

Dott.Ing.Graziano FALAPPA
Via Roma, n° 73 - 60035 JESI (AN)

Dott.ssa Roberta PEDRAZZANI
Laboratorio Analisi Industriali e Ambientali,
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale
Università degli Studi di Brescia
Via Branze, n° 38 - 25123 BRESCIA

VERIFICA DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLE CONDOTTE SUBLACUALI TOSCOLANO MADERNO – TORRI DEL BENACO

SERVIZI DI RILIEVO ED ISPEZIONE (2° ANNO)

1. IL COLLETTORE FOGNARIO

Il collettore in questione convoglia in pressione i reflui fognari ancora da trattare da Toscolano Maderno sulla sponda bresciana sino a Torri del Benaco sulla sponda veronese, in prossimità di Punta San Vigilio, attraversando completamente l'alto lago di Garda.

Una volta raggiunta la sponda veronese, i reflui fognari vengono convogliati in altrettanti collettori sublacuali in cui vengono fatte confluire anche le acque reflue raccolte via via lungo l'intera sponda veronese del lago sino a raggiungere il depuratore di Peschiera del Garda in grado di trattare le portate dell'intero lago.

Il collettore è stato realizzato tra anni 1984 e 1985 dal Raggruppamento d'Imprese Cimi-Montubi (capogruppo) e Geomar ed è costituito da 2 condotte sublacuali parallele in acciaio aventi un diametro di DN 400mm dello spessore di 13,5mm che si estendono per una lunghezza di circa 7,396 km secondo un tracciato di posa che raggiunge la profondità massima di -247m.

Nel giugno 1985, a lavori di posa già ultimati, è stata effettuata una prova idraulica di pressione con esito positivo su entrambe le condotte costituenti il collettore a valle della quale le condotte sono state messe in esercizio.

2. ATTIVITA' SVOLTE SUL COLLETTORE

Trattandosi di un collettore fognario che ha pressoché raggiunto il periodo finale della propria vita tecnica sulla base delle più accreditate norme di settore vigenti all'epoca della progettazione, in aggiunta alle normali attività di conduzione e manutenzione programmate e al fine di prevenire eventuali rotture delle condotte sublacuali, ovvero di minimizzare i rischi di rottura, con l'obiettivo di mantenere in esercizio e in sicurezza il collettore più a lungo possibile, il Gestore Acque Bresciane ha svolto tutta una serie di attività straordinarie che nel seguito vengono sintetizzate.

- 1) Nell'aprile 2013 è stata eseguita una video ispezione esterna dell'intero collettore, da parte della Ditta Video Production di Maderno, da cui non sono emerse anomalie degne di essere attenzionate.
- 2) Nel maggio 2016 sono state eseguite delle verifiche spessimetriche delle condotte subacquee in prossimità dei due approdi, estese sino alle profondità di -18m (Toscolano Maderno) e di -38m (Torri

del Benaco), da parte della Ditta Ecologia Soluzione Ambientale di Reggio Emilia mediante l'intervento del Raggruppamento Subacquei ed Incursori "Teseo Tesei" di Ancona. Dalle verifiche effettuate sono emersi spessori d'acciaio residui delle condotte sostanzialmente conformi a quelli nominali.

- 3) A partire dal mese di novembre 2016 l'Ing. Falappa di Jesi ha proceduto ad una catalogazione di tutti i dati tecnici esistenti agli atti del Gestore Acque Bresciane relativi alle condotte sublacuali oltre alla raccolta delle caratteristiche del tracciato e profilo "As-built" del collettore tratto dalla contabilità finale dei lavori. Nel contempo, sulla base dei dati rilevati, sono state eseguite sempre dall'Ing. Falappa specifiche analisi delle sollecitazioni (*Stress analysis*) agenti sulle condotte posate sul fondo del lago in base alle più accreditate norme internazionali DnV'81 "Rules for Submarine Pipeline Systems". Ciò ha consentito di individuare a livello numerico i tratti di collettore a maggiore criticità e pertanto da attenzionare con particolare cura sia a livello ispettivo sia di rilievi.

- 4) Nel maggio 2017 sono state eseguite ulteriori verifiche spessimetriche delle condotte subacquee in prossimità dell'approdo di Toscolano Maderno, da parte della Ditta Carmar Sub di Ancona.

Dalle verifiche effettuate sono emersi ancora una volta spessori d'acciaio residui delle condotte sostanzialmente conformi a quelli nominali.

Nel corso delle attività, coordinate dall'Ing. Falappa, sono state effettuate anche delle riprese video-fotografiche da cui è emersa la presenza sulle superfici esterne delle condotte di numerose formazioni conglomerate, inglobate all'interno di più estese zone di *macrofouling* e vegetazione acquatica.

Sono pertanto seguiti tutta una serie di specifici accertamenti e indagini subacquee da parte dei sommozzatori che hanno evidenziato -per la prima volta- la presenza di un fenomeno di biocorrosione delle tubazioni in acciaio dovuto a *pitting* e vaiolatura (sino alle profondità di -40m) sia in prossimità dell'approdo di Toscolano Maderno che in prossimità dell'approdo di Torri del Benaco, ancorché in quest'ultimo in misura nettamente inferiore.

Contestualmente sono stati anche raccolti da parte dei sommozzatori campioni di concrezioni prelevati sui due versanti. Essi sono stati sottoposti ad analisi per l'identificazione del fenomeno presso il Laboratorio di Analisi Industriali e Ambientali del Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale dell'Università degli Studi di Brescia (a cura della Dott. ssa R. Pedrazzani) e il Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente dell'Università degli Studi di Pavia (a cura del Prof. M. Setti).

- 5) Nel giugno 2017 sono stati eseguiti una prima serie di interventi di riparazione localizzati sulle condotte sublacuali in basso fondale (sino alle profondità di -40m) ottenuti mediante l'installazione subacquea di speciali giunti di clampaggio esterni delle condotte.

I lavori sono stati eseguiti da parte della Ditta Carmar Sub, sotto la direzione dell'Ing. Falappa.

- 6) Nel giugno 2017 sono state quindi eseguite da parte della Ditta Carmar Sub delle ispezioni visive delle condotte estese sino alla profondità di -120m, sia lungo la scarpata di Toscolano Maderno che di Torri del Benaco, tramite veicolo filoguidato ROV (*Remote Operated Vehicle*).

Lungo la scarpata di Toscolano Maderno sono stati individuati circa n. 20 punti critici con presenza di concrezioni significative con ragionevoli punti di vaiolatura, tendenti progressivamente a diminuire sino a scomparire all'aumentare della profondità.

L'estensione complessiva dei due tratti di collettore investigati con presenza di concrezioni è risultata essere pari a circa 548m.

- 7) Nel giugno 2017 è stata redatta dall'Ing. Falappa una analisi di rischio finalizzata all'accertamento dello stato di conservazione delle condotte sublacuali con cui è stato determinato il livello di rischio e la conseguente probabilità di accadimento di ogni possibile causa iniziatrice.

Quest'ultima definita come quell'evento che potrebbe minacciare l'integrità delle condotte subacquee e portare al rilascio del prodotto trasportato.

La relativa matrice di rischio (probabilità di accadimento / conseguenze) con cui viene stabilito se un determinato rischio è da ritenersi accettabile o inaccettabile è stata definita secondo le più accreditate norme e procedure internazionali (DnV-RP-F116, "*Integrity management of submarine pipeline systems*").

Dall'analisi eseguita è scaturito che solo il rischio di biocorrosione esterna risulta essere molto alto e quindi inaccettabile con la diretta conseguenza di dover eseguire misure mitigative atte a evitare possibili fuoriuscite del fluido trasportato.

In definitiva secondo le norme e le procedure internazionali è risultato che il Gestore dovrà attuare tutte le azioni e le misure mitigative per mantenere o ridurre il rischio ad un livello accettabile solo limitatamente al fenomeno della biocorrosione esterna.

- 8) Nel luglio 2017 è stato redatto dall'Ing. Falappa uno specifico Piano di Manutenzione, Ispezione e Intervento che fornisce al Gestore sia i minimi requisiti per l'ispezione e la manutenzione periodica capace di prevenire o ridurre eventuali danni e sia lo strumento per selezionare le procedure e i mezzi da usare in un eventuale intervento di riparazione di emergenza delle condotte stesse (*E.P.R.S.-Emergency Procedure Repair System*).
- 9) Nel settembre 2017, sulla base degli accertamenti tecnici eseguiti sino a -120m di profondità, è stato redatto dall'Ing. Falappa il progetto esecutivo degli interventi di riparazione in alto fondale localizzati sulle condotte sublacuali prevedente anche i servizi di ispezioni periodiche. L'intervento è scaturito dai risultati degli accertamenti tecnici eseguiti nel giugno 2017 sino a -120m di profondità.

Successivamente i lavori sono stati affidati all'Impresa Drafinsub di Genova.

- 10) Nel dicembre 2018, sempre mediante veicolo filoguidato ROV, sono state eseguite da parte della Drafinsub, sotto la direzione dell'Ing. Falappa, nuove ed ulteriori ispezioni e rilievi subacquei che hanno interessato l'intera lunghezza del collettore fognario e che hanno messo in luce in maniera inaspettata la presenza di un numero di formazioni conglomerate molto superiore rispetto a quelle precedentemente rilevate appena 18 mesi prima e, soprattutto, non solo distribuite su entrambi i versanti di Toscolano Maderno e di Torri del Benaco, ma estese anche a profondità ben maggiori, comprese tra circa -120m sino a circa -186m, andando così ad interessare dei tratti di collettore molto più estesi rispetto a quello iniziale preventivato.

Dall'analisi sono emersi, complessivamente, oltre n. 150 punti con presenza di significative concrezioni disposte sulle superfici esterne di entrambe le condotte sublacuali per una estensione di circa 1660 m. Nel corso delle attività subacquee sono stati prelevati campioni da sottoporre ad analisi, analogamente a quanto riportato al punto 4).

Durante i lavori di ispezione subacquea sono stati immersi provini in acciaio di diversa composizione, realizzati presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale dell'Università degli Studi di Brescia, al fine di studiarne la durabilità.

- 11) Nei mesi di febbraio-marzo 2019 sono stati eseguiti da parte della Drafinsub, sotto la direzione dell'Ing. Falappa, gli interventi di riparazione veri e propri delle condotte in alto fondale che sono consistiti nella rimozione di tutte le bioconcrezioni, nella misura spessimetrica in corrispondenza di ogni cratere presente sull'acciaio, nell'applicazione sulle superfici metalliche nude di speciali resine epossipoliamiche bicomponenti e nella installazione di speciali giunti a collare.

Complessivamente gli interventi di riparazione eseguiti sulle condotte sublacuali in alto fondale fra i -40m e i -186m di profondità hanno portato alle seguenti risultanze:

- n. 44 clampe installate, di cui n. 27 sul versante di Toscolano Maderno e n.17 sul versante di Torri del Benaco;
- n. 78 punti riparati mediante applicazione di resina epossidica subacquea, di cui n.52 sul versante di Toscolano Maderno e n. 26 sul versante di Torri del Benaco;
- totale dei punti riparati: n. 122;
- sui restanti punti sono state asportate solo le bioconcrezioni superficiali in quanto il sottostante rivestimento esterno delle condotte non è risultato ancora attaccato e tantomeno sono stati accertati fenomeni di "pitting" in atto sull'acciaio;
- nel corso delle attività subacquee sono stati prelevati campioni da sottoporre ad analisi, analogamente a quanto riportato al punto 4).

3. SERVIZI DI RILIEVO E ISPEZIONE (2° ANNO)

Nell'ambito del Piano di Manutenzione, Ispezione ed Intervento di cui il Gestore Acque Bresciane si è dotato sin dal luglio 2017, e nell'ottica di mantenere in esercizio e in sicurezza le condotte sublacuali costituenti il collettore fognario, sono stati eseguiti ulteriori rilievi e ispezioni periodiche delle condotte (2° anno).

I suddetti servizi di rilievo e ispezione sono iniziati il giorno 24 febbraio 2020 e sono proseguiti sino al giorno 3 marzo 2020, e quindi a distanza di circa 1 anno dalle precedenti ispezioni che avevano comportato un massiccio intervento di riparazione sul collettore.

Gli ulteriori servizi sono consistiti in:

- a) ispezioni subacquee in basso fondale (sino alla profondità massima di -40m) eseguite sia sul versante di Toscolano Maderno che di Torri del Benaco mediante sommozzatori che hanno effettuato tutta una serie di misure spessimetriche e monitorato la formazione di bioconcrezioni, aggregati e vaiolature su ognuna delle due condotte;
- b) indagine visiva subacquea in alto fondale (oltre la profondità di -40m) che ha interessato l'intera lunghezza del collettore, eseguita mediante veicolo filoguidato ROV (*Remote Operated Vehicle*).

In funzione dei risultati ottenuti, nel seguito descritti, si procederà alla pianificazione dei successivi rilievi periodici sempre nell'ambito dell'esecuzione del suddetto Piano di Manutenzione ed Ispezione e all'esecuzione di interventi di riparazione aggiuntivi necessari al fine di ridurre i rischi di rottura delle condotte sublacuali in attesa di realizzare l'intervento di riqualificazione generale del sistema di raccolta dei reflui dell'intero bacino del lago di Garda.

I lavori di rilievo e accertamenti ispettivi sono stati affidati alla Soc. Drafinsub di Genova e si sono svolti attraverso le seguenti fasi principali:

a) Operazioni in basso fondale

Le operazioni subacquee in basso fondale (profondità minore di -40m) sono state condotte su entrambi gli approdi da una squadra di sommozzatori che hanno operato secondo il metodo "*Surface Supplied Diving*".

Il *diving team* era così composto:

- 1 x Diving Supervisor
- 4 x Divers

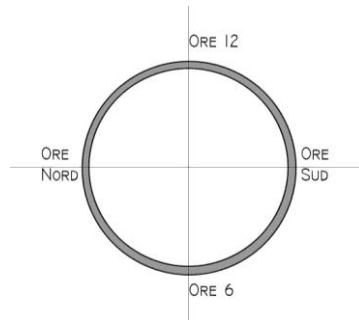
L'equipaggiamento era costituito da:

- Air Diving Control Room flying case
- Air Quad
- Oxygen quad
- Kirby Morgan KM27
- Bailout bottles
- Safety harness
- Ombelicale equipaggiato con manichetta dell'aria respirabile, cavo delle comunicazioni, linee pneumo, cavo per videocamera e luci.

a.1) Approdo di Toscolano Maderno

Fra i vari controlli svolti, volti a verificare lo stato di conservazione delle due condotte, è stata eseguita l'indagine spessimetrica delle condotte per la tratta di collettore compresa fra -17,5m e -40,0m, individuando su questa tratta n. 5 differenti sezioni da indagare disposte secondo una scansione di circa 20m.

I risultati dei rilievi eseguiti sono riportati in Tabella 1.



CONDOTTA NORD				
PROFONDITA'	ORE 12	ORE SUD	ORE 6	ORE NORD
-17,0 m	14,0 mm	13,8 mm	interrata	14,6 mm
-25,5 m	14,2 mm	14,7 mm	12,4 mm	13,1 mm
-32,7 m	14,7 mm	14,6 mm	13,3 mm	13,9 mm
-36,5 m	14,5 mm	14,1 mm	13,5 mm	13,7 mm
-39,5 m	14,7 mm	14,6 mm	interrata	13,9 mm

CONDOTTA SUD				
PROFONDITA'	ORE 12	ORE SUD	ORE 6	ORE NORD
-17,0 m	13,3 mm	14,4 mm	interrata	13,8 mm
-25,5 m	13,5 mm	14,1 mm	14,1 mm	14,0 mm
-32,7 m	14,1 mm	14,0 mm	13,7 mm	15,2 mm
-36,5 m	14,1 mm	14,0 mm	14,7 mm	15,0 mm
-39,5 m	14,1 mm	14,0 mm	interrata	15,2 mm

Tabella 1 – Risultati dell’analisi spessimetrica svolta sulle condotte (versante di Toscolano Maderno). La sezione sopra riportata mostra i riferimenti spaziali utilizzati in tabella

Dall’analisi dei risultati emerge che in tutte le sezioni delle condotte (sia Nord sia Sud) sono stati misurati in media spessori d’acciaio superiori a quello nominale di 13,5mm, comunque tutti ricompresi all’interno della tolleranza di produzione delle tubazioni.

Per l’esecuzione di questi rilievi è stato utilizzato uno strumento per misure NDT, Cygnus Dive, che consente di eseguire le misure di spessore senza la rimozione del rivestimento esterno costituito da uno strato di resina epossidica dello spessore di 0,30mm.

Nel corso delle ispezioni visive è stata riscontrata la presenza di due neoformazioni sulla condotta Sud, identificati e localizzati in termini di progressiva chilometrica (PK), di profondità (PROF) e di coordinate piane e geografiche (Tabella 3). Queste ultime sono espresse nel sistema di riferimento RDN2008 / TM32 (Rete dinamica nazionale 2008) a cui sono associati i seguenti parametri geodetici (Tabella 2).

Entrambe le neoformazioni sono state prelevate e inviate al Laboratorio di Analisi Industriali e Ambientali dell’Università degli Studi di Brescia per le successive analisi e accertamenti.

Una volta rimosse, non è stata rilevata alcuna alterazione e degrado della superficie delle condotte e né tantomeno del rivestimento anticorrosivo esterno in resina epossidica.

Datum	Rete Dinamica Nazionale 2008
Ellissoide	Geodetic Reference System 1980
Longitudini	Riferite a Greenwich
Semi asse maggiore	6378137.0000
Schiacciamento	1/298.257222101
Proiezione	Trasversa di Mercatore Zona 32
Origine Longitudine (Meridiano centrale)	9° 00' 00.000000 Est
Origine Latitudine	0° 00' 00.000000 Nord
Falso Est	500000.000
Falso Nord	0.000
Fattore di scala	0.9996

Tabella 2 – Parametri geodetici di riferimento (cfr. coordinate riportate in Tabella 3)

N.	PK	EST	NORD	LONGITUDINE	LATITUDINE	PROF.
1	0+284.0	626311,044	5055009,288	10° 37' 14.475"	45° 38' 13.685"	-35,71
2	0+308.0	626326,043	5054990,553	10° 37' 15.150"	45° 38' 13.068"	-43,35

Tabella 3 – Coordinate geografiche delle neoformazioni prelevate sulla condotta Sud

Le analisi delle neoformazioni hanno mostrato trattarsi di poriferi (spugne); in associazione con essi sono stati rilevati diversi gruppi di batteri, con prevalenza di acido produttori e ferro ossidanti.

Contestualmente alle suddette operazioni, sono stati prelevati alcuni provini immersi nel mese di dicembre 2018; dalle prime analisi si possono osservare una incipiente corrosione e formazione di concrezioni di varia natura. Sono stati, tra l'altro, rilevati batteri ferro ossidanti e acido produttori. Le prove di resistenza meccanica sono per il momento sospese per la chiusura degli stabili universitari dovuta all'emergenza sanitaria da coronavirus, così come la caratterizzazione mineralogica delle concrezioni.

a.2) Approdo di Torri del Benaco

In questo caso l'indagine spessimetrica delle condotte ha interessato la tratta di collettore compresa fra -9,0m e -39,5m e ha riguardato n. 5 differenti sezioni da indagare disposte secondo una scansione di circa 20m.

I risultati dei rilievi spessimetrici eseguiti sono riportati in Tabella 4.

CONDOTTA NORD				
PROFONDITA'	ORE 12	ORE SUD	ORE 6	ORE NORD
-9,0 m	13,9 mm	13,8 mm	14,8 mm	12,4 mm
-16,0 m	13,9 mm	14,1 mm	13,9 mm	14,5 mm
-25,0 m	14,3 mm	13,8 mm	12,7 mm	14,5 mm
-37,0 m	14,2 mm	14,7 mm	14,2 mm	14,2 mm
-39,5 m	14,2 mm	14,5 mm	14,2 mm	14,0 mm

CONDOTTA SUD				
PROFONDITA'	ORE 12	ORE SUD	ORE 6	ORE NORD
-9,0 m	14,3 mm	13,7 mm	14,8 mm	14,8 mm
-16,0 m	14,4 mm	15,0 mm	14,0 mm	13,4 mm
-25,0 m	13,8 mm	14,0 mm	12,7 mm	12,8 mm
-37,0 m	13,3 mm	13,3 mm	14,3 mm	14,2 mm
-39,5 m	13,8 mm	12,9 mm	14,1 mm	13,9 mm

Tabella 4 – Risultati dell'analisi spessimetrica svolta sulle condotte (versante di Torri del Benaco). La sezione sopra riportata mostra i riferimenti spaziali utilizzati in tabella

Dall'analisi dei risultati emerge, anche in questo caso, che in tutte le sezioni delle condotte (sia Nord, sia Sud) sono stati misurati in media spessori d'acciaio superiori a quello nominale.

Dalle ispezioni visive non è stata riscontrata la presenza di nessuna neoformazione sulla superficie delle condotte.

b) Operazioni in alto fondale

Le operazioni in alto fondale sono consistite nell'esecuzione di in una dettagliata indagine visiva che ha interessato l'intera lunghezza del collettore, eseguita utilizzando un veicolo filoguidato ROV (*Remote Operated Vehicle*), tesa ad accertare l'eventuale presenza di bioconcrezioni/aggregati sulle superfici esterne delle condotte.

Nella tabella che segue viene riportata la sintesi di tutte le neoformazioni rilevate nel corso dell'indagine visiva, come risulta dall'analisi delle immagini dello schermo ("Screenshot").

Ancora una volta ogni neoformazione è stata identificata e localizzata in termini di progressiva chilometrica (PK), di profondità (PROF) e di coordinate piane e geografiche (Tabella 5). Queste ultime sono espresse nel sistema di riferimento RDN2008 / TM32 (Rete dinamica nazionale 2008) a cui sono associati gli stessi parametri geodetici di cui alla Tabella 2.

N.	PK	EST	NORD	LONGITUDINE	LATITUDINE	PROF.
1	0+327.0	626338,400	5054983,400	10° 37' 15.695"	45° 38' 12.816"	-51,00
2	0+376.0	626368,300	5054933,200	10° 37' 17.034"	45° 38' 11.176"	-71,30
3	0+845.5	626657,800	5054572,300	10° 37' 30.039"	45° 37' 59.294"	-146,50
4	0+846.5	626658,200	5054578,100	10° 37' 30.091"	45° 37' 59.488"	-146,60
5	0+847.0	626658,400	5054572,100	10° 37' 30.086"	45° 37' 59.293"	-146,10
6	0+850.0	626660,500	5054569,400	10° 37' 30.175"	45° 37' 59.195"	-146,60
7	0+862.0	626668,700	5054557,500	10° 37' 30.533"	45° 37' 58.801"	-146,40
8	0+864.4	626669,400	5054557,900	10° 37' 30.579"	45° 37' 58.800"	-147,00
9	0+873.0	626675,200	5054551,500	10° 37' 30.851"	45° 37' 58.602"	-148,90
10	0+910.5	626698,300	5054506,700	10° 37' 31.871"	45° 37' 57.129"	-150,20
11	0+919.0	626703,600	5054507,800	10° 37' 32.102"	45° 37' 57.158"	-150,10
12	0+951.0	626723,600	5054471,900	10° 37' 32.992"	45° 37' 55.979"	-151,10
13	0+952.0	626724,100	5054470,400	10° 37' 33.037"	45° 37' 55.946"	-151,50
14	0+959.0	626728,400	5054469,200	10° 37' 33.221"	45° 37' 55.911"	-151,00
15	0+962.5	626730,700	5054467,400	10° 37' 33.311"	45° 37' 55.845"	-151,00
16	0+963.0	626731,100	5054464,400	10° 37' 33.355"	45° 37' 55.747"	-151,30
17	0+968.8	626734,900	5054462,500	10° 37' 33.491"	45° 37' 55.680"	-151,80
18	0+969.0	626735,000	5054462,900	10° 37' 33.538"	45° 37' 55.680"	-151,50

N.	PK	EST	NORD	LONGITUDINE	LATITUDINE	PROF.
19	0+982.5	626743,300	5054452,300	10° 37' 33.898"	45° 37' 55.350"	-151,90
20	0+983.0	626743,900	5054451,400	10° 37' 33.897"	45° 37' 55.318"	-152,10
21	0+984.0	626744,200	5054451,200	10° 37' 33.943"	45° 37' 55.317"	-152,10
22	1+000.5	626754,600	5054449,500	10° 37' 34.403"	45° 37' 55.246"	-152,80
23	1+003.0	626756,000	5054445,800	10° 37' 34.491"	45° 37' 55.115"	-151,90
24	1+024.0	626768,948	5054428,028	10° 37' 35.029"	45° 37' 54.557"	-160,00
25	1+036.0	626776,222	5054418,486	10° 37' 35.389"	45° 37' 54.228"	-160,00
26	1+056.0	626788,334	5054402,570	10° 37' 35.928"	45° 37' 53.701"	-160,00
27	1+057.0	626788,900	5054393,200	10° 37' 35.920"	45° 37' 53.410"	-154,40
28	1+061.0	626791,500	5054395,800	10° 37' 36.060"	45° 37' 53.473"	-155,00
29	1+061.5	626791,700	5054396,600	10° 37' 36.061"	45° 37' 53.505"	-154,90
30	1+064.0	626793,500	5054391,200	10° 37' 36.149"	45° 37' 53.342"	-155,40
31	1+068.0	626795,900	5054394,100	10° 37' 36.244"	45° 37' 53.438"	-155,50
32	1+070.5	626797,200	5054390,000	10° 37' 36.333"	45° 37' 53.307"	-156,00
33	1+077.0	626801,600	5054398,100	10° 37' 36.525"	45° 37' 53.563"	-160,00
34	1+091.0	626809,800	5054382,400	10° 37' 36.879"	45° 37' 53.040"	-155,30
35	1+092.0	626810,137	5054373,924	10° 37' 36.917"	45° 37' 52.748"	-157,30
36	1+098.0	626813,772	5054369,149	10° 37' 37.052"	45° 37' 52.616"	-158,80
37	1+133.0	626835,300	5054332,800	10° 37' 38.033"	45° 37' 51.403"	-156,90
38	1+137.0	626837,600	5054331,800	10° 37' 38.124"	45° 37' 51.369"	-156,90
39	1+150.0	626845,500	5054322,100	10° 37' 38.485"	45° 37' 51.073"	-157,80
40	1+160.0	626851,400	5054320,400	10° 37' 38.760"	45° 37' 51.004"	-158,10
41	1+162.5	626852,900	5054323,800	10° 37' 38.809"	45° 37' 51.100"	-157,40
42	1+187.0	626867,900	5054291,600	10° 37' 39.471"	45° 37' 50.054"	-158,10
43	1+192.0	626870,800	5054286,300	10° 37' 39.605"	45° 37' 49.890"	-159,60
44	1+198.5	626874,800	5054278,600	10° 37' 39.782"	45° 37' 49.628"	-158,60
45	1+211.0	626882,100	5054272,200	10° 37' 40.146"	45° 37' 49.429"	-159,70
46	1+228.0	626892,900	5054251,000	10° 37' 40.588"	45° 37' 48.742"	-159,60
47	1+231.0	626894,600	5054267,000	10° 37' 40.695"	45° 37' 49.259"	-160,00
48	1+234.5	626896,600	5054271,900	10° 37' 40.792"	45° 37' 49.387"	-158,80
49	1+308.0	626941,500	5054214,100	10° 37' 42.816"	45° 37' 47.511"	-160,50
50	1+313.0	626944,100	5054199,800	10° 37' 42.940"	45° 37' 47.024"	-159,80
51	1+337.0	626959,200	5054164,100	10° 37' 43.600"	45° 37' 45.880"	-163,80
52	1+342.0	626962,100	5054166,600	10° 37' 43.740"	45° 37' 45.943"	-161,50
53	1+344.0	626963,300	5054175,600	10° 37' 43.795"	45° 37' 46.234"	-161,40
54	1+361.0	626974,100	5054147,100	10° 37' 44.276"	45° 37' 45.319"	-164,40
55	1+364.5	626976,000	5054157,200	10° 37' 44.378"	45° 37' 45.642"	-163,70
56	1+369.0	626978,700	5054119,000	10° 37' 44.435"	45° 37' 44.410"	-168,90
57	1+381.0	626986,100	5054145,700	10° 37' 44.828"	45° 37' 45.247"	-166,90
58	1+385.0	626988,500	5054146,000	10° 37' 44.922"	45° 37' 45.278"	-166,30
59	1+394.0	626994,100	5054123,200	10° 37' 45.177"	45° 37' 44.529"	-167,70
60	1+396.0	626996,000	5054115,200	10° 37' 45.262"	45° 37' 44.269"	-169,20
61	1+431.0	627017,300	5054097,900	10° 37' 46.214"	45° 37' 43.672"	-174,90
62	1+437.0	627021,000	5054119,200	10° 37' 46.420"	45° 37' 44.382"	-169,90

N.	PK	EST	NORD	LONGITUDINE	LATITUDINE	PROF.
63	1+438.0	627022,000	5054090,900	10° 37' 46.439"	45° 37' 43.442"	-175,60
64	1+446.5	627027,200	5054086,700	10° 37' 46.666"	45° 37' 43.309"	-176,70
65	1+448.5	627028,600	5054086,100	10° 37' 46.712"	45° 37' 43.308"	-176,70
66	1+450.5	627029,900	5054082,000	10° 37' 46.754"	45° 37' 43.178"	-176,30
67	1+466.5	627039,700	5054080,500	10° 37' 47.214"	45° 37' 43.107"	-176,90
68	1+482.5	627049,500	5054066,700	10° 37' 47.663"	45° 37' 42.646"	-176,80
69	1+523.0	627073,900	5053995,100	10° 37' 48.704"	45° 37' 40.331"	-183,10
70	1+524.0	627074,600	5054039,600	10° 37' 48.791"	45° 37' 41.755"	-176,50
71	1+535.0	627081,600	5054029,300	10° 37' 49.105"	45° 37' 41.427"	-177,20
72	1+542.0	627085,600	5054024,000	10° 37' 49.285"	45° 37' 41.262"	-177,50
73	1+544.5	627087,200	5054023,300	10° 37' 49.376"	45° 37' 41.229"	-176,80
74	1+550.0	627090,200	5054019,900	10° 37' 49.511"	45° 37' 41.097"	-177,90
75	1+558.0	627095,100	5054010,700	10° 37' 49.734"	45° 37' 40.802"	-177,30
76	1+560.5	627097,400	5054006,300	10° 37' 49.822"	45° 37' 40.671"	-179,00
77	1+564.5	627099,100	5053998,300	10° 37' 49.907"	45° 37' 40.411"	-180,00
78	1+564.7	627099,300	5053997,500	10° 37' 49.906"	45° 37' 40.379"	-179,60
79	1+574.5	627105,100	5053990,800	10° 37' 50.176"	45° 37' 40.148"	-180,20
80	1+578.0	627107,500	5053986,800	10° 37' 50.265"	45° 37' 40.017"	-181,20
81	1+588.0	627113,600	5054011,900	10° 37' 50.565"	45° 37' 40.823"	-182,50
82	1+593.0	627116,500	5054019,400	10° 37' 50.711"	45° 37' 41.080"	-183,50
83	1+594.5	627118,300	5053959,000	10° 37' 50.747"	45° 37' 39.135"	-181,50
84	1+615.0	627130,800	5053927,900	10° 37' 51.271"	45° 37' 38.091"	-183,60
85	1+621.0	627134,200	5053934,700	10° 37' 51.463"	45° 37' 38.315"	-182,50
86	1+633.0	627141,700	5053932,000	10° 37' 51.784"	45° 37' 38.246"	-182,60
87	1+636.0	627143,700	5053928,200	10° 37' 51.872"	45° 37' 38.115"	-182,90
88	1+638.0	627144,700	5053926,600	10° 37' 51.917"	45° 37' 38.049"	-182,90
89	1+649.0	627151,400	5053914,600	10° 37' 52.229"	45° 37' 37.656"	-183,50
90	1+653.0	627154,100	5053920,200	10° 37' 52.373"	45° 37' 37.848"	-183,50
91	1+655.0	627155,800	5053917,000	10° 37' 52.416"	45° 37' 37.750"	-183,20
92	1+665.0	627161,600	5053922,600	10° 37' 52.698"	45° 37' 37.908"	-183,50
93	1+701.0	627184,400	5053925,900	10° 37' 53.762"	45° 37' 37.990"	-183,40
94	1+705.0	627186,400	5053880,100	10° 37' 53.812"	45° 37' 36.532"	-183,90
95	1+710.0	627189,600	5053860,800	10° 37' 53.932"	45° 37' 35.882"	-182,90
96	1+727.0	627200,400	5053850,000	10° 37' 54.430"	45° 37' 35.551"	-183,90
97	1+732.5	627203,900	5053853,800	10° 37' 54.572"	45° 37' 35.646"	-183,30
98	1+734.5	627205,000	5053967,700	10° 37' 54.771"	45° 37' 39.337"	-183,60
99	1+748.0	627213,200	5053841,200	10° 37' 55.022"	45° 37' 35.251"	-183,40
100	1+750.5	627214,600	5053843,700	10° 37' 55.070"	45° 37' 35.315"	-183,40
101	1+787.0	627237,200	5053839,500	10° 37' 56.128"	45° 37' 35.170"	-183,00
102	1+811.0	627252,300	5053806,200	10° 37' 56.790"	45° 37' 34.091"	-184,10
103	1+818.0	627256,500	5053804,800	10° 37' 56.972"	45° 37' 34.024"	-184,60
104	1+821.0	627258,100	5053814,000	10° 37' 57.074"	45° 37' 34.346"	-183,90
105	1+823.0	627259,800	5053802,900	10° 37' 57.109"	45° 37' 33.957"	-184,70
106	1+830.5	627263,900	5053799,400	10° 37' 57.291"	45° 37' 33.857"	-184,90

N.	PK	EST	NORD	LONGITUDINE	LATITUDINE	PROF.
107	1+833.0	627265,800	5053801,600	10° 37' 57.385"	45° 37' 33.921"	-185,10
108	1+834.5	627266,300	5053801,400	10° 37' 57.431"	45° 37' 33.920"	-184,90
109	1+843.0	627271,400	5053793,000	10° 37' 57.654"	45° 37' 33.658"	-186,60
110	1+857.0	627279,700	5053787,300	10° 37' 58.018"	45° 37' 33.458"	-186,80
111	1+858.5	627280,900	5053786,500	10° 37' 58.063"	45° 37' 33.425"	-187,60
112	1+869.0	627287,300	5053747,900	10° 37' 58.350"	45° 37' 32.157"	-188,00
113	1+879.0	627293,000	5053759,200	10° 37' 58.638"	45° 37' 32.542"	-188,20
114	1+888.5	627298,900	5053734,600	10° 37' 58.845"	45° 37' 31.729"	-186,50
115	1+945.0	627334,300	5053704,700	10° 38' 0.479"	45° 37' 30.733"	-185,00
116	1+965.0	627346,700	5053690,100	10° 38' 1.020"	45° 37' 30.272"	-185,10
117	1+997.0	627366,400	5053659,900	10° 38' 1.914"	45° 37' 29.255"	-183,80
118	1+999.0	627367,700	5053662,000	10° 38' 1.963"	45° 37' 29.351"	-182,70
119	2+027.0	627384,900	5053637,000	10° 38' 2.724"	45° 37' 28.530"	-179,70
120	2+029.0	627386,100	5053634,500	10° 38' 2.814"	45° 37' 28.432"	-180,30
121	2+052.5	627400,700	5053623,600	10° 38' 3.449"	45° 37' 28.066"	-179,20
122	2+078.0	627416,000	5053606,300	10° 38' 4.172"	45° 37' 27.505"	-177,10
123	2+078.2	627416,000	5053603,200	10° 38' 4.169"	45° 37' 27.408"	-176,70
124	2+086.5	627421,400	5053587,200	10° 38' 4.385"	45° 37' 26.886"	-176,70
125	2+090.5	627423,600	5053586,800	10° 38' 4.476"	45° 37' 26.852"	-174,40
126	2+093.0	627425,300	5053521,700	10° 38' 4.507"	45° 37' 24.746"	-175,60
127	2+095.0	627426,400	5053549,500	10° 38' 4.580"	45° 37' 25.652"	-178,10
128	2+117.0	627440,200	5053552,100	10° 38' 5.229"	45° 37' 25.740"	-172,50
129	2+120.5	627442,000	5053557,200	10° 38' 5.326"	45° 37' 25.901"	-172,40
130	2+127.0	627446,100	5053555,900	10° 38' 5.509"	45° 37' 25.833"	-172,00
131	2+135.0	627451,200	5053509,200	10° 38' 5.696"	45° 37' 24.340"	-174,90
132	2+145.0	627457,600	5053546,300	10° 38' 6.008"	45° 37' 25.534"	-177,70
133	2+154.5	627463,000	5053536,300	10° 38' 6.276"	45° 37' 25.207"	-171,60
134	2+158.0	627465,200	5053542,000	10° 38' 6.374"	45° 37' 25.400"	-179,40
135	2+158.2	627465,400	5053453,400	10° 38' 6.290"	45° 37' 22.517"	-170,10
136	2+163.0	627468,600	5053529,800	10° 38' 6.500"	45° 37' 24.976"	-171,50
137	2+178.5	627477,800	5053519,000	10° 38' 6.906"	45° 37' 24.647"	-171,20
138	2+182.5	627480,300	5053513,600	10° 38' 7.039"	45° 37' 24.450"	-170,90
139	2+187.0	627483,100	5053423,400	10° 38' 7.093"	45° 37' 21.533"	-169,90
140	2+188.5	627483,900	5053509,600	10° 38' 7.174"	45° 37' 24.319"	-171,10
141	2+190.5	627485,100	5053396,700	10° 38' 7.159"	45° 37' 20.657"	-170,80
142	2+194.0	627487,200	5053504,400	10° 38' 7.353"	45° 37' 24.154"	-171,60
143	2+198.0	627489,700	5053457,400	10° 38' 7.402"	45° 37' 22.631"	-172,50
144	2+202.0	627492,000	5053422,000	10° 38' 7.507"	45° 37' 21.495"	-170,70
145	2+202.5	627492,400	5053488,700	10° 38' 7.569"	45° 37' 23.633"	-171,40
146	2+202.7	627492,700	5053501,000	10° 38' 7.581"	45° 37' 24.054"	-171,40
147	2+205.0	627494,200	5053451,200	10° 38' 7.627"	45° 37' 22.433"	-171,10
148	2+213.0	627499,100	5053488,100	10° 38' 7.892"	45° 37' 23.628"	-171,40
149	2+219.0	627502,600	5053396,500	10° 38' 7.944"	45° 37' 20.646"	-170,10
150	2+222.0	627504,200	5053415,500	10° 38' 8.054"	45° 37' 21.260"	-170,70

N.	PK	EST	NORD	LONGITUDINE	LATITUDINE	PROF.
151	2+222.5	627504,900	5053379,600	10° 38' 8.020"	45° 37' 20.094"	-170,40
152	2+228.0	627508,000	5053441,200	10° 38' 8.264"	45° 37' 22.100"	-170,70
153	2+228.2	627508,200	5053388,100	10° 38' 8.214"	45° 37' 20.383"	-170,70
154	2+232.5	627510,600	5053376,100	10° 38' 8.295"	45° 37' 19.993"	-170,80
155	2+238.5	627514,400	5053392,700	10° 38' 8.494"	45° 37' 20.509"	-170,10
156	2+240.5	627515,600	5053464,700	10° 38' 8.608"	45° 37' 22.840"	-171,20
157	2+250.5	627521,800	5053459,800	10° 38' 8.881"	45° 37' 22.674"	-170,50
158	2+251.0	627522,200	5053461,300	10° 38' 8.929"	45° 37' 22.738"	-170,50
159	2+252.0	627522,500	5053432,000	10° 38' 8.901"	45° 37' 21.799"	-171,20
160	2+259.0	627527,200	5053382,000	10° 38' 9.085"	45° 37' 20.176"	-170,10
161	2+281.0	627540,200	5053468,500	10° 38' 9.766"	45° 37' 22.953"	-170,20
162	2+290.5	627546,000	5053489,500	10° 38' 10.063"	45° 37' 23.629"	-169,70
163	2+293.0	627547,800	5053426,400	10° 38' 10.050"	45° 37' 21.588"	-170,80
164	2+304.0	627554,100	5053424,100	10° 38' 10.371"	45° 37' 21.519"	-170,00
165	2+304.3	627554,200	5053430,800	10° 38' 10.377"	45° 37' 21.713"	-170,80
166	2+306.5	627556,000	5053424,600	10° 38' 10.463"	45° 37' 21.517"	-170,10
167	2+356.0	627585,700	5053384,100	10° 38' 11.764"	45° 37' 20.203"	-171,20
168	2+358.0	627586,800	5053373,100	10° 38' 11.800"	45° 37' 19.846"	-171,10
169	2+361.0	627588,800	5053372,800	10° 38' 11.891"	45° 37' 19.812"	-170,70
170	2+377.0	627598,400	5053357,300	10° 38' 12.339"	45° 37' 19.319"	-171,20
171	2+377.5	627598,700	5053358,100	10° 38' 12.340"	45° 37' 19.352"	-171,10
172	2+380.0	627600,200	5053357,800	10° 38' 12.431"	45° 37' 19.318"	-171,20
173	2+397.0	627610,800	5053356,400	10° 38' 12.892"	45° 37' 19.279"	-170,80
174	2+405.0	627615,400	5053343,700	10° 38' 13.110"	45° 37' 18.855"	-170,90
175	2+412.0	627619,500	5053334,200	10° 38' 13.286"	45° 37' 18.561"	-170,80
176	2+430.7	627630,900	5053324,500	10° 38' 13.785"	45° 37' 18.229"	-170,80
177	2+433.0	627632,600	5053326,000	10° 38' 13.879"	45° 37' 18.293"	-170,80
178	2+436.0	627634,000	5053293,400	10° 38' 13.940"	45° 37' 17.223"	-169,30
179	2+441.0	627637,400	5053307,800	10° 38' 14.092"	45° 37' 17.674"	-168,70
180	2+467.0	627653,500	5053293,400	10° 38' 14.817"	45° 37' 17.210"	-168,70
181	2+474.0	627657,800	5053294,100	10° 38' 15.003"	45° 37' 17.240"	-168,70
182	2+493.0	627669,500	5053255,200	10° 38' 15.520"	45° 37' 15.969"	-168,30
183	2+493.2	627669,500	5053270,600	10° 38' 15.534"	45° 37' 16.454"	-166,60
184	2+494.5	627670,400	5053270,100	10° 38' 15.580"	45° 37' 16.454"	-168,30
185	2+496.5	627671,700	5053256,200	10° 38' 15.613"	45° 37' 16.000"	-168,30
186	2+511.0	627680,400	5053320,500	10° 38' 16.089"	45° 37' 18.067"	-166,60
187	2+527.0	627690,600	5053229,300	10° 38' 16.465"	45° 37' 15.113"	-165,30
188	2+528.0	627690,800	5053219,900	10° 38' 16.455"	45° 37' 14.789"	-166,30
189	2+534.5	627694,700	5053217,000	10° 38' 16.638"	45° 37' 14.721"	-165,70
190	2+541.0	627698,100	5053208,900	10° 38' 16.814"	45° 37' 14.427"	-166,50
191	2+542.0	627699,400	5053215,300	10° 38' 16.867"	45° 37' 14.653"	-165,30
192	2+545.0	627701,200	5053207,600	10° 38' 16.952"	45° 37' 14.393"	-167,20
193	2+550.0	627704,200	5053207,300	10° 38' 17.090"	45° 37' 14.391"	-166,50
194	2+560.0	627710,500	5053183,700	10° 38' 17.345"	45° 37' 13.609"	-166,50

N.	PK	EST	NORD	LONGITUDINE	LATITUDINE	PROF.
195	2+578.5	627721,700	5053309,400	10° 38' 17.971"	45° 37' 17.683"	-166,60
196	2+593.0	627730,700	5053253,400	10° 38' 18.334"	45° 37' 15.863"	-167,20
197	2+613.0	627742,800	5053297,100	10° 38' 18.929"	45° 37' 17.281"	-166,60
198	2+616.0	627744,600	5053168,000	10° 38' 18.900"	45° 37' 13.101"	-173,20
199	2+619.0	627746,800	5053158,400	10° 38' 18.983"	45° 37' 12.776"	-173,20
200	2+620.5	627747,100	5053155,100	10° 38' 19.026"	45° 37' 12.678"	-173,20
201	2+636.5	627757,100	5053144,500	10° 38' 19.477"	45° 37' 12.315"	-173,20
202	2+646.0	627763,000	5053139,000	10° 38' 19.749"	45° 37' 12.149"	-173,20
203	2+649.0	627764,700	5053153,500	10° 38' 19.809"	45° 37' 12.602"	-165,30
204	2+661.0	627772,500	5053125,100	10° 38' 20.152"	45° 37' 11.690"	-173,20
205	2+682.5	627785,700	5053090,100	10° 38' 20.719"	45° 37' 10.547"	-171,90
206	2+690.0	627790,000	5053100,600	10° 38' 20.959"	45° 37' 10.868"	-173,20
207	2+713.0	627804,700	5052990,700	10° 38' 21.501"	45° 37' 7.296"	-170,80
208	2+728.0	627813,700	5053062,400	10° 38' 21.985"	45° 37' 9.622"	-171,60
209	2+732.0	627815,900	5053074,500	10° 38' 22.088"	45° 37' 10.009"	-168,50
210	2+733.0	627816,500	5053074,600	10° 38' 22.134"	45° 37' 10.009"	-170,90
211	2+736.0	627818,600	5053051,400	10° 38' 22.205"	45° 37' 9.262"	-171,40
212	2+741.0	627821,900	5053049,600	10° 38' 22.342"	45° 37' 9.196"	-171,70
213	2+741.2	627821,900	5053056,600	10° 38' 22.348"	45° 37' 9.422"	-171,60
214	2+745.0	627824,300	5053024,100	10° 38' 22.456"	45° 37' 8.384"	-171,50
215	2+751.0	627828,100	5053039,700	10° 38' 22.655"	45° 37' 8.867"	-171,30
216	2+754.0	627829,500	5053056,300	10° 38' 22.717"	45° 37' 9.417"	-170,60
217	2+758.0	627832,000	5053031,100	10° 38' 22.832"	45° 37' 8.605"	-171,50
218	2+760.0	627833,300	5053053,400	10° 38' 22.899"	45° 37' 9.317"	-170,60
219	2+762.5	627834,900	5053033,700	10° 38' 22.927"	45° 37' 8.669"	-171,50
220	2+777.0	627844,200	5053013,400	10° 38' 23.369"	45° 37' 8.014"	-170,80
221	2+781.0	627846,500	5053038,700	10° 38' 23.485"	45° 37' 8.823"	-171,70
222	2+783.0	627847,000	5053038,300	10° 38' 23.531"	45° 37' 8.822"	-171,70
223	2+798.0	627856,900	5052996,900	10° 38' 23.907"	45° 37' 7.456"	-170,80
224	2+820.0	627870,300	5053070,300	10° 38' 24.623"	45° 37' 9.843"	-170,40
225	2+843.0	627884,500	5052973,000	10° 38' 25.178"	45° 37' 6.692"	-172,20
226	2+912.0	627926,900	5052938,900	10° 38' 27.083"	45° 37' 5.531"	-170,80
227	2+912.2	627926,900	5052940,900	10° 38' 27.085"	45° 37' 5.595"	-170,80
228	2+918.5	627930,600	5052918,000	10° 38' 27.249"	45° 37' 4.880"	-172,30
229	2+920.5	627931,700	5052916,700	10° 38' 27.293"	45° 37' 4.815"	-172,40
230	2+924.0	627933,800	5052925,900	10° 38' 27.394"	45° 37' 5.105"	-171,40
231	2+924.2	627934,900	5052930,800	10° 38' 27.445"	45° 37' 5.266"	-170,80
232	2+930.5	627937,900	5052910,400	10° 38' 27.564"	45° 37' 4.616"	-172,40
233	2+934.0	627940,000	5052905,400	10° 38' 27.698"	45° 37' 4.453"	-172,40
234	2+936.5	627941,800	5052915,100	10° 38' 27.754"	45° 37' 4.776"	-172,30
235	2+946.5	627947,600	5052911,100	10° 38' 28.027"	45° 37' 4.642"	-172,40
236	2+978.0	627966,500	5052883,200	10° 38' 28.877"	45° 37' 3.723"	-172,60
237	2+994.0	627976,100	5052873,500	10° 38' 29.330"	45° 37' 3.392"	-173,40
238	2+994.5	627976,600	5052872,000	10° 38' 29.329"	45° 37' 3.360"	-173,80

N.	PK	EST	NORD	LONGITUDINE	LATITUDINE	PROF.
239	3+018.5	627990,700	5052854,800	10° 38' 29.958"	45° 37' 2.767"	-173,80
240	3+019.5	627991,500	5052859,700	10° 38' 30.009"	45° 37' 2.929"	-173,80
241	3+033.0	627999,800	5052844,800	10° 38' 30.364"	45° 37' 2.438"	-175,20
242	3+063.0	628017,600	5052817,500	10° 38' 31.169"	45° 37' 1.551"	-176,90
243	3+070.0	628021,900	5052813,300	10° 38' 31.350"	45° 37' 1.419"	-176,90
244	3+122.0	628054,400	5052779,300	10° 38' 32.841"	45° 37' 0.296"	-184,20
245	6+894.0	630293,200	5049728,600	10° 40' 13.248"	45° 35' 19.976"	-176,20
246	6+896.5	630295,300	5049734,600	10° 40' 13.346"	45° 35' 20.169"	-170,40
247	6+933.0	630322,500	5049712,300	10° 40' 14.570"	45° 35' 19.438"	-155,60
248	6+945.5	630331,500	5049704,600	10° 40' 14.978"	45° 35' 19.173"	-151,40

Tabella 5 – Coordinate geografiche delle neoformazioni rilevate a seguito dell'ispezione in alto fondale

Dalla disamina dei risultati delle ispezioni video, sintetizzati nella tabella testé riportata, emerge quanto segue:

- a) Il numero totale delle formazioni originatesi lungo le due condotte a distanza di appena un anno dal precedente rilievo ed aventi una certa significatività in termini di dimensioni areali è assai rilevante, pari a n. 248 unità, distribuite pressoché casualmente su entrambe le condotte.
- b) Il maggior numero delle neoformazioni (n. 244 su un totale di n. 248) è concentrato lungo il versante di Toscolano Maderno. Solo n. 4 di esse sono state rilevate sul versante di Torri del Benaco.
- c) Solo le prime due neoformazioni, poste lungo il versante di Toscolano Maderno, sono ubicate a profondità comprese tra circa -51,0m e -71,0m.
- d) Ben n. 246 formazioni sono state invece rilevate nell'intervallo di profondità compreso tra -146,0m (circa) e -188,0m (circa), sia sul versante di Toscolano Maderno che su quello di Torri del Benaco.
- e) Il tratto di collettore in cui sono state rilevate formazioni sul versante di Toscolano Maderno ha una estensione di circa 2.795m (dal PK 0+327 al PK 3+122) ed è sensibilmente più lungo rispetto al tratto in cui erano state riscontrate 1 anno prima. In ogni caso tra le prime due formazioni e le successive vi è un tratto di circa 469,5m di lunghezza del tutto privo di esse.
- f) Il tratto di collettore in cui sono state rilevate formazioni sul versante di Torri del Benaco ha una estensione di appena 51,5m (dal PK 6+894 al PK 6+945,5) ed è ricompreso all'interno del tratto in cui erano state riscontrate e rimosse le concrezioni 1 anno prima.
- g) La maggior parte delle formazioni (circa il 90%) sono concentrate in corrispondenza dei cordoni di saldatura dei giunti delle barre di tubo costituenti le condotte. Le barre di tubo hanno una lunghezza unitaria di circa 12,0m. I materiali d'apporto degli elettrodi utilizzati per la saldatura dei giunti possono essere formati da varie tipologie e composizione di metalli, diversi dal materiale base da saldare (API 5LX X-52), variabili anche a seconda della procedura di saldatura che venne adottata (i.e. ad arco, ad arco sommerso, ad arco metallico in atmosfera di gas). Peraltro, anche i materiali di rivestimento degli elettrodi utilizzati possono essere di vari tipi: celluloso, rutilico (biossido di titanio), ossidante, acido e basico.

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

A seguito di tutte le attività ingegneristiche, analisi, ispezioni e rilievi di dettaglio, oltre a tutti gli interventi di riparazione eseguiti sinora sia in basso che in alto fondale sulle condotte sublacuali costituenti il collettore in questione che va Toscolano Maderno a Torri del Benaco, si possono trarre le seguenti conclusioni:

- Le condotte nel loro complesso non rivelano riduzioni di spessore rispetto a quello nominale.
- A partire dal mese di maggio 2017 è stato evidenziato un crescente fenomeno di formazione di bioconcrezioni e aggregati sulla superficie delle condotte che ha generato eventi di corrosione localizzati con generazione di "pitting" e vaiolature sull'acciaio.
- A seguito degli interventi di riparazione che sono stati eseguiti e portati a termine con successo sia in basso, sia in alto fondale, tutti i punti precedentemente interessati da corrosioni localizzate sono stati riparati e quindi le buone condizioni strutturali e di tenuta delle condotte sono state ripristinate.
- Sulla base delle risultanze dei più recenti rilievi effettuati nel febbraio 2020 è tuttavia evidente che la superficie delle condotte è sede di un'intensissima attività biologica che porta allo sviluppo di micro e macrofouling.
- L'insieme delle condizioni del sito (caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua del lago e dei sedimenti e loro gradiente verticale e orizzontale, caratteristiche del materiale costituente le condotte - acciaio e rivestimento -, caratteristiche del liquame trasportato nelle tubazioni - composizione e temperatura) è favorevole alla proliferazione di organismi di diversa natura (*micro* e *macrofouling*), alcuni dei quali trovano nelle superfici esterne delle condotte un ambiente idoneo alla crescita in ammassi macroscopici.
- Lo sviluppo di popolazioni di organismi può aver luogo anche in tempi molto ridotti, come dimostrato sia dalle campagne di rilevazione svolte negli anni 2018 e 2019, sia dal controllo effettuato nel febbraio-marzo 2020.
- Tra gli organismi che aderiscono alle superfici delle condotte e le colonizzano sono stati diffusamente rinvenuti batteri responsabili della formazione di concrezioni minerali e, ciò che è più rilevante, di vaiolature che possono, a lungo andare, portare alla perforazione del manufatto.
- Alla luce delle risultanze dei più recenti rilievi, l'Analisi di Rischio eseguita secondo le più accreditate norme e procedure internazionali (DnV-RP-F116, "*Integrity management of submarine pipeline systems*") impone al Gestore l'attuazione di tutte le azioni e le misure mitigative necessarie per mantenere o ridurre il rischio dovuto al fenomeno della biocorrosione ad un livello accettabile tenuto conto che la "corrosione esterna" è classificata a rischio molto alto. Ne consegue che al fine di poter mantenere in esercizio e in sicurezza le condotte sublacuali sino alla loro fine vita, è inevitabile da parte del Gestore la programmazione e la realizzazione nell'immediato futuro di un nuovo intervento straordinario di rimozione delle nuove formazioni in alto fondale e, qualora si evidenziassero fenomeni di biocorrosione, di riparazione di eventuali tratti interessati da vaiolatura o *pitting*.
- In ogni caso le condotte dovranno essere costantemente monitorate e ispezionate nel tempo in accordo al Piano di manutenzione, ispezione e intervento.
- Tenuto conto che il collettore si sta avvicinando progressivamente al termine della vita tecnica stimata in circa 40 anni (estesa a 50 anni sotto determinate condizioni), coerentemente con il ruolo di programmazione dei Piani di manutenzione da parte del Gestore, diviene inevitabile la previsione di una dismissione delle condotte esistenti per l'approssimarsi di tale termine, per evitare di dover sopportare anno per anno oneri gestionali significativi per garantire la funzionalità nel tempo del sistema.
- Anche nell'ipotesi di seguire scrupolosamente le più recenti normative internazionali di settore, tra cui la ISO/TS 12747 "*Pipeline transportation systems – Recommended practice for pipeline life extension*", che forniscono le guide metodologiche da seguire per valutare la fattibilità tecnica di prolungare la vita di servizio di condotte subacquee, non si può garantire il mantenimento in vita del collettore in questione, in totale sicurezza oltre la durata originaria, proprio in considerazione dell'intensità dei summenzionati fenomeni di *micro* e *macro fouling*. Ne deriva che non è assolutamente possibile compiere valutazioni sull'integrità attuale e futura delle condotte e garantirne la sicurezza così come previsto dalla ISO/TS 12747.

- La dismissione del collettore esistente Toscolano Maderno-Torri del Benaco è ulteriormente giustificata dalla complessità e soprattutto dalla pericolosità per le maestranze per la cantierizzazione di interventi di manutenzione straordinaria in alto fondale. La complessità e pericolosità di tali interventi è accentuata dal contesto lacuale, stante che i mezzi ed apparecchiature preposte ad operazioni in alto fondale vengono normalmente realizzati per interventi a mare, con dotazioni impiantistiche installate presso natanti appositamente progettati e che evidentemente non possono essere utilizzati in un lago.

Jesi-Brescia, 20 marzo 2020

Dott. Ing. Graziano Falappa

Dott. ssa Roberta Pedrazzani