


Trans Adriatic
Pipeline

TAP AG Project Title / Facility Name:
Trans Adriatic Pipeline Project

Document Title:
**Prescrizione A14
Analisi di stabilità della condotta offshore**

Handwritten signatures: Negusanti, Orselli, Badalini



3	02.11.2017	Ri-emissione per informazione	IFI	Negusanti	Orselli	Zenobi
2	09.08.2016	Ri-emissione per informazione	IFI	Negusanti	Orselli	Zenobi
01	28.01.2016	Ri-emissione per approvazione	IFA	Negusanti	Orselli	Zenobi
00	08.09.2015	Emissione per approvazione	IFA	Negusanti	Orselli	Badalini
0A	03.07.2015	Emissione per commenti	IFR	Negusanti	Orselli	Badalini
A	02.07.2015	Emissione per verifica disciplinare interna	IR	Negusanti	Orselli	Badalini
Rev.	Revision Date (dd-mm-yyyy)	Reason for issue and Abbreviation for it, e.g,	IFA	Prepared by	Checked by	Approved by

	Contractor Name:	SAIPEM
	Contractor Project No.:	022720
	Contractor Doc. No.:	01-LF-E-70038
	Tag No's.:	

TAP AG Contract No.: C14758	Project No.: 022720
-----------------------------	---------------------



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

TAP AG Document No.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011
----------------------	---------------------------------



 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
 SAIPEM	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	2 of 38

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	6
3	ABBREVIAZIONI E SIMBOLI	7
3.1	Abbreviazioni	7
3.2	Simboli	8
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	9
4.1	Norme, Standards e documentazione generali	9
4.2	Documenti di progetto	9
5	SOMMARIO, CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	10
5.1	Sommario	10
5.2	Conclusioni	11
6	DATI DI BASE E ASSUNZIONI	13
6.1	Dati del Gasdotto	13
6.2	Dati Operativi	13
6.3	Rotta e profilo	13
6.4	Dati ambientali	13
6.5	Dati geotecnici	14
6.6	Configurazione dei punti di approdo	14
6.7	Appesantimento in calcestruzzo	14
7	CRITERI DI PROGETTO	15
7.1	Stabilità laterale	15
7.2	Stabilità Verticale – Densità relativa della condotta	16
8	METODOLOGIA	18
8.1	Condizioni di carico	18
8.2	Definizione delle Sezioni Omogenee di tracciato.	18
8.3	Stabilità Laterale e Verticale.	19
8.4	Analisi dinamica con programma PONDUS.	19
8.5	Attraversamenti	20
9	RISULTATI	21

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	3 of 38

9.1	Stabilità verticale	21
9.2	Stabilità laterale	22
9.3	Attraversamenti	23
9.4	Distribuzione degli spessori di calcestruzzo	23
10	TABELLE	24
11	FIGURE	31
12	REGISTRO DELLE REVISIONI	38

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	4 of 38

1 INTRODUZIONE

Il progetto “Trans Adriatic Pipeline” TAP è un gasdotto DN 900 (36”) che trasporterà il gas naturale proveniente dalla Grecia e dall’Albania verso la Puglia e l’Europa occidentale attraverso il Mare Adriatico. Attraversando l’Adriatico a partire dall’Albania centro-occidentale, il gasdotto offshore raggiungerà le coste dell’Italia sud-orientale e si collegherà alla rete italiana a sud di Lecce.

Il punto di approdo della condotta si troverà sulla costa tra San Foca e Torre Specchia Ruggeri, nel comune di Melendugno. Tale approdo sarà realizzato mediante la tecnologia del microtunneling, per minimizzare l’impatto visivo e ambientale sulla costa. La Figura 1, mostra la panoramica generale del progetto TAP.



Attraverso la successiva sezione a terra, il gas verrà trasportato verso un terminale di ricezione onshore (terminale di ricezione TAP) che verrà collegato alla rete SRG.

Il progetto mira a incrementare la sicurezza dell’approvvigionamento e a diversificare i fornitori di gas naturale sui mercati europei. Il progetto TAP prevede inoltre la possibilità di invertire il flusso del gas.

In Italia, vedi Figura 2, il sistema consiste:

- in una condotta offshore lunga circa 45 km, dal confine delle acque di giurisdizione italiane (al centro del Mare Adriatico) fino alla costa nazionale (KP_{of} 60,142 – KP_{of} 105,026, dove KP_{of} 0 è il punto di approdo albanese);
- in una condotta onshore lunga circa 7,965 km (KP 0,110 – KP 8,075). Dall’estremo a terra del tunnel all’origine del tratto onshore è previsto un tratto di 110 m di competenza offshore;
- un terminale di ricezione (di seguito, PRT) in prossimità di Melendugno, in provincia di Lecce, con una capacità iniziale nominale di 10 BCM (con possibilità di estensione fino a 20 BCM) di gas naturale all’anno (circa 1.190.000 metri cubi standard all’ora).

Il punto di intersezione tra il gasdotto offshore e quello onshore sarà ubicato 110 m a valle dell’ingresso del microtunnel corrispondente al KP_{of} 105,026 (fine della sezione offshore) e al KP 0,110 (inizio della sezione onshore).

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	5 of 38

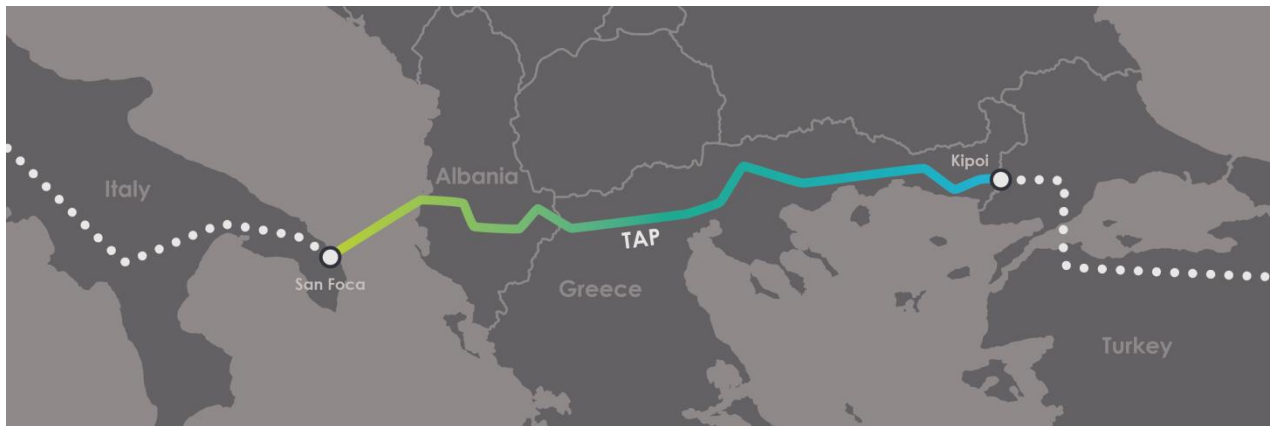


Figura 1: Trans Adriatic Pipeline – Visione d’insieme

Il progetto prevede inoltre l’installazione di un cavo a fibre ottiche (FOC), che consentirà la comunicazione tra il terminale di ricezione di TAP, all’interno del quale si troverà la sala di controllo, le stazioni di compressione in Albania e Grecia e le stazioni delle valvole di intercettazione installate lungo gli 871 km del gasdotto.

Il FOC verrà posato parallelamente al gasdotto per tutta la sua lunghezza (onshore e offshore) e sarà il principale strumento di comunicazione tra le stazioni del gasdotto.

La Figura 2 schematizza il progetto all’interno delle acque di giurisdizione italiana.

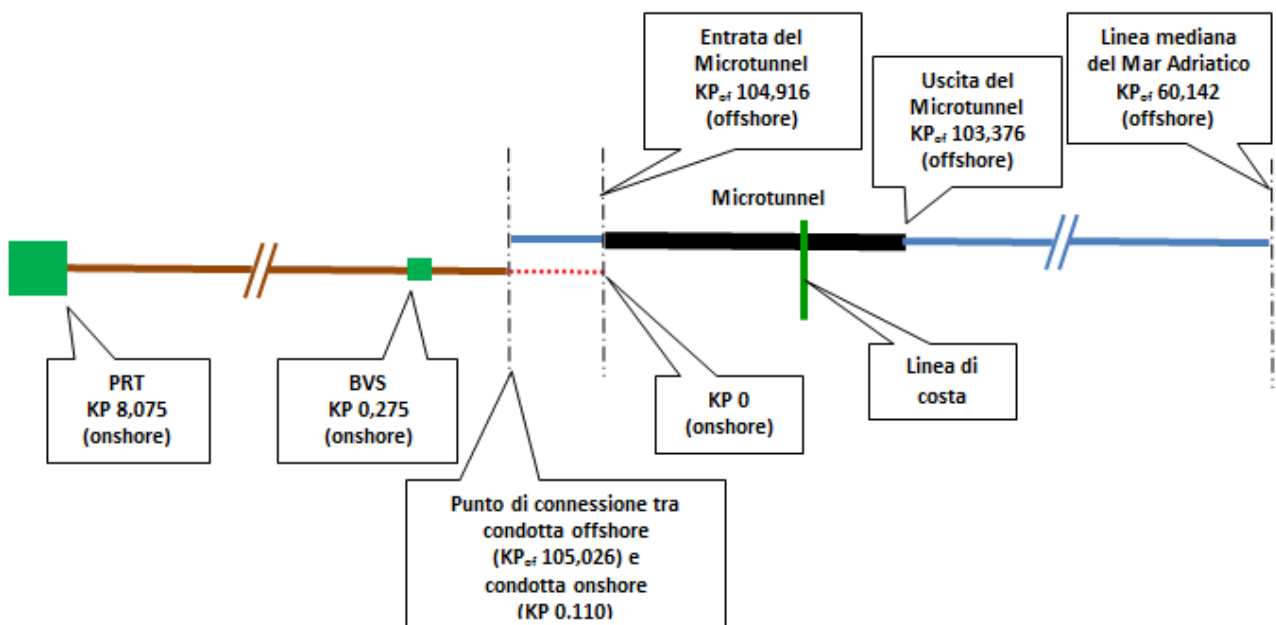




Figura 2: Schematizzazione del progetto TAP - Sezione italiana

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	6 of 38

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Questo documento presenta la metodologia e i risultati dell'analisi della stabilità sul fondo delle sezioni sottomarine della condotta di 36" di TAP.



In base a tali risultati vengono definiti gli spessori di appesantimento in calcestruzzo armato richiesti per soddisfare i requisiti di stabilità rispetto ai carichi idrodinamici di onda e corrente definiti in Rif./2/.

La scelta finale degli spessori di appesantimento della condotta è stata definita, in aggiunta ai requisiti di stabilità sopra richiamati, tenendo conto dei seguenti aspetti,:

- Il varo della condotta, in relazione alle capacità dei mezzi di posa esistenti sul mercato.
- I requisiti in termini di distanza di sicurezza nel punto di approdo italiano,
- La liquefazione del suolo nelle sezioni che dovranno venire interrate

————— L'analisi qui presentata è limitata alle acque di giurisdizione italiana.



In questo documento la progettazione della condotta sottomarina rispetto alla stabilità sul fondo tiene conto dei dati meteoceanografici aggiornati ed è quindi presentata a un livello maggiormente ottimizzato rispetto a quanto incluso nella documentazione ESIA (Rif./6/).

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
 SAIPEM	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	7 of 38

3 ABBREVIAZIONI E SIMBOLI



3.1 Abbreviazioni

Abbreviazione	Descrizione	Definition
AWT	Connessione finale della condotta in superficie	Above Water Tie-in
CA	Sovraspessore di corrosione	Corrosion allowance
CWT	Spessore del calcestruzzo di appesantimento	Concrete Weighting Thickness
CCT	Spessore del rivestimento anti-corrosivo.	Corrosion Coating Thickness
DnV	Det Norske Veritas AS	Det Norske Veritas AS
DP	Pressione di progetto	Design pressure
FOC	Cavo a fibra ottica	Fiber Optic Cable
ID	Diametro interno	Internal Diameter
KP	Progressiva chilometrica tratto onshore	Kilometer point onshore section
KP _{of}	Progressiva chilometrica tratto offshore	Kilometer point offshore section
MG	Accrescimento marino	Marine Growth
MSL	Livello medio del mare	Mean Sea Level
MT	Micro-Tunnel	Micro-Tunnel
ND	Diametro nominale	Nominal Diameter
OD	Diametro esterno	External Diameter
OPE	Condizioni operative	Operating
RP	Periodo di ritorno	Return Period
SAW	Saldatura ad arco sommerso	Submerged Arc Welded
SG	Densità relativa	Specific Gravity
SMYS	Tensione di snervamento	Specified Minimum Yield Strength
SMTS	Tensione di rottura	Specified Minimum Tensile Strength
TAP	Trans Adriatic Pipeline	Trans Adriatic Pipeline
TBC	Da confermare	To be confirmed
TBD	Da determinare	To be determined
UOE	Processo di fabbricazione di tubi basato su piegatura, saldatura longitudinale ed espansione	Pipe fabrication process for welded pipes, expanded
WT	Spessore dell'acciaio	Wall Thickness
WD	Profondità	Water Depth
YRP	Periodo di ritorno in anni	Year Return Period

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	8 of 38

3.2 Simboli

Simbolo	Descrizione	Definition
B	Spinta idrostatica sulla condotta per unità di lunghezza	Buoyancy action
D	Diametro esterno	Outside diameter
E	Modulo di elasticità	Young's modulus
f_y	Minima tensione di snervamento	Specified minimum yield strength
f_u	Minima tensione di rottura	Specified minimum tensile strength
H_s	Altezza d'onda significativa	Significant wave height
M	Rapporto tra la componente stazionaria e la componente oscillatoria della velocità delle particelle	Steady to oscillatory velocity ratio for design spectrum
N	Fattore di accelerazione spettrale	Spectral acceleration factor
p_d	Pressione di progetto	Design pressure
T_p	Periodo di picco dell'onda	Wave peak period
U	Velocità della corrente	Current velocity
W_s	Peso sommerso della condotta	Pipe submerged weight
WT	Spessore dell'acciaio	Wall thickness
γ_{sc}	Fattore di resistenza per assegnata classe di sicurezza	Safety class resistance factor

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	9 of 38

4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La documentazione di riferimento è costituita da:

- Norme, standard e riferimenti generali;
- Documenti di progetto
- Documenti di riferimento



Dove non espressamente indicato, si intende applicata l'ultima revisione.

4.1 Norme, Standards e documentazione generali

- | | | |
|-----|--|---|
| /1/ | DNV OS F101 | Submarine Pipeline Systems, August 2012 |
| /2/ | DNV RP-F109 | On-bottom stability design of submarine pipelines, October 2010 |
| /3/ | DNV RP-C205 | Environmental Conditions And Environmental Loads, October 2010 |
| /4/ | D.M., 17.04.2008 – for pipeline in Italy | Regola Tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opera e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0.8. |
| /5/ | EN 1594 Gas supply systems – Pipelines for maximum operating pressure over 16 bar- | Functional requirements, 2009 |

4.2 Documenti di progetto

- /6/ IAL00-SPF-000-A-TRE-0001 - Progetto Definitivo – Italia

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	10 of 38

5 SOMMARIO, CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

5.1 Sommario

La stabilità della condotta sottomarina nei confronti dei carichi idrodinamici (onde e correnti) è ottenuta con l'applicazione di calcestruzzo armato di caratteristiche adeguate.

Le analisi effettuate per determinare la stabilità sul fondo, sia per le condizioni temporanee che per quelle di esercizio, della condotta offshore da 36" DN, hanno considerato i dati ambientali definiti nel paragrafo 6.4. Sono stati applicati i criteri definiti dalla normativa "DNV-RP-F109- On-Bottom Stability Design of Submarine Pipelines" (riferimento /2/). Tale normativa sostituisce fin dal 2007 la precedente "DNV-RP-E305 - On-Bottom Stability Design of Submarine Pipelines".

È stata analizzata la stabilità sia verticale che laterale.

La valutazione è stata effettuata per tutte le sezioni della condotta che rimangono esposte, sia in condizioni temporanee che di esercizio, utilizzando le opportune combinazioni di carichi idrodinamici in accordo al riferimento /2/.



Le analisi sono state effettuate per sezioni di rotta omogenee, caratterizzate da una specifica combinazione di:

- Spessore della parete in acciaio della tubazione.
- Carichi idrodinamici (onde e correnti).
- Profondità dell'acqua.
- Tipo di suolo.
- Condizioni di interramento.

Per la stabilità laterale si è applicato il "Generalised Lateral Stability Method" (Metodo generalizzato di stabilità laterale) del Rif. /2/. Laddove questo metodo non è applicabile, in conformità alle limitazioni di cui allo stesso Rif. /2/, è stato applicato l' "Absolute lateral static stability method" (Metodo della stabilità statica laterale assoluta).

Nell'analisi, a causa della variabilità delle condizioni operative, la condotta viene considerata vuota trascurando conservativamente il peso del gas contenuto.



La combinazione del periodo di ritorno per i valori di corrente e onda richiesta dal Rif. /2/ è definita nella Tabella 12.

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	11 of 38

5.2 Conclusioni

Nelle acque di giurisdizione italiana la condotta può essere stabilizzata sia rispetto alle condizioni idrodinamiche temporanee che permanenti principalmente per mezzo di appesantimento con calcestruzzo armato della densità di 3050 Kg/m³. In una zona è necessario applicare un calcestruzzo con densità 3400 Kg/m³. In particolare:



- Fino alla progressiva KP_{of} 79.280 la condotta, di spessore 34mm, è stabile senza appesantimento
- Da KP_{of} 79.280 fino KP_{of} 79.398 la condotta, di spessore 34mm, deve essere appesantita con 55mm di calcestruzzo.
- Nel tratto da KP 79.200 a KP 79.280 per soddisfare il criterio di stabilità assoluta sarebbe richiesto un minimo appesantimento di 12mm. Un'analisi dinamica bidimensionale completa, ha permesso di determinare gli spostamenti laterali attesi sotto i carichi idrodinamici. Tali spostamenti sono dell'ordine dei 50cm, molto inferiori al limite di 10 diametri ammesso dalla normativa (Rif. /2/), e possono essere ammessi. Non si richiede nessun appesantimento in questo tratto.
- Da KP_{of} 79.398 fino KP_{of} 91.300 la condotta, di spessore 20.6mm, deve essere appesantita con 70mm di calcestruzzo.
- Da KP_{of} 91.300 fino KP_{of} 97.396 la condotta, di spessore 20.6mm, deve essere appesantita con 55mm di calcestruzzo.
- Da KP_{of} 97.396 fino KP_{of} 101.100 la condotta, di spessore 23.8mm, deve essere appesantita con 55mm di calcestruzzo.
- Da KP_{of} 101.100 fino KP_{of} 103.150 la condotta, di spessore 23.8mm, deve essere appesantita con 85mm di calcestruzzo.
- Da KP_{of} 103.150 fino KP_{of} 103.288 la condotta, di spessore 34mm, deve essere appesantita con 105mm di calcestruzzo con densità 3400 Kg/m³.
- Da KP_{of} 103.288 a KP_{of} 103.376 la condotta, di spessore 34mm, si trova in trincea ricoperta ma, per la stabilità in condizioni temporanee, deve essere appesantita con 55mm di calcestruzzo con densità 3400 Kg/m³.
- Da KP_{of} 103.376 a KP_{of} 105.040 la condotta, di spessore 34mm, si trova all'interno del MT e non necessita di appesantimento.

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	12 of 38

La Tabella 14 mostra i risultati dell'analisi e gli spessori di appesantimento minimi richiesti ai fini della stabilità e quelli selezionati. La Figura 4 e la Figura 7 mostrano l'andamento degli spessori minimi e degli spessori selezionati rispetto al profilo del fondale marino. Per il tratto da KP 79.200 a KP 79.280 (Figura 5), la Figura 6 mostra che gli spostamenti conseguenti ai carichi idrodinamici sono minimi.

Per quanto riguarda la stabilità verticale, si conclude quanto segue:

- Per i tubi con 23.8 mm di spessore di acciaio, gli spessori di calcestruzzo di 85 mm e 55 mm, necessari per la stabilità laterale, soddisfano largamente il requisito sulla SG per la stabilità verticale.
- Per i tubi da 20,6 mm con 55mm e 105mm di calcestruzzo necessari per la stabilità laterale, il requisito sulla SG per la stabilità verticale è largamente verificato.
- La SG del 34 mm, non appesantito, è inferiore a 1.1. In questo caso la normativa di Rif. /2/ richiede che la probabilità che il tubo diventi galleggiante sia sufficientemente bassa. In generale, il galleggiamento (peso sommerso nullo) potrebbe verificarsi come conseguenza di una combinazione sfavorevole di variazioni dimensionali, di spessore e diametro. Sono state effettuate verifiche che hanno dimostrato che la più sfavorevole combinazione di tali parametri, nell'ambito delle tolleranze ammesse, determina un minimo peso sommerso di circa 0.255kN/m che è ampiamente sufficiente per evitare il galleggiamento. Questo approccio è stato anche confermato da una verifica indipendente effettuata dall'ente certificatore DnV.

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	13 of 38

6 DATI DI BASE E ASSUNZIONI

Questa sezione presenta i dati base e le principali assunzioni utilizzate per le analisi di stabilità sul fondo del gasdotto TAP.

Le unità di misura sono conformi al Sistema Internazionale. Le unità del sistema angloamericano sono ammesse soltanto per i diametri nominali.

6.1 Dati del Gasdotto

Le caratteristiche dell'acciaio e della condotta sono presentate nella Tabella 1 .

Le proprietà dei rivestimenti sono indicate nella Tabella 3.

La Tabella 11 mostra la distribuzione degli spessori di acciaio determinata in base alle normative indicate in /1/, /4/ e /5/ per la progettazione meccanica del gasdotto.

6.2 Dati Operativi

I dati operativi sono indicati nella Tabella 2.

6.3 Rotta e profilo

I dati di allineamento della rotta selezionata sono riportati nella Tabella 4.

Il profilo del fondo marino lungo il percorso del gasdotto è dettagliato nella Figura 3.

6.3.1 Classi di sicurezza e classificazione delle zone

Il Rif. /1/ Sezione 2, C300, Tabella 2-2, classifica le zone di una condotta in base al livello delle attività umane nelle sue vicinanze. In particolare:

- Zona 1 Aree dove non è prevista frequente attività umana.
- Zona 2 Aree con frequenti attività umane.

La Tabella 10 riporta questa classificazione in funzione delle progressive sulla condotta.



6.3.2 Attraversamento di cavi esistenti

I dati degli attraversamenti con i cavi esistenti sono riportati nella Tabella 7.

6.4 Dati ambientali

6.4.1 Proprietà dell'acqua marina

La densità dell'acqua marina considerata nell'analisi è di 1028kg/m³.

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	14 of 38

6.4.2 Onde e correnti

I dati sulle onde e sulle correnti per periodi di ritorno di 1, 10 e 100 anni sono riportati in Tabella 8 e Tabella 6 rispettivamente.

La condotta è stata suddivisa in zone omogenee caratterizzate dalle stesse condizioni idrodinamiche.

6.4.3 Concrezioni Marine

Nelle verifiche di stabilità si tiene conto, dove applicabile, della crescita di concrezioni marine che aumentano il diametro esposto della condotta. I valori considerati sono elencati nella Tabella 9.

6.5 Dati geotecnici

Le caratteristiche geotecniche superficiali del suolo sono riassunte nella Tabella 5.



6.6 Configurazione dei punti di approdo

L'area sottomarina sensibile dal punto di vista ambientale nell'approdo italiano richiede la costruzione di un MT all'interno del quale la condotta viene tirata. In questa zona e nella trincea prospiciente, la condotta non avrà interazioni coi carichi idrodinamici. Da KP_{of} 103.376 non è quindi necessario effettuare verifiche di stabilità.

6.7 Appesantimento in calcestruzzo

Le proprietà rilevanti del calcestruzzo da utilizzare per l'appesantimento sono indicate in Tabella 3. Ai fini progettuali si devono tenere conto delle seguenti limitazioni costruttive e di installazione:

- Spessore minimo: 40 mm.
- Massimo spessore 120 mm

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	15 of 38

7 CRITERI DI PROGETTO

Le analisi di stabilità sul fondo sono state eseguite allo scopo di definire lo spessore minimo del rivestimento in calcestruzzo da applicare alla condotta per garantirne la stabilità verticale e laterale quando è sottoposta alle forze idrodinamiche dovute all'azione delle onde e delle correnti. Il Rif. /2/ è la normativa di riferimento per la verifica della stabilità sul fondo.

7.1 Stabilità laterale

Con riferimento alla normativa in Rif. /2/ sono indicati due metodi per la verifica della stabilità laterale:

1. Il metodo generalizzato
2. Il metodo della stabilità assoluta

rispettivamente descritti nei paragrafi 7.1.1 e 7.1.2.

Il calcolo viene effettuato con un foglio di calcolo distribuito da DNV.

Il metodo generalizzato viene utilizzato per tutta la parte del tracciato dove esso è applicabile, in particolare dove non si incontrano vincoli fisici o geometrici ai possibili spostamenti laterali consentiti. Lo spostamento massimo per queste sezioni è fissato dal Rif. /2/ in 10 diametri.

Per le sezioni dove sono presenti ostacoli od interventi, per esempio l'attraversamento di cavi, è ammesso uno spostamento massimo di 0.5D, o è richiesta la stabilità assoluta.



Dove il metodo generalizzato non è applicabile, in conformità alle limitazioni di cui allo stesso Rif. /2/, è stato applicato il metodo della stabilità assoluta.

7.1.1 Metodo Generalizzato

Questo metodo si basa su un database di numerose analisi/simulazioni dinamiche e permette di calcolare lo spessore minimo di calcestruzzo richiesto per limitare lo spostamento della condotta ad un valore assegnato. Lo spostamento che la maggior parte delle condotte può subire senza che si verifichino eccessive sollecitazioni va da metà del diametro (condotta virtualmente stabile) fino a 10 diametri per tutto lo sviluppo dello stato di mare di progetto.

Il metodo permette anche di calcolare lo spostamento nel tempo, una volta assegnato lo spessore del rivestimento in calcestruzzo.

Le curve di progetto da considerare per il calcolo del peso minimo richiesto sono raccolte nella Sezione 3.5.2 del Rif. /2/.

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	16 of 38

Tali curve si applicano al caso di condotta indefinitamente lunga e lontano da vincoli laterali. Dove queste condizioni non sono rispettate tale approccio può risultare eccessivamente conservativo.

In questi casi si può effettuare, in accordo alla normativa in Rif. /2/ (sezione 3.4.1), una analisi agli elementi finiti con un programma di calcolo dedicato. Tale programma (PONDUS, sviluppato da MARINTEK REesarch Company – SINTEF Group) consente di definire la risposta dinamica della condotta soggetta a una sequenza temporale di eventi, estratta dallo stato di mare di progetto, con vincoli di estremità assegnati.

Le limitazioni sugli spostamenti definite in Rif./2/ devono comunque essere rispettate.

7.1.2 Metodo della Stabilità Statica Laterale Assoluta

Questo metodo definisce il requisito per la stabilità laterale assoluta della condotta. Si basa su un equilibrio statico delle forze, cioè richiede che la resistenza laterale al movimento della tubazione sul fondo marino sia sufficiente a resistere ai massimi carichi idrodinamici durante un certo stato del mare. Il requisito è dunque che la tubazione non subirà alcuno spostamento laterale per effetto dello stato di mare di progetto.

La formulazione, le curve e gli abachi di progetto da considerare per il calcolo del peso minimo richiesto sono raccolti nella Sezione 3.6 del Rif. /2/.

7.2 Stabilità Verticale – Densità relativa della condotta



Allo scopo di assicurare la stabilità verticale della tubazione in acqua, di prevenire cioè il galleggiamento, il Rif. /2/ richiede che la densità relativa (Specific Gravity, SG) soddisfi la condizione seguente:

$$SG = \frac{W_s + B}{B} \geq 1.1$$

dove,

W_s Peso della tubazione sommersa,



B Spinta di galleggiamento.

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	17 of 38

La Sezione 5,E503 del Rif. /1/ e Sezione 3.2 del Rif. /2/ stabiliscono che può essere accettato anche un valore inferiore, purché:

- Sia garantito che il peso sommerso sia positivo (non galleggiante) in qualsiasi caso,
- Siano soddisfatti i requisiti di stabilità laterale.

In particolare il primo punto richiede che, per qualsiasi combinazione delle dimensioni reali (diametri, spessori) possibili all'interno delle tolleranze di fabbricazione, il peso sia sempre superiore alla spinta.

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	18 of 38

8 METODOLOGIA

L'analisi di stabilità sul fondo si suddivide nelle seguenti fasi:

- Definizione delle sezioni omogenee di tracciato.
- Analisi di stabilità laterale e verticale.

Le analisi vengono effettuate innanzitutto con il metodo generalizzato che permettono uno scostamento laterale fino a 10 diametri. Nei casi in cui questo approccio non sia applicabile è stato utilizzato il metodo assoluto del Rif. /2/.

Vengono fatte le seguenti assunzioni:

- Il gasdotto è considerato vuoto durante le operazioni di posa.
- Per i casi operativi, a causa della variabilità delle condizioni operative, il peso del contenuto in gas è stato conservativamente trascurato.
- Conservativamente, il peso sommerso a metro lineare della condotta viene calcolato trascurando i "Buckle Arrestors" (incremento localizzato di peso).
- Si tiene invece conto della minore densità del materiale di riempimento dei giunti di connessione completati in opera rispetto al calcestruzzo di appesantimento..
- La condotta verrà allagata dopo le operazioni di posa. La penetrazione iniziale nel suolo, usata nelle analisi di stabilità, viene valutata considerando la tubazione piena d'acqua.
- La rugosità del fondo marino è calcolata assumendo una passante d_{50} uguale a 0.0625mm e 0.25mm, rispettivamente per suolo argilloso e sabbioso.

8.1 Condizioni di carico



Il progetto degli appesantimenti si basa su un'analisi di stabilità sotto l'effetto delle onde e delle correnti.

La combinazione dei periodi di ritorno per la corrente e l'onda è prescritta dal Rif. /2/ ed è dettagliata nella Tabella 12 per i casi di installazione ed esercizio.

8.2 Definizione delle Sezioni Omogenee di tracciato.

Per la definizione delle sezioni omogenee di tracciato sono stati considerati i seguenti parametri:

- Spessore della parete in acciaio della tubazione.
- Carichi idrodinamici (onde e correnti).

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	19 of 38

- Profondità dell'acqua.
- Tipo di suolo.

Come richiesto dal Rif. /2/, per ogni sezione omogenea, è stata scelta la combinazione più gravosa di onde e correnti.

La definizione degli spessori considera anche la “classe di sicurezza” in base alla classificazione delle zone della Tabella 10. Tuttavia, considerando che l'unico tratto in cui viene attraversata la zona 2 è all'interno del MT, non soggetta a carichi idrodinamici, tutte le sezioni analizzate ricadono nella zona 1.

8.3 Stabilità Laterale e Verticale.

Il progetto degli appesantimenti rispetto alla stabilità sul fondo è stato realizzato in conformità ai criteri stabiliti nel Rif. /2/ per ciascuna delle sezioni omogenee di percorso nelle condizioni seguenti:

- Installazione: In questa condizione si considera il tubo vuoto soggetto alle combinazioni 1 e 2 della Tabella 12.
- Operatività: In questa condizione il peso del fluido interno (gas) è stato conservativamente trascurato. Vengono verificate le combinazioni 3 e 4 della Tabella 12.



All'altezza d'onda significativa (H_s) con periodo di ritorno di 100 anni viene applicato un incremento dell'8% per tenere conto della variabilità statistica nella definizione delle condizioni estreme direzionali rispetto all'approccio omnidirezionale.

8.4 Analisi dinamica con programma PONDUS.

Il programma PONDUS è sviluppato da MARINTEK Research Company - Gruppo SINTEF.

Il programma calcola la risposta dinamica di una condotta soggetta ad uno stato di mare irregolare. E' costituito dai seguenti moduli:

- WAVESIM - Questo modulo genera le serie temporali di velocità e accelerazioni in punti di una griglia rettangolare sul fondo del mare. Vengono anche calcolati in ogni punto della griglia i coefficienti (C_D , C_L , C_M) con cui si determinano le forze idrodinamiche in ogni punto della condotta analizzata.

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	20 of 38

- PREPONDUS – E' un modulo di interfaccia tra la simulazione del moto ondoso e l'analisi strutturale nel dominio del tempo. Riordina i dati d'onda in funzione della velocità e dell'accelerazione delle particelle in ogni punto della griglia.
- PONDUS - Calcola la risposta dinamica nel dominio del tempo della condotta soggetta a corrente e onda irregolare indotta dallo stato di mare. La risposta strutturale considera le non linearità legate all'interazione del tubo con il terreno.

Il modulo WAVESIM genera una serie temporale delle altezze d'onda, dei carichi idrodinamici, ecc corrispondente ad uno stato di mare irregolare con uno spettro d'onda definita. La serie temporale è generata dividendo lo spettro dell'onda in armoniche discrete sviluppate quindi nel dominio del tempo. L'angolo di fase tra le armoniche viene selezionato in modo casuale, quindi devono essere effettuate simulazioni per diversi angoli di fase (semi), al fine di ottenere una stima statistica significativa dei carichi idrodinamici.



L'analisi consiste nelle seguenti fasi:

- modellazione strutturale della sezione di condotta.
- analisi dell'interazione suolo-tubo.
- definizione dei carichi idrodinamici.
- analisi strutturale agli elementi finiti.
- valutazione della risposta della condotta.

8.5 Attraversamenti

Lungo il tratto nelle acque di giurisdizione italiana la condotta incrocia i cavi indicati nella Tabella 7. In prossimità degli attraversamenti sono ammessi solo piccoli spostamenti laterali.

Conformemente a quanto indicato in Rif. /2/, è stato quindi seguito un approccio “no break-out” (la condotta rimane comunque nella sede che ha creato nel terreno) o, se non applicabile, viene verificata la stabilità assoluta.

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	21 of 38

9 RISULTATI

La Tabella 11 mostra la distribuzione dello spessore di parete in acciaio utilizzata come base per l'analisi.

I risultati dell'analisi della stabilità sul fondo sono riportati nella Tabella 14. Ai fini dell'analisi la condotta è stata suddivisa in sezioni omogenee caratterizzate cioè da proprietà meccaniche e dati idrodinamici, geotecnici e batimetrici assimilabili.

Nella sezione più profonda, a partire dai 200m di profondità dell'acqua, le condizioni di stabilità verticale e laterale sono soddisfatte senza alcun appesantimento di calcestruzzo. Quindi, la condotta con 34mm di spessore di acciaio può venire lasciata senza appesantimento.

9.1 Stabilità verticale



L'intera condotta, ad eccezione della sezione in acque profonde, dove si usa uno spessore di parete di acciaio (WT) da 34mm, deve essere appesantita con un rivestimento di calcestruzzo armato per prevenire il galleggiamento.

Con questa soluzione, il requisito di stabilità verticale ($SG > 1.1$), a seguito della opportuna combinazione del rivestimento in calcestruzzo e degli spessori di parete in acciaio, risulta ampiamente soddisfatto per tutte le sezioni di tubazione.

Il tratto con spessore di 34mm non appesantito (acque profonde), con i valori nominali delle caratteristiche dimensionali, ha una densità relativa di 1.06, inferiore a 1.1. Conformemente alla Sezione 5,E503 del Rif. /1/ e alla Sezione 3.2 del Rif. /2/ questo è accettabile se è documentata una probabilità di galleggiamento sufficientemente bassa.

Il peso sommerso effettivo della sezione non appesantita è determinato dal diametro del tubo in acciaio, e dallo spessore di parete, soggetti alle tolleranze costruttive. Nella verifica è stata anche conservativamente considerata una variazione dello spessore del rivestimento anticorrosivo (CCT) di ± 2 mm, da considerarsi come limite superiore rispetto a quella mediamente attesa.

Considerando tutte le possibili combinazioni di queste variabili, all'interno delle tolleranze ammissibili, si è riscontrato che, nel caso peggiore, non si verifica alcun galleggiamento della tubazione. La Figura 8 mostra le variazioni di peso sommerso per queste combinazioni. Il peso

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	22 of 38

sommerso è comunque positivo (non galleggiante) per ogni combinazione, soddisfacendo così ai requisiti DNV.

Si deve altresì notare che queste considerazioni sono relative ad una singola barra. Se si considera il peso sommerso della sezione libera durante la posa, si dovrebbe considerare una media su un certo numero di barre. Il requisito di non-galleggiamento sarebbe soddisfatto con un margine ancora maggiore.

La Figura 9 assume una distribuzione uniforme di variazioni dei diametri e degli spessori di parete all'interno delle tolleranze e mostra una media su un certo numero di giunti, rappresentativi delle campate che si originano tra il mezzo di posa e il fondale durante il varo. L'analisi ipotizza anche l'assemblaggio casuale ("random") della stringa di giunti. Con queste ipotesi, la figura mostra che i campioni di campate sospese con oltre 10 giunti sono caratterizzati da una variazione ristretta del peso sommerso intorno al valore nominale. Il peso medio sulla campata di varo può essere quindi considerato stabile.

9.2 Stabilità laterale



9.2.1 Condizioni temporanee

L'analisi di stabilità dimostra che da KP_{of} 79.280 a KP_{of} 103.376 (immediatamente prima dell'inizio del microtunnel (MT)) la condotta non è stabile nelle fasi temporanee senza un appesantimento in calcestruzzo. Lo spessore del rivestimento in calcestruzzo richiesto per stabilizzare il gasdotto è dettagliato nella Tabella 14, nelle colonne "Condizioni temporanee". Nella restante parte del percorso, il gasdotto è stabile senza dover aggiungere rivestimento in calcestruzzo (CWT). Nel solo tratto 32 bis, da KP 79.200 a KP 79.280, l'analisi basata sulla stabilità assoluta richiederebbe uno spessore minimo di appesantimento. L'analisi con PONDUS, effettuata nella sezione 9.2.3, ha lo scopo di verificare l'effettiva necessità dell'appesantimento in base al criterio dinamico definito nel Rif./2/.

9.2.2 Condizioni di esercizio

Nelle condizioni di esercizio la condotta non appesantita è stabile (non è richiesto rivestimento in calcestruzzo) nella sezione in acque profonde.

Al di fuori di questa zona, è richiesto un rivestimento in calcestruzzo per stabilizzare il gasdotto come indicato nella Tabella 14 nelle colonne "Condizioni di esercizio".

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	23 of 38

Anche in questo caso, nel solo tratto 32 bis da KP 79.200 a KP 79.280, l'analisi basata sulla stabilità assoluta richiederebbe uno spessore minimo di appesantimento. L'analisi con PONDUS, effettuata nella sezione 9.2.3, ha lo scopo di verificare l'effettiva necessità dell'appesantimento in base al criterio dinamico definito nel Rif./2/.

9.2.3 Analisi dinamica con PONDUS

Nel tratto 32 bis, da KP 79.200 a KP 79.280, sono stati determinati gli spostamenti laterali attraverso una analisi dinamica completa. Nel tratto in esame non è stato considerato nessun appesantimento.

Sono state eseguite analisi dinamiche con il programma PONDUS sviluppato da MARINTEK Research Company - Gruppo SINTEF.

Dallo stato di mare si sono estratte sette serie temporali con fase casuale che consentono di determinare una stima statisticamente significativa dei carichi idrodinamici.

La Figura 6 mostra che gli spostamenti laterali possono raggiungere circa 50cm rimanendo quindi accettabili. Non è quindi necessario applicare alcun appesantimento nel tratto in esame.



9.3 Attraversamenti

Tutti gli attraversamenti di cavi esistenti mostrati nella Tabella 7 cadono in sezioni dove la tubazione soddisfa il criterio di stabilità assoluta. Non è quindi richiesta alcuna ulteriore analisi.

9.4 Distribuzione degli spessori di calcestruzzo

La scelta finale dello spessore del calcestruzzo è indicata nella colonna CWT (sotto il campo "Selezionato") della Tabella 14.

La Figura 4 e la Figura 7 mostrano, in modalità grafica, l'andamento degli spessori minimi e degli spessori selezionati rispetto al profilo del fondo marino.

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	24 of 38

10 TABELLE

Proprietà	Unità	Dato
Diametro interno (costante)	mm	871.0
Grado del materiale	-	L450
Tensione di snervamento a 20°C	Mpa	450
Tensione di rottura a 20°C	Mpa	535
Densità	kg/m ³	7850
Coefficiente di espansione termica	°C ⁻¹	1.16 x 10 ⁻⁵
Modulo di elasticità	MPa	207 x 10 ³
Modulo di Poisson	-	0.3
Metodo di fabbricazione	-	UOE
Procedimento di saldatura	-	SAW
Tolleranza di fabbricazione sullo spessore	mm	+1.0 -1.0
Tolleranza di fabbricazione sul diametro	mm	+4.0 - -4.0
Ovalizzazione massima (nel corpo della barra)	% / mm	1.0 / 10
Sovraspessore di corrosione	mm	0.0



Tabella 1: Caratteristiche del materiale

Proprietà	Unità	Dato
Pressione di progetto alla quota di riferimento	bar	145
quota di riferimento (sul MSL)	m	10
Massima temperatura di progetto	°C	60
Minima temperatura di progetto	°C	-20
Massima densità del fluido interno	kg/m ³	150 TBC

Tabella 2: Condizioni di esercizio



Proprietà	Unità	Dato
Rivestimento interno	µm	60 to 110
Rivestimento anticorrosivo esterno, barre appesantite (3LPE) spessore/densità	mm / kg/m ³	4.2 min / 1000
Rivestimento anticorrosivo esterno, barre all'interno del MT (3LPP) spessore/densità	mm / kg/m ³	12.0 / 900
Rivestimento anticorrosivo esterno, barre non appesantite (3LPP) spessore/densità	mm / kg/m ³	4.0 / 900
Lunghezza di rimozione del rivestimento anticorrosivo nel giunto	m	0.15
Densità del calcestruzzo di appesantimento	kg/m ³	3050 / 3400
Lunghezza di rimozione del calcestruzzo nel giunto	m	0.39
Densità del materiale di completamento in opera del giunto	kg/m ³	1450
Imbibimento (% in peso)	%	2-4

Tabella 3: Proprietà del rivestimento

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	25 of 38

Dati di allineamento della rotta (WGS84 – UTM34)								
Central route - 06 (October 2013)								
Punti	Coordinate		Distanze (m)		Azimuth	Raggio (m)	Coordinate del Centro di curvatura	
	Est	Nord	Parziale	Cumulativa			Est	Nord
Albanian LTE	363424.100	4517167.905		0.000				
TG' V.1	360055.384	4516919.810	3377.839	3377.839	265° 47' 17"			
V.1	359052.238	4516845.932				3000	360275.727	4513927.913
TG' V.1	358296.377	4516182.280	1941.050	5318.889				
TG' V.2	341668.231	4501582.650	22127.911	27446.801	228° 43' 00"			
V.2	339615.680	4499780.496				15000	331771.478	4512854.486
TG' V.2	337059.617	4498817.550	5403.658	32850.458				
TG' V.3	334351.485	4497797.314	2893.935	35744.393	249° 21' 26"			
V.3	332498.795	4497099.350				10000	330826.059	4507155.272
TG' V.3	330519.921	4497159.959	3909.053	39653.446				
TG' V.4	329500.554	4497191.181	1019.845	40673.292	271° 45' 16"			
V.4	328033.880	4497236.102				12500	329117.882	4484697.039
TG' V.4	326596.675	4496940.140	2921.354	43594.645				
TG' V.5	323961.341	4496397.449	2690.632	46285.278	258° 21' 50"			
V.5	319684.434	4495516.711				15000	326986.788	4481705.728
TG' V.5	316548.511	4492478.024	8498.430	54783.707				
TG' V.6	309660.798	4485803.880	9590.870	64374.577	225° 54' 08"			
V.6	307483.920	4483694.501				15000	299222.521	4496576.177
TG' V.6	304658.777	4482595.936	5981.876	70356.454				
TG' V.7	304462.721	4482519.699	210.357	70566.811	248° 45' 05"			
V.7	302109.956	4481604.820				13000	299751.299	4494635.908
TG' V.7	299585.778	4481636.961	4986.704	75553.515				
TG' V.8	294807.256	4481697.808	4778.910	80332.425	270° 43' 46"			
V.8	293054.157	4481720.131				4500	294749.960	4477198.173
TG' V.8	291748.038	4480550.555	3343.651	83676.076				
TG' V.9	290838.822	4479736.389	1220.468	84896.543	228° 09' 25"			
V.9	289897.071	4478893.089				4500	293840.744	4476384.007
TG' V.9	289532.230	4477682.742	2464.754	87361.297				
TG' V.10	289216.194	4476634.301	1095.037	88456.335	196° 46' 29"			
V.10	288779.904	4475186.922				4000	285386.405	4477788.732
TG' V.10	287495.388	4474389.881	2890.671	91347.006				
TG' V.11	285429.668	4473108.104	2431.081	93778.087	238° 10' 50"			
V.11	284405.194	4472472.419				5000	288065.897	4468859.540
TG' V.11	283783.035	4471439.675	2366.170	96144.257				
TG' V.12	281803.532	4468153.825	3836.046	99980.303	211° 03' 58"			
V.12	281463.495	4467589.384				3000	279233.815	4469701.906
TG' V.12	280918.212	4467219.405	1297.304	101277.606				
Italian LTE	277804.516	4465106.738	3762.773	105040.380	235° 50' 34"			

Tabella 4: Dati di allineamento della rotta

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	26 of 38

Da KP _{of} [km]	a KP _{of} [km]	Profondità		Descrizione del suolo	γ_{sat}	Su		φ
		Da (m)	a (m)			LB	UB	
60.142	78.800	810	201	ARGILLA, da molto soffice a soffice	16.5	1	4	--
78.800	79.120	201	143	ARGILLA, da compatta a dura	18.8	20	35	--
79.120	94.540	143	100	ARGILLA Sabbiosa da molto soffice a soffice	17.8	2	6	--
94.540	101.890	100	78	ARGILLA Sabbiosa da molto soffice a soffice	18.9	2	6	--
101.890	102.940	78	37	SABBIA, da mediamente densa a densa	19.7	--	-	36
102.940	103.150	37	30	SABBIA, da mediamente densa a densa	18.1	--	-	30
103.150	103.376	30	27	Pietrame selezionato per il terrapieno e per il fondo della trincea	20			38
103.376	105.04	27	0	MT				N/A



Tabella 5 – Caratterizzazione del suolo

Dati di corrente lungo la rotta							
Zona	Descrizione		Profondità (m)	Altezza di riferimento (sul livello del fondo) (m)	Velocità di corrente (cm/s)		
	Da KP _{of}	a KP _{of}			RP 1 anno	RP 10 anni	RP 100 anni
C5	60	71.750	702	1	33	39	44
C6	71.750	79.200	414	1	41	52	63
C8	79.200	102.630	90	1	63	77	90
C9	102.630	104.300	26	1	56	68	79

Tabella 6 – Dati di corrente



Attraversamenti dei cavi esistenti					
KP _{of}	Profondità	Est	Nord	Angolo di incidenza	Descrizione
(km)	(m)	(m)	(m)	(°)	(-)
62.772	-800.9	310,812	4,486,919	70.1	Crossing - C4
79.343	-124.8	295,797	4,481,685	43.9	Crossing - C5
88.369	-117.5	289,241	4,476,718	34.9	Crossing - C6
90.880	-103.2	287,877	4,474,659	87.3	Crossing - C7

Tabella 7 – Attraversamenti dei cavi esistenti

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	27 of 38

Dati di onda lungo la rotta													
Descrizione della sezione omogenea					Periodo di ritorno 1 anno			Periodo di ritorno 10 anni			Periodo di ritorno 100 anni		
Zona	da KP _{of}	a KP _{of}	Prof. (m)	Direzione della condotta (°)	Hs (m)	Tp (sec)	Dir (°N)	Hs (m)	Tp (sec)	Dir (°N)	Hs (m)	Tp (sec)	Dir (°N)
16	54.000	64.000		225	5.6	10.2	180	7.3	11.4	180	8.9	12.3	180
17	64.000	70.300		237	5.6	10.2	180	7.3	11.4	180	8.9	12.3	180
18	70.300	75.000		259	5.6	10.2	180	7.3	11.4	180	8.9	12.3	180
19	75.000	80.000	200	270	5.6	10.2	180	7.3	11.4	180	8.9	12.3	180
20	80.000	83.600	120	249	5.6	10.2	180	7.3	11.4	180	8.9	12.3	180
21	83.600	84.800	120	228	5.6	10.2	180	7.3	11.4	180	8.9	12.3	180
22	84.800	87.300	120	212	5.6	10.2	180	7.3	11.4	180	8.9	12.3	180
23	87.300	88.400	120	196	5.6	10.2	180	7.3	11.4	180	8.9	12.3	180
24	88.400	90.500	120	217	5.6	10.2	180	7.3	11.4	180	8.9	12.3	180
25	90.500	91.300	100	217	3.9	9	150	5	10	150	6.1	10.8	150
26	91.300	93.700	100	238	3.9	9	150	5	10	150	6.1	10.8	150
27	93.700	96.100	100	224	3.9	9	150	5	10	150	6.1	10.8	150
28	96.100	99.900	100	211	3.9	9	150	5	10	150	6.1	10.8	150
29	99.900	101.200	100	223	3.9	9	150	5	10	150	6.1	10.8	150
30	101.200	102.000	80	235	3.9	9	150	5	10	150	6.1	10.8	150
31	102.000	102.500	80	235	3.9	9	150	5	10	150	6.1	10.8	150
32	102.500	102.700	50	235	4.57	9.6	120	5.51	10.48	120	6.38	11.25	120
33	102.700	103.000	40	235	4.37	9.49	120	5.28	10.36	120	6.12	11.12	120
34	103.000	103.400	30	235	3.39	8.63	120	4.07	9.34	120	5.72	10.91	90
35	103.400	105.000	Trench and Microtunnel										

Tabella 8 – Dati di onda

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	28 of 38

Concrezioni marine		
Profondità (m)	Spessore (mm)	Densità satura (kg/m ³)
da 2 to -40	100	1325
Più profondo di -40	50	1325

Tabella 9 – Concrezioni marine

Da	A	Profondità	Classificazione
		[m]	[-]
Approdo albanese	KP _{of} 0.900	0 – 3.6	2
KP _{of} 0.900	KP _{of} 103.8	3.6 – 812.0	1
KP _{of} 103.8	Approdo italiano	0 – 11.4	2



Tabella 10 – Classificazione delle zone

Da KP _{of}	a KP _{of}	Dalla profondità	Alla profondità	Spessore
[km]	[km]	[m]	[m]	[mm]
60.142	79.398	-808	-125	34
79.398	97.396	-125	-100	20.6
97.396	103.150	-100	-30	23.8
103.150	105.040	-30	9	34

Tabella 11: Spessori di acciaio selezionati



Condizione	Combinazione	Periodi di ritorno	
		Corrente	Onda
Temporanea	1	10 YRP	1 YRP
	2	1 YRP	10 YRP
Operativa	3	100 YRP	10 YRP
	4	10 YRP	100 YRP

Tabella 12: Combinazioni dei carichi idrodinamici in base a Rif. /2/.

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	29 of 38

Sezione	da KP	a KP	Prof. 1	Prof. 2	Direzione condotta	Zona Onde	Zona corrente	WT	Condizione	Suolo	
[-]	[km]	[km]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[-]	[-]	
29	60.142	71.750	-807	-700	225-265	12-18	C5	34	Condotta appoggiata sul fondo	ARGILLA, da molto soffice a soffice	
30	71.750	75.000	-700	-618	225-265	12-18	C6	34			
31	75.000	78.800	-618	-201	270	19	C6	34			
32	78.800	79.200	-201	-127	270	19	C6	34			ARGILLA, da compatta a dura
33	79.200	79.398	-127	-125	270	19	C8	34		ARGILLA Sabbiosa da molto soffice a soffice	
34	79.398	80.000	-125	-123	270	19	C8	20.6			
35	80.000	83.600	-123	-125	249	20	C8	20.6			
36	83.600	84.800	-125	-126	228	21	C8	20.6			
37	84.800	87.300	-126	-121	212	22	C8	20.6			
38	87.300	88.400	-121	-118	196	23	C8	20.6			
39	88.400	90.500	-118	-106	217	24	C8	20.6			
40	90.500	91.300	-106	-102	217	25	C8	20.6			
41	91.300	93.700	-102	-99	238	26	C8	20.6			
42	93.700	94.540	-99	-100	224	27	C8	20.6			
43	94.540	96.100	-100	-103	224	27	C8	20.6			
44	96.100	97.396	-103	-100	211	28	C8	20.6			
45	97.396	99.900	-100	-95	211	28	C8	23.8			
46	99.900	101.100	-95	-85	223	29	C8	23.8			
47	101.100	101.200	-85	-82	223	29	C8	23.8			
48	101.200	101.900	-82	-77	235	30	C8	23.8			
49	101.900	102.000	-77	-76	235	30	C8	23.8			
50	102.000	102.500	-76	-60	235	31	C8	23.8		SABBIA, da mediamente densa a densa	
51	102.500	102.630	-60	-52	235	32	C8	23.8			
52	102.630	102.724	-52	-45	235	32	C9	23.8			
53	102.724	102.940	-45	-37	235	33	C9	23.8			
54	102.940	103.150	-37	-30	235	34	C9	23.8			
55	103.150	103.288	-30	-26	235	34	C9	34		Condotta sul terrapieno	Pietrame selezionato
56	103.288	103.376	-26	-26	235	34	C9	34		Condotta nella trincea	
57	103.376	103.431	-26	-26	235	34	C9	34		Condotta nel MT	-
58	103.431	105.040	-26	8	235	35	C9	34	Condotta nel MT	-	

Tabella 13: Sezioni omogenee.



	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	30 of 38

Sezione (4)	Zona				Spessore minimo di appesantimento per condizioni temporanee				Spessore minimo di appesantimento per condizioni operative				MG	Selezionato		Criterio per la stabilità
	da KP	a KP	Prof. 1	Prof. 2	1W-10C		10W-1C		10W-100C		100W-10C			WT	CWT	
	[km]	[km]	[m]	[m]	@ Prof. 1 [mm]	@ Prof. 2 [mm]	@ Prof. 1 [mm]	@ Prof. 2 [mm]	@ Prof. 1 [mm]	@ Prof. 2 [mm]	@ Prof. 1 [mm]	@ Prof. 2 [mm]				
29	60.142	71.750	-807	-700	0	0	0	0	0	0	0	0	50	34	0	
30	71.750	75.000	-700	-618	0	0	0	0	0	0	0	0	50	34	0	
31	75.000	78.800	-618	-201	0	0	0	0	0	0	0	0	50	34	0	
32	78.800	79.200	-201	-127	0	0	0	0	0	0	0	0	50	34	0	
32 bis	79.200	79.280	-127	-125	7	8	4	7	2	3	2	12	50	34(3)	0	
33	79.280	79.398	-127	-125	7	8	4	7	2	3	2	12	50	34	55	
34	79.398	80.000	-125	-123	54	54	53	53	50	50	61	64	50	20.6	70	
35	80.000	83.600	-123	-125	54	54	52	52	54	53	60	58	50	20.6	70	
36	83.600	84.800	-125	-126	53	53	51	51	50	50	50	50	50	20.6	70	
37	84.800	87.300	-126	-121	53	53	50	50	50	50	50	50	50	20.6	70	
38	87.300	88.400	-121	-118	53	53	50	50	50	50	50	50	50	20.6	70	
39	88.400	90.500	-118	-106	53	54	51	53	50	50	51	63	50	20.6	70	
40	90.500	91.300	-106	-102	52	52	50	50	50	50	50	50	50	20.6	70	
41	91.300	93.700	-102	-99	53	53	50	51	50	50	50	50	50	20.6	55	
42	93.700	94.540	-99	-100	53	53	50	50	50	50	50	50	50	20.6	55	
43	94.540	96.100	-100	-103	53	52	50	50	50	50	50	50	50	20.6	55	
44	96.100	97.396	-103	-100	52	53	50	50	50	50	50	50	50	20.6	55	
45	97.396	99.900	-100	-95	42	42	40	40	40	40	40	40	50	23.8	55	
46	99.900	101.100	-95	-85	43	44	41	43	40	49	40	53	50	23.8	55	
47	101.100	101.200	-85	-82	44	44	43	44	49	40	53	60	50	23.8	85	
48	101.200	101.900	-82	-77	45	45	44	46	42	49	61	65	50	23.8	85	
49	101.900	102.000	-77	-76	45	46	45	45	55	56	73	75	50	23.8	85	
50	102.000	102.500	-76	-60	46	49	45	63	56	80	75	61	50	23.8	85	
51	102.500	102.630	-60	-52	54	68	69	51	58	64	63	70	100	23.8	85	
52	102.63	102.724	-52	-45	65	77	48	53	59	66	64	72	100	23.8	85	
53	102.724	102.940	-45	-37	73	57	52	57	64	75	70	73	100	23.8	85	
54	102.940	103.150	-37	-30	68	53	49	56	59	69	65	73	100	23.8	85	
55	103.150	103.288	-30	-26	27	37	46	58	53	68	86	100	100	34	105 (2)	
56	103.288	103.376	-26	-26	34	35	47	47	-	-	-	-		34	55 (2)	
57	103.376	103.431	-26	-26	Microtunnel								34	0		
58	103.431	105.040	-26	8									34	0		

Note

- (1) *L'altezza significativa dell'onda dei 100 anni è incrementata dell'8%.*
- (2) *In questi tratti si applica un appesantimento con densità 3400kg/m³*
- (3) *In questo tratto è stata fatta una verifica dinamica della stabilità con PONDUS*
- (4) *Le "sezioni" sono tratti di condotta caratterizzati da proprietà meccaniche e dati idrodinamici, geotecnici e batimetrici assimilabili ai fini della verifica di stabilità*

Tabella 14: : Analisi di stabilità – Risultati finali.

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	31 of 38

11 FIGURE

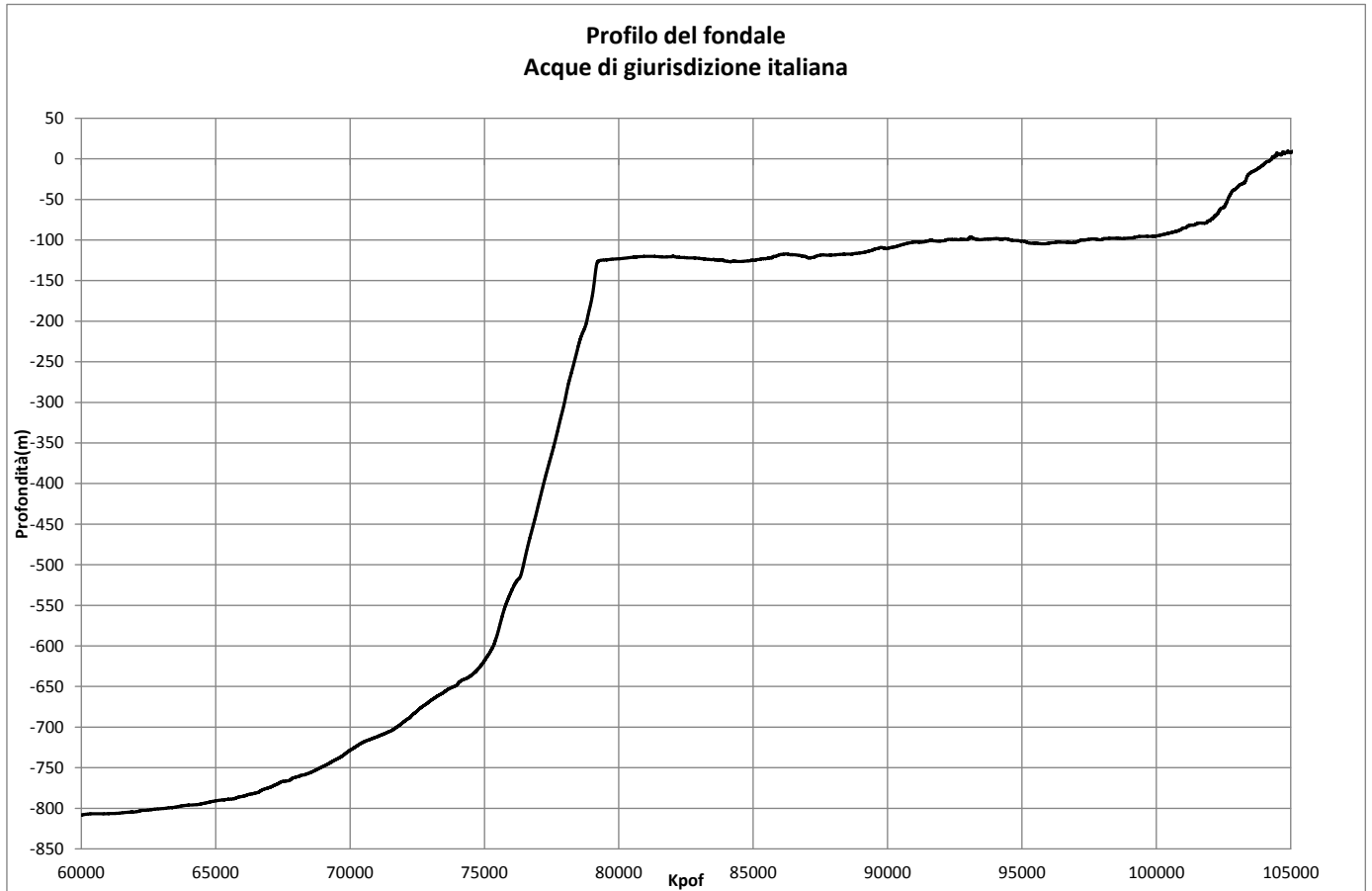


Figura 3 – Profilo del fondale – Acque di giurisdizione italiana

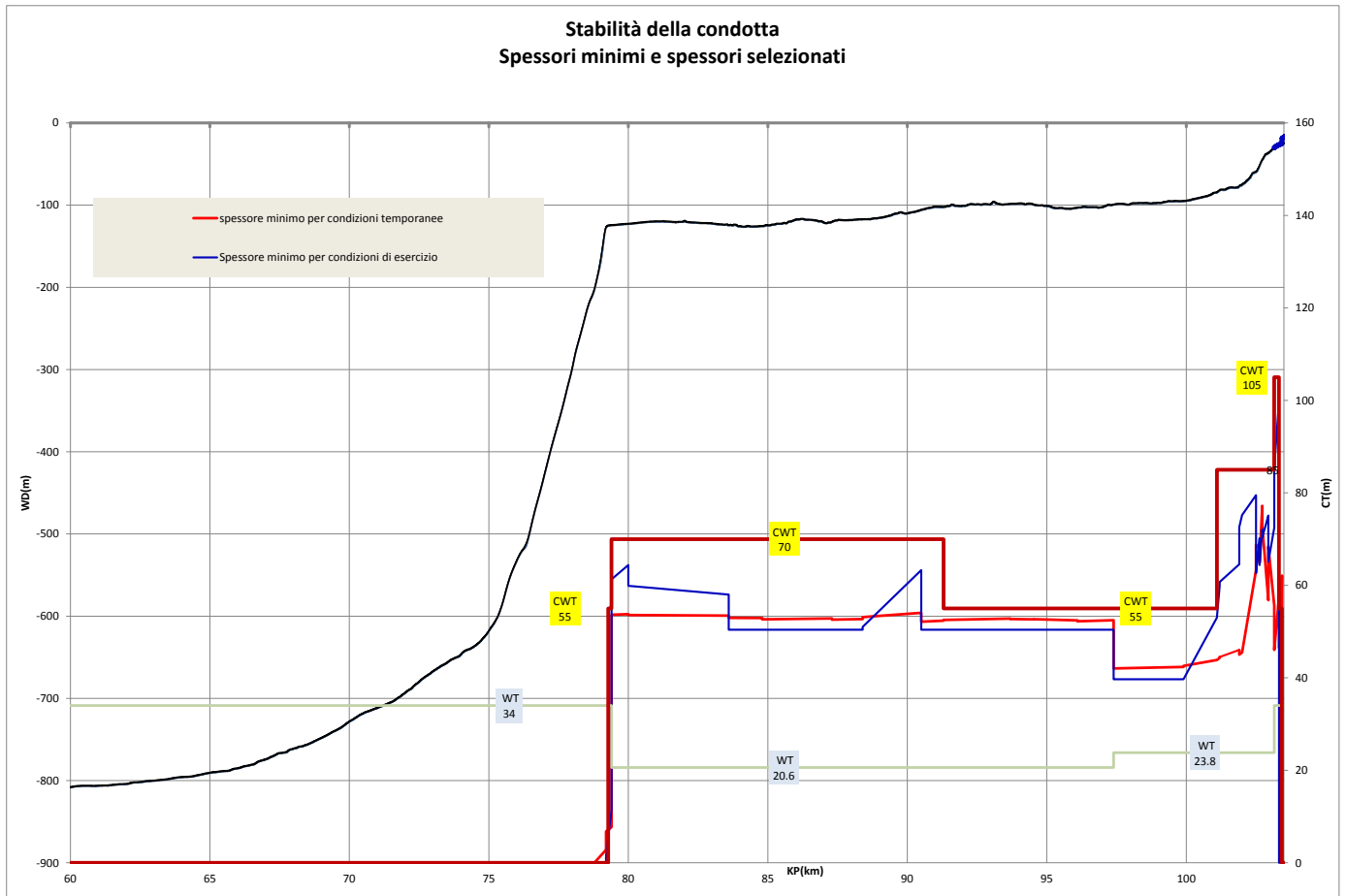




Figura 4 - Spessori di appesantimento – Acque di giurisdizione italiana

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	33 of 38

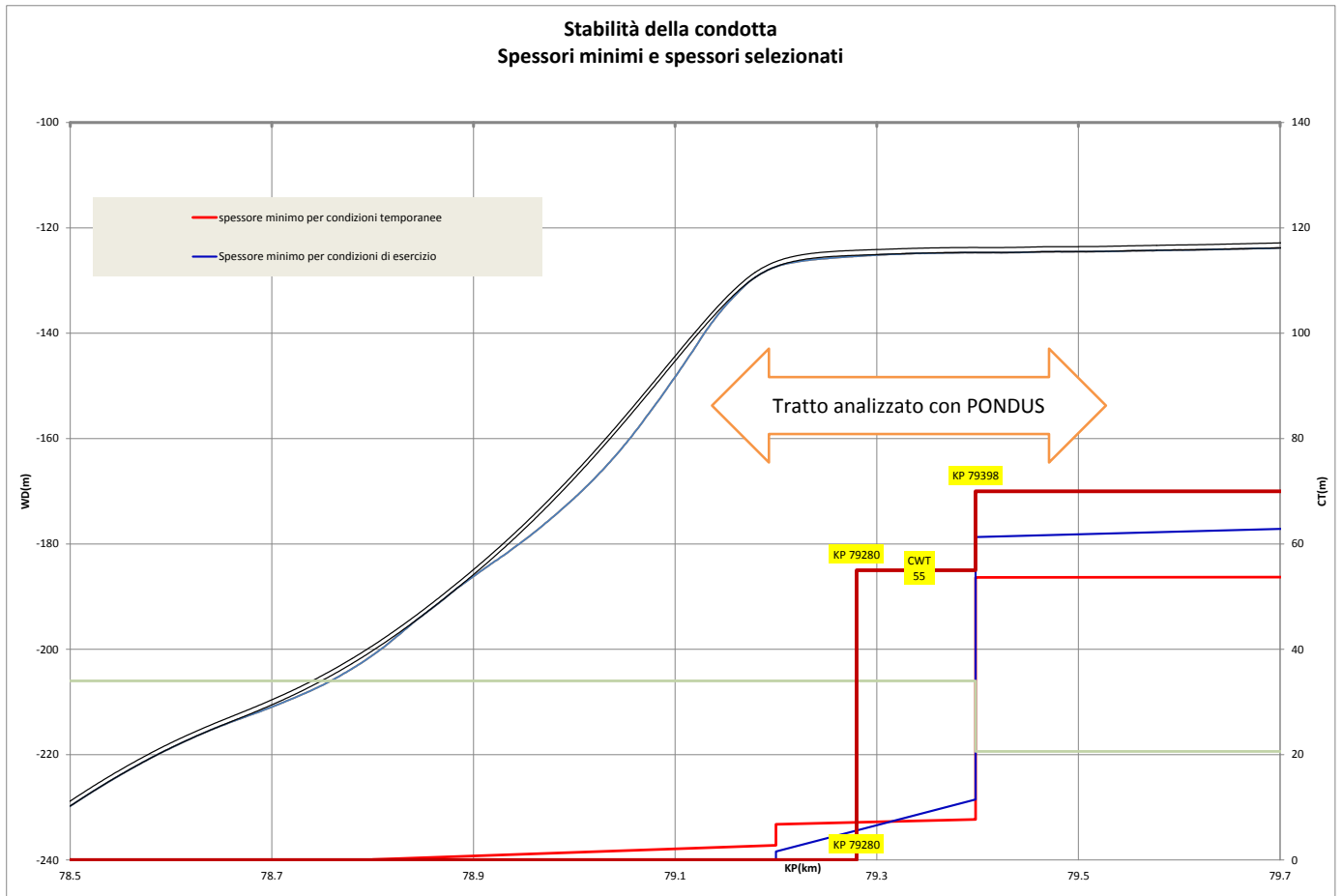




Figura 5 - Spessori di appesantimento – Tratto vicino al ginocchio analizzato con PONDUS

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	34 of 38

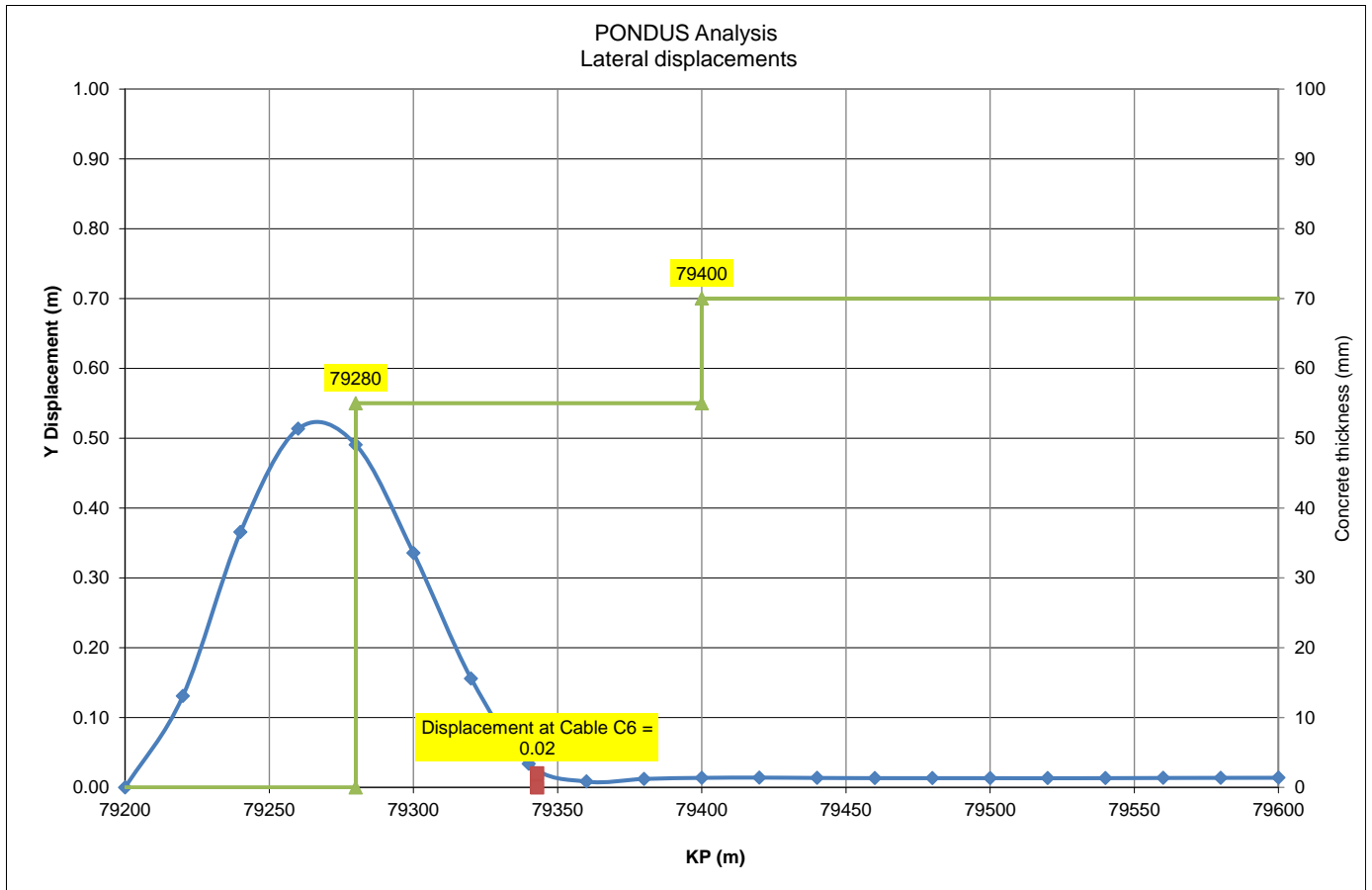


Figura 6 – Analisi con PONDUS - Spostamenti laterali

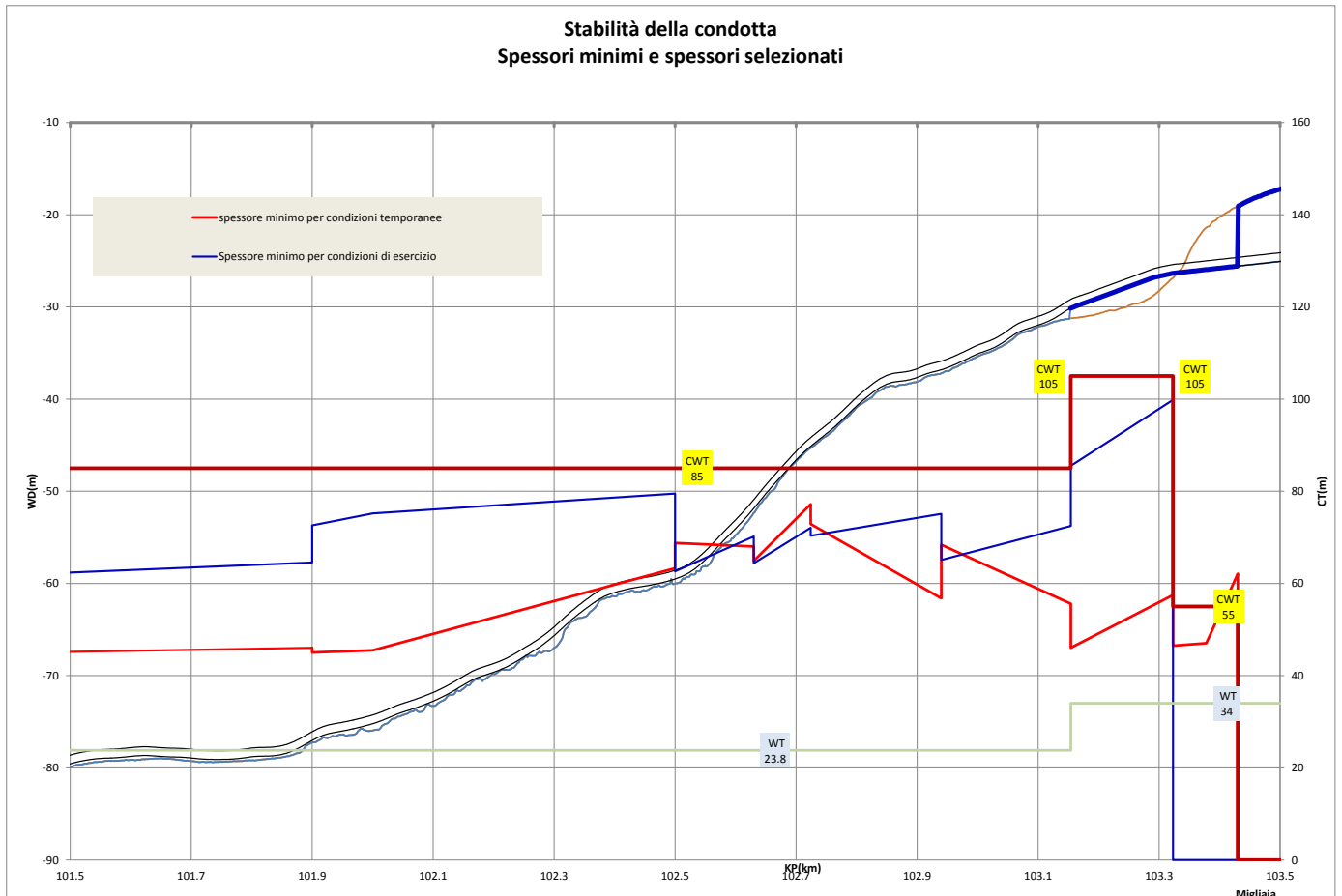




Figura 7 - Spessori di appesantimento – Approdo costiero

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	36 of 38

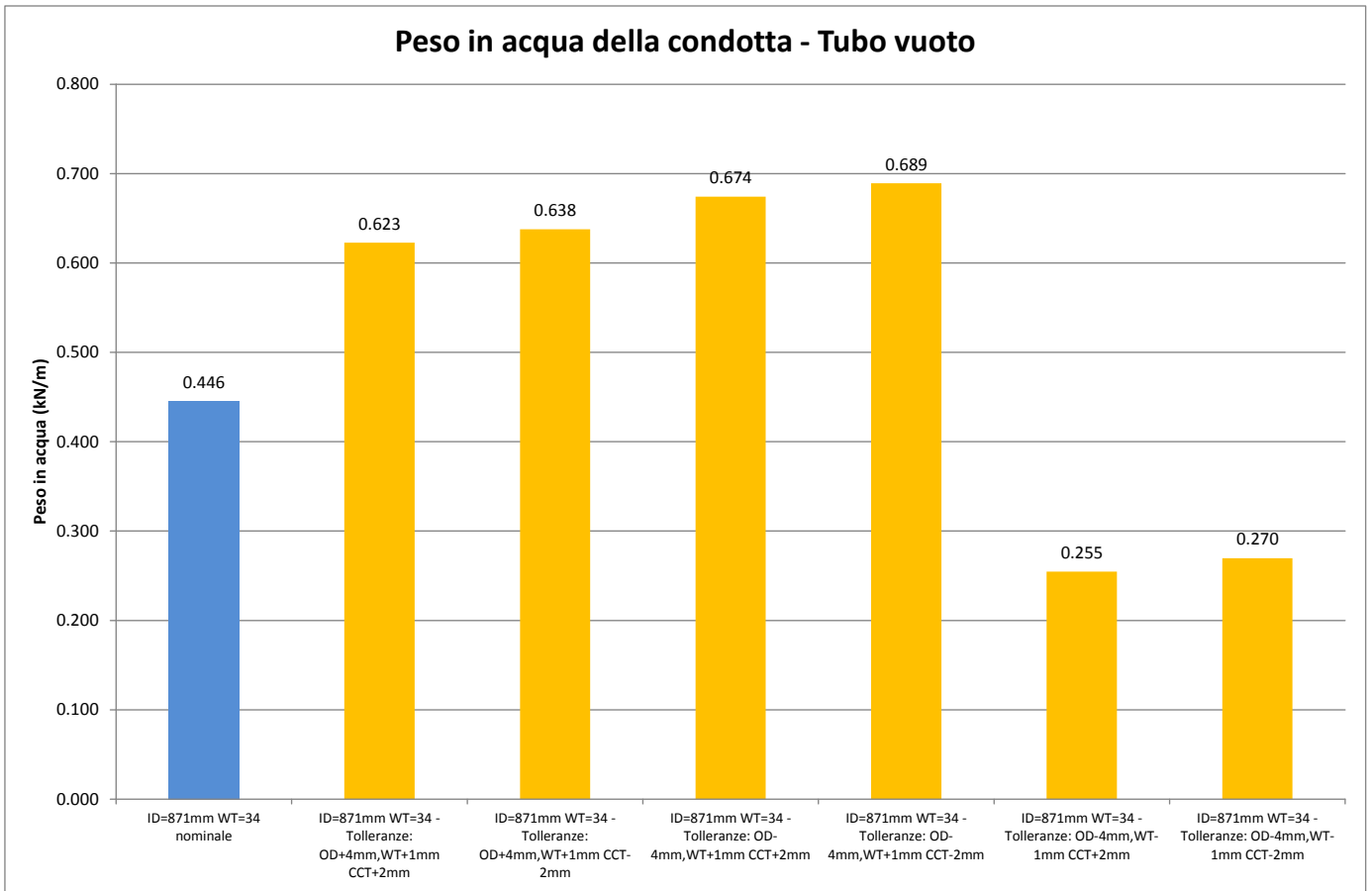




Figura 8 – Tubo non appesantito ID=871mm, WT=34mm – Variazione del peso in acqua per combinazioni delle tolleranze dimensionali

	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	37 of 38

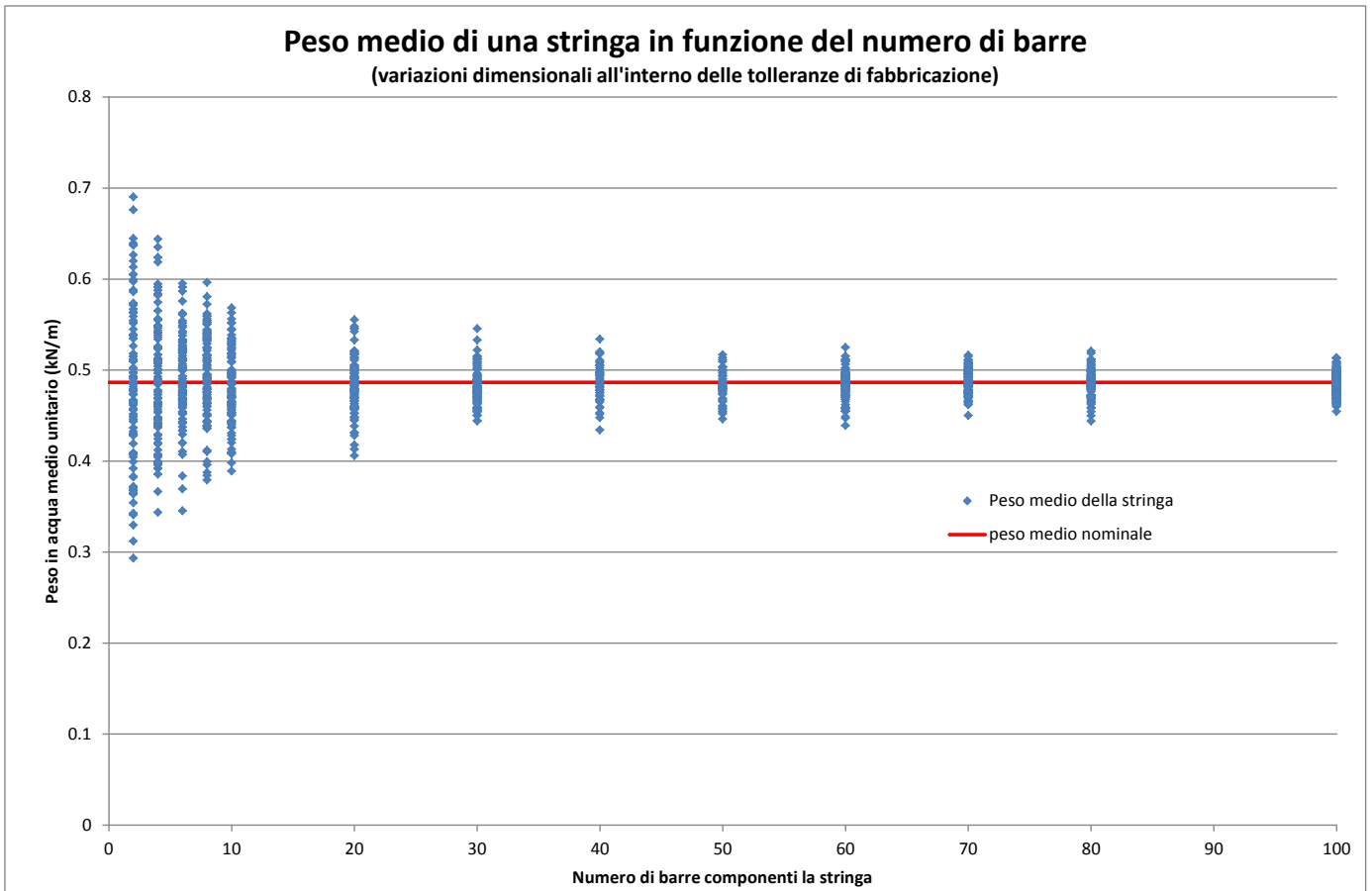




Figura 9 – Tubo non appesantito ID=871mm, WT=34mm – Variazione del peso medio in acqua di una stringa al variare del numero dei giunti componenti la stringa

 Trans Adriatic Pipeline	TAP AG Doc. no.:	OPL00-SPF-200-G-TRX-0011	Rev. No.:	3
	Doc. Title:	Prescrizione A14 Analisi di stabilità della condotta offshore	Page:	38 of 38

12 REGISTRO DELLE REVISIONI

Rev.	Date	Description
A	02.07.2015	Emissione per verifica disciplinare interna
0A	03.07.2015	Emissione per commenti
00	08.09.2015	Emissione per approvazione
01	28.01.2016	Ri-emissione per approvazione
2	09.08.2016	Ri-emissione per informazione
3	02.11.2017	Ri-emissione per informazione