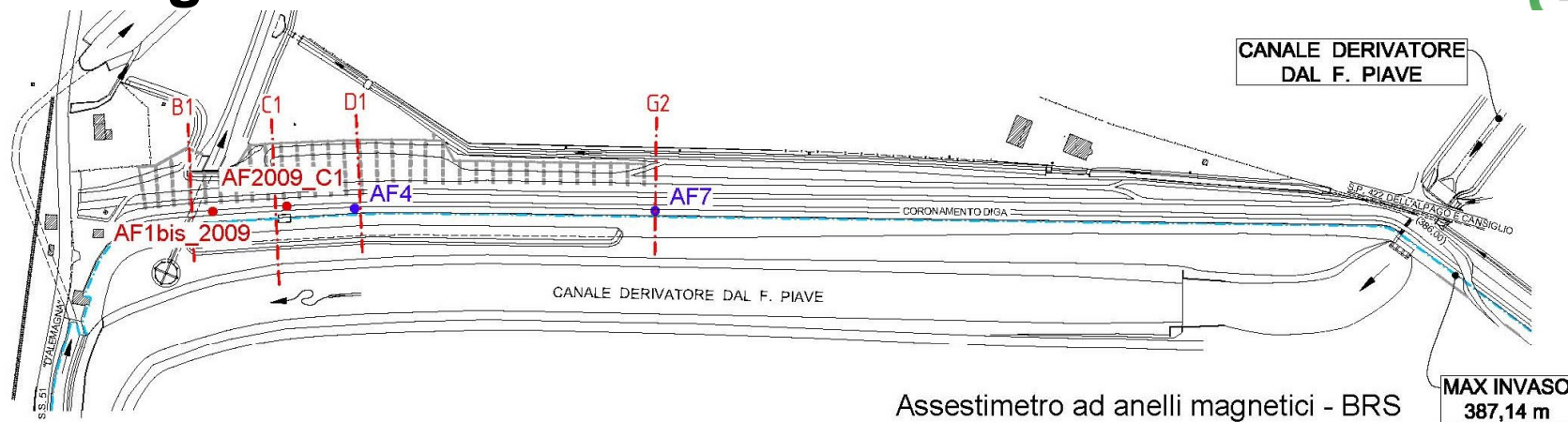


Livellazione

Caposaldo di livellazione sul bordo piastra CSL C1

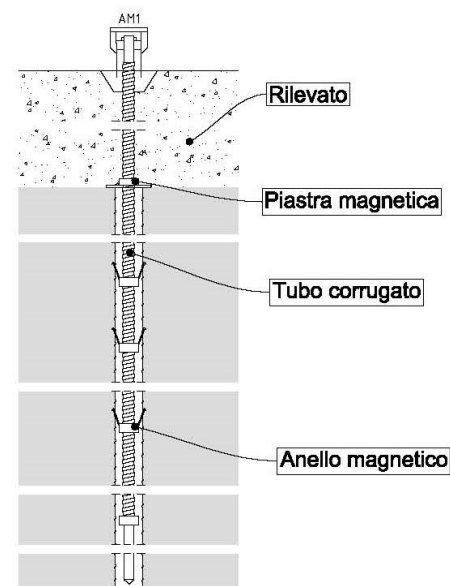
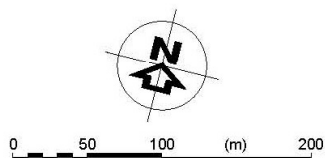


Misure agli assestimetri BRS



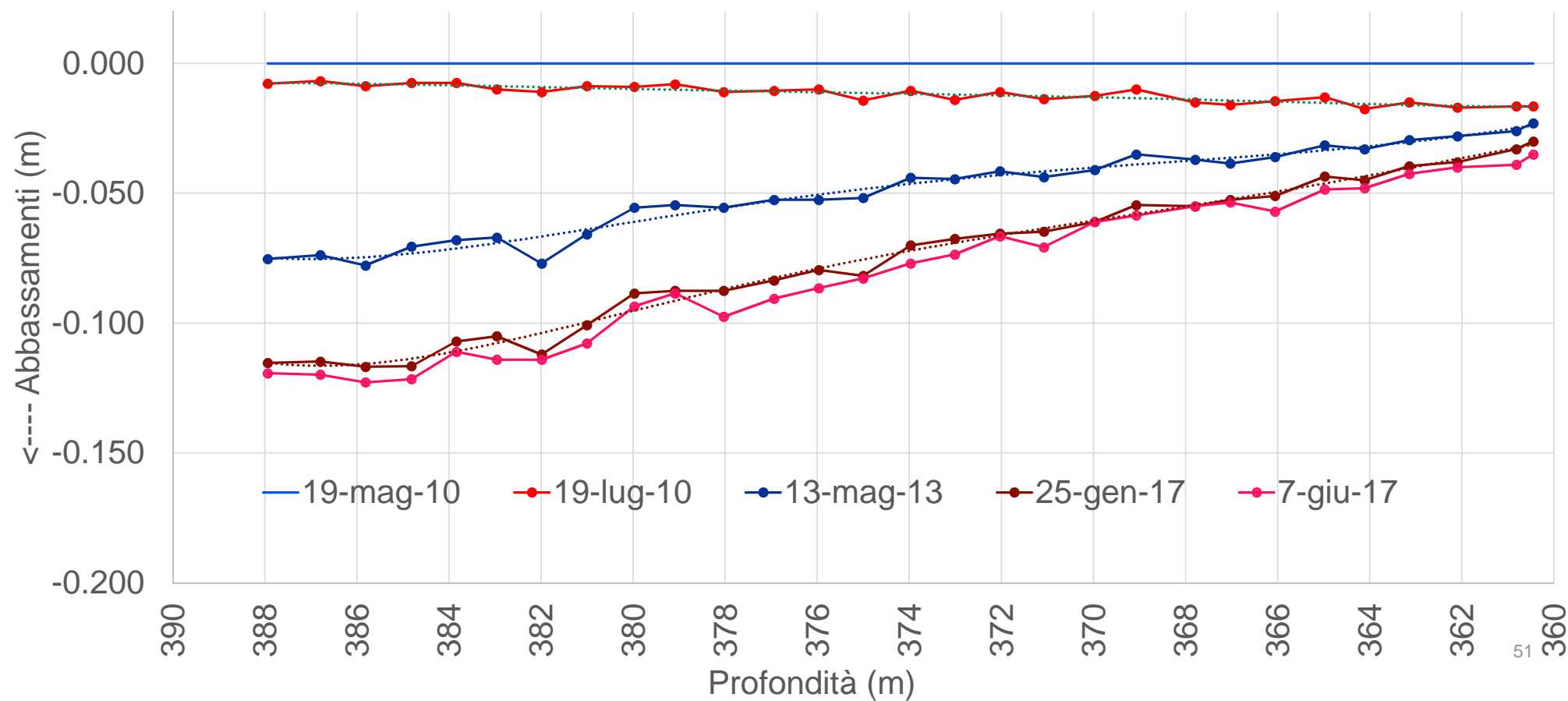
- **AF** Assestimetro a punti magnetizzati installato nel 2001 e prolungato nel 2009
- **AF** Assestimetro a punti magnetizzati AF1_2009 installato nel 2009 (in sostituzione dell'esistente danneggiato)

LAGO DI S. CROCE



Misure agli assestimetri BRS

ASSESTIMETRO BRS AF2009_C1 - sez. C1



DIGA DI BASTIA (BL)

Collaudo dei lavori per il ripristino del franco idraulico (anno 2016)



gen-2016 conclusione delle operazioni di collaudo della Commissione di Collaudo e successiva approvazione della Direzione Generale Dighe (apr-2016) della Relazione di Collaudo della Commissione incaricata



Grazie per l'attenzione