



Trans Adriatic
Pipeline


TAP AG Project Title / Facility Name:

Trans Adriatic Pipeline Project

Document Title:

**Relazione di Monitoraggio Ante Operam
della componente Trasporto solido e torbidità**


| | | | | | |
|------|-------------------------------|---|-----|-----------------------|----------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | <i>Laura Cutroneo</i> | <i>Mario Capello</i> |
| 0 | 12/04/2018 | Issued for Information | IFI | L. Cutroneo | M. Capello |
| Rev. | Revision Date (dd-mm-yyyy) | Reason for issue and Abbreviation for it, e.g IFR | | Prepared by | Checked and Approved by |

| | | |
|---|-------------------------|---------------------------|
|  | Contractor Name: | Distav – Genoa University |
| | Contractor Project No.: | |
| | Contractor Doc. No.: | |
| | Tag No's.: | -- |

| | |
|---------------------------|-----------------|
| TAP AG Contract No.: A855 | Project No.: -- |
|---------------------------|-----------------|

| | | |
|------------|-------------|--------------|
| PO No.: -- | RD Code: -- | Page 1 of 38 |
|------------|-------------|--------------|

| |
|----------------------------------|
| TAP AG Document No.: |
| OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 |


| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|---------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Risultati del Monitoraggio Ante Operam Trasporto solido e torbidità | Page: | 2 of 38 |

INDICE

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | INTRODUZIONE..... | 4 |
| 2. | FINALITA' DEL MONITORAGGIO..... | 4 |
| 3. | DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO | 4 |
| 3.1 | MONITORAGGIO IN MODALITA' CONTINUA | 9 |
| 3.2 | MONITORAGGIO IN MODALITA' DISCONTINUA NEI PRESSI DEL TORBIDIMETRO | 11 |
| 3.2.1 | SONDA MULTIPARAMETRICA E METODOLOGIA DETERMINAZIONE SOLIDI SOSPESI | 14 |
| 3.3 | MONITORAGGIO IN MODALITA' DISCONTINUA PRESSO LE 12 STAZIONI..... | 16 |
| 3.3.1 | SINTESI DELLE CAMPAGNE | 16 |
| 3.3.2 | PRIMA CAMPAGNA - OGS (20 STAZIONI) | 17 |
| 3.3.3 | SECONDA CAMPAGNA - FUGRO (12 STAZIONI) | 25 |
| 4. | VALORE LIMITE DELLA TORBIDITA' | 27 |


APPENDICE: SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO IN CONTINUO EFFETTUATE ATTRAVERSO CORRENTOMETRO AWAC (PERIODO NOVEMBRE 2016-SETTEMBRE 2017)

ALLEGATO: SUPPORTO DIGITALE CONTENENTE LA TABELLA DI CONVERSIONE LETTURE-COUNTS vs DATE (in mm/dd/yy) E I DATI GREZZI RELATIVI ALLE MISURE DI TORBIDITÀ E TRASPORTO SOLIDO ESEGUITE (PERIODO 11/2016-03/2018)

| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|---------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 3 of 38 |

Elenco degli Acronimi

| | |
|--|---|
| ADCP | Profilatore acustico per corrente ad effetto Doppler (Acoustic Doppler Current Profiler) |
| CTD Probe | Sonda per misure di conduttività, temperatura e profondità (Conductivity, Temperature, Depth Probe) |
| HDPE | Polietilene ad alta densità (High Density Polyethylene) |
| TSS | Solidi sospesi totali (Total Suspended Solid) |
| TAP | Trans Adriatic Pipeline |
| NTU* | Unità nefelometrica di torbidità (Nephelometric Turbidity Units) |
| FTU* | Unità di torbidità con formazina (Formazine Turbidity Units) |
| mg/L | milligrammi per Litro |
| °T | Gradi Nord Vero |
| * FTU e NTU si equivalgono in quanto 1NTU=1FTU (http://www.irsa.cnr.it/Docs/Capitoli/2110.pdf) | |

| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|---------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 4 of 38 |

1. INTRODUZIONE

Il presente documento è stato redatto al fine di illustrare i risultati del monitoraggio *ante operam* sulle componenti trasporto solido e torbidità effettuato secondo quanto previsto dal Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA). Nei capitoli riportati di seguito sono illustrate le metodologie di monitoraggio, il processo di validazione dei dati ed i risultati ottenuti. Per completezza di informazione, si riportano in allegato al presente report i dati grezzi in formato digitale rilevati durante le diverse fasi di monitoraggio.

2. FINALITA' DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio in oggetto sulla componente trasporto solido e torbidità è stato finalizzato a rilevare le condizioni *ante operam* dell'area interessata dai lavori, permettendo di caratterizzare la stessa dal punto di vista della dinamica, dell'ondosità, del trasporto solido in sospensione e sul fondo, e delle caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua.


3. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

Nel seguito vengono sinteticamente descritte le attività di monitoraggio condotte.

Nei paragrafi successivi, viene poi descritta nel dettaglio ognuna delle diverse modalità di monitoraggio sotto riportate.

Il monitoraggio del trasporto solido e della torbidità, nell'ambito della costruzione del microtunnel con particolare riferimento ai lavori all'exit point, è stato effettuato come segue:

- In modalità Continua** mediante il posizionamento sul fondale di un torbidimetro, ovvero di un sistema di rilevamento in continuo della corrente, delle onde e della torbidità (Figura 2.1), installato nel corso del mese di novembre 2016 secondo l'ordinanza n° 83/2016 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Ufficio Circondariale Marittimo di Otranto. Tale sistema di rilevamento è stato utilizzato per determinare le variazioni naturali di torbidità e corrente e determinare quindi i massimi valori di torbidità ai quali le biocenosi marine sono normalmente esposte. I dati registrati in continuo sono stati recuperati, nella fase *ante operam*, ad intervalli di circa 21 giorni; tale monitoraggio ha avuto inizio il 22/11/2016 ed è tuttora in corso. Il monitoraggio in modalità Continua verrà portato avanti anche durante la fase In Corso d'opera.

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|---------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 5 of 38 |

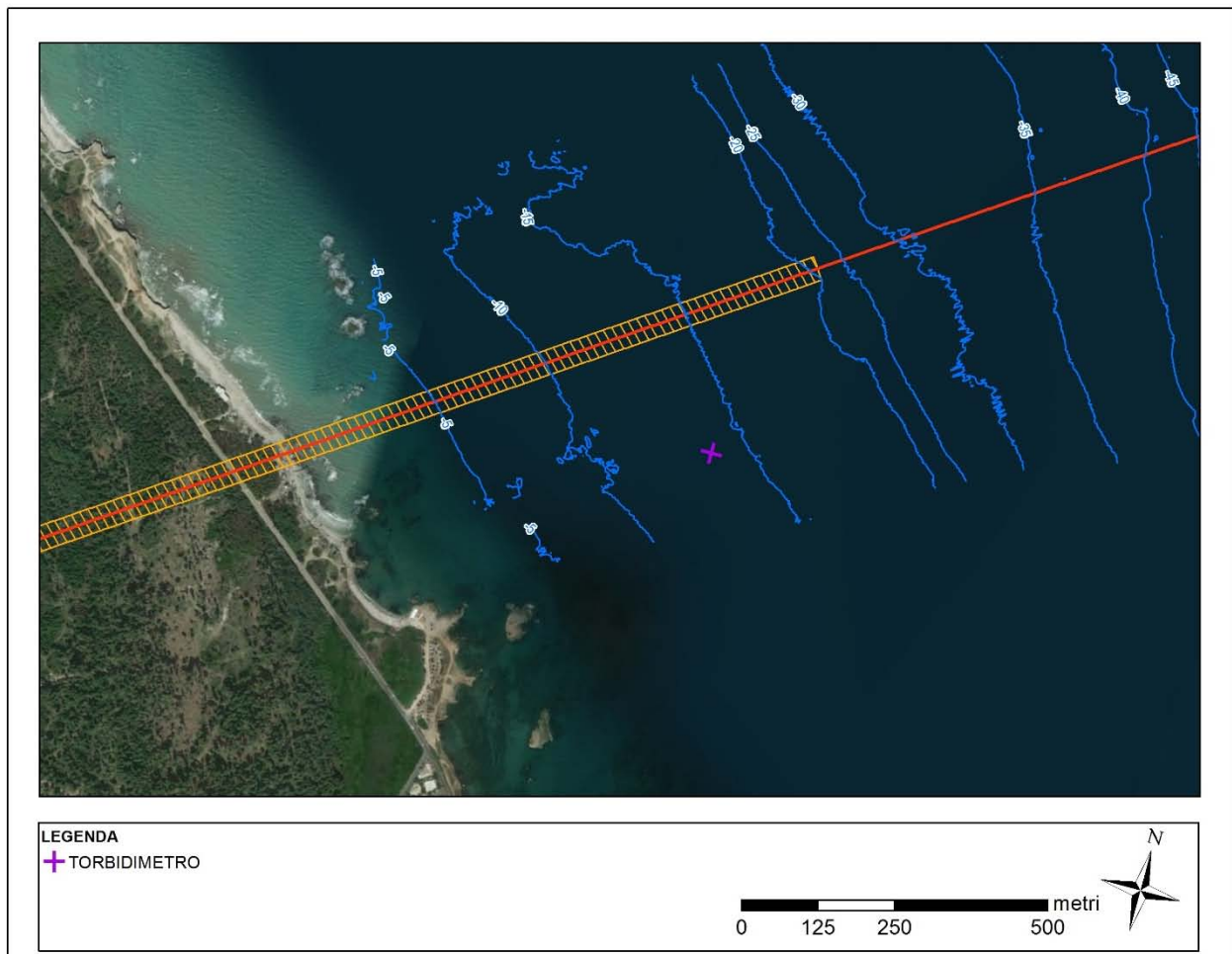



Figura 2.1 - Localizzazione Torbidimetro (coordinate 279085; 4465700 - WGS84 UTM 34N).

- **In modalità Discontinua** in corrispondenza delle 3 stazioni di monitoraggio WS1, WS2 e WS3 (Figura 2.2, Tabella 2.1). In tali stazioni, localizzate in prossimità del torbidimetro, sono state effettuate le analisi sui solidi sospesi al fine di determinare una curva di correlazione sito-specifica per la torbidità/solidi sospesi. Il campionamento è stato eseguito ogni 21 giorni circa in occasione delle uscite per il recupero dei dati dal torbidimetro; i campioni prelevati sono stati quindi analizzati in laboratorio mediante contatore per analisi dimensionale del particolato in sospensione.

| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|---------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 6 of 38 |

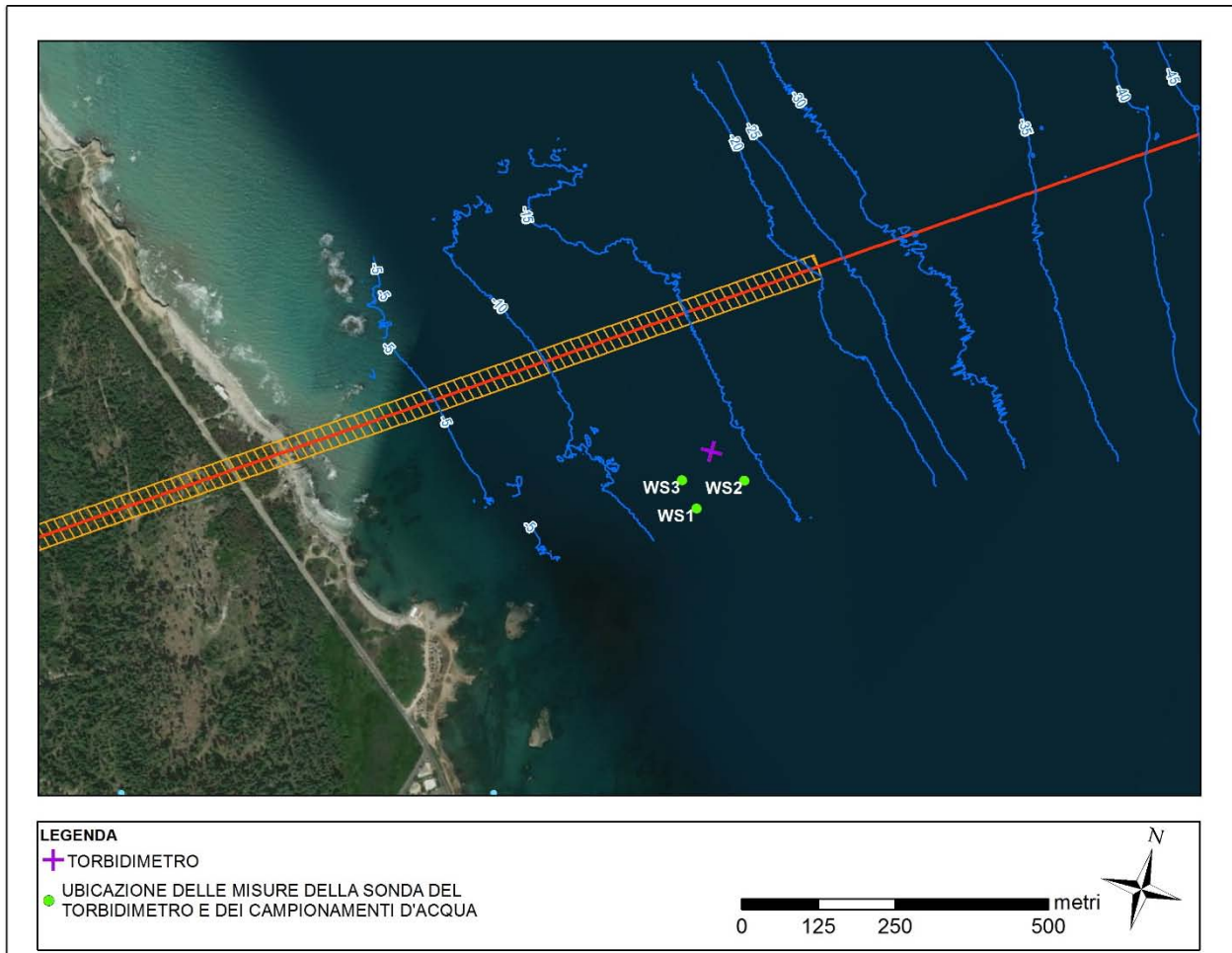



Figura 2.2 – Localizzazione delle stazioni WS1, WS2, e WS3

| Nome del Campione | Latitudine [N] | Longitudine [E] | Est [m] | Nord [m] | Profondità dell'acqua [m] |
|-------------------|----------------|-----------------|-----------|------------|---------------------------|
| WS1 | 40° 18' 42.34" | 18° 24' 00.85" | 279084.84 | 4465604.25 | 1-12 |
| WS2 | 40° 18' 44.49" | 18° 24' 03.45" | 279148.35 | 4465668.65 | 1-11 |
| WS3 | 40° 18' 43.56" | 18° 23' 59.33" | 279050.26 | 4465642.85 | 1-11 |

Tabella 2.1 – Coordinate delle stazioni WS1, WS2, e WS3

- In modalità Discontinua** in corrispondenza delle 12 stazioni di monitoraggio, da BS1 a BS12 (Figura 2.3 e Tabella 2.2). Durante tale monitoraggio, eseguito 2 volte, il 22 Novembre 2016 ed il 22 Aprile 2017, sono stati presi in considerazione i parametri chimico-fisici e la torbidità dell'acqua. Sono state effettuate misure di temperatura e salinità lungo la colonna d'acqua per mezzo di sonda CTD e misure di torbidità e concentrazione dei solidi sospesi lungo la colonna d'acqua. Inoltre, sono stati raccolti campioni d'acqua per l'analisi dimensionale del particolato sospeso. Per i punti di campionamento con profondità della colonna d'acqua fino a 30 metri

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|---------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 7 of 38 |

sono stati raccolti 2 campioni di acqua, uno superficiale e uno sul fondo, mentre per posizioni con profondità della colonna d'acqua superiore a 30 metri è stato raccolto, in aggiunta, un terzo campione intermedio.

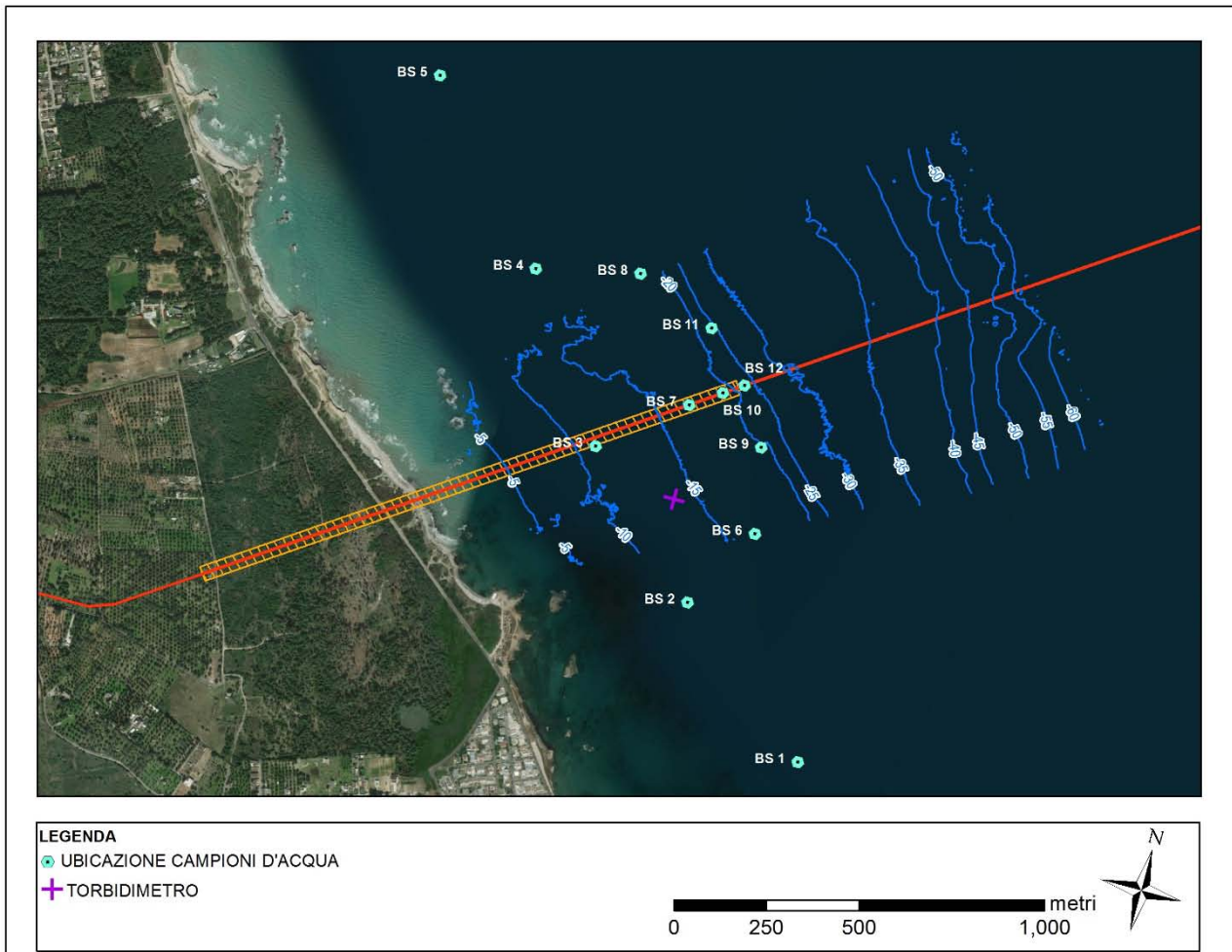



Figura 2.3 – Localizzazione delle stazioni BS1-BS12

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|---------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 8 of 38 |

| Nome del Campione | Latitudine [N] | Longitudine [E] | Est [m] | Nord [m] | Profondità dell'acqua [m] |
|-------------------|----------------|-----------------|-----------|------------|---------------------------|
| BS1 | 40° 18' 26.52" | 18° 24' 22.94" | 279592.13 | 4465101.11 | 1-6-11 |
| BS2 | 40° 18' 37.15" | 18° 24' 05.63" | 279193.09 | 4465440.90 | 1-6-11 |
| BS3 | 40° 18' 47.93" | 18° 23' 50.43" | 278844.03 | 4465783.87 | 1-6-11 |
| BS4 | 40° 19' 01.31" | 18° 23' 38.10" | 278565.12 | 4466205.05 | 1-7.5-14 |
| BS5 | 40° 19' 15.13" | 18° 23' 21.21" | 278179.00 | 4466642.97 | 1-7.5-14 |
| BS6 | 40° 18' 44.60" | 18° 24' 10.76" | 279320.94 | 4465667.09 | 1-8-15 |
| BS7 | 40° 18' 53.71" | 18° 23' 59.31" | 279058.89 | 4465955.95 | 1-6-11 |
| BS8 | 40° 19' 03.52" | 18° 23' 49.70" | 278840.94 | 4466265.14 | 1-9-17 |
| BS9 | 40° 18' 52.01" | 18° 24' 08.62" | 279277.13 | 4465897.07 | 1-10-19 |
| BS10 | 40° 19' 00.73" | 18° 23' 59.29" | 279064.78 | 4466172.45 | 1-12.5-22.5 |
| BS11 | 40° 18' 55.62" | 18° 24' 02.65" | 279139.47 | 4466012.54 | 1-10-19 |
| BS12 | 40° 18' 56.77" | 18° 24' 04.73" | 279189.61 | 4466046.56 | 1-12.5-22.5 |

Tabella 2.2 – Coordinate delle stazioni da BS1 a BS12

L'insieme dei dati raccolti ha fornito gli elementi per caratterizzare la dinamica del trasporto solido esistente nell'area, atta a definire la condizione di riferimento prima dell'inizio dei lavori. Inoltre, i dati sono stati utilizzati per validare il modello di dispersione dei sedimenti nell'area, definire la sedimentazione e identificare le soglie di allarme per il carico di sedimenti.


Al fine di ottenere un dato corretto e coerente con la realtà, e definire quindi la soglia di allarme per la torbidità indotta dai lavori di costruzione, si è proceduto alla validazione dei dati registrati in continuo dal torbidimetro nella fase *ante operam* secondo la seguente sequenza di operazioni:

- eliminando tutte le registrazioni dei dati relativi al periodo di rimozione della sonda dal fondale per manutenzione e scarico dati;
- eliminando tutte le registrazioni in cui il valore del dato risulta inferiore all'accuratezza della sonda (pari a 0,175 NTU) in quanto non attendibili (compresi quindi anche eventuali valori negativi);
- eliminando i dati riconducibili ad evidenti problemi legati al *fouling*;
- eliminando i picchi (*spikes*) dovuti a cause "elettroniche".

Conclusa la procedura di validazione dei dati registrati, è stato possibile procedere all'analisi dei dati validati secondo la seguente sequenza di operazioni:

- identificazione del valore massimo di torbidità per ciascun mese;
- calcolo della media dei valori massimi mensili di torbidità;
- identificazione del valore soglia da considerare in fase di costruzione.

In relazione all'unità di misura di riferimento per la torbidità si evidenzia l'equivalenza tra NTU ed FTU (1 NTU=1 FTU).

| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|---------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 9 of 38 |

3.1 MONITORAGGIO IN MODALITA' CONTINUA

Per quanto riguarda il monitoraggio della torbidità e della dinamica della zona di uscita del microtunnel, nel mese di Novembre 2016 è stata posizionata sul fondo una struttura in acciaio equipaggiata con:

- correntometro ADCP per la determinazione della direzione, intensità e verso delle correnti lungo tutto il battente d'acqua fino alla superficie e dell'altezza d'onda;
- sonda CTD corredata di un torbidimetro utile alla determinazione in continuo delle caratteristiche fisiche e della torbidità delle masse d'acqua sul fondo.


I dati registrati fino ad oggi hanno permesso di determinare il valore limite della torbidità secondo la metodologia che verrà indicata nei capitoli a seguire.

Nelle seguenti figure 3.1.1 e 3.1.2 è rappresentato il grafico completo dell'andamento della torbidità dal 22.11.2016 al 09.3.2018.

Si segnala che l'acquisizione dei dati è ancora in corso, e proseguirà ininterrottamente anche durante i lavori.

Dall'analisi dei grafici sottostanti:

- è possibile vedere come l'andamento della torbidità sia regolare, con aumenti e diminuzioni dei valori legati a condizioni naturali, ovvero andamento delle stagioni (mareggiate), assenza di corsi d'acqua, dinamica marina coerente con il luogo dei lavori.
- i valori alti misurati nei diversi periodi di osservazione non sono legati a malfunzionamenti della sonda in quanto vengono determinati con aumenti e diminuzioni graduali di torbidità, cioè andamenti naturali/normali della torbidità soggetti alla dinamica delle masse d'acqua.

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 10 of 38 |

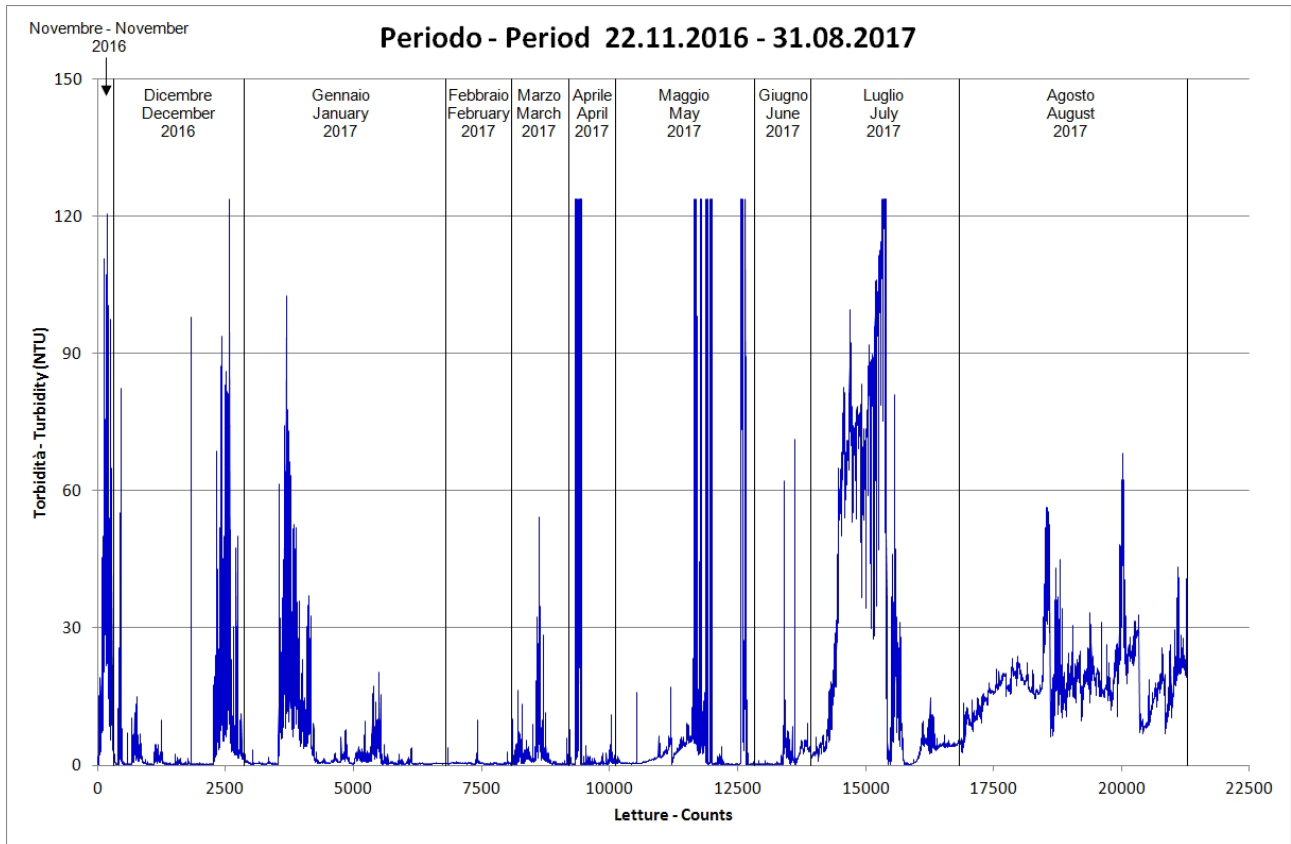



Figura 3.1.1 – Grafico completo dell’andamento della torbidità. Sull’asse X vengono indicate le Letture della sonda (Counts) a cui corrispondono le date indicate nell’Allegato A alla presente Relazione (periodo 22.11.2016-31.08.2017). Il valore massimo dell’Asse Y è posto a 150 NTU in quanto il sensore della torbidità presente sulla sonda ha un range 0-125 NTU.

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 11 of 38 |

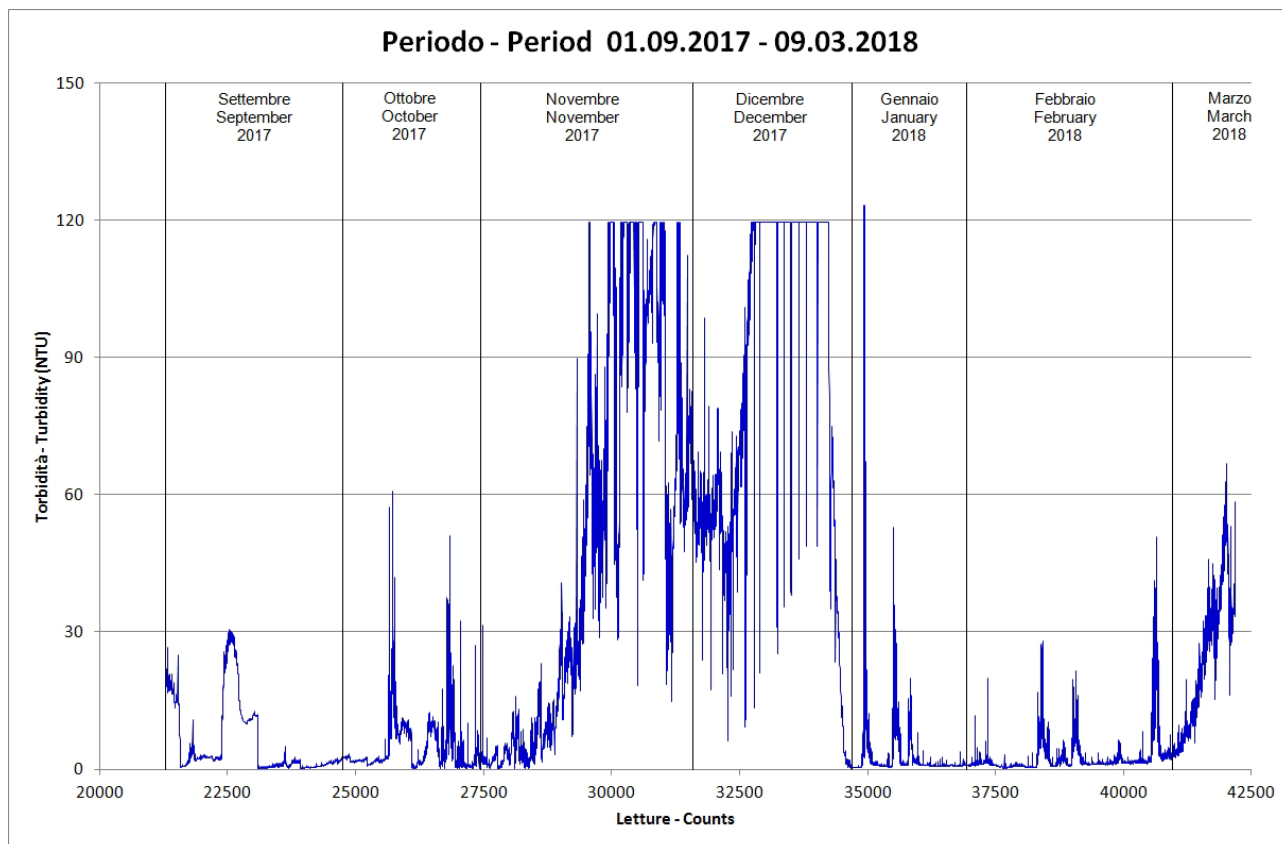


Figura 3.1.2 – Grafico completo dell’andamento della torbidità. Sull’asse X vengono indicate le Letture della sonda (Counts) a cui corrispondono le date indicate nell’Allegato A alla presente Relazione (periodo 01.09.17-09.03.18). Il valore massimo dell’Asse Y è posto a 150 NTU in quanto il sensore della torbidità presente sulla sonda ha un range 0-125 NTU.

3.2 MONITORAGGIO IN MODALITA' DISCONTINUA NEI PRESSI DEL TORBIDIMETRO

Nel corso del monitoraggio *ante operam* sono stati acquisiti campioni d’acqua e parametri fisici della colonna d’acqua al fine di determinare la correlazione tra torbidità e solidi sospesi, correlazione necessaria per la quantificazione del materiale in sospensione a partire dal CTD in un qualunque momento dei lavori.

Ogni 21 giorni circa, in corrispondenza della manutenzione della stazione fissa di misura (il torbidimetro) e della raccolta dei dati dagli strumenti fissi, sono state effettuate misure di torbidità e prelievo di campioni di acqua lungo la colonna d’acqua nelle tre stazioni di monitoraggio WS1, WS2 e WS3. Di seguito si riporta un esempio dei risultati acquisiti durante gennaio 2017 (Tabella 3.2.1).


| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 12 of 38 |

Tabella 3.2.1 - Valori del materiale sospeso e della torbidità misurati nell'area di cantiere; valori misurati in situ il 3 gennaio 2017

| Stazione | Torbidità (NTU) | Solidi sospesi totali (mg/L) |
|----------|-----------------|------------------------------|
| WS1 | 5.5 | 14.24 |
| WS1 | 6 | 15.92 |
| WS2 | 4.6 | 15.48 |
| WS2 | 5 | 13.1 |
| WS3 | 7.8 | 16.9 |
| WS3 | 5.5 | 14.68 |

Dato che non è possibile lavorare in condizioni di mare mosso e/o agitato, i campioni sono stati acquisiti solo in condizioni meteomarine favorevoli caratterizzate quindi da valori bassi di torbidità dell'acqua e solidi sospesi. Al fine di ottenere una correlazione il più possibile aderente alla realtà, ovvero con differenti quantitativi di materiale sospeso, ivi inclusi alti quantitativi di materiale in sospensione legati a condizioni di mare mosso e/o agitato, si è effettuata una simulazione in laboratorio, nel seguito descritta, per ottenere valori di concentrazione e torbidità rappresentativi di mare mosso e/o agitato

In particolare, è stato effettuato, mediante l'impiego di operatori subacquei specializzati, un campionamento del primo strato del fondo (13-15 cm) per mezzo di una sassola. I campioni di sedimento raccolto sono stati conservati, insieme alla sua acqua di contatto, in appositi contenitori ai fini delle successive analisi.

Un'aliquota del campione (non è necessario conoscere la quantità di materiale messo nell'acqua in quanto le misure che si ottengono sono sito-specifiche e non assolute) è stata quindi rilasciata in un contenitore da 30 litri di acqua.

Il sedimento rilasciato è stato messo in sospensione per mezzo di semplice agitazione, dopo di che è stata misurata la torbidità, per mezzo di un CTD con torbidimetro, e contestualmente è stato prelevato un campione d'acqua e sedimento sospeso alla stessa quota di misura della torbidità. Questa operazione è stata ripetuta dopo un breve lasso di tempo (dando così modo a parte di sedimento di sedimentare) con la stessa metodologia, ottenendo così un secondo campione dalla stessa sospensione. In questo modo è stato simulato quanto accade naturalmente sul fondale della zona di interesse in condizioni di mare mosso/agitato.

La procedura sopra descritta è stata effettuata con 7 campioni di sedimento prelevati in differenti punti (tra cui uno in prossimità del torbidimetro) ottenendo così 11 campioni in totale.

I campioni d'acqua e di sedimento sono stati poi filtrati, asciugati e pesati in laboratorio per ottenere la quantità di sedimento presente nel campione analizzato, rapportandolo poi a mg/Litro. Nella tabella che segue (Tabella 3.2.2) sono riportati i valori della torbidità misurati e la quantità di sedimento presente nella stessa massa d'acqua.



| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 13 of 38 |

Tabella 3.2.2 - Valori del materiale sospeso e della torbidità misurati nell'area di cantiere: valori misurati in situ il 3 gennaio 2017, ed, in corsivo, valori ricavati non sul campo ma determinati in laboratorio (marzo 2017).

| Campione | Sigla campione | Torbidità (FTU) | TSS (mg/L) |
|---------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| WS1 | WS1 | 5,5 | 14,24 |
| WS1 | WS1 | 6 | 15,92 |
| WS2 | WS2 | 4,6 | 15,48 |
| WS2 | WS2 | 5 | 13,10 |
| WS3 | WS3 | 7,8 | 16,90 |
| WS3 | WS3 | 5,5 | 14,68 |
| <i>1 exit point</i> | <i>1EP-A</i> | <i>100</i> | <i>1914,56</i> |
| <i>2 exit point</i> | <i>2EP-A</i> | <i>30</i> | <i>92,68</i> |
| <i>2 exit point</i> | <i>2EP-B</i> | <i>40</i> | <i>272,64</i> |
| <i>3 exit point</i> | <i>3EP-A</i> | <i>23</i> | <i>104,64</i> |
| <i>3 exit point</i> | <i>3EP-B</i> | <i>18</i> | <i>3,80</i> |
| <i>WS1</i> | <i>WS1-A</i> | <i>17</i> | <i>63,72</i> |
| <i>WS1</i> | <i>WS1-B</i> | <i>12</i> | <i>24,48</i> |
| <i>WS2</i> | <i>WS2-A</i> | <i>40</i> | <i>183,28</i> |
| <i>WS3</i> | <i>WS3-A</i> | <i>5</i> | <i>45,72</i> |
| <i>Torbidimetro</i> | <i>Torbi-A</i> | <i>15</i> | <i>152,20</i> |
| <i>Torbidimetro</i> | <i>Torbi-B</i> | <i>2</i> | <i>6,44</i> |

Nel grafico ottenuto dalla correlazione dei due valori (Figura 3.2.1), è riportata l'equazione $Y=aX\pm b$ che rappresenta l'equazione che lega la quantità di sedimento presente nell'acqua (Y) e la corrispondente torbidità (X); nella fattispecie la relazione è $Y=17,515X-172,81$.

Il valore di R^2 indica la bontà della correlazione: il numero 0,8512 rappresenta la percentuale di valori correlati (0=0%, e 1=100%), che nel caso in esame è pari a 85% (cioè 85 valori su 100), e quindi un ottimo valore. Per mezzo di questa equazione sarà possibile determinare in qualunque momento il valore del materiale in sospensione a partire da qualunque valore di torbidità misurato dal torbidimetro.

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 14 of 38 |

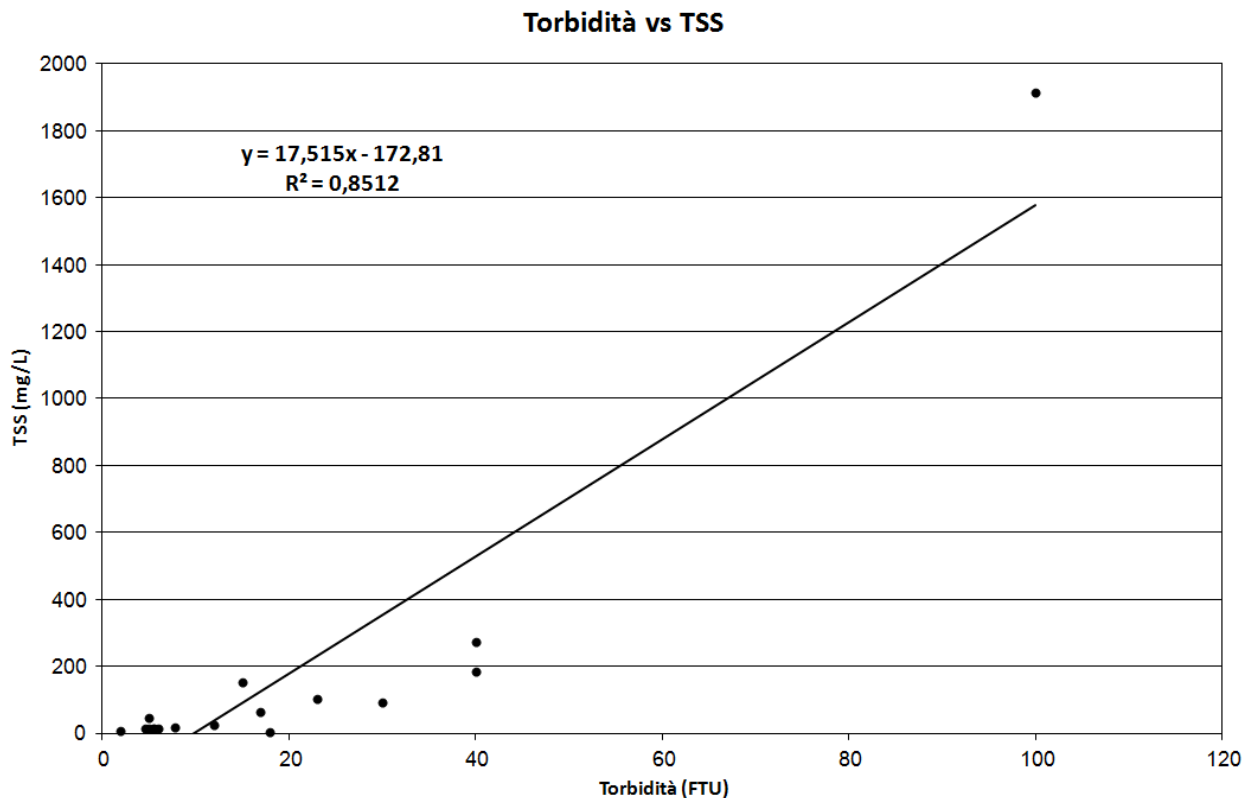


Figura 3.2.1 - Grafico della retta di correlazione tra TSS (materiale sospeso/sedimento, in mg/L), e Torbidità (in FTU) presente nelle masse d'acqua.

3.2.1 SONDA MULTIPARAMETRICA E METODOLOGIA DETERMINAZIONE SOLIDI SOSPESI

Per misurare la torbidità del campione d'acqua con sedimento risospeso è stata utilizzata una sonda multiparametrica CTD portatile MAR330 della IdromarAmbiente (Fig. 3.2.1.1), integrata con un torbidimetro (Tabella 3.2.1.1). Il software utilizzato per l'acquisizione ed il processamento dei dati misurati è XMAR, che ha permesso la visualizzazione dei parametri in tempo reale durante l'esperimento.



Figura 3.2.1.1 - Sonda multiparametrica CTD MAR330.


| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 15 of 38 |

Tabella 3.2.1.1 - Sensori installati sulla sonda MAR330 e parametri misurati.


| PARAMETRO | CAMPO DI MISURA | ACCURATEZZA | RISOLUZIONE |
|--------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| Pressione | 0÷100 dbar | 0.1 dbar | 0.002 dbar |
| Temperatura | -2÷38 °C | 0.01 °C | 0.0007 °C |
| Conducibilità | 0÷70 mS/cm | 0.02 mS/cm | 0.0015 ms/cm |
| Ossigeno disciolto | 0÷150 %sat | 1.0 %sat | 0.002 %sat |
| Torbidità | 0÷100 FTU | 0.05 FTU | 0.002 FTU |
| Clorofilla 'a' | 0÷50 mg/m ³ | 0.05 mg/m ³ | 0.001 mg/m ³ |

I campioni sono stati prelevati direttamente nel contenitore dell'esperimento per mezzo di contenitori da 250 cc in HDPE. In laboratorio i campioni di acqua sono stati filtrati in quantità note attraverso filtri Millipore di acetato di cellulosa (\emptyset 47 mm e porosità 0.45 μ m) allo scopo di concentrare i solidi sospesi (TSS) in essi contenuti.

In laboratorio, prima di iniziare le attività di filtrazione dei campioni, i filtri di acetato di cellulosa sono stati numerati, pre-pesati e stoccati per le operazioni da svolgere successivamente all'esperimento. Le operazioni di pesatura dei filtri vergini sono avvenute immettendo gli stessi in un apposito forno essiccatore a ventilazione forzata per 3 ore a 60°C e, successivamente, riportati a temperatura ambiente in campane essiccatrici per 30', e quindi pesati. Le operazioni di pesatura sono state effettuate con una bilancia elettronica di precisione a cinque cifre decimali Scaltec SBC21 (precisione \pm 10 μ g).

Durante la filtrazione dei campioni, per evitare di introdurre errori di misura dovuti alle diverse condizioni atmosferico-ambientali al momento della pesatura, sono stati conservati a parte due filtri "bianchi" (uno all'inizio e l'altro alla fine delle operazioni di filtrazione): la loro variazione di peso, rispetto a quello calcolato in partenza, è servita a determinare la correzione (positiva o negativa) da apportare al peso dei filtri con campione nella determinazione del TSS.

I filtri sono stati quindi asciugati in un forno ad una temperatura di 60°C per 3 ore e quindi, riportati a temperatura ambiente in una campana essiccatrice per 30'. A questo punto, i filtri sono stati pesati: la differenza tra il peso riscontrato ed il peso iniziale (filtri vergini) ha determinato la quantità di solidi sospesi totali (per la quantità di acqua filtrata). Il quantitativo di TSS ottenuto è stato infine riportato a Litro.

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 16 of 38 |

3.3 MONITORAGGIO IN MODALITA' DISCONTINUA PRESSO LE 12 STAZIONI

3.3.1 SINTESI DELLE CAMPAGNE

Nell'ambito del monitoraggio *ante operam* è stata svolta una campagna oceanografica volta alla determinazione delle principali caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua e del particolato sospeso in essa presente.

Nel dettaglio, l'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS) ha eseguito una campagna d'indagine sia mediante attività di campo, condotta dal 20 al 23 novembre 2016 su un numero di stazioni pari a 20 (campioni da 1 a 20), sia mediante analisi di laboratorio.

La campagna d'indagine in campo è stata eseguita nell'area di Progetto più prossima alla costa, focalizzandosi su un'area costituita da un corridoio largo 2 km lungo il tracciato della condotta sottomarina fino a una distanza dalla costa di 3 km.

A seguire la prima campagna, sono state eseguite due ulteriori campagne *ante operam*, condotte dalla società Fugro nel mese di novembre 2016 ed aprile 2017, con un numero di stazioni pari a 12 per la sola torbidità e materiale sospeso in punti differenti (stazioni da BS1 a BS12).

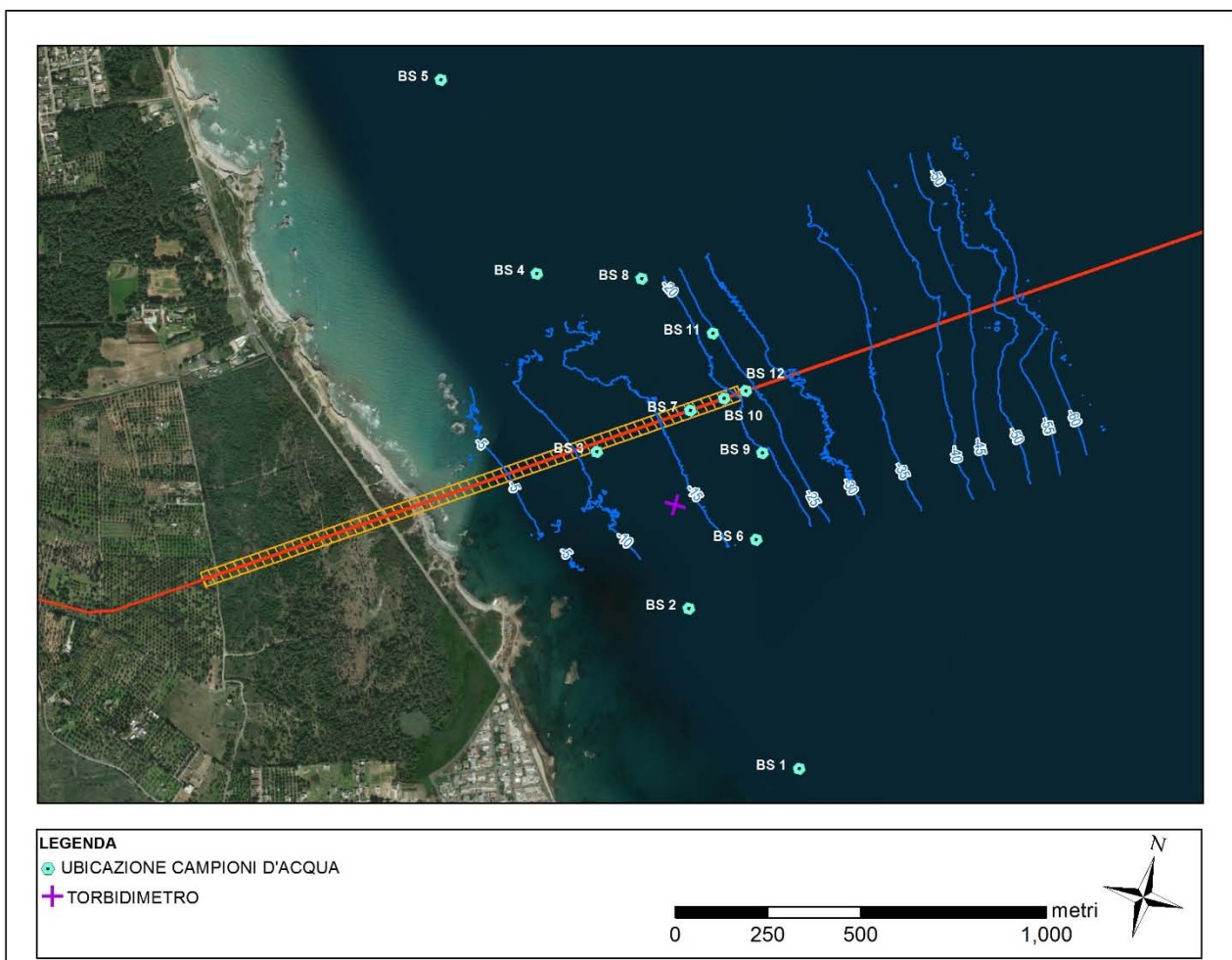




Figura 3.3.1.1 - Posizione delle stazioni da BS1 a BS12.

| | | | | |
|--|---------------------|---|--------------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 17 of 38 |

3.3.2 PRIMA CAMPAGNA - OGS (20 STAZIONI)

Per la caratterizzazione della colonna d'acqua, il campionamento è stato condotto lungo un transetto costa-largo in corrispondenza dell'asse del tracciato e in 2 transetti a distanza crescente (500 m e 1000 m) sia a Nord sia a Sud del tracciato, per un totale di 5 transetti. Lungo ciascun transetto sono state posizionate 4 stazioni di campionamento a circa 500 m, 700 m, 1000 m e 3000 m dalla costa, in modo da definire un reticolo di 20 stazioni. Per agevolare la descrizione dei risultati ed individuare eventuali gradienti costa-largo, le 20 stazioni sono state raggruppate in 4 transetti paralleli alla costa denominati rispettivamente transetto A, B, C e D. Nella Figura 3.3.2.1 è riportata la posizione di ogni stazione e transetto di appartenenza mentre nella Tabella 3.3.2.1 sono riportate le coordinate delle stazioni, la loro profondità, il giorno e l'ora di campionamento e il numero di quote campionate. In ciascuna stazione è stato effettuato un profilo dell'intera colonna d'acqua fino a una distanza massima dal fondo di 0.3-0.5 m, con relativo campionamento. Per le stazioni con una profondità maggiore a 30 m sono stati prelevati campioni su 3 livelli (superficie, quota intermedia e fondo). Queste stazioni si trovano lungo il transetto D (più esterno) e C (stazioni 14 e 15). Inizialmente era previsto che la quota intermedia di prelievo corrispondesse al massimo di clorofilla, ma non in tutte le stazioni esso era visibile. In tal caso la quota di prelievo è stata fissata in corrispondenza della profondità 25-30 m. Nelle stazioni rimanenti sono stati prelevati campioni a 2 quote (superficie e fondo).

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 18 of 38 |

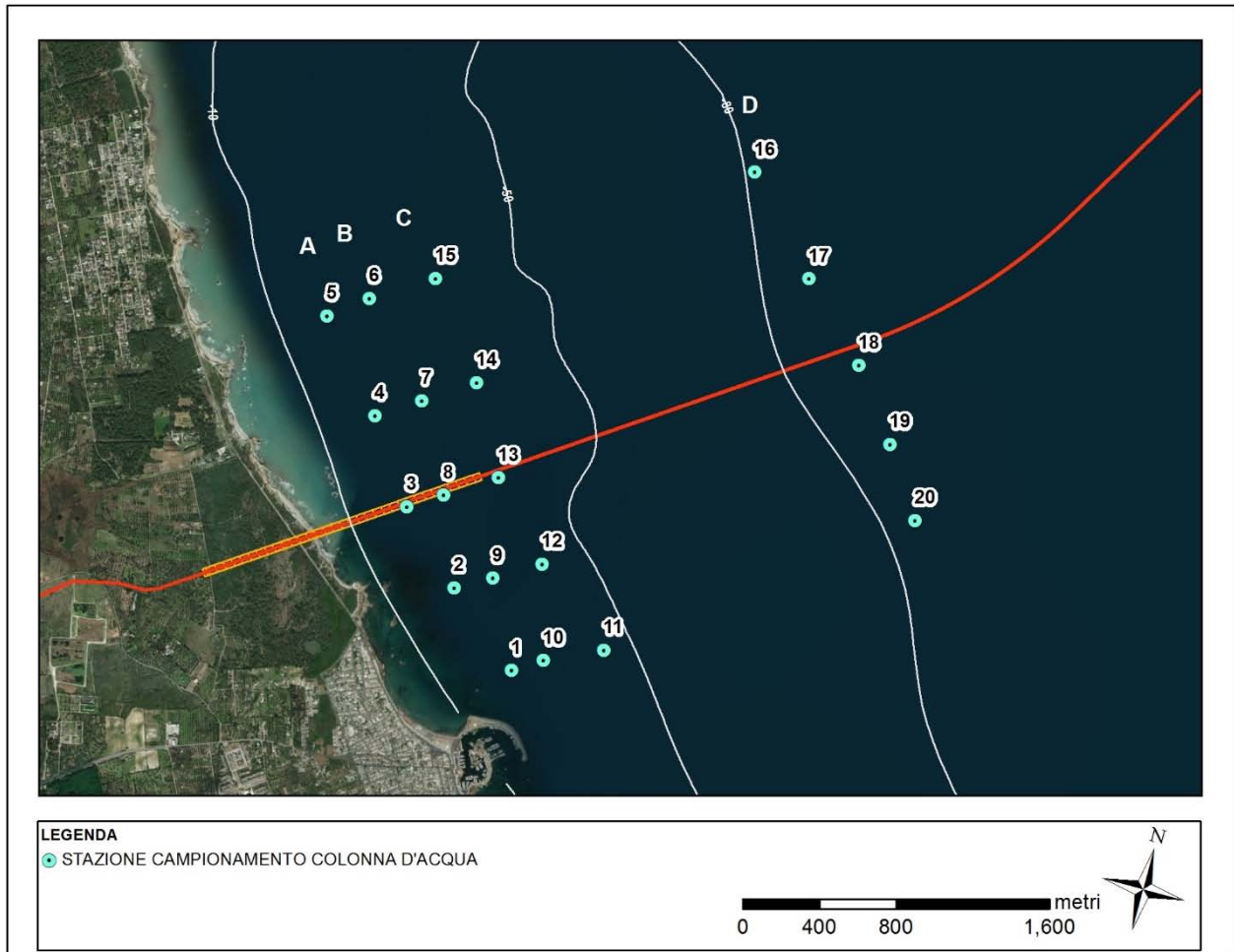


Figura 3.3.2.1 - Mappa con la posizione delle stazioni di campionamento della colonna d'acqua durante la campagna svoltasi in novembre 2016.



| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 19 of 38 |

Tabella 3.3.2.1 - Informazioni sulle stazioni campionate per la caratterizzazione della colonna d'acqua (*ora GMT).

| Stazione # | X_UTM 34N [m] | Y_UTM 34N [m] | Data Ora* | Profondità [m] | #Quote [m] | Transetto |
|------------|---------------|---------------|------------------------|----------------|------------|-----------|
| 1 | 279589,0 | 4465100,0 | 2016-11-23 12:42:43 | 11.0 | 2 | A |
| 2 | 279189,0 | 4465439,0 | 2016-11-23 13:13:11 | 11.8 | 2 | A |
| 3 | 278840,0 | 4465784,0 | 2016-11-23 13:39:23 | 11.7 | 2 | A |
| 4 | 278559,0 | 4466200,0 | 2016-11-23 14:06:03 | 14.1 | 2 | A |
| 5 | 278180,0 | 4466637,0 | 2016-11-23 14:27:58 | 14.7 | 2 | A |
| 6 | 278370,0 | 4466782,0 | 2016-11-23 16:33:25 | 19.2 | 2 | B |
| 7 | 278774,0 | 4466339,0 | 2016-11-23 16:11:27 | 17.9 | 2 | B |
| 8 | 279010,0 | 4465892,0 | 2016-11-23 15:43:53 | 15.6 | 2 | B |
| 9 | 279370,0 | 4465539,0 | 2016-11-23 15:24:20 | 15.3 | 2 | B |
| 10 | 279736,0 | 4465193,0 | 2016-11-23 15:02:20 | 15.6 | 2 | B |
| 11 | 280027,0 | 4465327,0 | 2016-11-23 11:35:46 | 29.9 | 2 | C |
| 12 | 279600,0 | 4465677,0 | 2016-11-23 11:07:33 | 26.3 | 2 | C |
| 13 | 279264,0 | 4466054,0 | 2016-11-23 10:30:51 | 27.4 | 2 | C |
| 14 | 279026,0 | 4466504,0 | 2016-11-23 09:53:05 | 33.7 | 3 | C |
| 15 | 278677,0 | 4466972,0 | 2016-11-23 09:12:17 | 34 | 3 | C |
| 16 | 280142,0 | 4467940,0 | 2016-11-23 08:26:33 | 79.3 | 3 | D |
| 17 | 280561,0 | 4467476,0 | 2016-11-23 07:42:30 | 79.7 | 3 | D |
| 18 | 280930,0 | 4467107,0 | 2016-11-22 15:12:48 | 80.9 | 3 | D |
| 19 | 281194,0 | 4466751,0 | 2016-11-22 14:36:50 | 80.2 | 3 | D |
| 20 | 281422,0 | 4466401,0 | 2016-11-22 13:40:59 | 79 | 3 | D |

| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 20 of 38 |

3.3.2.1 MATERIALI E METODI

La caratterizzazione fisica della colonna d'acqua è stata effettuata mediante una sonda multiparametrica SeaBird 911 plus con l'obiettivo di ottenere un profilo continuo fino ad una profondità massima di 0.3-0.5 m dal fondo. La sonda CTD è stata equipaggiata con doppi sensori di temperatura e salinità al fine di ottenere la massima precisione dei parametri fisici, oltre ad un sensore per misurare l'ossigeno. Sono stati inoltre installati altri sensori per misurare il pH, la trasmittanza dell'acqua e la torbidità. Il parametro della clorofilla è stato ricavato dalle misure fatte con il fluorimetro. I tipi di sensori installati e i relativi parametri misurati sono riportati in Tabella 3.3.2.1.1. La sonda CTD è stata collegata ad una rosette SeaBird32 con 11 bottiglie da 5L munita di altimetro, per permettere la raccolta dei campioni d'acqua alle quote stabilite.


Tabella 3.3.2.1.1 - Sensori installati sulla sonda CTD 911 Plus e parametri misurati.

| Parametro misurato | Sensore |
|--------------------|--|
| Temperatura | Temperature, SBE 3 |
| Salinità | Conductivity, SBE 4 |
| Ossigeno | Oxygen, SBE 43 |
| pH | pH, SBE 18 |
| Clorofilla | Fluorometer, Wetlab ECO-AFL/FL |
| Trasmittanza | Transmissometer/Chelsea/Seatech/Wetlab |
| Torbidità | OBS, Wetlab ECO-AFL/FL |

I dati sono stati processati applicando il software della Seabird, i picchi (*spikes*) sono stati rimossi da tutti i profili applicando criteri strumentali e climatologici oltre al controllo visivo. Questi valori sono stati sostituiti con NaN (*not a number*). Dopodiché i profili sono stati mediati ogni 0.1 dbar. La precisione complessiva risulta essere di 0.002 °C per la temperatura e 0.003 per la salinità.

3.3.2.2 RISULTATI

Da una prima analisi, i dati misurati per ogni parametro lungo i 4 transetti sono confrontabili. Tuttavia, come previsto data la sua posizione ad una profondità maggiore, si riscontra una maggiore variabilità lungo l'ultimo transetto (D) rispetto agli altri aventi una minore profondità. Temperatura e salinità misurate ai transetti A, B e C lungo la colonna d'acqua sono compresi negli intervalli 17.2 - 17.4 °C e 38.4 - 38.5 rispettivamente. Lo strato al di sotto dei primi 15 m nel transetto C mostra, così come al transetto D, un aumento continuo della salinità fino ad un massimo pari a circa 38.8 alla profondità di 80 m. Lo stesso andamento è stato riscontrato nell'ossigeno con valori compresi tra 5.1 e 5.3 mL/L [80 - 95%], con un massimo \approx 5.3 mL/L [\approx 94 %] intorno a 60 m di profondità nelle stazioni 16 e 17 localizzate più a ovest nel transetto D. Il pH ha una variabilità simile per tutti i 4 transetti, con valori intorno a 8.25. Per quanto riguarda la clorofilla, non è stato riscontrato alcun picco di fluorescenza lungo la colonna d'acqua nelle stazioni più vicine alla costa (transetti A e B). Le stazioni dei transetti C e D mostrano invece i valori maggiori di clorofilla nei primi 20 m. In

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 21 of 38 |

generale, l'erosione del termoclino e il mescolamento dello strato superficiale fino approssimativamente a 5-10 m sono concordi con le caratteristiche oceanografiche tipiche del periodo dell'anno monitorato.

Nelle Figure 3.3.2.2.1 ÷ 3.3.2.2.4 sono riportati i profili verticali dei parametri di temperatura in °C, salinità, ossigeno in mL/L, pH, trasmittanza in %, clorofilla in mg/m³ e torbidità in NTU, relativi alle stazioni dei transetti A, B, C, e D, rispettivamente.

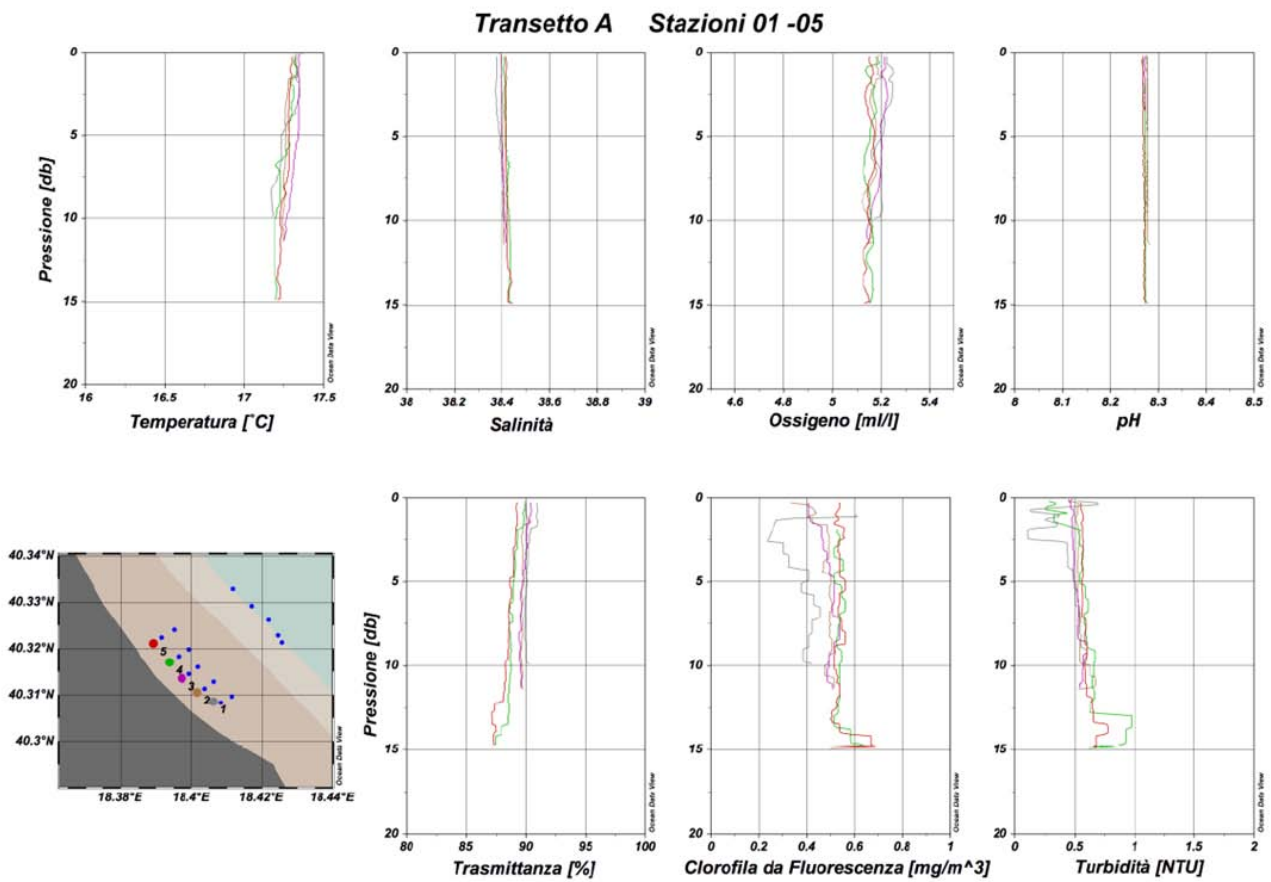



Figura 3.3.2.2.1 - Profili verticali dei parametri misurati nelle stazioni dalla 1 alla 5 del Transetto A.

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 22 of 38 |

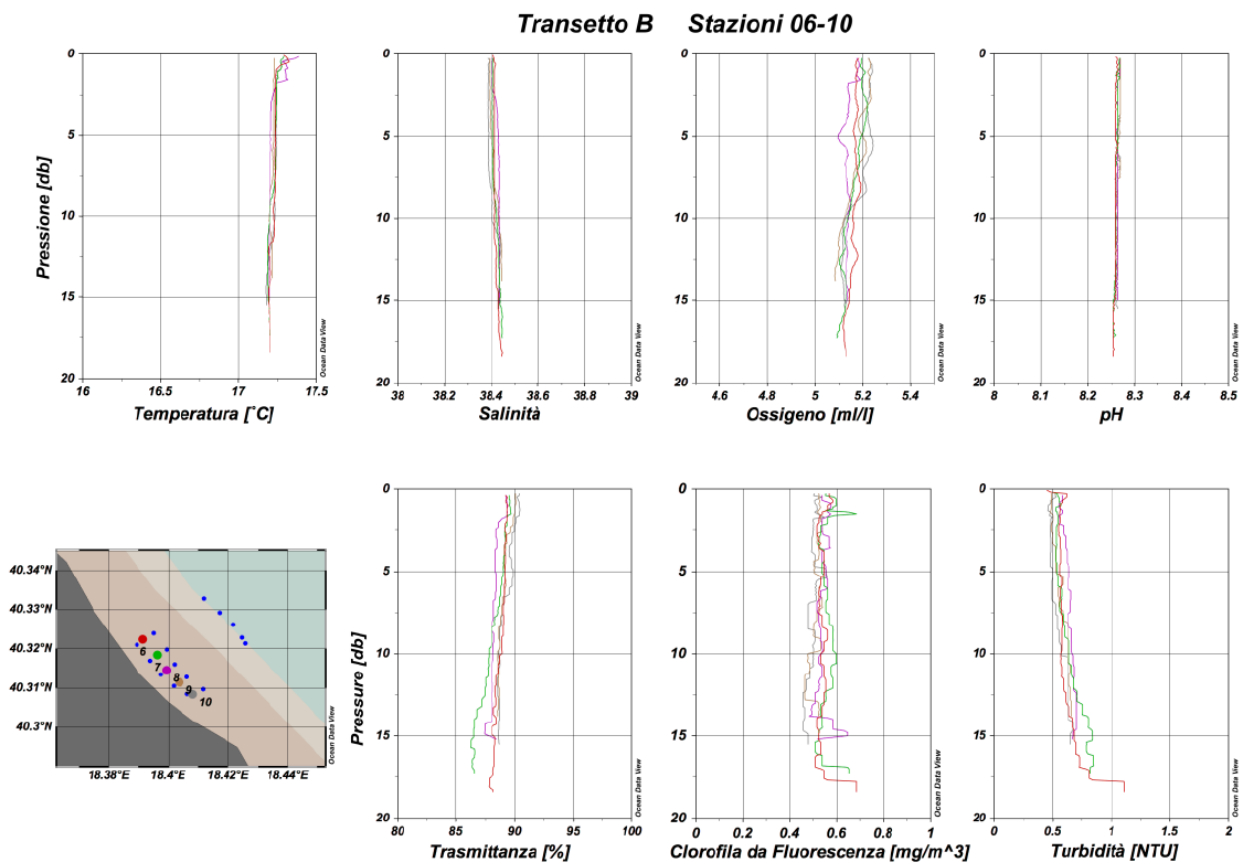



Figura 3.3.2.2.2 - Profili verticali dei parametri misurati nelle stazioni dalla 6 alla 10 del transetto B.

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 23 of 38 |

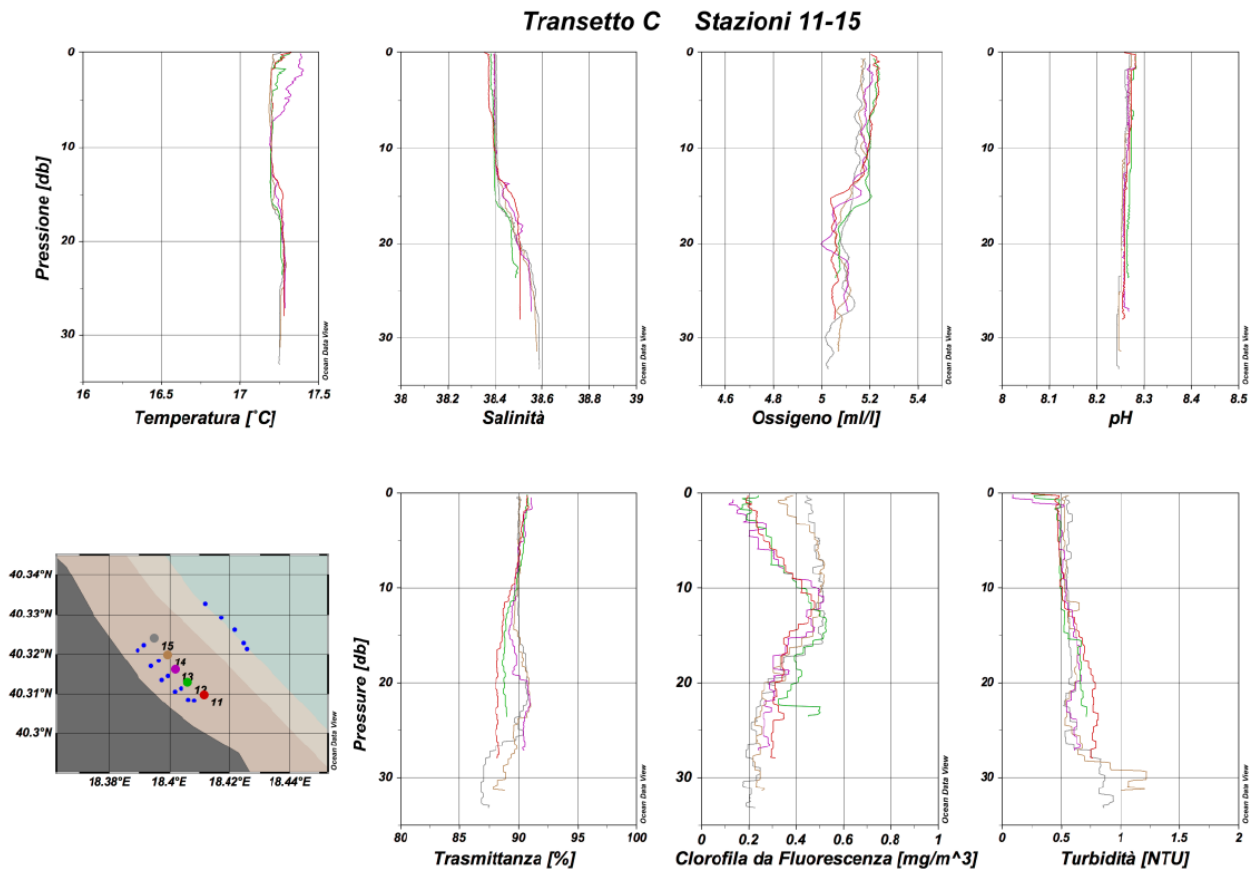



Figura 3.3.2.3 - Profili verticali dei parametri misurati nelle stazioni dalla 11 alla 15 del transetto C.

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 24 of 38 |

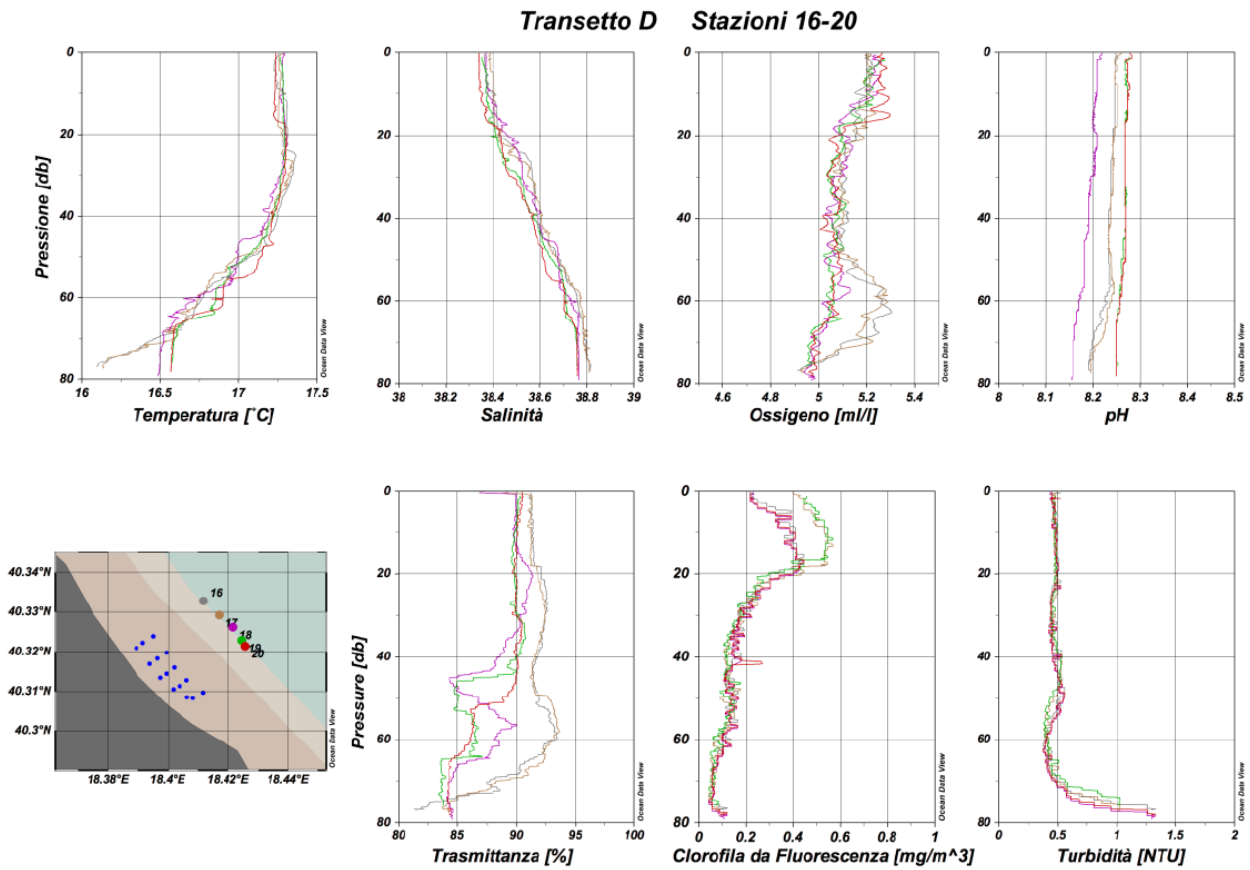



Figura 3.3.2.2.4 - Profili verticali dei parametri misurati nelle stazioni dalla 16 alla 20 del transetto D.

| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 25 of 38 |

3.3.3 SECONDA CAMPAGNA - FUGRO (12 STAZIONI)

La campagna in oggetto è stata finalizzata alla raccolta dei valori di torbidità e materiale sospeso, i valori ottenuti a novembre 2016 sono riassunti nella Tabella 3.3.3.1, mentre i valori ottenuti ad aprile 2017 sono riportati nella Tabella 3.3.3.2.

Tabella 3.3.3.1 – Valori di torbidità (in NTU) e solidi sospesi (in mg/L).

| Stazione | Profondità (m) | Test di torbidità metodo APAT 2110 (NTU) | Torbidità sonda (NTU) | Solidi sospesi totali (mg/L) |
|----------|----------------|--|-----------------------|------------------------------|
| BS01 | 0.95 | 8.5 | 9.4 | 12.06 |
| BS01 | 8.75 | 6.2 | 5.3 | 11.4 |
| BS02 | 1.05 | 1.1 | 0.9 | 11.24 |
| BS02 | 10.85 | 0.8 | 1 | 10.58 |
| BS03 | 1 | 1 | 1.1 | 11.56 |
| BS03 | 11.14 | 1.4 | 1.2 | 11.06 |
| BS04 | 0.94 | 2 | 1.9 | 15 |
| BS04 | 14.05 | 1 | 0.8 | 13.56 |
| BS05 | 1 | 1.9 | 1.8 | 11.86 |
| BS05 | 13.8 | 0.9 | 0.9 | 10.38 |
| BS06 | 0.92 | 0.5 | 0.4 | 11.94 |
| BS06 | 15.73 | 1 | 1.1 | 11.34 |
| BS07 | 1.03 | 1.1 | 0.9 | 11.22 |
| BS07 | 16.16 | 1.3 | 1 | 11.6 |
| BS08 | 1.18 | 1.8 | 0.5 | 12.62 |
| BS08 | 17.32 | 1.3 | 1.5 | 10.96 |
| BS09 | 1.16 | 1.2 | 0.8 | 16.68 |
| BS09 | 19.19 | 0.9 | 0.7 | 13.48 |
| BS10 | 1.2 | 1.1 | 1.3 | 13.22 |
| BS10 | 23.48 | 1.8 | 1.3 | 16.18 |
| BS11 | 1.17 | 1.2 | 1 | 13.72 |
| BS11 | 19.39 | 1.8 | 1.7 | 15.78 |
| BS12 | 1.14 | 1.1 | 1.2 | 11.68 |
| BS12 | 19.04 | 1.1 | 0.9 | 12.18 |



| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 26 of 38 |

Tabella 3.3.3.2 – valori di torbidità (in NTU) e solidi sospesi (in mg/L) – Aprile 2017.

| Stazione | Strato superficiale | Strato intermedio | Strato di fondo | Torbidità (NTU) | |
|----------|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------|
| | | | | Minimo | Massimo |
| BS1 | <5 | <5 | <5 | <1 | <1 |
| BS2 | <5 | <5 | <5 | <1 | <1 |
| BS3 | <5 | <5 | <5 | <1 | 1.1 |
| BS4 | <5 | <5 | <5 | <1 | 1.1 |
| BS5 | <5 | <5 | <5 | <1 | 1.1 |
| BS6 | <5 | <5 | <5 | <1 | 1.1 |
| BS7 | <5 | <5 | <5 | <1 | 1.1 |
| BS8 | <5 | <5 | <5 | <1 | <1 |
| BS9 | <5 | <5 | <5 | <1 | 1.6 |
| BS10 | <5 | <5 | <5 | <1 | <1 |
| BS11 | <5 | <5 | <5 | <1 | 18.5 |
| BS12 | <5 | <5 | <5 | <1 | 18.5 |

(I valori "Torbidità (NTU) - Massimo" delle due stazioni BS11 e BS12 sono dovuti al contatto della sonda col fondale e non a una reale torbidità presente nell'area)

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 27 of 38 |

4. VALORE LIMITE DELLA TORBIDITA'

Dall'esame dei grafici del Capitolo 3.1 (Figure 3.1.1 e 3.1.2 di Pag.10-11 di 38), sotto rappresentati per immediato riferimento, e che riportano i valori di torbidità del periodo completo, da novembre 2016 a marzo 2018:

- è possibile notare come l'andamento della torbidità sia regolare, con aumenti e diminuzioni dei valori legati a condizioni naturali, ovvero andamento delle stagioni (mareggiate), assenza di corsi d'acqua, dinamica marina coerente con il luogo dei lavori.
- i valori alti misurati nei diversi periodi di osservazione non sono legati a malfunzionamenti della sonda in quanto vengono determinati con aumenti e diminuzioni gradual di torbidità, cioè andamenti naturali/normali della torbidità soggetti alla dinamica delle masse d'acqua.

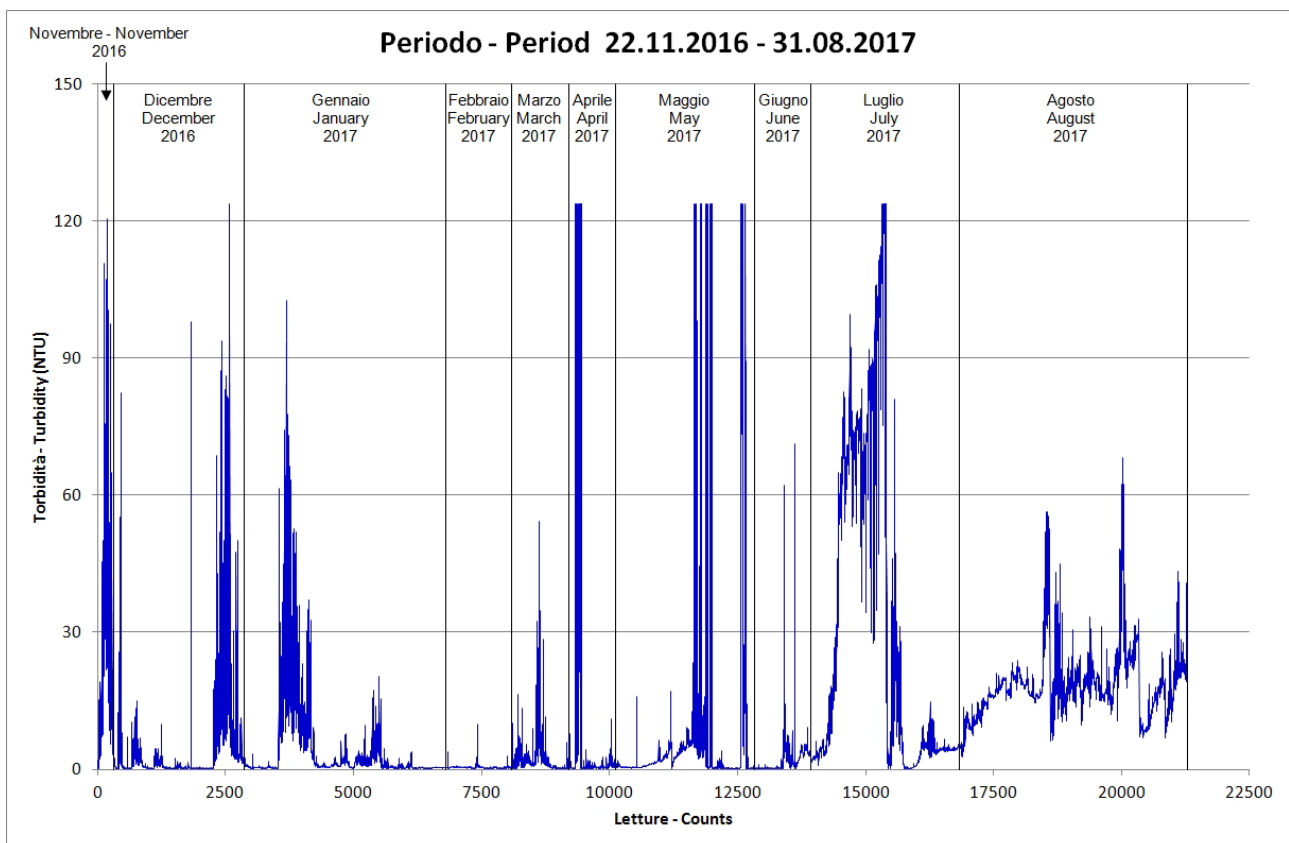



Figura 3.1.1 – Grafico completo dell'andamento della torbidità. Sull'asse X vengono indicate le Letture della sonda (Counts) a cui corrispondono le date indicate nell'Allegato A alla presente Relazione (periodo 22.11.2016-31.08.2017). Il valore massimo dell'Asse Y è posto a 150 NTU in quanto il sensore della torbidità presente sulla sonda ha un range 0-125 NTU.

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 28 of 38 |

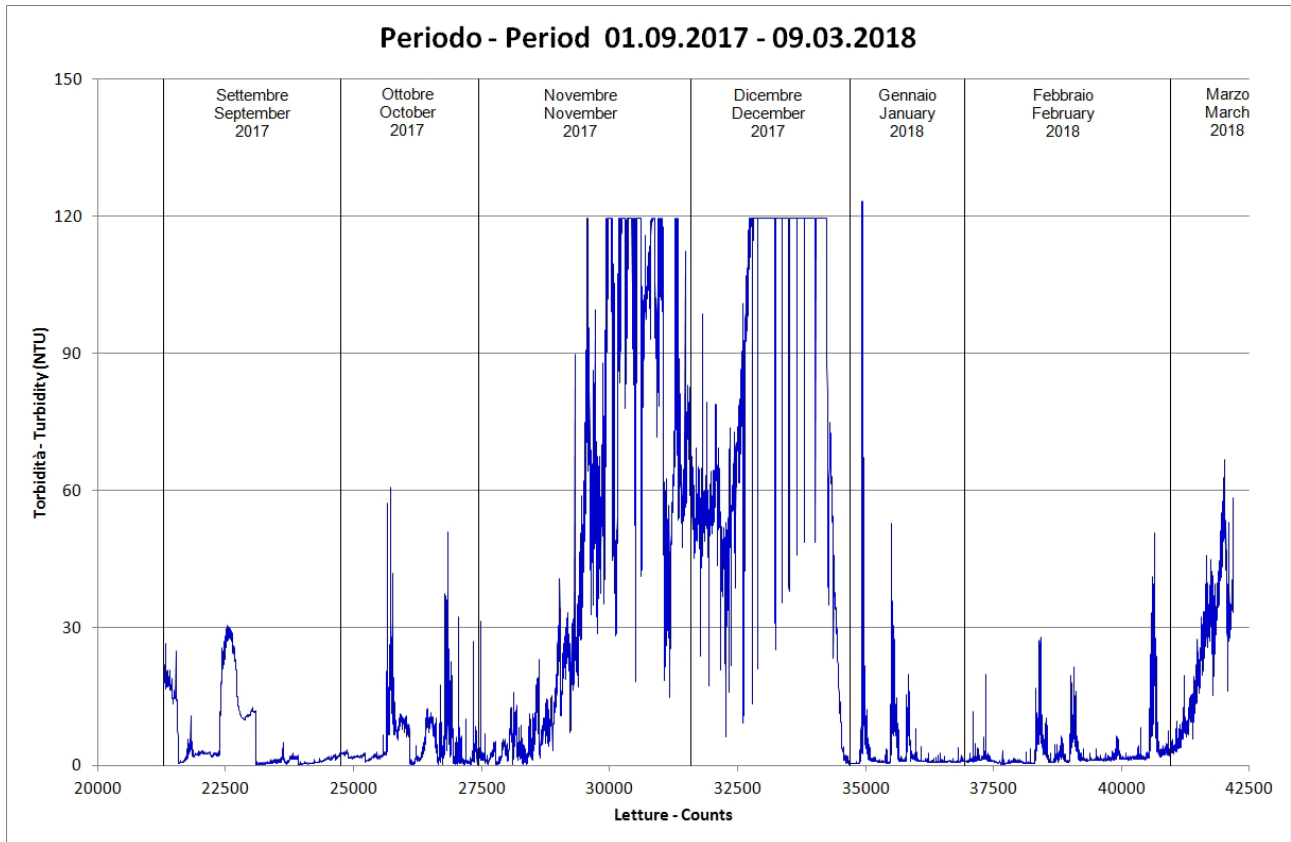


Figura 3.1.2 – Grafico completo dell’andamento della torbidità. Sull’asse X vengono indicate le Letture della sonda (Counts) a cui corrispondono le date indicate nell’Allegato A alla presente Relazione (periodo 01.09.17-09.03.18). Il valore massimo dell’Asse Y è posto a 150 NTU in quanto il sensore della torbidità presente sulla sonda ha un range 0-125 NTU.

Si è scartata l’ipotesi di effettuare un valore medio di tutti i valori della torbidità in quanto 42.184 valori sono molti per la determinazione di un valore medio ed il risultato ottenuto, sebbene matematicamente corretto, non avrebbe fornito informazioni reali sulla variabilità della torbidità del sito.

Questi dati, che variano da 0.175 a 125 NTU circa, evidenziano come per periodi più o meno lunghi la prateria di *Cymodocea* presente possa vivere, senza particolari problemi, con bassi valori di luce (dovuti ai cicli giorno-notte, altezza del sole sull’orizzonte, copertura nuvolosa, maltempo, torbidità naturale dell’acqua).

Il data set della torbidità misurata dal torbidimetro fisso, dopo essere stato validato, è stato utilizzato per individuare il valore limite di torbidità per ciascun mese indagato al fine di definire quali fossero le condizioni di torbidità naturale peggiori (per ogni mese).

I dati utilizzati per il calcolo del valore limite hanno coperto il periodo Novembre 2016-Marzo 2018 ed hanno permesso di ottenere un data set ampio e rappresentativo delle condizioni naturali (Tabella 4.1).



| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 29 of 38 |

Tabella 4.1 – Valori massimi registrati nel periodo novembre 2016-marzo 2018

| Periodo | Torbidità (NTU) |
|----------------|------------------------|
| Novembre 2016 | 120 |
| Dicembre 2016 | 124 |
| Gennaio 2017 | 103 |
| Febbraio 2017 | 10 |
| Marzo 2017 | 54 |
| Aprile 2017 | 124 |
| Maggio 2017 | 124 |
| Giugno 2017 | 71 |
| Luglio 2017 | 124 |
| Agosto 2017 | 68 |
| Settembre 2017 | 31 |
| Ottobre 2017 | 61 |
| Novembre 2017 | 120 |
| Dicembre 2017 | 120 |
| Gennaio 2018 | 123 |
| Febbraio 2018 | 51 |
| Marzo 2018 | 67 |

Avendo a disposizione tale data set di valori di torbidità, è stato possibile ottenere un valore medio ottimale, sempre ponendosi dal lato conservativo ma tenendo presente quanto accaduto nei mesi di Novembre e Dicembre 2017 dal punto di vista delle condizioni meteo-marine. Dal grafico dei due mesi indicati (Asse X: Letture 27500-34698 Figura 4.1) si può vedere come il profilo della torbidità si sia fermato a 120 NTU, nonostante sia evidente come nella realtà i valori fossero andati ben oltre (primo periodo 19-21.11.2017, e 08-19.12.2017).

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 30 of 38 |

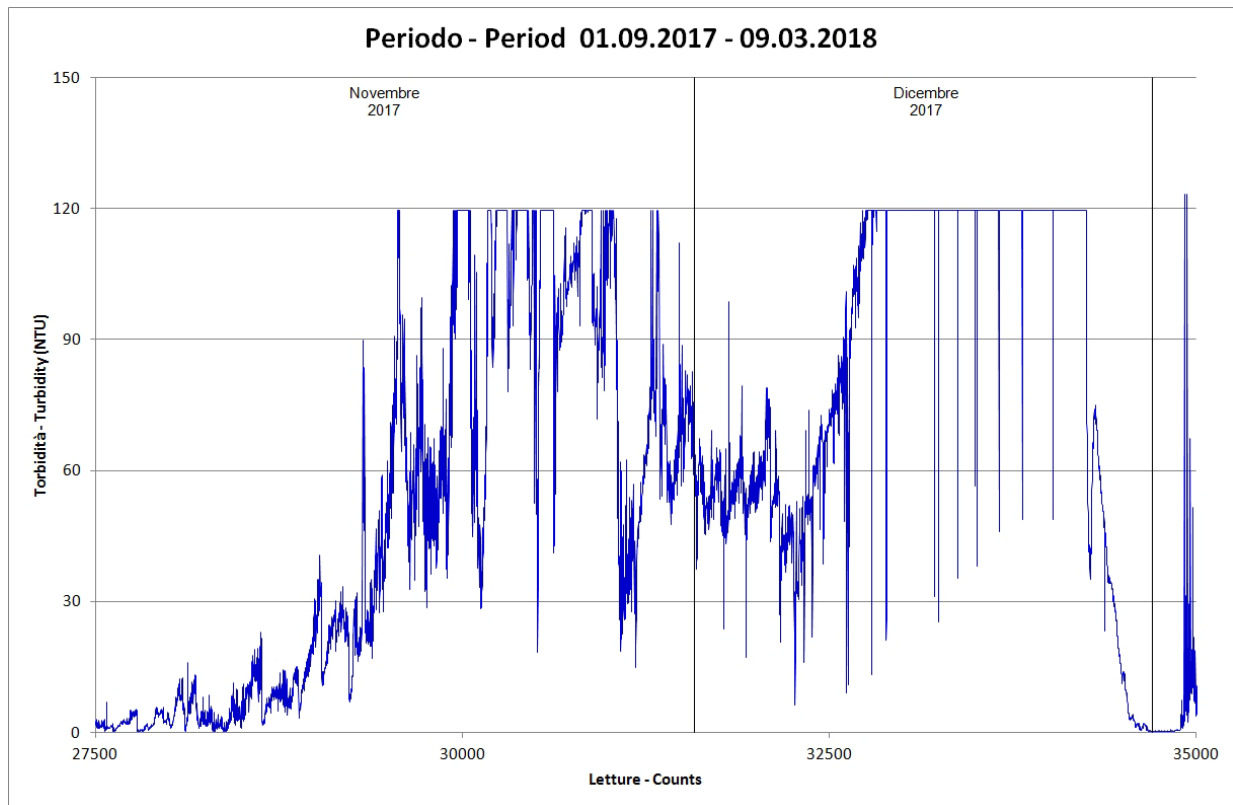



Figura 4.1 - Dettaglio dell'andamento della torbidità nel periodo Novembre 2017 - Gennaio 2018. (Periodo Novembre-Dicembre 2017, Letture (Counts): 27500-34698)

Tale limite superiore è legato alle caratteristiche elettroniche del sensore di torbidità che ha "limitato" le acquisizioni dei valori a non più di 125 NTU; dal grafico, però, si vede come la torbidità sia più alta (e, si intuisce, anche di molto) di questo valore.

Per tale motivo sono stati considerati tutti i dati, code alte e basse comprese, in modo da limitare l'errore (restando comunque cautelativi) legato ai valori di novembre e dicembre che, seppure più alti, sono indicati nella tabella con 120 NTU.

Alla luce di questo, il valore medio calcolato, ovvero la media dei valori massimi misurati nei singoli mesi, è risultato pari a 88 NTU.

Il valore limite della torbidità da rispettare, sarà funzione sia della torbidità misurata (sempre tenendo presente il limite massimo da non superare) sia del tempo di *over-turbidity*, ovvero del "*tempo continuativo di valori di torbidità*" misurati dalla sonda fissa, valore determinato dall'analisi dei grafici dell'andamento della torbidità. In particolare, durante il periodo di registrazione della torbidità si è osservato un valore massimo di 11 giorni di persistenza del valore della torbidità pari a 88 NTU; tale valore di tempo "massimo" è stato pertanto individuato ad oggi quale parte complementare dei valori limite. Il valore limite di 88 NTU non dovrà essere pertanto superato oltre un periodo consecutivo di 11 giorni per non oltrepassare le condizioni naturali registrate.


| | | | | |
|--|---------------------|---|--------------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 31 of 38 |

CONCLUSIONI

Il monitoraggio della componente trasporto solido e torbidità è stato effettuato da TAP attraverso misure in continuo e discontinuo al fine di caratterizzare lo stato ante-operam dell'area interessata dai lavori.

Il processo di elaborazione dei dati ottenuti ha permesso di ottenere, ad oggi, il valore medio di 88 NTU quale soglia da non superare oltre l'arco temporale continuativo di 11 giorni.

Tale valore potrà essere comunque ulteriormente affinato in considerazione del monitoraggio comunque in corso e delle condizioni operative che si instaureranno nell'ambito delle attività di costruzione.

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 32 of 38 |

APPENDICE: SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO IN CONTINUO EFFETTUATE ATTRAVERSO CORRENTOMETRO AWAC

Nella presente appendice, si riporta la sintesi delle indagini relative alla dinamica dell'area di studio effettuate in continuo per mezzo di un correntometro AWAC posizionato sul fondale (Figura 1). In particolare, vengono descritti di seguito i risultati dei dati raccolti dal 22 novembre 2016 al 16 settembre 2017. I dati riguardanti il periodo di monitoraggio riferiti a corrente ed onde successivi al mese di settembre 2017 ad oggi sono in corso di elaborazione e verranno forniti non appena disponibili.

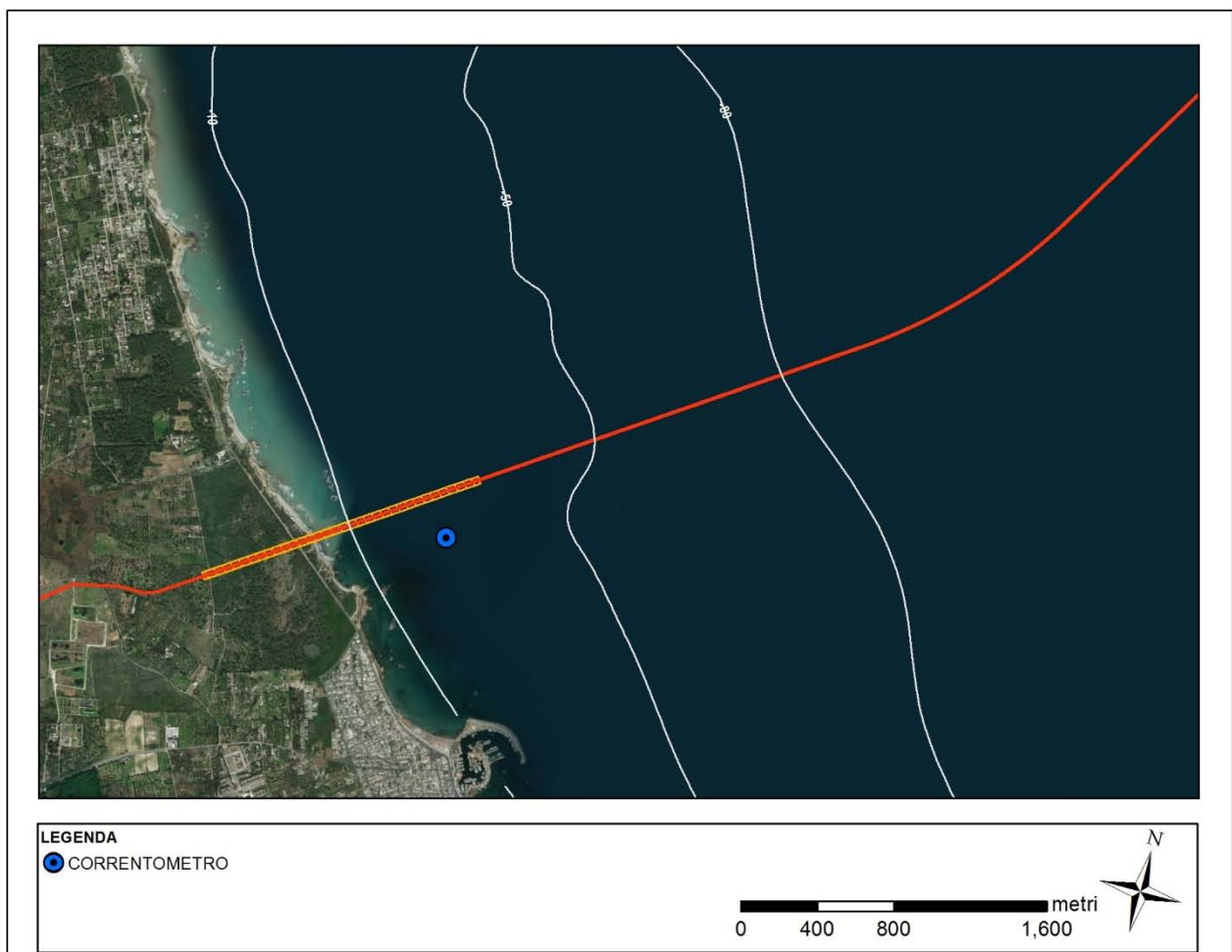



Figura 1 - Posizione della stazione di misura.

| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 33 of 38 |

1. MATERIALI E METODI

Un profilatore acustico di onde e corrente (AWAC) è stato posizionato sul fondale marino a 0,5 km a nord di San Foca, nel comune di Melendugno (provincia di Lecce) per monitorare la velocità e la direzione della corrente, il livello del mare ed il moto ondoso. L'AWAC Nortek da 1 MHz (Caratteristiche e configurazione in Tabella 1) è stato montato su un telaio in acciaio marino inossidabile insieme a una sonda CTD con sensore di conducibilità, temperatura e profondità e un misuratore di torbidità. Il telaio è stato installato il 22 novembre 2016 sul fondale marino.

Tabella 1 - Caratteristiche e configurazione del profilatore AWAC

| Parametro | Valore |
|--|--------|
| Dimensione cella (m) | 0.5 |
| Intervallo di misurazione della corrente (s) | 600 |
| Intervallo di profilazione del valore medio della corrente (s) | 60 |
| Distanza di bianco (m) | 0.4 |
| Rateo di aggiornamento della bussola (s) | 600 |
| Numero d'onde campionate | 512 |
| Intervallo di campionamento dell'onda (s) | 1800 |
| Rateo di campionamento dell'onda (Hz) | 1 |

2. RISULTATI

Periodo Novembre 2016-Gennaio 2017


Posizionamento 1 dal 22 novembre 2016 al 3 gennaio 2017, per un totale di 42 giorni in-situ.

Dati del livello dell'acqua

L'analisi armonica mostra che l'area ha una marea mista prevalentemente semi-diurna. L'intervallo di marea massimo previsto è di 0,46 m. La componente più grande residua o non mareale osservata del livello dell'acqua era -0,13 m.

Dati di velocità e direzione della corrente

La velocità e la direzione della corrente sono per lo più influenzate dalla meteorologia, poiché la componente di marea è debole. La velocità media della marea sigiziale è 0,11 m/s. La velocità media corrente nel punto di misura era di 0,15 m/s con una direzione predominante della corrente di 130 °T. La massima velocità attuale (0,77 m/s) è stata registrata nella cella 12 (da 7,0 a 7,5 m di profondità d'acqua) il 28 dicembre 2016. La velocità media della corrente profonda ha raggiunto un

| | | | | |
|--|---------------------|--|-----------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 34 of 38 |

picco di 0,65 m/s con un residuo massimo di 0,41 m/s. L'asse maggiore della direzione del flusso di corrente è 129 - 309 °T.

Dati delle onde

Le onde provengono principalmente dalla direzione NNE con periodi prevalenti di tempo breve (meno di 5 s). L'altezza significativa media delle onde era 0,83 m. L'altezza massima delle onde registrate è stata di 7,92 m e il picco massimo registrato è stato di 8,4 s. I valori più elevati di altezza significativa d'onda sono stati associati con una direzione in provenienza da 20 a 40°T e periodi d'onda più lunghi (7 - 8 s).

Periodo Gennaio-Febbraio 2017

Posizionamento 2 dal 3 gennaio 2017 al 1 febbraio 2017, per un totale di 29 giorni in-situ.

Dati del livello dell'acqua

A causa della breve durata del set di dati, l'analisi armonica dei dati del livello dell'acqua non è stata completata. Invece i dati sono stati livellati al Posizionamento 1 LAT. La più grande componente residua o non mareale del livello dell'acqua osservata era 0,16 m.


Dati di velocità e direzione della corrente

A causa della breve durata del set di dati, l'analisi armonica dei dati attuali non è stata completata. I risultati del Posizionamento 1 hanno mostrato una velocità media della corrente alla profondità massima osservata di 0,65 m/s, maggiore del 71% rispetto alla massima corrente media di marea prevista, 0,38 m/s. Ciò dimostra che la componente mareale della velocità della corrente è debole rispetto alla componente non di marea (influenzata meteorologicamente).

La velocità media corrente nel punto di misura durante il Posizionamento 2 era di 0,12 m/s con una direzione di corrente dominante di 131 °T. La massima velocità della corrente (0,51 m/s) è stata registrata nella cella 9 il 6 gennaio 2017 (tra 9 e 10 m sopra dal fondo marino). La velocità media corrente profonda ha raggiunto un picco di 0,45 m/s.

Dati delle onde

Oltre il 60% delle osservazioni dell'onda durante il Posizionamento 2 ha evidenziato la provenienza delle onde dalla direzione nord-orientale (da 0 ° T a 60 ° T). Le onde di breve periodo (meno di 6 s) erano prevalenti. L'altezza significativa media delle onde era 0,89 m. L'altezza massima dell'onda registrata era di 5,47 m e il picco massimo registrato era di 8,9 s. I valori più elevati di altezza significativa d'onda sono stati associati con una direzione in provenienza da 20 a 30°T e periodi d'onda più lunghi (8 - 9 s).

| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 35 of 38 |

Periodo Febbraio 2017-Marzo 2017

Posizionamento 3 dal 1 febbraio 2017 al 3 marzo 2017, per un periodo di 30 giorni in-situ.

Dati del livello dell'acqua

È stata condotta un'analisi armonica che separa le componenti di marea e non di marea del livello dell'acqua. Il sito ha una firma di marea mista semi-diurna e un intervallo di marea massimo previsto di 0,5 m.

Dati di velocità e direzione della corrente

L'analisi armonica dei dati della corrente mediata in profondità ha portato a una velocità massima della corrente di marea prevista di 0,22 m/s. La massima velocità media osservata durante il Posizionamento 3 è stata di 0,30 m/s, a dimostrazione del fatto che la componente non mareale della velocità della corrente è dominante rispetto alla componente di marea della corrente stessa.

La velocità media della corrente nel punto di misura durante il Posizionamento 3 era di 0,10 m/s con una direzione predominante della corrente di 134°T. La velocità di corrente più elevata (0,42 m/s) è stata registrata nella cella 15 (da 8,5 a 9 m sopra il fondo del mare).

Dati delle onde

Il picco nord-est della distribuzione della direzione dell'onda è stato meno marcato durante il Posizionamento 3 rispetto a quello delle distribuzioni precedenti. Il 42% delle osservazioni è stato associato alla direzione 0 °T - 60 °T rispetto al Posizionamento 1 e con più del 60%. Un ulteriore 31% delle onde si è avvicinato al sito da 90 °T - 110 °T (E-SE). Il 2 marzo 2017, l'altezza delle onde ha raggiunto un massimo di 2,22 m.. Le onde di breve periodo (meno di 5 s) erano prevalenti. L'altezza d'onda media era di 0,53 m e il picco massimo registrato era di 8,7 s.

Periodo Marzo 2017-Aprile 2017


Posizionamento 4 dal 3 marzo 2017 al 10 aprile 2017, per un periodo di 38 giorni in-situ.

Dati del livello dell'acqua

È stata condotta un'analisi armonica, che separa le componenti di marea e non di marea del livello dell'acqua. Il sito ha una firma di marea mista semi-diurna e un intervallo di marea massimo previsto di 0,47 m.

Dati di velocità e direzione della corrente

L'analisi armonica dei dati della corrente media in profondità ha portato a una velocità massima della corrente di marea prevista di 0,30 m/s. La massima velocità media osservata durante il

| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 36 of 38 |

Posizionamento 4 è stata di 0,42 m/s, a dimostrazione del fatto che la componente non mareale della velocità della corrente è dominante rispetto alla componente di marea.

La velocità media della corrente nella posizione di misura durante il Posizionamento 4 era 0,12 m/s con una direzione prevalente della corrente di 110 °T - 120 °T. La più alta velocità della corrente registrata era 0,57 m/s.

Dati delle onde

Il picco dominante nella provenienza delle onde è stato osservato da N rispetto alle precedenti osservazioni da NE. Il 46% delle osservazioni è stato associato alla banda di direzione 340 °T - 20 °T, rispetto ai precedenti Posizionamenti con oltre il 40% delle onde con provenienza dalla banda di direzione 0 °T - 60 °T. Durante il Posizionamento 4 un ulteriore 26% di onde si è avvicinato al sito dalla direzione 70 °T - 110 °T. Il giorno 11 marzo 2017, l'altezza delle onde ha raggiunto un massimo di 4,15 m. Le onde di breve periodo (meno di 5 s) erano prevalenti. L'altezza significativa media delle onde era 0.61 m. Il massimo periodo di picco registrato era di 7.4 secondi.

Periodo Aprile 2017-Maggio 2017

Posizionamento 5 dal 10 aprile 2017 all'8 maggio 2017, per un periodo di 28 giorni in-situ.

Dati del livello dell'acqua

È stata condotta un'analisi armonica, che separa le componenti di marea e non di marea del livello dell'acqua. Il sito ha una firma di marea mista semi-diurna. Basandosi solo sui dati del Posizionamento 5, le previsioni di marea mostrano un range di marea massimo previsto di 0,39 m.


Dati di velocità e direzione della corrente

L'analisi armonica dei dati mediati di corrente in profondità per il Posizionamento 5 ha portato a una velocità di corrente di marea massima prevista di 0,28 m/s. La velocità media massima osservata è stata di 0,37 m/s.

La velocità media della corrente nel sito di misurazione durante il Posizionamento 5 era 0,11 m/s con una direzione predominante della corrente di 110 °T - 140 °T. La più alta velocità della corrente registrata era 0,50 m/s.

Dati delle onde

Le più grandi onde durante il Posizionamento 5 sono state osservate provenire da N dove il 44% delle osservazioni è stato associato alla banda di direzione 350 ° T - 20 ° T. Le altezze d'onda più frequenti erano tra 0,25 me 0,50 m, e sono state osservate provenire da E-SE tra 90 °T e 110 °T di direzione. Il 30 aprile 2017, le altezze dell'onda hanno raggiunto un massimo di 2,78 m. Le onde di breve periodo (meno di 5 secondi) erano prevalenti. Il periodo di picco massimo registrato è stato di 7,6 secondi.

| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 37 of 38 |

Periodo Maggio 2017-Giugno 2017

Posizionamento 6 dall'8 maggio 2017 al 7 giugno 2017, per un periodo di 31 giorni in-situ.

Dati del livello dell'acqua

L'analisi armonica ha separato le componenti di marea e non di marea dei dati del livello dell'acqua. Il sito ha una firma di marea mista semi-diurna e un intervallo di marea massimo previsto di 0,44 m.

Dati di velocità e direzione della corrente

La massima velocità corrente di marea prevista era 0,23 m/s. La velocità media massima osservata è stata di 0,37 m/s. La velocità media della corrente durante il Posizionamento 6 era 0,11 m/s con una direzione predominante della corrente da 100 °T - 120 °T. La più alta velocità della corrente registrata era 0,71 m/s.

Dati delle onde

Le onde maggiori durante il Posizionamento 6 sono state osservate dalla banda di direzione 330 °T - 10 °T. Le altezze d'onda più frequenti erano <0,25 m, principalmente osservate dalla direzione 330 °T - 360 °T. Il 28 maggio 2017, le altezze dell'onda hanno raggiunto un massimo di 1,74 m. Le onde di breve periodo (meno di 5 s) erano prevalenti. Il massimo periodo di picco registrato era 8.0 s.

Periodo Giugno 2017-Luglio 2017

Posizionamento 7 dal 7 giugno 2017 all'11 luglio 2017, per un totale di 34 giorni in-situ.


Dati del livello dell'acqua

L'analisi armonica ha separato le componenti di marea e non di marea dei dati del livello dell'acqua. Il sito ha una firma di marea mista, principalmente semi-diurna. Le armoniche di marea hanno previsto un intervallo di marea massimo di 0,49 m. Questo è simile al Posizionamento 3 (0,50 m), ma maggiore di tutti gli altri Posizionamenti.

Dati di velocità e direzione della corrente

La massima velocità prevista di corrente di marea era di 0,24 m/s. La massima velocità media osservata è stata di 0,45 m/s con una direzione predominante della corrente di 100 °T - 140 °T. La direzione predominante della corrente è stata coerente per tutti i Posizionamenti precedenti. Durante il Posizionamento 7, la velocità media della corrente era di 0,12 m/s e la velocità massima della corrente era di 0,55 m/s.

Dati delle onde

| | | | | |
|--|---------------------|--|--------------|----------|
|  Trans Adriatic Pipeline | TAP AG Doc. no.: | OPL00-A855-150-Y-TRY-0001 | Rev. No.: | 0 |
| | Doc. Title: | Relazione di Monitoraggio Ambientale Ante Operam della componente Torbidità e Trasporto Solido | Page: | 38 of 38 |

Le onde maggiori durante il Posizionamento 7 sono state osservate dalla direzione 350 °T - 010 °T. Le altezze d'onda più frequenti erano <0,25 m. Il 18 giugno 2017, le altezze dell'onda hanno raggiunto un massimo di 3,81 m. Le onde con periodo breve (meno di 5 s) erano prevalenti. Il periodo di picco massimo registrato era di 8.1 secondi.

Periodo Luglio 2017-Settembre 2017

Posizionamento 8 dal 12 luglio 2017 al 13 settembre 2017, per un totale di 63 giorni in-situ.

Dati del livello dell'acqua

L'analisi armonica ha separato le componenti di marea e non di marea dei dati del livello dell'acqua. Il sito ha una firma di marea mista, principalmente semi-diurna. Le armoniche di marea hanno previsto un intervallo di marea massimo di 0,39 m. Questo è simile ai Posizionamenti precedenti, escludendo i Posizionamenti 3 e 7 che erano maggiori (~ 0,50 m).

Dati di velocità e direzione della corrente

La massima velocità corrente di marea prevista era di 0,18 m/s. La massima velocità media di fondo osservata è stata di 0,51 m/s con una direzione prevalente della corrente da 120 °T - 150 °T. La direzione prevalente della corrente è stata coerente per tutti i Posizionamenti precedenti. Durante il Posizionamento 8 la velocità media della corrente era di 0,10 m/s e la velocità di corrente massima era di 0,68 m/s. Questo ha coinciso con un picco in onde di periodo relativamente lungo il 12 settembre 2017.

Dati delle onde

Le onde maggiori durante il Posizionamento 8 sono state osservate provenire dalla direzione 020 °T - 040 °T. Le altezze d'onda più frequenti sono state <0,25 m, superiore rispetto ai precedenti posizionamenti. Il 17 luglio 2017, le altezze dell'onda hanno raggiunto un massimo di 3,43 m, e questo ha coinciso con un massimo nella velocità del vento (forza 6 nella Scala di Beaufort, vento fresco, 22-27 nodi). Le onde di breve periodo (meno di 5 s) erano prevalenti. Il massimo periodo di picco registrato era di 7,90 secondi, il che indica che durante la distribuzione di 63 giorni, il sito era caratterizzato da onde di breve periodo generate localmente dalle condizioni meteorologiche.