Comune

GENOVA

Provincia

GENOVA

Titolo del progetto

REALIZZAZIONE DEL NUOVO IMPIANTO DI DEPURAZIONE AREA CENTRALE DI GENOVA - D.A.C.

Livello di progettazione	Settore di business	Disciplina
D - DEFINITIVO	I2 - DEPURAZIONE	GEN - GENERALE

Numero	Titolo	Scala
ALL. 1A	Relazione tecnica relativa alle integrazioni sullo scarico	

ID Progetto	Codifica WBS
2016GESI0025-00	C10I2-L058-01-0004

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	Ottobre 2018	Emissione	AS	CP	CC

Redatto:

ing. Angelo Schiavone - LS

Verificato:

ing. Cosimo Parabita - IRETI

Approvato:

ing. Claudio Casale - IRETI

Funzione Ingegneria e Realizzazioni
IRETI.S.p.A - Società con socio unico IREN S.p.A
Sottoposta a direzione e coordinamento di IREN S.p.A
Sede legale : S.P. 95 per Castelnuovo Scrivia - 15057 Tortona (AL)
cod.fisc e P.IVA n° 01791490343 pec:ireti@pec.ireti.it

LS INGEGNERIA s.r.l.s
Via Dante Alighieri n.11
74015 Martina Franca (TA)
lsingegneria@pec.it
C.fisc.-P.IVA 03000270735

PROGETTISTA :

Ing. Angelo Schiavone iscritto all'ordine degli ingegneri di Torino con n. 4310

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TORINO
Ing. ANGELO SCHIAVONE n. 4310

Sommario

1. Premessa 2
2. Lo stato attuale delle opere 2
3. La soluzione progettuale proposta 4
4. Valutazione comparativa delle soluzioni alternative di scarico 6
5. Valutazione della fattibilità tecnica 10
6. Stima della diluizione dello scarico in mare 19

1. Premessa

La presente relazione tecnica è stata predisposta ad integrazione del progetto definitivo per la "*Realizzazione del nuovo impianto di depurazione area centrale di Genova – D.A.C.*" in ottemperanza alla richiesta formulata con la nota PG/2018/212195 del 26/07/2018 dal Dipartimento Territorio Ambiente Infrastrutture e Trasporti - Settore Valutazione Impatto Ambientale e Sviluppo Sostenibile della Regione Liguria.

In particolare, nel corso della procedura di cui all'art. 27 bis del D. Lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii., il Dipartimento Territorio Ambiente Infrastrutture e Trasporti della Regione Liguria ha richiesto chiarimenti al fine di valutare gli impatti derivanti dallo scarico dell'impianto di trattamento e gli elaborati di progetto per la parte di immissione nel Torrente Polcevera. A seguire si riportano testualmente i tre punti della richiesta oggetto della presente relazione tecnica:

1. *lo scarico nel Torrente Polcevera comporta il rilascio di specifica autorizzazione idraulica ai sensi del R.D. 523/1904, art. 93. Occorre pertanto fornire gli elaborati di progetto che indichino le caratteristiche dimensionali e la posizione del nuovo scarico previsto, chiarendo le eventuali interferenze con il progetto ANAS di nuova viabilità in sponda destra, già approvato in Conferenza di Servizi nel 2016 ed oggi in avanzata fase di progettazione esecutiva, che comporterà il rifacimento dell'argine destro del Torrente Polcevera. La progettazione dello scarico nel Polcevera deve essere adeguatamente coordinato con tale previsione;*

4. *valutazione comparativa, sotto i vari profili ambientali e gestionali, delle due soluzioni relative allo scarico: scarico in alveo come modalità ordinaria in tempo secco, ricorrendo allo scarico tramite condotta sottomarina in condizioni dì maggiori criticità di portata, ovvero utilizzo della condotta in regime ordinario, essendo la stessa già esistente, realizzata grazie anche al cofinanziamento statale;*

6. *stima della diluizione dello scarico in mare e del decadimento microbiologico dello scarico dal diffusore della condotta, considerando come target ambientale le più vicine acque di balneazione a ponente e a levante;*

A seguire verrà sintetizzata la soluzione progettuale proposta al fine di approfondire dettagliatamente gli aspetti richiesti.

Per consentire una più ampia informazione saranno valutate le possibili alternative.

2. Lo stato attuale delle opere

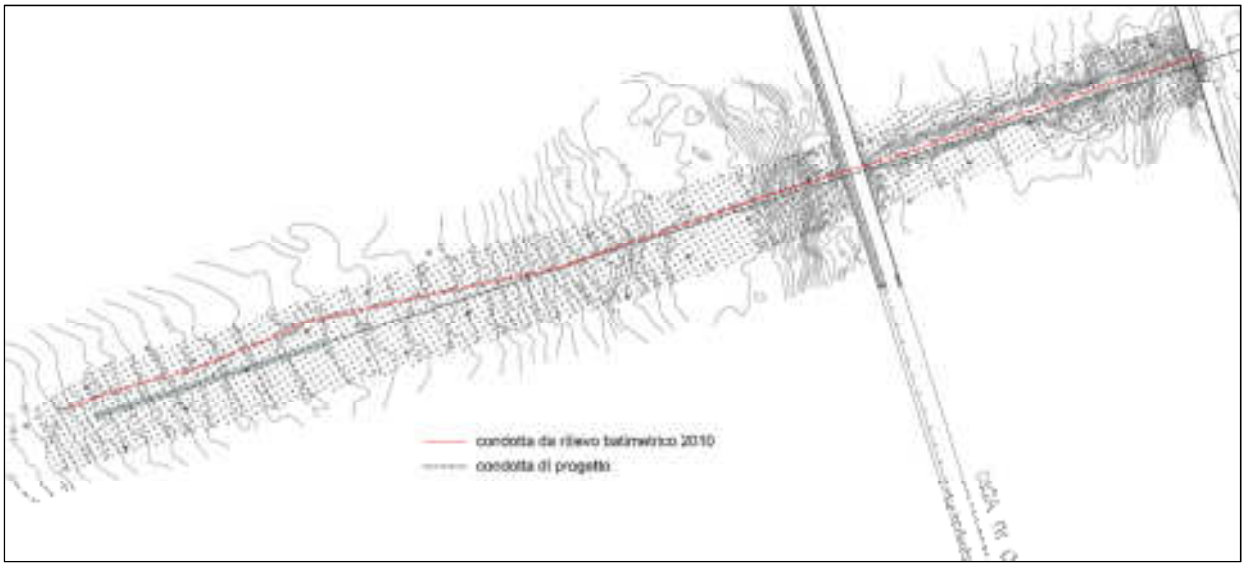
Il progetto originario della condotta a mare a firma degli Ingg. Progettisti Giovanni Perfumo e Luciano Serra è stato avviato nel 1997 ed ha avuto uno sviluppo articolato per armonizzare le esigenze idrauliche con le modalità costruttive rese particolamente complesse dalla importante riorganizzazione dell'area ILVA. Gli stessi progettisti, nella relazione generale pur avendo sviluppato il tracciato e le modalità costruttive con un diligente dettaglio (Relazione generale doc A pag 16) ritennero necessario evidenziare che "*Eventuali variazioni di tracciato o di assetto della condotta si considerano e vanno considerate implicite per patto, senza che esse possano essere assunte come varianti di progetto*".

L'esecuzione dell'opera per la presenza di numerosi punti singolari è stata interessata da numerose variazioni che hanno condizionato lo sviluppo del tracciato e le stesse caratteristiche tecniche. La condotta fu progettata per convogliare una portata massima prevista al 2030 di 0.77 l/s.

Nel luglio 2017 IRETI ha effettuato una video ispezione della condotta nel tratto che va dalla diga foranea al diffusore per mt 565 rilevando, complessivamente, un buono stato di conservazione. Nel tratto ispezionato la condotta che parte dalla diga foranea è allineata tra le coordinate 44° 24' 22.372''N - 8° 51' 58.271''E e 44° 23' 56.798''N - 8° 51' 48.484''E. come lo schema riportato sull'ortofoto dell'area.



Il percorso definitivo rilevato con il rilievo batimetrico è evidenziato nella planimetria seguente in rosso, confrontandolo con il tracciato di progetto in blu.



Le soluzioni progettuali per lo scarico sono state sviluppate per assicurare la funzionalità del sistema adduzione–depurazione–scarico garantendo al tempo stesso un beneficio ambientale contenendo il fabbisogno energetico.

La complessità dell'area in cui si interviene sia per la presenza di strutture non sempre censite, sia per i numerosi progetti avviati da enti diversi (ILVA, ANSALDO, SPEA, ANAS) limita la possibilità di definire con precisione le opere a rete, soprattutto nel tratto lungo la banchina ILVA che dalla sponda destra del Polcevera consente di raggiungere la diga foranea.

L'area dell'impianto è attraversata dal Canale 6 di proprietà ILVA che rappresenterebbe il naturale collegamento al Polcevera. Sono stati avviati contatti tra IRETI e ILVA per verificare la possibilità di utilizzare il canale per lo scarico di emergenza al Polcevera. Il canale, nel tratto interessato, presenta una sezione di 2m x 1.8m e, in teoria, ha una sezione idraulica adeguata per ricevere gli scarichi dell'impianto. Sono state tuttavia segnalate importanti limitazioni del deflusso in concomitanza di eventi meteorici importanti con alta marea. In tali condizioni la bocca di scarico è sommersa e il gradiente idraulico non è sufficiente a fare defluire la portata drenata nell'area ILVA. Dall'esame dello stato di fatto è emerso che la soluzione prevista in progetto sicuramente presenta alternative che devono essere approfondite e soprattutto condivise tra gli enti interessati perché dal confronto possa emergere la soluzione ottimale "possibile".

3. La soluzione progettuale proposta

Il nuovo impianto di depurazione è stato dimensionato per **250'000 A.E.** Tale carico di progetto comprende l'apporto dei reflui fognari attualmente convogliati all'impianto di Valpolcevera, gli ulteriori reflui derivanti da sottobacini attualmente non allacciati. L'effluente dell'impianto dovrà risultare conforme ai seguenti limiti:

- tab. 1 Allegato 5 del D.Lgs 152/06 per BOD5, COD e SST;
- tab. 3 Allegato 5 del D.Lgs. 152/06 per i rimanenti parametri;
- 5000 UFC/100ml in termini di Escherichia Coli.

Parametro	Conc. limite (mg/l)	Riduzione (%)	Tab rif. (D.Lgs 152/06)
BOD_5	≤ 25	80	TAB 1
COD	≤ 125	75	TAB 1
SST	≤ 35	90	TAB 1
Azoto ammoniacale (NH_4^+)	≤ 15	-	TAB 3
Azoto nitrico (N)	≤ 20	-	TAB 3
Fosforo totale	≤ 10	-	TAB 3
E. coli	5000 UFC/100 ml	-	All. 5

L'impianto è stato progettato con una flessibilità gestionale per disporre di un'aliquota (120 mc/h) del refluo depurato con una qualità conforme ai requisiti stabiliti dal D.M. 185/2003.

Parametro	**Concentrazione limite [mg/l]**
BOD_5	≤ 20
COD	≤ 100
SST	≤ 10
Azoto ammoniacale (NH_4^+)	≤ 2
Azoto nitrico (N)	-
Azoto totale (N)	≤ 15
Fosforo totale	≤ 2

Il processo a fanghi attivi MBR è stato adottato per assicurare compattezza delle strutture depurative, in considerazione della limitata superficie disponibile. Le membrane di ultrafiltrazione assicurano, comunque, una più elevata qualità dell'effluente rispetto a quanto strettamente richiesto dalla disciplina per lo scarico in acque superficiali per l'impianto DAC. La qualità superiore del refluo trattato ha consentito di valutare recapiti alternativi alla condotta sottomarina sia per la minor complessità impiantistica sia per il contenimento significativo dei consumi di energia.

La massima portata che potrà essere convogliata in tempo di pioggia all'impianto è stata assunta pari cinque volte quella media di tempo secco (5 Qm).

Tale massima portata sarà sottoposta agli ordinari pretrattamenti meccanici (grigliatura dissabbiatura-disoleatura) a valle dei quali solamente una frazione del refluo non superiore al triplo della portata media di tempo asciutto (3 Qm) sarà sottoposta ai successivi trattamenti primari e biologici.

Il liquame in eccesso sarà scolmato grazie ad un apposito sfioratore che ne permetterà il diretto invio allo scarico.

Sulla base dei carichi inquinanti ed idraulici di progetto, è stata individuata una filiera di trattamento del liquame influente in grado di garantire gli obiettivi prestazionali individuati in precedenza. Tale filiera di trattamento risulta così articolata:

- arrivo dei liquami (reflui del bacino di Valpolcevera);
- pretrattamenti (grigliatura, dissabbiatura, disoleazione);
- sfioro dei sovrafflussi idraulici in tempo di pioggia (diversione verso lo scarico dei volumi idrici eccedenti il triplo della portata media di tempo secco);
- immissione delle acque di drenaggio della linea fanghi;
- trattamento primario mediante filtri rotativi a tela (RBF);
- trattamento biologico MBR (reattori a biomassa sospesa per l'ossidazione del substrato carbonioso e per la rimozione biologica dell'azoto seguiti da una sezione di ultrafiltrazione a membrane) con contestuale defosfatazione chimica (se necessaria);

- parziale accumulo dell'effluente depurato (per il riutilizzo o le operazioni di controlavaggio delle membrane) o convogliamento dello stesso alla vasca di alimentazione delle condotte di scarico;
- rilancio al recapito finale (mare o torrente Polcevera).

I reflui trattati, in virtù delle elevate prestazioni depurative dell'impianto, potranno essere indifferentemente avviati allo scarico direttamente al Torrente Polcevera (per mezzo di una nuova tubazione) o in mare (attraverso l'esistente condotta sottomarina). Allo scopo sarà prevista l'interconnessione tra la vasca di alimentazione della condotta sottomarina e lo scarico nel Polcevera, nell'ottica di una più ampia flessibilità gestionale.

4. Valutazione comparativa delle soluzioni alternative di scarico

In adempimento alle richieste di chiarimenti è stata predisposta una valutazione comparativa, sotto il profilo ambientale e gestionale, delle soluzioni analizzate nel progetto per lo scarico:

- **Alternativa 1**: scarico nel Polcevera fino a 3 Qm come modalità ordinaria, ricorrendo allo scarico tramite condotta sottomarina in condizioni di maggior portata;
- **Alternativa 2**: scarico in condotta sottomarina 2 Qm come modalità ordinaria, ricorrendo allo scarico nell'alveo del Polcevera in condizioni di maggiori criticità di portata.

È stata anche considerata la possibilità di scaricare tutta la portata affluente 5Qm, nella condotta sottomarina utilizzando le strutture esistenti, rilevando che tale soluzione presenta importanti limiti idraulici e necessità di un importante impegno di energia per il pompaggio.

Al fine di analizzare le alternative è opportuno sintetizzare le caratteristiche geometriche e idrauliche della condotta sottomarina esistente.

La condotta di scarico sottomarina si diparte dalla vasca di carico per una lunghezza di 635 m (tubazione interrata DN700 in ghisa). Nel tratto successivo, la condotta è acciaio (DN900) per una lunghezza di 1083 m. Infine, alla profondità di circa 32 m dal livello del mare, è presente un diffusore di diametro decrescente da 750 mm fino a 300 mm caratterizzato da 15 bocchelli di diametro variabile da 13 cm a 17 cm fino ed una bocca terminale a sezione piena.

Ipotizzando l'utilizzo della condotta sottomarina per l'intero range di portate ammesse all'impianto di depurazione è possibile calcolare il seguente funzionamento idraulico:

Tratto/Materiale	Lunghezza (m)	Qm = 598 l/sec	2 Qm = 1.196 l/sec	3 Qm = 1.795 l/sec	5 Qm = 2.991 l/sec
		Velocità (m/sec)			
DN700 in ghisa	635	0,60	3,11	4,66	7,77
DN900 in acciaio	1.083	0,94	1,88	2,82	4,70
Diffusore terminale	170	Max 1,70	Max 3,49	Max 5,27	Max 8,82
		Min 0,78	Min 1,57	Min 2,37	Min 3,95

È evidente che, già nel tratto in ghisa, la velocità della corrente per portate scaricate superiori a tre volte la media nera è molto elevata. Tali velocità potrebbero danneggiare i giunti e determinare un precoce invecchiamento delle tubazioni. Inoltre, le perdite di carico complessive risultano rilevanti.

Tratto/Materiale	Qm = 598 l/sec	2 Qm = 1.196 l/sec	3 Qm = 1.795 l/sec	5 Qm = 2.991 l/sec
	Perdita di carico (m)			
DN700 in ghisa	1,76	6,34	13,42	34,51
DN900 in acciaio	1,03	3,69	7,81	20,08
Diffusore terminale	0,57	2,02	4,47	12,29
Perdita di carico complessiva	**3,35**	**12,05**	**25,70**	**66,88**

Considerando il dislivello geodetico disponibile tra la vasca di carico della condotta sottomarina e il livello medio del mare (circa 5 m), per portate superiori alla media nera è necessario attivare un sistema di pompe. Di conseguenza, in funzione della prevalenza necessaria è possibile calcolare la potenza elettrica del sistema di pompaggio da attivare per consentire lo scarico in mare.

Tratto/Materiale	Qm = 598 l/sec	2 Qm = 1.196 l/sec	3 Qm = 1.795 l/sec	5 Qm = 2.991 l/sec
Prevalenza necessaria (m)	0	7,05	20,70	61,88
Potenza elettrica assorbita (kW)	0	123	578	3.024

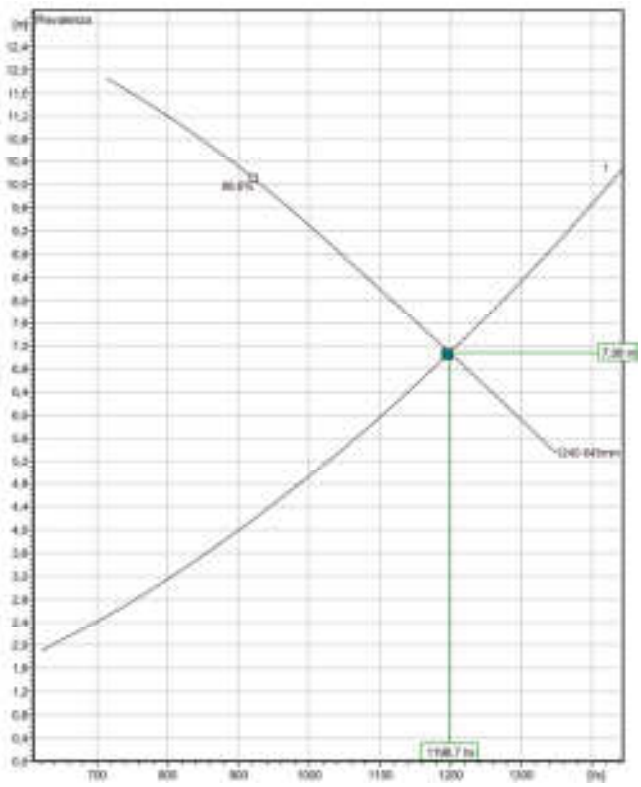


Fig. 1 - Analisi del punto di lavoro per 2 Qm

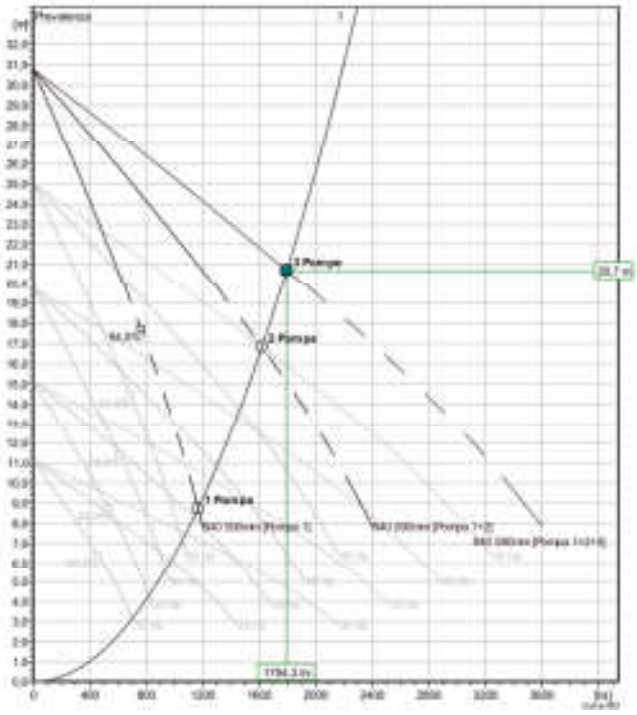


Fig. 2 - Analisi del punto di lavoro per 3 Qm

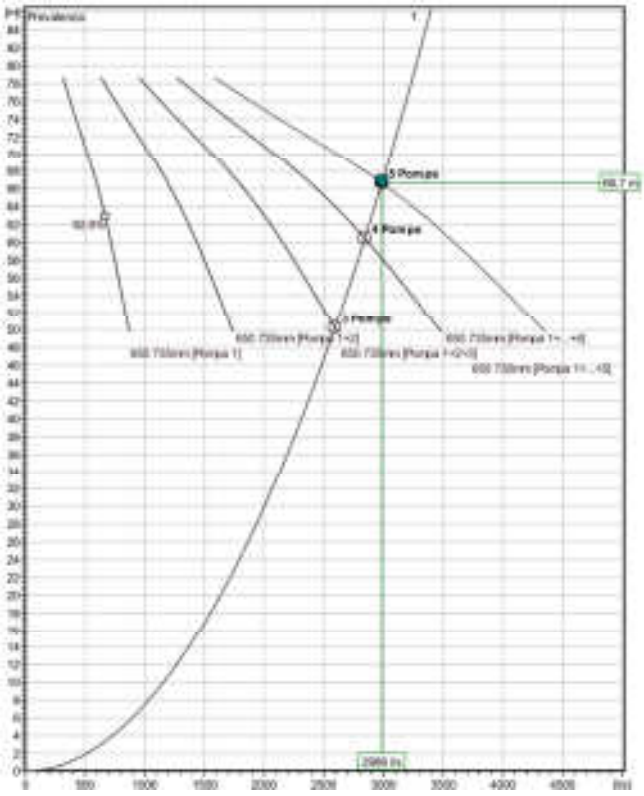


Fig. 3 - Analisi del punto di lavoro per 5 Qm

In definitiva, è del tutto evidente che per portate superiori a 3 Qm l'impianto di sollevamento avrebbe dimensioni eccessive. Peraltro, in funzione della condotta disponibile e delle conseguenti velocità, lo smaltimento di tali portate rischierebbe di danneggiarla.

Pertanto, in tempo secco, lo scarico dei liquami trattati (nel Polcevera o in mare) potrà avvenire a gravità. L'elevata qualità dell'effluente rende del tutto indifferente l'impatto dello scarico nei due corpi idrici.

L'incremento della portata influente fino a 3 Qm, in presenza di pioggia, non determina alcuna variazione delle caratteristiche dell'effluente. Pertanto, le implicazioni derivanti dall'utilizzo dell'uno o dell'altro scarico saranno esclusivamente gestionali. Infatti, per quanto riguarda lo scarico in mare, al crescere della portata, aumenterà il livello idrico nel bacino di accumulo fino ad un valore massimo in corrispondenza del quale saranno attivate le pompe di rilancio in grado di erogare anche le massime portate in tempo di pioggia. In relazione alle caratteristiche della condotta sottomarina è stata valutata la possibilità di smaltire una portata massima pari a 2 Qm.

È evidente quindi che la soluzione adottata (limitazione delle portate convogliate dalla condotta sottomarina a 2 Qm) appare preferibile rispetto alla seconda alternativa considerata sia in termini economici sia in termini ambientali (i minori consumi energetici si traducono anche in minori emissioni di CO_2).

In tempo di pioggia, al crescere delle portate, i liquami in uscita dalla sezione di ultrafiltrazione (di migliore qualità) saranno inviati allo scarico nel Polcevera 3Qm; quelli scolmati dallo sfioro a valle dei pretrattamenti (per una portata massima di 2 Qm, ovvero 4'307 m^3/h) saranno normalmente smaltiti attraverso la condotta di scarico sottomarina previo trattamento di disinfezione.

5. Valutazione della fattibilità tecnica

L'esecuzione di opere a rete nell'area ILVA, come già visto, risulta complessa. I diversi progetti realizzati hanno reso necessarie variazioni di tracciato, sono state riscontrate difficoltà per la presenza di ostacoli superati con variazioni. In alcuni casi gli ostacoli hanno comportato l'impossibilità di proseguire i lavori.

In considerazione delle numerose presenze di impianti industriali attivi il tracciato dei collettori di scarico deve, preferibilmente, essere sviluppato lungo aree già indagate in occasione di altri lavori di posa tubazioni.



A sinistra, evidenza dei lavori di posa delle condotte lungo il perimetro dell'area prevista per l'impianto. A destra, situazione attuale del medesimo tratto

Particolarmente interessante risulta il tracciato che interessa i canali ILVA dismessi, già utilizzato per l'esecuzione del tratto di condotta DN 750. Si può quindi affermare che non emergono elementi di rilievo tali da condizionare la fattibilità tecnica del progetto lungo il tracciato previsto fino alla confluenza del canale 6 con il canale di raffreddamento ILVA.

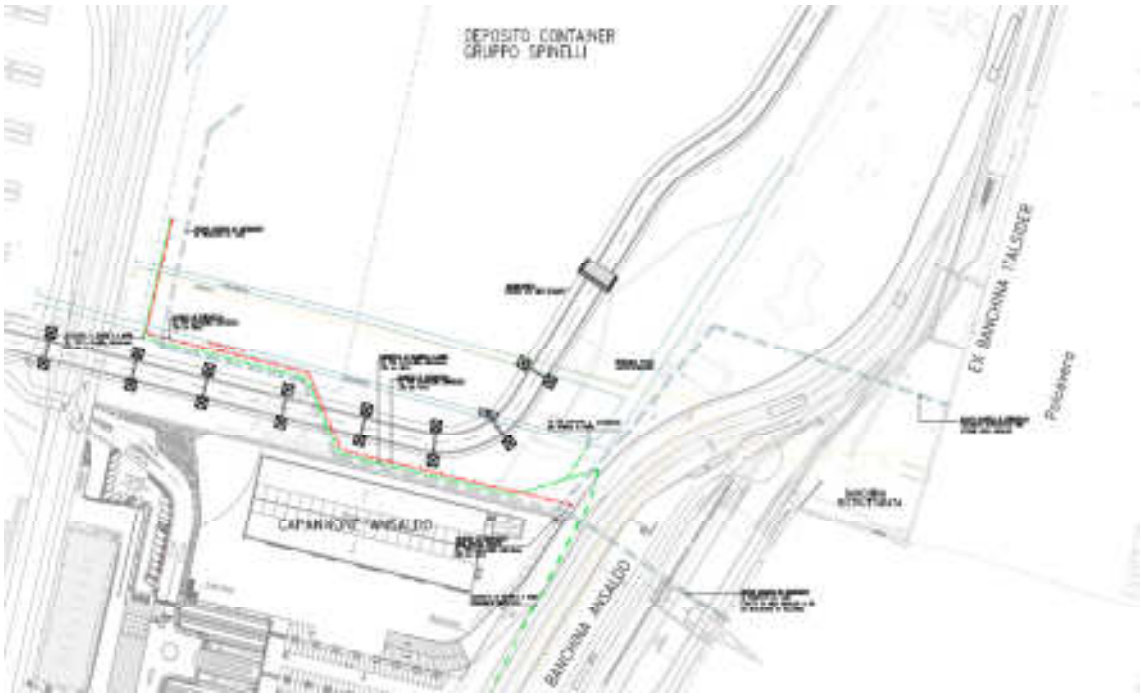


Per raggiungere lo sbocco in Polcevera è comunque necessario attraversare i binari. Tale tratto può essere realizzato solo in trincea. L'uso del microtunnelling, in precedenti interventi, non si è rivelato efficace poichè l'area è caratterizzata dalla presenza di grandi blocchi lapidei o di cls oltre che dalla modesta altezza di ricoprimento, in alcuni tratti minore di 2 metri, non sufficiente per evitare sollecitazioni e cedimenti alle sovrastrutture.

A prescindere dalle modalità esecutive, come si evince dagli estratti planimetrici sotto riportati, lo scarico in progetto nel torrente Polcevera è comunque ubicato più a Sud rispetto il progetto ANAS, di nuova viabilità in sponda destra al torrente Polcevera, e non comporta alcuna interferenza rispetto quest'ultima.



Progetto Anas – limite di competenza

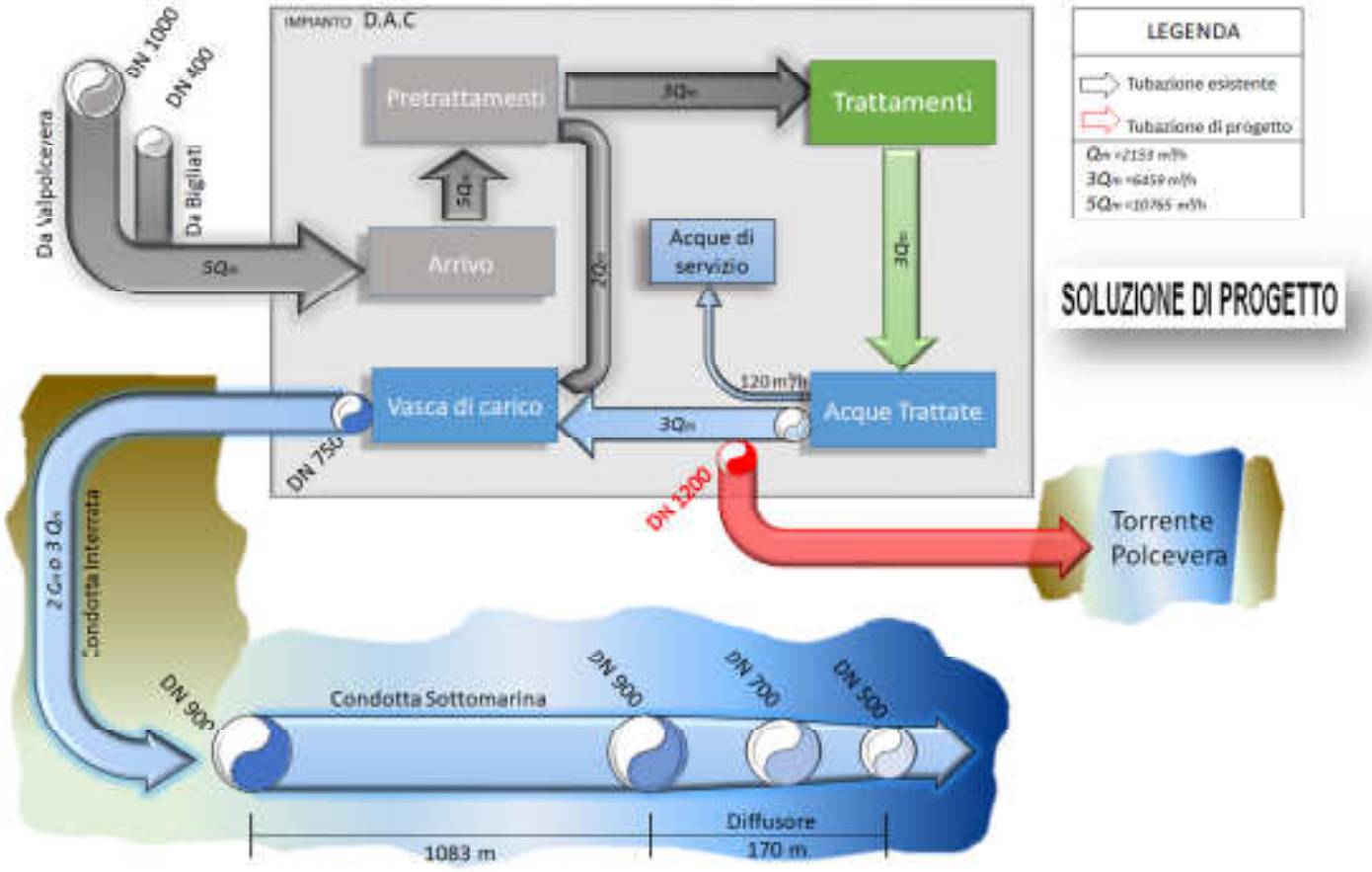


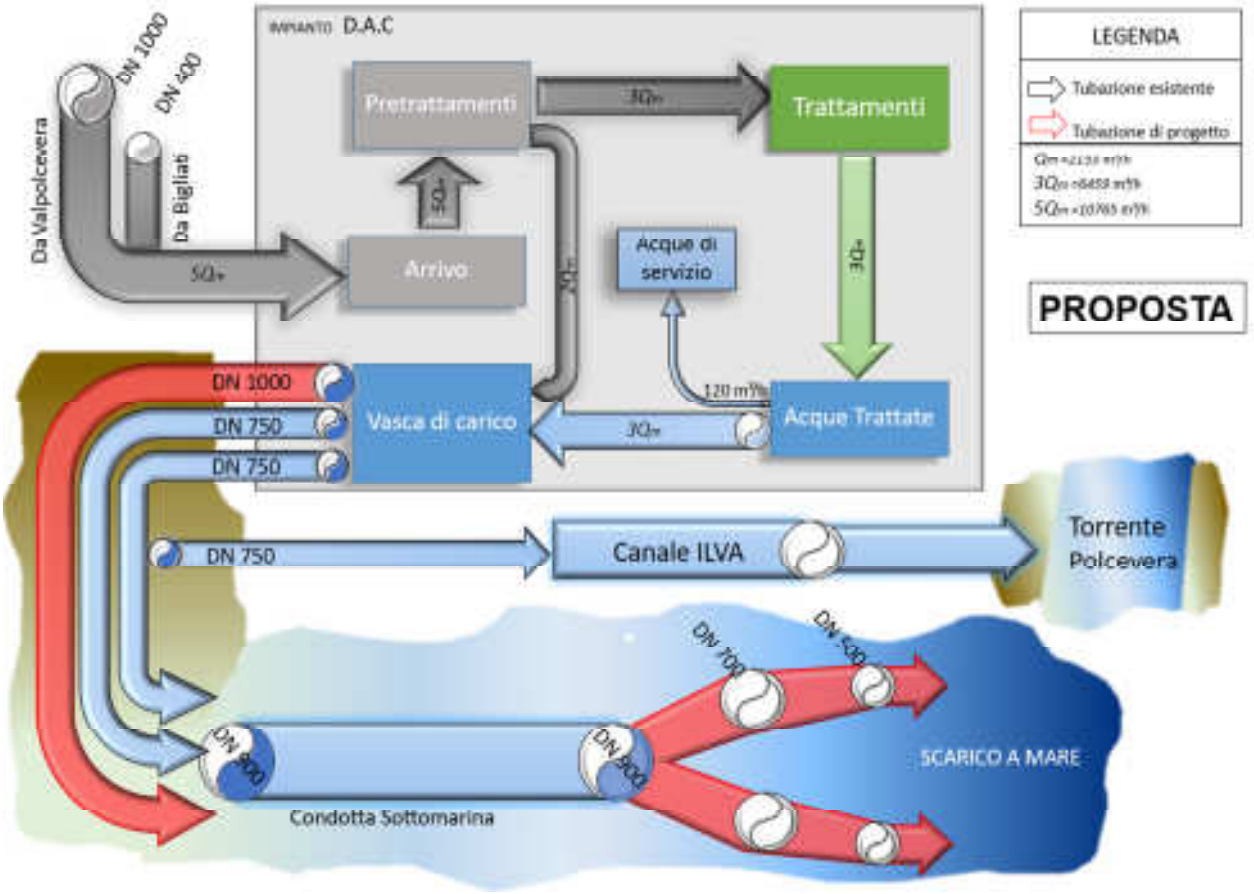
Progetto IRETI – punto potenziale scarico Torrente Polcevera



Volendo evitare il tracciato che interessa il fascio dei binari, per i quali è indispensabile garantire la continuità di esercizio, si può prevedere di potenziare i collettori in pressione fino al canale di raffreddamento e alimentare la condotta in pressione, mantenendo il collegamento di emergenza al Polcevera.

Nelle immagini successive vengono schematizzati i collegamenti previsti, confrontando la soluzione di progetto con la soluzione alternativa:



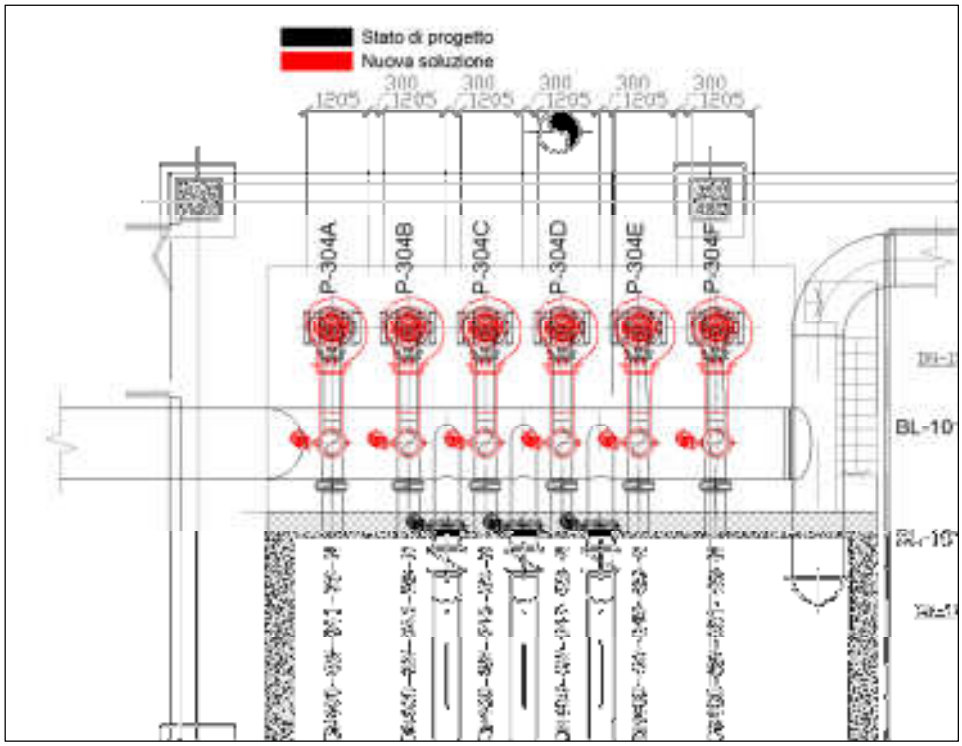


Il sollevamento presso l'impianto potrebbe essere potenziato per assicurare lo smaltimento a mare di tutta la portata addotta all'impianto 5Qm. L'aumento risulterebbe significativo e sostenibile solo dopo una adeguata analisi costi benefici di costruzione soprattutto di gestione. Nel seguito si riporta un dimensionamento preliminare che viene raffrontato al sistema previsto in progetto.

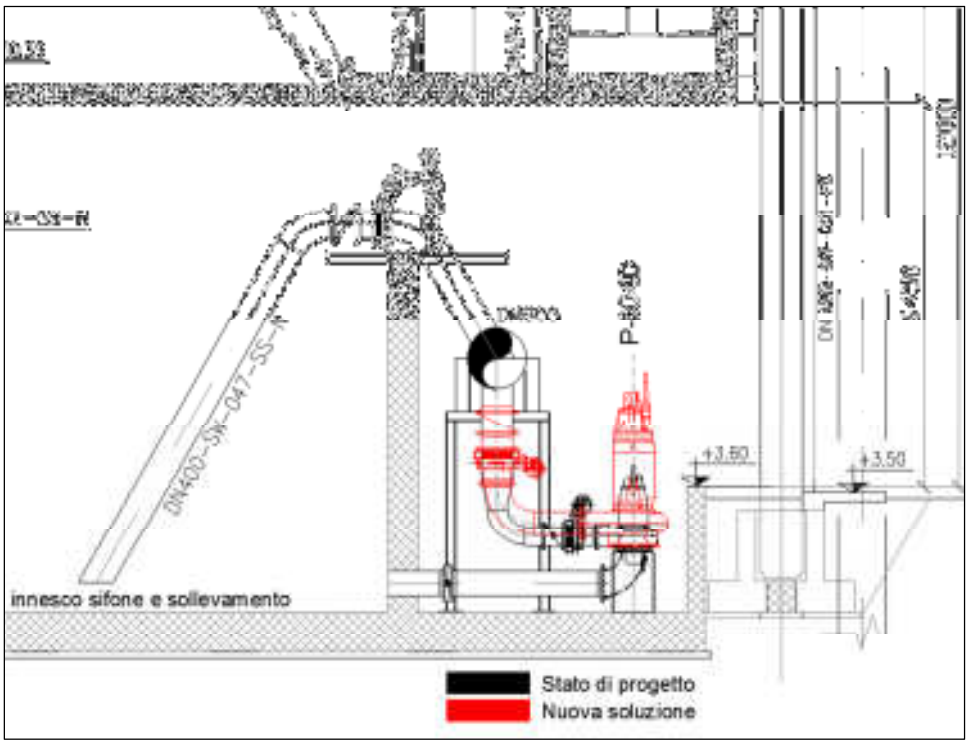
Parametro	**U.d.m.**	**PROGETTO**	**SOLUZIONE ALTERNATIVA**
Numero dispositivi	-	5+1R	5+1R
Tipologia	-	Elettropompe centrifughe	Elettropompe centrifughe
Installazione	-	In camera asciutta	In camera asciutta
Tipologia fluido	-	Liquame grezzo	Liquame grezzo
Portata di progetto del singolo dispositivo (totale)	m^3/h	861,4 (4'307)	2153 (10'765)
	l/s	239 (1195)	598 (2990)
Prevalenza*	m	22	30
Potenza nominale motore	kW	100	250
** alla portata totale dell'impianto, con cinque pompe funzionanti in parallelo*			

Si sottolinea che per la soluzione alternativa è stata considerata una prevalenza di 30 m, inferiore rispetto a quella risultante dai calcoli effettuati nel paragrafo precedente per la portata

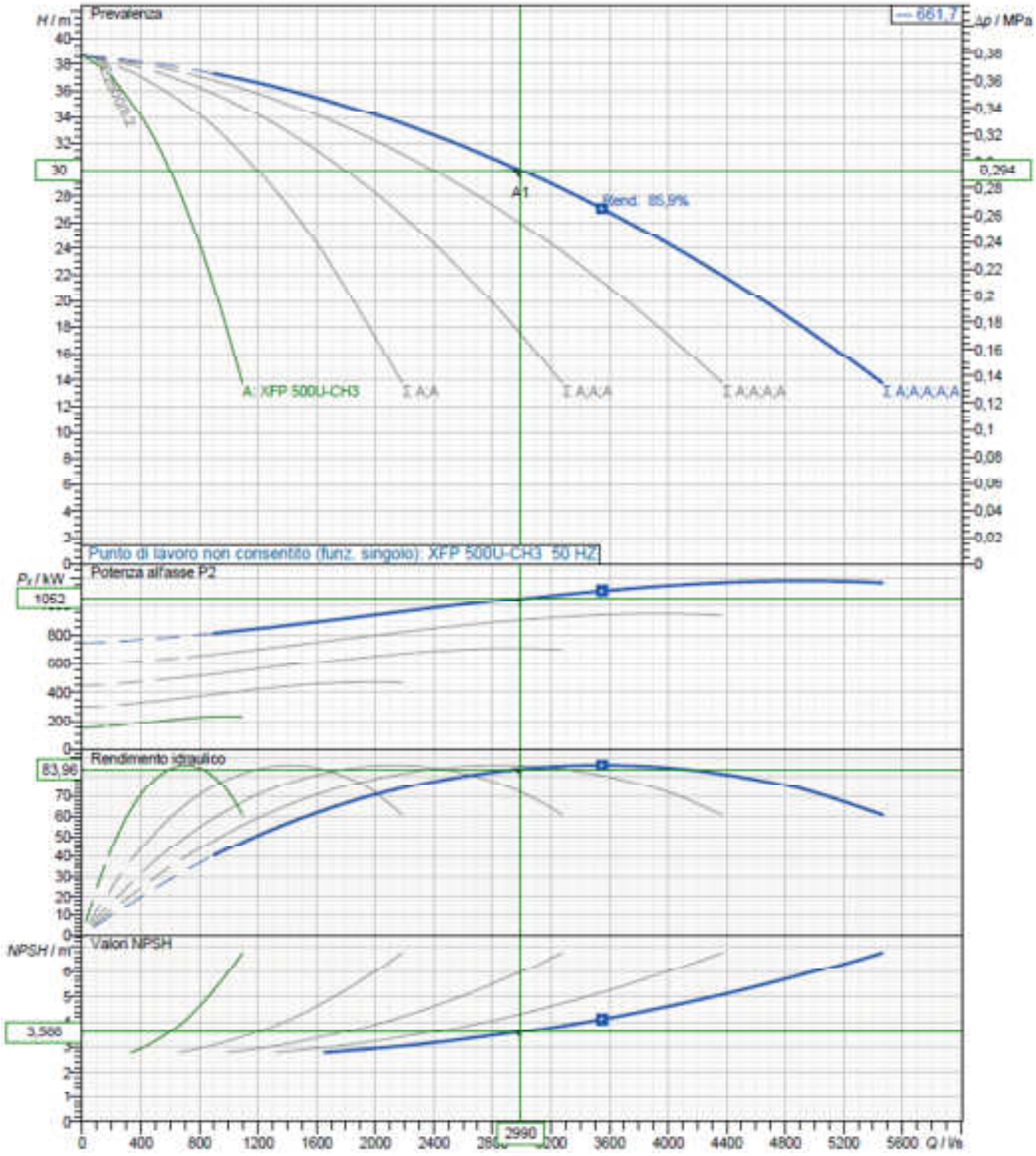
di 5 Qm, in quanto si prevede di adottare interventi volte alla riduzione delle perdite di carico quali la suddivisione delle portate su più condotte poste in parallelo e il potenziamento del diffusore.



Planimetria con inserimento delle nuove pompe



Sezione con inserimento delle nuove pompe



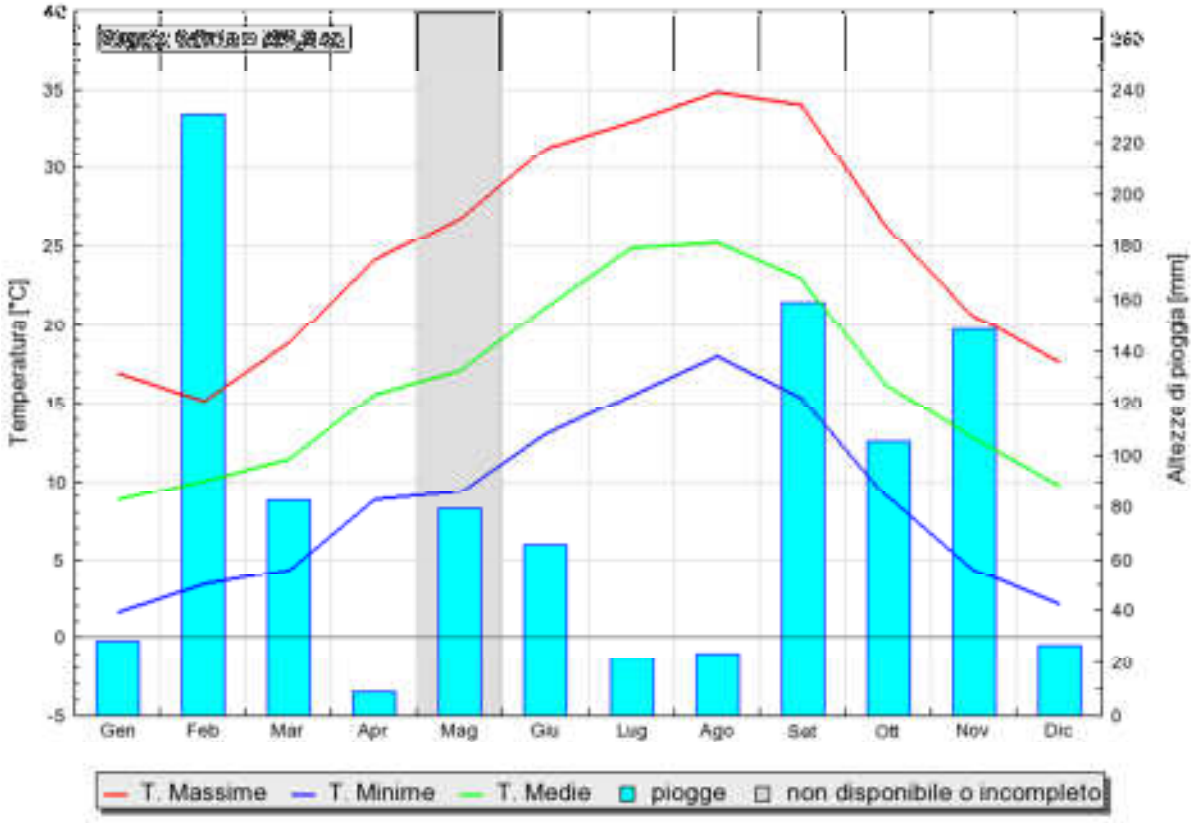
Curva caratteristica del sistema di pompe in parallelo previsto per la soluzione alternativa

Si vuole ora effettuare un confronto relativo ai potenziali consumi energetici derivanti dal rilancio a mare delle acque trattate attraverso la condotta sottomarina, nella soluzione di progetto e nella soluzione di variante.

A tal fine si è dimostrato necessario stimare il numero di ore di funzionamento, su base annuale, delle pompe di rilancio, stimando la frequenza di precipitazioni intense che possono dare origine a portate afferenti all'impianto dell'ordine di $5Q_m$.

I dati pluviometrici presi in considerazione sono quelli rilevati dalla stazione meteorologica dell'Università di Genova (fonte http://www.dicca.unige.it/meteo/), la cui continuità di registrazione permette di stimare la frequenza di eventi intensi per un dato anno.

L'anno scelto come riferimento è il 2016, in cui la pioggia totale registrata (980 mm) si dimostra in linea con la piovosità media annuale dell'area (1064 mm/anno).



Sono stati considerati esclusivamente gli eventi di precipitazione con altezza cumulata superiore a 45 mm (soglia di precipitazione intensa, fonte ARPAL), trascurando tutte le piogge che possono essere classificate come leggere e che quindi non possono contribuire significativamente alle portate in ingresso all'impianto.

Su tale base sono stati individuati nr. 10 eventi di precipitazione consistenti nei mesi di Febbraio, Marzo, Settembre, Ottobre e Novembre. Per la stima del numero di ore di funzionamento delle pompe di rilancio si è considerata cautelativamente una durata di ogni evento di precipitazione intenso pari a 24 ore.

Si riporta dunque la seguente tabella con la stima dei consumi energetici derivanti dal rilancio a mare dell'effluente trattato, redatta considerando che in tempo secco lo scarico avviene a gravità per entrambe le soluzioni, di progetto ed alternativa.

Condizioni di precipitazione	Parametro	Unità di misura	PROGETTO	PROPOSTA
TEMPO SECCO ($Q = Q_m$)*	Portata scaricata tramite condotta sottomarina	m^3/h	0	0
	Ore funzionamento pompe rilancio	h/anno	0	0
TEMPO DI PIOGGIA ($Q = 5\ Q_m$)**	Portata scaricata tramite condotta sottomarina	m^3/h	4.307	10.765
	Prevalenza richiesta	m	22	30
	Numero pompe disponibili	-	5+1	5+1
	Potenza motore	kW	100	250
	Ore stimate funzionamento pompe rilancio	h/anno	240	240
	Consumo energetico	**kW/anno**	**120.000**	**300.000**

*in condizioni di tempo secco lo scarico dei liquami trattati (nel Polcevera o in mare) avviene a gravità

**in condizioni di tempo di pioggia, la configurazione di progetto prevede di smaltire $3Q_m$ attraverso lo scarico nel Polcevera e $2Q_m$ attraverso la condotta sottomarina. La configurazione della proposta alternativa prevede di smaltire la portata di $5Q_m$ unicamente attraverso la condotta sottomarina.

In conclusione si conferma che la soluzione prevista nel progetto definitivo di realizzare un collettore di scarico DN 1200 nel torrente Polcevera appare la soluzione ottimale sia per gli aspetti operativi che gestionali soprattutto per i consumi di energia. Lo scarico in condotta sottomarina di tutta la portata (5Qm) tecnicamente possibile appare una complessa soluzione senza misurabili benefici ambientali soprattutto se si considera l'elevata qualità del refluo.

6. Stima della diluizione dello scarico in mare

Il tracciato della condotta fu scelto anche per tener conto dell'inquinamento microbiologico e quindi delle limitazioni alla balneazione. La condotta ed il diffusore sono perpendicolari alla diga foranea. La diga si mantiene parallela al flusso della corrente prevalente.

La scomparsa batterica avviene sia per diluizione (diluizione iniziale per risalita del getto e diluizione susseguente nel percorso della corrente superficiale parallelamente alla diga foranea), nonché per processi biochimici (fattori di autodepurazione del mare).

A tutela della salute pubblica, il Ministero della Sanità italiano ha stabilito una concentrazione limite nelle acque di balneazione di coliformi fecali pari a 100 UFC/100 ml (D.P.R. 470/1982).

Per raffronto si consideri che in un liquame domestico grezzo sono contenuti circa 10^7 UFC/100 ml. Dopo un processo depurativo meccanico-biologico convenzionale la concentrazione scende a circa 10^6 UFC/100 ml (rendimento 90%). Usualmente si rendono pertanto necessari degli interventi specifici volti al controllo spinto dell'inquinamento microbiologico, quali:

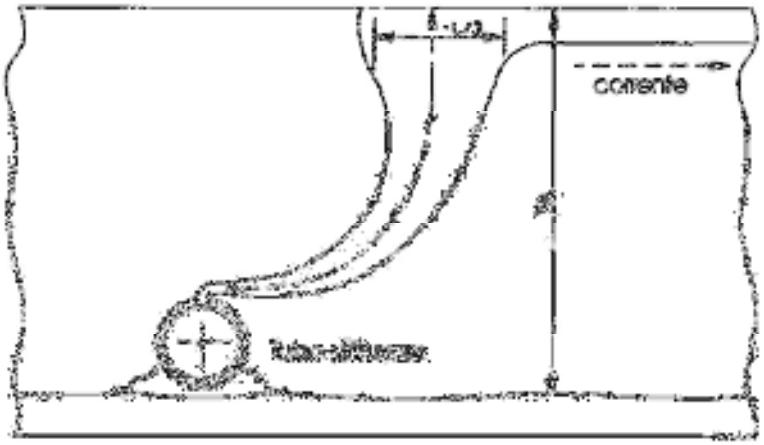
- disinfezione dei liquami, prima dello scarico nel corpo idrico;
- condotta sottomarina per il recapito dei liquami depurati al largo.

Nel caso in specie, il progetto prevede un trattamento di ultrafuiltrazione dei liquami su apposite membrane a fogli di fibre cave supportate in PVDF con una porosità nominale non superiore a 0,04 µm. Tale trattamento consente un abbattimento dei colifecali fino ad una concentrazione ben al di sotto del vaore di 5'000 UFC/100 ml prescritto al pozzetto di scarico dal D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.

Tuttavia, al fine di verificare il raggiugimento del target ambientale nelle più vicine acque di balneazione a ponente e a levante (100 UFC/100 ml) è necessario valutare l'efficienza della condotta sottomarina esistente nello smaltimento dei reflui depurati dal nuovo impianto di depurazione D.A.C. nella sua configurazione prevista nel progetto ed in assenza della disinfezione finale.

Il parametro di verifica di tale infrastruttura è rappresentato dal carico microbiologico in arrivo sottocosta. Infatti, tale carico contenuto nei liquami subisce, in ambiente marino, una progressiva riduzione a causa di tre effetti: la diluizione iniziale (Si), la diluizione susseguente (Ss) e la scomparsa batterica (Sb).

Il liquame, pompato nella condotta, fuoriesce dalle singole bocche del diffusore sotto forma di getto. Si ha dapprima una miscelazione turbolenta con l'acqua marina e susseguentemente, a causa della minore densità (il liquame domestico ha ,di regola,minor contenuto salino e maggior temperatura dell'acqua marina), il getto sale verso la superficie, formando un cono rovesciato di diluizione.



La diluizione iniziale è influenzata dalla profondità (H) del diffusore, dal diametro delle bocche e dal numero di Froude, caratteristico del sistema liquame/acqua di mare.

Il numero di Froude (adimensionale) è così definito:

$$Fr = \frac{v_i}{\sqrt{\left(\frac{\Delta\gamma}{\gamma}\right) \cdot g \cdot d}}$$

dove v_i è la velocità di uscita del getto dalle singole bocche m/sec, $\Delta\gamma$ è la differenza di peso specifico tra liquame (circa 1 kg/dm^3) e l'acqua marina (da 1.01 a 1.03 kg/dm^3), γ è il peso specifico del liquame, g accelerazione di gravità (9.81 m/sec^2) e d è il diametro delle singole bocche (luci) m.

Per il calcolo della diluzione iniziale (S_i) possono essere utilizzate alcune espressioni matematiche disponibili in letteratura che hanno il pregio di fornire una soluzione esplicita in forma analitica con dei risultati sostanzialmente analoghi a quelli ricavabili con l'abaco di Abraham. In particolare, per il presente studio è stata utilizzata l'espressione di Rahm e Cederwall (eq. 1) e quella di Fischer (eq. 2).

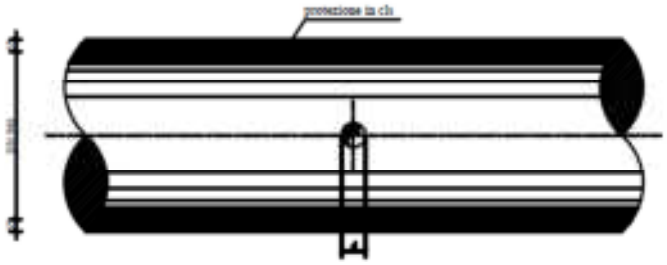
$$S_i = 0.54Fr\left(0.38\frac{z}{dFr} + 0.66\right)^{5/3} \qquad \text{(eq. 1)}$$

$$S_i = 0.148Fr\left(\frac{z}{d}\right)^{5/3} Fr^{-2/3} \qquad \text{(eq. 2)}$$

con z lunghezza della traiettoria dell'asse del getto (cautelativamente posta pari a 5/6 H).

Il diffusore esistente è ubicato in proseguimento dell'asta terminale della condotta. Il tipo di diffusore è lineare ed è costituito da una tubazione a tre tratte di diametro rispettivamente DN 900, DN 700 e DN 500 con 15 luci (bocchelli) a spigolo vivo, di diametro variabile tra i 13 e 17 cm. Il diffusore termina con un foro da 45 cm. Nel calcolo seguente sono state considerate 16 luci ciascuna di diametro equivalente pari a 18 cm.





DIFFUSORE
SEZIONE LONGITUDINALE

Nella tabella seguente sono stati riportati i parametri della condotta sottomarina esistente nell'attuale configurazione.

Parametro		U.d.m.	Valore
Concentrazione di colifecali in uscita dall'impianto di depurazione	C_i	UFC/100 ml	5000
Lunghezza complessiva della condotta sottomarina	L	m	1083
Sezione della condotta sottomarina	A	m^2	0,636
Profondità media diffusore	H	m	32
Lunghezza utile del diffusore	L_0	m	170
Sezione media diffusore	S	m^2	0,403
Numero luci	n	-	16
Diametro medio delle luci	d	m	0,18

Nella tabella seguente sono stati riportati i risultati delle verifiche sulla diluizione iniziale nei diversi scenari di portata per i quali è stata verificata la condotta (Qm, 2 Qm, 3 Qm e 5 Qm):

Parametro	Qm	2 Qm	3 Qm	5 Qm
Portata [m^3/sec]	0,60	1,20	1,80	3,00
Velocità [m/sec]	0,94	1,88	2,82	4,70
Diluizione iniziale (Si) – Cederwall (eq. 1)	146	103	87	75
Diluizione iniziale (Si) – Fischer (eq. 2)	178	112	86	61

In via cautelativa si è scelto di considerare per ogni scenario di portata i valori più bassi di diluizione iniziale ottenuti con le equazioni precedenti.

Una volta esaurita la diluizione iniziale, la miscela liquame-acqua di mare viene sospinta nella direzione della corrente marina, nel caso specifico, prevalentemente parallela alla diga foranea. Durante questo percorso si realizzano progressive dispersioni laterali della miscela, tali da determinare un pennacchio di dispersione (Diluizione susseguente – S_s).

Il calcolo della diluizione susseguente è stato effettuato in funzione dell'attuale lunghezza del diffusore (L_0), della velocità della corrente marina (0,20 m/sec[1]) e della lunghezza del percorso, utilizzando l'equazione di Brooks:

$$S_s = \frac{1}{erf\sqrt{\frac{1.5}{\left[1+\frac{2\beta x}{3L_0}\right]^3 - 1}}}$$

dove, β è un numero adimensionale dipendente dalla velocità della corrente marina, x è la lunghezza media percorsa dalla miscela liquame-acqua di mare, L_0 è la lunghezza del diffusore ed *erf* è una funzione errore standard.

In ogni scenario, la diluizione susseguente, essendo indipendente dalla portata, unica variabile nei tre casi precedenti, è pari a 1,4.

Inoltre, i microrganismi apportati dai liquami tendono ad una progressiva scomparsa dovuta all'irraggiamento solare, alla salinità, alla presenza di iodio, alla pressione, alla temperatura, etc. Il fenomeno della scomparsa batterica può essere rappresentato mediante una legge di esaurimento con la quale la concentrazione generica C al tempo t può ricavarsi da quella iniziale C_0; quest'ultima si può porre pari a quella rilevabile nella sezione iniziale del campo di liquame; il rapporto adimensionale tra C_0 e C si indica con il simbolo S_b e risulta allora:

$$S_b = e^{Kt}$$

dalla quale, si ricava facilmente:

$$S_b = 10^{x/U \cdot T_{90}}$$

dove T_{90} è il tempo necessario alla scomparsa del 90% dei batteri inizialmente presenti nel liquame. Tale parametro assume valori variabili da 2 a 6 ore a seconda dell'ambiente marino e della stagione considerata (per il Mediterraneo d'estate il T_{90} assume valori nel range 4÷6 ore). Per il presente studio il suo valore è stato cautelativamente posto pari a 6 ore, pertanto il valore di S_b risultante è 2.

La rimozione batterica totale S_{tot} dovuta ai tre contributi vale:

$$S_{tot} = S_i \cdot S_s \cdot S_b$$

[1] Sono stati utilizzati vari studi effettuati per lo Studio Volta nonché i dati rilevati nel corso delle indagini. Tutti i rilevamenti danno correnti parallele alla costa per la massima percentuale del tempo. L'intensità di tali correnti è stata stimata ed assunta per i fini del progetto in 0,20 m/sec in direzione est-ovest e senso verso ovest, parallelamente alla diga foranea.

e pertanto, ipotizzando una riduzione del 99,5% a seguito del trattamento biologico di depurazione e di successiva ultrafiltrazione su membrane a fibre cave, la carica microbica risultante è pari a:

Parametro	Qm	2 Qm	3 Qm	5 Qm
Massima concentrazione di colifecali in uscita dall'impianto di depurazione (C_i) [UFC/100ml]	5000	5000	5000	5000
Portata [m^3/sec]	0,60	1,20	1,80	3,00
Diluizione Totale (S_{tot})	412	290	241	172
Massima concentrazione batterica nella fascia di 200 m dalla costa (C_{max}) [UFC/100ml]	**12,1**	**17,2**	**20,7**	**29,1**

Si evidenzia che in caso di evento di pioggia di rilevante intensità una parte della portata influente (2 Qm) non subirebbe il ciclo di trattamento completo. Pertanto, prima dello scarico nella condotta sottomarina, la portata by-passata dovrà certamente subire un trattamento di disinfezione per raggiungere i limiti imposti dalla vigente normativa. A tale proposito si sottolinea che, in tempo di pioggia, è possibile ipotizzare che i carichi inquinanti si mantengano sostanzialmente pari a quelli di tempo asciutto e che agli stessi si possa applicare un fattore di diluizione corrispondente al rapporto tra la portata di pioggia e quella media di tempo secco. Le concentrazioni del refluo in tempo di pioggia saranno pertanto ridotte del medesimo fattore rispetto a quelle di tempo asciutto.

In ogni caso, come è possibile osservare la massima concentrazione ammissibile (**100 UFC/100ml**) in qualsiasi caso viene pienamente rispettata con ampi margini di sicurezza.

È opportuno evidenziare che i controlli di qualità sulle acque di balneazione avvengono dal primo aprile al 30 settembre, con cadenza quindicinale, e riguardano le acque più vicine alla costa, entro i 100 metri dalla battigia. Le stazioni di campionamento, fisse, sono stabilite con precisione in base alle possibili fonti locali di contaminazione e ciascun punto rappresenta la situazione di un ben preciso tratto di costa i cui limiti sono anch'essi stabiliti e cartografati.

I parametri monitorati sono:

- temperatura acqua e aria
- colorazione e trasparenza
- oli minerali
- sostanze tensioattive
- fenoli
- pH
- ossigeno disciolto
- coliformi totali
- coliformi fecali
- streptococchi fecali

La Regione Liguria ogni anno provvede a individuare le zone idonee e quelle non idonee alla balneazione in base alle analisi effettuate durante il periodo di campionamento dell'anno precedente la stagione balneare. Dall'esito dei controlli effettuati durante l'anno in corso dipende la balneabilità del tratto di costa durante l'attuale stagione balneare.

Sul sito dell'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente ligure (ARPAL) è disponibile la situazione aggiornata di tutta la costa ligure, oltre all'archivio storico degli anni precedenti, supportati da un moderno sistema di cartografia interattiva.

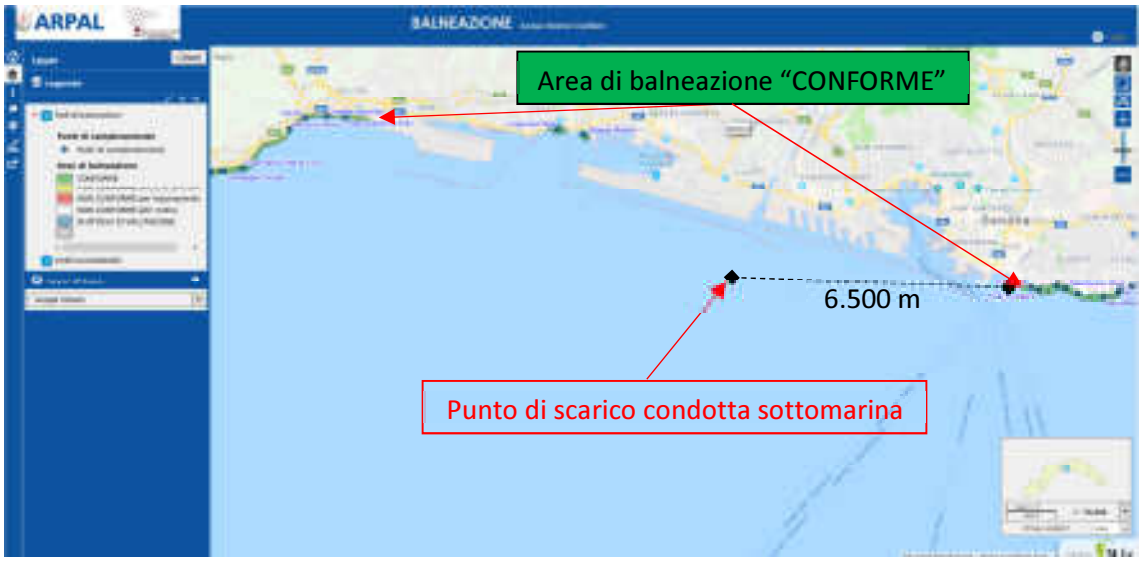


Fig. 4 – Sistema informativo sulla balneabilità delle acque marino-costiere (ARPAL[2])

Nella figura precedente è possibile osservare che le zone dove la balneabilità è definita dall'ARPAL "Conforme" distano dal punto di sbocco della condotta sottomarina circa 6.5 km. Pertanto, **si può ritenere che lo scarico attraverso la condotta sottomarina sia del tutto conforme al target ambientale le più vicine acque di balneazione a ponente e a levante**.

[2] http://qgis.arpal.gov.it/lm313/index.php/view/map/?repository=baora&project=balneazione