

PROGETTO DEFINITIVO MARINA DI MARSALA FUTURO PIANO REGOLATORE PORTUALE



| | | | | | | |
|------|----------------|------------|------|------|------------|-------|
| Tav. | Stato Progetto | DEFINITIVO | Rev. | Data | Sett. 2011 | Scala |
|------|----------------|------------|------|------|------------|-------|

MM

Descrizione

Impianto Rete Idrica Sanitaria, Acqua Potabile Banchine Pontili, Fognante e di Raccolta delle Acque di Sentina - Relazione di Calcolo

I.11

Committente

M.Y.R. Marsala Yachting Resort S.r.l.
Via Favara 452/c bis- T. +39 0923 722319

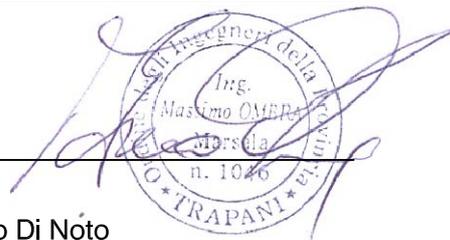
myR
Marsala Yachting Resort

Capo Progetto e Marina Designer

Ing. Massimo Ombra

Ordine degli Ing. della Provincia di Trapani n°1046

Timbro e Firma



Progettisti

Coordinamento gruppo di progettazione:

Ing. Francesco Di Noto

Progettazione Architettonica:

Arch. Stefania Bacci

Progettazione Architettonica:

Itinerlab Srl - Architetti Nuzzo

Ingegneria marittima / civile e studi ambientali:

Ing. Antonio D'Arrigo

Collaborazioni

Opere marittime:

Ing. Agostino La Rosa

Analisi strutturali e geotecniche:

Ing. Nicola Rustica

Impianti idrici:

Ing. Giovanni Berbiglia

Impianti elettrici e di illuminazione:

Ing. Pietro Inferrera / Ing. Massimo Brancatelli

Aspetti ambientali:

Ing. Domenico Mangano

Studi geologici e geotecnici:

Dott. Piero Merk Ricordi

REGIONE SICILIANA



COMUNE DI MARSALA

Provincia di Trapani



PROGETTO DEL PORTO TURISTICO

Marina di Marsala

Committente: M.Y.R. Marsala Yachting Resort S.r.l

**IMPIANTO RETE IDRICA SANITARIA, IMPIANTO ACQUA
POTABILE BANCHINE E PONTILI, IMPIANTO FOGNANTE
E DI RACCOLTA ACQUE DI SENTINA**

RELAZIONE DI CALCOLO

MM I_10 -IMPIANTO RETE IDRICA SANITARIA, IMPIANTO ACQUE POTABILI BANCHINE E PONTILI,
IMPIANTO FOGNANTE E DI RACCOLTA ACQUE DI SENTINA - 10/11 CE

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. GENERALITÀ | 1 |
| 1.1. PREMESSA | 1 |
| 2. RETE IDRICA POTABILE A SERVIZIO DELLE IMBARCAZIONI..... | 2 |
| 2.1. CALCOLO PORTATA TRONCO 1 | 2 |
| 2.2. DESCRIZIONE DELLA RETE IDRICA A SERVIZIO DELLE IMBARCAZIONI..... | 4 |
| 2.3. CALCOLO DEL SERBATOIO DI COMPENSAZIONE A SERVIZIO DELLE IMBARCAZIONI | 6 |
| 2.4. CARATTERISTICHE DELLE COLONNINE DI DISTRIBUZIONE | 8 |
| 3. RETE IDRICA POTABILE A SERVIZIO DEGLI EDIFICI..... | 10 |
| 3.1. DESCRIZIONE DELLA RETE IDRICA A SERVIZIO DEGLI EDIFICI DEL MARINA DI MARSALA | 14 |
| 4. CALCOLO DELLA LINEA DI DISTRIBUZIONE | 15 |
| 4.1. METODI DI CALCOLO..... | 15 |
| 4.2. LINEA DI DISTRIBUZIONE IMPIANTO IDRICO IMBARCAZIONI..... | 17 |
| 4.3. LINEA DI DISTRIBUZIONE IMPIANTO IDRICO EDIFICI | 19 |
| 5. RETE DI FOGNATURA ACQUE NERE | 21 |
| 5.1. PREMESSA | 21 |
| 5.2. FUNZIONAMENTO E DIMENSIONAMENTO RETE ACQUE NERE..... | 22 |
| 5.3. FUNZIONAMENTO E DIMENSIONAMENTO RETE ACQUE DI SENTINE..... | 25 |
| 5.4. I MANUFATTI E LE OPERE D'ARTE DELLA RETE IN DEPRESSIONE..... | 27 |

1. GENERALITÀ

1.1. PREMESSA

La presente relazione si riferisce ai calcoli di dimensionamento delle apparecchiature e degli organi idraulici costituenti l'impianto idrico sanitario a servizio degli edifici, a servizio del Marina e l'impianto di distribuzione acqua potabile per le imbarcazioni presenti nei pontili e nelle banchine e l'impianto fognante e di raccolta delle acque di sentina nell'ambito del nell'ambito del *“Progetto del Porto Turistico Marina di Marsala”*.

Infatti fra i servizi “primari” che un porto turistico deve fornire ai suoi utenti, sia per uso potabile che per quello igienico in generale, l'acqua rappresenta un elemento indispensabile da fornire alle imbarcazioni ormeggiate in banchina, oltre naturalmente all'acqua necessaria per gli edifici. In sede di progettazione definitiva si è reso quindi necessario prevedere le principali caratteristiche della rete idrica, e quindi prima fra tutti la dotazione idrica da attribuire alle utenze portuali e commerciali, nonché la raccolta e lo smaltimento di tutte le acque nere prodotte all'interno del Marina.

Come meglio descritto in seguito, l'impianto idrico a servizio del porto è stato suddiviso in due condotte, una per servire gli edifici commerciali e i servizi del porto stesso e una per servire le imbarcazioni. Tale scelta si è resa necessaria per la complessità del sistema di distribuzione e per il notevole numero di edifici e posti barca da servire. L'impianto fognante è stato suddiviso anch'esso in due reti, una necessaria per lo smaltimento delle acque nere provenienti dai serbatoi dei reflui delle barche e per i reflui degli edifici, l'altra per lo smaltimento delle acque di sentina.

2. RETE IDRICA POTABILE A SERVIZIO DELLE IMBARCAZIONI

La rete idrica per la distribuzione di acqua potabile all'interno del Marina di Marsala viene suddivisa in due grandi tronchi. Il primo denominato tronco 1 parte dal serbatoio di compensazione situato al di sotto della piazza principale localizzata nella zona servizi e serve l'intero molo Colombo e di conseguenza tutti i pontili galleggianti su cui alloggiavano le imbarcazioni più il mega dock su cui ormeggiano i mega-yacht. Il secondo tronco denominato tronco 2 parte dallo stesso punto e serve tutta la banchina curvilinea, il pontile galleggiante che vi si fissa e la banchina rettilinea posta in prossimità della darsena.

I tronchi verranno alimentati da elettropompe che verranno trattate in seguito.

2.1. CALCOLO PORTATA TRONCO 1

Per il calcolo della portata media giornaliera da distribuire alle imbarcazioni si procede come segue.

Il fabbisogno idrico (dotazione) giornaliero è pari a:

- 300 l/g/barca per le 869 imbarcazioni fino alla V ctg;
- 500 l/g/barca per le 106 imbarcazioni da VI a IX ctg;
- 1000 l/g/barca per le 61 imbarcazioni da X ctg e oltre;

per cui la portata media continua, nelle 24 ore, corrispondente alle 1036 imbarcazioni ospitate risulta pari a:

$$Q_{g\text{-barche}}=(300*869+500*106+1000*61)/86400=4.34 \text{ l/s}$$

Il valore della portata media nell'ora dei massimi consumi è ottenuto in base ad un approccio di tipo probabilistico che tiene conto della possibile contemporaneità delle utenze. Per questo motivo il fabbisogno idrico -potabile utilizzato per il rifornimento delle imbarcazioni è stato calcolato suddividendo il porto in funzione dei pontili e banchine serviti, ed assegnando ad ognuno un coefficiente di contemporaneità, funzione anche della dimensione delle imbarcazioni previste.

Osservando il numero e le dimensioni delle imbarcazioni che sono presenti nel porto sono state individuate tre tipologie principali:

1. Imbarcazioni comprese tra I e V ctg (tipo 1);
2. Imbarcazioni comprese tra VI e IX ctg (tipo 2);
3. Imbarcazioni da X ctg e oltre (tipo 3).

Per ogni tipologia è stata fissata una portata di erogazione mostrata nella seguente Tabella 1:

| | tipo 1 | tipo 2 | tipo 3 |
|---------------------------|--------|--------|--------|
| categoria imbarcazioni | I-V | VI-IX | >=X |
| erogazione per tipo [l/s] | 0.1 | 0.15 | 0.2 |

Tabella 1 – Portata media nell’ora dei massimi consumi per tipologia di imbarcazione

Per ogni singola zona è stata calcolata l’erogazione idrica con la seguente formula:

$$Q_{\text{pontile}} = \sum C_c * Q_i * N_i$$

dove:

- Q_{pontile} è la portata totale erogata per ogni singola zona,
- i è un indice che rappresenta il tipo di imbarcazione,
- C_c è il coefficiente di contemporaneità di ogni singola zona,
- Q_i è l’erogazione per tipo di imbarcazione in l/s,
- N_i è il numero di imbarcazioni di tipo i -esimo presenti nella zona in esame.
- Σ è la sommatoria estesa alle tipologia di imbarcazioni presenti nel pontile (tipo 1/tipo2/tipo3).

Ripetendo la stessa procedura per ogni singolo pontile e banchina e sommando i valori di portata così ricavati si ottiene la richiesta idrica complessiva dell’utenza portuale riportata nella Tabella 2. Per effettuare la verifica idraulica nella condizione più gravose la portata di ogni singola zona è stata considerata uscente dalle colonnine di servizio ipotizzate concentrate all’estremità del pontile o della banchina.

| Pontile | Cc | numero imbarcazioni per tipo N | | | erogazione imbarcazioni per tipo [l/s] | | | Qtot |
|----------------|------|--------------------------------|--------|--------|--|---------------|--------|---------|
| | | tipo 1 | tipo 2 | tipo 3 | tipo 1 | tipo 2 | tipo 3 | pontile |
| | | I-V | VI-IX | >=X | 0.10 | 0.15 | 0.2 | [l/s] |
| A | 0.15 | 86 | 0 | 0 | 1.29 | 0.00 | 0.00 | 1.29 |
| B | 0.15 | 89 | 0 | 0 | 1.34 | 0.00 | 0.00 | 1.34 |
| C | 0.15 | 91 | 0 | 0 | 1.37 | 0.00 | 0.00 | 1.37 |
| D | 0.15 | 84 | 0 | 0 | 1.26 | 0.00 | 0.00 | 1.26 |
| E | 0.15 | 86 | 0 | 0 | 1.29 | 0.00 | 0.00 | 1.29 |
| F | 0.15 | 77 | 0 | 0 | 1.16 | 0.00 | 0.00 | 1.16 |
| G | 0.15 | 72 | 0 | 0 | 1.08 | 0.00 | 0.00 | 1.08 |
| H | 0.15 | 68 | 0 | 0 | 1.02 | 0.00 | 0.00 | 1.02 |
| I | 0.15 | 64 | 0 | 0 | 0.96 | 0.00 | 0.00 | 0.96 |
| L | 0.15 | 64 | 0 | 0 | 0.96 | 0.00 | 0.00 | 0.96 |
| M | 0.25 | 0 | 54 | 0 | 0.00 | 2.03 | 0.00 | 2.03 |
| Q | 0.35 | 0 | 0 | 37 | 0.00 | 0.00 | 2.59 | 2.59 |
| P | 0.25 | 0 | 25 | 0 | 0.00 | 0.94 | 0.00 | 0.94 |
| BANCH. RETT. 1 | 0.25 | 0 | 18 | 0 | 0.00 | 0.68 | 0.00 | 0.68 |
| BANCH. RETT. 2 | 0.25 | 0 | 9 | 0 | 0.00 | 0.34 | 0.00 | 0.34 |
| BANCH. RETT. 3 | 0.35 | 0 | 0 | 6 | 0.00 | 0.00 | 0.42 | 0.42 |
| BANCH. CURVIL. | 0.15 | 54 | 0 | 0 | 0.81 | 0.00 | 0.00 | 0.81 |
| PONT. CURVIL. | 0.15 | 34 | 0 | 0 | 0.51 | 0.00 | 0.00 | 0.51 |
| PONT. CURVIL. | 0.35 | 0 | 0 | 18 | 0.00 | 0.00 | 1.26 | 1.26 |
| | | 869 | 106 | 61 | | | | |
| | | | | | | Qtot tronco 1 | [l/s] | 21.28 |
| | | | | | | Qtot tronco 1 | [mc/s] | 0.021 |

Tabella 2 – Portata media nell'ora dei massimi consumi

Dunque la portata di progetto (portata media nell'ora dei massimi consumi), ottenuta facendo riferimento ai coefficienti di contemporaneità basati sulle differenti tipologie di imbarcazioni ormeggiate, è pari a $Q_{hbarche}=21.28$ l/s. Ricordando il valore della portata media giornaliera $Q_{gbarche}=4.34$ l/s (ottenuta considerando i fabbisogni idrico potabile medio giornaliero delle medesime imbarcazioni) si può facilmente ricavare un coefficiente di picco che nel caso in esame assume un valore pari a:

$$C_p=Q_{hbarche}/Q_{gbarche}=21.28/4.34=4.90$$

valore in linea con i valori ottenibili dalle più collaudate formule valide per piccoli agglomerati abitativi.

2.2. DESCRIZIONE DELLA RETE IDRICA A SERVIZIO DELLE IMBARCAZIONI

La rete idrica a servizio delle imbarcazioni, come descritto in precedenza, risulta indipendente da quella a servizio degli edifici presenti nell'area portuale. In particolare la rete portuale si allaccia a quella cittadina in corrispondenza dell'intersezione del molo Colombo con la viabilità cittadina in corrispondenza delle

via dei Mille. Le tubazioni a servizio dei natanti sono in PEAD alloggiate in apposito cunicolo sottoservizi. L'adduzione risulta DN160 e dall'impianto cittadino porta l'acqua all'interno del serbatoio di compensazione situato sotto la piazza principale nell'area servizi. Da qui tramite delle pompe, che consentono la messa in pressione della rete, si dipartono due condotte $\Phi 125$ che servono la zona delle banchine rettilinea e curvilinea e la testa del molo Colombo. Dalle tubazioni $\Phi 125$ si innestano le tubazioni $\Phi 90$ che servono i pontili dove ormeggiano le barche. La rete idrica di distribuzione del porto è una rete di tipo aperto con pozzetti di deviazione e controllo in corrispondenza della radice di ogni pontile per permettere l'isolamento dello stesso in caso di necessità.

In Figura 1 si riporta la planimetria della rete di distribuzione.

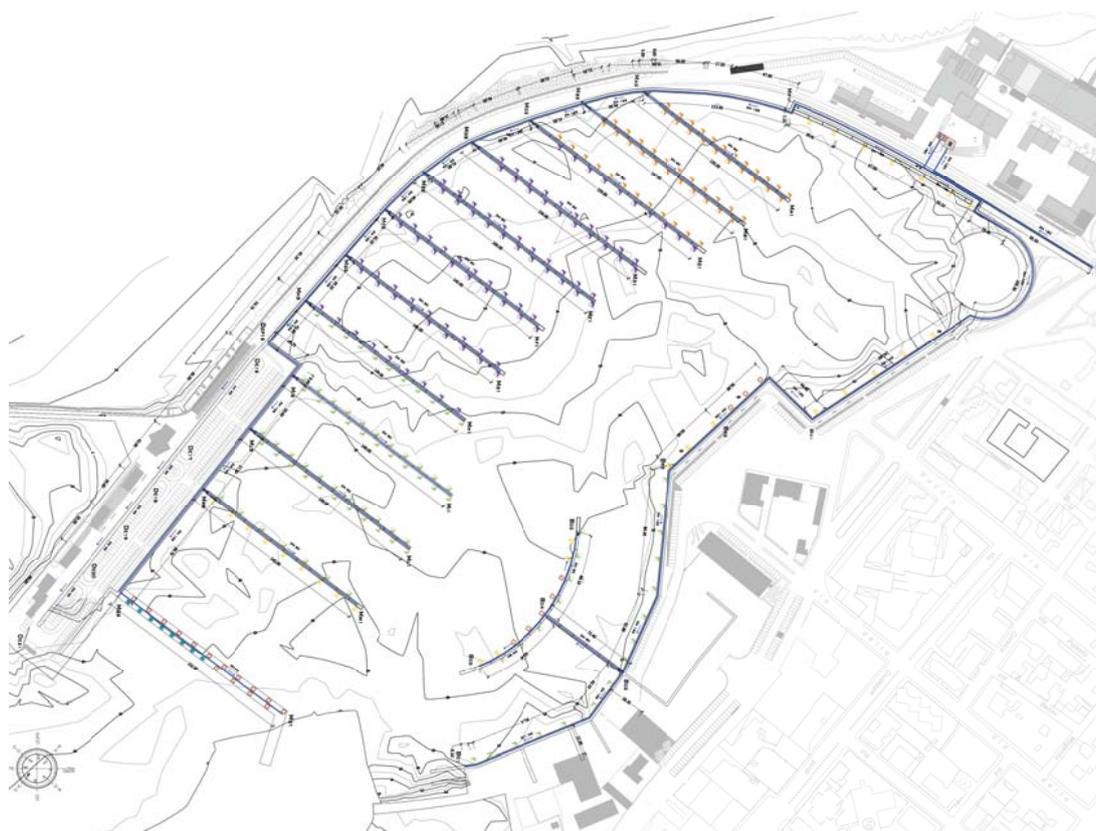


Figura 1– Distribuzione della rete idrica a servizio delle imbarcazioni.

2.3. CALCOLO DEL SERBATOIO DI COMPENSAZIONE A SERVIZIO DELLE IMBARCAZIONI

Per permettere una gestione più razionale della risorsa idrica, verrà realizzato un serbatoio di compenso a servizio delle imbarcazioni. La realizzazione del serbatoio di compenso permette di soddisfare le richieste idriche del porto nelle ore di punta mediante un compenso giornaliero, erogando cioè nelle ore di punta le acque immagazzinate nelle ore di minor richiesta. In questo modo è possibile garantire la fornitura idrica del porto fornendo al serbatoio la sola portata media giornaliera nel giorno dei massimi consumi richiesta dalle utenze portuali, pari a 4.34 l/s , a fronte della portata media di punta oraria, pari a 21.28 l/s, che sarebbe stato necessario fornire senza compenso giornaliero.

Il serbatoio di compenso del porto è stato quindi dimensionato ipotizzando di assicurare le richieste idriche di punta del porto attraverso il compenso di un volume idrico rifornito con una portata costante pari a quella media giornaliera nel giorno dei massimi consumi.

La determinazione del volume di compenso V_c da assegnare al serbatoio affinché la domanda dell'acqua risulti soddisfatta, è governata dall'equazione di continuità idraulica:

$$q_a - q_u = \frac{dV_c}{dt}$$

dove:

- $q_a(t)$ è la portata, costante nel tempo, proveniente dalla rete delle residenze;
- $q_u(t)$ è la portata richiesta dal porto, variabile nel tempo.

Considerando i sotto-periodi di durata t_i durante i quali $q_u(t) > q_a(t)$, si determina il volume necessario alla compensazione con la semplice relazione:

$$V_c = \int_0^{t_i} q_u(t) dt - q_a \cdot t_i$$

Per la determinazione del volume di compenso è stato ipotizzato il diagramma cronologico delle portate richieste al serbatoio dagli utenti portuali nel giorno dei massimi consumi mostrato in Figura 2; la linea continua rappresenta la portata,

costante nell'arco delle 24 ore, in ingresso nel serbatoio di compenso e pari a $Q_{g_barche}=4.34$ l/s mentre con l'istogramma viene rappresentata un'ipotetica richiesta idrica delle utenze portuali nell'arco delle 24 ore. L'istogramma presenta nell'arco della giornata due picchi nelle ore di massima richiesta idrica pari alla portata media massima nell'ora dei massimi consumi $Q_{hbarche}=21.28$ l/s, un abbattimento della richiesta nelle ore notturne con portate pari a 0.30 l/s ed una portata pomeridiana pari a 2.50 l/s.

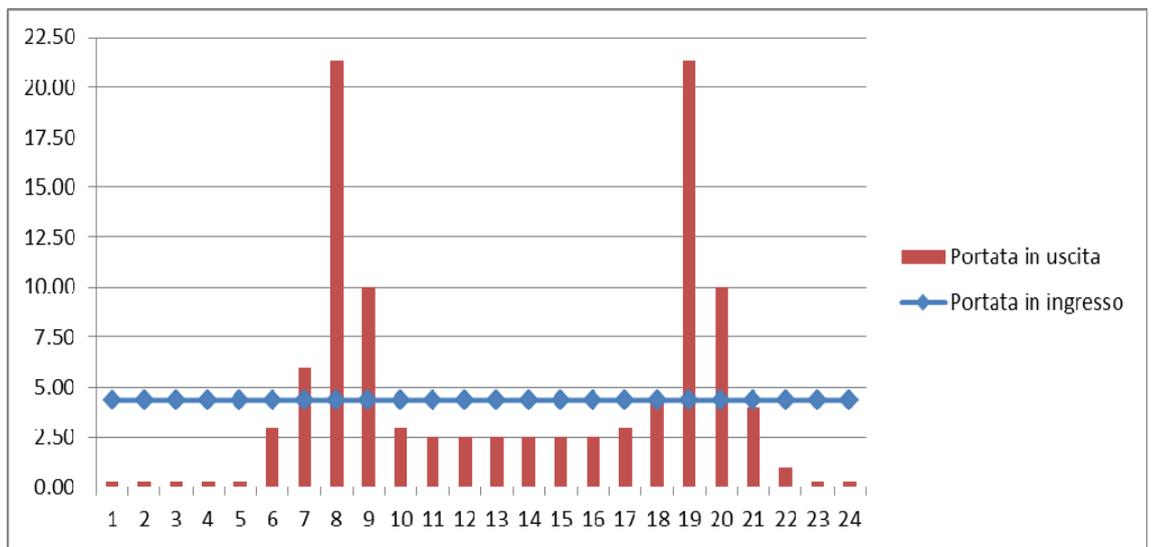


Figura 2 – Diagramma cronologico delle portate richieste dai natanti e della portata in ingresso.

Alla fine del periodo T affinché sia possibile la compensazione della variabilità dei consumi rispetto alla costanza della portata dell'acquedotto deve sussistere l'uguaglianza tra il volume affluito ed il volume erogato.

Poiché la prefissata successione delle portate q_u risulti realizzabile il serbatoio dovrà avere un volume di invaso iniziale V_0 ed una capacità non inferiore al volume di compenso V_c .

La determinazione di queste due grandezze discende dalla integrazione a passi finiti dell'equazione differenziale sopra riportata.

Nella Tabella 3 è riportata la successione cronologica dei volumi invasati.

| T | qu(t) | qa(t) | Vuscita | ΣVuscita | Vingresso | ΣVingresso | ΣVingresso-ΣVuscita | Vo+(ΣVingresso-ΣVuscita) |
|-----|-------|-------|---------|----------|-----------|------------|---------------------|--------------------------|
| ore | [l/s] | [l/s] | [mc] | [mc] | [mc] | [mc] | [mc] | [mc] |
| 1 | 0.30 | 4.34 | 1.08 | 1.08 | 15.62 | 15.62 | 14.54 | 56.88 |
| 2 | 0.30 | 4.34 | 1.08 | 2.16 | 15.62 | 31.25 | 29.09 | 71.42 |
| 3 | 0.30 | 4.34 | 1.08 | 3.24 | 15.62 | 46.87 | 43.63 | 85.97 |
| 4 | 0.30 | 4.34 | 1.08 | 4.32 | 15.62 | 62.50 | 58.18 | 100.51 |
| 5 | 0.30 | 4.34 | 1.08 | 5.40 | 15.62 | 78.12 | 72.72 | 115.06 |
| 6 | 3.00 | 4.34 | 10.80 | 16.20 | 15.62 | 93.74 | 77.54 | 119.88 |
| 7 | 6.00 | 4.34 | 21.60 | 37.80 | 15.62 | 109.37 | 71.57 | 113.90 |
| 8 | 21.28 | 4.34 | 76.61 | 114.41 | 15.62 | 124.99 | 10.58 | 52.92 |
| 9 | 10.00 | 4.34 | 36.00 | 150.41 | 15.62 | 140.62 | -9.79 | 32.54 |
| 10 | 3.00 | 4.34 | 10.80 | 161.21 | 15.62 | 156.24 | -4.97 | 37.37 |
| 11 | 2.50 | 4.34 | 9.00 | 170.21 | 15.62 | 171.86 | 1.66 | 43.99 |
| 12 | 2.50 | 4.34 | 9.00 | 179.21 | 15.62 | 187.49 | 8.28 | 50.62 |
| 13 | 2.50 | 4.34 | 9.00 | 188.21 | 15.62 | 203.11 | 14.90 | 57.24 |
| 14 | 2.50 | 4.34 | 9.00 | 197.21 | 15.62 | 218.74 | 21.53 | 63.86 |
| 15 | 2.50 | 4.34 | 9.00 | 206.21 | 15.62 | 234.36 | 28.15 | 70.49 |
| 16 | 2.50 | 4.34 | 9.00 | 215.21 | 15.62 | 249.98 | 34.78 | 77.11 |
| 17 | 3.00 | 4.34 | 10.80 | 226.01 | 15.62 | 265.61 | 39.60 | 81.94 |
| 18 | 4.50 | 4.34 | 16.20 | 242.21 | 15.62 | 281.23 | 39.02 | 81.36 |
| 19 | 21.28 | 4.34 | 76.61 | 318.82 | 15.62 | 296.86 | -21.96 | 20.38 |
| 20 | 10.00 | 4.34 | 36.00 | 354.82 | 15.62 | 312.48 | -42.34 | 0.00 |
| 21 | 4.00 | 4.34 | 14.40 | 369.22 | 15.62 | 328.10 | -41.11 | 1.22 |
| 22 | 1.00 | 4.34 | 3.60 | 372.82 | 15.62 | 343.73 | -29.09 | 13.25 |
| 23 | 0.30 | 4.34 | 1.08 | 373.90 | 15.62 | 359.35 | -14.54 | 27.79 |
| 24 | 0.30 | 4.34 | 1.08 | 374.98 | 15.62 | 374.98 | 0.00 | 42.34 |
| | | | | | | | Vo= 42.34 | Vc= 119.88 |

Tabella 3 – Variazione dei volumi all'interno del serbatoio di compenso

Il modulo del minore valore negativo della penultima colonna, che rappresenta la differenza tra i volumi in arrivo ed in uscita dal serbatoio, determina il volume di invaso iniziale V_o .

Noto $V_o=42.34$ mc lo si somma alla differenza tra i volumi in arrivo ed in uscita dal serbatoio (penultima colonna) e si determina il volume di compenso come il massimo valore dell'ultima colonna della tabella $V_c=119.88$.

Si fa notare che il diagramma cronologico delle portate richieste dagli utenti portuali nell'arco della giornata ipotizza la presenza di due picchi di richiesta, nelle ore che generalmente presentano maggiori consumi, pari alla portata media massima oraria $Q_{hbarche}=21.28$ l/s.

Al fine di assicurare l'alimentazione della rete anche in caso di guasti dell'adduttrice esterna il volume del serbatoio è stato incrementato di circa 150.00 mc fino ad un volume utile complessivo di 270.00 mc (escluso i 43.00 mc di volume iniziale) che permette la fornitura di acqua potabile per soddisfare le richieste delle utenze portuali sostenendo la variabilità della domanda giornaliera.

2.4. CARATTERISTICHE DELLE COLONNINE DI DISTRIBUZIONE

Le colonnine servizi servono un numero di imbarcazioni variabile funzione delle dimensioni (lunghezza L) dell'imbarcazione stessa;

La tipologia qui introdotta è funzionale ad un raggruppamento delle diverse classi delle imbarcazioni ai soli fini della definizione della loro domanda di servizi. Le colonnine di erogazione dei servizi (acqua potabile, acqua industriale, energia elettrica, illuminazione notturna) sono formate da una struttura in policarbonato (di colore a scelta) o di acciaio inox su cui vengono installati i rubinetti di erogazione dell'acqua e le prese per la fornitura di energia elettrica oltre che i corpi per l'illuminazione locale. Le caratteristiche, l'ubicazione e la numerosità delle diverse colonnine servizi sono indicate con maggiore dettaglio nella tavola MM-M.16, mentre di seguito si riporta la Tabella 4 con indicate la tipologia delle colonnine in funzione della categoria dei posti barca.

| COLONNINE DI EROGAZIONE | | |
|---|--|--------------|
| Legenda Impianto Elettrico ed Idrico | | |
| Tipologia | Dimensioni Posti Barca | N° Colonnine |
|  | Classe I-II | 56 |
| | 4 PRESE ELETTRICHE (2P + T) DA 16A (220V) 4 RUBINETTI DI EROGAZIONE DA 1/2" COMPLETE DI APPARECCHIO ILLUMINANTE PER BANCHINE | |
|  | Classe III-IV | 98 |
| | 4 PRESE ELETTRICHE (2P + T) DA 32A (220V) 4 RUBINETTI DI EROGAZIONE DA 1/2" COMPLETE DI APPARECCHIO ILLUMINANTE PER BANCHINE | |
|  | Classe V-VI | 85 |
| | 4 PRESE ELETTRICHE (2P + T) DA 32A (220V) 4 RUBINETTI DI EROGAZIONE DA 1/2" COMPLETE DI APPARECCHIO ILLUMINANTE PER BANCHINE | |
|  | Classe VII-VIII-IX | 28 |
| | 4 PRESE ELETTRICHE (3P + T) DA 40A (220V) 4 RUBINETTI DI EROGAZIONE DA 1/2" COMPLETE DI APPARECCHIO ILLUMINANTE PER BANCHINE | |
|  | Classe X-XI-XII | 23 |
| | 2 PRESE ELETTRICHE (4P + T) DA 75A (220V) 2 RUBINETTI DI EROGAZIONE DA 1/2" COMPLETE DI APPARECCHIO ILLUMINANTE PER BANCHINE | |
|  | Classe ≥ XII | 8 |
| | 1 PRESA ELETTRICA (4P + T) DA 200A (380V) 1 RUBINETTI DI EROGAZIONE DA 1/2" COMPLETE DI APPARECCHIO ILLUMINANTE PER BANCHINE | |
| Totale | | 298 |
|  | COLONNINA SERVIZI TESTA PONTILE/BANCHINA | 18 |

Tabella 4 – Caratteristiche delle colonnine in funzione della classe delle imbarcazioni.

3. RETE IDRICA POTABILE A SERVIZIO DEGLI EDIFICI

Le dotazioni idriche relative ai vari servizi dipendono dalla tipologia di servizi presenti nel porto, dalle caratteristiche dell'utenza e dalla variabilità di questa nel tempo in termini di presenze. La fornitura di acqua potabile deve quindi coprire il fabbisogno dei servizi igienici e degli edifici presenti nell'area portuale facente parte della concessione del Marina di Marsala.

Nelle tabelle seguenti è riportata la quantificazione della domanda idrica relativa ai servizi presenti nel Marina suddivisi per aree omogenee. La quantificazione della domanda è stata ottenuta a partire dal numero delle unità di servizio (wc, lavabo, docce, bidet, lavelli, lavastoviglie ecc.) per ognuno dei "gruppi" di servizi. La richiesta "totale" dei gruppi di servizio è stata ottenuta moltiplicando la portata specifica di ogni unità di servizio per il loro numero.

| SERVIZI IGIENICI AREA CANTIERI | | | |
|---------------------------------------|--------|---------|-------------|
| CT1-R CANTIERE UFFICI E SIMILI | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 15 | 0.1 | 1.50 |
| LAVABO | 14 | 0.1 | 1.40 |
| DOCCE | 2 | 0.15 | 0.30 |
| PORTATA TOTALE | | | 3.20 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 2.60 |
| CT1-R RISTORANTE | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 6 | 0.1 | 0.60 |
| LAVABO | 6 | 0.1 | 0.60 |
| DOCCE | 2 | 0.15 | 0.30 |
| LAVELLO CUCINA | 6 | 0.40 | 2.40 |
| LAVASOVIGLIE | 4 | 0.20 | 0.80 |
| PORTATA TOTALE | | | 4.70 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 1.70 |
| CT2-R CANTIERE UFFICI E SIMILI | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 3 | 0.1 | 0.30 |
| LAVABO | 3 | 0.1 | 0.30 |
| DOCCE | 0 | 0.15 | 0.00 |
| PORTATA TOTALE | | | 0.60 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 0.55 |

Tabella 5 – Portate totali e di progetto per l'Area Cantieri.

| SERVIZI IGIENICI AREA MOLO COLOMBO | | | |
|---|--------|---------|-------------|
| MC1 UFFICI E SIMILI | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 5 | 0.1 | 0.50 |
| LAVABO | 5 | 0.1 | 0.50 |
| DOCCE | 0 | 0.15 | 0.00 |
| PORTATA TOTALE | | | 1.00 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 1.00 |
| MC2 UFFICI E SIMILI | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 3 | 0.1 | 0.30 |
| LAVABO | 3 | 0.1 | 0.30 |
| DOCCE | 0 | 0.15 | 0.00 |
| PORTATA TOTALE | | | 0.60 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 0.55 |
| MC3 UFFICI E SIMILI | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 2 | 0.1 | 0.20 |
| LAVABO | 2 | 0.1 | 0.20 |
| DOCCE | 0 | 0.15 | 0.00 |
| PORTATA TOTALE | | | 0.40 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 0.36 |
| MC4 LOUNGE BAR | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 4 | 0.1 | 0.40 |
| LAVABO | 4 | 0.1 | 0.40 |
| DOCCE | 0 | 0.15 | 0.00 |
| LAVELLO CUCINA | 6 | 0.40 | 2.40 |
| LAVASOVIGLIE | 4 | 0.20 | 0.80 |
| PORTATA TOTALE | | | 4.00 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 1.80 |
| MC5 UFFICI E SIMILI | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 7 | 0.1 | 0.70 |
| LAVABO | 6 | 0.1 | 0.60 |
| DOCCE | 2 | 0.15 | 0.30 |
| PORTATA TOTALE | | | 1.60 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 1.60 |

Tabella 6 – Portate totali e di progetto per l'area Molo Colombo.

| SERVIZI IGIENICI AREA SERVIZI | | | |
|---------------------------------------|--------|---------|-------------|
| AS1 SUPERMERCATO | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 8 | 0.1 | 0.80 |
| LAVABO | 10 | 0.1 | 1.00 |
| DOCCE | 2 | 0.15 | 0.30 |
| PORTATA TOTALE | | | 2.10 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 1.90 |
| AS2 SPA | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 20 | 0.1 | 2.00 |
| LAVABO | 17 | 0.1 | 1.70 |
| DOCCE | 16 | 0.15 | 2.40 |
| LAVELLO CUCINA | 6 | 0.40 | 2.40 |
| LAVASOVIGLIE | 2 | 0.20 | 0.40 |
| SAUNA | 1 | 0.20 | 0.20 |
| VASCHE | 1 | 0.20 | 0.20 |
| PISCINA | 1 | 0.50 | 0.50 |
| PORTATA TOTALE | | | 9.80 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 5.00 |
| AS3 RISTORANTE | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 21 | 0.1 | 2.10 |
| LAVABO | 16 | 0.1 | 1.60 |
| DOCCE | 0 | 0.15 | 0.00 |
| LAVELLO CUCINA | 8 | 0.40 | 3.20 |
| LAVASOVIGLIE | 5 | 0.20 | 1.00 |
| PORTATA TOTALE | | | 7.90 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 2.40 |
| AS4-AS5- NEGOZI E CLUB HOUSE | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 29 | 0.1 | 2.90 |
| LAVABO | 33 | 0.1 | 3.30 |
| DOCCE | 5 | 0.15 | 0.75 |
| LAVELLO CUCINA | 4 | 0.40 | 1.60 |
| LAVASOVIGLIE | 1 | 0.20 | 0.20 |
| PORTATA TOTALE | | | 8.75 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 4.20 |
| AS6-AS7-AS8-AS9-AS10- SHOPPING CENTER | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 17 | 0.1 | 1.70 |
| LAVABO | 17 | 0.1 | 1.70 |
| DOCCE | 0 | 0.15 | 0.00 |
| PORTATA TOTALE | | | 3.40 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 2.80 |
| AS11 - NEGOZI | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 16 | 0.1 | 1.60 |
| LAVABO | 15 | 0.1 | 1.50 |
| DOCCE | 5 | 0.15 | 0.75 |
| PORTATA TOTALE | | | 3.85 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 3.00 |
| S1 - SERVIZI IGIENICI | NUMERO | Q [L/S] | QTOT [L/S] |
| WC | 5 | 0.1 | 0.50 |
| LAVABO | 5 | 0.1 | 0.50 |
| DOCCE | 0 | 0.15 | 0.00 |
| PORTATA TOTALE | | | 1.00 |
| PORTATA DI PROGETTO | | | 1.00 |

Tabella 7 – Portate totali e di progetto per l'area Servizi.

L'individuazione delle portate di progetto nell'ora dei massimi consumi per i vari edifici è stata poi effettuata secondo le indicazioni della norma prEN806/03 in funzione della destinazione dell'edificio stesso.

In base alla suddetta norma le portate di progetto (dette “portate massime probabili”) sono calcolate a partire da quelle “totali” attraverso l’uso di appositi diagrammi aventi differenti andamenti delle curve in funzione del tipo di utenza servita. Nel caso in esame sono stati utilizzati i diagrammi mostrati in Figura 3, Figura 4, Figura 5. Entrando nell’asse delle ascisse con i valori “totali” delle portate delle tabelle sopra riportate si sono ricavati dalle corrispettive ordinate i valori delle “portate di progetto”.

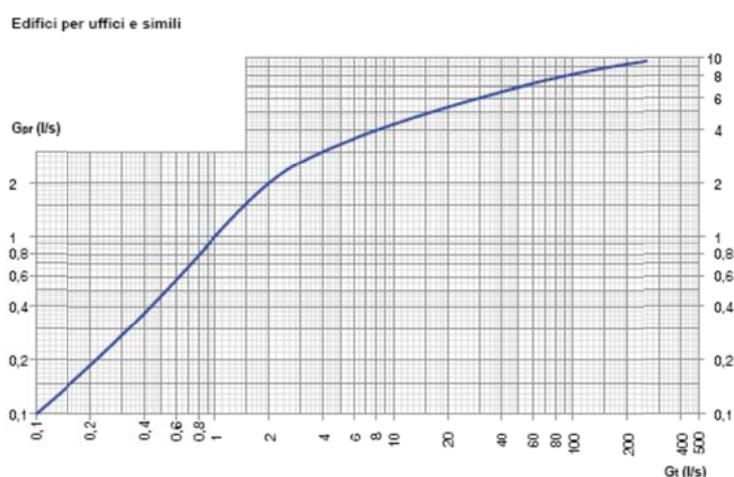


Figura 3 – Diagramma per il calcolo della portata di progetto

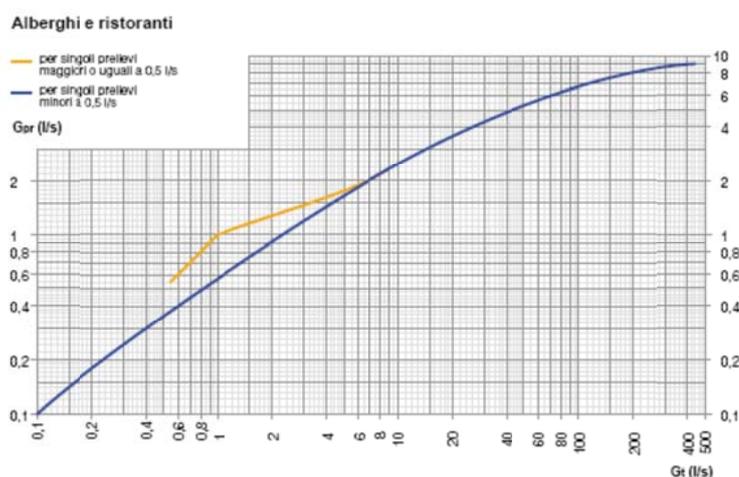


Figura 4 – Diagramma per il calcolo della portata di progetto

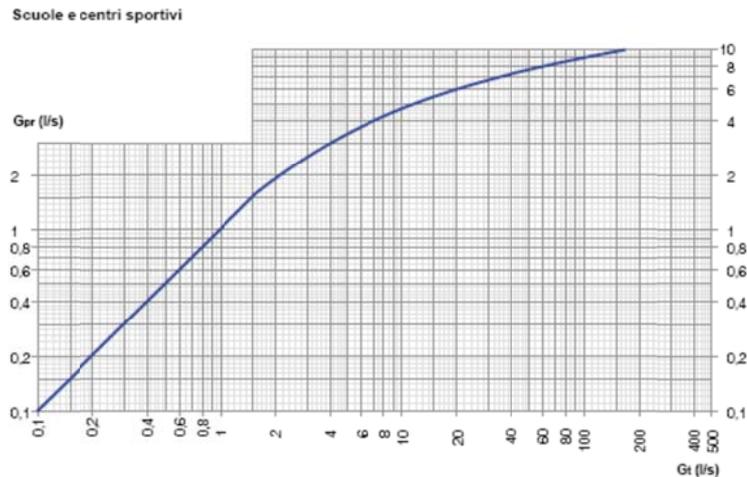


Figura 5 – Diagramma per il calcolo della portata di progetto

3.1. DESCRIZIONE DELLA RETE IDRICA A SERVIZIO DEGLI EDIFICI DEL MARINA DI MARSALA

La rete idrica a servizio degli edifici del Marina di Marsala si sviluppa interamente sulle banchine esistenti in apposito cunicolo sottoservizi. Dalla condotta adduttrice posizionata alla radice del Molo Colombo che si innesta sulla condotta cittadina (punto IPA1-tavola MM-I12) si trova il primo allaccio in corrispondenza del nodo I2, denominato IP1 che serve gli edifici denominati AS7, AS8, AS9. Dal nodo I3, che si trova in corrispondenza della darsena, si dipartono due rami della rete, uno serve gli edifici situati sul Molo Colombo e l'altro quelli situati nell'area cantiere. Dal nodo I3 si diparte la condotta che consente l'allaccio denominati IP2, IP3, IP4, che servono gli edifici denominati AS1, AS2, AS3, AS6 e AS10. Successivamente tramite il nodo I4 si servono, mediante l'allaccio IP5 gli edifici AS4, AS5. Proseguendo sul Molo Colombo si trova il nodo I5 che serve tramite la presa IP6 il blocco AS11, e il nodo I6 che serve tramite la presa IP7 il blocco dei servizi igienici. La condotta prosegue lungo il Molo Colombo fino ad arrivare alla testa del molo dove tramite il nodo I7, I8, I9, I10 I12 si servono tutti gli edifici presenti sulla testa del Molo Colombo.

Dal nodo I3 si diparte l'altro ramo della condotta che serve la zone destinata ai cantieri che tramite i nodi I13, I14, I15 servono idricamente gli edifici CT-R1, CT2, CT3.

4. CALCOLO DELLA LINEA DI DISTRIBUZIONE

4.1. METODI DI CALCOLO

La determinazione dei parametri idraulici della condotta può essere riferita al caso delle lunghe condotte con tubi in PEAD usati, risultando in tal modo semplificato il problema del calcolo.

Si definiscono, infatti, lunghe condotte quei sistemi di tubazioni in cui si può trascurare l'insieme delle perdite di carico localizzate (imbocco, sbocco, curve, ecc) rispetto a quelle distribuite; ciò trova fondamento nel fatto che a regime l'altezza cinetica ha un valore modesto rispetto ai dislivelli piezometrici. Una condotta è definibile "lunga" quando la sua lunghezza è superiore a $1000 \cdot D$, essendo D il diametro del più grande dei tubi usati.

Poiché nel nostro caso non avremo diametri interni superiori a 73.00 mm. il valore minimo di lunghezza per cui una condotta può essere considerata lunga è: $1000 \cdot 0.073 = 73.00$ m.

Superando di gran lunga tale lunghezza è ammissibile l'ipotesi adottata di lunga condotta.

Ulteriore conseguenza dell'ipotesi adottata è la coincidenza della linea dei carichi totali con quella piezometrica.

Nel caso in esame, gli erogatori sono posti tutti alla stessa quota (convenzionalmente pari a 0.00).

Il progetto della rete si sviluppa determinando per i singoli rami e per tratti di essi i diametri occorrenti per il convogliamento delle portate di progetto imponendo inoltre una determinata pressione allo sbocco.

Le incognite del problema sono quindi:

1. i diametri dei singoli tratti;

2. le portate convogliate dai singoli tratti;
3. la pressione in corrispondenza del nodo da cui si diramano i vari tratti.

Le equazioni che possono essere scritte per la soluzione del problema sono l'equazione di continuità in corrispondenza dei nodi per cui $Q = Q_1 + Q_2 + Q_i$ e le equazioni del moto in corrispondenza di ogni tratto definita da

$$Y_A = J_A * L_A$$

dove la cadente J_A per il singolo tratto A è funzione della portata Q_A . Tale cadente può essere determinata sulla base della formula di Colebrook White:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * \log[2.51 / (\text{Re} * \sqrt{\lambda}) + 1 / 3.71 * \varepsilon / D]$$

in cui:

- λ è il coefficiente adimensionale di attrito;
- $\text{Re} = \rho * U * D / \mu$ è il numero di Reynolds in cui ρ è la densità, U è la velocità media, D il diametro del tubo e μ viscosità dinamica;
- ε è la scabrezza omogenea equivalente.

Il calcolo della cadente viene eseguito adottando le formule di Bonvissuto ottenute per deduzione da quella di Colebrook. Dati D e Q si può ricavare:

$$N = 4 * \nu^{8/9} * \left(\frac{D}{Q}\right)^{8/9} + 0.27 * \frac{\varepsilon}{D}$$

Adottando tubi in PEAD (polietilene ad alta densità) con PN 16 i calcoli vengono eseguiti adottando i seguenti diametri commerciali cui corrispondono i diametri interni indicati nelle tabelle di calcolo.

- Diametro DN90 – $D_i = 73.60$ mm

- Diametro DN125 – Di = 102.20 mm
- Diametro DN250 – Di = 204.60 mm

Per tubi usati si è posto

- $\varepsilon = 0.006$ mm;
- $V = 1.002 \cdot 10^{-6}$ m²/sec.

Ottenuto N si determina il parametro β con la relazione:

$$\beta = 0.203 * \log^{-2}(N)$$

e quindi si determina la cadente piezometrica con la relazione:

$$J = \frac{\beta}{g} * \frac{Q^2}{D^5}$$

Nelle tabelle vengono determinate in funzione della portata relativa al singolo tratto le cadute di pressione e quindi procedendo a ritroso partendo dal punto più lontano si calcola la caduta nel punto di adduzione. La pressione deve comunque essere determinata in relazione all'effettiva distribuzione dei rubinetti.

4.2. LINEA DI DISTRIBUZIONE IMPIANTO IDRICO IMBARCAZIONI

Per il calcolo della linea di distribuzione lungo i vari tratti si sono ipotizzati dei diametri DN125 per le tubazioni ricadenti sulle banchine e diametri DN 90 per le tubazioni ricadenti sui pontili. Di seguito nella Tabella 8 si riporta il foglio di calcolo utilizzato per valutare le perdite di carico valutate nell'ora dei massimi consumi. Dovendo garantire nel punto idraulicamente più svantaggiato 21 m di acqua di pressione, si è calcolato a ritroso la prevalenza che deve essere in grado di fornire il gruppo di spinta.

| NODO | N.RO | TRATTO-LUNGH. m | D mm | SCABREZZA ϵ mm | ϵ/D | PORTATA NOD. mc/sec | PORTATA TRATTO mc/sec | N.RO REYNOLDS | INDICE N | INDICE β | CADENTE J | CADUTA TRATTO m | ALTEZZA TOTALE |
|-------|------|--------------------|---------|----------------------------|--------------|---------------------------|-----------------------------|------------------|-------------|-------------------|--------------|-----------------------|-------------------|
| MQ1 | | | | | | 0.00259 | | | | | | | 21.00 |
| | 1 | 152.00 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.00259 | 44738.825 | 0.00039 | 0.01743 | 0.0055 | 0.84 | 21.84 |
| MQ2 | | | | | | | | | | | | | 21.84 |
| | 1 | 99.70 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.00259 | 32218.958 | 0.00050 | 0.01867 | 0.0011 | 0.11 | 21.95 |
| MM2 | | | | | | | | | | | | | 21.95 |
| MM1 | | | | | | 0.00203 | | | | | | | 21.43 |
| | 1 | 145.00 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.00203 | 35065.565 | 0.00047 | 0.01838 | 0.0036 | 0.52 | 21.95 |
| MM2 | | | | | | | | | | | | | 21.95 |
| | 1 | 57.30 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.00462 | 57471.655 | 0.00031 | 0.01646 | 0.0032 | 0.18 | 22.13 |
| ML2 | | | | | | | | | | | | | 22.13 |
| ML1 | | | | | | 0.00096 | | | | | | | 21.99 |
| | 1 | 149.00 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.00096 | 16582.730 | 0.00090 | 0.02190 | 0.0010 | 0.14 | 22.13 |
| ML2 | | | | | | | | | | | | | 22.13 |
| | 1 | 50.60 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.00558 | 69413.817 | 0.00026 | 0.01583 | 0.0045 | 0.23 | 22.36 |
| MI2 | | | | | | | | | | | | | 22.36 |
| MI1 | | | | | | 0.00096 | | | | | | | 22.22 |
| | 1 | 149.00 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.00096 | 16582.730 | 0.00090 | 0.02190 | 0.0010 | 0.14 | 22.36 |
| MI2 | | | | | | | | | | | | | 22.36 |
| | 1 | 79.7 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.00654 | 81355.979 | 0.00023 | 0.01534 | 0.0060 | 0.48 | 22.84 |
| MH2 | | | | | | | | | | | | | 22.84 |
| MH1 | | | | | | 0.00102 | | | | | | | 22.68 |
| | 1 | 149.00 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.00102 | 17619.151 | 0.00086 | 0.02158 | 0.0011 | 0.16 | 22.84 |
| MH2 | | | | | | | | | | | | | 22.84 |
| | 1 | 45.10 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.00756 | 94044.526 | 0.00020 | 0.01491 | 0.0078 | 0.35 | 23.19 |
| MG2 | | | | | | | | | | | | | 23.19 |
| MG1 | | | | | | 0.00108 | | | | | | | 23.02 |
| | 1 | 145.00 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.00108 | 18655.572 | 0.00081 | 0.02128 | 0.0012 | 0.17 | 23.19 |
| MG2 | | | | | | | | | | | | | 23.19 |
| | 1 | 45.10 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.00864 | 107479.458 | 0.00018 | 0.01453 | 0.0099 | 0.45 | 23.64 |
| MF2 | | | | | | | | | | | | | 23.64 |
| MF1 | | | | | | 0.00160 | | | | | | | 23.30 |
| | 1 | 145.00 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.00160 | 27637.884 | 0.00058 | 0.01939 | 0.0023 | 0.34 | 23.64 |
| MF2 | | | | | | | | | | | | | 23.64 |
| | 1 | 40.05 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.01024 | 127383.062 | 0.00016 | 0.01408 | 0.0135 | 0.54 | 24.18 |
| ME2 | | | | | | | | | | | | | 24.18 |
| ME1 | | | | | | 0.00129 | | | | | | | 23.92 |
| | 1 | 160.00 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.00129 | 22283.044 | 0.00070 | 0.02039 | 0.0016 | 0.26 | 24.18 |
| ME2 | | | | | | | | | | | | | 24.18 |
| | 1 | 41.80 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.01153 | 143430.342 | 0.00015 | 0.01378 | 0.0168 | 0.70 | 24.88 |
| MD2 | | | | | | | | | | | | | 24.88 |
| MD1 | | | | | | 0.00126 | | | | | | | 24.64 |
| | 1 | 156.00 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.00126 | 21764.834 | 0.00071 | 0.02050 | 0.0015 | 0.24 | 24.88 |
| MD2 | | | | | | | | | | | | | 24.88 |
| | 1 | 46.60 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.01279 | 159104.429 | 0.00013 | 0.01353 | 0.0202 | 0.94 | 25.82 |
| MC2 | | | | | | | | | | | | | 25.82 |
| MC1 | | | | | | 0.00137 | | | | | | | 25.54 |
| | 1 | 159.00 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.00137 | 23664.938 | 0.00066 | 0.02010 | 0.0018 | 0.28 | 25.82 |
| MC2 | | | | | | | | | | | | | 25.82 |
| | 1 | 41.85 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.01416 | 176146.890 | 0.00012 | 0.01329 | 0.0244 | 1.02 | 26.84 |
| MB2 | | | | | | | | | | | | | 26.84 |
| MB1 | | | | | | 0.00134 | | | | | | | 26.59 |
| | 1 | 147.93 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.00134 | 23146.728 | 0.00068 | 0.02021 | 0.0017 | 0.25 | 26.84 |
| MB2 | | | | | | | | | | | | | 26.84 |
| | 1 | 44.90 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.01550 | 192816.158 | 0.00012 | 0.01309 | 0.0288 | 1.29 | 28.13 |
| MA2 | | | | | | | | | | | | | 28.13 |
| MA1 | | | | | | 0.00129 | | | | | | | 27.91 |
| | 1 | 135.00 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.00129 | 22283.044 | 0.00070 | 0.02039 | 0.0016 | 0.22 | 28.13 |
| MA2 | | | | | | | | | | | | | 28.13 |
| | 1 | 113.00 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.01679 | 208863.438 | 0.00011 | 0.01291 | 0.0333 | 3.76 | 31.89 |
| MP1 | | | | | | 0.00094 | | | | | | | 31.89 |
| | 1 | 106.85 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.01773 | 220556.805 | 0.00010 | 0.01280 | 0.0368 | 3.93 | 35.82 |
| P1 | | | | | | 0.01773 | | | | | | | 35.82 |
| BC1 | | | | | | 0.000810 | | | | | | | 34.54 |
| | 1 | 134.51 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.00081 | 10076.199 | 0.00139 | 0.02485 | 0.0001 | 0.02 | 34.56 |
| BC2 | | | | | | | | | | | | | 34.56 |
| BC3 | | | | | | 0.000885 | | | | | | | 34.30 |
| | 1 | 68.10 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.000885 | 15287.205 | 0.00097 | 0.02235 | 0.0008 | 0.06 | 34.36 |
| BC4 | | | | | | | | | | | | | 34.36 |
| BC5 | | | | | | 0.000885 | | | | | | | 34.31 |
| | 1 | 63.40 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.000885 | 15287.205 | 0.00097 | 0.02235 | 0.0008 | 0.05 | 34.36 |
| BC4 | | | | | | | | | | | | | 34.36 |
| BC4 | | | | | | | | | | | | | 34.36 |
| | 1 | 72.40 | 73.6 | 0.006 | 8.1522E-05 | | 0.001770 | 30574.409 | 0.00053 | 0.01895 | 0.0028 | 0.20 | 34.56 |
| BC2 | | | | | | | | | | | | | 34.56 |
| BC2 | | | | | | | | | | | | | 34.56 |
| | 1 | 157.20 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.002580 | 32094.560 | 0.00051 | 0.01868 | 0.0011 | 0.18 | 34.74 |
| BR3 | | | | | | 0.000420 | | | | | | | 34.74 |
| | 1 | 50.60 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.003000 | 37319.256 | 0.00044 | 0.01806 | 0.0015 | 0.08 | 34.81 |
| BR2 | | | | | | 0.000340 | | | | | | | 34.81 |
| | 1 | 94.60 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.00334 | 41548.772 | 0.00041 | 0.01764 | 0.0018 | 0.17 | 34.98 |
| BR1 | | | | | | 0.000680 | | | | | | | 34.98 |
| | 1 | 334.00 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.004020 | 50007.803 | 0.00035 | 0.01695 | 0.0025 | 0.84 | 35.82 |
| P2 | | | | | | 0.00402 | | | | | | | 35.82 |
| PRESA | | | | | | 0.02175 | | | | | | | 35.82 |

Tabella 8 – Calcolo delle perdite di carico lungo la linea di distribuzione – rete imbarcazioni.

Il dimensionamento delle pompe viene fatto in base ai risultati del calcolo riportato sopra, in particolare:

- Portata $Q_{max} = 0.02175$ mc/sec, 78.30 mc/ora, pari a 1305 l/min.
- Prevalenza $\Delta H_{max} = 45.00$ m, in quanto oltre alla prevalenza di calcolo si sono aggiunti 10 m per tenere in considerazione la quota del serbatoio di compensazione e le eventuali perdite legate agli organi idraulici presenti nel serbatoio ($\Delta H_{progetto}$).

La potenza della pompa può essere calcolata per via analitica attraverso la relazione che segue:

$$P = \gamma * Q * \Delta H / \mu * 1000 = 13 \text{ kw}$$

essendo:

- γ = peso di volume dell'acqua 9788 N/mc;
- μ = rendimento della pompa posto pari a 0.75.

Inoltre data l'importanza della rete a servizio delle imbarcazioni si prevede l'utilizzo di due pompe a funzionamento non contemporaneo in modo da non causare disservizi in caso di guasto della pompa di spinta.

4.3. LINEA DI DISTRIBUZIONE IMPIANTO IDRICO EDIFICI

Per il calcolo della linea di distribuzione lungo i vari tratti costituenti la rete di distribuzione si sono ipotizzati dei diametri DN 125 per tutti i tratti e gli allacci, mentre il diametro DN 250 viene usato dall'adduzione fino al nodo I6 corrispondente all'allaccio con i servizi igienici posti sul Molo Colombo. Il calcolo delle perdite viene effettuato con le portate di progetto riportate sopra calcolate nell'ora dei massimi consumi. Tale ipotesi comporta che se la rete cittadina possiede adeguate pressioni gli edifici possono essere alimentati direttamente senza l'ausilio di serbatoi e autoclavi. Per eventuali guasti alla rete cittadina è necessario dotare in ogni caso

l'edificio di un serbatoio di compensazione e di un autoclave. Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per la verifica della rete:

| NODO | N.RO | TRATTO-LUNGH. | D | SCABREZZA ϵ | ϵ/D | PORTATA NOD. | PORTATA TRATTO | N.RO REYNOLDS | INDICE N | INDICE β | CADENTE J | CADUTA TRATTO | ALTEZZA TOTALE |
|--------------|------|---------------|-------|----------------------|--------------|----------------|----------------|---------------|----------|----------------|-----------|---------------|----------------|
| | | m | mm | mm | | mc/sec | mc/sec | | | | | m | |
| H11 | | | | | | 0.00100 | | | | | | | 0.00 |
| H10 | 1 | 35.20 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | 0.00055 | 0.00100 | 12439.752 | 0.00115 | 0.02351 | 0.0002 | 0.01 | 0.01 |
| H9 | 1 | 35.01 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | 0.00036 | 0.00155 | 19281.616 | 0.00079 | 0.02106 | 0.0005 | 0.02 | 0.02 |
| H8 | 1 | 42.01 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | 0.00180 | 0.00191 | 23759.927 | 0.00066 | 0.02003 | 0.0007 | 0.03 | 0.05 |
| H7 | 1 | 85.00 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | 0.00160 | 0.00371 | 46151.480 | 0.00037 | 0.01724 | 0.0022 | 0.18 | 0.24 |
| H6 | 1 | 421.92 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | 0.00100 | 0.00531 | 66055.084 | 0.00027 | 0.01599 | 0.0041 | 1.74 | 1.98 |
| H5 | 1 | 99.80 | 204.6 | 0.006 | 2.9326E-05 | 0.00300 | 0.00631 | 39209.053 | 0.00042 | 0.01778 | 0.0002 | 0.02 | 2.00 |
| H4 | 1 | 98.64 | 204.6 | 0.006 | 2.9326E-05 | 0.00420 | 0.00931 | 57850.441 | 0.00030 | 0.01633 | 0.0004 | 0.04 | 2.04 |
| H3 | 1 | 16.70 | 204.6 | 0.006 | 2.9326E-05 | | 0.01351 | 83948.384 | 0.00022 | 0.01511 | 0.0008 | 0.01 | 2.05 |
| H15 | | | | | | 0.00000 | | | | | | | 0.19 |
| H14 | 1 | 40.95 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | 0.00055 | 0.00000 | 0.124 | 31.63160 | 0.09021 | 0.0000 | 0.00 | 0.19 |
| H13 | 1 | 128.70 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | 0.00430 | 0.00055 | 6841.988 | 0.00195 | 0.02764 | 0.0001 | 0.01 | 0.20 |
| H3 | 1 | 528.85 | 102.2 | 0.006 | 5.8708E-05 | | 0.00485 | 60332.922 | 0.00030 | 0.01629 | 0.0035 | 1.85 | 2.05 |
| H3 | | | | | | 0.00121 | | | | | | | 2.05 |
| H2 | 1 | 67.83 | 204.6 | 0.006 | 2.9326E-05 | | 0.01957 | 121604.050 | 0.00016 | 0.01404 | 0.0015 | 0.10 | 2.15 |
| IPA1 (PRESA) | 1 | 26.43 | 204.6 | 0.006 | 2.9326E-05 | 0.01957 | 0.01957 | 121604.050 | 0.00016 | 0.01404 | 0.0015 | 0.04 | 2.19 |

Tabella 9 – Calcolo delle perdite di carico lungo la linea di distribuzione – rete edifici.

Procedendo a ritroso dalla testa del molo Colombo fino alla radice si ottiene una perdita di carico totale di 2.19 m di acqua. Per le considerazioni sopra fatte è necessario che la pressione nel punto idraulicamente più svantaggiato risulti circa 10 m di acqua, pressione necessaria per riempire con una certa velocità i serbatoi di compenso dei vari edifici. Considerando le perdite ottenute se ne conclude che le pressioni dell'acquedotto cittadino sono in grado di assicurare tale carico.

5. RETE DI FOGNATURA ACQUE NERE

5.1. PREMESSA

Per quanto riguarda la rete fognaria, l'impianto di raccolta dei reflui portuali verrà realizzato utilizzando una tipologia di rete cosiddetta "in depressione" destinata a raccogliere sia le acque di scarico provenienti dalle barche e dai servizi igienici, sia quelle di sentina che a seguito della vigente normativa (D. Lgs. 24 Giugno 2003, n. 182 - Attuazione della direttiva 2000/59/CE relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi ed i residui del carico) devono essere raccolte separatamente e trattate prima del loro trasferimento allo scarico definitivo.

L'idea di utilizzare lo scarico "in depressione" proviene dalla considerazione che queste tipologie di impianto, storicamente nate sulle navi, cominciano ad essere preferite a quelle tradizionali per la loro semplicità di realizzazione e caratteristiche igieniche (assenza di ristagni, incrostazioni, sedimentazioni e odori lungo tutta la rete). Tale tipologia di impianto risulta particolarmente indicata in presenza di terreni pianeggianti e presenza di falde acquifere, come nelle aree costiere, nei porti ed in tutte le altre situazioni in cui un sistema fognario tradizionale per lo smaltimento dei reflui degli insediamenti residenziali e/o commerciali (a gravità o a pressione) è difficile da realizzare per le modeste pendenze disponibili per la posa delle tubazioni di scarico e la conseguente maggiore complessità ed onere di gestione.

La tipologia delle fognature sottovuoto offre il vantaggio di ridurre al minimo l'emissione di odori sgradevoli. Questa tecnologia seppur basata su equazioni empiriche e dati sperimentali elaborati da varie aziende è attualmente allo stato dell'arte e garantisce il perfetto funzionamento del sistema. La conferma viene data dalle normative nate per regolamentare l'argomento UNI EN 1091 e UNI EN 12109 (che regola gli impianti indoor) o, per fornire indicazioni progettuali, la norma ATV A-116. La tecnica del sottovuoto, praticabile in casi di modesta estensione della rete (aree di pochi km², come nel caso di Marina di Marsala) abbinata all'utilizzo di idonee valvole di interfaccia, permette quindi l'installazione di sistemi (sanitari) di trasporto reflui eliminando il problema delle fuoriuscite di liquami nel terreno circostante.

5.2. FUNZIONAMENTO E DIMENSIONAMENTO RETE ACQUE NERE

Considerando che l'installazione ed il progetto di tali impianti non è ancora diffuso nella pratica progettuale, di seguito si dedicano alcuni paragrafi alla descrizione qualitative del funzionamento e dei manufatti della rete in depressione.

Il trasporto dei liquami si basa sull'utilizzo della prevalenza disponibile intesa come differenza di pressione tra l'ambiente atmosferico ed il grado di vuoto creato artificialmente a tale scopo. Per il funzionamento di un impianto in depressione è necessario installare una centrale del vuoto che mantiene un grado di vuoto (solitamente compreso tra circa -0,50 e -0,65 MPa) nei serbatoi e nella rete di tubazioni ad essi collegata grazie all'opera di alcune elettropompe che aspirano l'aria che entra insieme al refluo. Il sistema bifase (aria/liquame) che transita nelle condutture è recapitato in un volume di stoccaggio posto nel punto terminale della condotta di scarico sottovuoto (serbatoio della centrale del vuoto). In questi serbatoi vengono installate delle pompe di scarico che rilanciano il refluo al recapito finale. I liquami provenienti dai servizi igienici degli edifici del porto vengono scaricati a gravità in pozzetti di raccolta (pozzetti di interfaccia) dai quali vengono periodicamente aspirati a seguito dell'apertura di una valvola a membrana azionata pneumaticamente dal vuoto di rete, installata all'interno dei pozzetti medesimi. I pozzetti di interfaccia permettono la connessione tra l'ambiente a pressione atmosferica (volume di accumulo) e la condotta in depressione di trasporto del fluido. All'interno del pozzetto viene installato un gruppo di aspirazione in ABS composto da una speciale valvola a pistone azionata dal vuoto della rete. L'apertura e chiusura della valvola sono comandate da un attivatore pneumatico che non utilizza alcun tipo di parte meccanica in movimento (come ad esempio i galleggianti). I liquami scaricati fluiscono a gravità fino al pozzetto di interfaccia. Al raggiungimento di un livello prestabilito di accumulo di liquame, l'attivatore pneumatico comanda l'apertura della valvola utilizzando il vuoto di rete: i liquami vengono aspirati o meglio spinti da una certa quantità di aria che entra nel sistema all'apertura della valvola. Al termine del ciclo di aspirazione con conseguente svuotamento del pozzetto ed abbassamento del livello di liquame, la valvola si richiude e rimane in tale posizione fino al verificarsi delle nuove condizioni di

riattivazione del ciclo di aspirazione. Questa operazione avviene in modo totalmente automatico senza presenza di apparati elettrici. I liquami aspirati sono raccolti nel serbatoio in depressione della centrale del vuoto fino al raggiungimento di un livello di soglia stabilito, oltrepassando il quale, attraverso un apposito galleggiante, vengono attivate una o più elettropompe di rilancio (in funzione della portata da smaltire) che provvedono ad inviare i liquami ad una fognatura a gravità (collettore di raccolta delle acque nere) e successivamente al recapito finale, che nel caso in esame è rappresentato dall'impianto di trattamento. Alla centrale del vuoto confluiscono i "collettori" della rete di raccolta costruiti secondo determinati profili longitudinali aventi forme caratteristiche "a dente di sega" o "ad onda"(anche se il profilo ad onda non viene quasi mai realizzato a causa della difficoltà nel controllo della posa della condotta e gli viene quasi sempre preferito il profilo a dente di sega). La corretta esecuzione del profilo sopra citato è fondamentale per il corretto funzionamento dell'impianto; infatti nei punti più bassi di detto profilo si vengono a formare i "tappi liquidi" che vengono spinti oltre il punto di massima altezza, giungendo per passi successivi alla centrale del vuoto. La pendenza minima delle tubazioni che formano il profilo a dente di sega viene assunta in genere pari a 0.2%.

Nell'ambito del progetto in esame, come detto in precedenza, sono previsti due impianti separati:

1. l'impianto di raccolta dei reflui, che viene collegato:
 - alle colonnine di aspirazione atte a recuperare i liquami dai serbatoi delle barche;
 - ai pozzetti di interfaccia i quali ricevono le portate delle utenze retroportuali (servizi igienici, area molo colombo, area servizi, area cantieri ecc.) realizzato con tubazioni di diametro opportuno;
2. l'impianto di raccolta delle acque di sentina, dedicato unicamente alle colonnine di aspirazione delle acque di sentina delle barche realizzato con tubazioni di idoneo diametro.

Le dimensioni delle tubazioni utilizzate nell'impianto in depressione del porto di Marina di Marsala sono mostrate nella Tavola MM I.13. Le acque di sentina e le acque reflue vengono dunque trasportate attraverso condotte separate, le reflue con tecnologia in depressione mentre quelle di sentina. Le acque di sentina vengono mandate a trattamento mentre quelle reflue confluiscono in una vasca di raccolta. Dalla vasca di raccolta, in cui confluiscono anche le acque di sentina a valle del trattamento, le acque reflue fluiscono nella centrale di sollevamento esistente sul Molo Colombo in corrispondenza della Agorà nell'area servizi.

Dunque, gli interventi relativi alla rete di acque nere del porto da realizzare con il presente progetto sono:

- una rete di drenaggio con tecnologia in depressione a servizio del nuovo porto turistico di Marina di Marsala;
- una rete di drenaggio delle acque di sentina;
- un impianto di trattamento delle acque di sentina;
- manufatti e opere d'arte della rete in depressione (pozzetti di interfaccia, centrali del vuoto, pompe di rilancio);

Le caratteristiche principali (volume serbatoio, potenza elettropompe) delle centrali del vuoto utilizzate nella rete in depressione delle acque nere del porto sono mostrate in Tabella 10.

| ACQUE NERE PORTATA | VOLUME SERBATOIO | ELETTROPOMPA DI SVUOTAMENTO | ELETTROPOMPE DEL VUOTO |
|--------------------|------------------|-----------------------------|------------------------|
| l/s | mc | N° Kw | N° Kw |
| 40 | 40 | 2 3 | 4 10 |

Tabella 10 – caratteristiche principali della centrale del vuoto.

5.3. FUNZIONAMENTO E DIMENSIONAMENTO RETE ACQUE DI SENTINE

Le principali caratteristiche dell'impianto di raccolta delle acque di sentina provenienti dalle imbarcazioni sono indicate nella Tavola MM I.13, dove è riportata l'indicazione delle colonnine di interfaccia, il percorso delle tubazioni e l'ubicazione delle centrali del vuoto con relativi serbatoi destinati a raccogliere gli scarichi delle sentine di tutto il porto. I punti di raccolta delle acque di sentina sono situati in testa al Molo Colombo e in particolare uno è posto in prossimità del bunkeraggio, in modo tale che le imbarcazioni possano effettuare le operazioni di svuotamento durante la fase di riempimento dei serbatoi. L'impianto delle acque di sentina è separato dall'impianto di raccolta dei liquami (proveniente dai servizi igienici e dagli scarichi delle altre utenze servite) poiché queste ultime, prima di poter essere trasferite nella rete delle acque nere e inviate al recapito finale (depuratore) devono essere trattate mediante processo di disoleazione. Gli oli esausti derivanti dal trattamento delle acque di sentina sono immagazzinati in un apposito serbatoio da cui, periodicamente, verranno raccolti e trasportati mediante autocisterna in appositi impianti di smaltimento. Le caratteristiche principali (volume serbatoio, potenza elettropompe) utilizzate nella rete delle acque di sentina del porto sono mostrate in Tabella 11:

| ACQUE DI SENTINA | VOLUME SENTINA | VOLUME OLI | ELETTROPOMPA DI SVUOTAMENTO |
|------------------|----------------|------------|-----------------------------|
| l/s | mc | mc | N° Kw |
| 10 | 130 | 13 | 2 1.5 |

Tabella 11 – caratteristiche principali della centrale di smaltimento acque di sentine.

Considerando le portate e le caratteristiche dell'impianto di raccolta delle acque di sentina, si rende necessario individuare i volumi di accumulo e trattamento delle sostanze oleose in esse contenute. Tenendo presente la numerosità delle colonnine di aspirazione ubicate all'interno del porto è possibile ipotizzare che la produzione massima giornaliera delle acque di sentina scaricate dalle barche durante il periodo di massimo utilizzo sia:

$$V_{tot} = 50000 \text{ l} = 50 \text{ mc/giorno}$$

avendo ipotizzato che tutte le barche con lunghezza maggiore di 30 metri effettuino lo scarico nell'arco della giornata e che almeno 50 barche con lunghezza minore di 25 metri effettuino lo scarico al momento del rifornimento del carburante. Il volume ottenuto rappresenta comunque la massima quantità di acque provenienti dalle sentine delle imbarcazioni che può essere scaricata in un giorno estivo. In realtà non tutte le imbarcazioni considerate effettuano lo scarico, ma è possibile ipotizzare che giornalmente la quantità media di acque di sentina sia pari al 20% del totale sopra calcolato:

$$V_{\text{giorno}} = 0.2 * V_{\text{tot}} = 10 \text{ mc}$$

Si stima che solo una piccola percentuale di questo volume, in genere pari al 10%, è costituita da oli esausti ottenendo un volume di sostanze oleose:

$$V_{\text{oli}} = 0.1 * V_{\text{giorno}} = 1.0 \text{ mc}$$

Considerando che la raccolta, per non essere troppo frequente e onerosa, deve avvenire circa ogni 7 giorni, per cui i volumi dei serbatoi di raccolta delle acque di sentina e quello degli oli esausti saranno pari rispettivamente a:

$$V_{\text{sentina}} = 70.00 \text{ mc}$$

$$V_{\text{oli}} = 7.00 \text{ mc}$$

ovviamente aumentando la frequenza di allontanamento è possibile diminuire il volume di accumulo. Le acque di sentina vengono ciclicamente trasferite dagli accumuli attraverso le elettropompe di rilancio, ad un serbatoio di calma. Successivamente in modalità automatica, mediante livellostati presenti nel serbatoio, vengono trasferite al separatore acque di sentina ad alto potere depurante, in grado di scaricare acqua depurata con un contenuto di oli rimanenti inferiore a 15 ppm, come richiesto dalla normativa IMO MEPC 107 (49). L'impianto permette la separazione degli oli dalle acque di sentina prima separando automaticamente le emulsioni mediante un filtro a coalescenza e successivamente separando oli e idrocarburi tramite polisher. Le acque di sentina depurate vengono trasferite all'interno della rete acque nere.

5.4. I MANUFATTI E LE OPERE D'ARTE DELLA RETE IN DEPRESSIONE

I manufatti e le opere d'arte della rete in depressione, con le parti costituenti l'impianto, si possono suddividere come segue:

- Le unità di scarico, dette anche colonnine di aspirazione che vengono collegate alle imbarcazioni ormeggiate per evacuare i liquami o le acque di sentina; le colonnine sono dedicate ad entrambe le funzioni;
- Le camere o pozzetti d'interfaccia che ricevono i reflui provenienti dagli scarichi degli servizi igienici del porto, dai locali ad uso ufficio, turistico e commerciale presenti nell'area di intervento;
- La rete di tubazioni sottovuoto che provvedono a trasportare i reflui verso un volume di accumulo;
- La centrale del vuoto che ha la funzione di generare e mantenere costante all'interno delle tubazioni una pressione inferiore a quella atmosferica;
- Il serbatoio di raccolta in depressione, in cui vengono fatti confluire tutti i reflui raccolti dai pozzetti e dalle unità di scarico;

Le colonnine di aspirazione sono state adottate sia per l'impianto di raccolta delle acque di sentina che per quelle reflue provenienti dalle imbarcazioni. Esse sono state posizionate opportunamente all'interno del porto ubicandole lungo le banchine ed i pontili in cui sono previsti l'ormeggio e le operazioni di bunkeraggio per il rifornimento dei carburanti. Tale sistema consentirà a tutte le imbarcazioni di maggiori dimensioni di poter provvedere allo scarico dei liquami e delle acque di sentina nelle vicinanze del punto di stazionamento del natante, mentre per le imbarcazioni di dimensioni minori tali operazioni di svuotamento dai serbatoi di accumulo potrà essere effettuata sia contemporaneamente alle operazioni di rifornimento carburante che facendo una breve sosta durante le fasi di ingresso/uscita dal porto.

La scelta è stata operata considerando che le imbarcazioni di modeste dimensioni hanno dei serbatoi di accumulo con volumi fino a 500 – 1000 litri (sia per le sentine che per i reflui), mentre le barche di maggiori dimensioni sono dotate di capacità di accumulo decisamente superiori (fino a 2000 – 3000 litri) e quindi necessitano di intervalli di tempo maggiori per effettuare lo svuotamento. Il sistema di scarico adottato per lo svuotamento dei serbatoi delle barche utilizza le colonnine di aspirazione, che sono costituite da un involucro di policarbonato al cui interno viene installata una “valvola di interfaccia” collegata ad un tubo flessibile di lunghezza pari a circa 15 – 20 m munito nella parte terminale di un manicotto con valvola a sfera. Una volta collegato il manicotto all’attacco del serbatoio da svuotare, si apre manualmente la valvola a sfera posta sul manicotto e si inizia ad aspirare i reflui mettendo in collegamento diretto il serbatoio di accumulo dell’imbarcazione con la rete. terminate le operazioni di svuotamento si richiude la valvola a sfera e si disconnette il manicotto dal serbatoio, eliminando così anche la depressione dal tubo flessibile di collegamento. I pozzetti di interfaccia, sono utilizzati per ricevere gli scarichi dei servizi igienici del porto e edifici presenti nelle aree portuali di Marina di Marsala. Gli apparecchi sanitari dei servizi igienici e quelli relativi agli scarichi verranno collegati ai pozzetti di interfaccia mediante una tubazione a "gravità" e successivamente saranno inviati alla tubazione principale in depressione. Questo particolare pozzetto è diviso in due zone: una di “accumulo” dei reflui ed un'altra “tecnica” ove alloggiavano i componenti pneumatici dello stesso che ne garantiscono il funzionamento automatico, tra cui la valvola di interfaccia che rappresenta l’elemento di separazione tra i due ambienti della fognatura: la parte a pressione atmosferica da quella in depressione. Questa valvola è normalmente chiusa in maniera da preservare una pressione inferiore a quella atmosferica all’interno delle tubazioni principali. Generalmente il pozzetto d'interfaccia è costituito da una struttura in pead e viene installato in zona prossima agli scarichi (con distanze variabili da 10 a 50 m in funzione delle caratteristiche dei luoghi e delle utenze da servire). La copertura del pozzetto può essere sia pedonabile che carrabile con resistenza a carichi riconducibili a quelli di un normale traffico urbano.

Il funzionamento può essere sinteticamente schematizzato come segue. Nella camera di accumulo (avente un volume di immagazzinamento dipendente dal numero e tipo di

scarico) vengono stoccati i liquami in arrivo dagli scarichi; all'aumentare del livello degli stessi nel pozzetto, si viene a determinare una compressione dell'aria presente internamente al tubo di accumulo e la maggiore pressione che si crea agisce come un interruttore aprendo la valvola d'interfaccia che rende comunicante la linea in depressione con la camera di accumulo in maniera tale che i liquami vengono aspirati all'interno della condotta fognaria in depressione. Quando il liquame è stato completamente aspirato la pressione nel tubo di accumulo si riequilibra, ma la valvola prima di richiudersi provvederà a far entrare, grazie ad un congegno temporizzato, un buon quantitativo di aria internamente alle tubazioni in depressione. Quest'aria immessa nella tubazione con pressione minore di quella atmosferica, oltre a pulire internamente il pozzetto e la sede della valvola stessa è indispensabile per il trasporto del "tappo liquido" che si forma lungo i collettori in corrispondenza dei punti più bassi del profilo a dente di sega. Normalmente il rapporto liquido/aria è variabile da 1:4 a 1:10; in presenza di questi rapporti liquame/aria i "tappi liquidi" viaggiano ad una velocità di circa 4,0 -4,5 m/sec. L'aspirazione del refluo nelle due situazioni descritte, è causata dalla differenza di pressione che si viene a determinare fra le due parti dell'impianto. Infatti quando la valvola si apre (manualmente nel caso di colonnine, pneumaticamente nel caso di pozzetti) l'aria a pressione atmosferica presente nel lato "a gravità" dell'impianto viene richiamata dal vuoto presente all'interno della rete. Questo "richiamo" d'aria spinge il refluo (di per se incompressibile) verso la centrale del vuoto. La differenza esistente fra le due tipologie di terminali (pozzetti e colonnine) è riconducibile nell'attivazione automatica della valvola d'interfaccia che si apre ogni qualvolta sia presente nella zona di accumulo del pozzetto un certo quantitativo di liquami, mentre tale attivazione è manuale per le colonnine di aspirazione poiché essa avviene quando si apre la valvola presente sul manicotto di innesto al serbatoio dell'imbarcazione. I liquami una volta fatto il loro ingresso all'interno della rete in depressione attraverso i pozzetti d'interfaccia o le colonnine di aspirazione vengono trasportati fino alla centrale del vuoto dai collettori principali e dalle tubazioni secondarie mantenuti costantemente in depressione, ovvero ad una pressione variabile tra 0,50 – 0,65 MPa). Le tubazioni costituenti la rete (separata dalle acque nere e delle acque di sentina) sono posate a perfetta tenuta stagna in modo che non esistano infiltrazioni d'aria/acqua dall'esterno. Una qualsiasi rottura delle tubazioni, con conseguente perdita della depressione, viene immediatamente segnalata al

quadro comandi presente nel locale che ospita la centrale del vuoto. Come già accennato il meccanismo che permette il trasporto dei liquami internamente alle condotte dipende dalla formazione del tappo liquido (ovvero da una certa quantità di liquame che si accumula nella parte bassa del dente di sega) mentre il suo avanzamento è assicurato dalla differenza di pressione esistente nelle tubazioni a monte del tappo rispetto all'aria che viene introdotta al seguito del tappo stesso che è a pressione minore. Durante il trasferimento verso la centrale del vuoto (ovvero nel serbatoio di raccolta), per la combinazione di diversi fenomeni (deformazione del tappo liquido dovuta alla differente resistenza al movimento del corpo centrale e delle parti prossime alle pareti del tubo; diminuzione della differenza di pressione determinata dalla formazione di un'onda di rarefazione a monte e di un'onda di compressione a valle) il tappo si rompe staccandosi dalla parte superiore del tubo, ma si ripristina nei punti più bassi in maniera che il liquame assuma nuovamente una forma potenzialmente favorevole a ridiventare tappo liquido non appena saranno immessi nelle condotte nuovo liquame e nuova aria. Nelle applicazioni pratiche le tubazioni vengono posate con una pendenza minima pari a 0,002 nella direzione del flusso e i denti di sega vengono creati realizzando, per un tratto di lunghezza variabile da 20 a 45 cm, una ripida contropendenza. Questo andamento a dente di sega consente inoltre di mantenere un andamento dei collettori quasi parallelo a quello del terreno. Nei casi in cui sia necessario risalire delle contropendenze si sfruttano proprio questi sollevamenti per rimontare di un'altezza geodetica che, a seconda della somma delle perdite di carico del ramo in oggetto, può arrivare ad un massimo di circa quattro metri di altezza.

I concetti sopra esposti illustrano il complesso moto bi-fase, che si instaura all'interno della fognatura in depressione. Il dimensionamento delle sacche di trasporto, cioè la determinazione dell'altezza e la distanza fra le stesse, è funzione diretta del diametro della condotta e quindi della portata del liquame trasportato, secondo parametri dedotti da sperimentazioni effettuate su varie applicazioni. Per la realizzazione delle condotte sono utilizzate delle tubazioni in PEAD la cui giunzione avviene con saldatura attraverso manicotti elettrosaldati per evitare le discontinuità all'interno del tubo. Per garantire un trasporto ottimale del liquame internamente alle condotte non devono mai essere utilizzati

raccordi aventi angoli a 90° con raggio di curvatura stretto; in alternativa si utilizzano due gomiti a 45° fra loro incollati, o delle curve ad ampio raggio.

Le centrali del vuoto, come precedentemente detto, provvedono alla formazione del vuoto necessario al funzionamento dell'intero impianto in depressione del porto. La tipologia costruttiva dipende dalle caratteristiche di input delle utenze da servire quali la portata di liquami di scarico e d'aria necessaria al trasferimento dei tappi liquidi, la tipologia del terreno ove è ubicata la centrale, etc. Per questo motivo i modelli sono assai vari sia nel numero dei serbatoi di raccolta (generalmente da 1 a 3), che nelle caratteristiche delle pompe del vuoto (da un minimo di 2 ad un massimo di 6) che di quelle di rilancio (generalmente 2 per serbatoio). Schematicamente i componenti principali di una centrale del vuoto sono:

- a. Le pompe generatrici del vuoto;
- b. Il quadro di controllo;
- c. Il sistema di monitoraggio degli allarmi.

Le pompe del vuoto operano garantendo la depressione internamente ad un range 0,60 MPa; in pratica si avviano nel momento in cui il vuoto scende al livello minimo previsto e lo ripristinano al valore massimo provvedendo a spegnersi di conseguenza; questo automatismo è gestito da un vacuostato presente sul pannello elettrico ed opportunamente tarato. Le centrali del vuoto sono dotate di pompe del vuoto a palette rotative a bagno d'olio; l'utilizzo dell'olio come sigillante fra corpo pompa e girante per la compressione dell'aria evita sprechi inutili di acqua (come ad esempio avviene nelle pompe ad anello liquido) e problemi legati alla formazione di calcare. Questa tipologia di pompe offrono poi rendimenti più costanti nel tempo, migliori prestazioni e una durata all'usura maggiore. La centrale del vuoto permette quindi la raccolta dei reflui mediante delle elettropompe del vuoto che mantengono in depressione un serbatoio polmone in cui confluiscono i liquami attraverso il collettore in depressione; dal serbatoio, con delle pompe di svuotamento e rilancio, i liquami vengono mandati a trattamento mediante una tubazione di scarico.

All'interno della centrale del vuoto è presente un quadro elettrico di controllo che contiene tutti i dispositivi di controllo dei motori e dei relativi sovraccarichi, il circuito di controllo e il contatore di funzionamento di ciascuna pompa del vuoto. Il quadro di controllo contiene anche il touch screen (pannello di controllo) che gestisce tutte le funzioni del sistema ed i vari segnali di allarme come: scatti termici, basso vuoto nella linea, perdita pneumatica nella linea, eccessivo riempimento della cisterna, surriscaldamento delle pompe, etc. Tutti questi dati possono essere interfacciati su portatile, stampante, etc. e gestiti nella maniera preferita. Inoltre nel pannello è presente un telefono che può avvisare in sequenza programmata una serie di numeri telefonici del servizio manutenzione consentendo di avere costantemente sotto controllo l'intero impianto. Il pannello di controllo è anche fornito di un sistema di monitoraggio in grado di identificare un pozzetto con funzionamento anomalo e visualizzare il numero identificativo del pozzetto sul quadro stesso permettendo interventi di manutenzione tempestivi e precisi.