

PIATTAFORME BARBARA T/T2

MONITORAGGIO TEMPERATURA ACQUA DI MARE

RELAZIONE TECNICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO		COMMITTENTE	
23-CN01325		ENI spa Direzione Natural Resources Distretto Centro-Settentrionale via del Marchesato 13, 48122 Marina di Ravenna (RA)	
DATA RILIEVI:	22/06/23		
DATA DOCUMENTO:	Agosto 23		
REDATTO		VERIFICATO	APPROVATO
DOTT. GIULIO MUSSETTI		P.I. MICHELE MATTOLINI	DOTT.SSA SARA MANCINI
			



pH Labs

1	PREMESSA	2
2	AMBITO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	2
3	SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO BARBARA T1 – BARBARA T2	2
4	STRUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
5	DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ	3
5.1	DETERMINAZIONE SCARTI TIPO TEMPERATURA MASSIMA E PUNTO DI RIFERIMENTO.....	4
6	ELABORAZIONE DATI.....	7
7	CONCLUSIONI	15
	ALLEGATI	16

1 Premessa

La presente relazione descrive le modalità di esecuzione ed i risultati delle prove effettuate il giorno 22 Giugno dal tecnico Andreozzi Federico presso le piattaforme offshore Barbara T – Barbara T2 della società ENI S.p.A, al fine di verificare l'incremento della temperatura del corpo recipiente in seguito allo scarico in esso di acque di raffreddamento SF1 – BART e SF1 – BART2, nell'ambito della prescrizione dell'AIA vigente delle Piattaforme Bar C/T/T2.

Le due Piattaforme in questione sono ubicate nel Mar Adriatico centro Settentrionale, a circa 60 Km al largo della costa di Ancona – Falconara Marittima, ovvero oltre il limite delle acque territoriali (12 miglia nautiche – 22,224 Km), in una zona in cui la profondità media del mare è di circa 70 m.

Le due Piattaforme in questione sono fisse nei seguenti punti di coordinate:

Barbara T

Latitudine: 44° 04' 35,867'' N

Longitudine: 13° 46' 53,386'' E

Barbara T2

Latitudine 44° 04' 37,456'' N

Longitudine 13° 46' 55,853'' E

2 Ambito normativo di riferimento

Il Decreto Legislativo n°152 del 3 aprile 2006 e S.M.I., indica le attività di verifica e controllo da svolgersi presso gli impianti soggetti al monitoraggio di temperatura del corpo idrico ricevente in relazione all'immissione di scarichi in corpi idrici superficiali. In particolare, secondo quanto indicato in nota 1 alla tab. 3 dell'all. 5 alla Parte III del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., il gestore dell'impianto è tenuto ad eseguire semestralmente verifiche della temperatura incrementale del corpo idrico recipiente, ed in continuo della temperatura delle acque di scarico con limite 35°C.

3 Sistema di raffreddamento Barbara T1 – Barbara T2

Le acque di raffreddamento non entrano mai direttamente a contatto con il fluido del quale abbassano la temperatura, poiché segregati in circuiti separati, il processo del sistema di raffreddamento consiste esclusivamente in una filtrazione meccanica dell'acqua di mare e in uno scambio termico, pertanto non è possibile alcun apporto chimico alle acque prelevate.

Su Barbara T le acque di raffreddamento:

- Sono prelevate, mediante n. 3 pompe sommerse su Barbara C alloggiate ciascuna in un *casing* dedicato di 20'', alla profondità di 32 m, dalle pompe le acque transitano in n.2 filtri a cestello autopulenti
- Dopo la filtrazione vengono inviate a scambiatori di calore a fascio tubiero dove assorbono il calore del gas compresso nei turbocompressori (n.2 scambiatori in parallelo per ogni turbocompressore) portandolo ad una temperatura di circa 45 – 50 °C senza entrarne in contatto

- Una quota parte delle acque è utilizzata in controcorrente per raffreddare l'olio lubrificante della turbina in uno scambiatore a piastre, senza entrare mai in contatto con l'olio
- In uscita dagli scambiatori sono scaricate a mare bel casing dello scarico SF1 – Bar T

Su Barbara T2 le acque di raffreddamento:

- Sono prelevate mediante n.4 pompe sommerse alloggiate ciascuna in un *casing* dedicato di 20'', alla profondità di 32 m;
- Dalle pompe le acque sono inviate a n. 3 filtri a cestello autopulenti dopo la filtrazione vengono inviate a scambiatori di calore a fascio tubiero dove assorbono il calore del gas compresso in ciascuno dei due stadi (n.1 scambiatore per ogni stadio del treno di compressione) portandolo ad una temperatura di circa 30°C senza entrarne in contatto;
- Una quota parte delle acque è utilizzata in controcorrente per raffreddare l'olio lubrificante della turbina in uno scambiatore a piastre, senza entrare mai in contatto con l'olio;
- In uscita dagli scambiatori sono scaricate a mare nel SF1 – Bar T2

4 Strumentazione di riferimento

Per l'esecuzione dell'attività in oggetto è stato utilizzato un termometro data-logger Elitech modello RC – 4 con numero di serie EF5232102753, con sonda termometrica di lunghezza 1 m.

5 Descrizione dell'attività

Per la verifica in questione, il protocollo sperimentale si è attenuto alla metodica APAT – IRSA 2100, con maggior precisione all'appendice: *Metodologia per il calcolo dell'incremento termico in acqua di mare (D.L. n. 408 del 9 ottobre 1993).*

La metodica in questione prevede la determinazione dell'incremento termico come differenza fra i valori superficiali di temperatura misurati a 1000 m dallo scarico e quello di un punto o di una porzione di corpo idrico non influenzato dallo scarico stesso.

A tal proposito si è quindi operato nel modo seguente:

Posizionandosi prospicientemente a circa 1000 m dagli scarichi SF1 – BART1, SF1 – BART2, è stata impostata una rotta di navigazione circolare attorno alle piattaforme Barbara T1 e T2, per un raggio di 1000 m ad una velocità di circa 4,5 nodi. Mediante un'asta di circa 2,5 m la sonda termometrica veniva mantenuta costantemente in acqua ad una profondità di circa – 0,1 m lontano dalle perturbazioni apportate dalla barca in movimento ed impostando il data logger in modo tale che effettuasse una lettura ogni 10 secondi. In questo modo sono stati acquisiti circa 190 punti di lettura lungo la circonferenza ottenendo quindi un valore ogni 1,89°. In generale è stato dimostrato, come riporta il metodo prima menzionato, che determinazioni effettuate ad intervalli angolari di 5° (cui corrisponde un arco di lunghezza pari a circa 90 metri), consentono di evidenziare il valore massimo di temperatura raggiunto dal corpo idrico ricevente a 1000 metri dallo scarico termico. Avendo applicato un protocollo sperimentale maggiormente restrittivo di 1,89°, l'effettiva rappresentatività dei dati ottenuti e quindi delle valutazioni da esse scaturite, viene garantita.

Come richiesto dal metodo, è stato determinato un punto esterno all'arco e rappresentativo delle condizioni medie non perturbate del corpo ricettore, individuato ad una distanza pari a 1500 m, prospicientemente agli scarichi SF1 -BART1 e SF1 – BART2, avente coordinate: 44° 04' 387 N 013° 45' 904 E

In tal punto, mediante l'utilizzo del data-logger Elitech RC-04, è stata valutata la temperatura del punto non perturbato mediante l'effettuazione di circa 20 misurazioni ripetute alla distanza di circa 10 secondi, da cui poi è stato ricavato un valore medio.

Sono state misurate anche le temperature agli scarichi SF1 -BART1 e SF1 – BART2, utilizzando sempre il data-logger Elitech RC – 04 effettuando circa 20 misurazioni ripetute alla distanza di circa 10 secondi, da cui si è poi ottenuto i valori medi per i due scarichi.

5.1 Determinazione scarti tipo Temperatura massima e Punto di riferimento

La norma APAT – IRSA 2100 prevede di individuare il punto a temperatura massima lungo la traiettoria circolare e di prendere in considerazione l'arco di circonferenza attiguo a tale punto, o in essa compreso, in modo da individuare n misure di temperatura prossime a tale punto. Si è scelto di effettuare la valutazione prendendo come riferimento un arco di circonferenza di circa 348 m, comprendente il punto di temperatura massima di 27,4°C, individuando quindi 20 misurazioni contigue in esso.

Come richiesto dal metodo sono stati quindi calcolati i relativi scarti utilizzando le seguenti formule:

$$s_1 = \sqrt{\frac{\sum_1^n i(T_i - T_M)^2}{n - 1}}$$

$$s_2 = \sqrt{\frac{\sum_1^n i(T_{ri} - T_{rm})^2}{n - 1}}$$

In cui:

- s_1 = scarto tipo relativo alle repliche nel punto più caldo
- T_i = temperatura della singola replica nel punto più caldo
- T_M = valore medio di temperatura relativo alle n repliche del punto più caldo
- s_2 = scarto tipo relativo alle repliche nel punto di riferimento
- T_{ri} = temperatura della singola replica nel punto di riferimento
- T_{rm} = valore medio di temperatura relativo alle n repliche del punto di riferimeto

La differenza di temperatura fra ciascun punto della traiettoria circolare investigata ed il punto di riferimento è stata valutata con la formula seguente:

$$\Delta T_j = (T_j - 2 s_1) - (T_{rM} + 2 s_2)$$

In cui:

- ΔT_j = incremento termico in ciascun punto
- T_j = temperatura misurata sulla circonferenza o sull'arco di circonferenza a 1000 metri
- T_{rM} = valore medio di temperatura relativo alle n repliche del punto di riferimento

La correzione dell'incremento termico consente quindi di fissare un livello di probabilità sulle misure effettuate sufficientemente elevato (superiore al 90%) tale da garantire che il suddetto incremento non superi i valori standard di qualità (limite imposto dalla normativa vigente a $\Delta T < 3 \text{ }^\circ\text{C}$), a seguito di errori casuali.

Il metodo così descritto è stato ulteriormente applicato andando a verificare la differenza di temperatura fra i punti misurati lungo la traiettoria circolare con raggio 1000 m e i punti di uscita degli scarichi SF1 – BART1 e SF1-BART2.

A tal proposito sono stati determinati gli scarti tipo anche per questi due punti che abbiamo definito come:

$$S_3 = \sqrt{\frac{\sum_1^n i(T_{sc1i} - T_{scM1})^2}{n - 1}}$$

$$S_4 = \sqrt{\frac{\sum_1^n i(T_{sc2i} - T_{scM2})^2}{n - 1}}$$

In cui:

- s_3 = scarto tipo relativo alle n repliche valutate allo scarico della Barbara T1: SF1 -BART1
- T_{sc1i} = temperatura della singola replica valutata allo scarico della Barbara T1: SF1 – BART1
- T_{scM1} = valore medio di temperatura relativo alle n repliche misurate allo scarico della Barbara T1: SF1 – BART1
- S_4 = scarto tipo relativo alle n repliche valutate allo scarico della Barbara T2: SF1 -BART2
- T_{sc2i} = temperatura della singola replica valutata allo scarico della Barbara T1: SF1 – BART2
- T_{scM2} = valore medio di temperatura relativo alle n repliche misurate allo scarico della Barbara T1: SF1 – BART2

La differenza di temperatura fra ciascun punto della traiettoria circolare investigata ed i punti di scarico delle due relative piattaforme sono stati determinati con le formule suddette:

$$\Delta T_{JscT1} = (T_j - 2 s_1) - (T_{scM1} + 2 s_3)$$

In cui:

- ΔT_{JscT1} = incremento termico in ciascun punto valutato fra i punti misurati lungo la traiettoria circolare di raggio 1000 m e lo scarico della Barbara T1
- T_j = temperatura misurata sulla circonferenza o sull'arco di circonferenza a 1000 metri
- T_{scM1} = valore medio di temperatura relativo alle n repliche allo scarico della Barbara T1

$$\Delta T_{JscT2} = (T_j - 2 s_1) - (T_{scM2} + 2 s_4)$$

In cui:

- ΔT_{JscT2} = incremento termico in ciascun punto valutato fra i punti misurati lungo la traiettoria circolare di raggio 1000 m e lo scarico della Barbara T2
- T_j = temperatura misurata sulla circonferenza o sull'arco di circonferenza a 1000 metri
- T_{scM2} = valore medio di temperatura relativo alle n repliche allo scarico della Barbara T2

6 Elaborazione dati

Determinazione scarti tipo

I valori determinati durante le fasi di misurazione sono allegati alla seguente in forma tabulata visibile in Allegato 1.

Ci limiteremo qui di seguito a mostrare le estrapolazioni dei valori utilizzati per la determinazione dei relativi scarti tipo.

Determinazione s_1 scarto tipo riferito alle n repliche del punto più caldo

Data - Ora	Ti	Ti - TM	(Ti-TM) ²
22-06-2023 10:58:04	27,1	-0,1	0,007225
22-06-2023 10:58:14	26,9	-0,3	0,081225
22-06-2023 10:58:24	26,9	-0,3	0,081225
22-06-2023 10:58:34	27	-0,2	0,034225
22-06-2023 10:58:44	27,2	0,0	0,000225
22-06-2023 10:58:54	27,3	0,1	0,013225
22-06-2023 10:59:04	27,2	0,0	0,000225
22-06-2023 10:59:14	27,2	0,0	0,000225
22-06-2023 10:59:24	27,2	0,0	0,000225
22-06-2023 10:59:34	27,4	0,2	0,046225
22-06-2023 10:59:44	27,3	0,1	0,013225
22-06-2023 10:59:54	27,1	-0,1	0,007225
22-06-2023 11:00:04	27,2	0,0	0,000225
22-06-2023 11:00:14	27,1	-0,1	0,007225
22-06-2023 11:00:24	27,3	0,1	0,013225
22-06-2023 11:00:34	27,3	0,1	0,013225
22-06-2023 11:00:44	27,3	0,1	0,013225
22-06-2023 11:00:54	27,2	0,0	0,000225
22-06-2023 11:01:04	27,3	0,1	0,013225
22-06-2023 11:01:14	27,2	0,0	0,000225

Da questa serie di dati, scelti in quanto contigui al punto di massimo individuato alle 10:59:43, pari a 27,4°C, si sono scelti i 20 punti di misurazione appartenenti all'arco di circonferenza e da essi si è valutato il valore medio:

$$T_M = 27,2 \text{ °C}$$

E dalla formula descritta nel paragrafo precedente si è valutato lo scarto tipo relativo ai valori sopra mostrati:

$$s_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n i(T_i - T_M)^2}{n-1}} = 0,134849 \text{ °C}$$

Determinazione s_2 scarto tipo riferito alle n repliche del punto di riferimento non perturbato

Data - ora	T _{ri}	(T _{ri} - T _{RM})	(T _{ri} -T _{RM}) ²
22-06-2023 11:42:10	26,9	0,925	0,855625
22-06-2023 11:42:30	26,2	0,225	0,050625
22-06-2023 11:42:40	26,2	0,225	0,050625
22-06-2023 11:42:50	26,2	0,225	0,050625
22-06-2023 11:43:00	26	0,025	0,000625
22-06-2023 11:43:10	26	0,025	0,000625

Data - ora	T _{ri}	(T _{ri} - T _{rm})	(T _{ri} - T _{rm}) ²
22-06-2023 11:43:20	26	0,025	0,000625
22-06-2023 11:43:30	26	0,025	0,000625
22-06-2023 11:43:40	26	0,025	0,000625
22-06-2023 11:43:50	26,1	0,125	0,015625
22-06-2023 11:44:00	26,2	0,225	0,050625
22-06-2023 11:44:10	26,1	0,125	0,015625
22-06-2023 11:44:20	26	0,025	0,000625
22-06-2023 11:44:30	25,8	-0,175	0,030625
22-06-2023 11:44:40	25,8	-0,175	0,030625
22-06-2023 11:44:50	25,8	-0,175	0,030625
22-06-2023 11:45:00	25,7	-0,275	0,075625
22-06-2023 11:45:10	25,6	-0,375	0,140625
22-06-2023 11:45:20	25,6	-0,375	0,140625
22-06-2023 11:45:40	25,3	-0,675	0,455625

Dalla serie di dati mostrata nella tabella sovrastante è stata valutata la temperatura media, e scarto tipo prendendo in considerazioni 20 misurazioni continue, di cui si riporta a seguire il valore:

$$T_{rMedia} = 26,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

In seguito, applicando la relazione descritta nel paragrafo precedente:

$$s_2 = \sqrt{\frac{\sum_1^n i(T_{ri} - T_{rm})^2}{n-1}} = 0,32424 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Determinazione s₃ scarto tipo relativo n repliche valutate allo scarico SF1 – BART1

Data - ora	T _{sc1i}	T _{sc1i} - T _{scM1}	(T _{sc1i} - T _{scM1}) ²
22-06-2023 09:42:24	24,3	-0,04	0,002025
22-06-2023 09:42:34	24,4	0,06	0,003025
22-06-2023 09:42:44	24,4	0,06	0,003025
22-06-2023 09:42:54	24,3	-0,04	0,002025
22-06-2023 09:43:04	24,3	-0,04	0,002025
22-06-2023 09:43:14	24,4	0,06	0,003025
22-06-2023 09:43:24	24,3	-0,04	0,002025
22-06-2023 09:43:34	24,3	-0,04	0,002025
22-06-2023 09:43:44	24,3	-0,04	0,002025
22-06-2023 09:43:54	24,3	-0,04	0,002025
22-06-2023 09:44:04	24,3	-0,04	0,002025
22-06-2023 09:44:14	24,3	-0,04	0,002025
22-06-2023 09:44:24	24,3	-0,04	0,002025
22-06-2023 09:44:34	24,3	-0,04	0,002025
22-06-2023 09:44:44	24,4	0,06	0,003025
22-06-2023 09:44:54	24,4	0,06	0,003025
22-06-2023 09:45:04	24,4	0,06	0,003025
22-06-2023 09:45:14	24,4	0,06	0,003025
22-06-2023 09:45:24	24,4	0,06	0,003025
22-06-2023 09:45:34	24,4	0,06	0,003025

Dalla serie di dati mostrata nella tabella sovrastante è stata valutata la temperatura media, e scarto tipo prendendo in considerazioni 20 misurazioni continue, di cui si riporta a seguire il valore:

$$T_{scM1} = 24,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Applicando la formula per il calcolo dello scarto tipo relativa al punto di scarico SF1 – BART1:

$$s_3 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n i(T_{sc1i} - T_{scM1})^2}{n-1}} = 0,05104 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Determinazione s_4 scarto tipo relativo n repliche valutate allo scarico SF1 – BART2

Data - ora	T_{sc2i}	$T_{sc2i} - T_{scM2}$	$(T_{sc2i} - T_{scM2})^2$
22-06-2023 10:04:41	24,8	-0,038095238	0,0014512
22-06-2023 10:04:51	24,6	-0,238095238	0,0566893
22-06-2023 10:05:01	24,7	-0,138095238	0,0190703
22-06-2023 10:05:11	24,8	-0,038095238	0,0014512
22-06-2023 10:05:21	24,8	-0,038095238	0,0014512
22-06-2023 10:05:31	24,7	-0,138095238	0,0190703
22-06-2023 10:05:41	24,8	-0,038095238	0,0014512
22-06-2023 10:05:51	24,8	-0,038095238	0,0014512
22-06-2023 10:06:01	24,8	-0,038095238	0,0014512
22-06-2023 10:06:11	24,9	0,061904762	0,0038322
22-06-2023 10:06:21	24,8	-0,038095238	0,0014512
22-06-2023 10:06:31	24,9	0,061904762	0,0038322
22-06-2023 10:06:41	24,9	0,061904762	0,0038322
22-06-2023 10:06:51	24,9	0,061904762	0,0038322
22-06-2023 10:07:01	25	0,161904762	0,0262132
22-06-2023 10:07:11	25	0,161904762	0,0262132
22-06-2023 10:07:21	24,8	-0,038095238	0,0014512
22-06-2023 10:07:31	24,9	0,061904762	0,0038322
22-06-2023 10:07:41	24,9	0,061904762	0,0038322
22-06-2023 10:07:51	24,9	0,061904762	0,0038322
22-06-2023 10:08:01	24,9	0,061904762	0,0038322

Dalla serie di dati mostrata nella tabella sovrastante è stata valutata la temperatura media, e scarto tipo prendendo in considerazioni 20 misurazioni continue.

$$T_{scM2} = 24,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Applicando la formula per il calcolo dello scarto tipo relativa al punto di scarico SF1 – BART2:

$$s_4 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n i(T_{sc2i} - T_{scM2})^2}{n-1}} = 0,09987 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Determinazione temperature incrementali

Valutati gli scarti tipo riferiti alle quattro grandezze in gioco, si è proceduto alla determinazione degli incrementi termici a 1000 m rispetto al punto di riferimento, e tra i punti misurati lungo la traiettoria circolare di raggio 1000 m e i punti di scarico delle due piattaforme T1 e T2.

In allegato la tabella riassuntiva con i valori in questione:

Data - ora	T _j	ΔT_j	ΔT_{jscT1}	ΔT_{jscT2}
22-06-2023 10:29:44	25,3	-1,5931777	0,583219	0,003664
22-06-2023 10:29:54	25,6	-1,2931777	0,883219	0,303664
22-06-2023 10:30:04	25,8	-1,0931777	1,083219	0,503664
22-06-2023 10:30:14	25,8	-1,0931777	1,083219	0,503664
22-06-2023 10:30:24	26	-0,8931777	1,283219	0,703664
22-06-2023 10:30:34	26,3	-0,5931777	1,583219	1,003664
22-06-2023 10:30:44	26,5	-0,3931777	1,783219	1,203664
22-06-2023 10:30:54	26,5	-0,3931777	1,783219	1,203664
22-06-2023 10:31:04	26,4	-0,4931777	1,683219	1,103664
22-06-2023 10:31:14	26,5	-0,3931777	1,783219	1,203664
22-06-2023 10:31:24	26,5	-0,3931777	1,783219	1,203664
22-06-2023 10:31:34	26,5	-0,3931777	1,783219	1,203664
22-06-2023 10:31:44	26,4	-0,4931777	1,683219	1,103664
22-06-2023 10:31:54	26,1	-0,7931777	1,383219	0,803664
22-06-2023 10:32:04	26,3	-0,5931777	1,583219	1,003664
22-06-2023 10:32:14	26,3	-0,5931777	1,583219	1,003664
22-06-2023 10:32:24	25,4	-1,4931777	0,683219	0,103664
22-06-2023 10:32:34	25,9	-0,9931777	1,183219	0,603664
22-06-2023 10:32:44	26,3	-0,5931777	1,583219	1,003664
22-06-2023 10:32:54	26,2	-0,6931777	1,483219	0,903664
22-06-2023 10:33:04	26,4	-0,4931777	1,683219	1,103664
22-06-2023 10:33:14	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:33:24	26,3	-0,5931777	1,583219	1,003664
22-06-2023 10:33:34	26,5	-0,3931777	1,783219	1,203664
22-06-2023 10:33:44	26,5	-0,3931777	1,783219	1,203664
22-06-2023 10:33:54	26,4	-0,4931777	1,683219	1,103664
22-06-2023 10:34:04	26,5	-0,3931777	1,783219	1,203664
22-06-2023 10:34:14	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:34:24	26,5	-0,3931777	1,783219	1,203664
22-06-2023 10:34:34	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:34:44	26,5	-0,3931777	1,783219	1,203664
22-06-2023 10:34:54	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:35:04	26,3	-0,5931777	1,583219	1,003664
22-06-2023 10:35:14	26,4	-0,4931777	1,683219	1,103664
22-06-2023 10:35:24	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:35:34	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:35:44	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:35:54	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:36:04	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:36:14	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:36:24	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:36:34	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:36:44	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664

Data - ora	T _j	ΔT _j	ΔT _{jscT1}	ΔT _{jscT2}
22-06-2023 10:36:54	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:37:04	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:37:14	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:37:24	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:37:34	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:37:44	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:37:54	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:38:04	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:38:14	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:38:24	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:38:34	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:38:44	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:38:54	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:39:04	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:39:14	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:39:24	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:39:34	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:39:44	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:39:54	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:40:04	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:40:14	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:40:24	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:40:34	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:40:44	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:40:54	26,5	-0,3931777	1,783219	1,203664
22-06-2023 10:41:04	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:41:14	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:41:24	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:41:34	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:41:44	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:41:54	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:42:04	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:42:14	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:42:24	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:42:34	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:42:44	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:42:54	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:43:04	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:43:14	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:43:24	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:43:34	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:43:44	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:43:54	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:44:04	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:44:14	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:44:24	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:44:34	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:44:44	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:44:54	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:45:04	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:45:14	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:45:24	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:45:34	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:45:44	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:45:54	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664

Data - ora	T _j	ΔT _j	ΔT _{jscT1}	ΔT _{jscT2}
22-06-2023 10:46:04	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:46:14	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:46:24	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:46:34	27,1	0,2068223	2,383219	1,803664
22-06-2023 10:46:44	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:46:54	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:47:04	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:47:14	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:47:24	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:47:34	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:47:44	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:47:54	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:48:04	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:48:14	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:48:24	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:48:34	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:48:44	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:48:54	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:49:04	26,5	-0,3931777	1,783219	1,203664
22-06-2023 10:49:14	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:49:24	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:49:34	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:49:44	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:49:54	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:50:04	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:50:14	26,7	-0,1931777	1,983219	1,403664
22-06-2023 10:50:24	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:50:34	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:50:44	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:50:54	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:51:04	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:51:14	27,1	0,2068223	2,383219	1,803664
22-06-2023 10:51:24	27,1	0,2068223	2,383219	1,803664
22-06-2023 10:51:34	27,1	0,2068223	2,383219	1,803664
22-06-2023 10:51:44	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:51:54	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:52:04	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:52:14	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:52:24	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:52:34	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:52:44	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:52:54	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:53:04	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:53:14	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:53:24	27,1	0,2068223	2,383219	1,803664
22-06-2023 10:53:34	27,1	0,2068223	2,383219	1,803664
22-06-2023 10:53:44	27,1	0,2068223	2,383219	1,803664
22-06-2023 10:53:54	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:54:04	27,2	0,3068223	2,483219	1,903664
22-06-2023 10:54:14	27,2	0,3068223	2,483219	1,903664
22-06-2023 10:54:24	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:54:34	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:54:44	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:54:54	26,6	-0,2931777	1,883219	1,303664
22-06-2023 10:55:04	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664

Data - ora	T _j	ΔT _j	ΔT _{jscT1}	ΔT _{jscT2}
22-06-2023 10:55:14	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:55:24	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:55:34	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:55:44	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:55:54	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:56:04	27,1	0,2068223	2,383219	1,803664
22-06-2023 10:56:14	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:56:24	27,1	0,2068223	2,383219	1,803664
22-06-2023 10:56:34	27,3	0,4068223	2,583219	2,003664
22-06-2023 10:56:44	27,1	0,2068223	2,383219	1,803664
22-06-2023 10:56:54	27,2	0,3068223	2,483219	1,903664
22-06-2023 10:57:04	27,3	0,4068223	2,583219	2,003664
22-06-2023 10:57:14	27,2	0,3068223	2,483219	1,903664
22-06-2023 10:57:24	27,3	0,4068223	2,583219	2,003664
22-06-2023 10:57:34	26,8	-0,0931777	2,083219	1,503664
22-06-2023 10:57:44	27,2	0,3068223	2,483219	1,903664
22-06-2023 10:57:54	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:58:04	27,1	0,2068223	2,383219	1,803664
22-06-2023 10:58:14	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:58:24	26,9	0,0068223	2,183219	1,603664
22-06-2023 10:58:34	27	0,1068223	2,283219	1,703664
22-06-2023 10:58:44	27,2	0,3068223	2,483219	1,903664
22-06-2023 10:58:54	27,3	0,4068223	2,583219	2,003664
22-06-2023 10:59:04	27,2	0,3068223	2,483219	1,903664
22-06-2023 10:59:14	27,2	0,3068223	2,483219	1,903664
22-06-2023 10:59:24	27,2	0,3068223	2,483219	1,903664
22-06-2023 10:59:34	27,4	0,5068223	2,683219	2,103664
22-06-2023 10:59:44	27,3	0,4068223	2,583219	2,003664
22-06-2023 10:59:54	27,1	0,2068223	2,383219	1,803664
22-06-2023 11:00:04	27,2	0,3068223	2,483219	1,903664
22-06-2023 11:00:14	27,1	0,2068223	2,383219	1,803664
22-06-2023 11:00:24	27,3	0,4068223	2,583219	2,003664
22-06-2023 11:00:34	27,3	0,4068223	2,583219	2,003664
22-06-2023 11:00:44	27,3	0,4068223	2,583219	2,003664
22-06-2023 11:00:54	27,2	0,3068223	2,483219	1,903664
22-06-2023 11:01:04	27,3	0,4068223	2,583219	2,003664
22-06-2023 11:01:14	27,2	0,3068223	2,483219	1,903664

In evidenza colorati in arancione, si mostrano i valori T_j appartenenti alla traiettoria circolare, che costituiscono l'arco di circonferenza comprendente il punto più caldo.

Per quanto riguarda la determinazione delle temperature incrementali sono state utilizzate le formule descritte nel paragrafo 5.1 e qui di seguito riportate:

$$\Delta T_j = (T_j - 2 s_1) - (T_{RM} + 2 s_2)$$

[Incremento termico valutato fra i punti distanti 1000 m metri e il punto di riferimento non perturbato]

$$\Delta T_{JscT1} = (T_J - 2 s_1) - (T_{scM1} + 2 s_3)$$

[incremento termico in ciascun punto valutato fra i punti misurati lungo la traiettoria circolare di raggio 1000 m e lo scarico della Barbara T1]

$$\Delta T_{JscT2} = (T_J - 2 s_1) - (T_{scM2} + 2 s_4)$$

[incremento termico in ciascun punto valutato fra i punti misurati lungo la traiettoria circolare di raggio 1000 m e lo scarico della Barbara T2]

Nella tabella in alto in rosso, nelle colonne da 3 a 5, sono state messe in evidenza gli incrementi termici maggiori e come possiamo vedere ricadono per la maggior parte in prossimità del punto più caldo della traiettoria circolare intrapresa, per tutte e tre le valutazioni effettuate.

7 Conclusioni

Premesso che i limiti imposti dalla normativa vigente impongono per gli scarichi temperature all'immissione del bacino ricevente non superiori i 35 °C e che l'incremento termico a 1000 m non superi i 3°C, possiamo affermare sulla base dei risultati ottenuti, che i limiti normativi sono stati rispettati anche nel punto a maggior temperatura.

Fra gli incrementi termici valutati, prendendo in considerazione il punto di riferimento non perturbato a 1500 m, e i punti di uscita degli scarichi. La differenza più marcata raggiunge i 2,68 °C nel punto più caldo per quanto riguarda lo scarico SF1 -BART1; mentre per lo scarico SF1 – BART2, attorno ai 2,00 °C contro gli 0,4 °C se si prende in considerazione la prima valutazione seguendo la norma APAT – IRSA 2100.



pH Labs

ALLEGATI

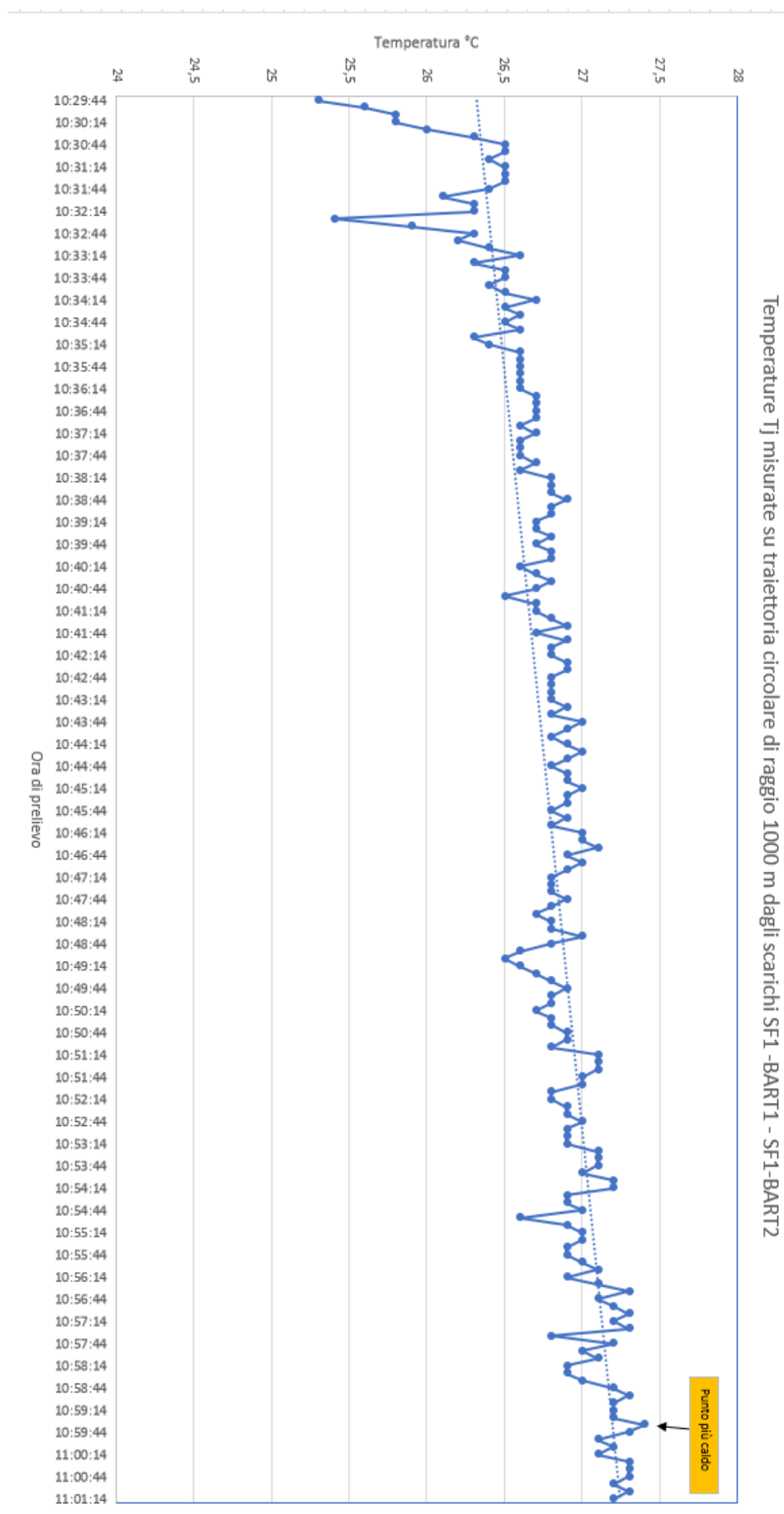
ALLEGATO 1:

Andamento grafico delle

ALLEGATO 2:

Tabella temperature misurate a 1000 m di distanza su traiettoria circolare

Allegato 1



Allegato 2

No. Determinazione	Data - ora	T _j
1	22-06-2023 10:29:44	25,3
2	22-06-2023 10:29:54	25,6
3	22-06-2023 10:30:04	25,8
4	22-06-2023 10:30:14	25,8
5	22-06-2023 10:30:24	26
6	22-06-2023 10:30:34	26,3
7	22-06-2023 10:30:44	26,5
8	22-06-2023 10:30:54	26,5
9	22-06-2023 10:31:04	26,4
10	22-06-2023 10:31:14	26,5
11	22-06-2023 10:31:24	26,5
12	22-06-2023 10:31:34	26,5
13	22-06-2023 10:31:44	26,4
14	22-06-2023 10:31:54	26,1
15	22-06-2023 10:32:04	26,3
16	22-06-2023 10:32:14	26,3
17	22-06-2023 10:32:24	25,4
18	22-06-2023 10:32:34	25,9
19	22-06-2023 10:32:44	26,3
20	22-06-2023 10:32:54	26,2
21	22-06-2023 10:33:04	26,4
22	22-06-2023 10:33:14	26,6
23	22-06-2023 10:33:24	26,3
24	22-06-2023 10:33:34	26,5
25	22-06-2023 10:33:44	26,5
26	22-06-2023 10:33:54	26,4
27	22-06-2023 10:34:04	26,5
28	22-06-2023 10:34:14	26,7
29	22-06-2023 10:34:24	26,5
30	22-06-2023 10:34:34	26,6
31	22-06-2023 10:34:44	26,5
32	22-06-2023 10:34:54	26,6
33	22-06-2023 10:35:04	26,3
34	22-06-2023 10:35:14	26,4
35	22-06-2023 10:35:24	26,6
36	22-06-2023 10:35:34	26,6
37	22-06-2023 10:35:44	26,6
38	22-06-2023 10:35:54	26,6
39	22-06-2023 10:36:04	26,6
40	22-06-2023 10:36:14	26,6
41	22-06-2023 10:36:24	26,7
42	22-06-2023 10:36:34	26,7
43	22-06-2023 10:36:44	26,7
44	22-06-2023 10:36:54	26,7
45	22-06-2023 10:37:04	26,6
46	22-06-2023 10:37:14	26,7
47	22-06-2023 10:37:24	26,6
48	22-06-2023 10:37:34	26,6
49	22-06-2023 10:37:44	26,6
50	22-06-2023 10:37:54	26,7
51	22-06-2023 10:38:04	26,6
52	22-06-2023 10:38:14	26,8
53	22-06-2023 10:38:24	26,8



pH Labs

No. Determinazione	Data - ora	T _j
54	22-06-2023 10:38:34	26,8
55	22-06-2023 10:38:44	26,9
56	22-06-2023 10:38:54	26,8
57	22-06-2023 10:39:04	26,8
58	22-06-2023 10:39:14	26,7
59	22-06-2023 10:39:24	26,7
60	22-06-2023 10:39:34	26,8
61	22-06-2023 10:39:44	26,7
62	22-06-2023 10:39:54	26,8
63	22-06-2023 10:40:04	26,8
64	22-06-2023 10:40:14	26,6
65	22-06-2023 10:40:24	26,7
66	22-06-2023 10:40:34	26,8
67	22-06-2023 10:40:44	26,7
68	22-06-2023 10:40:54	26,5
69	22-06-2023 10:41:04	26,7
70	22-06-2023 10:41:14	26,7
71	22-06-2023 10:41:24	26,8
72	22-06-2023 10:41:34	26,9
73	22-06-2023 10:41:44	26,7
74	22-06-2023 10:41:54	26,9
75	22-06-2023 10:42:04	26,8
76	22-06-2023 10:42:14	26,8
77	22-06-2023 10:42:24	26,9
78	22-06-2023 10:42:34	26,9
79	22-06-2023 10:42:44	26,8
80	22-06-2023 10:42:54	26,8
81	22-06-2023 10:43:04	26,8
82	22-06-2023 10:43:14	26,8
83	22-06-2023 10:43:24	26,9
84	22-06-2023 10:43:34	26,8
85	22-06-2023 10:43:44	27
86	22-06-2023 10:43:54	26,9
87	22-06-2023 10:44:04	26,8
88	22-06-2023 10:44:14	26,9
89	22-06-2023 10:44:24	27
90	22-06-2023 10:44:34	26,9
91	22-06-2023 10:44:44	26,8
92	22-06-2023 10:44:54	26,9
93	22-06-2023 10:45:04	26,9
94	22-06-2023 10:45:14	27
95	22-06-2023 10:45:24	26,9
96	22-06-2023 10:45:34	26,9
97	22-06-2023 10:45:44	26,8
98	22-06-2023 10:45:54	26,9
99	22-06-2023 10:46:04	26,8
100	22-06-2023 10:46:14	27
101	22-06-2023 10:46:24	27
102	22-06-2023 10:46:34	27,1
103	22-06-2023 10:46:44	26,9
104	22-06-2023 10:46:54	27
105	22-06-2023 10:47:04	26,9
106	22-06-2023 10:47:14	26,8
107	22-06-2023 10:47:24	26,8
108	22-06-2023 10:47:34	26,8



pH Labs

No. Determinazione	Data - ora	T _j
109	22-06-2023 10:47:44	26,9
110	22-06-2023 10:47:54	26,8
111	22-06-2023 10:48:04	26,7
112	22-06-2023 10:48:14	26,8
113	22-06-2023 10:48:24	26,8
114	22-06-2023 10:48:34	27
115	22-06-2023 10:48:44	26,8
116	22-06-2023 10:48:54	26,6
117	22-06-2023 10:49:04	26,5
118	22-06-2023 10:49:14	26,6
119	22-06-2023 10:49:24	26,7
120	22-06-2023 10:49:34	26,8
121	22-06-2023 10:49:44	26,9
122	22-06-2023 10:49:54	26,8
123	22-06-2023 10:50:04	26,8
124	22-06-2023 10:50:14	26,7
125	22-06-2023 10:50:24	26,8
126	22-06-2023 10:50:34	26,8
127	22-06-2023 10:50:44	26,9
128	22-06-2023 10:50:54	26,9
129	22-06-2023 10:51:04	26,8
130	22-06-2023 10:51:14	27,1
131	22-06-2023 10:51:24	27,1
132	22-06-2023 10:51:34	27,1
133	22-06-2023 10:51:44	27
134	22-06-2023 10:51:54	27
135	22-06-2023 10:52:04	26,8
136	22-06-2023 10:52:14	26,8
137	22-06-2023 10:52:24	26,9
138	22-06-2023 10:52:34	26,9
139	22-06-2023 10:52:44	27
140	22-06-2023 10:52:54	26,9
141	22-06-2023 10:53:04	26,9
142	22-06-2023 10:53:14	26,9
143	22-06-2023 10:53:24	27,1
144	22-06-2023 10:53:34	27,1
145	22-06-2023 10:53:44	27,1
146	22-06-2023 10:53:54	27
147	22-06-2023 10:54:04	27,2
148	22-06-2023 10:54:14	27,2
149	22-06-2023 10:54:24	26,9
150	22-06-2023 10:54:34	26,9
151	22-06-2023 10:54:44	27
152	22-06-2023 10:54:54	26,6
153	22-06-2023 10:55:04	26,9
154	22-06-2023 10:55:14	27
155	22-06-2023 10:55:24	27
156	22-06-2023 10:55:34	26,9
157	22-06-2023 10:55:44	26,9
158	22-06-2023 10:55:54	27
159	22-06-2023 10:56:04	27,1
160	22-06-2023 10:56:14	26,9
161	22-06-2023 10:56:24	27,1
162	22-06-2023 10:56:34	27,3
163	22-06-2023 10:56:44	27,1



pH Labs

No. Determinazione	Data - ora	T _j
164	22-06-2023 10:56:54	27,2
165	22-06-2023 10:57:04	27,3
166	22-06-2023 10:57:14	27,2
167	22-06-2023 10:57:24	27,3
168	22-06-2023 10:57:34	26,8
169	22-06-2023 10:57:44	27,2
170	22-06-2023 10:57:54	27
171	22-06-2023 10:58:04	27,1
172	22-06-2023 10:58:14	26,9
173	22-06-2023 10:58:24	26,9
174	22-06-2023 10:58:34	27
175	22-06-2023 10:58:44	27,2
176	22-06-2023 10:58:54	27,3
177	22-06-2023 10:59:04	27,2
178	22-06-2023 10:59:14	27,2
179	22-06-2023 10:59:24	27,2
180	22-06-2023 10:59:34	27,4
181	22-06-2023 10:59:44	27,3
182	22-06-2023 10:59:54	27,1
183	22-06-2023 11:00:04	27,2
184	22-06-2023 11:00:14	27,1
185	22-06-2023 11:00:24	27,3
186	22-06-2023 11:00:34	27,3
187	22-06-2023 11:00:44	27,3
188	22-06-2023 11:00:54	27,2
189	22-06-2023 11:01:04	27,3
190	22-06-2023 11:01:14	27,2