

PROGETTO

SVILUPPO PROGETTO

TERMINALE GNL NEL PORTO DI MONFALCONE

UBICAZIONE

MONFALCONE, ITALIA

PROPONENTE

SMART GAS S.p.A.



UNITA' FUNZIONALE

DOCUMENTI PER AUTORIZZAZIONE

TITOLO DOCUMENTO

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA



CONSULENZA

consulting, design, operation & maintenance engineering

| | | | | | |
|------------|----------------------------|--|--------------------------------------|-----------|--------|
| | | | | | |
| 30/06/2014 | EMISSIONE PER APPROVAZIONE | <i>Alice Coropa</i> ACN <i>Gessarfama</i> EMS | MFC <i>Andrea Sola</i> ALS | DIL | AO |
| 18/04/2014 | PRIMA EMISSIONE | ACN/EMS | MFC | DIL | SSA |
| DATA | DESCRIZIONE | ESEGUITO | CONTROLL. | APPROVATO | SOTT. |

| | | | | | | | | |
|------------|-------|----------------|---------|-----|-----|---|-----|----|
| DATA | SCALA | CODICE INTERNO | DOC. N. | | | | REV | FG |
| 30/06/2014 | | 14-007-H5 | 14 | 007 | CIV | R | 030 | 1 |

INDICE

| | <u>Pagina</u> |
|---|---------------|
| LISTA DELLE TABELLE | II |
| LISTA DELLE FIGURE | II |
| 1 PREMESSA | 1 |
| 2 OGGETTO | 4 |
| 3 QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO | 5 |
| 3.1 IL PIANO REGIONALE DI TUTELA DELLE ACQUE | 5 |
| 3.2 IL PIANO DI GESTIONE DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLE ALPI ORIENTALI | 8 |
| 4 INQUADRAMENTO DEL RETICOLO IDROGRAFICO DELL'AREA | 10 |
| 4.1 RETICOLO IDROGRAFICO MAGGIORE | 10 |
| 4.2 RETICOLO IDROGRAFICO DI DETTAGLIO | 13 |
| 4.3 CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO IDRAULICO | 15 |
| 5 ANALISI DEL REGIME DELLE PRECIPITAZIONI | 18 |
| 5.1 PLUVIOMETRIA – ANALISI STATISTICA | 18 |
| 5.2 CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA | 22 |
| 6 CONCLUSIONI | 26 |
| RIFERIMENTI | |

LISTA DELLE TABELLE

| <u>Tabella No.</u> | <u>Pagina</u> |
|--|----------------------|
| Tabella 4.1: Portate del reticolo idrografico di dettaglio | 14 |
| Tabella 5.1: Serie storiche delle precipitazioni di massima intensità per diverse durate | 19 |
| Tabella 5.2: Curve di probabilità pluviometrica | 23 |

LISTA DELLE FIGURE

| <u>Figura No.</u> | <u>Pagina</u> |
|---|----------------------|
| Figura 1.1: Area di Intervento | 3 |
| Figura 2.1: Golfo di Panzano | 4 |
| Figura 3.1: Tipizzazione delle Acque Superficiali (PTA) | 6 |
| Figura 3.2: Aree Sensibili (PTA) | 6 |
| Figura 3.3: Legenda Aree Sensibili (PTA) | 7 |
| Figura 3.4: Inquadramento del Distretto delle Alpi Orientali | 9 |
| Figura 4.1: Bacino del Levante | 10 |
| Figura 4.2: Reticolo Idrografico di Dettaglio | 13 |
| Figura 4.3: Zona di confluenza corpi idrici | 14 |
| Figura 4.4: Carta delle Aree Allagabili – Rischio – $Tr=300$ anni | 15 |
| Figura 4.5: Legenda Carta delle Aree Allagabili – Rischio | 15 |
| Figura 4.6: Carta delle Aree Allagabili – Altezze Idriche – $Tr=300$ anni | 16 |
| Figura 4.7: Legenda Carta delle Aree Allagabili - Altezze Idriche | 16 |
| Figura 5.1: Inquadramento stazione Pluviometrica Alberoni | 18 |
| Figura 5.2: Curve di probabilità pluviometrica | 24 |
| Figura 5.3: Curve intensità-durata-frequenza (IDF) | 25 |

RAPPORTO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA TERMINALE GNL NEL PORTO DI MONFALCONE

1 PREMESSA

La società SMART GAS S.p.A. (società di scopo che raccoglie grandi consumatori regionali del Friuli Venezia Giulia) intende realizzare all'interno dell'area industriale del porto di Monfalcone un terminale per la ricezione e rigassificazione di Gas Naturale Liquefatto (GNL) di piccola taglia, nonché per la distribuzione diretta di GNL (attraverso camion, ferrocisterna e navi mini-LNG) con lo scopo di fornire gas naturale alle utenze industriali friulane.

Tale iniziativa nasce dalla possibilità per i clienti industriali regionali (attuali e di futuro insediamento), di stipulare contratti per la fornitura di gas a costi competitivi rispetto a quelli praticati attualmente dai principali attori del mercato di distribuzione del gas naturale.

Inoltre, grazie alla posizione strategica del Terminale, ubicato nell'area portuale di Monfalcone, lungo le principali direttrici di traffico verso l'Europa Centrale ed Orientale, l'iniziativa consentirà ulteriori sviluppi associati alla distribuzione del GNL liquido (quale combustibile per processi di produzione di energia e calore o autotrazione) anche su scala più vasta.

Il Terminale avrà una capacità di rigassificazione di 800 milioni di Sm³/anno di gas naturale; inoltre, il progetto prevede la possibilità di stoccare e distribuire GNL liquido per ulteriori 1.33 MSm³/anno.

La capacità di stoccaggio di GNL è pari a 170,000 m³; l'approvvigionamento dei quantitativi richiesti sarà garantito attraverso l'arrivo di navi metaniere di capacità massima fino a 125,000 m³.

Il progetto prevede la realizzazione degli interventi infrastrutturali e impiantistici necessari a:

- consentire l'attracco delle navi metaniere e il trasferimento del prodotto liquido (GNL) dalle stesse ai serbatoi di stoccaggio attraverso tubazioni criogeniche;
- permettere lo stoccaggio, la rigassificazione e la misura del GNL prima della sua immissione in rete;
- distribuire il GNL attraverso operazioni di bunkering su imbarcazione ("terminal to ship"), camion ("terminal to truck") e rotaia ("terminal to rail").

In particolare il progetto prevede:

- l'esecuzione di dragaggi per l'approfondimento dei fondali lungo il canale di accesso al Porto e nel bacino di evoluzione. L'intervento garantirà una profondità di -13.5 m s.l.m.m., ritenuta adeguata a consentire l'arrivo e le operazioni di manovra, ormeggio e disormeggio delle gasiere di capacità massima fino a 125,000 m³;

- la realizzazione di una banchina attrezzata per l'accosto, l'ormeggio e la scarica delle navi metaniere. L'opera sarà realizzata in corrispondenza del tratto di canale di accesso sul margine Sud-Ovest dell'esistente cassa di colmata del porto di Monfalcone;
- la realizzazione di una cassa di colmata, destinata alla ricezione dei sedimenti dragati, e di altre opere marittime a protezione dell'area di ormeggio (rimozione dell'attuale diga di sovrappiù, prolungamento della diga di sottopiù esistente);
- l'installazione, lungo la banchina attrezzata, dei bracci di carico necessari allo scarico del GNL;
- la posa delle condotte criogeniche di collegamento tra la banchina di ormeggio ai serbatoi di stoccaggio (aventi lunghezza di circa 1 km);
- la realizzazione dell'impianto di rigassificazione (serbatoi di stoccaggio, vaporizzatori, etc.), che sarà ubicato in area demaniale marittima allo stato attuale in concessione (scadenza a Dicembre 2015) al Consorzio Sviluppo Industriale di Monfalcone (di seguito CSIM) allo scopo di mantenere un impianto pilota per l'inertizzazione di materiali di dragaggio. Il GNL sarà stoccato in No. 2 serbatoi a contenimento totale di capacità di 85,000 m³. Il processo di rigassificazione sarà effettuato attraverso l'impiego di vaporizzatori ad acqua (Open Rack Vaporizers – ORVs); i quantitativi di acqua necessari al processo di rigassificazione (2,500 m³/h) saranno forniti dalla cartiera di proprietà Burgo, attraverso la realizzazione di una condotta di approvvigionamento che attraversa in subalveo il Canale Locovaz. In via preliminare, le modifiche di impianto a cura di Burgo S.p.A. consistono nella realizzazione del sistema di rilancio e nella posa delle tubazioni necessarie alla fornitura dell'acqua fino al confine di cartiera;
- posa della condotta di collegamento alla rete di trasporto regionale, avente una lunghezza di circa 6 km. Il tracciato del metanodotto si svilupperà, lungo la quasi totalità, parallelamente alla condotta esistente di Snam Rete Gas che deriva gas naturale, dalle condotte 26" + 10" in corrispondenza del Nodo No. 899, all'area di Monfalcone;
- predisposizione per la distribuzione del GNL attraverso navi mini LNG, camion e ferrocisterna. In particolare il progetto prevede la realizzazione di: condotta criogenica per il trasferimento del GNL dall'impianto in banchina; braccio di carico dedicato la caricazione di gasiere di piccola taglia (capacità inferiore a 10,000 m³); predisposizione per la realizzazione di un piazzale attrezzato per il caricamento di autobotti (da ubicarsi in corrispondenza dell'area Sud-Est di impianto) e di un'area per movimentazione e caricamento su ferrocisterna (snodo ferroviario, sistema di trasferimento GNL), che sarà localizzato nell'area Nord e Nord-Ovest del Terminale.

L'area oggetto dell'intervento delle opere principali è rappresentata nella seguente figura.

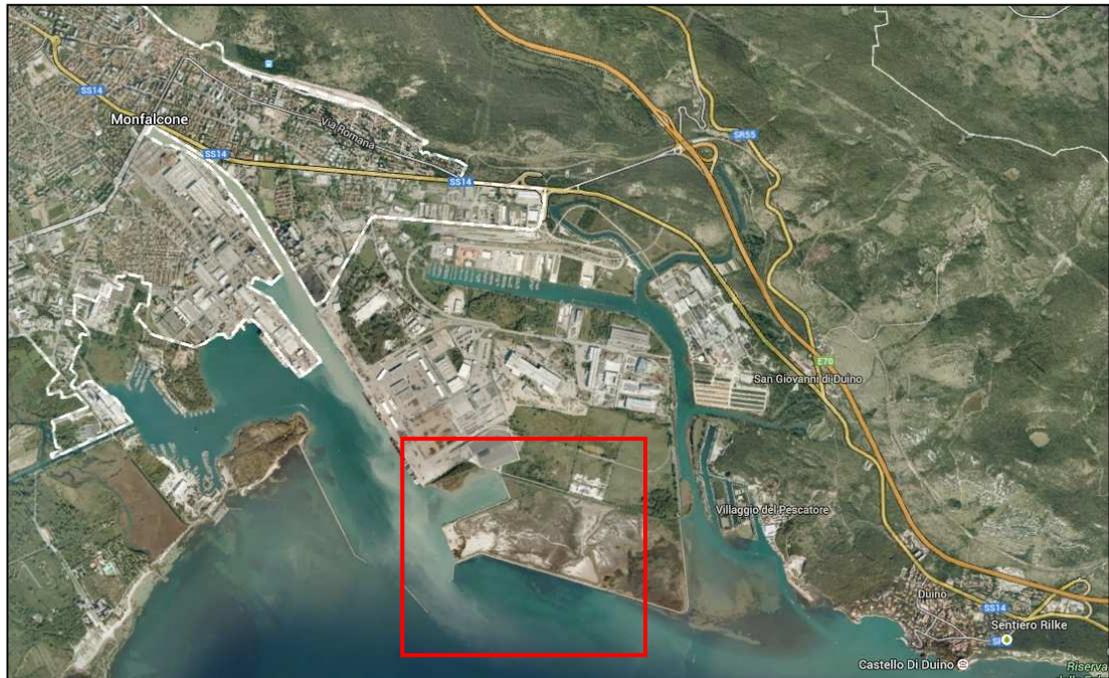


Figura 1.1: Area di Intervento

Il presente rapporto è strutturato nei seguenti capitoli:

1. Premessa;
2. Oggetto;
3. Quadro di riferimento normativo;
4. Inquadramento del reticolo idrografico dell'area;
5. Analisi del regime delle precipitazioni;
6. Conclusioni.

2 OGGETTO

Oggetto della presente relazione sono la descrizione del reticolo idrografico e l'analisi del regime delle precipitazioni con particolare riferimento al territorio in cui ricade l'intervento in esame.

Gli interventi proposti interessano le aree del porto di Monfalcone situate nel Golfo di Panzano, all'interno del più ampio Ambito delle Acque Costiere dell'Alto Adriatico.

Il Golfo di Panzano occupa la parte nord-orientale del Golfo di Trieste ed è limitato a est dal Carso Triestino, a N e W dalle coste basse, originate dai depositi dell'Isonzo e dal Timavo, e a S da un'immaginaria linea congiungente Punta Sdobba con Marina di Aurisina.

Come si deduce dalla Relazione Generale del Piano di Gestione del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, il distretto in cui si inserisce lo scalo portuale di Monfalcone è denominato "Levante"; esso interessa l'area del Carso Goriziano e Triestino e un ambito più ampio, comunemente conosciuto come "Carso Classico", esteso tra il confine italiano e quello sloveno.

Il bacino di Levante ha un'estensione complessiva di circa 1,275 km², dei quali circa 940 ricadenti in territorio sloveno; è formato da due zone geomorfologicamente molto diverse: l'estremo lembo orientale della pianura friulana ad Est dell'Isonzo, dove scorrono una serie di canali artificiali, e la zona del Carso.

Nella zona di pianura scorre il Brancolo, ormai ridotto ad un canale di bonifica, mentre la zona del Carso è attraversata da tre corsi d'acqua principali: il fiume Timavo, il rio Osopo ed il torrente Rosandra.



Figura 2.1: Golfo di Panzano

3 QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO

3.1 IL PIANO REGIONALE DI TUTELA DELLE ACQUE

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA), previsto all'articolo 121 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, costituisce lo strumento di cui le Regioni devono dotarsi per l'attuazione delle politiche di miglioramento delle acque superficiali e sotterranee.

Il Piano Regionale di Tutela delle Acque definisce, pertanto, sulla base dell'analisi conoscitiva dello stato delle acque in Regione, le misure per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici e delle acque a specifica destinazione, attraverso un approccio che integri sapientemente gli aspetti quantitativi della risorsa, come ad esempio il minimo deflusso vitale ed il risparmio idrico, con quelli più tipicamente di carattere qualitativo.

Il processo di formazione del Piano Regionale di Tutela delle Acque è stato avviato, con deliberazione della Giunta Regionale n. 246 in data 05 febbraio 2009, contestualmente all'attivazione della procedura di Valutazione Ambientale Strategica.

La Giunta regionale, con delibera n. 1309 dell'11 giugno 2009, ha preso atto del documento concernente la "valutazione globale provvisoria dei problemi prioritari per la gestione delle acque nella Regione Friuli Venezia Giulia". In conformità a quanto previsto all'articolo 122 del D. Lgs. 152/2006, tale documento è stato sottoposto alla consultazione del pubblico per un termine di sei mesi a decorrere dal 24.06.2009, data di pubblicazione della citata deliberazione sul Bollettino Ufficiale della Regione n. 25/2009.

Attualmente il Piano ed il relativo rapporto ambientale risultano ancora in fase di redazione e completamento ma la Giunta regionale ha adottato il Progetto di Piano di Tutela delle Acque e le misure di salvaguardia e protezione della risorsa idrica con Deliberazione della Giunta regionale 15 novembre 2012, n. 2000 recante "LR 16/2008, art. 13 Adozione definitiva del progetto di Piano regionale di tutela delle acque".

Dall'esame degli elaborati del Progetto di Piano si deduce che l'area a mare antistante il porto di Monfalcone, come riportato nella tavola "Tipizzazione delle acque superficiali", è classificata come "acque marino costiere – ACE1", caratterizzata da pianura alluvionale ed acque ad alta stabilità.

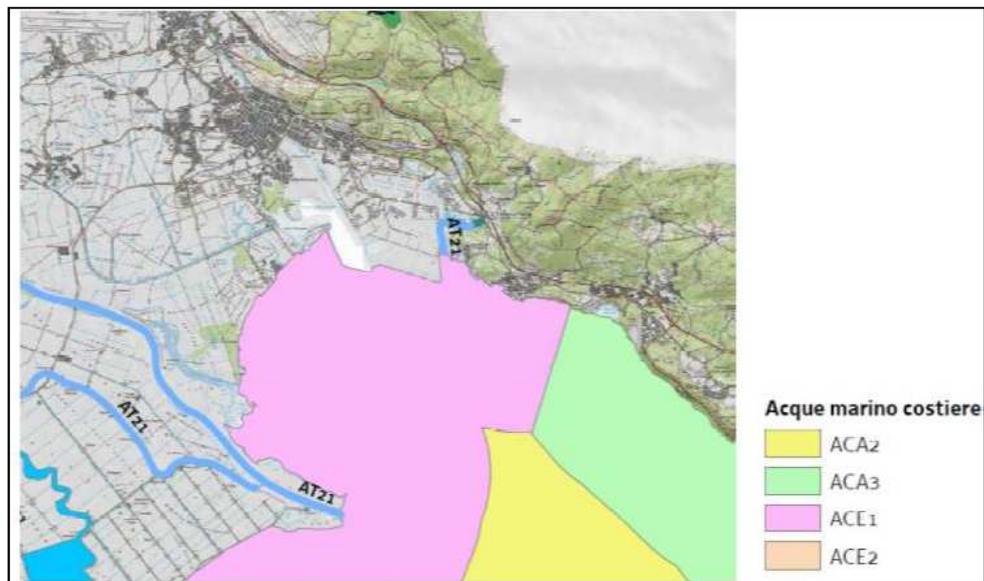


Figura 3.1: Tipizzazione delle Acque Superficiali (PTA)

Sulla base della carta delle “Aree Sensibili” individuata dal Progetto di PTA, è possibile evidenziare come le aree di progetto sono localizzate in:

- acque marino-costiere del mare Adriatico settentrionale (aree di progetto a mare);
- bacino drenante delle aree sensibili (aree di progetto a terra).



Figura 3.2: Aree Sensibili (PTA)

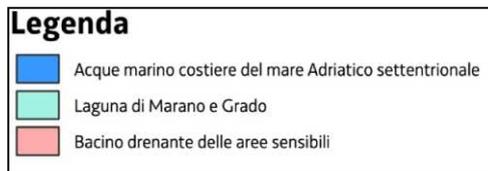


Figura 3.3: Legenda Aree Sensibili (PTA)

Si evidenzia che, relativamente alle aree sensibili, le Norme di Attuazione del Progetto di PTA regolamentano solamente gli scarichi di acque reflue urbane provenienti da agglomerati superiori a 1,000 A.E. (abitanti equivalenti) situati all'interno dei bacini drenanti afferenti alle aree sensibili.

Con riferimento alle acque marino costiere del mare Adriatico settentrionale, si ricorda che è in vigore il Piano di Gestione del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, descritto nel paragrafo successivo.

3.2 IL PIANO DI GESTIONE DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLE ALPI ORIENTALI

I bacini idrografici appartenenti al Distretto delle Alpi Orientali sono i seguenti:

- bacino dell'Adige, già bacino nazionale ai sensi della legge 183/1989;
- bacini dell'Alto Adriatico, comprendenti i bacini dell'Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave e Brenta - Bacchiglione, già bacini nazionali ai sensi della legge 183/1989;
- bacini del Lemene e del Fissero – Tartaro - Canalbianco, già bacini interregionali ai sensi della legge 183/1989;
- bacino dello Slizza (ricadente nel bacino del Danubio), quello dei tributari della Laguna di Marano-Grado, quello della pianura tra Piave e Livenza, quello del Sile e quello scolante della laguna di Venezia, già bacini regionali ai sensi della legge 183/1989;
- bacino del Levante, già bacino regionale ai sensi della legge 183/1989.

Essi occupano una superficie complessiva di oltre 39.000 km² e si estendono, dal punto di vista amministrativo, nei territori della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, della Regione del Veneto, della Regione Lombardia nonché delle Province Autonome di Trento e di Bolzano.

L'area di Monfalcone è inserita all'interno del bacino denominato "Levante", come indicato nella figura seguente.

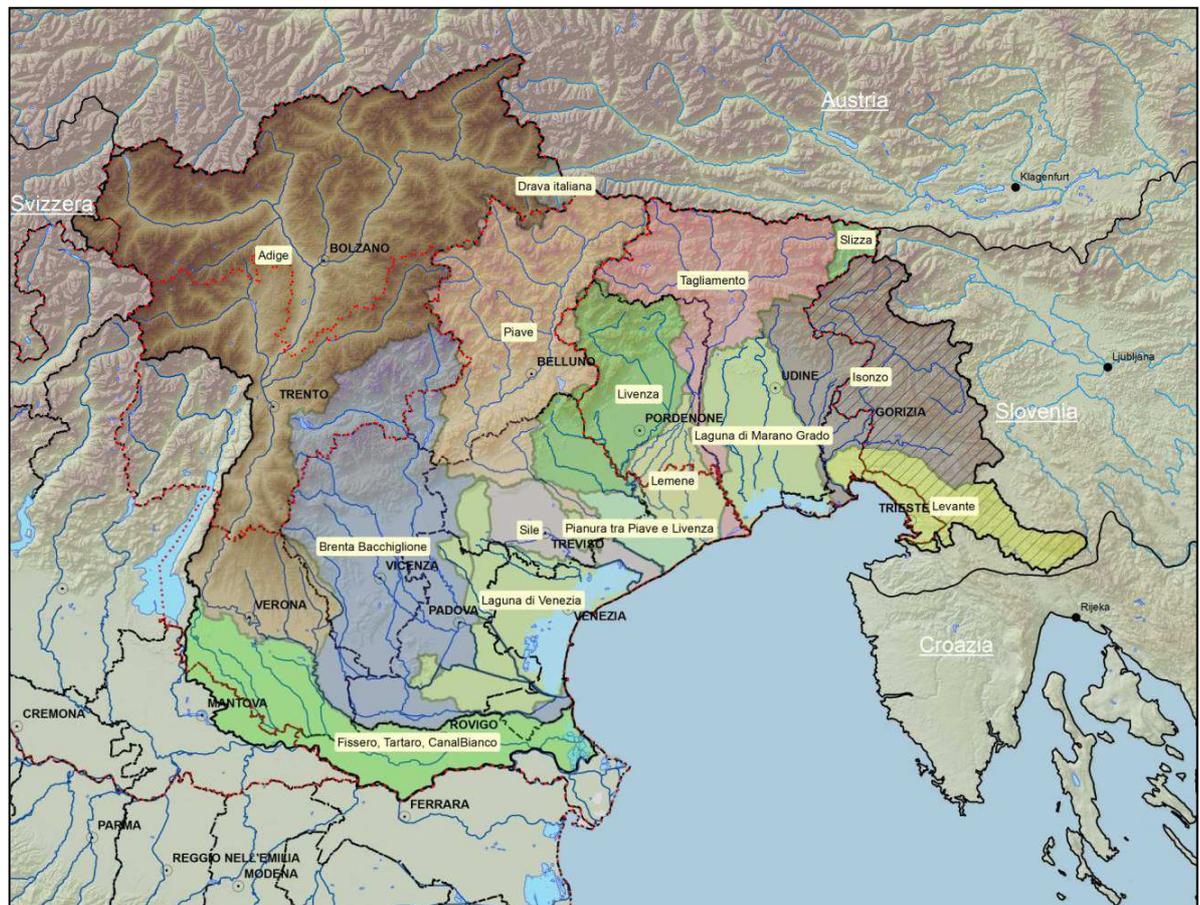


Figura 3.4: Inquadramento del Distretto delle Alpi Orientali

Per quanto riguarda l'iter procedurale il Piano di Gestione delle Acque ha concluso con parere positivo la procedura di VAS con prot. DVA-DEC 2010 000080 del 01.04.2010 e ad oggi il Documento di Piano risulta adottato dai Comitati Istituzionali dell'Autorità di bacino dell'Adige e dell'Autorità di bacino dei fiumi dell'Alto Adriatico (Delibera n.1 - 24.02.2010), riuniti in seduta comune il 24 febbraio 2010.

Come si legge all'interno della Relazione Generale del Documento di Piano "il bacino del Levante, costituente l'area del Carso Goriziano e Triestino, rappresenta parte di un'area più ampia comunemente conosciuta come "Carso Classico", estesa a cavallo tra il confine italiano e quello sloveno". Per ulteriori dettagli sul bacino del Levante si rimanda al paragrafo successivo.

4 INQUADRAMENTO DEL RETICOLO IDROGRAFICO DELL'AREA

4.1 RETICOLO IDROGRAFICO MAGGIORE

Il bacino del Levante ha un'estensione complessiva di circa 1275 km² dei quali circa 940 ricadenti in territorio sloveno; è formato da due zone geomorfologicamente molto diverse: l'estremo lembo orientale della pianura friulana ad est dell'Isonzo, dove scorrono una serie di canali artificiali, e la zona del Carso.

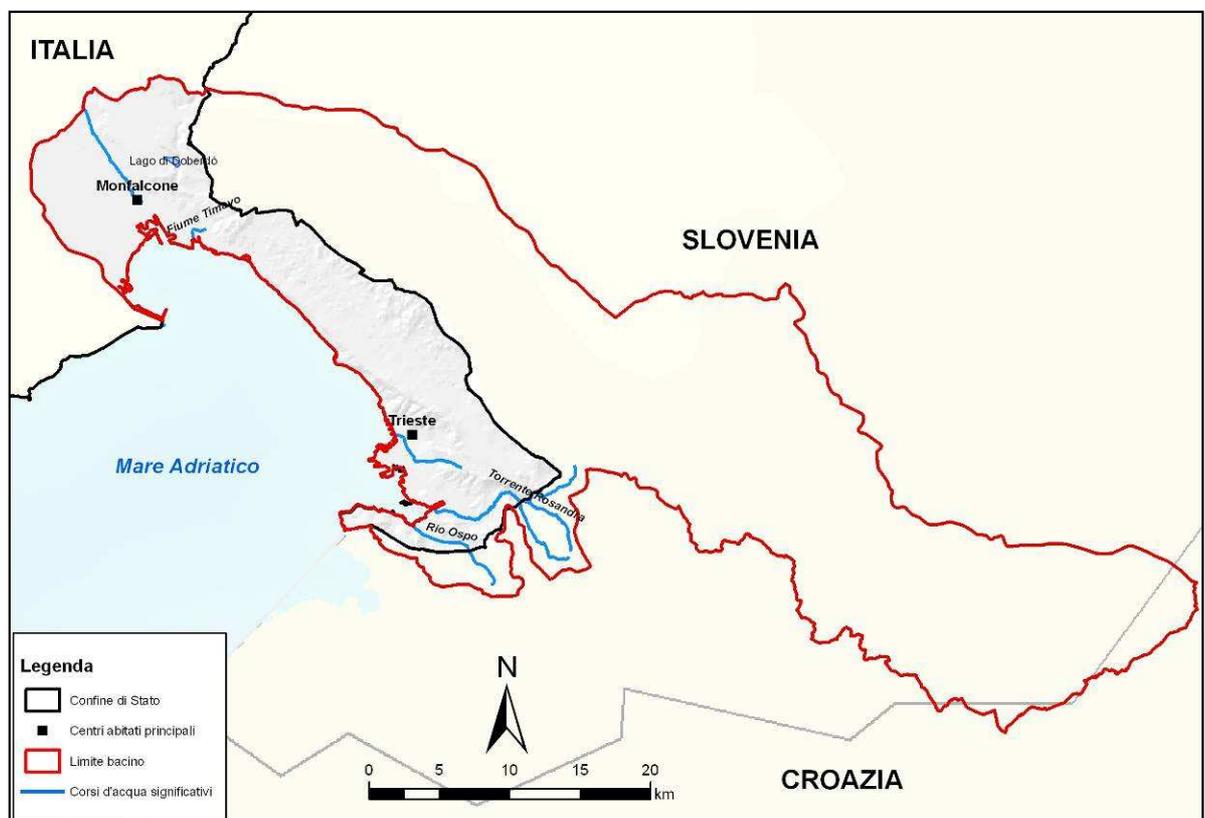


Figura 4.1: Bacino del Levante

Nella zona di pianura, nei pressi della località Panzano Bagni, scorre il Brancole, ormai ridotto ad un canale di bonifica e caratterizzato comunque da portate discrete, sempre superiori a 6 m³/s.

La zona del Carso è attraversata da tre corsi d'acqua principali: il fiume Timavo, il rio Osopo ed il torrente Rosandra.

Il Timavo è considerato il “fiume classico dell'idrologia carsica” poiché dopo un lungo percorso in superficie, in territorio sloveno, scompare nella voragine di San Canziano per ricomparire dopo parecchi chilometri in territorio italiano, a breve distanza dal mare. In realtà il Timavo, più che la continuazione del corso superficiale della Reka, è il collettore di tutte le acque sotterranee drenate in profondità nella vasta area del Carso.

Nel complesso sorgentifero del Timavo convergono due sistemi drenanti: uno più profondo, legato all'apporto della Reka, è costituito da una sequenza di ampie gallerie che sboccano nel complesso sotterraneo delle risorgive; l'altro più superficiale, interconnesso al primo da collegamenti di strette canalizzazioni, che sbocca nelle sorgenti minori. Questo sistema più superficiale è alimentato dalle precipitazioni meteoriche sull'intero bacino carsico, con miscele di acque isontine di entità variabile nelle diverse condizioni idrologiche. Dopo il tratto sotterraneo, il Timavo sgorga in località Lisert da quattro bocche su un fronte di 200 metri, a circa mezzo chilometro dal mare. Dopo 300 metri i diversi rami si riuniscono in un unico canale, con il fondo a qualche metro sotto il livello del mare, dove l'acqua dolce scorre su di un “letto” di acqua salmastra quasi ferma.

Il bacino del rio Ospo ha un'estensione di 27 km². Gran parte del suo bacino si sviluppa in territorio sloveno caratterizzato dalla presenza di rocce calcaree e cavità carsiche. Nel territorio regionale, poi, la rete idrografica si sviluppa in terreni flyschoidi a prevalenza marnoso - arenacea.

La forma del bacino dell'Ospo superiore consiste di una parte pianeggiante e bassa racchiusa da tutti i lati da alture. Tale piana è notevolmente ampia e di natura alluvionale; da un punto di vista paleogeografico essa rappresentò quasi certamente un percorso fluviale ben più notevole dell'attuale. L'alluvione è costituita da ghiaie calcaree molto permeabili, in diretto contatto coi lembi detritici che scendono dai pendii calcarei, e, in qualche punto, confinanti direttamente col calcare. Nel bacino inferiore il terreno alluvionale è della stessa natura; cambia, invece, la parte impermeabile argillosa superficiale che è molto più spessa.

Nel suo percorso il rio Ospo riceve le acque da diversi affluenti: le acque dei torrenti Menariolo e Rabuiese in sinistra orografica, mentre in destra orografica, oltre al torrente Gabrovizza, il rio Ospo riceve i contributi del torrente del Diavolo e del rio di Stramare che scendono dai versanti del monte d'Oro-Belvedere. Al termine della piana alluvionale originaria si estende verso il mare la zona di ingressione marina, oramai bonificata. Il corso d'acqua presenta alcuni tratti d'alveo canalizzati.

Il bacino del torrente Rosandra può essere idealmente suddiviso in tre sottobacini per le diverse caratteristiche geologiche ed idrologiche.

Il tratto superiore si sviluppa in territorio sloveno, dove il torrente Rosandra trae origine da alcune sorgenti perenni sgorganti da strati d'arenaria. Esso risulta in parte forzato nella zona carsica, in parte caratterizzato da una prevalenza di sedimenti marnoso-arenacei impermeabili dei substrati rocciosi.

Il bacino intermedio si estende da nord a sud seguendo una profonda gola d'erosione carsica. La Val Rosandra divide tettonicamente e morfologicamente il Carso di S. Servolo da quello Triestino, separandone le acque sotterranee che percolano dalla superficie. L'inizio del corso medio è rappresentato dall'incontro con la zona calcarea, poco a valle di Botazzo, dove il torrente precipita con un salto di circa quaranta metri, dando origine ad una cascata. Il torrente scorre successivamente in una profonda vallata incisa nel calcare che gradatamente si appiana, passando dalla roccia calcarea ai terreni marnoso-arenacei.

Il bacino inferiore del torrente Rosandra si sviluppa nella piana di Zaule, territorio a carattere geologico prettamente alluvionale. Il corso d'acqua ed i vari confluenti subiscono non poche perdite dovute al terreno alluvionale permeabile. Ne consegue che in periodo di magra, il Rosandra risulta quasi totalmente tributario della falda.

Si segnala, inoltre, che la falda di subalveo del fiume Vipacco, affluente dell'Isonzo, alimenta in parte, in riva sinistra, i laghi carsici di Doberdò, Pietrarossa e Sablici situati nel bacino del Levante (comuni di Doberdò del Lago e Monfalcone).

4.2 RETICOLO IDROGRAFICO DI DETTAGLIO

Il reticolo idrografico di dettaglio dell'area di intervento è costituito dai seguenti corpi idrici:

- Fiume Locavaz (o Locovaz): fiume dal corso breve che raccoglie le acque risorgive che affiorano ai piedi del Carso, tra i comuni di Monfalcone e Duino, e le convoglia nel Golfo di Panzano. Il corso d'acqua si dirama in rivoli minori formando un'area dalla morfologia deltizia;
- Canale Lisert: canale artificiale ubicato nella piana omonima e collegato al fiume Locavaz, che si unisce alle acque del Timavo prima di giungere al mare;
- Canale Moschenizza: canale collegato al fiume Locavaz in prossimità del canale Lisert.

In particolare, come riportato nella seguente figura, si può osservare il complesso collegamento tra il canale Moschenizza, il fiume Locavaz e il fiume Timavo.

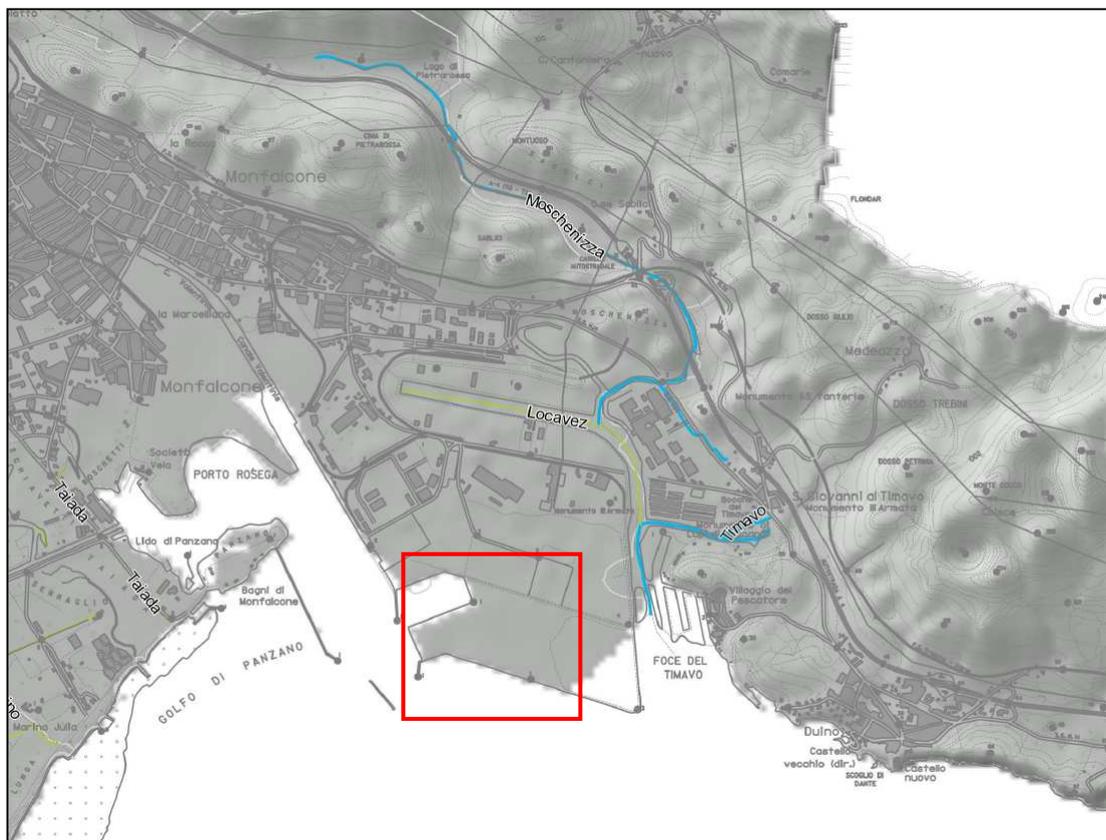


Figura 4.2: Reticolo Idrografico di Dettaglio

Dall'analisi dei dati di portata di letteratura ed in particolare del documento "La portata del Timavo alle risorgive di S. Giovanni di Duino - Gemitì E. - (1984)", le portate medie e massime dei corpi idrici presenti nell'area di intervento sono indicate nella seguente tabella:

Tabella 4.1: Portate del reticolo idrografico di dettaglio

| Corpo Idrico | Q [m ³ /s] |
|--------------|-----------------------|
| Locavaz | 2.2 |
| Moschenizza | 2.4 |
| Timavo | 30.2-84.0 |

Nella seguente figura è riportata la zona di confluenza.

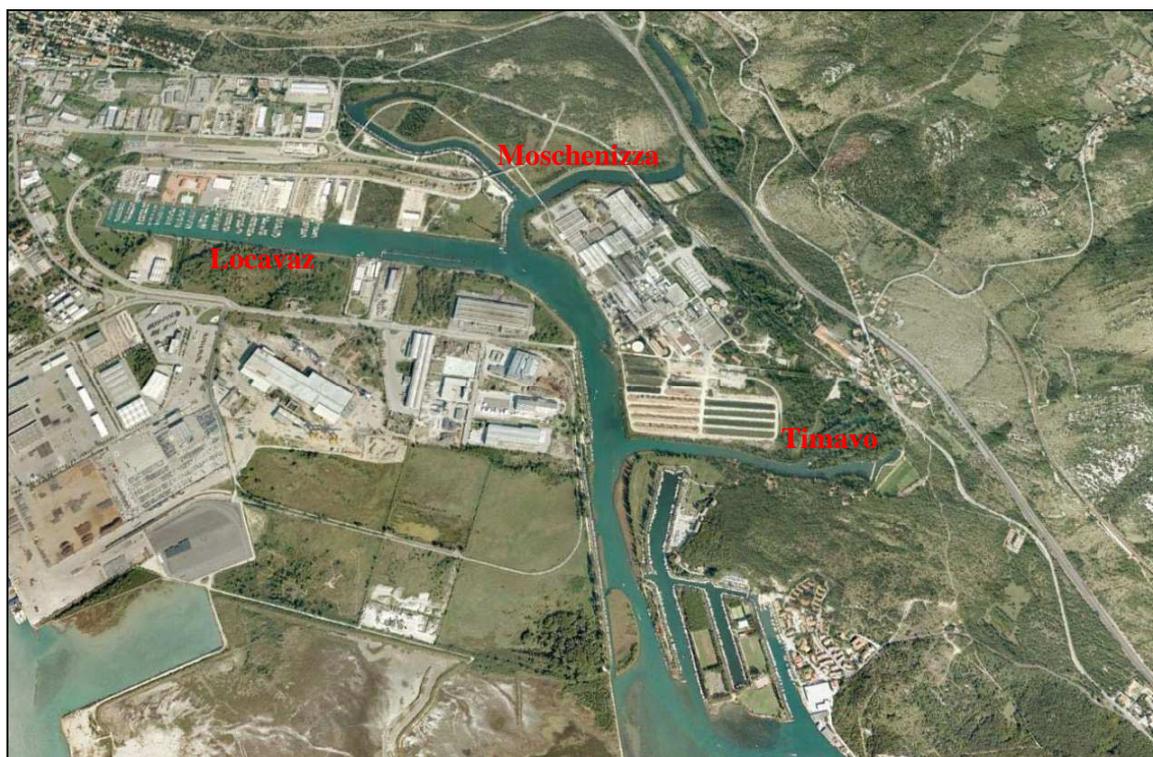


Figura 4.3: Zona di confluenza corpi idrici

Si segnala che le quote arginali dei corpi idrici presenti nell'area di interesse non sono storicamente mai state superate, e gli allagamenti che hanno interessato la zona sono dovuti essenzialmente alla carente manutenzione degli organi di scarico (valvole a clapet danneggiate o non funzionanti) della rete dei capofossi di raccolta acque e sgrondo dei terreni agricoli privati adiacenti, che è causa di rigurgiti anche con tiranti non eccezionali.

4.3 CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO IDRAULICO

Il “Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni – Bacini Isonzo, Regionale Friuli Venezia Giulia” classifica i territori in funzione delle condizioni di pericolosità e rischio idrogeologico.

Nelle seguenti figure si riportano la carta del rischio e la carta delle aree allagabili relative ad un tempo di ritorno pari a 300 anni ed estratte dalla cartografia di Piano.

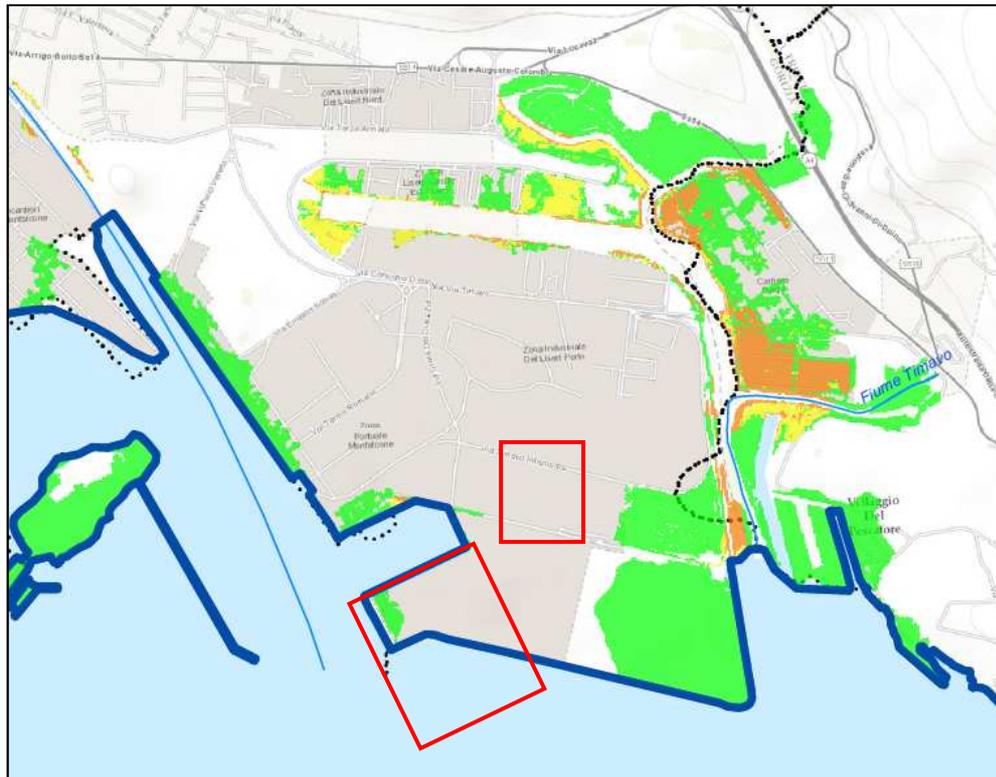


Figura 4.4: Carta delle Aree Allagabili – Rischio – Tr=300 anni



Figura 4.5: Legenda Carta delle Aree Allagabili – Rischio

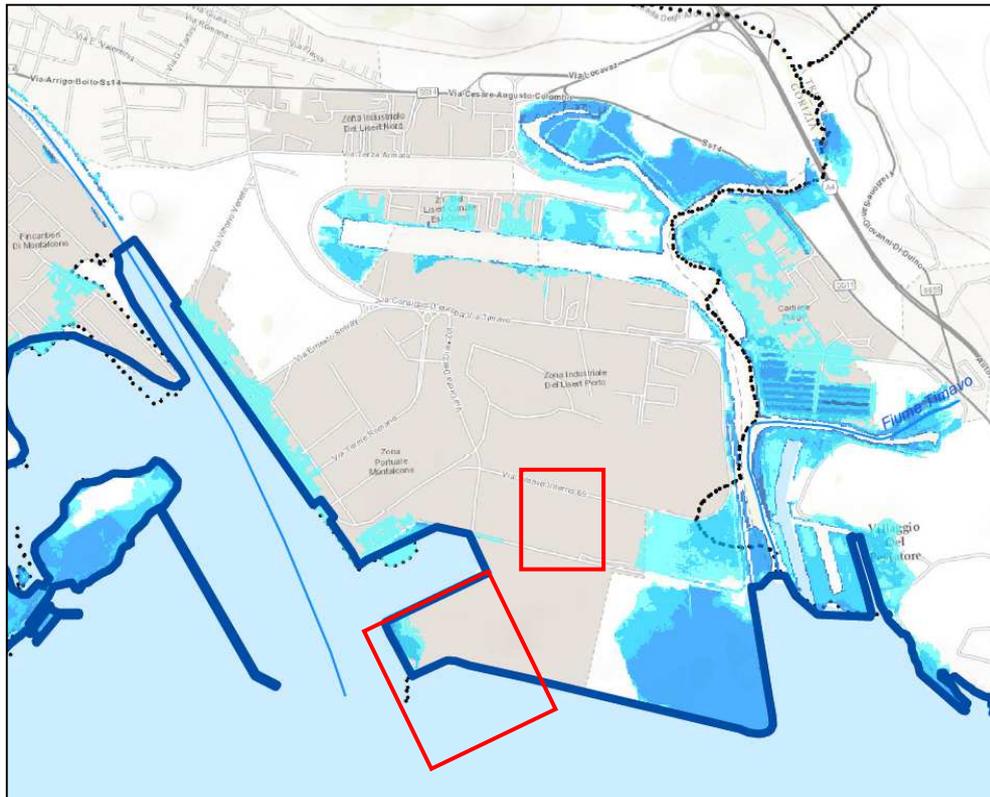


Figura 4.6: Carta delle Aree Allagabili – Altezze Idriche – Tr=300 anni



Figura 4.7: Legenda Carta delle Aree Allagabili - Altezze Idriche

Dall'analisi della cartografia di Piano risulta che:

- L'impianto di progetto è collocato all'esterno della delimitazione delle fasce a rischio;
- Alcune zone limitrofe alla banchina di progetto ricadono in area a rischio moderato (R1) e classe di altezza idrica compresa tra 0 e 1 m.

Il rischio moderato (R1) è un rischio per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

Nelle aree classificate R1, la pianificazione urbanistica e territoriale disciplina l'uso del territorio, le nuove costruzioni, i mutamenti di destinazione d'uso, la realizzazione di nuove infrastrutture e gli interventi sul patrimonio edilizio esistente nel rispetto dei criteri e delle indicazioni generali del presente Piano conformandosi allo stesso.

5 ANALISI DEL REGIME DELLE PRECIPITAZIONI

Il presente paragrafo illustra le elaborazioni e le metodologie di calcolo finalizzate alla determinazione dell'andamento degli afflussi meteorici intensi, con durata inferiore alle 24 ore, sull'area in esame.

Per la corretta definizione delle portate di progetto della rete è stata effettuata un'analisi statistica sull'entità delle precipitazioni di breve durata e massima intensità registrate nella stazione pluviometrica di Alberoni, posta in prossimità di Monfalcone, che risulta più rappresentativa del regime delle piogge intense nell'area in esame, sia per la lunga serie storica di registrazioni (oltre 50 anni) sia per l'affidabilità dei dati.

5.1 PLUVIOMETRIA – ANALISI STATISTICA

Per l'analisi sono stati utilizzati i dati ottenuti dall'Ufficio Idrografico e Mareografico della Regione Friuli Venezia Giulia – Compartimento di Venezia, in particolare le precipitazioni di massima intensità e breve durata registrate alla stazione pluviometrica di Alberoni, appartenente ai bacini minori dal Risano all'Isonzo, e ubicata ad una quota di 2 m s.l.m.. Nella seguente figura si riporta l'inquadramento della stazione pluviometrica analizzata.

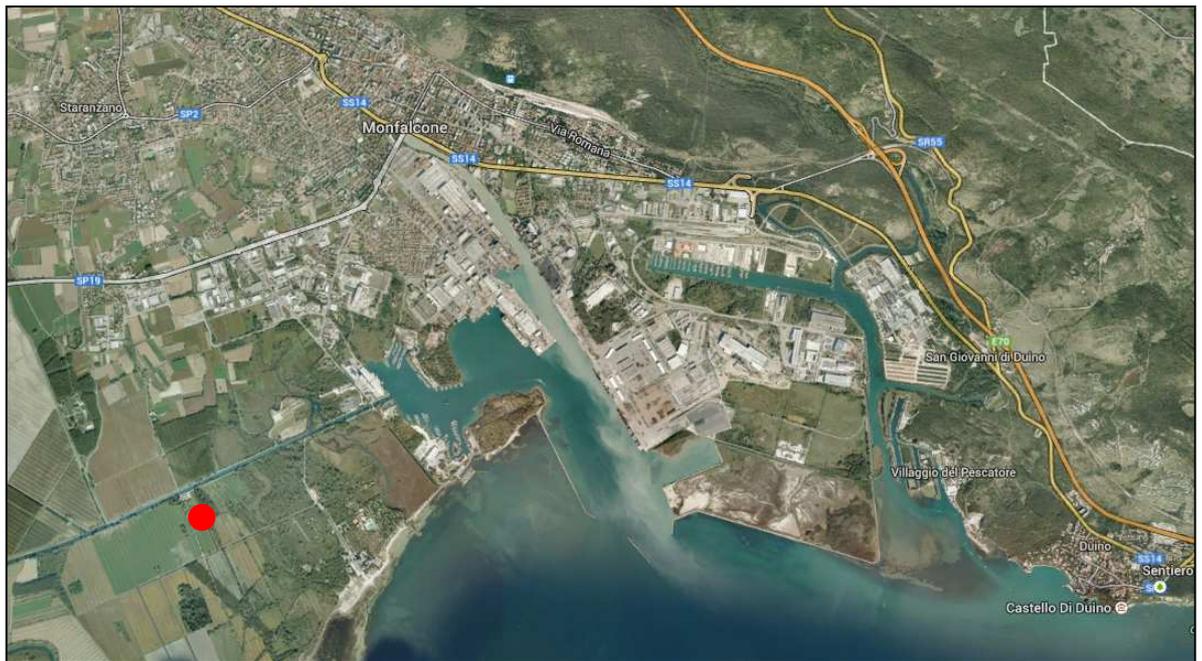


Figura 5.1: Inquadramento stazione Pluviometrica Alberoni

Della stazione pluviometrica di Alberoni sono disponibili i dati storici di precipitazione di massima intensità e breve durata per il periodo 1942-1996 (55 anni). I dati ufficialmente pubblicati dal Servizio Idrografico costituiscono un campione storico sufficientemente esteso ed omogeneo per le durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, mentre per i dati con durata inferiore a 1 ora, le letture non sono continue anche a causa della variabilità degli intervalli temporali di riferimento utilizzati. Nella seguente tabella sono riportati anno per anno i valori di precipitazione di massima intensità per le durate di 15, 30, 45 minuti e 1, 3, 6, 12, 24 ore, utilizzati nelle successive elaborazioni.

Tabella 5.1: Serie storiche delle precipitazioni di massima intensità per diverse durate

| Pluviometro di ALBERONI | | Anni di osservazione: 1942 - 1996 | | | | | | |
|--|--------|-----------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Altezze massime di pioggia [mm] per assegnate durate | | | | | | | | |
| Anno | Durata | | | | | | | |
| | 15 min | 30 min | 45 min | 1 ora | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 1942 | 16.00 | | | 22.00 | 24.80 | 27.20 | 29.60 | 3.66 |
| 1943 | | | | 21.00 | 42.00 | 45.40 | 60.00 | 60.00 |
| 1944 | | | | | | | | |
| 1945 | | | | | | | | |
| 1946 | | | | | | | | |
| 1947 | | | | | | | | |
| 1948 | | | | | | | | |
| 1949 | | 22.00 | | 31.20 | 51.80 | 59.00 | 71.40 | 77.60 |
| 1950 | | 20.00 | | 20.60 | 43.00 | 54.00 | 60.00 | 62.40 |
| 1951 | | | | | | | | |
| 1952 | | | | | | | | |
| 1953 | | | | 33.20 | 37.60 | 38.00 | 48.60 | 53.40 |
| 1954 | | | | | | | | |
| 1955 | | 31.40 | | 39.00 | 44.20 | 58.60 | 66.80 | 67.60 |
| 1956 | | | | 28.20 | 38.00 | 53.00 | 53.80 | 78.00 |
| 1957 | | | | 35.00 | 43.40 | 53.60 | 57.40 | 57.60 |
| 1958 | | | | 35.80 | 80.00 | 100.00 | 111.60 | 132.00 |
| 1959 | | | | 34.00 | 81.40 | 82.00 | 82.00 | 82.00 |
| 1960 | | 20.20 | | 24.80 | 35.20 | 41.80 | 42.00 | 52.60 |
| 1961 | 13.00 | 29.20 | | 29.60 | 39.40 | 44.20 | 61.60 | 82.80 |
| 1962 | | | | 26.00 | 32.60 | 33.20 | 38.40 | 62.30 |
| 1963 | | 22.00 | 32.00 | 42.00 | 54.60 | 54.60 | 54.60 | 62.40 |
| 1964 | | 18.60 | | 20.20 | 27.60 | 32.20 | 50.00 | 71.00 |
| 1965 | 13.60 | 17.60 | | 19.60 | 32.00 | 37.80 | 39.60 | 44.60 |
| 1966 | 20.00 | 35.60 | 37.40 | 20.40 | 30.80 | 37.00 | 57.40 | 65.00 |
| 1967 | 14.20 | 28.00 | 44.40 | 45.40 | 50.40 | 50.40 | 50.40 | 70.20 |
| 1968 | 30.40 | 40.80 | 41.60 | 41.80 | 51.00 | 54.40 | 58.60 | 59.20 |
| 1969 | 12.20 | 16.60 | 21.20 | 26.60 | 31.40 | 41.60 | 45.40 | 48.40 |
| 1970 | 13.20 | 18.60 | 21.20 | 21.80 | 25.80 | 39.40 | 54.60 | 69.40 |
| 1971 | 13.60 | 18.60 | 21.20 | 22.20 | 29.20 | 37.20 | 61.40 | 67.20 |
| 1972 | 13.20 | 16.00 | 17.40 | 19.80 | 32.20 | 33.40 | 41.40 | 68.80 |
| 1973 | 20.40 | 24.00 | 28.40 | 33.80 | 47.20 | 51.60 | 52.00 | 76.20 |
| 1974 | 20.60 | 26.20 | 37.40 | 42.40 | 47.20 | 58.60 | 59.40 | 68.60 |
| 1975 | 20.60 | 23.00 | 25.40 | 26.20 | 40.80 | 52.60 | 59.40 | 84.60 |
| 1976 | 32.80 | 33.20 | 33.60 | 33.80 | 49.00 | 58.40 | 75.40 | 77.00 |
| 1977 | 15.20 | 20.20 | 22.00 | 23.40 | 33.60 | 41.60 | 61.20 | 83.00 |
| 1978 | 20.60 | 29.80 | 32.80 | 38.60 | 52.60 | 57.80 | 90.20 | 90.20 |
| 1979 | 30.60 | 33.20 | 34.60 | 43.20 | 53.60 | 53.80 | 67.60 | 68.20 |
| 1980 | 42.00 | 53.80 | 56.60 | 58.40 | 72.40 | 79.60 | 79.80 | 79.80 |
| 1981 | 18.80 | 24.20 | 32.00 | 32.60 | 32.60 | 43.60 | 54.20 | 69.60 |
| 1982 | 16.20 | 21.20 | 25.60 | 27.80 | 39.60 | 50.40 | 68.60 | 100.60 |
| 1983 | 16.60 | 33.80 | 35.60 | 37.20 | 41.60 | 63.00 | 103.60 | 104.40 |
| 1984 | 24.20 | 36.80 | 44.20 | 49.20 | 60.20 | 60.80 | 71.80 | 72.00 |
| 1985 | 17.40 | 21.20 | 22.20 | 22.80 | 26.40 | 32.00 | 42.80 | 43.80 |
| 1986 | 22.20 | 23.40 | 24.40 | 28.20 | 38.80 | 49.00 | 74.40 | 74.80 |
| 1987 | 32.60 | 38.80 | 62.20 | 79.60 | 89.20 | 102.4 | 108.4 | 116.6 |
| 1988 | 12.40 | 29.80 | 31.20 | 32.00 | 32.80 | 33.00 | 35.60 | 68.10 |
| 1989 | 19.60 | 20.80 | 21.60 | 24.60 | 45.00 | 50.80 | 51.00 | 61.60 |
| 1990 | 20.40 | 32.60 | 34.20 | 34.80 | 39.60 | 42.60 | 50.00 | 61.10 |
| 1991 | 32.20 | 47.40 | 54.80 | 58.40 | 110.40 | 114.60 | 141.40 | 143.20 |
| 1992 | 18.60 | 24.20 | 25.80 | 26.20 | 35.80 | 40.00 | 43.80 | 74.20 |
| 1993 | 20.60 | 37.20 | 40.60 | 42.80 | 59.20 | 61.00 | 62.20 | 66.20 |
| 1994 | 18.60 | 31.20 | 31.40 | 31.40 | 36.20 | 46.20 | 52.40 | 52.80 |
| 1995 | 14.00 | 18.00 | 27.00 | 35.00 | 75.80 | 82.20 | 102.20 | 111.20 |
| 1996 | 18.60 | 28.40 | 36.00 | 37.40 | 53.40 | 72.40 | 77.20 | 77.20 |
| n campioni | 34 | 39 | 32 | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 |
| minimo | 12.2 | 16.0 | 17.4 | 19.6 | 24.8 | 27.2 | 29.6 | 3.7 |
| massimo | 42.0 | 53.8 | 62.2 | 79.6 | 110.4 | 114.6 | 141.4 | 143.2 |
| media | 20.2 | 27.4 | 33.0 | 33.2 | 46.2 | 53.3 | 63.4 | 72.8 |

Tali valori hanno fornito la base dell'analisi probabilistica finalizzata alla determinazione delle curve segnalatrici di probabilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno. Le elaborazioni sono state condotte regolarizzando le altezze di pioggia massime annuali per ciascuna durata utilizzando diverse leggi probabilistiche ed individuando quella che meglio si adatta a rappresentare il fenomeno. In particolare, indicando con h [mm] la variabile altezza di pioggia, con $P(h)$ la sua probabilità cumulata, con $m(h)$ la media e con $s(h)$ lo scarto quadratico medio, sono state utilizzate:

Distribuzione asintotica del massimo valore del tipo I (di Gumbel):

$$P(h) = \exp[-\exp[-a \cdot (h - u)]]$$

con:

$$a = \frac{1.283}{s(h)}$$
$$u = m(h) - \frac{0.577}{a}$$

Distribuzione log-normale a due parametri (di Galton):

$$P(h) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} \cdot du$$

con:

$$u = a \cdot \ln(h) + b$$
$$a = \left[\ln \left(1 + \left(\frac{s(h)}{m(h)} \right)^2 \right) \right]^{-0.5}$$
$$b = \frac{0.5}{a} - a \cdot \ln(m(h))$$

Distribuzione Gamma a due parametri (di Pearson):

$$P(h) = \frac{\alpha^\gamma}{\Gamma(\gamma)} \cdot \int_0^h e^{-\alpha \cdot h} \cdot h^{\gamma-1} \cdot dh$$

con:

$$\alpha = \frac{m(h)}{s^2(h)}$$
$$\gamma = \left[\frac{m(h)}{s(h)} \right]^2$$

$$\Gamma(\gamma) = \int_0^{\infty} e^{-u} \cdot u^{\gamma-1} \cdot du$$

Per le serie di ciascuna durata e per ognuna delle tre distribuzioni di probabilità sono state dedotte le stime dei parametri caratteristici $m(h)$ e $s(h)$, attraverso il metodo dei momenti; successivamente sono state ricavate le stime delle funzioni di probabilità cumulata $P(h)$.

Per il calcolo delle frequenze osservate è stata utilizzata la formula di Gringorten per la stima della "plotting position":

$$F(i) = \frac{i - 0.44}{N + 0.12}$$

dove:

- i è il numero d'ordine delle osservazioni;
- N il numero totale delle osservazioni.

Dovendo identificare la distribuzione teorica che porge globalmente la miglior regolarizzazione dei campioni sperimentali è stato eseguito il test di adattamento del chi-quadro (o di Pearson).

In particolare per ciascuna durata il campo di esistenza della variabile altezza di precipitazione è stato suddiviso in un numero di intervalli tali da rispettare il principio dell'equiprobabilità, in modo che ogni classe individuata contenesse almeno cinque osservazioni sperimentali.

Dall'analisi dei risultati dei test è emerso che le tre distribuzioni risultano sostanzialmente equivalenti, risultando la probabilità di superamento della variabile chi-quadro (X^2) superiore a 0.05 (livello di significatività del test, corrispondente alla probabilità di rifiutare l'ipotesi giusta) in tutti i casi esaminati. Si è allora preferito adottare la legge di distribuzione Log-normale, che è tuttora una delle leggi più usate nelle pratiche applicazioni e che fornisce, a parità di probabilità, valori più alti.

5.2 CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Verificata la bontà dell'adattamento della legge Log-normale ai valori storici osservati sono state costruite le curve di probabilità pluviometrica per diversi periodi di ritorno nella forma:

$$h = a \cdot t^n$$

dove:

- h [mm] rappresenta l'altezza di pioggia per la durata t [ore] dell'evento;
- a ed n sono parametri rappresentativi della stazione.

I valori di “ a ” e di “ n ” sono stati ricavati per i tempi di ritorno di 10, 25, 50, 100, 200 anni mediante interpolazione ai minimi quadrati dei valori di h [mm] al variare della durata t [ore] per un prefissato valore di T [anni].

In particolare sono stati ricavati due diversi valori “ n_1 ” e “ n_2 ” del parametro n validi per durate rispettivamente inferiori e superiori ad 1 ora, mantenendo inalterato il valore del parametro “ a ”.

Nella seguente tabella sono riportate in forma numerica tali curve al variare del periodo di ritorno con esplicitati i valori dei parametri “ a ”, “ n_1 ” e “ n_2 ”.

Tabella 5.2: Curve di probabilità pluviometrica

| Pluviometro di ALBERONI | | Anni di osservazione: 1942 - 1996 | | | |
|--|--------------|--|--------------|--------------|--------------|
| Altezze di pioggia [mm] per assegnati periodi di ritorno | | | | | |
| t | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 |
| [minuti] | [anni] | [anni] | [anni] | [anni] | [anni] |
| 5 | 19.0 | 22.4 | 24.9 | 27.5 | 30.0 |
| 10 | 24.7 | 29.1 | 32.4 | 35.6 | 38.9 |
| 15 | 28.8 | 33.9 | 37.7 | 41.5 | 45.2 |
| 20 | 32.1 | 37.8 | 42.0 | 46.2 | 50.4 |
| 25 | 34.9 | 41.1 | 45.7 | 50.2 | 54.8 |
| 30 | 37.4 | 44.0 | 48.9 | 53.8 | 58.6 |
| 35 | 39.7 | 46.7 | 51.9 | 57.0 | 62.1 |
| 40 | 41.7 | 49.1 | 54.5 | 59.9 | 65.3 |
| 45 | 43.6 | 51.3 | 57.0 | 62.6 | 68.2 |
| 50 | 45.4 | 53.4 | 59.3 | 65.1 | 71.0 |
| 55 | 47.1 | 55.3 | 61.5 | 67.5 | 73.5 |
| 60 | 48.7 | 57.2 | 63.5 | 69.7 | 76.0 |
| 70 | 50.4 | 59.2 | 65.7 | 72.1 | 78.6 |
| 80 | 52.0 | 61.1 | 67.7 | 74.3 | 80.9 |
| 90 | 53.5 | 62.7 | 69.5 | 76.2 | 83.0 |
| 100 | 54.8 | 64.2 | 71.2 | 78.0 | 84.9 |
| 110 | 56.1 | 65.7 | 72.7 | 79.7 | 86.7 |
| 120 | 57.2 | 67.0 | 74.2 | 81.2 | 88.3 |
| 130 | 58.3 | 68.2 | 75.5 | 82.7 | 89.9 |
| 140 | 59.3 | 69.4 | 76.8 | 84.0 | 91.3 |
| 150 | 60.3 | 70.5 | 78.0 | 85.3 | 92.7 |
| 160 | 61.2 | 71.5 | 79.1 | 86.5 | 94.0 |
| 170 | 62.1 | 72.5 | 80.2 | 87.7 | 95.2 |
| 180 | 62.9 | 73.5 | 81.2 | 88.8 | 96.4 |
| 360 | 74.0 | 86.0 | 94.9 | 103.4 | 112.1 |
| 720 | 87.0 | 100.8 | 110.8 | 120.5 | 130.3 |
| 1440 | 102.4 | 118.0 | 129.4 | 140.3 | 151.4 |
| a | 48.66 | 57.18 | 63.51 | 69.73 | 75.98 |
| n1 | 0.379 | 0.377 | 0.376 | 0.375 | 0.374 |
| n2 | 0.234 | 0.228 | 0.224 | 0.220 | 0.217 |

Nella seguente figura sono riportate in forma grafica le curve di probabilità pluviometrica (CPP) per i diversi periodi di ritorno.

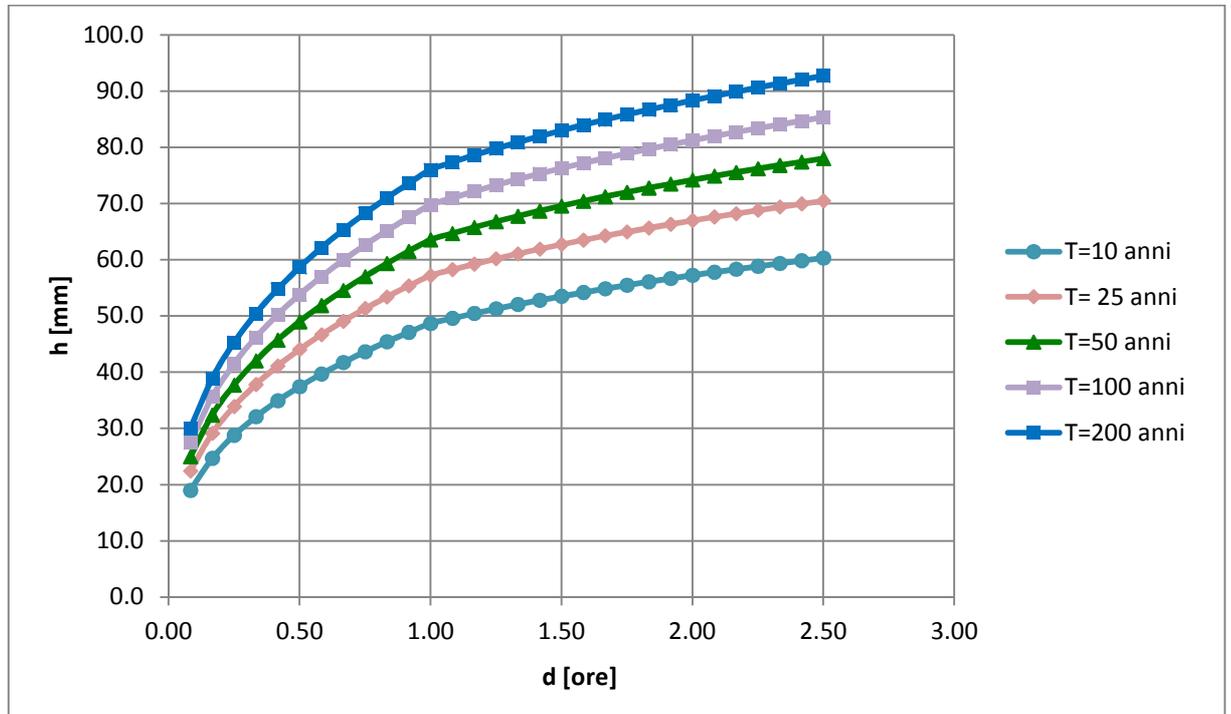


Figura 5.2: Curve di probabilità pluviometrica

Nella seguente figura sono riportate in forma grafica le curve di intensità-durata-frequenza (IDF) per i diversi periodi di ritorno.

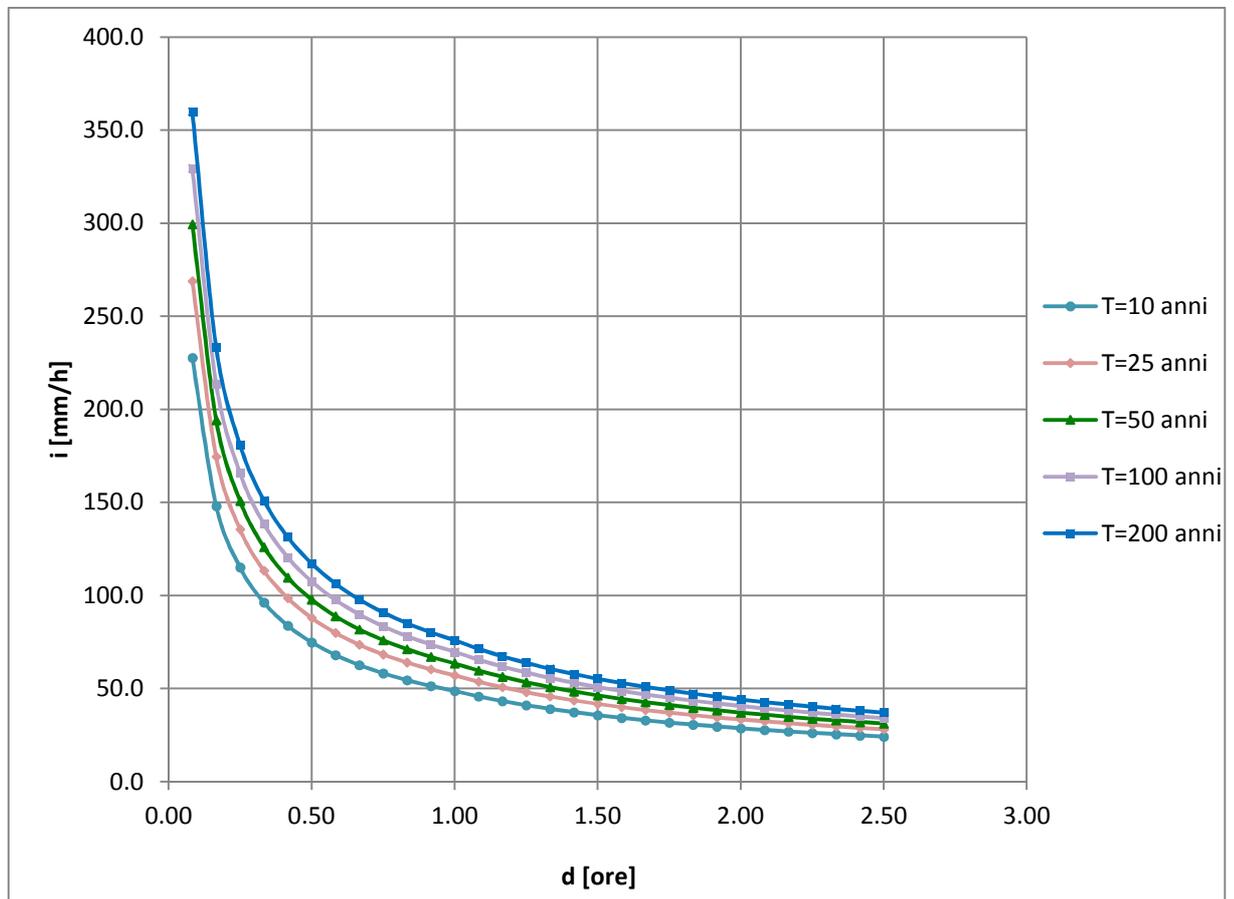


Figura 5.3: Curve intensità-durata-frequenza (IDF)

6 CONCLUSIONI

Dall'analisi effettuata nei precedenti paragrafi, si evidenzia quanto segue:

- secondo il "Piano Regionale di Tutela delle Acque" le aree di progetto sono localizzate in acque marino costiere del mare Adriatico settentrionale e in bacino drenante delle aree sensibili; le Norme di Attuazione del PTA regolamentano solamente gli scarichi di acque reflue urbane provenienti da agglomerati superiori a 1,000 A.E. (abitanti equivalenti) situati all'interno dei bacini drenanti afferenti alle aree sensibili;
- secondo il "Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni – Bacini Isonzo, Regionale Friuli Venezia Giulia" l'impianto di progetto è collocato all'esterno della delimitazione delle fasce a rischio mentre alcune zone limitrofe alla banchina di progetto ricadono in area a rischio moderato (R1) e classe di altezza idrica compresa tra 0 e 1 m. Per le aree classificate R1 non sono presenti prescrizioni sugli interventi di nuova realizzazione;
- le portate medie e massime dei corpi idrici del reticolo idrografico di dettaglio sono le seguenti:

| Corpo Idrico | Q [m ³ /s] |
|--------------|-----------------------|
| Locavaz | 2.2 |
| Moschenizza | 2.4 |
| Timavo | 30.2-84.0 |

- i parametri delle curve di possibilità pluviometrica relative alla zona oggetto dell'intervento (pluviografo di Alberoni), al variare del periodo di ritorno, sono i seguenti:

| Tr | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| a | 48.66 | 57.18 | 63.51 | 69.73 | 75.98 |
| n1 | 0.379 | 0.377 | 0.376 | 0.375 | 0.374 |
| n2 | 0.234 | 0.228 | 0.224 | 0.220 | 0.217 |

ACN/EMS/MFC/ALS/AGT/DIL/AO:sls

RIFERIMENTI

ACEGA – Gemiti E. – La portata del Timavo alle risorgive di S. Giovanni di Duino – Annali Gruppo Grotte Ass. XXX Ottobre, Vol. VII, 23-41.

Annali Idrologici dell'Ufficio Idrografico e Mareografico – Compartimento di Venezia.

Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali.

Piano Regionale di Tutela delle Acque – Regione Friuli Venezia Giulia.