



ARPAT
Agenzia regionale
per la protezione
ambientale
della Toscana

Piano di risanamento per le aree critiche
a elevata concentrazione industriale
di Livorno e Piombino

ANALISI DEL RISCHIO PER L'AREA DI LIVORNO E STRATEGIE D'INTERVENTO



**Piano di risanamento per le aree critiche
a elevata concentrazione industriale
di Livorno e Piombino**

**Analisi del rischio
per l'area di Livorno
e strategie d'intervento**

a cura di
Marcello Mossa Verre



ARPAT

Firenze, giugno 2000

**Piano di risanamento per le aree critiche a elevata concentrazione industriale di Livorno e Piombino
Analisi del rischio per l'area di Livorno e strategie d'intervento**

Coordinamento editoriale: Pietro Bertoli, ARPAT
Redazione: Silvia Angiolucci, Stefano Baldacci, ARPAT
Realizzazione editoriale: Litografia I.P., Firenze
Copertina e grafica: Franco Signorini

Stampato su carta ecologica
Finito di stampare nel mese di giugno 2000

Indice

Presentazione	11
I INTRODUZIONE	13
1.1 Inquadramento normativo e programmatico	13
1.2 Struttura organizzativa	14
1.2.1 Funzioni e composizione della Segreteria tecnica	14
1.2.2 Funzioni e composizione dello staff tecnico	15
1.3 Considerazioni preliminari sulle problematiche del territorio	15
1.3.1 L'area di Livorno - Descrizione del territorio	15
1.3.2 Rischio industriale	16
1.3.3 Rischio ambientale	17
1.3.4 Trasporti terrestri	19
1.3.5 Porto e trasporti marittimi	19
Parte I - Studio dei rischi industriali d'area	
2 STUDIO DEI RISCHI INDUSTRIALI D'AREA	23
2.1 Premessa	23
2.2 Scopo e limiti del lavoro	23
2.3 Riferimenti	23
2.4 Completamento e aggiornamento degli studi ARIPAL e GRIPAL	24
2.4.1 Aggiornamenti e modifiche introdotti dall'Università di Pisa sull'elaborato ARIPAL	24
2.4.2 Aggiornamenti e modifiche introdotti da ARPAT	24
2.5 Risultati dello studio dei rischi d'area	25
3 METODOLOGIA DI ANALISI	26
3.1 Raccolta Dati	26
3.2 Elaborazione Dati	26
3.3 Effetto domino	27
3.3.1 Effetto domino per getti incendiati, pozze incendiate ed esplosioni	27
3.3.2 Ulteriori contributi all'effetto domino	27
3.4 Emissione di sostanze pericolose formate a seguito della perdita di controllo di sistemi chimici industriali	28
3.5 Inserimento dati	28
3.6 Ricomposizione del rischio	28
4 RACCOLTA DATI	29
4.1 Identificazione area di studio	29
4.2 Sorgenti di rischio - Impianti fissi	30
4.3 Sorgenti di rischio - Trasporti	32
4.3.1 Trasporto stradale	32
4.3.2 Trasporto ferroviario	34
4.3.3 Trasporto navale	34
4.3.4 Trasporto in condotta	34
4.4 Sostanze pericolose	35
4.5 Dati Territoriali	37
4.5.1 Popolazione	37
4.5.2 Cartografia	39
4.5.3 Dati meteorologici	39
5 ANALISI PRELIMINARI	42
5.1 Condizioni meteorologiche di riferimento	42
5.2 Accorpamento sostanze per l'analisi delle conseguenze	43
5.3 Accorpamento delle sostanze per l'analisi di vulnerabilità	45
5.4 Equazioni di Probit	46

6 ANALISI DELLE CONSEGUENZE	49
6.1 Aspetti generali	49
6.2 Analisi dei trasporti	50
6.2.1 Dati di base	50
6.2.2 Analisi delle conseguenze	55
6.2.3 Portate di rilascio	57
6.2.4 Calcolo degli effetti	57
6.3 Impianti fissi	73
6.3.1 Analisi degli scenari presenti nei rapporti di sicurezza	73
6.3.2 Effetti domino	74
6.3.3 Rilascio di sostanze pericolose a seguito della perdita di controllo di sistemi chimici	76
7 FREQUENZE DI ACCADIMENTO	77
7.1 Trasporti	77
7.1.1 Strade	77
7.1.2 Ferrovie	77
7.1.3 Condotte	78
7.1.4 Trasporto navale	79
7.2 Impianti fissi	79
7.3 Probabilità d'innescio	79
7.3.1 Condotte	80
7.3.2 Ferrovie	80
7.3.3 Strade	80
7.3.4 Impianti fissi	80
8 ANALISI DI RISCHIO D'AREA	81
RIFERIMENTI PARTE I	
Allegati parte I	
ALLEGATO 1	85
ALLEGATO 2	89
Parte 2 - Studio dei rischi ambientali d'area	
Premessa	95
9 METODOLOGIA DI ANALISI PER LO STUDIO DEGLI SQUILIBRI AMBIENTALI	97
9.1 Rappresentazione dello squilibrio ambientale	97
9.2 Criteri di ricognizione dei fattori di squilibrio ambientale	97
9.2.1 Considerazioni generali	97
9.2.2 Sorgenti di inquinamento atmosferico	97
9.2.3 Sorgenti di inquinamento delle acque e del suolo	98
9.3 Criteri per la definizione dei livelli di qualità ambientale	99
9.3.1 Considerazioni preliminari	99
9.3.2 Indicatori per la caratterizzazione del parametro ambientale "atmosfera"	99
9.3.3 Indicatori per la caratterizzazione del parametro "ambiente idrico"	100
9.3.4 Indicatori scelti per la caratterizzazione del parametro ambientale "suolo"	101
9.4 Criteri di ricomposizione e di valutazione dello squilibrio ambientale	102
9.5 Riferimenti	103
10 RACCOLTA DATI AMBIENTALI	104
10.1 Definizione dell'area che comprende le sorgenti di rischio industriale e di squilibrio ambientale a Livorno	104
10.2 Definizione delle aree di impatto considerate nello studio	104
10.3 Dati territoriali	107
10.3.1 Cartografia	107
10.3.2 Dati cartografici	107
10.3.3 Dati demografici	107
10.3.4 Dati meteorologici	107
11 GLI EFFETTI DELLE SORGENTI INDUSTRIALI SULLA QUALITA' DELL'ARIA	108
11.1 Introduzione	108
11.2 Caratterizzazione meteorologica del sito	108

11.2.1	Dati della stazione meteo di Pisa San Giusto	108
11.2.2	Confronto con i dati misurati dalla stessa stazione meteo di Pisa San Giusto nel periodo 1951-1991	109
11.2.3	Confronto con i dati della stazione meteo di via de Sanctis a Livorno (rete ARIAL)	111
11.3	Applicazione del codice VALLEY alle sorgenti industriali di inquinanti atmosferici a Livorno	114
11.3.1	Orografia	114
11.3.2	Connessione tra cartografia numerica e Orografia Toscana	114
11.3.3	Elaborazione termini di sorgente	114
11.3.4	Caratterizzazione meteorologica del sito	115
11.4	Simulazione della dispersione di SO₂ da sorgenti industriali	115
11.4.1	Dati sperimentali a disposizione	115
11.4.2	Analisi dei dati calcolati e confronto con i dati sperimentali	116
11.5	L'inquinamento atmosferico dei composti organici volatili	119
11.5.1	Considerazioni introduttive	119
11.5.2	Stima delle sorgenti di emissioni COV	121
11.5.3	Stima della concentrazione di COV dovuta a sorgenti industriali	122
11.5.4	Confronto tra i dati sperimentali sulla concentrazione di benzene e quelli di COV stimati con VALLEY	123
11.5.5	Considerazioni conclusive	124
11.6	L'impatto delle sorgenti industriali sulla qualità dell'aria	125
	11.7 Conclusioni	125
	11.8 Riferimenti	126
12	SITUAZIONE DEI PRINCIPALI CORSI D'ACQUA INTERESSATI DALL'AREA INDUSTRIALE DI LIVORNO	128
	12.1 Premessa	128
	12.2 Introduzione	128
12.3	La caratterizzazione dei corsi d'acqua superficiali interessati dalla zona industriale di Livorno	128
12.3.1	Fiume Tora	128
12.3.2	Torrente Ugione	129
12.3.3	Fosso Fologno	130
12.3.4	Canale scolmatore dell'Arno	130
12.4	Metodologia "Chemical index"	131
12.5	Elaborazione dati	133
12.5.1	Dati utilizzati	133
12.5.2	Elaborazione dati	136
12.6	Analisi dei risultati e conclusioni	140
13	ANALISI DELLE INFORMAZIONI E DEI DATI RELATIVI ALLA SITUAZIONE ATTUALE DEI FOSSI MEDICEI	141
	13.1 Introduzione	141
13.2	La qualità delle acque dei Fossi Medicei di Livorno	141
13.2.1	Informazioni disponibili	141
13.2.2	Organizzazione dei dati a disposizione	142
13.3	Il modello QUAL2e	147
13.3.1	Descrizione generale	147
13.3.2	Informazioni necessarie per l'applicazione del modello	148
13.4	Schematizzazione del corso d'acqua analizzato	148
13.5	Definizione dell'idraulica	149
13.6	Dati sui parametri di qualità delle acque	152
13.7	Utilizzazione dei dati sperimentali per la taratura del modello	155
13.8	Predizione delle condizioni nel Canale dei Navicelli al variare della portata delle acque provenienti dalla centrale Enel	158
13.9	Classificazione delle acque del Canale dei Navicelli	160
13.10	Conclusioni	167
	Allegati parte 2	
	ALLEGATO 1: Leggi di scalatura adottate per gli indicatori del parametro atmosfera	171
	ALLEGATO 2: Leggi di scalatura adottate per gli indicatori del parametro ambiente idrico	174
	ALLEGATO 3: Leggi di scalatura adottate per gli indicatori del parametro suolo	177
	ALLEGATO 4: Emissioni atmosferiche degli impianti industriali di Livorno	180
	ALLEGATO 5: Scarichi idrici considerati degli insediamenti a Livorno	217
	ALLEGATO 6: Dati sulle sorgenti di COV di origine industriale	218

Parte 3 - Linee d'intervento per la riduzione del rischio industriale e la mitigazione dei fattori di squilibrio ambientale

14 LINEE DI INTERVENTO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO INDUSTRIALE	223
14.1 Azioni già avviate e interventi prioritari finanziati per la riduzione dei rischi industriali	223
14.1.1 Ristrutturazione del parco stoccaggio GPL della Raffineria AGIP Petroli	223
14.1.2 Interventi sulla viabilità di Stagno	223
14.1.3 Interventi sulla movimentazione marittima	224
14.1.4 Miglioramento sicurezza operazioni carico e scarico navi, Soc. Carbochimica	225
14.1.5 Attrezzature di pronto intervento per l'emergenza in area portuale	225
14.1.6 Razionalizzazione dei traffici portuali e industriali	225
14.1.7 Miglioramento della viabilità via Aurelia ed area sud-est prospiciente la raffineria di Livorno e razionalizzazione impianti di distribuzione rete	225
14.1.8 Realizzazione di un piping per il trasferimento di biodiesel presso lo stabilimento Novaol	226
14.2 Ulteriori interventi necessari per la realizzazione del Piano	226
14.2.1 Interventi indirizzati alla mitigazione dei rischi da trasporto stradale	226
14.2.2 Interventi indirizzati alla mitigazione dei rischi connessi con lo scalo ferroviario di Livorno-Calambrone	227
14.2.3 Interventi indirizzati alla mitigazione dei rischi connessi con gli impianti di stoccaggio di GPL (tumulazione sigari)	227
14.3 Interventi complementari	227
14.3.1 Interventi "puntuali" proposti dall'Amministrazione comunale di Collesalveti finalizzati al completamento delle opere relative ai primi due lotti già finanziati	227
14.3.2 Interventi "puntuali" su attraversamento marino canale industriale da parte di oleodotto	228
14.3.3 Ulteriori interventi finalizzati alla flessibilizzazione del traffico portuale	228
14.3.4 Interventi finalizzati alla delocalizzazione nell'area "ex Toscopetrol" e adiacenze di una quota del movimento di prodotti chimici su gomma e su rotaia in uscita dalla DOC	228
14.4 Valutazioni quantitative sui benefici connessi con l'attuazione di alcuni interventi	229
14.4.1 Ristrutturazione del parco stoccaggio GPL della Raffineria AGIP Petroli	229
14.4.2 Posa in cunicolo del gasdotto della Darsena Toscana	229
14.5 Azioni già avviate e interventi prioritari finanziati per la mitigazione degli squilibri ambientali	230
14.5.1 Interventi di risanamento igienico ambientale del sistema dei fossi cittadini	230
14.5.2 Collettamento vent atmosferici e revamping dei termossidatori della Carbochimica S.p.A.	230
15 PROGETTO DI FATTIBILITÀ PER LA MOVIMENTAZIONE DI GPL NELL'AREA LIVORNO-COLLESALVETTI	231
Allegato parte 3	
ALLEGATO 1	234

COMITATO DI COORDINAMENTO

(art.6 Intesa di Programma Ministero Ambiente - Regione Toscana per l'area critica ad elevata concentrazione di attività industriali di Livorno e Piombino G.U. S.G. n° 175 del 29/07/1997)

Corrado Clini, Ministero dell'ambiente, Presidente del Comitato

Andrea De Martino, Prefetto di Livorno

Gabriele Orsini, Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato

Alberto D'Errico, Ministero degli interni

Antonio Bedini, Ministero degli interni

Alessandro Lippi, ARPAT

Mario Romanelli, Regione Toscana

Marco Della Pina, Provincia di Livorno

Dario Matteoni, Comune di Livorno

Alessandro Cosimi, Comune di Livorno

Luciano Guerrieri, Comune di Piombino

Nicola Nista, Comune di Collesalveti

Monica Lischi, Comune di Collesalveti

Nereo Marcucci, Autorità portuale di Livorno

Pietro La Fata, Capitaneria di Porto di Livorno

COORDINATORE TECNICO DEL PROGETTO

Marcello Mossa Verre, ARPAT

SEGRETERIA TECNICA

Marcello Mossa Verre, ARPAT

Marcello Ceccanti, ARPAT

Francesco Marotta, ARPAT

Stefano Baldacci, ARPAT

Cristiana La Marca, ARPAT

Francesca Chiostrì, ARPAT

Bruno Pisani, ARPAT

Gaetano Licitra, ARPAT

Fabrizio Righini, ARPAT

Simona Carrozzino, ARPAT

Lucia Rocchi, ARPAT

Rita Caroselli, Ministero dell'ambiente

Paolo Ceci, Ministero dell'ambiente

Maurizio Mariani, Ministero dell'ambiente

Antonio Strambaci, Ministero dell'ambiente

Gabriele Orsini, Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato

Fabrizio Ceccherini, Vigili del Fuoco - Ministero degli interni

Vincenzo Abbatiello, Vigili del Fuoco - Ministero degli interni

Pietro Marini, Provincia di Livorno

Reginaldo Serra, Provincia di Livorno

Carlo Garzelli, Provincia di Livorno

Loris Ceccanti, Provincia di Livorno

Giuseppe Nucara, Comune di Collesalveti

Renato Butta, Comune di Livorno

Luca Barsotti, Comune di Livorno

Sonia Filippi, Comune di Livorno

Maurizio Poli, Comune di Piombino

Giovanni Motta, Autorità portuale di Livorno

Claudio Capuano, Autorità portuale di Piombino

Pietro La Fata, Capitaneria di Porto di Livorno

Giorgio Macchi, ANPA

Giuseppe Mangialavori, ANPA

CONSULENTI DEL DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA, CHIMICA INDUSTRIALE E SCIENZA DEI MATERIALI - UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA

Severino Zanelli, Coordinatore

Valerio Cozzani

Walter Folgheraiter

collaboratori

Giovanni Francalanza, **Lorenzo Foschi**, **Federica**

Montagnani, STA srl Pisa.

CONSULENTI DEL DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA, NUCLEARE E DELLA PRODUZIONE - UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA

Marino Mazzini, Coordinatore

Leonardo Tognotti

Iliano Ciucci

Roberto Bovalini

collaboratori

Cristina Toffi, **Alessia Babboni**, **Monica Fiori**

STAFF TECNICO

ARPAT, AREA PER LE INDUSTRIE A RISCHIO DI INCIDENTI RILEVANTI, L'ECOGESTIONE E L'ETICHETTA ECOLOGICA

Marcello Mossa Verre

Marcello Ceccanti

Francesco Marotta

Stefano Baldacci

Cristiana La Marca

Francesca Chiostrì

Antonio Ammannati

Stefano Calistri

RINGRAZIAMENTI

Per la disponibilità a fornire lo studio ARIPAL - Analisi del Rischio dell'area industriale e portuale di Livorno si ringraziano **Gennaro Russo**, Gruppo Nazionale di ricerca per la Difesa dai Rischi Chimico-Industriali ed Ecologici, CNR

Gigliola Spadoni, DICMA, Università di Bologna

Giovanni Uguccione, SNAMPROGETTI S.p.A.

Per la disponibilità del Software ARIPAR-GIS si ringrazia

Demetrio Egidi, Regione Emilia Romagna,

Servizio Protezione Civile

Per la disponibilità a fornire dati si ringraziano:

Consorzio di Bonifica Ufficio Fiumi e Fossi di Pisa

Genio Civile di Pisa

Si ringrazia la **Prefettura di Livorno**, sede dei lavori del Comitato di coordinamento

PRESENTAZIONE

La necessità di approfondire le problematiche del rischio industriale nelle "aree ad elevata concentrazione industriale e a rischio di crisi ambientale" di Livorno e Piombino è stata riconosciuta "formalmente" nel 1995, in occasione dell'emanazione di uno dei tanti reiterati decreti di modifica del DPR 175 del 1988, che ha recepito in Italia la direttiva "Seveso". I presupposti si trovano diversi anni prima nell'impulso dato, dal Presidente della Regione Gianfranco Bartolini e dai Rappresentanti delle Istituzioni Locali, ad analisi e ricerche nelle due aree, condotte con il supporto del Servizio Prevenzione della stessa Regione, anche a seguito della specifica norma regionale attuativa del "175", la Legge regionale 41/91.

Livorno e Piombino sono due poli produttivi di primaria importanza, caratterizzati da una elevata densità di industrie a rischio di incidente rilevante, in stretta relazione funzionale con un complesso sistema di trasporti imperniato sul binomio porto - infrastrutture viarie terrestri.

La "criticità" derivante dalla presenza delle industrie a rischio e dalla ingente movimentazione di sostanze pericolose ha reso necessaria la predisposizione di un piano di intervento, con l'indicazione di azioni di mitigazione dei rischi, individuate in base a specifici studi integrati di rischio d'area, rappresentativi di tutte le principali sorgenti di rischio connesse con impianti fissi e col trasporto di sostanze pericolose, in relazione alla vulnerabilità del territorio e della popolazione. Gli elementi di crisi ambientale si sono accentuati nel corso dell'ultimo decennio con manifestazioni di criticità (che coinvolgono anche il polo di Rosignano Solvay, non previsto fra le aree critiche), in particolare nella gestione dei rifiuti e dei reflui industriali, delle acque interne - la "compromissione" delle acque superficiali, della rete idrografica e delle acque sotterranee - e della qualità dell'aria.

Con il rapporto che viene oggi presentato nella versione approvata nel dicembre 1999 dal Comitato di coordinamento istituzionale, che sovrintende la redazione del piano di risanamento (attuatori sono i singoli Soggetti locali), vengono messi a disposizione, sia pure in forma sintetica, i criteri di analisi, i dati fondamentali ed i principali risultati delle valutazioni svolte nell'ambito dello studio del rischio d'area per il polo di Livorno - Collesalveti.

L'intesa di programma fra Ministero dell'Ambiente e Regione Toscana del 6 giugno 1997 ("protocollo Ronchi-

Chiti") ha incaricato l'Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana dello svolgimento del lavoro; l'Agenzia ha provveduto con uno staff tecnico dedicato e specializzato, sotto la preziosa guida dell'ing. Marcello Mossa Verre, e avvalendosi della consulenza dell'Università degli Studi di Pisa che ha garantito lo svolgimento delle analisi col necessario rigore scientifico.

La consultazione permanente dei tecnici delle Amministrazioni interessate, attraverso lo strumento della Segreteria tecnica cosiddetta "allargata", ha poi permesso la condivisione, durante il complesso percorso, dei criteri e delle scelte metodologiche alla base dello studio, oltre a validarne i risultati finali. La stima dell'importanza delle "sorgenti di rischio" in termini ponderali ha permesso di definire adeguate strategie di intervento per la mitigazione dei rischi stessi, attraverso la "realizzazione di dispositivi di sicurezza e l'adeguamento di impianti e infrastrutture", descritte nell'ultima parte del rapporto.

A tale scopo, è stata utilizzata da Arpat la modellistica ARIPAR per la ricomposizione dei rischi, già messa a punto per l'area di Ravenna. Si tratta del primo caso di impiego diretto di tale strumento da parte di una Pubblica Amministrazione.

Per quanto concerne gli sviluppi futuri, si ritiene che l'esperienza maturata col "piano" di Livorno, insieme alle altre ormai diffuse (Mantova, Ravenna, Trieste, Genova ecc...), possa utilmente essere messa a disposizione delle Autorità che sul territorio nazionale si trovano a dover gestire analoghe problematiche connesse con l'esistenza di "aree ad elevata concentrazione industriale": anche per gli aspetti organizzativi, infatti, il modello messo a punto ha mostrato la propria efficienza grazie al coinvolgimento di tutti i soggetti interessati, attraverso strumenti gestionali snelli e decentrati.

Significativi risultano, infine, gli effetti derivanti dalla messa a punto del modello di rischio d'area, quale "metodologia permanente" per la valutazione delle necessarie scelte di pianificazione territoriale, anche in relazione al coordinamento provinciale ed ai piani strutturali locali; scelte fondate sui principi del controllo dell'urbanizzazione, del quale le Amministrazioni locali si dovranno far carico anche in virtù del decreto legislativo 334/99 di recepimento della direttiva 96/82/CE, "Seveso II", e della normativa regionale attuativa, approvata dal Consiglio Regionale toscano proprio in questi giorni.

Alessandro Lippi
Direttore generale ARPAT



I INTRODUZIONE

I.1 Inquadramento normativo e programmatico

Tenuto conto dei gravi fenomeni di inquinamento e di degrado ambientale, dei rischi di incidenti rilevanti connessi agli insediamenti industriali e al trasporto di sostanze pericolose dell'area industriale e portuale di Livorno e Collesalveti, le Amministrazioni Comunali hanno fatto richiesta alla Regione Toscana di riconoscimento di "Area ad elevato rischio di crisi ambientale" ai sensi dell'art. 7 della legge 349/86 (recante Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale) con le delibere:

- Comune di Collesalveti - Delibera n° 349 del 02/12/88
- Comune di Livorno - Delibera n° 76 del 16/2/89

Dopo un'intensa consultazione tra le istituzioni regionali e locali e le forze sociali interessate, la Regione Toscana ha recepito queste istanze, con Delibera n° 4766 del 05/06/89, e ha fatto richiesta al Ministero dell'Ambiente (12/09/89) di riconoscimento della zona industriale e portuale di Livorno Nord - Stagno di "area ad elevata crisi ambientale", con riferimento sia alla legge n. 349 del 08/07/86 sia al DPR 175 del 18/05/88, sulle aziende a rischio di incidente rilevante.

La zona individuata è quella sud del porto industriale e del tragitto urbano di Via della Cinta Esterna / Via M. Mastacchi - Via Pera - Via F. Filzi, dall'asse Sud/Nord della strada statale n.1 Aurelia, dall'altezza del Cimitero comunale dei Lupi fino alla frazione di Stagno, dall'asse Est/Ovest costituito dal canale scolmatore dell'Arno (vedi cartografia allegata).

La Regione, inoltre, ha richiesto al Ministero dell'Ambiente il finanziamento per uno studio di area in base alle prime indicazioni contenute nel documento "Area portuale e industriale di Livorno Nord - Stagno, avvio per una proposta di studio" (Luglio 1988) preparato da un gruppo di tecnici e di esperti a ciò incaricati dalla Regione Toscana e dai Comuni interessati.

Anche per la zona di Piombino, ove sono presenti numerose aziende ed attività con caratteristiche di rilevante impatto ambientale, i cui effetti coinvolgono parti del territorio esterne all'area industriale e portuale, e impianti già ricadenti nel campo di applicazione del DPR 175/88, la Regione Toscana ha recepito, con la Delibera G.R. n. 11833 del 20/12/93, l'atto del Comune di Piombino (Delibera n.1213 del 16/12/93) col quale è richiesta al Ministero dell'Ambiente la dichiarazione di "Area ad elevato rischio di crisi ambientale".

Tale area è individuata nella parte di territorio del Comune di Piombino delimitata da:

Piazzale Premuda, Viale R. Margherita, Viale Flemalle, Via Portovecchio, Viale della Resistenza, Via dell'Unità d'Italia incluso il perimetro dello stabilimento SOL Industrie S.p.A., Via della Principessa fino alla Località Fiorentina di Piombino, Via Provinciale n.23 bis fino alla Centrale Termoelettrica dell'ENEL in località Tor del Sale.

Con la stessa, la Regione ha richiesto anche al Ministero dell'Ambiente il finanziamento delle opere necessarie per il risanamento ambientale dell'area, con particolare riferimento e priorità per il rischio derivante dalla presenza dell'impianto cokeria della Società Acciaierie e Ferriere di Piombino s.r.l.

A seguito del Decreto Legge del 7 gennaio 1995 n. 2 (recante modifiche al DPR 175/88) i siti di Livorno e Piombino (insieme ad altri, in ambito nazionale, per i quali è stata riconosciuta analoga urgenza) sono stati dichiarati "aree critiche ad elevata concentrazione di attività industriali"; i successivi decreti legge, fino all'ultimo D.L. del 06/09/96 n. 461 - mai convertito in legge - hanno confermato tale dichiarazione (art. 23 del D.L. e art. 21-bis del DPR 175/88 modificato, che richiamano, tra l'altro, la Legge 349/86 e L. 305/89), prevedendo la predisposizione di un Piano di intervento necessario alla definizione di azioni mirate alla riduzione o all'eliminazione dei fattori di rischio individuati e puntualmente studiati.

Con il Decreto del Ministero dell'Ambiente n. 105 del 22/09/95 sono state ripartite, in ambito nazionale, le risorse per l'attivazione dei primi interventi. Per le aree industriali di Livorno e Piombino sono stati stanziati 20 miliardi complessivi¹.

Allo scopo di procedere ad una prima "ricognizione" sullo stato delle proposte di intervento già disponibili, ARPAT, su incarico del Dipartimento per le Politiche territoriali ed ambientali della Regione Toscana, ha avviato una serie di contatti con gli Enti Locali (Provincia di Livorno e Comuni di Livorno, Collesalveti e Piombino). Nel corso degli incontri conseguenti, in particolare quello del 31.07.96 (presenti i rappresentanti dei Comuni e della Provincia, della Regione e di ARPAT) sono state individuate alcune problematiche emergenti in base alle quali le Amministrazioni hanno indicato le priorità di intervento "ambientali" (risanamento fossi di Livorno e recupero aree siderurgiche dismesse nell'area di Piombino) nonché priorità di intervento sul rischio industriale nella zona di Stagno (interventi sull'assetto impiantistico della raffineria AGIP e sulla viabilità della area).

Una prima fase, preliminare, di acquisizione delle proposte per progetti di intervento urgenti si è conclusa con la riunione collegiale del 11/10/96 a cui hanno partecipato i rappresentanti del Ministero Ambiente SIAR (Servizio Inquinamento Atmosferico e Acustico e le Industrie a Rischio), dei Comuni di Livorno, Piombino e Collesalveti, della Provincia di Livorno, della Regione Toscana e di ARPAT.

Successivamente, in data 05/02/97, le proposte di intervento sono state trasmesse da ARPAT al Ministero dell'Ambiente - Direzione SIAR.

Con la Delibera G.R. n. 367 del 07/04/97 la Regione Toscana ha approvato i progetti depositati quale indirizzo per le successive

1. Con Legge n. 137 del 19/05/1997 il vuoto legislativo, determinato dalla mancata conversione del D.L. 461/96, viene superato procedendo alla sanatoria dei decreti-legge recanti modifiche al DPR 175/88 e facendo salve anche le assegnazioni già effettuate per gli interventi nelle aree critiche ad elevata concentrazione di attività industriali ed il relativo decreto del Ministro dell'Ambiente del 22/09/1995.

azioni di definizione del programma di interventi urgenti per le "aree critiche ad elevata concentrazione di attività industriali" di Livorno e Piombino e per l'utilizzo delle risorse già assegnate dal D.M. Ambiente 22/09/95.

Il Comitato di coordinamento si è successivamente pronunciato favorevolmente sui progetti ricordati.

L'intesa di programma del 06/06/97 (ai sensi dell'art.4 della legge 305/89) tra Ministero dell'Ambiente e Regione Toscana per l'area critica ad elevata concentrazione di attività industriali di Livorno e di Piombino ha definito le linee generali per il Piano di risanamento, l'impegno delle parti, l'istituzione di un Comitato che assicuri il necessario coordinamento tra i ministeri interessati (Ambiente, Industria, Interni), la Regione e gli enti locali coinvolti (Comune di Livorno, Piombino, Collesalveti e Provincia di Livorno).

Al Comitato, insediato il 13.01.98, è stato affidato il compito di coordinare lo svolgimento e di approvare il Piano di risanamento, valutando l'ammissibilità e la priorità degli interventi prospettati.

Con l'intesa di programma sono stati affidati ad ARPAT sia il compito di Segreteria tecnica, di supporto al Comitato, sia il compito di predisporre il piano medesimo e i relativi studi di rischi d'area.

È da segnalare, "a cavallo" fra le due zone oggetto di dichiarazione di "area critica", la presenza del polo produttivo di Rosignano Solvay, che occupa una superficie molto estesa e comprende insediamenti produttivi della Soc. Solvay (fra gli altri si ricordano la produzione di polietilene, cloro, clorometani, acqua ossigenata e persali, carbonato di sodio) presso i quali sono impiegate e detenute sostanze pericolose, come il cloro e l'etilene. Tali impianti danno luogo, peraltro, a significativi effetti di impatto sull'ambiente, quello marino in particolare.

Data la consistenza del sito industriale potrebbe essere richiesta, anche per lo stesso, un approfondimento delle problematiche in termini di studio dei rischi d'area.

1.2 Struttura organizzativa

L'intesa di programma fra Ministero dell'ambiente e Regione Toscana del 6 giugno 1997 (G.U. S.G. n. 175 del 29.07.97) ha affidato ad ARPAT il compito di predisporre il piano di risanamento per le aree critiche ad elevata concentrazione industriale di Livorno e Piombino. Presupposto della definizione del piano è rappresentato dallo svolgimento di specifici studi del rischio d'area e di analisi dei fattori di degrado ambientale, presenti nelle due aree.

Per lo svolgimento delle funzioni affidate dall'intesa di programma, ovvero quelle di:

- Segreteria tecnica di supporto al Comitato di Coordinamento;
- predisposizione del piano e svolgimento dei necessari studi dei rischi d'area, di natura tecnica, da un lato, e di natura organizzativa e di raccordo per le informazioni, dall'altro.

A tal fine ARPAT si è organizzata con l'attivazione di:

- uno staff tecnico "flessibile" che fa capo alla Direzione Generale, alla Direzione Tecnica e all'Area per le industrie a rischio d'incidenti rilevanti, l'ecogestione e l'etichetta ecologica;
- una segreteria, con sede logistica presso il Dipartimento ARPAT di Livorno.

Il Comitato di coordinamento, nella seduta del 13 gennaio 1998, ha stabilito di estendere la partecipazione alla Segreteria tecnica ("Segreteria tecnica allargata") a rappresentanti designati dagli Enti che costituiscono il Comitato stesso.

Su indicazione del Comitato, ARPAT ha provveduto a formulare un indice ragionato che ha definito l'articolazione delle attività del piano e degli studi del rischio d'area, sulla base delle indicazioni generali contenute nell'art. 3 dell'intesa di programma del 1997. Nella riunione del 10.03.98, il Comitato ha approvato l'indice ragionato proposto, col mandato all'Agenzia di procedere anche ad "attivare le necessarie collaborazioni tecnico-scientifiche con gli istituti specializzati dell'Università" (verbale prot. 1100/98/SIAR del 18.03.98).

Su tali basi ARPAT ha siglato apposite convenzioni con due Istituti dell'Università di Pisa e cioè:

- Dipartimento di Ingegneria Chimica, Chimica Industriale e Scienza dei Materiali, convenzione per lo svolgimento di studi finalizzati alla predisposizione del piano di risanamento per le aree critiche ad elevata concentrazione industriale di Livorno e di Piombino, con riferimento alle problematiche del rischio industriale.
- Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione, convenzione per lo svolgimento di studi finalizzati alla predisposizione del piano di risanamento per le aree critiche ad elevata concentrazione industriale di Livorno e di Piombino, con riferimento alle problematiche del rischio ambientale.

1.2.1 Funzioni e composizione della Segreteria tecnica

La Segreteria tecnica collabora col Comitato di coordinamento fornendo il supporto tecnico necessario alla pianificazione delle attività, assicurando il supporto organizzativo, il raccordo e l'informazione dei Soggetti interessati, la gestione dell'archivio e la distribuzione dei documenti.

Nella forma di "Segreteria tecnica allargata" riveste funzioni di:

- indirizzo metodologico per lo svolgimento degli studi d'area;
- esame e validazione tecnica delle proposte di interventi di risanamento;
- esame e validazione degli elaborati tecnici derivanti dagli studi d'area.

Alla Segreteria tecnica allargata partecipano, oltre ad ARPAT, i rappresentanti delegati da: Ministero dell'ambiente, Ministero

dell'interno (Comando Provinciale VV F), Ministero dell'industria, Regione Toscana, Provincia di Livorno, Comuni di Livorno, Collesalveti e Piombino, Capitanerie di Porto di Livorno e Piombino, Autorità Portuali di Livorno e Piombino, ANPA.

La Segreteria tecnica allargata provvede inoltre di volta in volta, relativamente a problematiche di natura tecnica, alla consultazione di rappresentanze delle forze sociali interessate.

1.2.2 Funzioni e composizione dello staff tecnico

Lo staff tecnico svolge, in particolare, le seguenti attività:

- coordinamento generale delle attività tecniche del piano;
- predisposizione di dati per lo svolgimento degli studi;
- contributo alla definizione delle basi metodologiche per gli studi dei rischi industriali d'area e per la mappatura dei fattori di squilibrio ambientale;
- riesame e validazione dei risultati dei vari capitoli degli studi effettuati, in collaborazione con la Segreteria tecnica allargata;
- svolgimento di alcuni capitoli specifici degli studi d'area e del piano di risanamento;
- analisi e istruttoria sulle proposte progettuali per gli interventi di risanamento, da sottoporre alla Segreteria tecnica allargata e al Comitato;
- valutazioni sullo stato di avanzamento dei progetti di risanamento ai fini della liquidazione dei relativi finanziamenti da parte della Regione.

Lo staff vede impegnate le seguenti risorse professionali:

- un ingegnere dirigente, responsabile dell'Area per le industrie a rischio d'incidenti rilevanti di ARPAT, al 50%;
- un ingegnere dirigente, responsabile dell'Unità Operativa di Ingegneria Ambientale del Dipartimento Provinciale ARPAT di Livorno e Servizio di Piombino, al 30%;
- un funzionario ingegnere, dell'Area per le industrie a rischio d'incidenti rilevanti, specialista nella materia, al 50 %;
- un ingegnere chimico a contratto, dedicato a tempo pieno;
- una segretaria laureata, a tempo pieno;
- due collaboratori tecnici, dell'Area per le industrie a rischio d'incidenti rilevanti, al 10 %;
- collaboratori part-time, presso il Dipartimento Provinciale di Livorno e Servizio di Piombino, per l'esame di problematiche specifiche relative ai fattori di degrado ambientale.

1.3 Considerazioni preliminari sulle problematiche del territorio

1.3.1 L'area di Livorno - Descrizione del territorio

La provincia di Livorno fa parte, in tutta la sua estensione continentale e insulare, dell'area costiera e marittima che costituisce l'interfaccia della Toscana con il mare, strettamente collegato con la Toscana centrale anche attraverso la S.G.C. Firenze-Pisa-Livorno.

La fascia costiera è un "continuum" territoriale con la pianura retrostante e proprio su questa area, molto vulnerabile ed in delicato equilibrio, sono stati condotti studi particolarmente approfonditi che hanno messo in evidenza la necessità di creare le condizioni per superare il declino industriale della costa, ponendo maggiore attenzione ai problemi dell'impatto ambientale.

La città di Livorno, che occupa una superficie territoriale di 104,79 kmq con una popolazione residente pari a 163.980 e con una densità di 1.564, 84 abit/kmq, ha infatti vissuto negli ultimi anni una rilevante crisi del settore produttivo soprattutto connessa ad un sistema di insediamenti industriali, di attività e di rapporti non più consoni con i tempi, situazione riconosciuta anche in ambito comunitario. Pertanto la contemporanea presenza di situazioni di crisi, sia sul fronte occupazionale che su quello ambientale, porta a ritenere necessario un nuovo modello di sviluppo fondato sull'integrazione del binomio economia-ambiente.

Nell'area produttiva nord che interessa i Comuni di Livorno e Collesalveti è presente un'alta concentrazione di attività classificabili a rischio di incidente rilevante ai sensi del DPR 175/88 (sostituito oggi dal Dlgs 334/99); tra queste, 6 erano soggette a notifica (art.4 DPR 175/88), 3 erano soggette a dichiarazione (art.6 DPR 175/88):

Aziende soggette a notifica (art.4 DPR 175/88)	Aziende soggette a dichiarazione (art.6 DPR 175/88)
Agip Deint Gas	Costieri D'Alesio
AgipPetroli	DOW
Costiero Gas Livorno	Toscopetrol
D.O.C.	
Eridania (Cereol + Novaol)	
Carbochimica	

È presente, inoltre, uno Scalo Ferroviario FF.SS con movimentazione di sostanze pericolose in ferrocisterne, già soggetto a notifica prima del DM Ambiente 5.11.97, sugli scali ferroviari terminali. Vi è quindi, nella parte nord della città, una stretta interconnessione tra le funzioni e le destinazioni più propriamente urbane e un alto tasso di attività produttive ed economiche.

La situazione di Livorno appare critica sia per la concentrazione di numerose aziende in un'area piuttosto limitata, sia anche per la presenza di intensa movimentazione e trasporto di sostanze pericolose via terra e via mare.

Il porto di Livorno è costituito da più bacini che sono entrati in funzione in epoche diverse a partire dal sec. XIV; essi costituiscono due grandi sistemi, il porto industriale di recente fondazione ed il porto commerciale, che include il nucleo più antico. Geograficamente si estende all'interno e lungo la linea di costa compresa tra la foce del canale Scolmatore del Fiume Arno e il bacino Morosini, prospiciente il cantiere L.Orlando. Gli accessi navigabili al porto sono costituiti dalle due aperture foranee, da cui transita il traffico marittimo, e dal canale dei Navicelli.

Il porto industriale è stato ricavato negli anni trenta attraverso l'escavo e la bonifica dei terreni tra il porto Vecchio e la foce del Calambrone, e si è sviluppato negli anni settanta con la realizzazione della darsena Toscana.

Gli accessi da terra sono rappresentati dalla S.G.C. Firenze-Pisa-Livorno e da una fitta rete di raccordi ferroviari alla linea principale Roma-Pisa, per uno sviluppo di oltre 70 Km; sono attive inoltre due stazioni ferroviarie di smistamento merci: al porto sud la stazione Livorno-Porto vecchio ed al porto nord la stazione di Livorno-Calambrone.

1.3.2 Rischio industriale

1.3.2.1 Aziende a rischio di incidente rilevante

Le aziende presenti nella zona Livorno Nord - Stagno sono soggette agli obblighi previsti dalla normativa "Seveso" sia per i quantitativi di sostanze infiammabili e tossiche stoccate sia per i processi di lavorazione. Si riporta una sintetica descrizione delle attività:

- Agip Gas - Deposito di Gas di Petrolio Liquefatto; il gas viene movimentato tramite gasdotto dalla Darsena Petroli del porto di Livorno, viene stoccato e riparte via autobotti.
- AgipPetroli - La raffineria è approvvigionata via mare e produce tutti i principali prodotti combustibili, carburanti e lubrificanti.
- Costiero Gas Livorno - Deposito di GPL di rilevanza nazionale in quanto provvede all'approvvigionamento di combustibile per buona parte dell'Italia centrosettentrionale. Il gas giunge al deposito tramite navi gasiere ed è introdotto in caverne sotterranee della capacità totale di circa 24.000 t.
- DOC - Deposito di liquidi petroliferi ed altri liquidi infiammabili.
- Carbochimica - Distillazione di catrame da cui è estratta pece e distillati leggeri (olio medio e olio di antracene), sostanze tossiche e cancerogene.
- Eridania (Cereol) - Produzione di olio vegetale per uso alimentare mediante estrazione con solvente esano da semi vari.
- Eridania (Novaol) - Produzione di metilestere mediante reazione di transesterificazione tra olio di colza e metanolo che arrivano allo stabilimento mediante autobotti; produzione di biodiesel.
- Costieri D'Alesio - Stoccaggio di idrocarburi in arrivo al deposito per via marittima e ridistribuiti su automezzi o via tubazione verso il deposito Toscopetrol adiacente.
- DOW Italia - Produzione di lattice (sospensione colloidale di polimero idrofobo); utilizzo di sostanze quali acrilonitrile, butadiene, idrossietilacrilato.
- Toscopetrol - Stoccaggio e movimentazione di prodotti petroliferi.

Buona parte di queste aziende si affaccia sul canale industriale del porto, che costituisce pertanto un'infrastruttura critica e fondamentale per il traffico di materie prime e prodotti connessi con la produzione industriale.

Dall'esame dei rapporti di sicurezza si può ricavare in generale che i rischi di incidenti rilevanti sono collegati alla presenza di grandi quantità di prodotti petroliferi infiammabili e esplosivi, per cui gli incidenti ipotizzati sono riconducibili ad incendio o alla sovrappressione conseguente all'esplosione, con aggiunta dei rischi derivanti dalla presenza di inquinanti organici e inorganici (solfori) tossici che, per rilascio, si possono disperdere in atmosfera.

Da uno screening preliminare di rischio d'area condotto dal CUEIM del 1995/96 (Consorzio Universitario di Economia Industriale e Manageriale), su commissione del Ministero dell'Ambiente, risulta che lo stabilimento che presenta l'area di impatto di maggiore estensione è la raffineria AgipPetroli e che, in generale, la zona coincidente con l'agglomerato industriale di Livorno, dove si concentra il maggior numero di stabilimenti, è caratterizzata da un non trascurabile valore del rischio locale.

È da considerarsi inoltre l'incremento totale di rischio dovuto a possibili eventi incidentali connessi con il trasporto stradale e ferroviario di sostanze pericolose oggetto di approfondimento nello studio del piano d'area.

Oltre alle aziende sopra descritte, nel territorio sono presenti altre attività non soggette a notifica o a dichiarazione di importanza rilevante come la Centrale Termoelettrica ENEL, costituita da due gruppi alimentati ad olio combustibile da 150 MWe.

Scalo ferroviario Livorno-Calambrone FF.SS.

La stazione FS di Livorno-Calambrone, per la quale era stata presentata notifica ai sensi dell'art. 4 del D.P.R. 175/88, è ubicata in una zona prettamente industriale nelle cui vicinanze non esistono edifici civili. Tra gli stabilimenti presenti nell'area attigua allo scalo, quelli rilevanti ai fini del D.P.R. 175/88 sono Costiero Gas, AgipPetroli e Dow Italia.

Le maggiori infrastrutture presenti nelle vicinanze sono: il raccordo per l'autostrada Genova-Rosignano (A12), il raccordo per la S.G.C. Firenze-Pisa-Livorno, la stazione FS di Livorno Centrale, il porto di Livorno.

Le attività effettuate nell'area dello scalo sono la movimentazione di carri merci contenenti sostanze pericolose e la sosta che avviene su due binari attigui non elettrificati.

Le principali sostanze in questione e le quantità massime presenti nello scalo, desunte dai dati di movimentazione e dal Rapporto di sicurezza presentato dalle FS, sono:

1. Butadiene. Liquido molto infiammabile e autoreattivo che può causare ustioni e lesioni gravissime, inquinamento del suolo e rapida diffusione in atmosfera; 200 t in 5 carri.
2. Acrilonitrile. Liquido molto infiammabile, che può causare ustioni gravi e avvelenamento, inquinamento del suolo, esplosione di vapori e rilascio di sostanze tossiche dalla combustione; 80 t in 2 carri.
3. GPL. 1250 t in 25 carri.
4. Alcool metilico (metanolo). Liquido molto infiammabile, che può causare gravissime ustioni e avvelenamento, inquinamento del suolo e delle acque e esplosione di vapori; 600 t in 12 carri.

Su un totale di 233.930 movimentazioni nell'anno 1993 (a cui si riferiscono i dati del rapporto di sicurezza) si sono verificati 9 incidenti le cui cause sono riconducibili a errori di manovra che hanno comportato urti contro paraurti o sviamento, con conseguenze di danni economici di lieve entità; negli ultimi anni si sono verificati altri incidenti di cui è in corso l'acquisizione della documentazione.

I maggiori rischi connessi ai rilasci delle sostanze sopra elencate per cedimento di una ferrocisterna sono l'incendio, l'esplosione e la dispersione di una nube tossica. Gli scenari incidentali e le relative conseguenze sono individuati nel rapporto di sicurezza dello scalo.

1.3.3 Rischio ambientale

1.3.3.1 Qualità dell'aria

Dal 1978 la qualità dell'aria nella zona di Livorno - Collesalveti è rilevata dalla rete di monitoraggio di proprietà dell'A.R.I.A.L. (Associazione per il Rilevamento dell'Inquinamento Atmosferico, di cui fanno parte aziende private di Livorno-Collesalveti) e gestita in convenzione con la Provincia di Livorno, i Comuni di Livorno e Collesalveti e la Regione Toscana.

È costituita da n° 6 stazioni fisse, per il rilevamento degli inquinanti, n° 2 stazioni per il rilevamento dei parametri meteorologici e da un centro di raccolta ed elaborazione dati, che conferisce i dati raccolti al Centro Operativo Provinciale (C.O.P.) ubicato presso il Dipartimento Provinciale ARPAT di Livorno.

Gli inquinanti attualmente monitorati sono:

- Biossido di zolfo
- Ossidi di azoto
- Monossido di carbonio
- Ozono

Tra le caratteristiche della zona monitorata si ritrovano diverse tipologie di sorgenti di inquinamento tra le quali:

1. insediamenti industriali, tra i quali la centrale termoelettrica ENEL, la raffineria AGIP PETROLI, un inceneritore di RSU, vari depositi di gas ed idrocarburi, cementifici ed industrie chimiche e petrolchimiche, generalmente localizzati nella zona Nord della città;
2. riscaldamento domestico, in massima parte alimentato con gas naturale, importante fonte di inquinamento dell'aria nella stagione invernale;
3. trasporti marittimi che, per la quantità di movimentazione di navi (per movimento passeggeri, containers e merci) e qualità dei combustibili impiegati (generalmente scarsa), forniscono un contributo non trascurabile al fenomeno inquinamento atmosferico;
4. traffico veicolare, generalmente intenso nell'area urbana di Livorno e principalmente legato a mobilità locale e di passaggio, con apprezzabile contributo di traffico commerciale pesante legato alle attività industriali.

I dati relativi agli inquinanti monitorati sono stati raccolti ed elaborati per la verifica del rispetto degli Standard di Qualità dell'Aria (S.Q.A.) fissati dalla legislazione vigente in materia.

Per gli inquinanti biossido di zolfo e materiale particolato sospeso gli S.Q.A. sono stati rispettati, anche nelle postazioni ubicate in zone ad alta densità industriale, a partire dal 1985, mentre per gli inquinanti biossido di azoto (monitorato a partire dal 1989) e monossido di carbonio (monitorato a partire dal 1991) tali standard non sono mai stati superati. Per l'inquinante ozono (monitorato a partire dal 1988) si sono registrati rari superamenti degli S.Q.A..

Insieme ai dati di inquinamento atmosferico, la rete di rilevamento ha fornito informazioni sulle caratteristiche meteorologiche della zona monitorata, che risultano di fondamentale importanza per la costruzione di modelli matematici per la rappresentazione spazio-temporale dei fenomeni di dispersione degli inquinanti.

L'analisi dei dati storici raccolti dalla rete di monitoraggio permette di riconoscere la distribuzione del fenomeno inquinamento atmosferico legato alla presenza degli insediamenti industriali: infatti il tracciante dell'inquinamento atmosferico biossido di zolfo ha mostrato negli anni una progressiva diminuzione fino a raggiungere nell'anno ecologico 1996-97, nella zona nord (industriale) della città di Livorno, valori inferiori al 50% degli S.Q.A.. Comunque in tale zona la diminuzione dell'indice di inquinamento atmosferico industriale non è stato accompagnato da un miglioramento della qualità dell'aria rispetto al problema odori, che continua a rappresentare una questione meritevole di ulteriore approfondimento, insieme a quelle delle emissioni diffuse di origine industriale.

I dati di inquinamento atmosferico e meteorologici raccolti nel corso degli anni nelle zone sottoposte a monitoraggio, sia mediante le reti fisse di rilevamento che le campagne effettuate con mezzi mobili, consentono di evidenziare i punti seguenti:

1. Nell'area urbana di maggiore dimensione (Livorno) si evidenzia un modesto contributo al fenomeno inquinamento atmosferico di origine industriale monitorato usando come "tracciante" di inquinamento il biossido di zolfo, anche grazie ai fenomeni di metanizzazione degli impianti termici industriali ed migliori assetti emissivi raggiunti dalle aziende. Tuttavia, in particolari condizioni meteorologiche, si possono ancora verificare sia significative ricadute al suolo di inquinanti di origine industriale nella zona nord della città, sia la formazione delle cosiddette "nubi maleodoranti" di origine industriale, che possono interessare varie zone della città.
2. I dati relativi ad altri possibili inquinanti secondari anche di origine industriale (biossido di azoto, ozono) non sono sufficienti a evidenziare lo specifico contributo di origine industriale rispetto ai contributi del traffico auto veicolare e del riscaldamento domestico.

1.3.3.2 Inquinamento idrico

Acque superficiali

La problematica dell'inquinamento idrico nel territorio di interesse si può scomporre in due distinti settori, considerando gli apporti derivanti dall'attività industriale e quelli di natura civile causati dalla forte concentrazione antropica.

L'apporto di acque reflue derivanti da insediamenti produttivi è riferibile alla presenza del polo industriale, di servizi e di produzione di energia di Livorno e alla presenza del porto commerciale della città.

Inoltre l'acqua di raffreddamento delle turbine della Centrale Termoelettrica ENEL di Livorno (circa 17 m³/s) viene immessa, attraverso uno sbarramento provvisorio, nel sistema dei Fossi Medicei, al fine di garantire una certa velocità di scorrimento delle acque, il ricambio delle stesse e quindi la formazione e il ripristino di alcune biogenesi marine. Tale intervento ha comportato un notevole miglioramento ambientale per la città di Livorno.

Molte aziende, gravitando in ambito portuale, utilizzano il mare per l'approvvigionamento delle materie prime; a servizio del traffico portuale sono presenti sulle darsene alcuni impianti di trattamento delle acque di zavorra e di sentina delle navi.

Per quanto riguarda l'apporto inquinante derivante da insediamenti civili, l'impatto più significativo è certamente derivante dall'impianto di depurazione della città di Livorno, sia per le sue dimensioni che per la sua ubicazione, a ridosso del centro storico. L'impianto è attualmente in fase di profonda ristrutturazione, al fine di ottenere una maggiore flessibilità del sistema e pertanto una miglior gestione.

Altri depuratori gestiti da ASA riversano le acque trattate in fossi che recapitano in zona portuale.

Inquinamento del suolo

Nel Comune di Livorno è situato l'impianto di discarica di RSU denominato "Vallin dell'Aquila", in una zona caratterizzata da una classe rilevante di vulnerabilità intrinseca.

La discarica è strutturata con doppia vasca per raccogliere rifiuti urbani e speciali tal quali e ceneri inertizzate, provenienti dall'impianto di incenerimento posto in Via dell'Artigianato, a Livorno. Dall'inceneritore escono giornalmente 8 mc di ceneri leggere e 88 mc di scorie; le ceneri vengono confezionate in big-bags da 1 mc prima di essere poste in discarica. Nel 1997 sono stati distrutti nell'inceneritore 41.400 t di rifiuti tra cui sostanze psicotrope e farmaci scaduti classificati come speciali, mentre 123.947 t di rifiuti urbani e speciali sono stati smaltiti in discarica.

Nella discarica sono presenti vecchi siti dismessi interessati da fenomeni di fuoriuscita laterale del percolato, come evidenziato in una relazione geologica commissionata agli inizi degli anni novanta dall'attuale ente gestore (A.A.M.P.S.). Tale percolato viene intercettato e raccolto in una vasca esterna al perimetro della discarica; nelle vicinanze di questo sono presenti anche numerosi piezometri le cui analisi, effettuate nell'autunno del 1997, hanno fornito, in alcuni casi, valori anomali per diversi parametri (conducibilità, cloruri, bromuri, ammoniaca, piombo), evidenziando l'inquinamento della falda. A valle delle direzioni di deflusso, la falda è drenata da un fosso che recapita nel T. Ugione.

Tale zona è, comunque, esterna all'area critica a suo tempo individuata e le notizie sono state riportate allo scopo di inquadrare meglio le problematiche ambientali dell'intera area livornese.

1.3.3.3 La componente rumore nell'area portuale

La legge quadro sull'inquinamento acustico (L. 447/95 G.U. 30.10.96) regola l'intera materia demandando a specifici decreti applicativi la fissazione di norme tecniche per la misura del rumore prodotto dalle varie sorgenti. Tra di esse sono particolarmente significative le infrastrutture di trasporto veicolare e ferroviario, quelle portuali e aeroportuali. Per ognuna di esse è stato emanato o è in preparazione un decreto che fissa specifiche fasce di pertinenza in cui non valgono i limiti determinati dalla classificazione acustica del territorio operata dai comuni, ma limiti studiati espressamente che tengono conto della specifica risposta della popolazione al rumore prodotto dall'infrastruttura.

Per quanto attiene al rumore portuale sono molto poche le misure effettuate presso i porti, né risulta siano state effettuate valutazioni di impatto acustico soprattutto per quelli di maggiori dimensioni: proprio per la relativa novità della normativa del settore, mancano del tutto studi e valutazioni sulla risposta al rumore della popolazione. Per ovviare a ciò il Ministero dell'Ambiente, dovendo regolamentare la materia, ha chiesto all'ANPA di procedere ad un studio conoscitivo del rumore portuale almeno per raccogliere le prime indicazioni utili.

Il decreto in preparazione porrà l'attenzione sul ruolo dell'Autorità Portuale, che dovrà mettere in atto un sistema di monitoraggio in continuo e regolamentare le attività in modo da far rispettare alle società operatrici i limiti nelle fasce di pertinenza del porto; al di fuori di esse il contributo del rumore portuale al rumore ambientale complessivo non dovrà determinare superamenti dei limiti fissati a seguito della classificazione acustica del territorio.

Come è evidente, dovrà essere svolta una notevole attività, prima di tutto di conoscenza sullo stato dell'ambiente, per pervenire alla regolamentazione del settore per uno sviluppo sostenibile.

Tutto ciò premesso, sarà sviluppato nell'ambito del piano qui presentato un progetto che porti alla definizione delle sorgenti e dei loro contributi in termini di impatto acustico al fine di valutare, tra le altre componenti, nell'ambito delle scelte programmatiche da effettuare anche quella dell'inquinamento acustico.

1.3.4 Trasporti terrestri

Nell'area di Livorno sono presenti numerosi insediamenti industriali per i quali l'approvvigionamento di materie prime e la distribuzione dei prodotti avviene, in buona parte, mediante automezzi e ferrocisterne. Per quanto riguarda gli stabilimenti a rischio di incidente rilevante, le sostanze trasportate presentano spiccate caratteristiche di pericolosità. Inoltre, la distribuzione delle aziende sul territorio e le ridottissime distanze tra queste determinano concentrazioni di traffico a "rischio" su alcune tratte della viabilità primaria e secondaria di accesso agli stabilimenti medesimi (es. via Leonardo da Vinci, Strada di Grande Comunicazione (S.G.C.) Firenze-Pisa-Livorno; ferrovia Roma-Livorno-Pisa).

Per quanto concerne le problematiche della viabilità di accesso al porto di Livorno si può individuare la necessità di separare il traffico in ingresso al centro della città e al porto turistico da quello in ingresso al porto commerciale, e quella di creare un collegamento dedicato tra il porto commerciale e il porto turistico: attualmente, infatti, tale collegamento è costituito dalla Via Leonardo Da Vinci, caratterizzata da commistione tra traffico cittadino e commerciale.

Sarà necessario valutare, una volta disponibili i dati necessari, la presenza del Centro Intermodale di Guasticce, la cui riconsiderazione funzionale come parte della Piattaforma Logistica Costiera (documento congiunto Tecnico Regione - Provincia - Comune di Livorno) porta a prevedere importanti funzioni di servizio per la movimentazione e stoccaggio delle merci.

1.3.5 Porto e trasporti marittimi

Il porto di Livorno, che copre una superficie di circa 1.600.000 mq ed è dotato di 11 km di banchine con 90 accosti, è caratterizzato da un intenso movimento di molteplici tipi di navi. Si tratta di petroliere, navi che trasportano prodotti chimici, gasiere, portacontainers, traghetti per automobili, navi per trasporto alla rinfusa di merci varie (granaglie, fertilizzanti ecc.) oltre a navi refrigerate per il trasporto di derrate alimentari. Da segnalare, inoltre, anche il notevole traffico di bettoline e piccoli natanti adibiti al bunkerraggio e al trasporto di olio combustibile denso (il carico e lo scarico di tali prodotti avviene presso pontili situati all'interno del canale industriale).

I dati relativi al 1995 per lo scalo portuale livornese indicano che il movimento passeggeri si è attestato ad 1 milione di unità l'anno, la movimentazione di merci ha superato i 20 milioni di t mentre il traffico in contenitori, che nei primi anni Novanta aveva subito un brusco arresto, mostra un sensibile incremento superando i 3 milioni di t l'anno.

La movimentazione nel porto di Livorno si articola per il 51,7% in "navi cisterna con prodotti pericolosi"; per l'1,3% in "navi gasiere"; per il 45% in "navi con merci non pericolose" e il restante 2% in "navi passeggeri". Dal punto di vista quantitativo si tratta di 7-8 Mt/anno di prodotti petroliferi e 100.000 t/anno di prodotti chimici.

Il "canale industriale", come già ricordato, rappresenta il cardine della movimentazione di materie prime e prodotti (in buona parte pericolosi) relativi alle industrie che vi si affacciano.

Il Canale Industriale può essere considerato come un "porto canale", date le sue dimensioni (larghezza 100 m circa, profondità variabile tra 5,5 e 10 m circa e lunghezza 2000 m) e l'alto numero di moli presenti. È interessato dal traffico di navi petroliere, navi per il trasporto di prodotti chimici, gasiere, portacontainers, traghetti per automobili e navi frigo per il trasporto alimenti, oltre al movimento di bettoline utilizzate per il carico e lo scarico di oli combustibili presso pontili situati all'interno del canale stesso.

Considerata tale circostanza, allo scopo di valutare le problematiche di sicurezza connesse col trasporto e le operazioni di carico/scarico di prodotti pericolosi sono stati svolti studi specifici tra i quali:

- "Analisi dei rischi connessi alla navigazione nel porto di Livorno, ed in particolare alle gasiere dirette all'approdo 30 del Canale Industriale" EIDOS, 1993
- "Analisi dei rischi nel Canale Industriale del porto di Livorno, con riferimento alla movimentazione di sostanze infiammabili e combustibili" PLANNINGS s.r.l., 1993
- "Sicurezza del Canale Industriale del Porto di Livorno in relazione alla movimentazione di GPL, prodotti petroliferi e chimici" S.T.A. S.r.l., 1994.

Tali studi, in particolare, hanno portato a stabilire la tipologia e le caratteristiche delle navi gasiere che riforniscono il Deposito Costiero Gas, con l'obiettivo di rendere minimo il livello di rischio connesso con le operazioni di trasporto e scarico di GPL.

A conferma della complessità e criticità del porto di Livorno, va segnalato inoltre che l'area portuale e le relative attività svolte nella medesima dovranno essere oggetto di apposito Rapporto di sicurezza, come previsto alla Legge 84/94 di riordino della legislazione in materia portuale.

PARTE I

Studio dei rischi industriali d'area

2 STUDIO DEI RISCHI INDUSTRIALI D'AREA

2.1 Premessa

L'attività nella quale rientra il presente rapporto ha per oggetto lo studio dei rischi e degli squilibri ambientali indotti dall'uso e dal trasporto di sostanze pericolose, e più in generale dalle notevoli attività produttive e commerciali svolte nell'area ad elevata concentrazione di attività industriali di Livorno.

Lo studio, al suo completamento, ha lo scopo di mettere a disposizione delle Amministrazioni che hanno promosso il progetto elementi utili per la gestione e per la pianificazione del territorio in senso lato, includendo in questo azioni di risanamento e di miglioramento della situazione esistente.

Il quadro in cui si inseriscono queste attività è quello della riflessione sulla sicurezza delle attività industriali a rischio di incidenti rilevanti, che ha preso l'avvio dall'incidente di Flixborough (Regno Unito, 1974) e che in Italia ha trovato la sua definizione più recente nel D. Lgs. 17/8/99, n. 334 di recepimento della Direttiva Europea 96/82/EC (nota anche come Direttiva "Seveso-II").

Le linee generali per la predisposizione del Piano di Risanamento sono state predisposte da ARPAT ed approvate dal Comitato di coordinamento in data 10 marzo 1998. Tale documento costituisce la base di riferimento per l'intero studio.

Nel luglio 1998 ARPAT - ritenendo necessario avvalersi della collaborazione tecnica da parte di istituti universitari specializzati nella materia - ha siglato due convenzioni con i Dipartimenti di Ingegneria Chimica, Chimica industriale e scienza dei materiali e di Costruzioni Meccaniche e Nucleari dell'Università di Pisa, che hanno contribuito in misura sostanziale alla redazione del presente rapporto.

2.2 Scopo e limiti del lavoro

L'attività connessa con il Piano di Risanamento per l'Area Critica ad Elevata Concentrazione Industriale di Livorno ha come principali finalità:

1. la conoscenza analitica della situazione di fatto nelle aree considerate per quanto riguarda:
 - sorgenti di rischio
 - meteorologia
 - distribuzione demografica e centri di vulnerabilità
2. l'utilizzo di un modello di calcolo per la ricomposizione dei rischi derivanti dai contributi delle tipologie di sorgenti esaminate
3. la quantificazione del rischio d'area
4. l'indicazione di criteri di intervento per la mitigazione delle conseguenze correlate agli scenari incidentali considerati
5. la definizione di criteri per la pianificazione del territorio

La correttezza delle analisi e l'affidabilità dei risultati dipendono dalla correttezza dei dati di ingresso, e quindi dall'adeguatezza delle informazioni contenute nei rapporti di sicurezza e delle informazioni desunte da indagini specifiche in merito alle fonti di pericolo non imputabili direttamente agli impianti fissi.

In particolare, l'affidabilità di tutte le informazioni, e ancor più il mantenimento di tale affidabilità nel tempo, deriva anche dalla corretta gestione degli impianti e dei sistemi di trasporto. Il raggiungimento di questa condizione potrà essere assicurata solo mediante un'opportuna azione di controllo da parte delle Autorità competenti, non solo sugli aspetti impiantistici, ma anche su quelli gestionali.

2.3 Riferimenti

Per la compilazione del presente rapporto è stato impiegato il programma ARIPAR - GIS, originariamente sviluppato per l'Analisi del Rischio Industriale e Portuale dell'Area di Ravenna, concesso in uso ad ARPAT dall'Amministrazione Regionale dell'Emilia-Romagna.

Il presente rapporto è basato:

- sullo Studio sull'area di Livorno-Collesalveti condotto da SnamProgetti-Servizio Sicurezza e Affidabilità per conto del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Rischi Chimici Industriali ed Ecologici, denominato ARIPAL
- sullo Studio predisposto dall'Università di Pisa, condotto nell'ambito della convenzione fra ARPAT e Università di Pisa (cfr. § 1.2), "Gestione del rischio industriale e portuale dell'area livornese" - settembre 1999, denominato GRIPAL.

2.4 Completamento e aggiornamento degli studi ARIPAL e GRIPAL

Il presente rapporto rappresenta l'aggiornamento e l'integrazione delle analisi già svolte nell'ambito del progetto CNR - GNDRCIE denominato ARIPAL (Analisi del Rischio dell'area Industriale e Portuale di Livorno - ottobre 1998), redatto da Snamprogetti, e del rapporto predisposto dai Dipartimenti di Ingegneria chimica, Chimica industriale e scienza dei materiali, Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione dell'Università di Pisa, denominato GRIPAL (Gestione del Rischio Industriale e Portuale dell'Area Livornese - settembre 1999), nell'ambito della convenzione ARPAT-Università di Pisa, precedentemente menzionata.

2.4.1 Aggiornamenti e modifiche introdotti dall'Università di Pisa sull'elaborato ARIPAL

Snamprogetti, per la valutazione del rischio portuale, aveva considerato solo il rischio derivante dalla movimentazione di navi che trasportano sostanze pericolose nel Canale Industriale, condividendo le considerazioni fatte in un precedente studio (4/), che consideravano i rischi presenti nelle altre zone del porto poco influenti sui valori del rischio portuale complessivo. Tale semplificazione è stata superata nello studio GRIPAL, che ha esteso l'analisi del rischio a tutti gli approdi del porto.

La ricerca degli effetti domino, provocati da getti incendiati, pozze incendiate ed esplosioni, ha consentito di accrescere il numero degli scenari incidentali provocati da effetto domino rispetto a quelli considerati in ARIPAL.

Lo studio ha tenuto conto della nuova versione della direttiva Seveso, nota anche come Seveso II, corrispondente alla Direttiva 96/82 CE, la quale chiede di considerare anche le conseguenze della formazione di prodotti nocivi non previsti in sistemi reagenti in condizioni non controllate, come incendi, reazioni incontrollate o reazioni accidentali non previste.

Nell'analisi dell'area livornese tale considerazione ha prodotto l'introduzione di alcuni scenari incidentali, come la dispersione di acido cianidrico formatosi durante l'ipotetico incendio di pozze formate dallo sversamento di acrilonitrile.

Il modello di ricomposizione del rischio d'area, che fornisce le curve di isorischio locale, è stato utilizzato per valutare l'efficacia di un progetto che prevede lo spostamento dell'approdo di parte del traffico di merci pericolose dal Canale Industriale alla Darsena Petroli: è stato cioè valutato come la realizzazione del progetto riduca il rischio locale.

2.4.2 Aggiornamenti e modifiche introdotti da ARPAT

Nella seduta della *Segreteria tecnica allargata*, del 13.09.99, sono state discusse e condivise alcune modifiche introdotte da ARPAT sui rapporti di riferimento (2.3), brevemente descritte nel seguito.

2.4.2.1 Incidenti da trasporto

Nelle elaborazioni, effettuate col programma ARIPAR-GIS, che hanno portato al presente rapporto sono state introdotte alcune modifiche relative alla caratterizzazione degli incidenti da trasporto di sostanze pericolose su gomma e rotaia. In particolare, sulla base di quanto riportato nella letteratura specializzata (25/, /26/) nonché nello studio ARIPAR sull'area di Ravenna (27/), sono stati introdotti nuovi valori per le probabilità degli scenari caratteristici connessi col rilascio di sostanze a seguito di incidente con collisione fra automezzi o ferrocisterne (cfr. 7.1). Gli scenari considerati sono stati suddivisi nei seguenti casi: *nessun rilascio*, *fessurazione*, *rottura grave* e *rottura catastrofica*. Per la fessurazione, in particolare, è stata assunta una dimensione del foro equivalente pari a 1/4" (circa 6 mm) in accordo con lo studio ARIPAR.

2.4.2.2 Effetto domino

Oltre a quanto già studiato nel rapporto GRIPAL, è stato introdotto l'effetto domino derivante dal parco GPL della Raffineria Agip Petroli. In particolare è stato valutato l'effetto combinato - sovrappressione/irraggiamento - dovuto al BLEVE/Fireball della sfera TK-91 e dei serbatoi cilindrici orizzontali (sigari) sugli impianti ubicati in prossimità delle predette installazioni. È stato inoltre tenuto conto dell'effetto mutuo causato da pool fire dei bacini di contenimento dei serbatoi atmosferici contenuti liquidi combustibili di categoria A. Infine, fra gli scenari connessi con l'effetto domino sono stati presi in esame gli effetti fra impianti vicini derivanti da esplosioni non confinate (UVCE).

2.4.2.3 Altre modifiche e integrazioni

Ulteriori modifiche sono state introdotte relativamente all'accorpamento in classi delle sostanze pericolose, quali prodotti petroliferi, assimilati in via definitiva a combustibili liquidi, mentre è stata eliminata l'assimilazione del butadiene (presso lo scalo ferroviario di Calambrone) ad acrilonitrile, lasciando invariata l'assimilazione a GPL per gli aspetti di incendio ed esplosione.

In considerazione degli interventi posti in atto dalla Soc. Costiero Gas di Livorno, in base alle prescrizioni del CTR¹, si è proceduto all'aggiornamento degli scenari incidentali in conformità di quanto riportato nel rapporto di sicurezza nell'ultima versione.

Altre integrazioni ai due rapporti ricordati hanno riguardato lo studio comparativo di scenari incidentali, finalizzato alla valutazione dell'efficacia degli interventi di risanamento proposti (cfr. il capitolo 9, dedicato alle Linee di intervento per la riduzione del rischio industriale).

1. Comitato tecnico regionale per la prevenzione incendi, che ha svolto l'istruttoria nel rapporto di sicurezza, secondo il DPR 175/88.

2.5 Risultati dello studio dei rischi d'area

L'analisi è stata condotta prevalentemente in base:

- ai dati contenuti nei Rapporti di Sicurezza per gli impianti fissi
 - ai dati forniti dalla Capitaneria di Porto e dagli operatori del porto
 - a calcoli eseguiti ex-novo per il trasporto, per gli effetti domino e per la formazione di sostanze pericolose in sistemi fuori controllo.
- Il rischio locale risulta pari a circa:
- 10^{-3} /anno in aree molto ristrette localizzata all'interno della Raffineria Agip Petroli, in corrispondenza degli impianti di produzione zolfo e idrodesolfurazione gasolio e all'interno dello stabilimento AgipDeintGas;
 - 10^{-4} /anno in aree ristrette ubicate in corrispondenza degli impianti AgipDeintGas oltre che negli impianti di produzione zolfo e idrodesolfurazione gasolio della Raffineria Agip Petroli, in area portuale (in prossimità del pontile 13), a causa delle condotte di GPL e, infine, in una zona ristretta lungo la condotta Livorno-Calenzano;
 - 10^{-5} /anno in corrispondenza di aree più ampie interne agli impianti (AgipDeintGas e Raffineria Agip Petroli), in corrispondenza dello scalo Livorno-Calambrone, del tratto terminale del canale industriale e all'imbocco dello stesso e dello stabilimento Dow Italia e lungo la condotta Livorno-Calenzano;
 - 10^{-6} /anno che interessa l'involuppo delle aree industriali e del porto industriale in genere, con estensione alle direttrici S.G.C. e viabilità esterna, nonché la frazione di Stagno prospiciente la Raffineria, seguendo - verso sud - il percorso della SS1 Aurelia fino alla Darsena Ugione.

Fatta eccezione per le aree sopra evidenziate il rischio locale si mantiene inferiore a 10^{-7} salvo l'area di Stagno (10^{-6}).

Questo risultato è confermato dall'esame della curva I-N, dalla quale si nota che il 96% della popolazione non è esposta a livelli di rischio significativi.

L'analisi della importanza delle tipologie di sorgenti mostra che il trasporto stradale è quello che maggiormente contribuisce al rischio di area, con contributi significativi anche degli impianti fissi e del trasporto ferroviario e per condotta. L'analisi delle varie fonti di rischio, inoltre, ha permesso di verificare che i rischi originati dalla movimentazione delle navi nel canale marittimo, già esaminati nello studio specifico redatto nel 1994 (4/4) e nel rapporto GRIPAL, risultano presentare livelli significativamente inferiori a quelli determinati dalle altre fonti di pericolo presenti nell'area. Può essere, pertanto, confermata la validità delle indicazioni sulla sicurezza della movimentazione di GPL nel Canale Industriale fornite dal Comitato nella riunione del 13.01.98.

Dall'esame delle curve di Rischio Sociale (curve F-N) si possono individuare quattro zone

- zona I (per N compreso tra 1 e 3) in cui i maggiori contributi al rischio sociale globale derivano da impianti fissi e trasporto per condotta e, nell'ordine, trasporto stradale e ferroviario. Il trasporto navale genera livelli di rischio apprezzabili solo per $N=1$, mentre non dà alcun contributo per N maggiore di 1.
- zona II (per N compreso tra 3 e 60) in cui il maggior contributo è dato da trasporto per condotta e trasporto stradale, mentre si assiste ad una graduale diminuzione del rischio associato agli impianti fissi che raggiunge i valori tipici del trasporto ferroviario;
- zona III (per N compreso tra 60 e 400) in cui sostanzialmente il rischio sociale globale corrisponde al rischio per trasporto stradale; in questa zona il rischio per impianti fissi rimane praticamente costante mentre quello per trasporto ferroviario diminuisce vistosamente e quello derivante dal trasporto per condotta scompare totalmente;
- zona IV (per N compreso tra 400 e 1100) in cui scompaiono i contributi legati al trasporto stradale e al trasporto ferroviario; di conseguenza il rischio sociale globale coincide con il rischio derivante dagli impianti fissi.

Pertanto gli impianti fissi contribuiscono in modo rilevante al rischio sociale globale per valori di N inferiori a qualche unità e superiori a 400; in quest'ultimo caso ovviamente con frequenze di accadimento molto più basse. Il trasporto per condotta, invece, assume importanza rilevante solo fino a N pari a qualche decina per poi scomparire completamente per N superiori.

Il trasporto stradale è costante e fornisce un contributo prevalente fino a $N=400$ per poi scomparire. Infine il trasporto ferroviario fornisce un contributo modesto fino a $N=1000$, mentre quello navale è da considerarsi, in questo ambito, irrilevante.

Quanto osservato è confermato anche dall'esame dei valori di importanza delle sorgenti (per definiti valori di N): per N pari a 10 e a 100, ad esclusione di una tratta della condotta Livorno-Calenzano, le prime sorgenti in ordine di importanza sono tratte di trasporto stradale. Escludendo le sorgenti da trasporto stradale, per N pari a 10, le sorgenti principali sono rappresentate da rilascio di H_2S dall'impianto HD3, Agip Petroli e dalla condotta Livorno-Calenzano. Per N pari a 100, l'unico contributo da impianti fissi è il rilascio da parco Serbatoi GPL Raffineria di Livorno (sfera TK91). Per quanto riguarda le problematiche connesse con l'effetto domino, è stata rilevata la trascurabilità dello stesso sul rischio individuale e locale all'esterno dei confini degli stabilimenti dell'area di Livorno.

Per quanto riguarda il contributo delle varie sostanze, l'esame delle curve F-N mostra come nel trasporto stradale il GPL dia il contributo maggiore. Nel caso degli impianti fissi, per N inferiore a 20 si ha una netta prevalenza dell'effetto dell'Acrilonitrile, mentre per N superiori a 20 si ha un contributo sostanzialmente dovuto al GPL.

Considerata la complessità della problematica dei trasporti stradali, l'efficacia di eventuali soluzioni migliorative, potrà essere valutata mediante analisi di dettaglio finalizzate specificamente al trasporto.

Per quanto riguarda gli impianti fissi, si può ritenere che le criticità rilevate - tenuto conto del carattere locale delle stesse - possano essere mitigate o rimosse con interventi sugli impianti, finalizzati alla riduzione delle probabilità di accadimento degli incidenti o mitigazione delle conseguenze; tali interventi saranno oggetto di puntuali prescrizioni da parte dell'Autorità preposta alle conclusioni sulle istruttorie dei rapporti di sicurezza.

3 METODOLOGIA DI ANALISI

La metodologia di ricomposizione del rischio implementata nel programma ARIPAR è descritta in /1/. Le caratteristiche del programma ARIPAR-GIS sono descritte nei Manuali Utente /2/ e /3/.

I limiti dello studio sono definiti come segue:

- L'analisi riguarda gli impianti fissi soggetti a Notifica o Dichiarazione, i trasporti di sostanze pericolose in condotta al di fuori dei recinti degli Stabilimenti, il traffico di merci pericolose nel Porto, il trasporto stradale e ferroviario di merci pericolose all'interno dell'area del Comune di Livorno (da e per gli stabilimenti di cui sopra).
 - L'analisi considera gli effetti acuti del rilascio di sostanze pericolose sull'uomo, prendendo come danno di riferimento la morte degli individui esposti; non sono oggetto dell'analisi la valutazione del danno ambientale, di effetti ritardati sull'uomo dovuti al rilascio di sostanze pericolose o effetti acuti quali ospedalizzazione, danni parziali ecc.
 - L'analisi si riferisce a incidenti rilevanti, ovvero a incidenti i cui effetti sull'uomo sono avvertibili all'esterno dello stabilimento nel quale hanno origine. Non sono pertanto oggetto dell'analisi danni ai lavoratori per effetto dell'esposizione cronica a inquinanti ambientali o danni acuti per esposizione a rilasci di sostanze pericolose per incidenti di piccola entità.
- Sinteticamente, l'analisi di rischio di area secondo la metodologia ARIPAR si sviluppa attraverso i passi esposti qui di seguito.

3.1 Raccolta Dati

- *Identificazione area sorgenti e area di impatto.* Per 'Area Sorgenti' si intende l'area nella quale sono collocate le sorgenti di rischio (sia impianti fissi che trasporti) che si intendono studiare. Per 'Area di Impatto' si intende l'area sulla quale sono attesi effetti significativi in caso di incidente. Su questa seconda area si analizzerà la distribuzione di popolazione.
- *Raccolta dati sorgenti di rischio.* I dati necessari alla ricomposizione del rischio vengono raccolti per gli impianti fissi e i sistemi di trasporto all'interno dell'Area Sorgenti.
 - Impianti fissi: tali dati sono ottenuti dai Rapporti di Sicurezza già elaborati, disponibili presso le competenti Autorità Locali. Da tali rapporti si estraggono l'identificazione dei Top Event e degli scenari di incidente, le frequenze di incidente, le conseguenze di incidente.
 - Trasporti stradali: in assenza di studi specifici sui trasporti nell'area di studio, i dati relativi ai trasporti sono raccolti dalle ditte mediante questionari, tramite la *Segreteria tecnica* e con la collaborazione dell'Associazione fra gli Industriali di Livorno, ed elaborati con analisi ad-hoc.
 - Porto e trasporti navali: il traffico portuale dal 1990 al 1997 è risultato stazionario ($6592 \pm 4.5\%$ navi in ingresso) pertanto si sono utilizzati i dati di traffico relativi al 1992 utilizzati in /4/. Da tale studio si estraggono le sorgenti degli scenari incidentali connessi col trasporto navale di merci pericolose. Per quanto riguarda i pontili 10, 11, 12 e 13 della Darsena Petroli, sono stati utilizzati dati più recenti ricavati dal rapporto di sicurezza della Raffineria nel caso dei pontili 10 e 11, mentre per i pontili 12 e 13 i dati sono stati forniti direttamente dal Consorzio movimentazioni Petroliere.
 - Trasporti ferroviari: i dati sono stati raccolti tramite questionari inviati alle aziende presenti nell'area di Livorno. I questionari hanno permesso di raccogliere le informazioni necessarie per individuare la tipologia ed i quantitativi di sostanze pericolose trasportate, il numero di carri utilizzati, le condizioni di trasporto. L'indagine si è limitata al solo traffico connesso con le attività industriali.
 - Condotte: i dati relativi al trasporto in condotta di prodotti petroliferi sono stati raccolti tramite *Segreteria tecnica* e con la collaborazione dell'Unione Industriali di Livorno. I dati relativi al trasporto in condotta di GPL sono stati ottenuti direttamente dal Consorzio Movimentazioni Petroliere.
- *Raccolta dati territoriali.* I dati territoriali, raccolti all'interno dell'area di impatto, sono le condizioni meteorologiche (direzione e velocità del vento, classi di stabilità atmosferica), la distribuzione di popolazione residente, la localizzazione dei Centri di Vulnerabilità (scuole, ospedali, centri di aggregazione di popolazione), la cartografia numerica per la rappresentazione dei risultati.

3.2 Elaborazione Dati

- *Individuazione sostanze:* sulla base dei dati raccolti si identificano tutte le sostanze pericolose presenti nell'area. Vengono quindi esaminate le caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche delle sostanze per verificare quali possono essere accorpate per le successive analisi.
- *Impianti fissi:* i Top Event individuati vengono analizzati per valutare quali siano di interesse per l'analisi di rischio di area e quali abbiano effetti limitati, solo locali o di rilevanza unicamente economica e vadano quindi esclusi dall'analisi. Si valuta inoltre se le analisi delle conseguenze riportate nei Rapporti di Sicurezza presentino caratteristiche di omogeneità e confrontabilità tali da poter essere utilizzate come sono, o se vadano effettuate analisi di conseguenze ex-novo.

- *Trasporti:*
 - Trasporto stradale: le frequenze di incidente sono calcolate dal programma ARIPAR-GIS sulla base dei dati raccolti nella fase di censimento; le conseguenze di incidente sono calcolate ex-novo.
 - Trasporto ferroviario: lo scalo ferroviario è considerato come impianto fisso; le frequenze e conseguenze di incidente sulle tratte sono calcolate ex-novo.
 - Trasporto navale: gli incidenti sui pontili sono considerati alla stregua di impianti fissi, sulla base di Rapporti di Sicurezza esistenti. Gli incidenti all'interno del Porto sono definiti sulla base di un Rapporto di Sicurezza esistente /4/.
 - Trasporto in condotta: le frequenze e conseguenze di incidente sono calcolate ex-novo sulla base dei risultati del censimento.

3.3 Effetto domino

3.3.1 Effetto domino per getti incendiati, pozze incendiate ed esplosioni

Tipologie di effetti domino: ai fini del presente studio sono state individuate - dall'Università di Pisa - due tipologie di conseguenze dovute ad effetti domino:

- i) generazione di scenari incidentali non annoverati inizialmente fra i top events, ma indotti da eventi incidentali di limitata entità (es. getti incendiati ecc.) ma con probabilità più elevata;
- ii) aumento della probabilità di alcuni scenari incidentali in relazione alla possibilità di essere innescati anche da effetti domino.

Soglie di propagazione: la propagazione degli incidenti è stata valutata in base ai valori dell'intensità di irraggiamento e della sovrappressione, che portano al collasso di strutture metalliche. Sono stati assunti i seguenti valori, ampiamente utilizzati in letteratura /21/:

- 37.5 kW/m² per l'irraggiamento
- 0.7 bar per la sovrappressione

Effetti domino di tipo I: ai fini dell'individuazione di questo tipo di effetti domino è stato necessario analizzare tutti i top-events di lieve entità, per individuare quelli a cui associare la potenziale propagazione degli incidenti. Nello studio sono stati considerati principalmente i getti incendiati come potenziale sorgente primaria. La definizione degli scenari generati da effetti di propagazione richiede dati precisi sui lay-out delle apparecchiature, non sempre disponibili.

Le frequenze di propagazione sono state valutate sulla base delle frequenze degli eventi primari (in generale derivate dai rapporti di sicurezza) e di considerazioni geometriche legate al lay-out delle apparecchiature.

Le conseguenze sono state calcolate utilizzando modelli di letteratura /7/.

Effetti domino di tipo II: la possibilità che il verificarsi di un primo top-event aumenti la probabilità di un secondo top-event già considerato nei rapporti di sicurezza è stata valutata sulla base delle soglie di danno di cui sopra.

La frequenza dell'evento combinato è stata stimata a partire dalla frequenza dell'evento primario e con considerazioni geometriche. Va sottolineato che questa è risultata in generale di almeno un ordine di grandezza inferiore a quella dell'evento primario.

Gli effetti fisici dell'evento combinato sono stati calcolati sommando i valori relativi alle mappe di danno dei singoli eventi.

3.3.2 Ulteriori contributi all'effetto domino

Oltre a quanto descritto nel paragrafo precedente, sono stati introdotti ulteriori contributi all'effetto domino, derivanti da:

- parco serbatoi GPL della Raffineria AgipPetroli
- impianto HF3 della Raffineria AgipPetroli
- Parco serbatoi atmosferici della Raffineria AgipPetroli.

Le tipologie di effetto domino considerate sono le seguenti:

- effetti domino derivanti dalla combinazione di sovrappressione e irraggiamento per BLEVE e conseguente Fireball della sfera TK 91 e dei serbatoi cilindrici orizzontali ("sigari");
- effetti domino derivanti da sovrappressione conseguente ad UVCE su impianti limitrofi (con riferimento alla soglia indicata nel §3.3.1);
- effetti domino dovuti a mutuo irraggiamento fra serbatoi atmosferici di combustibili liquidi di categoria A (con riferimento alla soglia indicata nel § 3.3.1).

3.4 Emissione di sostanze pericolose formate a seguito della perdita di controllo di sistemi chimici industriali

Individuazione dei termini sorgente: l'individuazione delle possibili sostanze pericolose che possono essere generate dalla perdita di controllo di un sistema chimico industriale è stata condotta seguendo la metodologia sviluppata in /23/. L'applicazione ha richiesto la definizione e l'analisi di tutti i sistemi chimici coinvolti in top-events nell'area di Livorno.

Definizione degli scenari incidentali: gli scenari incidentali in cui si è ritenuta credibile la formazione non voluta ed il rilascio di quantità non trascurabili di prodotti pericolosi sono stati definiti sulla base delle caratteristiche dei top-events potenzialmente all'origine dello scenario, definiti nei rapporti di sicurezza.

Valutazione delle quantità rilasciate: le quantità di prodotti pericolosi formate a seguito degli incidenti sono state valutate in base a dati di letteratura riportati da varie fonti e riassunti in /24/. I valori assunti sono da ritenersi cautelativi, non essendo disponibili dati sperimentali su scala paragonabile a quella degli eventi considerati.

Modellazione delle conseguenze: la dispersione delle sostanze generate è stata valutata utilizzando modelli di letteratura /7/.

Ulteriori dettagli sono forniti nell'Allegato 1 - Parte 1.

3.5 Inserimento dati

I dati raccolti ed elaborati sono inseriti nei Database del programma ARIPAR-GIS come previsto dai Manuali d'Uso /2, 3/.

3.6 Ricomposizione del rischio

Il programma effettua il calcolo dei rischi sull'area di impatto, per tutte le sorgenti presenti nell'area di studio, sulla base dei dati inseriti, e presenta i risultati in forma di curve di isorischio (rischio locale e individuale) e di curve F-N (rischio sociale).

I singoli passi dell'analisi sono descritti nelle sezioni seguenti.

4 RACCOLTA DATI

La presente sezione descrive le modalità di raccolta dei dati necessari per l'analisi e fornisce il dettaglio dei dati raccolti.

Il programma ARIPAR-GIS prevede l'utilizzo di due database, rispettivamente CENSIMENTO e CARICA, nonché di una cartografia digitalizzata sulla quale posizionare i singoli Top Event e di un database con le informazioni demografiche necessarie per il calcolo del rischio.

Database CENSIMENTO

Il Database CENSIMENTO raccoglie tutte le informazioni generali relative alla localizzazione, processi, sostanze degli impianti fissi ed alle tratte, numero di trasporti, sostanze, stato fisico per i trasporti.

Per quanto riguarda i trasporti, a differenza di quanto riportato nelle schede originali del programma ARIPAR, per il traffico ferroviario si sono individuati il numero totale annuo di trasporti pericolosi, così come per il porto si sono individuati i numeri totali annui di navi trasportanti merci pericolose, e non si è proceduto al censimento di ogni singola nave.

I dati relativi ai trasporti stradale, ferroviario e in condotta sono stati raccolti mediante questionari inviati a tutte le aziende nei comuni di Livorno e Collesalveti che trattano sostanze pericolose e che rientrano in Notifica o Dichiarazione. Tali questionari, organizzati sulla base di quelli adottati nel progetto ARIPAR, sono stati inviati da ARPAT alla Associazione Industriali di Livorno e da questa alle Aziende interessate.

Per quanto riguarda il Porto, i dati relativi agli incidenti sono stati principalmente raccolti dall'analisi di rischio del traffico portuale effettuata nel 1994 da STA /4/ e, inoltre, sono stati aggiornati tenendo conto dei movimenti navali presso i pontili della Darsena Petroli. I dati del traffico navale sono inseriti nel database CENSIMENTO per sostanza (definendo il numero totale di navi associate ad ogni sostanza) e non per nave.

Nelle sezioni seguenti (4.1 - 4.4) sono riportate le informazioni principali relative ai dati raccolti.

Database CARICA

Il database CARICA contiene le informazioni relative alla frequenza dei Top Event, alle probabilità dei singoli scenari ed alle conseguenze degli incidenti.

Queste informazioni, per gli impianti fissi e il Porto, sono desunte dai Rapporti di Sicurezza.

Per quanto riguarda il traffico stradale, le frequenze di incidente nelle varie tratte sono calcolate dal programma ARIPAR; le conseguenze di incidente sono state, invece, calcolate.

Per quanto riguarda il trasporto in condotta ed il traffico ferroviario, sia le frequenze che le conseguenze derivanti dai diversi scenari incidentali ipotizzati, sono state calcolate.

4.1 Identificazione area di studio

Per la definizione dell'area di studio è necessario basarsi sulla distanza massima degli effetti di incidente; l'area coperta dai raggi massimi di effetto definisce l'area di studio, poiché il rischio individuale sarà trascurabile dove l'effetto fisico dell'incidente è inferiore ai valori comunemente adottati come soglia di sicurezza.

Per quanto riguarda l'area portuale, lo studio ha inizio dall'ingresso del Porto; per il trasporto stradale e ferroviario si esamineranno le tratte sino ai confini comunali.

La figura 4.1.1 mostra l'area interessata dal raggio di effetto del massimo incidente evidenziato nei Rapporti di Sicurezza (raggio a 0.01 bar), i confini comunali e Provinciali, l'area sorgenti e le zone abitate.

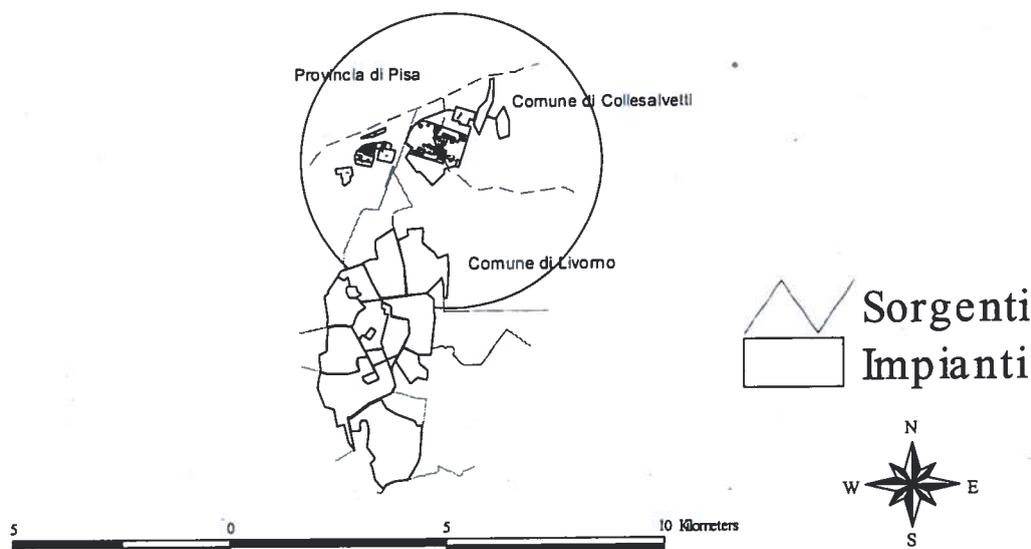
Su tale base è definita l'area di studio, che copre un'estensione complessiva di circa 45 km². L'area di studio è rappresentata da una griglia con passo di 100 m attorno alle sorgenti, e con passo di 500 m a distanze dalle sorgenti superiori a 300 m.

Per quanto riguarda l'area sorgente, essa comprende l'area industriale tra i comuni di Livorno e di Collesalveti, nella quale sono localizzati gli impianti fissi oggetto della analisi:

L'area in cui sono ubicate le sorgenti fisse di rischio industriale e di impatto ambientale si trova a NO del centro urbano ed è delimitata:

- a Nord dallo "Scolmatore dell'Arno" nel tratto che va dal mare sino all'"Antifosso delle Acque Chiare", dall'"Antifosso delle Acque Chiare" sino all'incontro con la Strada Statale n.1 Aurelia
- a Ovest dal tratto costiero compreso tra lo sbocco al mare dello "Scolmatore dell'Arno" ed il Bacino di S. Stefano
- a Sud dal bacino di S. Stefano
- a Est dalla Strada Statale n.1 Aurelia sino all'incrocio con Viale Genova, prosecuzione verso via L. Da Vinci, via Orlando, diramazione ferroviaria verso il porto. A seguito di una specifica richiesta del Comune di Livorno, è stata decisa un'estensione dell'area fino al Cantiere Orlando, Via della Cinta Esterna ed il Lungomare fino a P.za Mazzini e P.za Orlando.

Figura 4.1.1 Raggio massimo di effetto di incidente - Impianti fissi



L'area in cui sono presenti le sorgenti di rischio rientra prevalentemente nel territorio del Comune di Livorno, ma comprende anche la località Stagno, che appartiene al Comune di Collesalveti.

La località Picchianti, in cui non sono presenti impianti fissi soggetti agli obblighi di dichiarazione o notifica ai sensi del DPR 175/88, è stata esclusa dall'area sorgenti per il rischio industriale.

Quale fonte di rischio nei trasporti si è individuata l'area comprendente:

- la rete stradale della zona industriale e portuale ed in particolare:
 - la strada statale n.1. Aurelia che costeggia la Raffineria Agip Petroli e l'AgipDeintGas
 - via L. Da Vinci interessata dal traffico diretto o proveniente dagli stabilimenti DOW, Carbochimica, Eridania, D.O.C., D'Alesio, Costiero Gas Livorno
 - via L. Galvani interessata dal traffico diretto o proveniente dallo stabilimento DOW
 - via dello Scolmatore interessata dal traffico diretto o proveniente da Toscopetrol
 - raccordo tra via L. Da Vinci e via dello Scolmatore
 - strada di grande comunicazione (S.G.C. FI-PI-LI)
 - raccordo della SS1 Aurelia con l'Autostrada A12
 - raccordo tra S.G.C. ed Autostrada A12
- la linea ferroviaria verso Roma e le diramazioni e gli scali verso gli stabilimenti
- l'Avamposto, il Bacino di S. Stefano, il Canale Industriale comprensivo delle Darsene che si affacciano su di esso
- le condotte che permettono le operazioni di trasferimento tra moli e stabilimenti e tra stabilimenti.

L'area interessata dalle sorgenti fisse è di circa 6 km².

4.2 Sorgenti di rischio - Impianti fissi

Per quanto riguarda gli impianti fissi, sono stati individuati i seguenti impianti soggetti a Notifica o Dichiarazione:

- Raffineria AGIP Petroli
- AGIP DEINT Gas - Stabilimento GPL
- Costiero Gas Livorno
- DOC
- Costieri D'Alesio
- DOW Italia
- Carbochimica Toscopetrol
- ERIDANIA (ex Novamont e Cereol)
- AGIP DEINT - Gas Deposito carburanti Collesalveti
- Scalo ferroviario (già soggetto a notifica)

I dati relativi agli incidenti in tali impianti sono stati raccolti dai Rapporti di Sicurezza disponibili presso ARPAT nelle sedi di

Firenze e Livorno; in particolare, sono state raccolte le seguenti informazioni:

- Frequenza dei Top Event
- Frequenza degli scenari originati dal Top Event
- Distanza ai valori soglia di conseguenze.

Il dettaglio dei dati raccolti è riportato in /18/, per tutti gli impianti dell'area.

Valutazioni autonome sono state condotte per l'individuazione dei top-events dovuti a effetti domino e alla formazione non voluta di sostanze pericolose.

Sono stati complessivamente individuati 314 Top Event, suddivisi tra i diversi impianti come da tabella 4.2.1:

Tabella 4.2.1 - Numero Top per Azienda

Azienda	Numero Top
Agip Petroli	219
Agip DEINT Gas Stabilimento	11
DOW	12
Costieri D'Alesio	5
Carbochimica	10
Toscopetrol	5
Costiero Gas	16
DOC	11
Eridania	14
Agip DEINT Gas Deposito	3
Scalo FFS	5
Porto	15

È da notare che il Rapporto di Sicurezza dello Stabilimento Agip Petroli era in corso di aggiornamento ed è stato ultimato nel luglio 1998. I dati qui riportati si riferiscono al Rapporto di Sicurezza integralmente disponibile presso le Autorità, elaborato nel 1995.

Le attività di analisi sono state condotte sulla base dei dati del Rapporto 1995, con eccezione dei top relativi alle sfere TK89 e TK90 - già smantellate e in fase di sostituzione con serbatoi interrati - che non sono stati quindi considerati, e dei top relativi ai Pontili (non presenti nel Rapporto 1995) che sono stati ricavati da informazioni preliminari tratte dal Rapporto 1998.

I Top danno complessivamente luogo a 478 scenari; la ripartizione degli scenari per le diverse tipologie di incidente è data nella tabella 4.2.2, nella quale sono anche indicate le distanze minima e massima di effetto per ogni tipologia (dove per 'distanza di effetto' si intende la distanza alla quale si raggiungono le soglie di sicurezza, ovvero 1.6 kW/m², 0.01 bar, IDLH, LFL/2).

Tabella 4.2.2 - Numero casi per tipologia

Tipologia	Numero casi	Distanza di effetto [m]	
		min	max
Pool-fire	106	0	210
UVCE	78	0	1700
Jet-fire	53	0	125
Dispersione	40	0	450
Flash-fire	26	12	1015
BLEVE	5	60	220
Fireball	7	125	3456
Esplosione confinata	7	0	20

Il numero totale di scenari, 326 (comprensivo anche degli scenari presso i pontili della Darsena Petroli, di quelli dovuti ad effetti domino e di quelli dovuti alla formazione non voluta di sostanze pericolose), risulta inferiore al numero totale degli scenari dati nei Rapporti di Sicurezza. Gli scenari non considerati si riferiscono a evoluzioni di Top Event non definiti nei Rapporti di Sicurezza.

Criteri per la selezione degli scenari di incidente rilevante

Date le caratteristiche dell'analisi, finalizzata alla valutazione del rischio alla popolazione al di fuori degli impianti, è stata effettuata una selezione degli scenari da considerare nell'analisi, sulla base dei seguenti criteri:

1. Nel caso di più incidenti simili all'interno del medesimo impianto, si considerano le sole conseguenze del caso peggiore e si elencano i casi simili per stabilire la frequenza di accadimento, purché le varie sorgenti siano ragionevolmente vicine tra loro. Si ritiene che due sorgenti siano ragionevolmente vicine se la loro distanza è inferiore a metà del passo minimo della griglia di calcolo, cioè se esse sono a distanza inferiore o uguale a 50 metri. Tale criterio è stato adottato quando siano disponibili informazioni sulla collocazione planimetrica delle apparecchiature; in caso contrario si sono collocati i Top nel punto dell'area di impianto più vicino alla popolazione. Il criterio di accorpamento è stato utilizzato esclusivamente per l'analisi di parchi di serbatoi.
2. Si considerano tutti gli scenari che coinvolgono le seguenti sostanze:
 - sostanze tossiche per inalazione, a parte i liquidi poco volatili (furfurolo, catrame ecc.)

- GPL, benzina, oli caldi.
 - liquidi infiammabili con Flash Point < 180°C
4. Non si considerano gli scenari da jet-fire dovuti a rilasci gassosi da PSV (a meno che il posizionamento e l'orientazione delle valvole sia tale da causare effetti domino)
 5. Non si considerano scenari di incidente legati ai forni, dato che le conseguenze sono localizzate alle immediate vicinanze del forno o addirittura al suo interno
 6. Si considerano UVCE, pool-fire e jetfire dovuti a collassi ed a rottura di tubazioni, (per i jetfire, se la distanza di danno è > 20 m).
- L'applicazione di questi criteri ha portato ad individuare complessivamente 388 scenari, accorpati in 127 casi.

4.3 Sorgenti di rischio - Trasporti

I dati necessari per l'analisi di rischio dei trasporti sono stati raccolti direttamente presso le Aziende interessate, con la collaborazione di ARPAT e dell'Associazione Industriali di Livorno.

Sono state acquisite informazioni relativamente alle Aziende:

- DOC
- ERIDANIA
- DOW
- TOSCOPIPETROL
- COSTIERI D'ALELIO
- COSTIERO GAS LIVORNO
- Agip PETROLI
- CARBOCHIMICA
- Agip DEINT GAS

4.3.1 Trasporto stradale

Le schede di censimento consegnate dalle aziende sono riportate in /18/.

Per quanto riguarda i percorsi del traffico stradale, le Aziende forniscono indicazioni di massima sulla destinazione o provenienza; i percorsi all'interno dell'area di studio saranno individuati sulla base della conoscenza dei percorsi solitamente utilizzati dal traffico industriale.

I principali dati forniti sono riassunti in tabella 4.3.1

Per quanto riguarda Agip Gas, non essendo stati resi disponibili dati relativi ai trasporti, si è fatto riferimento ai dati di trasporto riportati nel Rapporto di Sicurezza dell'impianto, elaborato nel 1995.

La Costieri D'Alesio ha listato nel trasporto stradale la categoria generica 'Petrochimici'; le sostanze sotto questa dizione generica sono state associate alla classe combustibili liquidi.

Agip Petroli ha fornito informazioni di dettaglio per quanto riguarda GPL, Benzina, Gasolio e Petrolio. Ha poi fornito una lista con il movimentato totale annuo di una serie di sostanze, alcune delle quali fornite con il nome commerciale e la classificazione di pericolosità. Queste sono state complessivamente raggruppate in tabella sotto la voce 'Altri Infiammabili' e sono considerate come Benzine.

Nei casi in cui sono fornite le quantità annue totali di prodotto trasportato e non il numero di veicoli, il numero di veicoli/anno è calcolato assumendo una capacità per veicolo di 25 tonnellate per tutte le sostanze o di 3600 kg nel caso di azoto liquido. La quantità movimentata annua fornita dalle ditte è riportata in tabella tra parentesi quadre.

I veicoli/anno movimentati da Agip DEINT sono riportati in tabella separatamente per benzina e greggio; in realtà si tratta di un traffico di veicoli con tanca suddivisa per il 65% benzina e per il 35% gasolio.

Tabella 4.3.1 - Trasporti di sostanze pericolose su strada

Sostanza	No. Veicoli per anno										TOTALE
	DOC	DOW	Eridania	Toscopetrol	Costieri D'Alesio	Costiero Gas	Agip Petroli	Agip DEINTGas Stabilimento	Agip DEINTGas Deposito	Carbo- chimica	
Acetato di etile	111										111
Acetone	180										180
Acido acetico		700	8								708
Acido acrilico		25									25
Acido cloridrico (soluz. 31%)							195 [4884] (1)				195
Acido Solforico (soluz. 98%)							15 [387] (1)				15
Acqua ragia	100										100
Additivo biodiesel			27								27
Alcool isopropilico											?
Altri infiammabili							3 [70] (1)				3
Ammoniaca (soluz. 35%)		6									6
Anidride Acetica	110										110
Azoto liquido [5063412] (2)			34				1800				1834
Benzina				37020	208		3027		12350 (3)		52605
Bitume				49990							49990
Butile Acetato	500										500
Catrami e pece										2650	2650
Cicloesano120120											
Dowanol PM	100										100
Estratti							1199				1199
Etanolo	380										380
Etanolo denaturato	300										300
Furfurolo							14 [361] (1)				14
Gasolio				18510	7516		8051		6650 (3)		40727
GPL - Miscela C						27000	2167	2321			31488
Idrogeno							1 [4597] (2)				1
Isobutile acetato	240										240
Isotiazoline		6									6
Metanolo	1500		120								1620
Metilato di sodio			31								31
Metiletilchetone							28 [711] (1)				28
Oli Lubrificanti							6223				6223
Oli pesanti									1637		1637
Olio combustibile							4587				4587
Paraffine							2543				2543
Persolfato di ammonio		8									8
Persolfato di sodio		6									6
Petrolchimici					168						168
Petroli							1980				1980
Piombo Tetraetile							6 [160] (1)				6
Sali sodici			12								12
Soda	500										500
Soda caustica			16				76 [1905] (1)				92
Solvente Nafta	40										40
Stirene/Stirolo	510	500									1010
Toluolo	500						24 [598] (1)				524
VAM	50										50
Versenol 120			1								1
Xilolo	700										700
											TOTALE 204039

Note (1): il valore è in tonnellate/anno; (2): il valore è in m3/anno; (3): I 19000 veicoli/anno Agip DEINT hanno tank divise tra benzina e gasolio (65% benzina, 35% gasolio)

4.3.2 Trasporto ferroviario

I dati relativi al trasporto via ferrovia sono riportati in tabella 4.3.2.

Per Agip Gas vale la stessa considerazione fatta per il trasporto stradale; in assenza di dati si è fatto riferimento ai dati di trasporto riportati nel Rapporto di Sicurezza dell'impianto, elaborato nel 1995.

Tabella 4.3.2 - *Trasporti di sostanze pericolose via ferrovia*

Sostanza	No. Vagoni per anno			TOTALE
	DOC	DOW	Costiero Gas Agip DEINT Gas	
Acrilonitrile		35		35
Butadiene		150		150
GPL - Miscela C			1500 476	1976
Metanolo	2000			2000
Toluolo	15			15
Xilolo	15			15
				TOTALE 4191

4.3.3 Trasporto navale

I dati relativi al traffico navale sono raccolti da 'Sicurezza del Canale Industriale del Porto di Livorno in relazione alla movimentazione di GPL, prodotti petroliferi e chimici' elaborato da S.T.A., dicembre 1994 (rif. /4/).

Sono state acquisite dalla Capitaneria di Porto informazioni sul traffico nel 1997 per verificare l'applicabilità dello studio alla situazione attuale.

È stato possibile ottenere il numero totale di arrivi nel Porto di Livorno nel 1997, confrontato in tabella 4.3.3 con i dati di traffico riportati nel rapporto citato:

Tabella 4.3.3 - Traffico navale

Anno	Arrivi	Fonte
1990	6178	/4/
1991	6715	/4/
1992	6855	/4/
1993	6385	/4/
1997	6826	Capitaneria

Sulla base di tale confronto si è verificato che la situazione del Porto non è sostanzialmente mutata rispetto a quella analizzata in /4/ e pertanto si sono utilizzate per la analisi le informazioni contenute nel rapporto S.T.A.

Si fa notare che il Rapporto STA analizza tutti i Pontili, con esclusione di quelli della Darsena Petroli (Pontili 10, 11, 12 e 13). Per i primi due si sono utilizzati i dati riportati nel Rapporto di Sicurezza della Darsena Petroli elaborato da Agip Petroli nell'ambito dell'aggiornamento delle notifiche, del quale Agip Petroli ha fornito in via preliminare le informazioni principali. Per gli altri si sono utilizzati i dati forniti dal Consorzio Movimentazioni Petroliere.

4.3.4 Trasporto in condotta

Le principali caratteristiche delle condotte analizzate sono riassunte in tabella 4.3.4.

Tabella 4.3.4 - *Condotte*

Sostanza trasportata	Accorpamento	Pressione (bar)	Diametro (in)	Portata (m ³ /h)	Ricoprimento (m)	Max distanza tra due valvole di intercettazione (m)	Lunghezza condotta (m)	Società	Frequenza di utilizzo (giorni/anno)
Gasolio	Greggio	60	8	145	1.2-5	28000	88500	Agip Petroli	105
	Greggio	10	12	600	1.2	900	5300	Agip Petroli	36
	Greggio	10	12	700	0.9-6	750	750	Costieri D'Alesio	132
	Greggio	2	6	120	0	500	850	Agip DEINT	270
Olii lubrificanti, combustibili, petrolio	Greggio	60	8	160	1.2-5	28000	88500	Agip Petroli	15
	Greggio	10	30	350	0.1-2	900	5500	Agip Petroli	54
	Greggio	10	12	500	1.2	800	5200	Agip Petroli	24
Benzina	Benzina	60	8	160	1.2-5	28000	88500	Agip Petroli	180
	Benzina	10	12	1100	1.2	900	5300	Agip Petroli	50
	Benzina	10	8	350	0.9-6	750	750	Costieri D'Alesio	264
	Benzina	2	10	230	0	500	850	Agip DEINT	270
	Benzina	2	10	230	0	500	850	Agip DEINT	270
	GPL	GPL	20	6	1200	0	250	2500	Consorzio Movimentazioni Petroliere

Il tratto sottomarino di condotta che attraversa l'imboccatura del Canale Industriale è stato considerato separatamente a causa della sua particolarità. I risultati dell'analisi utilizzati per l'inserimento nel software sono riportati in Allegato 2 - Parte 1, al quale si rimanda.

4.4 Sostanze pericolose

Le sostanze pericolose presenti nell'area (sia negli impianti fissi che nei trasporti) sono listate in tabella 4.4.1, assieme alle principali caratteristiche di pericolosità e alla etichettatura secondo il D.M. 28/4/1997.

I simboli della etichettatura hanno il seguente significato:

Categorie di Pericolo

F	Facilmente infiammabile
F+	Altamente infiammabile
C	Corrosivo
T	Tossico
T+	Altamente tossico
Xn	Nocivo
Xi	Irritante
N	Pericoloso per l'ambiente
Carc.	Cancerogeno

Fraasi di rischio

R10	Inflammabile
R11	Facilmente infiammabile
R12	Estremamente infiammabile
R20/21	Nocivo per inalazione e contatto con la pelle
R23/24/25	Tossico per inalazione, contatto con la pelle e ingestione
R23/25	Tossico per inalazione e ingestione
R23	Tossico per inalazione
R26	Molto tossico per inalazione
R34	Provoca ustioni
R35	Provoca gravi ustioni
R36/38	Irritante per gli occhi e la pelle
R45	Può provocare il cancro
R50	Altamente tossico per gli organismi acquatici
R65	Può causare danni polmonari se ingerito

Dall'esame della tabella si nota che nell'area di studio sono presenti tre sostanze Altamente Infiammabili (Butadiene, GPL, H₂S), una sola sostanza Altamente tossica (H₂S), 5 sostanze Tossiche per inalazione (Acido cloridrico, Acrilnitrile, Furfurolo, Metanolo, Toluolo).

Tabella 4.4.1 - Caratteristiche delle sostanze pericolose presenti nell'area di studio

Sostanza	TLV - TWA (1)	IDLH ppm (mg/m ³) (2)	LCLo - LC50 (ppm/ora) (1), (3)	Tossicità (1)	UFL (% vol) (1)	LFL (% vol) (1)	Classificazione
Acetato di etile	400	2000 (7320)	12800 (LC50)	Velenoso per inalazione - Mutageno	11.50%	2%	F, R11
Acetone	250	2500 (6050)		Mod. tossico per inalaz.	12.80%	2.50%	F, R11
Acido acetico	10	50 (125)	64000 (LCLo)	Mod. tossico per inalaz. - Mutageno	16%	5.40%	R10, C, R35
Acido acrilico	2 (6mg/m ³)	n.a.	16000 (LCLo)	Velenoso per contatto	8.02%	2.40%	R10, C, R34
Acido cloridrico 31%	5	50 (76)	9500 (LC50)	Mod. tossico per inalaz.	n.a.	n.a.	C, R34, Xi, R37
Acido solforico 98%	1mg/m ³	4 (15)	1100 (LCLo)	Velenoso per inalazione	n.a.	n.a.	C, R35
Acqua ragia	n.a.	n.a.			n.a.	n.a.	
Acrilonitrile	10	85 (188)	2000 (LCLo)	Velenoso per inalazione Velenoso per contatto - Cancerogeno	17%	3.10%	F, R11, Carc. Cat. 2, R45, T, R23/24/25, Xi, R38
Additivo biodiesel							
Alcol isopropilico	400	2000 (5000)		Mod. tossico per inalaz. Mod. tossico per contatto	12.70%	2%	F, R11
Ammoniaca 35%	25	300 (213)			25%	16%	C, R34, N, R50
Anidride acetica	5	200 (848)	4000 (LC50)	Mod. tossico per inalaz. Mod. tossico per contatto	10.30%	2.90%	R10, C, R34
Azoto liquido	n.a.	n.a.			n.a.	n.a.	
Benzina	300	500 (1625)		Mod. tossico per inalaz. - Cancerogeno	7.10%	1.30%	Carc. Cat. 2, R45, Xn, R65
Bitume, catrami, pecci	n.a.	n.a.			n.a.	n.a.	Carc. Cat. 2, R45
Butadiene	10	2000 (4500)	n.a.	Velenoso per inalazione - Cancerogeno	12%	2%	F+, R12, Carc. Cat. 2, R45
Butile acetato	150	1700 (8211)	n.a.	Velenoso per inalazione	7.60%	1.70%	R10
Cicloesano	300	1300 (4550)	n.a.	Mod. tossico per inalaz.	8.40%	1.30%	F, R11
Dietilglicolmono- butiletere	25	700 (3437)	4900 (LC50)	Mod. tossico per inalaz.	12.70%	1.10%	
Dowanol (PM)	n.a.	n.a.	n.a.		n.a.	n.a.	
Dowfax 2A1 45PTC	n.a.	n.a.	n.a.		n.a.	n.a.	
Etanolo	1000	3300 (6336)	200000 (LC50)	Mod. tossico per inalaz. Mod. tossico per contatto	19%	3.30%	F, R11
Furfurolo	2	100 (399)		Mod. tossico per inalaz. Mod. tossico per contatto - Mutageno	19.30%	2.10%	T, R23/25
Gasolio	100	1000 (4570)		Mod. tossico per inalaz.	n.a.	n.a.	Carc. Cat. 2, R45
GPL (miscela C)	1000	2000 (4000)		Narcotico	9%	2%	F+, R12, Carc. Cat. 2, R45
H2S (Acido solfidrico)	10	100 (142)		Velenoso per inalazione	46%	4%	F+, R12, T+, R26, N, R50
Idrogeno	n.a.	n.a.			74.20%	4.10%	F+, R12
Idrossietilacetato	n.a.	n.a.			n.a.	n.a.	
Idrossietilacrilato	n.a.	n.a.			n.a.	n.a.	T, R24, C, R34, R43, (Tossicità dubbia - non infiammabile)
Isotiazoline	n.a.	n.a.			n.a.	n.a.	Isotiazina - tossicità dubbia non infiammabile
Isobutanolo	50	1400 (4312)		Mod. tossico per inalaz.	11.20%	1.40%	R10, Xn, R20 Mod. tossico per contatto
Metanolo	200	6000 (7980)		Mod. tossico per inalaz. Mod. tossico per contatto	36.50%	6%	F, R11, T, R23/25
Metilato di sodio	n.a.	n.a.	n.a.		n.a.	n.a.	Soluzione alcolica infiammabile
Metiltilchetone	200	3000 (9000)		Mod. tossico per inalaz. Mod. tossico per contatto	11.50%	1.80%	F, R11; Xi, R36/37
Olii lubrificanti, combustibili, petrolio							
Paraffine	n.a.	n.a.			n.a.	n.a.	Carc. Cat. 2, R45
Persolfato di ammonio	5 mg/m ³	n.a.			n.a.	n.a.	tossicità riferita ad S2O8 - Solido
Persolfato di sodio	n.a.	n.a.			n.a.	n.a.	Solido
Piombo tetraetile	0.075mg/m ³	3 (40)		Mod. tossico per inalaz. Mod. tossico per contatto	n.a.	1.80%	
Piombo tetrametile	0.075mg/m ³	3 (40)		Mod. tossico per inalaz. Mod. tossico per contatto	n.a.	1.80%	
Propilenglicolmetiletere	n.a.	n.a.			n.a.	n.a.	R10
Sali sodici	n.a.	n.a.			n.a.	n.a.	
Soda caustica	n.a.	n.a.			n.a.	n.a.	
Solvente nafta							
Stirolo	100	700 (3031)		Mod. tossico per inalaz. Cancerogeno	6.10%	1.10%	R10, Xn, R20, Xi, R36/38
Toluolo	200	500 (1915)		Mod. tossico per inalaz. - Mutageno	7.10%	1.10%	F, R11, Xn, R20
VAM (Vinil Acetato monomero)	4 (15mg/m ³)	n.a.8000(LC50)		Mod. tossico per inalaz. Cancerogeno	13.40%	2.60%	F, R11
Versenol 120	n.a.	n.a.			n.a.	n.a.	Sale sodico di etilendiamintetace- tato - non infiammabile nè tossico
Xilolo	100	900 (3969)		Mod. tossico per inalaz. Mod. tossico per contatto	6.70%	0.90%	R10, Xn, R20/21, Xi, R38

Note: (1) - fonte: Sax /5/; (2) - fonte: NIOSH /6/; (3) - I valori di LC50 e LCLo sono stati normalizzati a ppm/ora moltiplicando il tempo di esposizione per la concentrazione (andamento lineare della dose)

4.5 Dati Territoriali

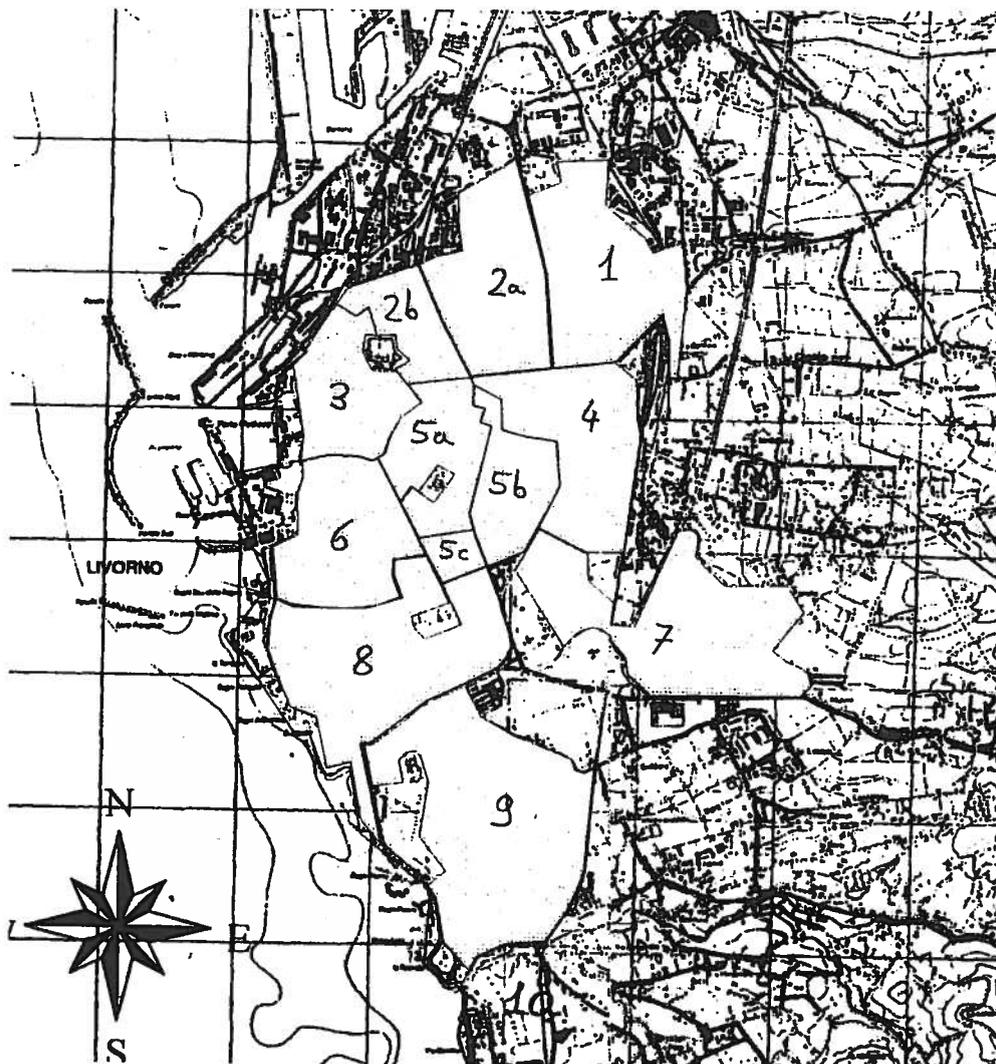
4.5.1 Popolazione

I dati relativi alla distribuzione della popolazione nell'area di interesse sono stati ottenuti dai comuni di Livorno e Collesalveti.

Il Comune di Livorno ha fornito la distribuzione della popolazione residente. La popolazione residente è supposta distribuita al 90% nelle aree edificate, per il 10% nelle aree non edificate.

La figura 4.5.1 mostra la suddivisione delle 10 circoscrizioni (secondo le vecchie delimitazioni) utilizzata per la definizione della popolazione sulla griglia di analisi.

Figura 4.5.1 - Ex Circoscrizioni



La popolazione per ogni circoscrizione è riportata nel seguito:

Tabella 4.5.1 Numero di residenti per ogni circoscrizione

Circoscrizione (vecchia delimitazione)	Residenti
1	17359
2	20926
3	10091
4	13676
5	20120
6	12874
7	19590
8	19304
9	16309
10	12801
Totale	163050

Il comune di Collesalveti ha fornito la popolazione residente nell'abitato di Stagno (adiacente alla raffineria Agip Petroli), pari a 5000 unità.

La popolazione residente è distribuita su una griglia di calcolo con passo 100 metri attorno alle sorgenti (sia impianti fissi che trasporti), per una distanza di circa 300 metri dalla sorgente; la restante area è rappresentata da una griglia di passo 500 metri.

Questa scelta costituisce un buon compromesso tra l'esigenza di rappresentare con precisione gli effetti dell'incidente nelle vicinanze della sorgente e quella di mantenere il numero di quadranti di griglia entro i limiti accettati dal programma (3000 punti).

Nei quadranti di griglia che ricadono sugli impianti fissi è distribuito in modo uniforme il numero totale di lavoratori stimati presenti nell'area.

La griglia utilizzata per l'analisi è mostrata nelle figure.

Centri di vulnerabilità individuati sono riportati nella tabella 4.5.2 seguente, con indicato il numero massimo stimato di persone presenti.

Tabella 4.5.2 - Centri di vulnerabilità

Centro di Vulnerabilità	Numero presenti
Stazione FFS Centrale	200
Stazione FFS Ardenza	150
Ospedale civile	1200
Ospedale militare	50
Mercatino americano	200
Supermercato Superal v. Grande	100
Supermercato Superal v. Capponi	100
Supermercato Superal v. Roma	100
Supermercato COOP	800
Campetti di calcio (3)	50
Circolo Tennis	100
Palazzetto Sport	4000
Campo scuola	100
Campo rugby/baseball	500
Stadio	10000
Ippodromo	4000
Cinema La Gran Guardia	1000
Cinema Odeon	400
Cinema Pio X	50
Cinema Metropolitan	200
Cinema	200
Cinema	200
Accademia Navale	1500
Caserma Vannucci	1000
Caserma Pisacane	100
Batt. Paracadutisti	1000
Comando militare	100
Stazione Marittima	1300

Nelle caserme la popolazione è stata assimilata alla categoria 'Residenti' poiché le probabilità di presenza nel corso dell'anno e della giornata sono simili a quelle di unità abitative.

La popolazione presente presso la Stazione Marittima è stata assimilata alla categoria "Temporanei stagionali". Il valore da utilizzare nel database è stato calcolato utilizzando i seguenti dati di input forniti dalla Società Porto di Livorno 2000:

Numero massimo di viaggiatori ed autoveicoli al seguito				
Periodo dell'anno	Bassa stagione (Ott/Mar)		Alta stagione (Apr/Sett)	
	Passeggeri	Autoveicoli	Passeggeri	Autoveicoli
Mattina (06-10)	500	150	4000	1500
Pomeriggio (11-15)	0	0	1500	500
Sera (18-24)	500	150	6000	2000

I dati forniti sono stati ripartiti in modo da ottenere un numero di presenze giornaliere medie e successivamente sono stati ripartiti percentualmente nei diversi periodi dell'anno (inverno, primavera, autunno ed estate) e nell'arco della giornata (mattino/sera).

4.5.2 Cartografia

L'area di studio è rappresentata nella prima delle tavole allegate.

4.5.3 Dati meteorologici

I dati meteorologici necessari all'analisi sono stati ottenuti dal Dipartimento ARPAT di Livorno e provengono da centraline di misurazione collocate all'interno dell'area di studio.

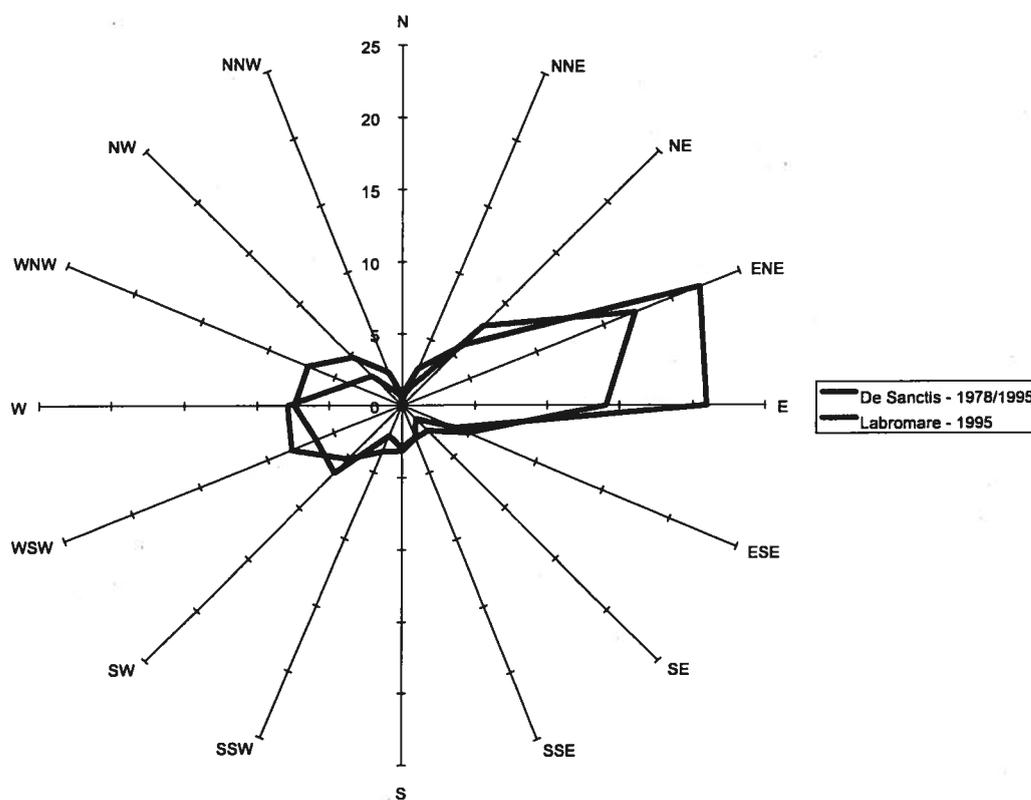
I dati sono relativi a:

- direzione del vento
- velocità del vento
- temperatura
- umidità
- stabilità atmosferica

Direzione e velocità del vento sono misurate nelle centraline di via De Sanctis (misurazioni disponibili per gli anni dal 1978 al 1995) posta a circa 40 m dal suolo e Labromare (Porto), disponibile per l'anno 1995.

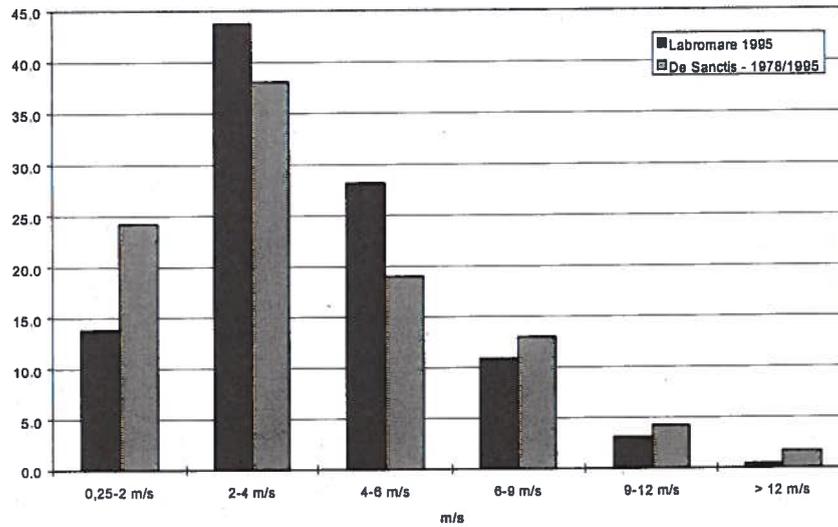
La direzione del vento è mostrata nella figura 4.5.2

Figura 4.5.2 - Direzione del vento



Si nota che entrambe le centraline segnalano una netta prevalenza dei venti provenienti da E - ENE, ed una secondaria prevalenza di venti dai settori W - WSW.

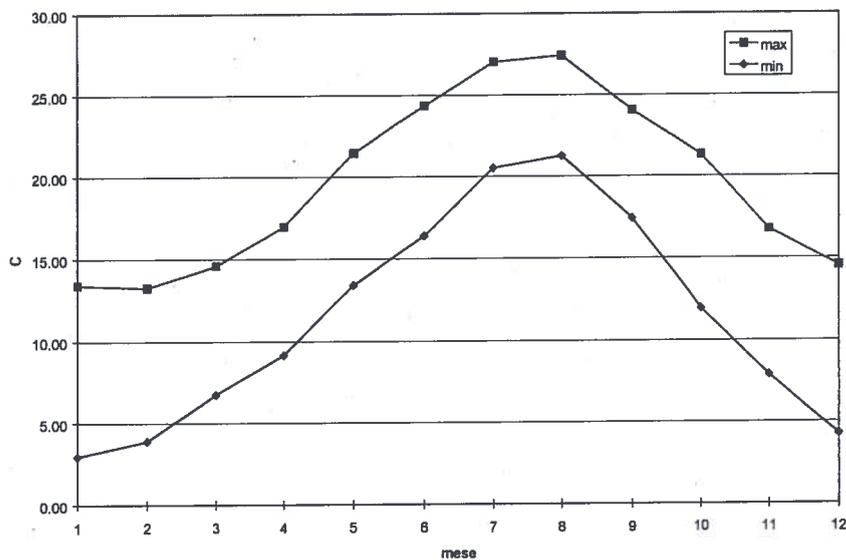
La velocità del vento è mostrata nella figura 4.5.3.

Figura 4.5.3 - *Velocità del vento*

L'andamento delle velocità del vento è simile per entrambe le centraline di misurazione; si nota che venti di velocità pari o inferiore a 2-4 m/s sono presenti nel 62% dei casi, venti di velocità superiore a 4 m/s nel 38% dei casi (centralina di via De Sanctis).

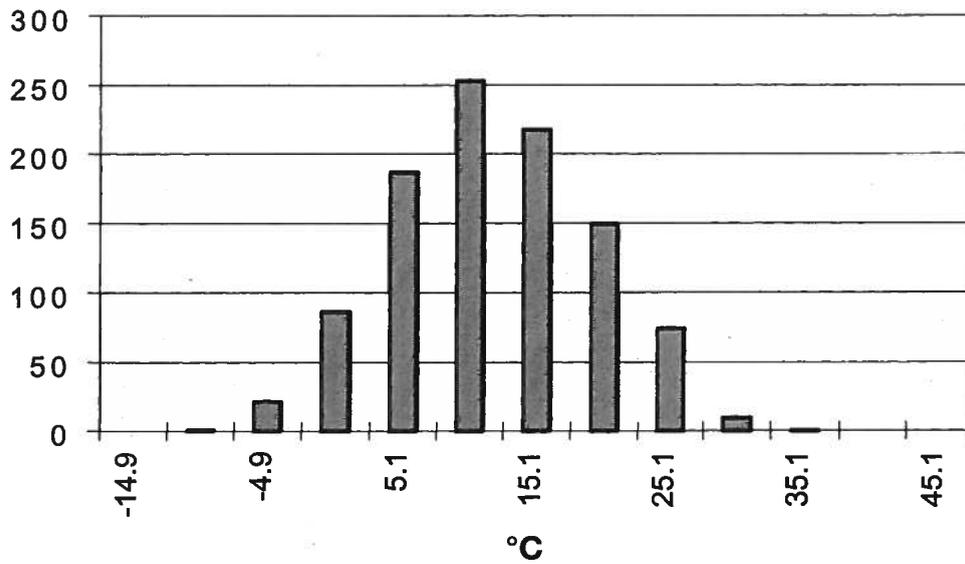
La temperatura è stata ottenuta dai dati meteorologici ENEL-A.M. per la centrale di Pisa S. Giusto e dai dati ARPAT della stazione di Livorno/via De Sanctis.

Dati relativi a Livorno (temperature minime e massime mensili rilevate negli anni 1985 - 1995) sono presentati nella figura 4.5.4.

Figura 4.5.4 - *Andamenti mensili temperature massime e minime*

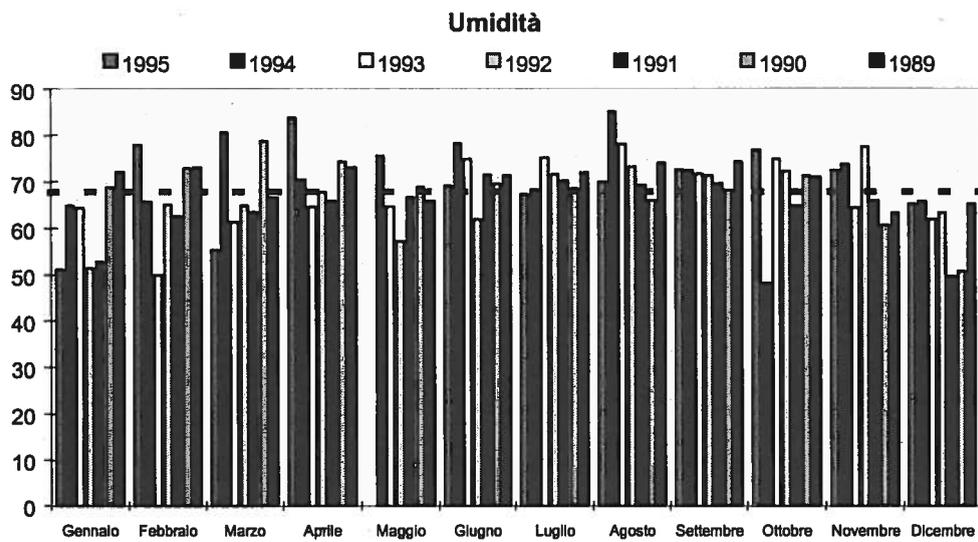
La distribuzione in frequenza delle temperature è disponibile dai dati ENEL-A.M. per Pisa S. Giusto ed è mostrata nella figura 4.5.5.

Figura 4.5.5 Distribuzione in frequenza delle temperature (Pisa S. Giusto - frequenze annuali)



La distribuzione dei valori di umidità atmosferica (rilevamenti centralina via De Sanctis) è riportata nella figura 4.5.6

Figura 4.5.6 - Umidità atmosferica (la linea tratteggiata indica il valore medio)



5 ANALISI PRELIMINARI

Per procedere alla fase di ricomposizione dei rischi vanno effettuate le analisi di rischio per i trasporti, per i quali non sono disponibili analisi di rischio già elaborate, nonché alcune analisi che riguardano gli impianti fissi, per rendere tra loro omogenee le analisi delle conseguenze.

Preliminarmente a tali analisi vanno definiti alcuni parametri, in particolare:

- condizioni meteorologiche di riferimento
- criteri per la scelta delle sostanze per le quali effettuare analisi delle conseguenze
- criteri per la scelta delle equazioni di Probit da utilizzare.

5.1 Condizioni meteorologiche di riferimento

Sulla base di quanto normalmente effettuato nelle analisi di rischio di impianti, si adottano due condizioni meteorologiche rappresentative rispettivamente delle condizioni più gravose e di quelle 'normali'. Queste condizioni sono definite dalle coppie velocità di vento e categoria di stabilità atmosferica (Pasquill) F-2 e D-5.

Il Database ARIPAR, scheda METEO, prevede in input le tabelle di valori di frequenza di presentazione delle velocità suddivise per stagione e classe di stabilità e il valore del numero di osservazioni relativo. Questo è compatibile con il formato standard delle tabelle meteorologiche ENEL-A.M.. Nel caso in studio, nel quale l'analisi è svolta senza suddivisione stagionale e utilizzando direttamente i valori della frequenza di occorrenza delle condizioni meteo provenienti da fonti diverse da ENEL-A.M., si è proceduto come segue:

- i dati meteo sono stati considerati uguali per tutte le stagioni
- i dati meteo sono stati inseriti per le sole categorie di stabilità D e F

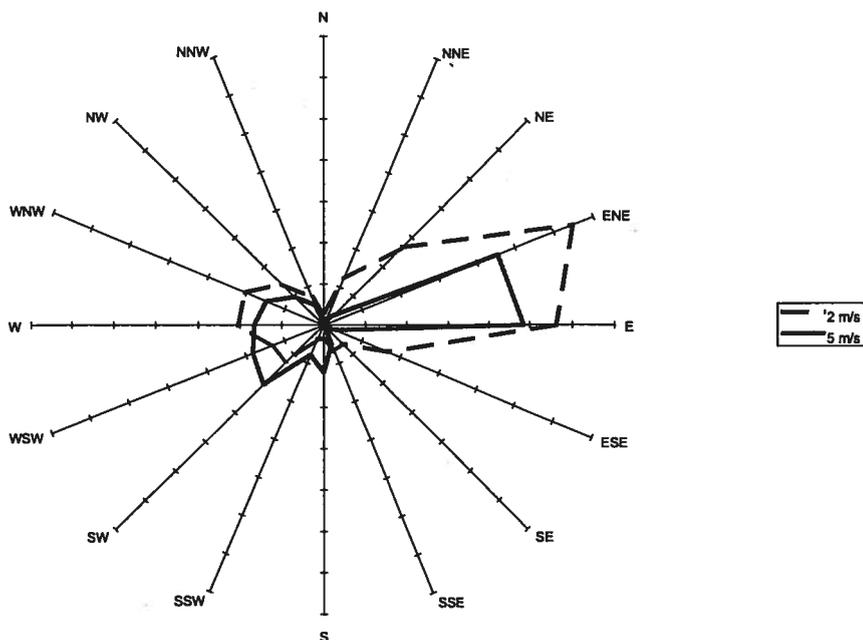
Sono stati adottati i valori ottenuti dalla centralina Labromare, che, a differenza di quelli della centralina di via De Sanctis, forniscono la ripartizione percentuale delle classi di velocità nelle 16 direzioni del vento. Il confronto con i dati di via De Sanctis (figure 4.5.2 e 4.5.3) mostra che, sia per quanto riguarda le direzioni che le velocità, i dati di Labromare, anche se riferiti ad un solo anno, rappresentano bene gli andamenti medi 1978-1995 ottenuti dai dati di via de Sanctis. I valori di Labromare sono stati normalizzati a 1 come richiesto dalla scheda di input di ARIPAR (i dati originali sommano a 0.99).

I valori delle probabilità di vento nelle sedici direzioni adottate sono riportate in tabella 5.1.1 e in figura 5.1.1.

Tabella 5.1.1 - *Velocità e Direzioni del vento*

Direzione	Velocità (m/s)	
	2-4	5-7
0 - 22.5	0.006	0.001
22.5 - 45	0.024	0.004
45 - 67.5	0.053	0.007
67.5 - 90	0.13	0.091
90 - 112.5	0.112	0.097
112.5 - 135	0.033	0.006
135 - 157.5	0.013	0.001
157.5 - 180	0.014	0.01
180 - 202.5	0.007	0.023
202.5 - 225	0.007	0.016
225 - 247.5	0.025	0.041
247.5 - 270	0.027	0.037
270 - 292.5	0.041	0.033
292.5 - 315	0.041	0.030
315 - 337.5	0.028	0.019
337.5 - 360	0.015	0.010
Totale	0.575	0.425

Figura 5.1.1 - Rosa dei venti



La scelta degli accorpamenti F-2 e D-5, come è prassi comune nelle analisi di rischio, è motivata dal fatto che la categoria F, che comporta generalmente concentrazioni di inquinanti più alte (diluizioni minori) non è compatibile con velocità del vento superiori a 3 m/s. Associare a tutte le velocità basse la categoria F è quindi certamente conservativo.

Analogamente, associare alla categoria D (nella quale sono inglobate tutte le categorie di instabilità) la velocità 5 m/s è conservativo, dato che condizioni di neutralità / instabilità possono verificarsi generalmente con velocità di vento alte.

Per quanto riguarda temperatura e umidità atmosferica, si sono scelti come riferimento i valori di 20 °C (temperature inferiori, alle quali corrispondono portate di evaporazione da pozza inferiori, sono presenti nel 77% dei casi) e 68% (valore medio della umidità atmosferica, vedi figura 4.5.6).

5.2 Accorpamento sostanze per l'analisi delle conseguenze

L'accorpamento delle sostanze presenti nell'area in alcune sostanze-tipo per le quali effettuare l'analisi delle conseguenze si rende necessario per evitare un'eccessiva mole di calcoli, che peraltro non aggiungerebbe dettagli significativi all'analisi.

Il criterio seguito per l'accorpamento consiste nello scegliere sostanze che, per caratteristiche chimico-fisiche (in particolare peso molecolare e temperatura di ebollizione, che governano le portate di rilascio e l'evaporazione) e per caratteristiche di pericolosità (tossicità o infiammabilità) possano ben rappresentare il comportamento di numerose sostanze similari.

L'analisi delle conseguenze è stata quindi sviluppata con riferimento alle sostanze seguenti:

- **Benzina:** comprende tutti i liquidi altamente infiammabili (flash point inferiore a 21 °C (70 F)), temperatura di ebollizione tra i 40 e gli 80 °C e peso molecolare intorno ai 100 g/mol.
- **Greggio (denominazione convenzionale - liquidi di categoria B e C):** comprende tutti i liquidi infiammabili (flash point tra 21 e 180 °C (70 e 350 F)), temperatura di ebollizione tra i 110 e i 200 °C e peso molecolare intorno ai 150 g/mol.
- **Propano:** comprende tutti i GPL.
- **Metanolo:** comprende tutte le sostanze liquide infiammabili aventi T di ebollizione inferiore a 140 °C e peso molecolare inferiore a quello della benzina;

oltre a:

- H₂S
 - Ammoniaca
 - Azoto (liquido)
 - Idrogeno
 - Acido cloridrico
- considerate individualmente.

I liquidi infiammabili con flash point superiore a 180°C (350 F), le sostanze tossiche con temperatura di ebollizione superiore a 150 °C e i solidi saranno trascurati dall'analisi, poiché il loro contributo al rischio di area è trascurabile.

Le sostanze presenti nell'area (sia per impianti fissi che trasporti) e le loro principali caratteristiche (temperatura di ebollizione, Flash point, limiti di infiammabilità, peso molecolare tratti da /5/) sono listate nella tabella 5.2.1 seguente, nella quale è anche indicata la sostanza-tipo alla quale ogni sostanza è accorpata per l'analisi delle conseguenze.

Le sostanze per le quali non verrà effettuata analisi delle conseguenze, perché non pericolose o per le condizioni fisiche del trasporto (solidi) non hanno indicazione di sostanza accorpata.

Tabella 5.2.1 - Accorpamento delle sostanze per l'analisi delle conseguenze

Sostanza di riferimento	Sostanza	T eb	Flash point	UFL	LFL	MW
per l'analisi delle conseguenze		(°C)	(°F)	(%vol)	(%vol)	(g/mol)
Acido solfidrico	Acido solfidrico	-60.4	-	46%	4%	34
Ammoniaca 35%	Ammoniaca soluzione acquosa al 35%	53	-	25%	16%	17.7
Azoto liquido	Azoto liquido	- 196	-	-	-	28
Benzina	Cicloesano	80.7	1.4	8.40%	1.30%	84.2
	Benzina	39	-50	7.10%	1.30%	100
Greggio	Acqua ragia	160	95	-	-	99.5
	Additivo biodiesel	-	-	-	-	-
	Anidride acetica	140	129	10.30%	2.90%	102.1
	Butile acetato	126	72	7.60%	1.70%	116.2
	Dowanol (PM)	201.9	201	-	-	134.2
	Furfurolo (Furfurale)	161.7	140	19.30%	2.10%	96.1
	Gasolio	149	107	7%	1%	110
	Olii lubrificanti, combustibili, petrolio	-	350	-	-	-
Greggio	Piombo tetrametile	110	100	-	1.80%	267.4
	Solvente nafta	-	-	-	-	-
	Stirolo	146	88	6.10%	1.10%	104.1
	Xilolo	138.5	100	6.70%	0.90%	106.2
Metanolo	Acetato di etile	77	24	11.50%	2%	88.1
	Acetone (Dimetilchetone)	56	0	12.80%	2.50%	58.1
	Acido acetico	118	109	16%	5.40%	60.1
	Acido acrilico	141	130	8.02%	2.40%	72.1
	Acilonitrile	77.3	30	17%	3.10%	53.1
	Alcol isopropilico	82.5	53	12.70%	2%	60.1
	Etanolo	78.3	55.6	19%	3.30%	46.1
	Isobutanolo	117.5	95	11.20%	1.40%	74.1
	Metanolo	104.5	-	36.50%	6%	32
	Metilato di sodio	-	-	-	-	-
	Metiletilchetone (butanone)	79.6	22	11.50%	1.80%	72.1
	Toluolo	110	40	7.10%	1.10%	92.1
	VAM (Vinil Acetato Monomero)	73	18	13.40%	2.60%	86.1
Propano	Butadiene	-4.5	-105	12%	2%	54.1
	GPL (miscela C)	-44	-	9%	2%	50
Acido cloridrico 31%	Acido cloridrico soluzione acquosa al 31%	42.7	-	-	-	23.7
Idrogeno	Idrogeno	-252.8	-	74.20%	4.10%	2
N.A. (1)	Dowfax 2A1 45PTC (Sali sodici di acidi benzensulfonici)	-	-	-	-	-
	Acido solforico	290	-	-	-	98.1
	Bitume, catrami, peci	<470	400+	-	-	-
	Dietilglicolmonobutiletere (Butossietanolo)	168.4	160	12.70%	1.10%	118.2
	Idrossietilacetato	182	215	-	-	104.1
	Idrossietilacrilato	-	-	-	-	116.3
	Isotiazoline (Isotiazina)	-	-	-	-	312.5
	Paraffine	<470	400+	-	-	-
	Persolfato di ammonio	-	-	-	-	228.2
	Persolfato di sodio	-	-	-	-	238.1
	Piombo tetraetile	200	200	-	1.80%	323.5
	Propilenglicolmetiletere	120	335	-	-	90.1
	Sali sodici	-	-	-	-	-
	Soda caustica	1390	na	-	-	40
	Versenol 120 (Sale sodico di etilendiaminteracetato)	-	-	-	-	278.3

Nota: (1). N.A.: Non Analizzata. Sostanze escluse dall'analisi delle conseguenze, vedi criteri sezione 5.2.

5.3 Accorpamento delle sostanze per l'analisi di vulnerabilità

Il database del programma ARIPAR prevede le sostanze seguenti:

- GPL
- Combustibili liquidi
- Cloro
- Ammoniaca
- Acrilnitrile
- Metano
- Fosgene
- Ossidi di Azoto
- Acido Cloridrico
- Ossido di Carbonio
- Acido solfidrico
- CVM

Per studiare gli effetti degli eventi incidentali considerati, si pone quindi il problema di accorpare le sostanze presenti nell'area di studio per associarle ad una delle sostanze ammesse dal programma ARIPAR. Va sottolineato che il software ARIPAR-GIS esige che ad ogni sostanza presente venga accorpata una delle dodici sostanze contemplate nell'elenco sopra riportato, anche nel caso in cui non vengano analizzati incidenti che riguardano la sostanza reale considerata.

Si ricorda che l'associazione a una sostanza del database ARIPAR è legata all'equazione di Probit per il calcolo della vulnerabilità. Per quanto riguarda le sostanze infiammabili, quindi, il problema dell'accorpamento non si pone poiché l'equazione di Probit è legata al fenomeno (irraggiamento o sovrappressione) e non alle caratteristiche della sostanza.

Per quanto riguarda le sostanze tossiche, invece, l'associazione all'equazione di Probit di una delle sostanze presenti nel database introduce un elemento di approssimazione nei risultati.

L'accorpamento fa riferimento ai seguenti criteri:

- classificazione del D.M. 28/4/1997 (colonna 'classificazione' di tabella 4.4.1)
- sostanze con IDLH superiore a 1000 ppm (Tabella 4.4.1) sono considerate a tossicità trascurabile
- a parità di IDLH, si sono considerati i valori disponibili di LC50 o LCLo (Tabella 4.4.1) come indice di pericolosità; valori molto elevati (superiori a 20000 ppm) sono considerati indice di non pericolosità
- sostanze con flash point superiore a 180 °C (Tabella 5.2.1) sono considerate non dare rischio di infiammabilità
- liquidi con temperatura di ebollizione superiore a 150 °C (Tabella 5.2.1) sono considerati non dare evaporazione significativa, quindi non a rischio di tossicità

Sulla base di questi criteri, si ottengono gli accorpamenti riportati in tabella 5.3.1, che riporta le principali informazioni tossicologiche per ogni sostanza e la sostanza alla quale essa è stata assimilata nei calcoli di vulnerabilità, scelta tra le sostanze proposte dal database ARIPAR.

Le sostanze tossiche sono assimilate alla Probit di Acido Cloridrico, quelle moderatamente tossiche associate alla Probit dell'Ammoniaca.

Acrilnitrile e Acido solfidrico sono considerati individualmente (l'idrogeno, non presente nel programma ARIPAR originale, è stato inserito nel campo precedentemente utilizzato per Metano).

In tabella 5.3.1 non sono riportate le sostanze che, a seguito dei criteri descritti alla sezione 5.2 (T ebollizione superiore a 150 °C, Flash Point superiore a 180 °C), sono considerate non dare evaporazione o incendio.

Al fine di evitare equivoci è importante sottolineare che nell'area di Livorno non è presente allo stato attuale (1999) cloruro di vinile (CVM). Proprio per questo, per esigenze informatiche l'etichetta CVM è stata attribuita nel software ARIPAR-GIS a sostanze presenti nell'inventario di stabilimento ma non ulteriormente considerate nell'analisi di rischio. Nel software utilizzato l'etichetta CVM corrisponde perciò a "sostanza non considerata nell'analisi".

Tabella 5.3.1 - Accorpamenti per vulnerabilità

Accorpamento per vulnerabilità (Sostanze ARIPAR)	Sostanza	TLV TWA (1)	IDLH ppm (mg/m ³) (2)	LCLo - LC50 (ppm/ora)- (1),(4)	Classificazione (3)	
Acido cloridrico	Acido cloridrico 31%	5	50 (76)	9500 (LC50)	T, R23,C, R35	
	Piombo tetrametile	0.075mg/m ³	3 (40)	850 mg/m ³		
Acido solfidrico	Acido solfidrico	10	100 (142)	111	T+, R26,F+, R12, N, R50	
Acrilonitrile	Acrilonitrile	10	85 (188)	2000 (LCLo)	F, R11,Carc. Cat. 2, R45, T, R23/24/25, Xi, R38	
	Furfurolo	2	100 (399)		T, R23/25	
Ammoniaca	Ammoniaca 35%	25	300 (213)		C, R34, N, R50	
	Anidride acetica	5	200 (848)	4000 (LC50)	R10, C, R34	
Ammoniaca	Stirololo	100	700 (3031)		R10, Xn, R20, Xi, R36/38	
	Toluolo	200	500 (1915)		F, R11, Xn, R20	
	Xilolo	100	900 (3969)		R10, Xn, R20/21, Xi, R38	
	Petrolchimici	n.a.	n.a.			
Azoto liquido (5)	Azoto liquido	n.a.	n.a.			
Combustibili liquidi	Acetato di etile	400	2000 (7320)	12800 (LC50)	F, R11	
	Acetone	250	2500 (6050)		F, R11	
	Acido acetico	10	50 (125)	64000 (LCLo)	R10, C, R35	
	Acido acrilico	2	n.a.	16000 (LCLo)	R10, C, R34	
	Acqua regia	n.a.	n.a.			
	Additivo biodiesel					
	Alcol isopropilico	400	2000 (5000)		F, R11	
	Benzina	300	500 (1625)		Carc. Cat. 2, R45, Xn, R65	
	Butadiene	10	2000 (4500)	n.a.	F+, R12, Carc. Cat. 2, R45	
	Butile acetato	150	1700 (8211)	n.a.	R10	
	Cicloesano	300	1300 (4550)	n.a.	F, R11	
	Etanolo	1000	3300 (6336)	200000 (LC50)	F, R11	
	Gasolio	100	1000 (4570)		Carc. Cat. 2, R45	
	GPL (miscela C)	1000	2000 (4000)		F+, R12, Carc. Cat. 2, R45	
	Idrogeno (6)	n.a.	n.a.			
	Isobutanolo	50	1400 (4312)			
	Metanolo	200	6000 (7980)		F, R11, T, R23/25	
	Metilato di sodio	n.a.	n.a.	n.a.		
	Metiletilchetone	200	3000 (9000)			
	Olii lubrificanti, combustibili, petrolio		n.a.	n.a.		Carc. Cat. 2, R45
Solvente nafta						
	VAM	4(15 mg/m ³)	n.a.	8000(LC50)	F, R11	

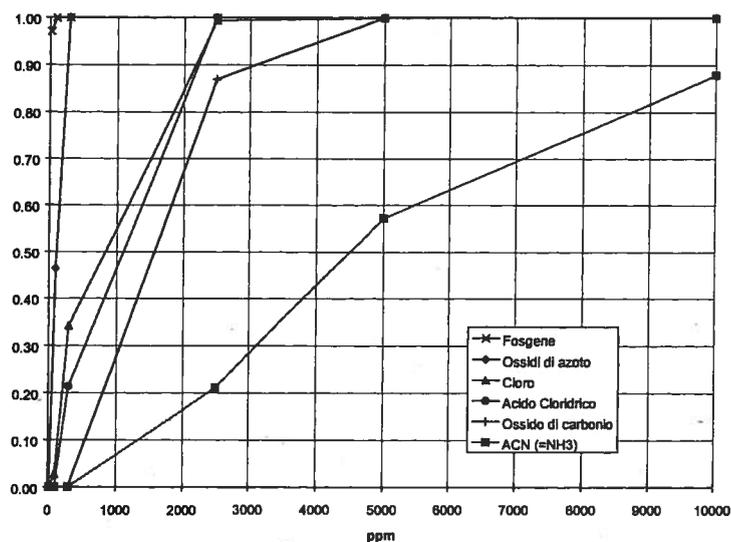
Note: (1) Sax /5; (2) NIOSH /6; (3) Legenda classificazione: vedi sezione 4.4; (4) I valori di LC50 e LCLo sono stati normalizzati a ppm/ora moltiplicando il tempo di esposizione per la concentrazione (andamento lineare della dose); (5) La vulnerabilità da azoto liquido è data dalla bassa temperatura; essa può essere valutata con una funzione a gradino simile a quella utilizzata per il flash-fire; (6) L'idrogeno può dare jet fire e esplosione

5.4 Equazioni di Probit

È stata effettuata una valutazione delle equazioni di Probit utilizzate in ARIPAR, alla luce di letteratura più recente, per individuare le relazioni di vulnerabilità più opportune da utilizzare.

In figura 5.4.1 sono mostrati gli andamenti delle relazioni di vulnerabilità (Probit) utilizzati in ARIPAR, per una durata dell'esposizione di 60 minuti. La relazione di Probit per Acrilonitrile (ACN) è stata assunta in ARIPAR identica a quella dell'ammoniaca.

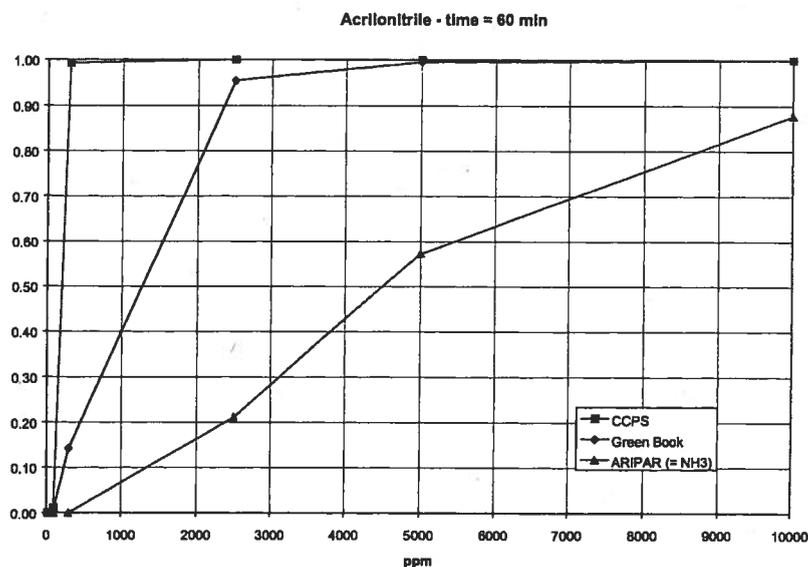
Figura 5.4.1 - Relazioni Probit utilizzate in ARIPAR



Successivamente allo studio ARIPAR, sono state rese disponibili in letteratura relazioni di Probit per Acrilnitrile, da parte di CCPS (Centre for Chemical Process Safety) e TNO, entrambe riportate in Lees (rif. /13/).

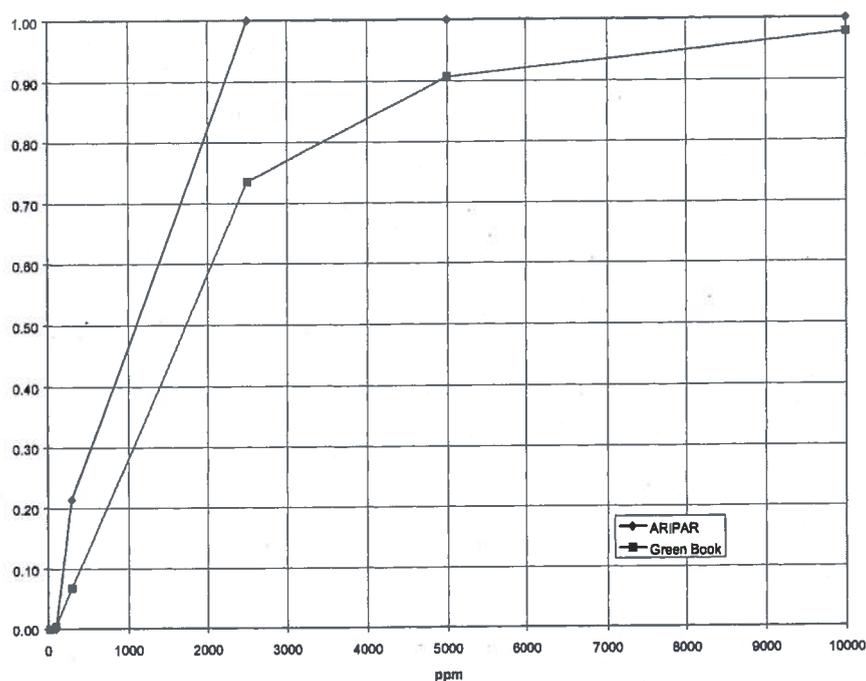
Il confronto tra queste due Probit e la Probit di ammoniaca (associata ad Acrilnitrile in ARIPAR), riportato in figura 5.4.2, mostra che la vulnerabilità dell'Acrilnitrile è sensibilmente diversa da quella dell'ammoniaca, tanto ad consigliare l'adozione di una delle relazioni specifiche per ACN. Tra le due relazioni proposte in letteratura, quella CCPS appare essere molto conservativa, per cui si è scelta la relazione di Probit proposta da TNO, Green Book.

Figura 5.4.2 - Confronto Probit Acrilnitrile e Probit ARIPAR



Si è anche effettuato un confronto tra la Probit per Acido Cloridrico utilizzata in ARIPAR e quella proposta da TNO (Green Book). Il risultato del confronto è mostrato in figura 5.4.3. Si nota come la Probit utilizzata in ARIPAR sia molto conservativa (la vulnerabilità dell'acido cloridrico è praticamente identica a quella del cloro, vedi figura 5.4.1). Ciò ha suggerito di adottare la Probit TNO per Acido cloridrico.

Figura 5.4.3 - Confronto Probit Acido Cloridrico



Sulla base di queste considerazioni, si è quindi deciso di adottare per l'analisi le relazioni di Probit utilizzate in ARIPAR, con eccezione di Acrilnitrile, Acido Cloridrico e H₂S, per le quali si sono adottate le seguenti relazioni fornite da TNO - Green Book (rif. /19/):

$$\text{Probit (Acrilnitrile)} = - 8.6 + \ln(C^{1.3} t)$$

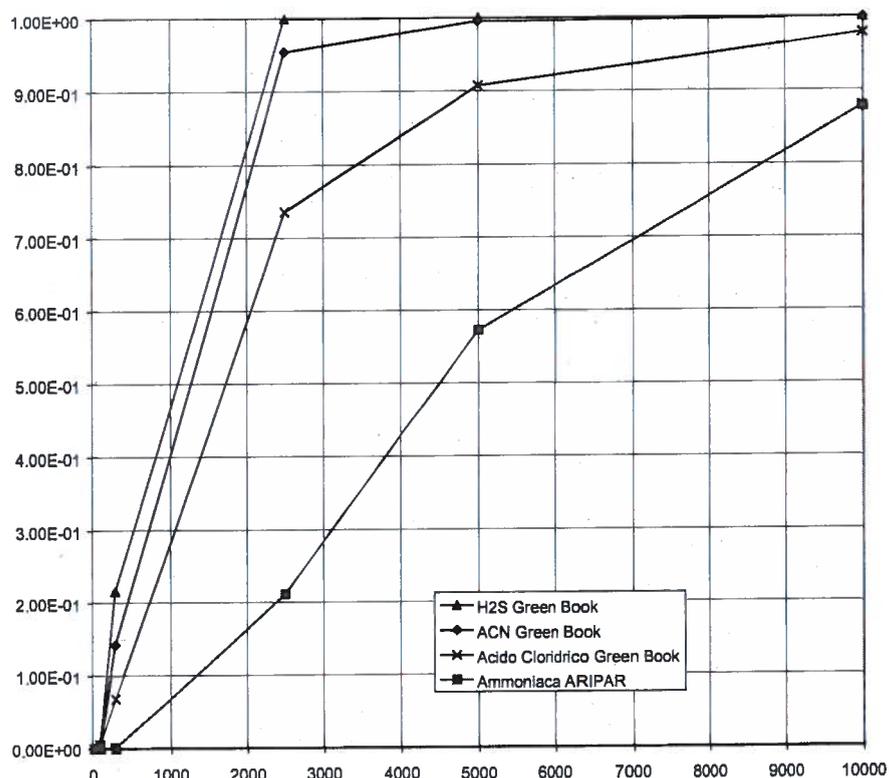
$$\text{Probit (Acido Cloridrico)} = - 6.7 + \ln(Ct)$$

$$\text{Probit (H}_2\text{S)} = - 11.5 + \ln(C^{1.9}t)$$

dove C è la concentrazione in mg/m³, t la durata della esposizione in minuti.

In figura 5.4.4 sono mostrate le vulnerabilità ottenute con le equazioni di Probit adottate.

Figura 5.4.4 - Relazioni di Probit adottate



6 ANALISI DELLE CONSEGUENZE

Sono state effettuate le analisi di rischio delle conseguenze di trasporto presenti nell'area (strade, ferrovie e condotte). Nel caso del trasporto navale, oltre ad utilizzare risultati della Analisi di Rischio condotta per il Porto di Livorno nel 1994 (rif. /4/), sono state effettuate le analisi di rischio delle conseguenze per i pontili della Darsena Toscana.

Per quanto riguarda il calcolo delle frequenze di incidente, per il trasporto stradale questo è effettuato automaticamente dal programma ARIPAR sulla base dei dati di traffico e delle tratte stradali inserite nel database.

Nelle sezioni seguenti sono presentati i criteri di analisi e i risultati delle analisi svolte.

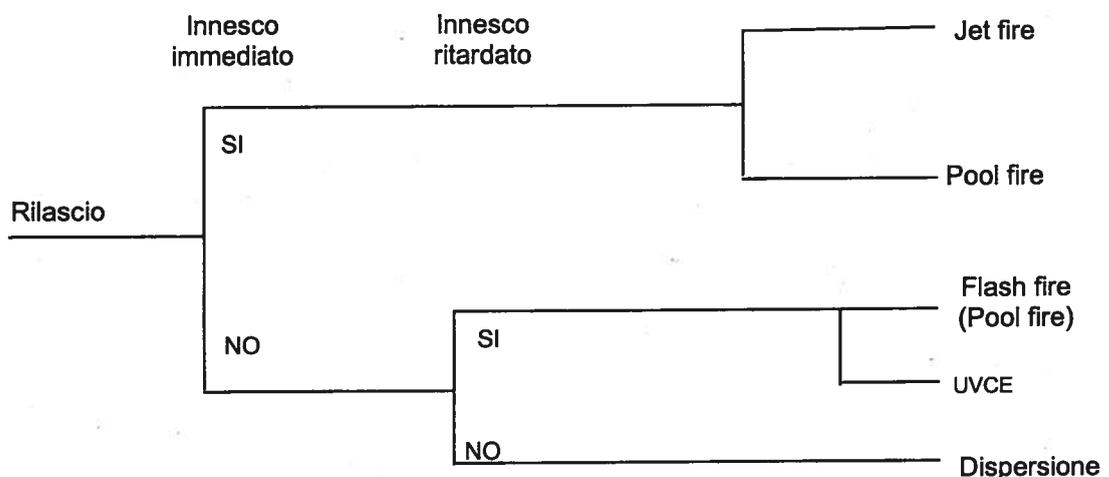
6.1 Aspetti generali

Sulla base dei criteri di accorpamento presentati alla sezione 5.2, si sono effettuate analisi delle conseguenze del rilascio delle sostanze seguenti:

- GPL
- Greggio
- Benzina
- Ammoniaca
- Metanolo
- Azoto liquido
- Acido solfidrico
- Acido cloridrico

L'albero degli eventi riportato in figura 6.1.1 mostra gli scenari considerati per rilasci di sostanze infiammabili.

Figura 6.1.1 - Scenari derivanti da rilascio di sostanza infiammabile



Nel caso di idrocarburi quali benzina, greggio e metanolo, che possono essere considerate poco volatili, rispetto a sostanze che danno flash, come il GPL, si è considerato che a seguito del flash fire, si verifichi anche l'innesco della pozza che ha originato la nube infiammabile. Per queste sostanze, quindi, si è assunto che, in caso di innesco ritardato, si abbia, con la stessa probabilità, sia pool fire che flash fire.

Per quanto riguarda il rilascio di sostanze tossiche, lo scenario di incidente risultante è la dispersione in atmosfera dell'inquinante.

Gli scenari di incidente sono analizzati nei seguenti passi:

1. Rilascio: la portata di rilascio è calcolata con EFFECTS2 (rif. /7/); il programma richiede la conoscenza di dati di base quali: pressione, temperatura, proprietà chimico fisiche della sostanza trasportata, quantità stoccata, dimensioni del rilascio, e fornisce l'andamento della portata di rilascio nel tempo.
Per le analisi successive, l'andamento della portata nel tempo è sostituito da un valore costante, scelto sulla base dei risultati di dettaglio come descritto nella sezione seguente.
2. Formazione di pozza e evaporazione: le dimensioni della pozza di liquido e la evaporazione conseguente sono calcolate con il programma GASP (rif. /8/) nel caso di rilasci continui e con il programma EFFECTS2 (rif. /7/) nel caso di rilasci istantanei di

sostanze che danno flash. Entrambi i programmi richiedono in input la portata di alimentazione alla pozza, la velocità del vento, la temperatura e il tipo di substrato su cui avviene il rilascio. I dati meteo sono quelli definiti alla sezione 5.1, il substrato è stato assimilato ad asfalto. La pozza è supposta essere non confinata.

3. Dispersione dei vapori: la dispersione dei vapori emessi da pozza è analizzata con il programma NOADUM (rif. /9/). La dispersione di jet bifase e di rilasci istantanei di sostanze che danno flash è analizzata con il programma EFFECTS2 (rif. /7/). La dispersione da rilasci istantanei di azoto liquido è analizzata con il programma NOADUM (rif. /9/).
4. Incendio di pozza: l'irraggiamento in funzione della distanza in caso di incendio di pozza, è calcolato con il programma HCFIRE (rif. /12/).
5. Incendio di jet: l'irraggiamento prodotto dall'incendio di jet bifase è stato simulato con il programma FRED (rif. /10/)
6. Esplosione: L'esplosione della nube prodotta dalla dispersione di vapori infiammabili è stata simulata con il programma EFFECTS2 (rif. /7/).

6.2 Analisi dei trasporti

6.2.1 Dati di base

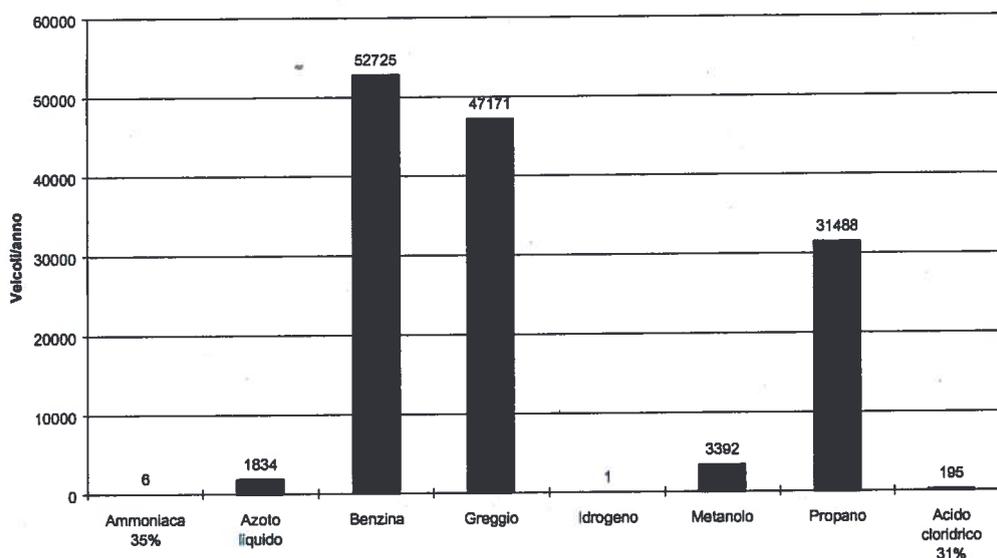
6.2.1.1 Trasporto stradale

Sulla base dei criteri di accorpamento per le conseguenze (sezione 5.2) e dei dati di traffico (sezione 4.3.1) si ottengono i valori totali per i trasporti stradali dati in tabella 6.2.1 e in figura 6.2.1

Tabella 6.2.1 - *Trasporti stradali/anno per sostanze di riferimento*

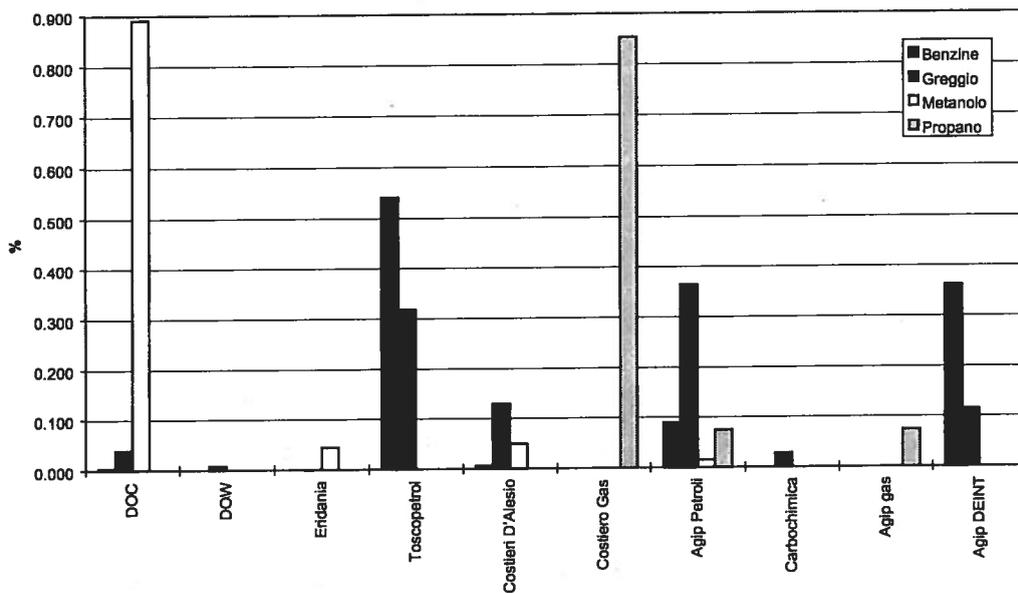
Sostanza	No. Veicoli/anno
Ammoniaca (sol. 35%)	6
Azoto liquido	1834
Benzina	52725
Greggio	47171
Idrogeno	1
Metanolo	3392
Propano	31488
Acido cloridrico (sol. 31%)	195
Totale	136812

Figura 6.2.1 - *Distribuzione sostanze di riferimento nei trasporti stradali*



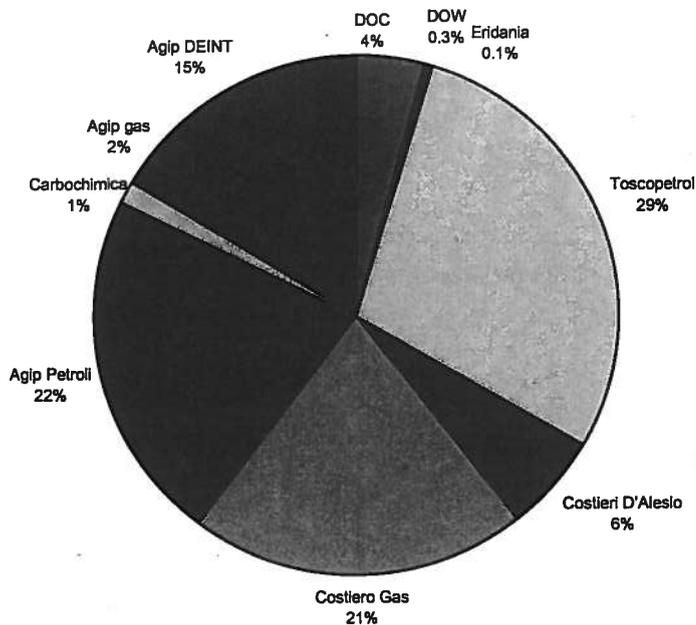
Si fa notare che il 99.6% dei trasporti assimilati a benzine sono effettivamente trasporti di benzina; nel caso del greggio il 70% dei trasporti sono di gasolio e il 25% di Olii lubrificanti, pesanti e combustibili; per il propano il 99.4% dei trasporti sono di GPL (Miscela C); per il Metanolo il 47.8% dei trasporti sono effettivamente di Metanolo, il 15.4% di toluolo, l'11.2% di etanolo.

La figura 6.2.2 mostra il contributo delle varie ditte ai trasporti stradali, nell'area, di sostanze accorpate secondo i criteri esposti alla sezione 5.2.

Figura 6.2.2 - *Traffico stradale - Distribuzione delle sostanze accorpate tra le diverse ditte*

Si nota che trasporti di sostanze assimilate a benzine sono per la quasi totalità derivanti da Toscopetrol e Agip DEINT, sostanze assimilate a Metanolo da DOC, sostanze assimilate a Propano da Costiero Gas e sostanze assimilate a greggio principalmente da Toscopetrol e Agip Petroli, con significativi contributi di Agip DEINT e Costieri D'Alesio. Per quanto riguarda le sostanze non presenti nel grafico, l'Ammoniaca in soluzione è trasportata unicamente da DOW e l'Azoto liquido è trasportato per il 98% da Agip Petroli. L'idrogeno, che contribuisce per 1 camion all'anno, è trasportato da Agip Petroli.

Il contributo delle diverse ditte al totale dei trasporti stradali di sostanze 'pericolose' nell'area è mostrato in figura 6.2.3.

Figura 6.2.3 - *Distribuzione dei trasporti stradali di sostanze oggetto di analisi tra le diverse ditte*

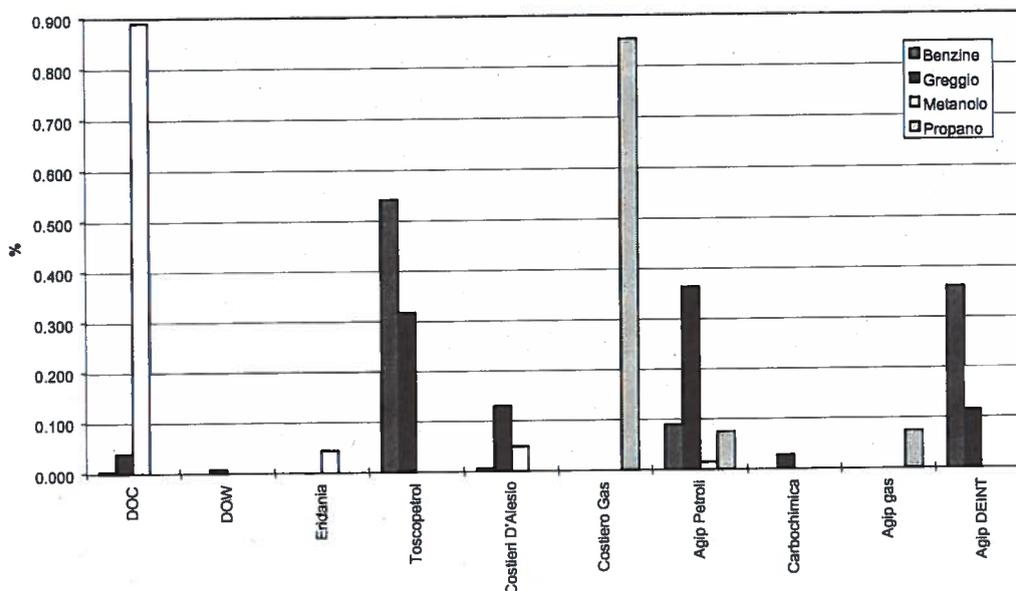
6.2.1.2 Trasporto ferroviario

Analogamente a quanto fatto per il traffico stradale, sulla base dei criteri di accorpamento (sezione 5.2) e dei dati di traffico (sezione 4.3.2) si ottengono i valori totali per i trasporti ferroviari dati in tabella 6.2.2 e in figura 6.2.4

Tabella 6.2.2 - Trasporti ferroviari/anno per sostanze di riferimento

Sostanza	No. Vagoni/anno
Greggio	15
Metanolo	2000
Propano	1735
Totale	3750

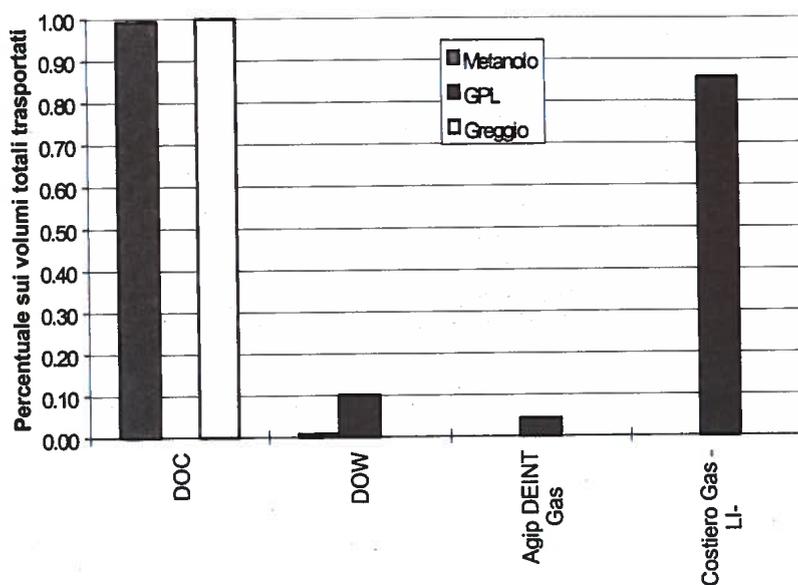
Figura 6.2.4 - Distribuzione sostanze di riferimento nei trasporti ferroviari



La figura 6.2.5 mostra il contributo delle varie ditte ai trasporti ferroviari, nell'area, di sostanze accorpate secondo i criteri esposti alla sezione 5.2.

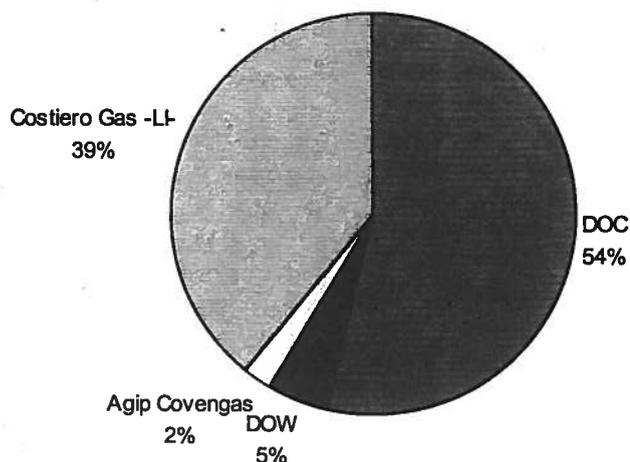
Si fa notare che il 53% dei trasporti assimilati a metanolo sono effettivamente trasporti di metanolo; sotto la voce 'GPL', invece, nel caso dei trasporti ferroviari, è raggruppato unicamente GPL.

Figura 6.2.5 - Traffico ferroviario - Distribuzione delle sostanze accorpate tra le diverse ditte



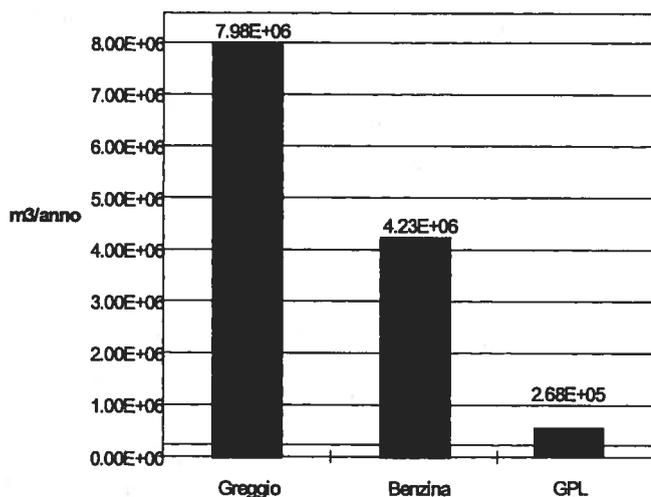
Il contributo delle diverse ditte al totale dei trasporti ferroviari di sostanze 'pericolose' nell'area è mostrato in figura 6.2.6.

Figura 6.2.6 - Distribuzione dei trasporti ferroviari di sostanze oggetto di analisi tra le diverse ditte



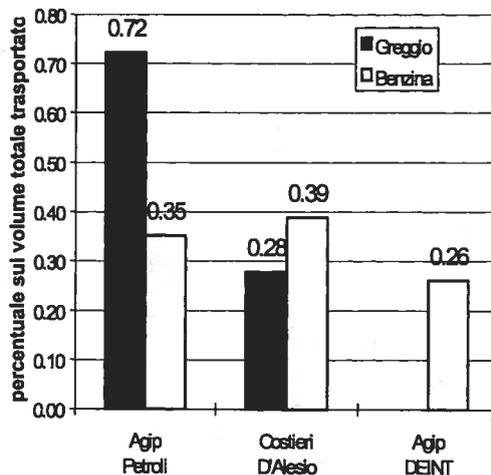
6.2.1.3 Trasporto via condotta

Le condotte presenti nell'area di studio sono adibite al trasporto di benzina, greggio, olii combustibili e GPL. Il greggio e gli olii combustibili sono accorpati sotto la voce 'greggio', secondo lo schema presentato nella sezione 5.2. Alcuni oleodotti non sono adibiti al trasporto di una sola sostanza ma vengono alternativamente impiegati per il trasporto di sostanze diverse. La condotta di GPL, a servizio del pontile 13 della Darsena Petroli, corre in trincea lungo la Darsena Toscana fino al Deposito AgipGas. La figura 6.2.7 riporta le quantità trasportate accorpate per sostanza di riferimento.

Figura 6.2.7 - Quantità annue delle sostanze trasportate (m³)

Nella figura che segue sono rappresentate le quantità trasportate per Azienda.

Figura 6.2.8 - Trasporti via condotta - Distribuzione dei prodotti petroliferi liquidi accorpati tra le diverse ditte



6.2.1.4 Porto

Nel caso del porto, sono stati acquisiti i dati base riportati sul Rapporto di Sicurezza elaborato da S.T.A. (1994) (rif. /4/).

Nel seguito è riportato un estratto di tale rapporto, per quanto concerne la movimentazione di navi gasiere o trasportanti merci pericolose.

Tabella 6.2.3 *Movimentazione navale nel Canale Industriale*

Tipo di nave	stazza (t)	Numero movimenti/anno
Nave cisterna con prodotti pericolosi	850	565
	2041	2582
	15319	57
	22637	3
Nave gasiera	3595	58
	15419	69
	28693	4

Tabella 6.2.4 *Movimentazione navale nel Bacino di Evoluzione*

Tipo di nave	stazza (t)	Numero movimenti/anno
Nave cisterna con prodotti pericolosi	822	787
	2026	2823
	15246	60
	22637	3
Nave gasiera	3615	59
	15419	69
	2869	39

Nelle tabelle 6.2.3 e 6.2.4 è riportato il numero di movimenti/anno per classe di sostanza, suddivise per stazza media delle navi.

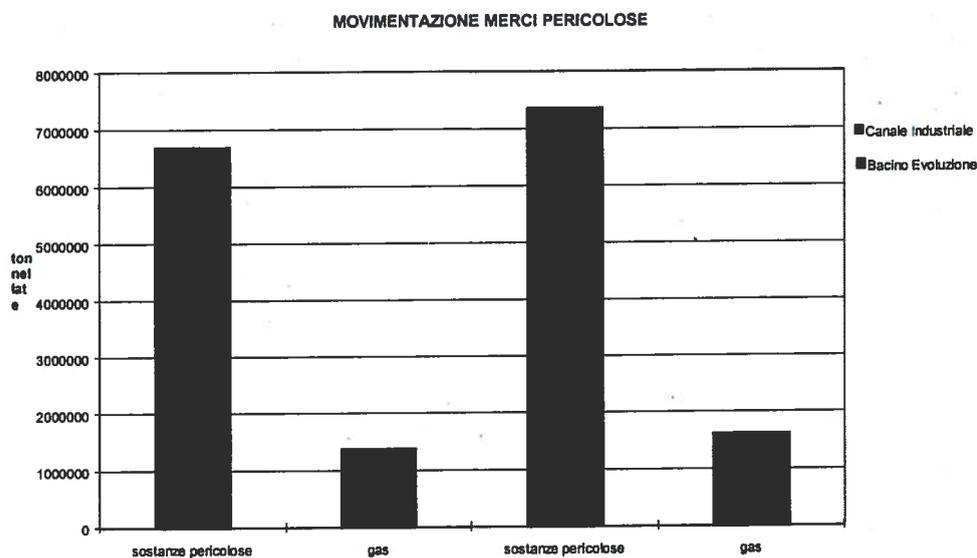
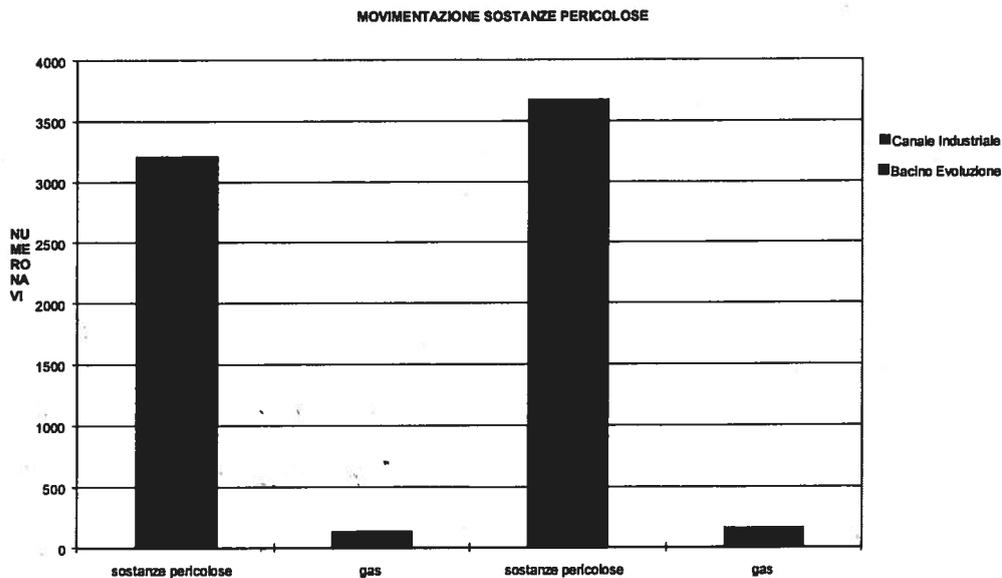
Figura 6.2.9 *Tonnellate/anno di merci pericolose movimentate nel Canale Industriale e nel Bacino Evoluzione.*

Figura 6.2.10 Navi/anno di merci pericolose movimentate nel Canale Industriale e nel Bacino Evoluzione.



6.2.2. Analisi delle conseguenze

6.2.2.1 Scenari di rilascio

L'analisi delle conseguenze di incidente è stata effettuata, per congruenza con quanto effettuato a suo tempo in ARIPAR, con riferimento a tre dimensioni di rilascio:

- rottura piccola, corrispondente ad un foro di 1/4" (0.006 m) sulla parete del serbatoio (auto/ferro cisterna) e 2" sulla parete della condotta
- rottura grave, corrispondente a un foro di 4" (0.1 m) sulla parete del serbatoio o della condotta
- rottura catastrofica, corrispondente alla rottura completa del serbatoio e al rilascio istantaneo dell'intero contenuto, o ad un diametro di rilascio pari al 100% del diametro della condotta.

Le caratteristiche delle tanche, riportate in tabella 6.2.5, sono state desunte dalle schede censimento, assumendo le dimensioni massime dichiarate.

Tabella 6.2.5 Trasporto stradale - Caratteristiche dei contenitori

Caratteristiche	Sostanza						
	NH3	Metanolo	Benzina	GPL	Acido cloridrico	Greggio	Azoto liquido
N. tanche	1	1	3	1	1	3	1
Volume (m³)	22.5	31	10	40	31	10	12
Lunghezza (m)	7	10	3	4	10	3	9
Pressione (bar)	atm	atm	atm	6	atm	atm	2.5
Temperatura (K)	amb.	amb	amb.	285	amb.	amb	85

Nel caso dei trasporti stradali, qualora vi siano veicoli con tanche compartimentate, che trasportino in contemporanea più prodotti o lo stesso prodotto in più serbatoi isolati, si è ipotizzato che le rotture interessino un solo compartimento nel caso di rotture piccole o gravi, due serbatoi adiacenti nel caso di rotture catastrofiche.

Tabella 6.2.6 Trasporto ferroviario - Caratteristiche dei contenitori

Caratteristiche	Sostanza		
	Metanolo	GPL	Greggio
N. tanche	1	1	1
Volume (m³)	31	73	30
Lunghezza (m)	10	23	10
Pressione (bar)	atm	6	atm
Temperatura (K)	amb	285	amb

Sia per i trasporti ferroviari che per quelli stradali il GPL viene normalmente trasportato sia in serbatoi che in bombole; nel caso di trasporto in bombole, si è considerato il rilascio dell'intero carico, come fosse un unico contenitore.

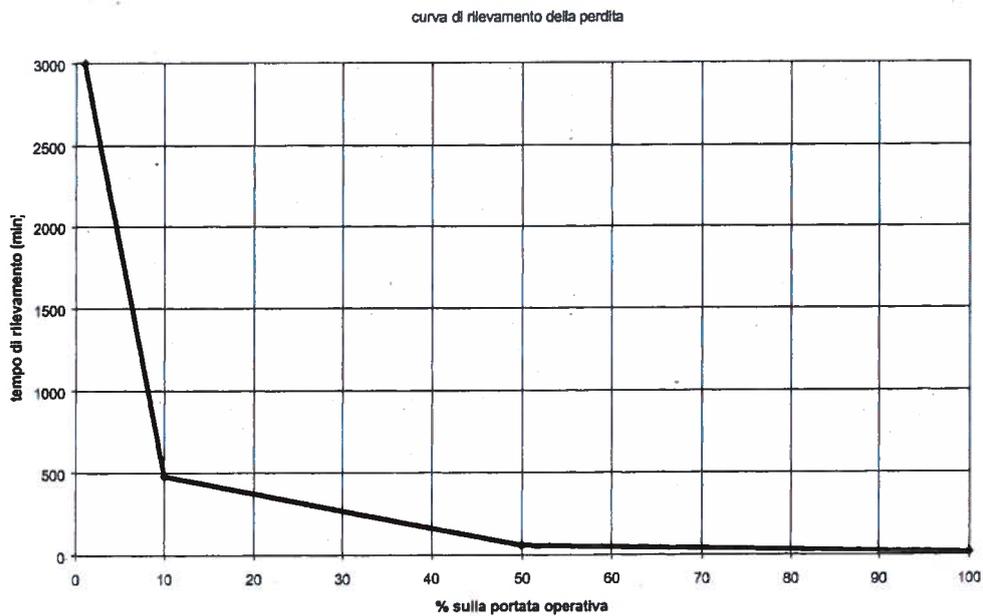
Nel caso di rilasci catastrofici su strada di greggio, poiché si è ipotizzato che la rottura catastrofica coinvolga due tanche, e poiché ogni veicolo trasporta due tanche di benzina ed una di greggio, il rilascio comporterebbe lo sversamento di greggio e benzina insieme. Il rilascio catastrofico misto di benzina e greggio è stato considerato come se fosse tutta benzina; questo spiega l'assenza della voce "catastrofico" nella colonna del greggio.

Nel caso di rilasci da condotta, si sono trascurati gli scenari derivanti dalla fessurazione di condotte interrato, poiché, in questo caso, non è ipotizzabile la formazione di pozza in superficie. Le condotte per le quali sono stati considerati tali scenari sono quelle appartenenti ad Agip DEINT, essendo fuori terra. Poiché la lunghezza dell'oleodotto Agip Petroli è notevolmente superiore a quella del tratto di interesse per questa analisi, sono stati considerati solo i primi 11 km di oleodotto: da Livorno alla prima valvola motorizzata.

Il rilascio da condotta è stato simulato tenendo conto della presenza di valvole di intercettazione motorizzate e non. Non disponendo di informazioni riguardanti i tempi di intervento delle valvole motorizzate in funzione della portata si è assunta la curva di intervento riportata in figura 6.2.11, in cui il tempo di rilevamento è funzione della frazione di portata scaricata.

Non è stato trascurato il rilascio di GPL in pressione in seguito a fessurazione nel tratto fuori terra in corrispondenza della Darsena Toscana della condotta a servizio del pontile 13. Il rilascio da condotta è stato simulato considerando GPL in pressione, immaginando un tempo di rilascio pari a 2'. È stata esclusa la possibilità di rottura a ghigliottina.

Figura 6.2.11 Curva di rilevamento della portata rilasciata in caso di rottura di una condotta.



Sulla base di queste ipotesi si ottengono le quantità massime rilasciate riportate in tabella 6.2.7, suddivise per strade, ferrovie e condotte.

Nel caso delle condotte, poiché la portata effluente è variabile da condotta a condotta, sono riportati i valori minimo e massimo calcolati, per ogni diametro di rottura.

Tabella 6.2.7 *Quantità massime di sostanza rilasciabile*

Rilascio	Sostanza (kg)						
	NH3	Metanolo	Benzina	GPL	HCl	Greggio	Azoto liquido
Strada 4"	20100	24800	8500	21800	29700	9000	9700
catastrofico	20100	24800	17000	21800	29700	-	9700
Ferrovia 4"	-	24800	-	40500	-	27000	-
catastrofico	-	24800	-	40500	-	27000	-
Condotta 2" - 4"	-	-	49316-672000	1950 - 20040	-	-	-
catastrofico	-	-	49316-361655	-	-	-	-

6.2.3 Portate di rilascio

Le portate di rilascio sono state calcolate con i programmi EFFECTS2 (Rif. /7/), per il traffico stradale, ferroviario e per la condotta di GPL, e SVUOT (Rif. /11/), per le condotte di prodotti petroliferi.

6.2.3.1 Traffico stradale e ferroviario

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati dell'analisi delle conseguenze per il trasporto su strada e ferrovia, rispettivamente. Il dettaglio dell'andamento nel tempo delle portate è riportato nelle figure 6.2.12a-f.

Tabella 6.2.8 *Portate effluenti calcolate per rilasci su strada*

Sostanza	Portata effluente (kg/s) per rottura		
	Piccola	Grave	Catastrofica
Ammoniaca 35%	0.04	20	3970
Metanolo	0.04	15.4	4960
Benzina	0.03	15	3400
GPL	0.47	122	21800 kg (1)
Greggio	0.04	18	- (2)
Acido cloridrico 31%	0.05	26.5	4275
Azoto liquido	0.27	70	1950

(1) Simulato come rilascio istantaneo (2) Assimilato ad un rilascio di sola benzina

Tabella 6.2.9 *Portate effluenti calcolate per rilasci su ferrovia.*

Sostanza	Portata effluente (kg/s) per rottura		
	Piccola	Grave	Catastrofica
Metanolo	0.04	15.4	4960
GPL	0.47	120	40350 kg (1)
Greggio	0.04	18	5400

(1) Simulato come rilascio istantaneo

Considerati gli esigui valori della portata nel caso di fessurazione nei vari scenari considerati, tenuto conto anche della tipologia delle sostanze pericolose trasportate, nello svolgimento delle analisi successive (ricomposizione) tali incidenti non sono stati ritenuti tali da contribuire in misura sensibile al rischio d'area e, pertanto, sono stati trascurati rispetto a quelli connessi con rottura grave e catastrofica.

Nel caso di rottura grave, poiché le conseguenze possono essere dovute principalmente ai primi minuti di esposizione al fenomeno, si è scelto di utilizzare la portata di picco, per non introdurre elementi di sottostima del calcolo.

6.2.3.2 Condotte

Il rilascio da condotta è stato calcolato con il programma SVUOT (rif. /11/) per i prodotti petroliferi e con il programma EFFECTS2 (Rif. /7/) per il GPL.

Poiché la lunghezza dell'oleodotto Agip Petroli è notevolmente superiore a quella del tratto di interesse per questa analisi, sono stati considerati solo i primi 11 km di oleodotto: da Livorno alla prima valvola motorizzata.

La tabella seguente mostra le portate di efflusso calcolate; nel caso di rottura grave e catastrofica, i valori variano in un range molto ampio a causa della notevole differenza di pressione a cui le diverse condotte vengono esercite.

Tabella 6.2.10 *Portate effluenti calcolate per rilasci da condotta.*

Sostanza	Portata effluente (kg/s) per rottura		
	Piccola	Grave	Catastrofica
Benzina	13.7 (*)	5 - 46	55 - 260
Greggio	7.2 (*)	5.2 - 20	30 - 850
GPL	16.2	167	

(*) Nel caso delle condotte, la fessurazione è stata considerata solo per le condotte Agip DEINT che non sono interrato; negli altri casi è stata trascurata.

6.2.4 Calcolo degli effetti

A seguito del rilascio delle sostanze di interesse, è stata ipotizzata, in tutti i casi, la formazione di una pozza e la sua evaporazione. Tale ipotesi è stata sviluppata anche nel caso del rilascio di GPL criogenico presso i pontili (lo scenario è, in questo caso, compreso tra gli scenari incidentali degli impianti fissi). Nel caso, invece, di rilascio di GPL in pressione, si è ipotizzato un rilascio sotto forma di jet bifase, a seguito del quale non si ha formazione di pozza, bensì di una nube di vapore misto a goccioline in sospensione.

Gli scenari conseguenti al rilascio sono quelli schematizzati in figura 6.1.1; nel caso di sostanze tossiche si è considerata la sola dispersione. Nel seguito sono riportati i risultati principali dell'analisi effettuata, accorpati per sostanza e condizione meteorologica.

6.2.4.1 Pool Fire

Strade / Ferrovie

I grafici seguenti mostrano gli andamenti dell'irraggiamento per i rilasci su strada e ferrovia. In tutti i casi si è considerata la formazione di pozza non confinata che, nei casi più rilevanti, ha raggio dell'ordine dei 50m.

Figura 6.2.13a Benzina 2F

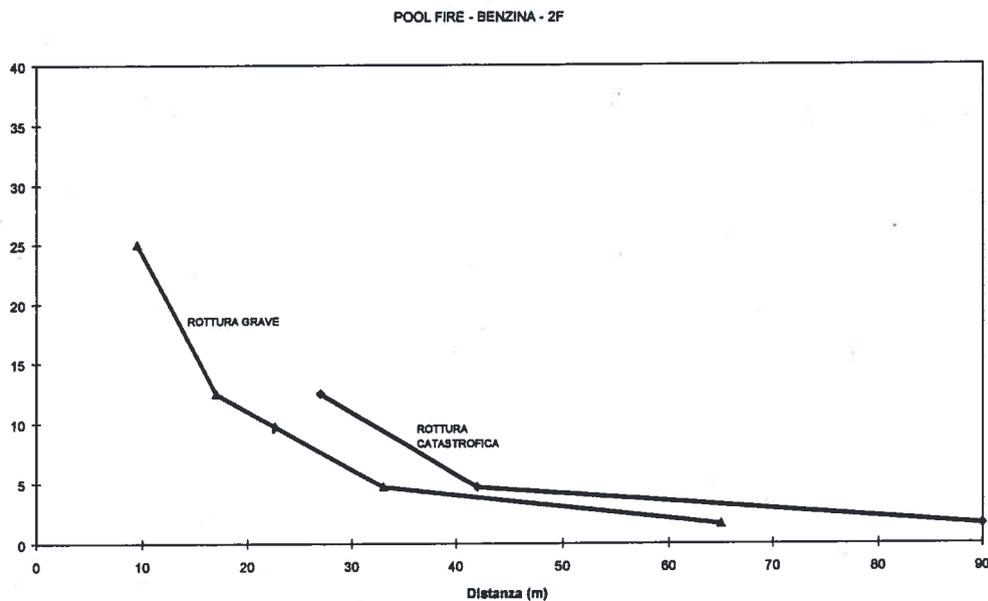


Figura 6.2.13b Benzina 5D

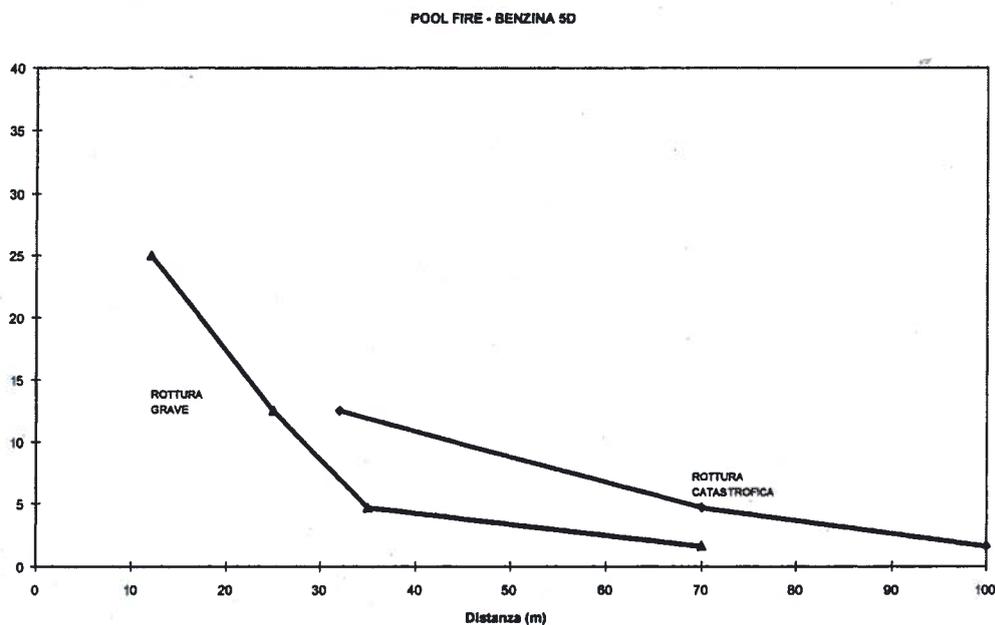
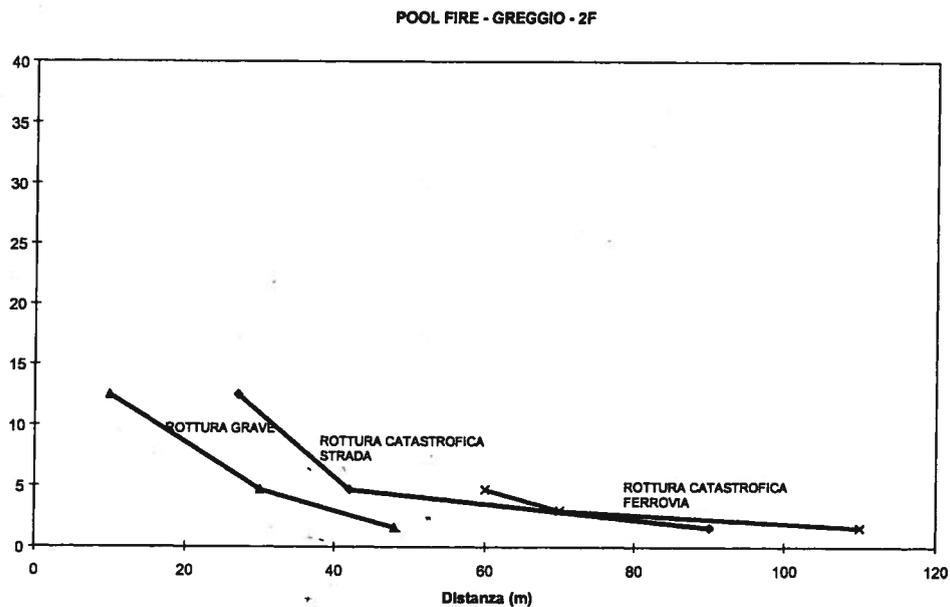
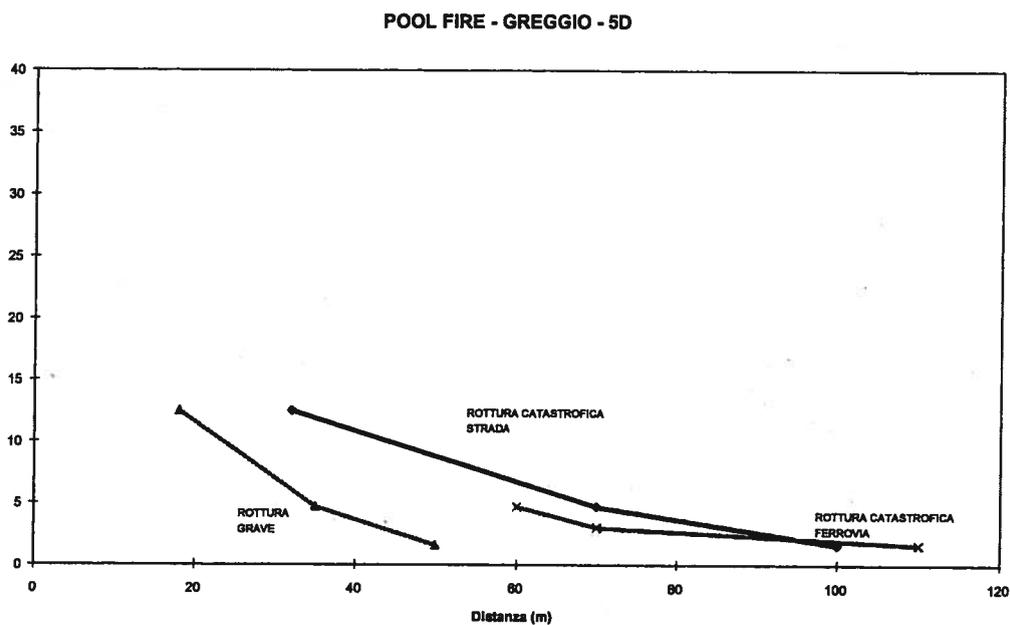
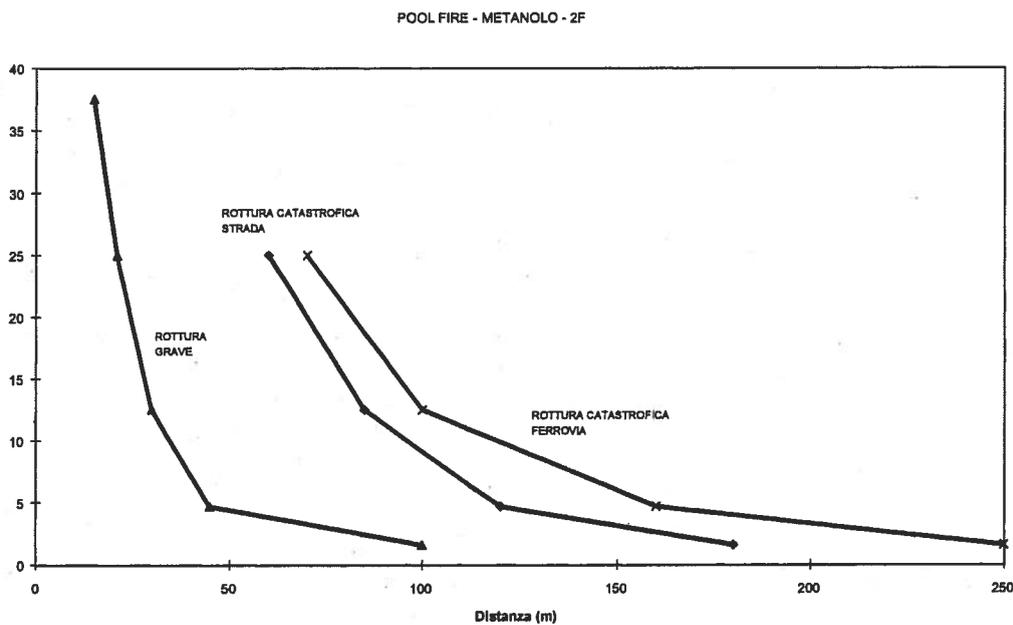
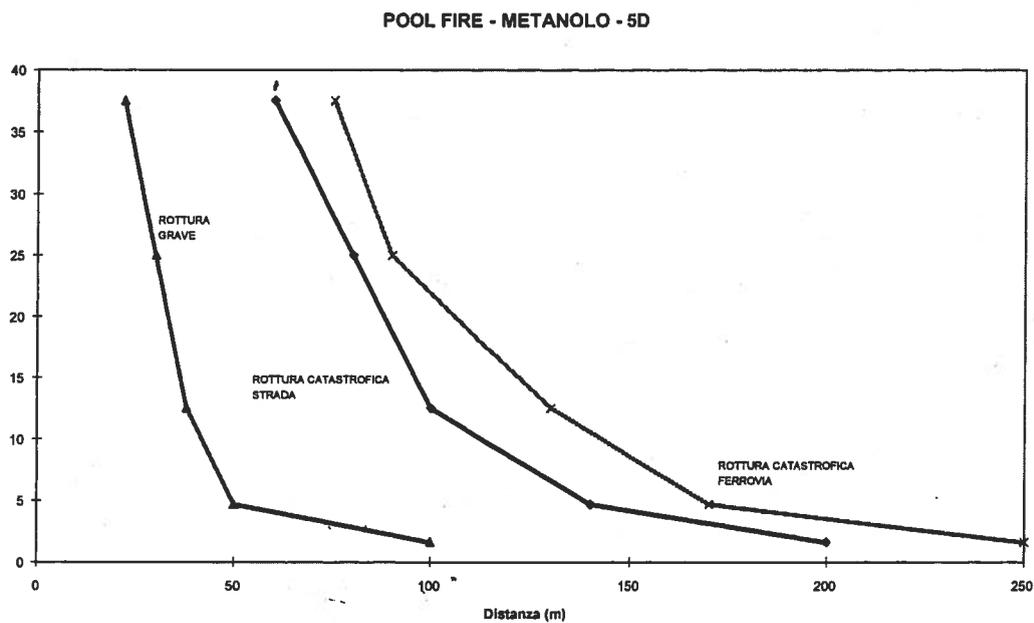
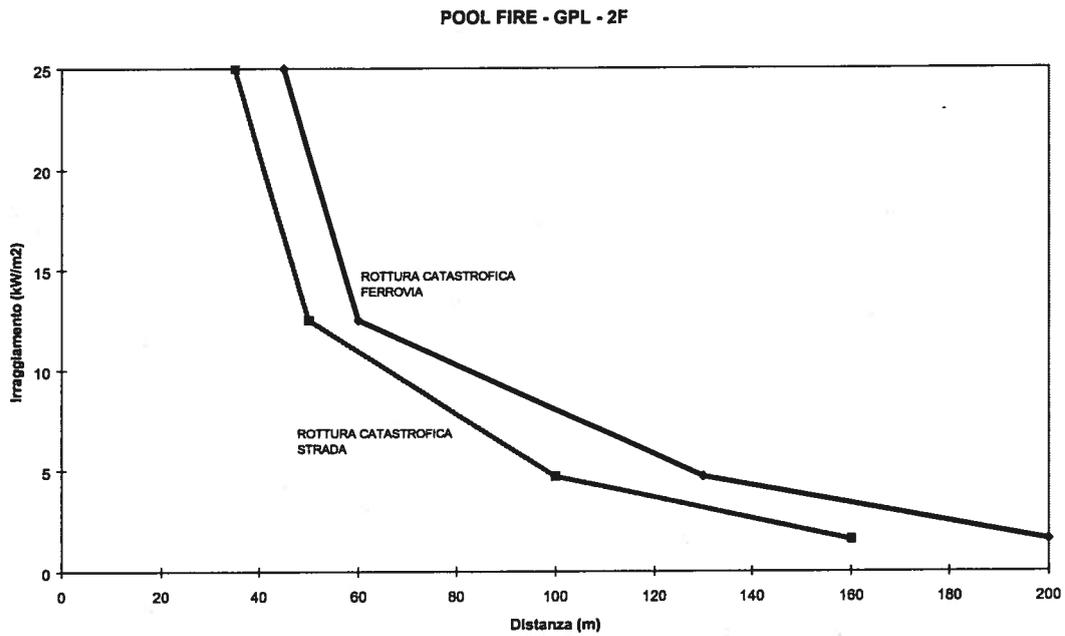
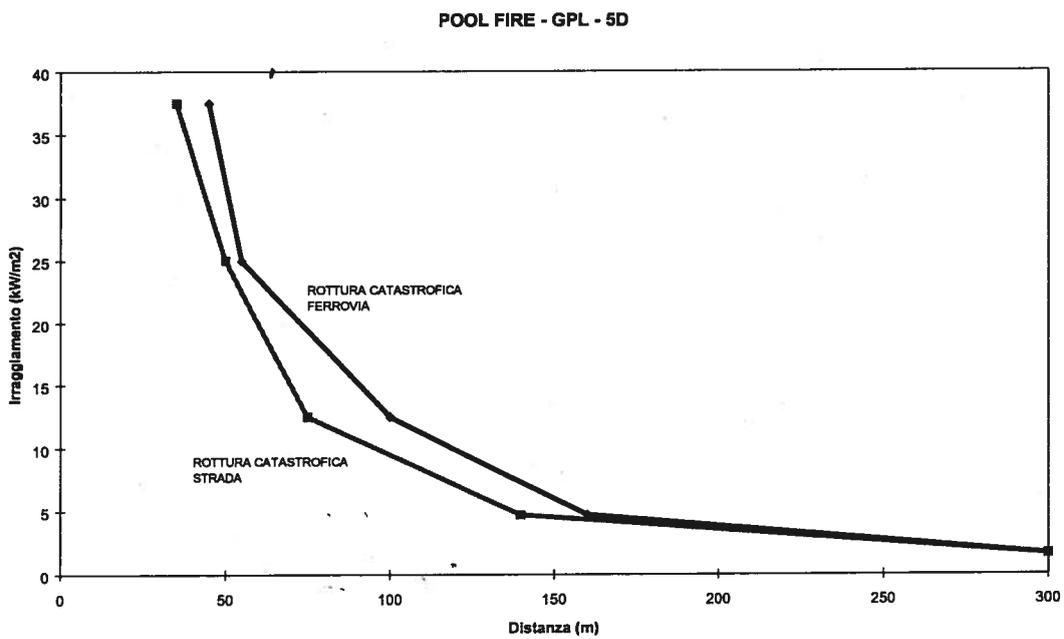


Figura 6.2.13c *Greggio 2F*Figura 6.2.13d *Greggio 5D*

Come mostrano le figure precedenti, data la fumosità degli incendi di benzina e greggio, i pool fire generati da pozze di grande diametro producono livelli di irraggiamento più bassi, rispetto a piccole pozze, ma effetti estesi a distanze maggiori. Si nota che la distanza di sicurezza per benzina e greggio è dell'ordine dei 100m da centro pozza.

Figura 6.2.13e *Metanolo 2F*Figura 6.2.13f *Metanolo 5D*

Le figure precedenti mostrano che, rispetto a benzina e greggio, il metanolo, che brucia producendo fiamme scarsamente fumose, presenta distanze di sicurezza di circa 200 m per le strade, 250 m per le ferrovie.

Figura 6.2.13g *GPL 2F*Figura 6.2.13h *GPL 5D*

Per il GPL lo scenario del pool fire è stato simulato solo nel caso di rottura catastrofica; negli altri casi si è ipotizzato che non si formi pozza, dato che il rilascio da un'apertura sarà sotto forma di jet bifase.

Condotte

Al fine di ridurre il numero di casi simulati, le condotte dei prodotti petroliferi sono state raggruppate per diametro, pressione di esercizio e massima lunghezza non intercettata:

Tabella 6.2.11 Schema di accorpamento delle condotte

Accorpamento	Pressione (bar)	Diametro (in)	Portata (m ³ /h)	Ricoprimento	Max distanza tra due valvole di intercettazione (m)	Lunghezza condotta (m)	Società
Greggio	60	8	145	1.2-5	28000	88500	Agip Livorno-Calenzano
Greggio	10	12	600	1.2	900	5300	Agip - Costieri
Greggio	10	12	700	0.9-6	750	750	Agip - Costieri
Greggio	2	6	120	0	500	850	DEINT
Greggio	2	6	120	0	500	850	DEINT
Greggio	60	8	160	1.2 - 5	28000	88500	Agip Livorno-Calenzano
Greggio	10	30	3500	1.2	900	5500	Agip Petroli
Greggio	10	12	500	1.2	800	5200	Agip - Costieri
Benzina	60	8	160	1.2 - 5	28000	88500	Agip Livorno-Calenzano
Benzina	10	12	1100	1.2	900	5300	Agip
Benzina	10	8	350	0.9 - 6	750	750	Costieri
Benzina	2	10	230	0	500	850	DEINT
Benzina	2	10	230	0	500	850	DEINT

Nel caso di trasporto via condotta, i risultati dell'analisi sono mostrati nelle figure seguenti. Per i calcoli si sono assunte pozze non confinate, del raggio massimo di 120m.

Figura 6.2.14a Benzina - 2F

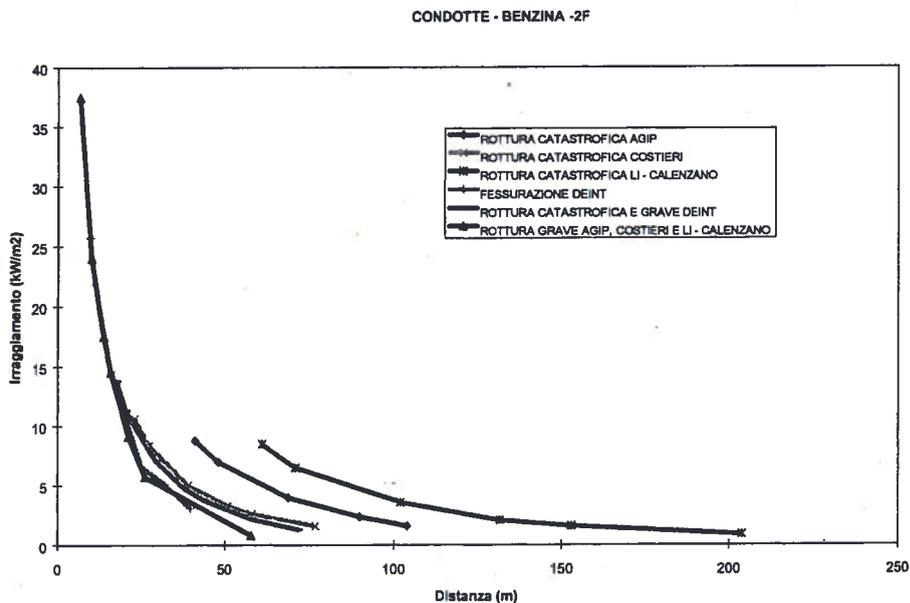


Figura 6.2.14b Benzina 5D

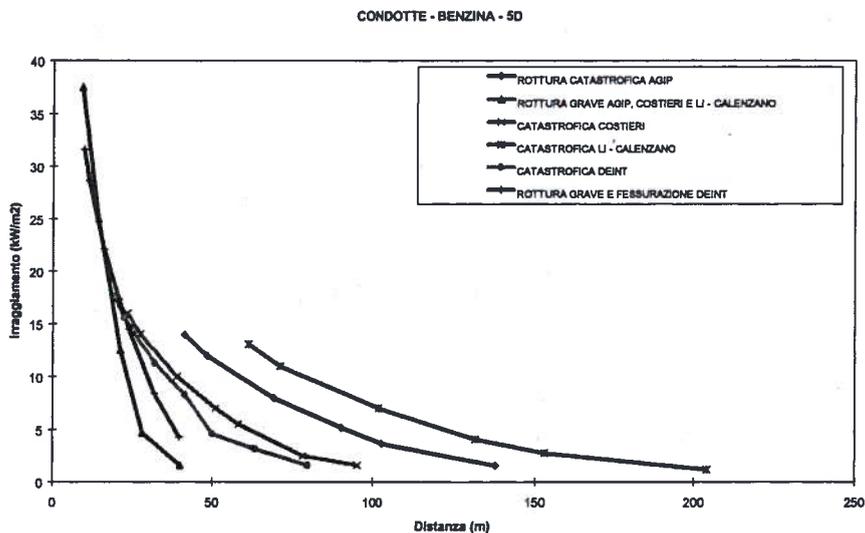
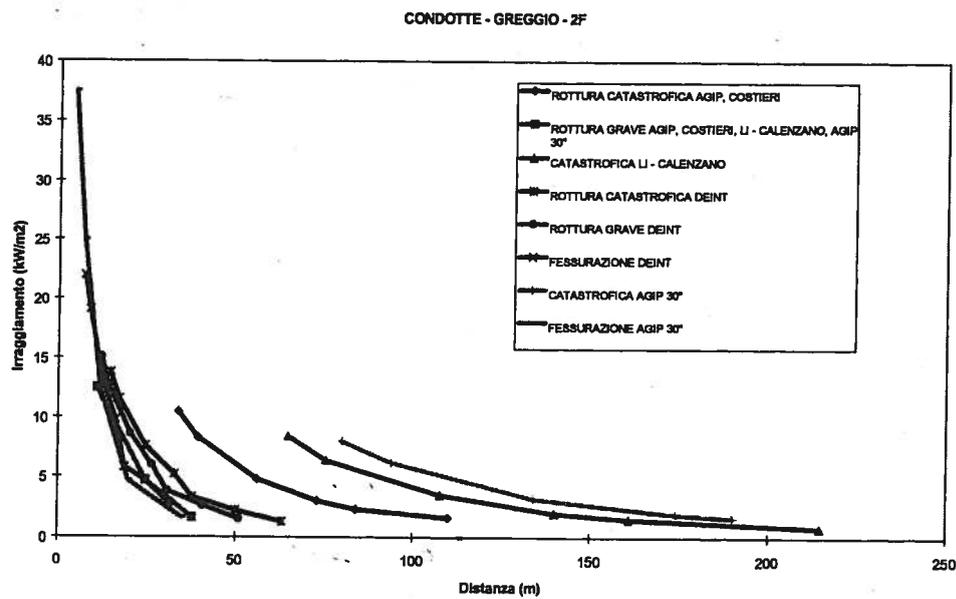
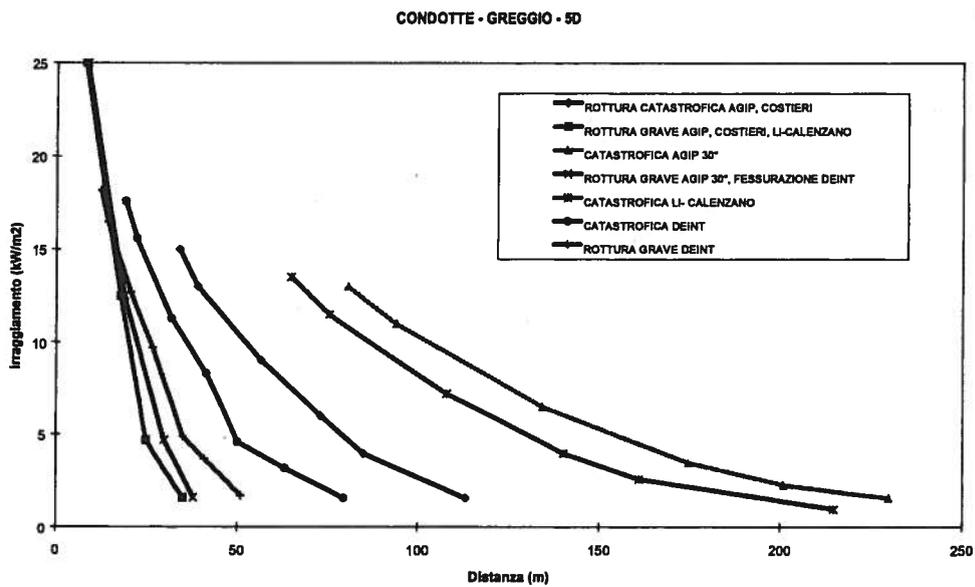
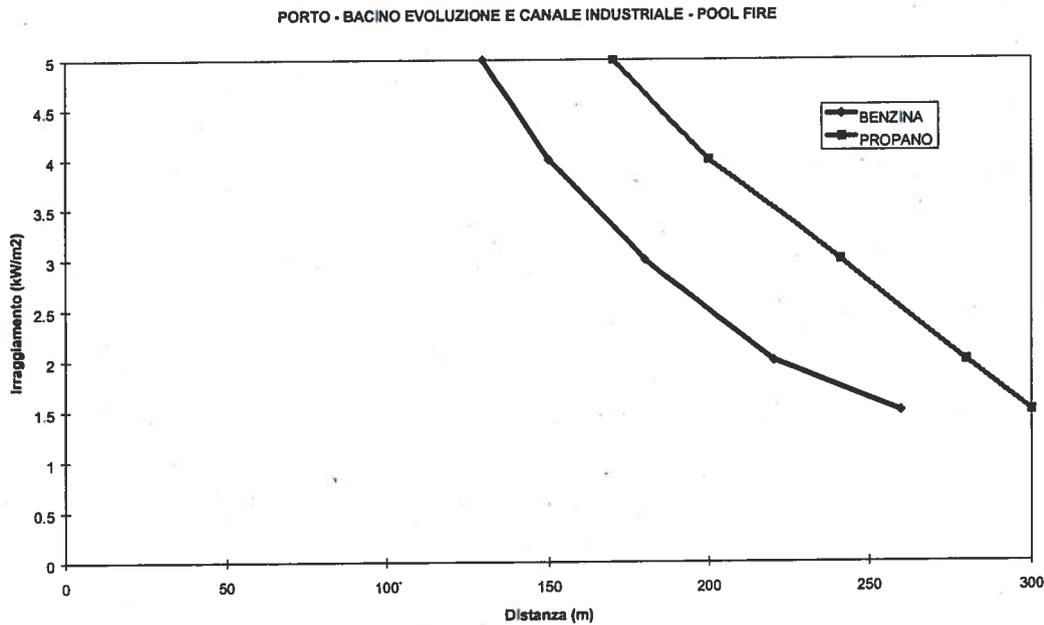


Figura 6.2.14c *Greggio 2F*Figura 6.2.14d *Greggio 5D**Porto*

Nel caso del trasporto navale, il pool fire è stato analizzato in /4/. Gli andamenti degli irraggiamenti sono mostrati nelle figure seguenti.

Figura 6.2.15 Porto - Bacino evoluzione e canale industriale - Curva di irraggiamento prodotto da un pool fire a seguito di rilascio di benzina o propano su acqua.



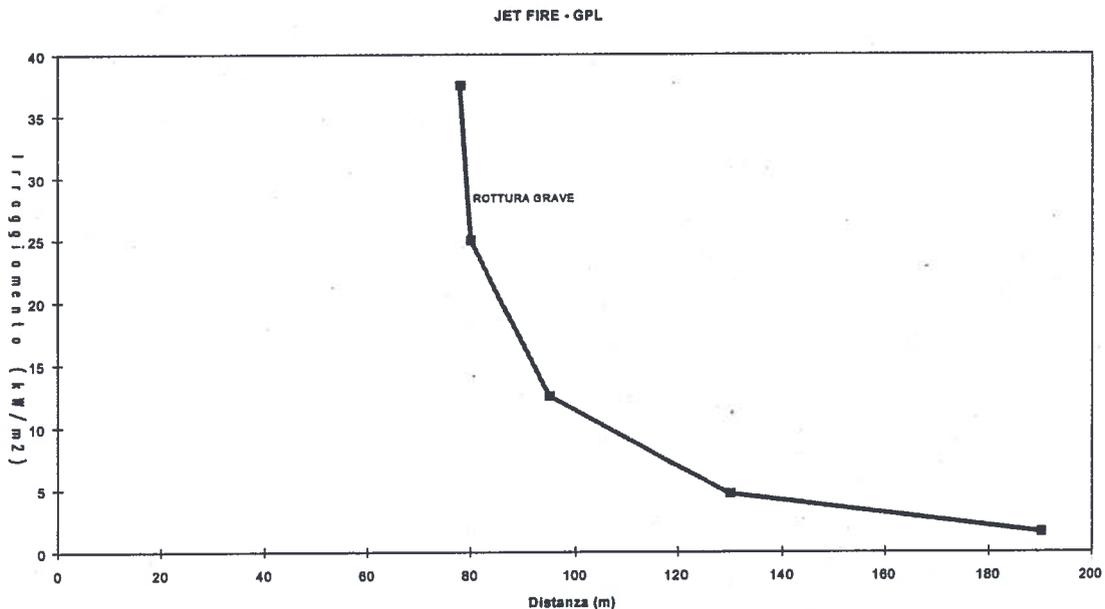
6.2.4.2. Jet fire

Le uniche sostanze trasportate in grado di generare un jet fire sono idrogeno e GPL.

L'idrogeno non è stato preso in considerazione in questa analisi perché risulta circolare un veicolo all'anno, ed è quindi non significativo ai fini del rischio d'area.

Nel seguito sono quindi presentati i risultati relativi al GPL, che forma jet fire da flusso bifase.

Figura 6.2.16 Trasporto stradale e ferroviario - curve di irraggiamento in funzione della distanza in uno scenario di jet fire di propano



La figura 6.2.16 mostra l'andamento dell'irraggiamento in funzione della distanza in uno scenario di jet fire. Il fenomeno non dipende dalle condizioni meteorologiche e gli effetti sono identici in caso di rilascio su strada o su ferrovia. Date le quantità in gioco, tuttavia, il fenomeno, su strada, avrà durata più breve (stimata per rotture gravi in 3 minuti circa, contro i 5 minuti della ferrovia).

6.2.4.3 UVCE

Le sovrappressioni da UVCE sono state calcolate con il metodo Multi-Energy sviluppato dal TNO (Yellow Book) (rif. /20/), uti-

lizzando le "blast curve" 3, per condotte (bassa congestione e bassa energia di innesco) e 5, per strade e ferrovie (alta congestione, bassa energia di innesco).

Le quantità in zona esplosiva derivanti da evaporazione di pozza sono state valutate con il programma NOADUM e sono riportate nelle tabelle seguenti.

Tabella 6.2.12 *Trasporti stradali - Masse infiammabili in caso di rilascio di benzina o GPL*

	Trasporti stradali - Masse infiammabili (kg)					
	rottura catastrofica		rottura grave		fessurazione	
	2F	5D	2F	5D	2F	5D
BENZINA	66	7	17	1	-	-
GPL	4400	2270	4050	1000	-	-

L'analisi delle conseguenze associate ad un eventuale episodio incidentale ha consentito di trascurare alcuni tra gli scenari associati alla dispersione di greggio; in particolare, avendo accorpato sotto la voce "greggio" idrocarburi pesanti relativamente stabili, la massa gassosa infiammabile prodotta dall'evaporazione della pozza è risultata essere troppo scarsa per generare, in caso di innesco, un flash fire o un'esplosione con sovrappressioni apprezzabili. Gli scenari di UVCE e flash fire, nel caso del greggio, sono stati perciò trascurati; i calcoli di dispersione sono stati utilizzati solo al fine di determinare le soglie di tossicità.

Tabella 6.2.13 *Trasporti ferroviari - Masse infiammabili in caso di rilascio di benzina o GPL*

	Trasporti ferroviari - Masse infiammabili (kg)					
	rottura catastrofica		rottura grave		fessurazione	
	2F	5D	2F	5D	2F	5D
GPL	2500	3570	4050	1000	-	-

Tra i trasporti stradali e ferroviari non compaiono UVCE di benzina poiché la scarsa entità dei rilasci non consente la formazione di nubi infiammabili sufficientemente consistenti da generare, se innescate, sovrappressioni significative.

Si è ipotizzato che l'UVCE sia possibile solo se la massa infiammabile è di almeno 100 kg. Alternativamente all'UVCE, in dipendenza delle condizioni di confinamento, può verificarsi flash-fire. Questo fenomeno è studiato nel successivo paragrafo (Dispersione), nel quale sono valutate le distanze a LFL/2.

Le figure seguenti rappresentano le curve di sovrappressione in funzione della distanza, generate dall'esplosione (UVCE) di una nube di gas infiammabili.

Strade e ferrovie

Per i trasporti, le sostanze in grado di dar luogo ad UVCE sono tre: idrogeno, propano e benzina.

L'idrogeno viene trascurato per la irrilevanza del numero di veicoli. La benzina non dà mai masse infiammabili superiori a 100 kg. Le figure seguenti si riferiscono quindi al solo GPL.

Figura 6.2.17a *Trasporti stradali - GPL - condizioni meteo 2F*

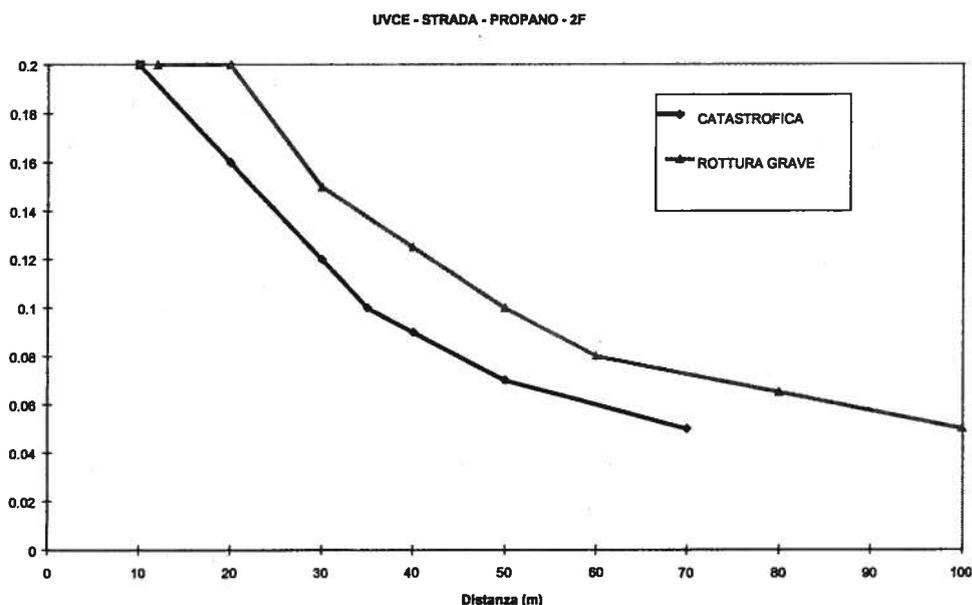


Figura 6.2.17b Trasporti stradali - GPL - condizioni meteo 5D

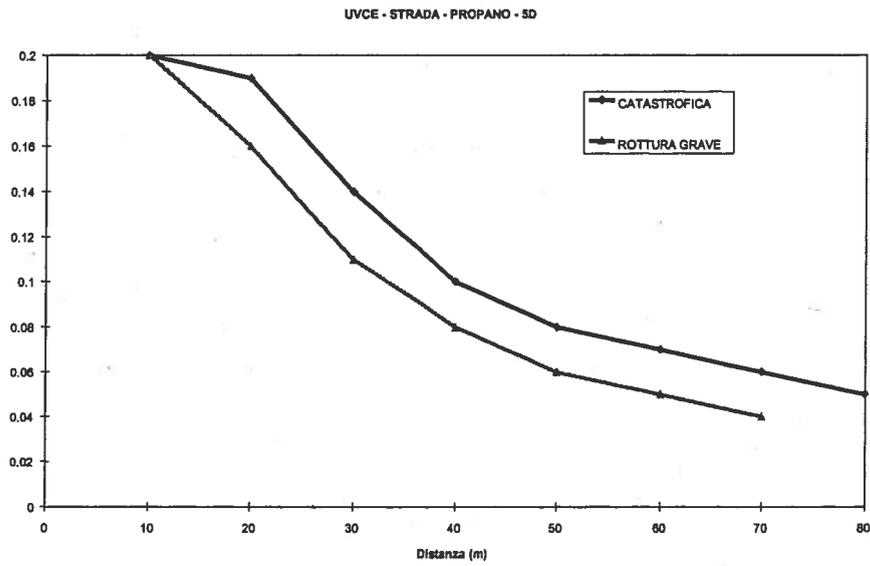


Figura 6.2.17c Trasporti ferroviari - GPL - condizioni meteo 2F

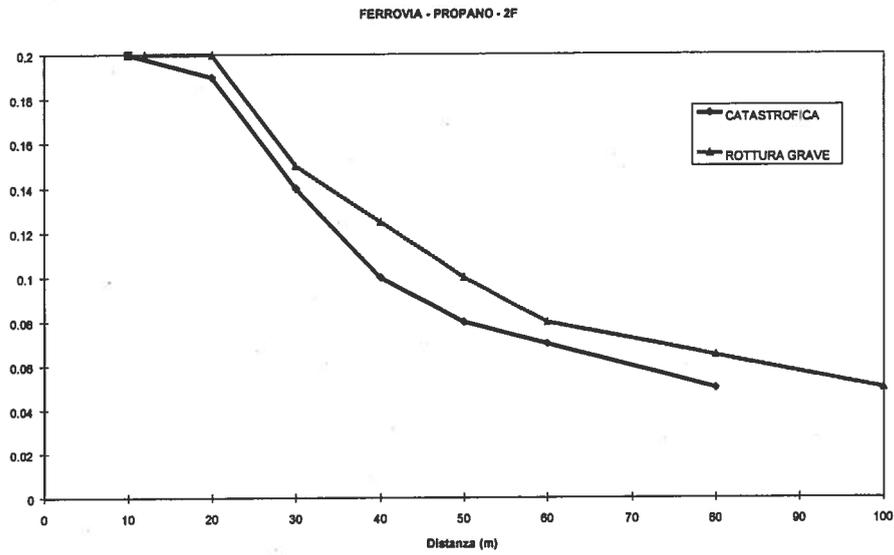
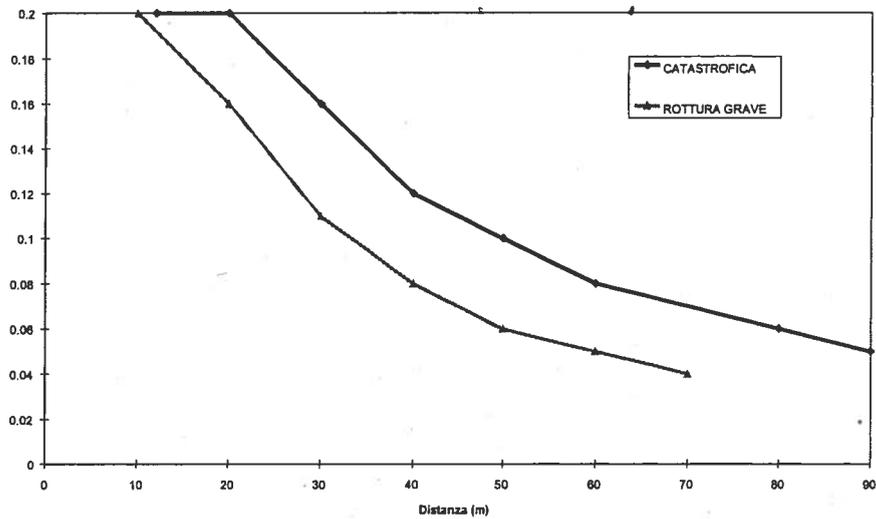


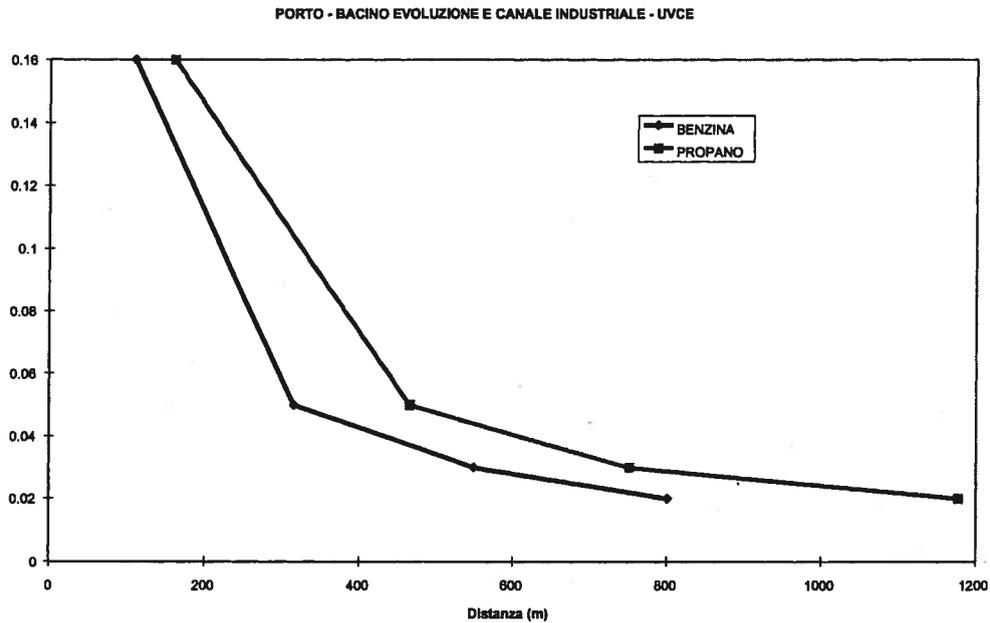
Figura 6.2.17d Trasporti ferroviari - GPL - condizioni meteo 5D



Porto

I valori di sovrappressione sono ottenuti da /4/ e riportati in figura. In assenza di informazioni di dettaglio sulle condizioni meteo utilizzate, questi valori sono stati applicati sia al caso 2F che 5D.

Figura 6.2.17e Porto Bacino evoluzione e Canale industriale - UVCE di benzina e GPL



Condotte

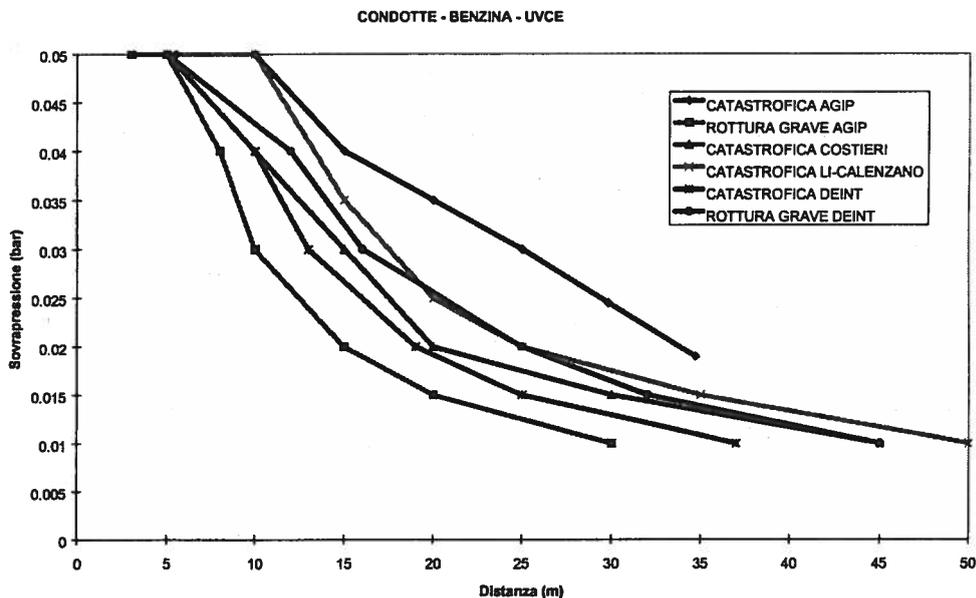
Nel caso delle condotte, malgrado le elevate quantità in gioco, le caratteristiche delle sostanze e la bassa congestione sono tali da limitare gli effetti alle sole vicinanze delle linee.

I calcoli fanno riferimento al solo caso 2F, dato che nel caso 5D le quantità in gioco sono trascurabili.

Tabella 6.2.14 Masse infiammabili in caso di rilascio di benzina da condotta.

	Trasporti via condotta - Masse infiammabili (kg) (Benzina)					
	rottura catastrofica		rottura grave		Fessurazione	
	2F	5D	2F	5D	2F	5D
AGIP PETROLI	1175	84	129	3.6	11	0.2
COSTIERI D'ALELIO	300	19	87	2.2	11	0.2
AGIP LIVORNO-CALENZANO	589	32	129	3.6	11	0.2
AGIP DEINT	201	12	401	22	142	8.3

Figura 6.2.17f Trasporti via condotta - UVCE di benzina



6.2.4.4 Dispersione

L'analisi della dispersione è fatta con i programmi NOADUM per rilasci continui e istantanei, e EFFECTS2 per rilasci di jet e jet bifase.

Strada e ferrovia

Le figure seguenti riportano gli andamenti delle concentrazioni per ammoniaca, GPL e benzina.

Nel caso di ammoniaca, trasportata come soluzione acquosa al 35%, nella dispersione si sono considerate le effettive proprietà della miscela.

Figura 6.2.18 Curve di concentrazione dell'ammoniaca in funzione della distanza da bordo pozza.

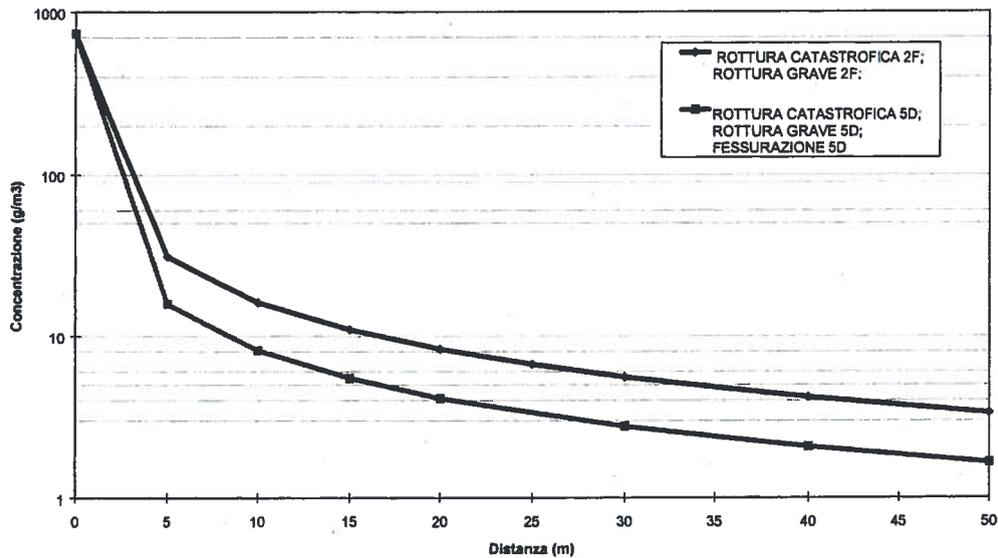


Figura 6.2.19 Curve di concentrazione di GPL in funzione della distanza per rotture catastrofiche (evaporazione da pozza)

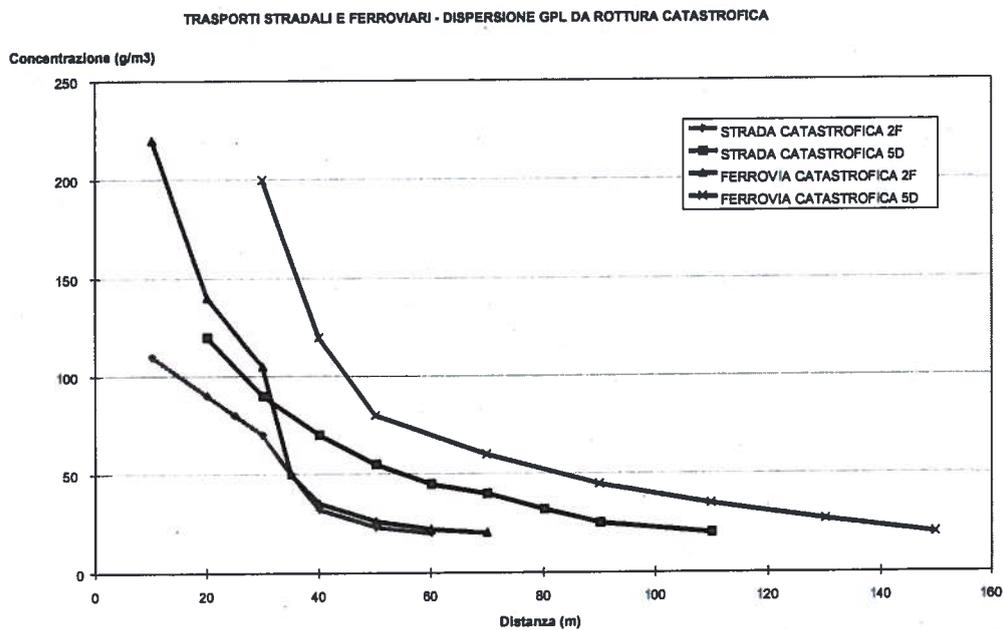


Figura 6.2.20 Curve di concentrazione di GPL in funzione della distanza per rotture gravi (dispersione getto bifase)

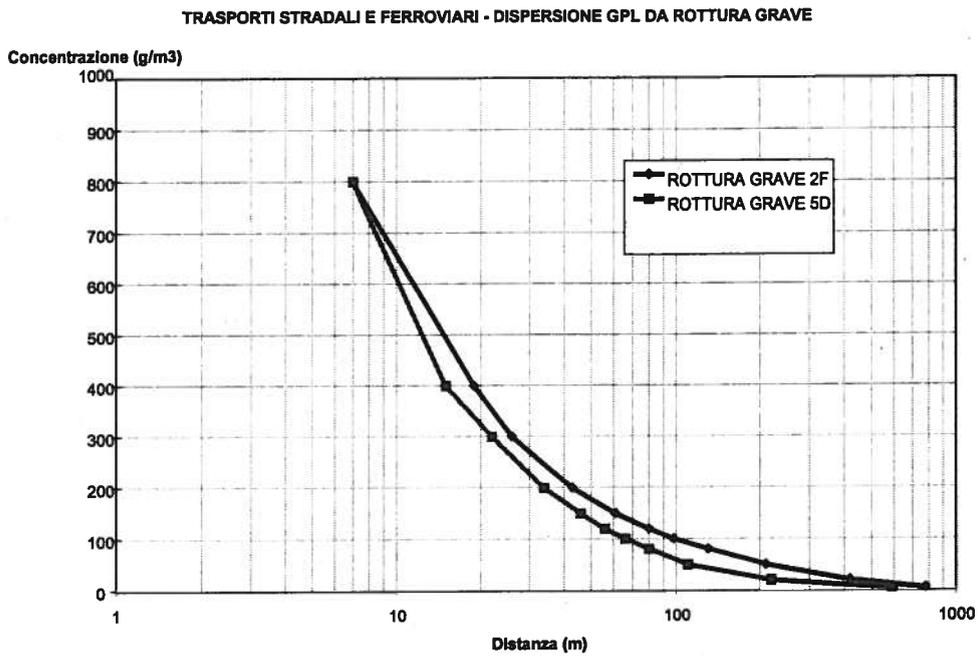
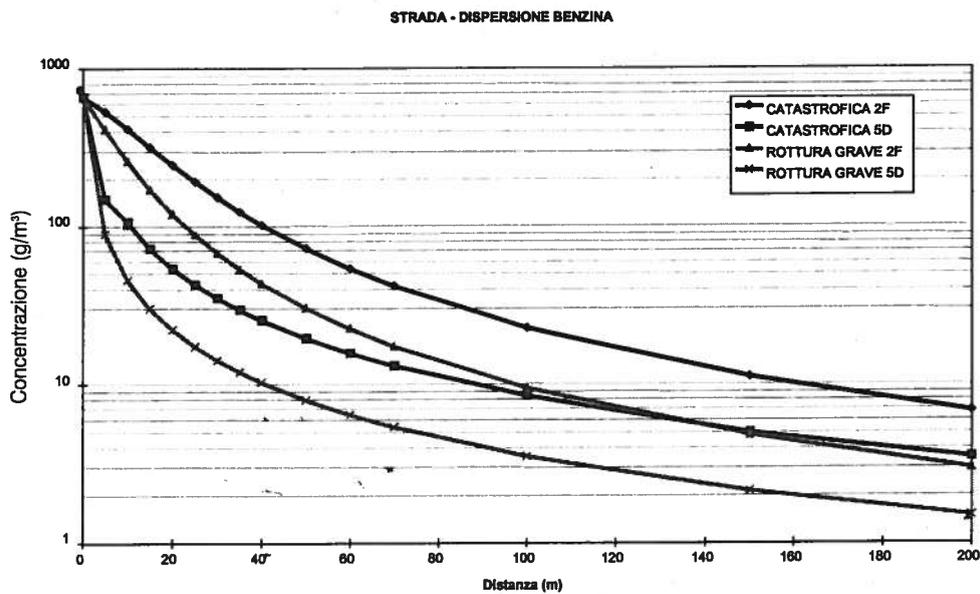


Figura 6.2.21 Curve di concentrazione di Benzina in funzione della distanza da bordo pozza.



Nel seguito sono riportate le dimensioni delle pozze prodotte dal rilascio delle varie sostanze su strada e su ferrovia.

Tabella 6.2.15 Trasporti stradali - Raggio delle pozze prodotte dal rilascio di diverse sostanze

	Raggio pozza (m)					
	Rottura catastrofica		Rottura grave		Fessurazione	
	2F	5D	2F	5D	2F	5D
Benzina	37	35	28	26	-	-
Metanolo	57	53	56	50	-	-
Greggio	37	35	28	26	-	-
NH ₃	62	58	62	58	-	-
HCl	200	200	190	190	-	-

Tabella 6.2.16 *Trasporti ferroviari - Raggio delle pozze prodotte dal rilascio di diverse sostanze*

	Raggio pozza (m)					
	Rottura catastrofica		Rottura grave		Fessurazione	
	2F	5D	2F	5D	2F	5D
Metanolo	81	75	28	26	-	-
Greggio	37	35	28	26	-	-

Nel caso del GPL la dimensione della pozza prodotta da un rilascio istantaneo varia molto rapidamente in virtù della rapidissima evaporazione della sostanza liquida; la dimensione iniziale della pozza si aggira intorno ai 90 m per rilasci su ferrovia e 60 m per rilasci su strada.

Le sostanze riportate in tabella 6.2.17 sono quelle rappresentative degli accorpamenti effettuati per affinità chimico-fisiche. Poiché sotto una stessa voce (es. Metanolo), ricadono composti che, pur avendo caratteristiche chimico fisiche analoghe a quelle della sostanza di riferimento, possono essere puramente infiammabili (es. Acetato di etile) oppure tossici/infiammabili (es. Toluolo), accanto alle soglie di infiammabilità sono riportate le soglie di tossicità di tali composti.

I composti tossici/infiammabili trasportati via strada sono stati accorpati, per tossicità, alla sostanza di riferimento "Ammoniaca" della banca dati ARIPAR. Questo significa che, ad esempio, una sostanza come il toluolo, si disperde come il metanolo e si è supposto avere una tossicità paragonabile a quella dell'ammoniaca.

Il presente approccio è evidentemente conservativo in quanto Stirolo, Toluolo, Petrolchimici, e le altre sostanze accorpate ad ammoniaca in tabella 5.3.1, hanno in generale tossicità inferiore a quella dell'ammoniaca. L'accorpamento è giustificato sia da esigenze di semplificazione che dall'indisponibilità delle equazioni di probit relative alle singole sostanze accorpate. Potrà eventualmente essere rivisto in un secondo tempo, qualora si rendano disponibili le equazioni di probit e vengano meglio precisate dalle aziende le caratteristiche delle sostanze accorpate nella categoria petrolchimici.

Le distanze di soglia riportate in tabella sono state calcolate utilizzando i valori di IDLH e di densità delle sostanze di riferimento per la tossicità; tali distanze quindi sono solo indicative, poiché in realtà esse andrebbero calcolate caso per caso con riferimento alla dispersione della specifica sostanza di interesse e soprattutto ai valori effettivi di IDLH e di densità.

Tabella 6.2.17 *Trasporti stradali - Distanze alle soglie di infiammabilità e tossicità per le sostanze trasportate rispettivamente nei casi di rilascio grave.* Le distanze si intendono misurate da centro pozza per i rilasci di benzina, metanolo greggio, ammoniaca e acido cloridrico, mentre si intendono misurate dal punto di rilascio nel caso di GPL.

	Trasporti stradali - Dispersione Distanze alle soglie di infiammabilità e tossicità (m)							
	rottura grave							
	2F				5D			
	LFL/2	IDLH	IDLH	IDLH	LFL/2	IDLH	IDLH	IDLH
		NH ₃	ACN	HCl		NH ₃	ACN	HCl
Benzina	90	-	-	-	50	-	-	-
Metanolo	250	2585	2910	-	135	1610	1735	-
Greggio	90	2080	-	-	50	1330	-	-
H ₂	-	360	-	-	-	230	-	-
HCl	-	-	-	800	-	-	-	500
GPL	300	-	-	-	220	-	-	-

Tabella 6.2.18 *Trasporti ferroviari - Distanze alle soglie di infiammabilità e tossicità per le sostanze trasportate rispettivamente nei casi di rilascio grave.* Le distanze si intendono misurate da centro pozza per i rilasci di metanolo e greggio, mentre si intendono misurate dal punto di rilascio nel caso di GPL.

	Trasporti ferroviari - Dispersione					
	Distanze alle soglie di infiammabilità e tossicità (m) Rottura grave					
	2F			5D		
	LFL/2	IDLH	IDLH	LFL/2	IDLH	IDLH
		NH ₃	ACN		NH ₃	ACN
Metanolo	220	2585	2810	135	1610	1735
Greggio	90	-	-	52	-	-
GPL	450	-	-	220	-	-

Tabella 6.2.19 *Trasporti stradali - Distanze alle soglie di infiammabilità e tossicità per le sostanze trasportate*. Le distanze si intendono misurate da centro pozza per i rilasci di benzina, metanolo greggio e ammoniaca, mentre si intendono misurate dal punto di rilascio nel caso di GPL.

	Trasporti stradali							
	rottura catastrofica							
	2F				5D			
	LFL/2	IDLH	IDLH	IDLH	LFL/2	IDLH	IDLH	IDLH
		NH ₃	ACN	HCl		NH ₃	ACN	HCl
Benzina	140	-	-	-	85	-	-	-
Metanolo	310	2710	2935	-	140	1785	1935	-
Greggio	120	2615	-	-	70	2240	-	-
H ₂	-	360	-	-	-	230	-	-
HCl	-	-	-	800	-	-	-	500
GPL	60	-	-	-	110	-	-	-

Tabella 6.2.20 *Trasporti ferroviari - Distanze alle soglie di infiammabilità e tossicità per le sostanze trasportate*. Le distanze si intendono misurate da centro pozza per i rilasci di metanolo e greggio, mentre si intendono misurate dal punto di rilascio nel caso di GPL

	Trasporti ferroviari					
	rottura catastrofica					
	2F			5D		
	LFL/2	IDLH	IDLH	LFL/2	IDLH	IDLH
		NH ₃	ACN		NH ₃	ACN
Metanolo	430	3345	4130	200	2505	2680
Greggio	200	-	-	100	-	-
GPL	70	-	-	150	-	-

Le medesime considerazioni devono essere fatte per i trasporti ferroviari, come mostrato in tabella 6.2.18.

Le tabelle 6.2.17 e 6.2.18 mostrano le distanze massime di danno nel caso di rottura grave, rispettivamente per il trasporto stradale e ferroviario delle categorie di sostanze accorpate secondo i criteri indicati nel capitolo 5.

I dati nelle tabelle sono stati ottenuti ipotizzando un rilascio continuo, l'eventuale formazione di una pozza evaporante e la successiva dispersione continua ("plume"). Le distanze in tabella indicano quindi la massima distanza, lungo la direzione del vento, per la quale la concentrazione è superiore ad LFL/2 o all'IDLH, a seconda della sostanza considerata.

Le tabelle 6.2.19 e 6.2.20 mostrano i dati analoghi ottenuti nel caso di rottura catastrofica. In questo caso, i risultati sono stati ottenuti ipotizzando il rilascio istantaneo dell'intero contenuto della cisterna o del compartimento (secondo i criteri discussi in precedenza), il successivo eventuale "flash" dell'intera quantità rilasciata e la successiva dispersione. Per i liquidi in pressione (GPL), la nube formata al momento del flash risulta di importanza prevalente rispetto alla successiva evaporazione da pozza. Pertanto la dispersione è stata modellata come un rilascio istantaneo ("puff") della sola quantità vaporizzata durante il flash. La distanza riportata in tabella si riferisce quindi alla massima distanza lungo la direzione del vento alla quale, al centro della nube, si ha una concentrazione superiore a LFL/2 o all'IDLH. Per tutti gli altri liquidi (inclusa l'ammoniaca, trasportata in soluzione) si è trascurato il flash e si è modellata la dispersione con un modello continuo ("plume"). Quindi, mentre in questo caso i risultati delle tabelle 6.2.19 e 6.2.20 sono direttamente confrontabili con quelli delle tabelle 6.2.17 e 6.2.18, questo non può essere fatto per quanto riguarda il GPL.

Va inoltre sottolineato che, per quanto riguarda il GPL, le distanze indicate nelle tabelle da 6.2.17 a 6.2.20 non sono direttamente relazionabili alla severità dell'incidente: questa appare dipendente più dalla massa e dal volume della nube compresa tra UFL e LFL, che non dalla distanza massima a cui si ha il LFL. Infatti, mentre un modello a "plume" presuppone la formazione di un pennacchio (perciò di una nube allungata nella direzione del vento e di ridotte dimensioni in direzione trasversale a questa), un modello a "puff" ipotizza la formazione di una nube sferica.

La massa di GPL presente nella nube all'interno dei limiti inferiore e superiore di infiammabilità è paragonabile nel caso di rottura catastrofica e di rilascio grave, come mostrato dalle tabelle 6.2.12 e 6.2.13. Il risultato è giustificato dal rapido svuotamento della cisterna in caso di rilascio grave.

Sia per i trasporti stradali che per quelli ferroviari si può osservare che, mentre nel caso di rilasci da rotture parziali le distanze alle soglie di infiammabilità sono maggiori in condizioni atmosferiche 2F rispetto a 5D, nel caso di rotture catastrofiche la tendenza si inverte. Questo comportamento è dovuto al fatto che il rilascio catastrofico è stato simulato come istantaneo: in casi del genere, si ipotizza che la maggior parte della pozza formata dal rilascio vaporizzi istantaneamente, e che la nube prodotta, ancorché alimentata dall'evaporazione del residuo liquido, si disperda sotto forma di "puff". La dispersione, in questo caso, è governata principalmente dalla velocità del vento e solo marginalmente dalle condizioni di stabilità atmosferica; ne consegue che per velocità del vento minori si hanno dispersioni minori. Al contrario, i rilasci da rotture parziali sono stati simulati come continui: da essi non ci si aspetta formazione di pozza, ma la progressiva dispersione di una nube prodotta da un getto inizialmente bifase, perché costituito da goccioline di liquido in sospensione. Questa modalità di rilascio favorisce la dispersione e spiega le maggiori distanze raggiunte dalle soglie di

infiammabilità nel caso delle rotture parziali rispetto a quella catastrofica. Poiché, inoltre, la dispersione di una nube da rilascio continuo bifase risente dei fenomeni di turbolenza generati dalle diverse condizioni di stabilità atmosferica, le distanze ai limiti di infiammabilità risultano maggiori in condizioni 2F rispetto a 5D.

Nel caso dell'azoto liquido, il danno alla popolazione è legato all'effetto termico associato al rilascio. La dispersione è stata simulata mediante il programma NOADUM (rif. /9/) che fornisce anche la temperatura della nube durante la diluizione. Nelle figure seguenti sono riportate le curve di temperatura in funzione della distanza per i tre diametri di rottura.

Come mostrano le figure 6.2.22a-c, gli effetti termici associati alla dispersione di una nube di azoto sono limitati all'area del rilascio e, nella peggiore delle ipotesi (rottura catastrofica), non superano un raggio di 75m (in corrispondenza della soglia degli 0°C); per questo motivo tali effetti sono stati considerati trascurabili ai fini di questa analisi.

Figura 6.2.22a Fessurazione

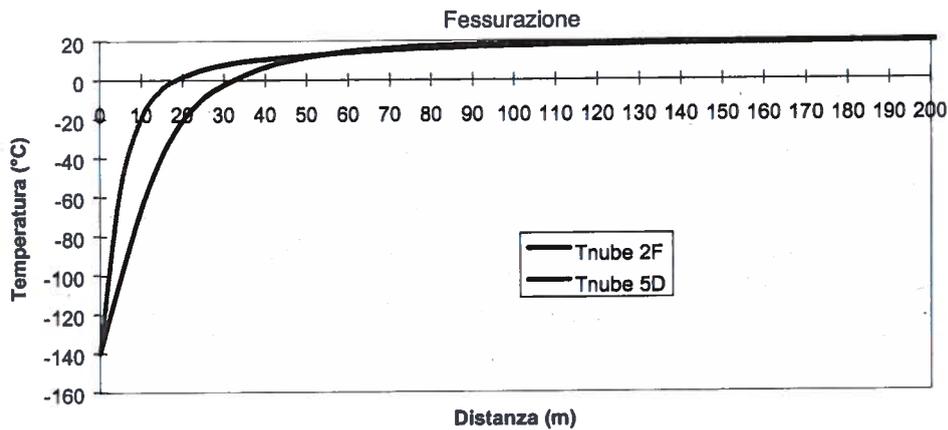


Figura 6.2.22b Rottura grave

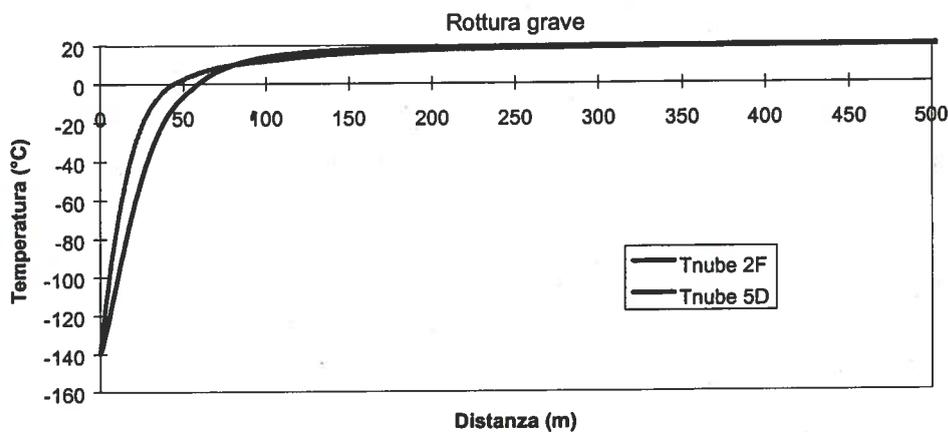
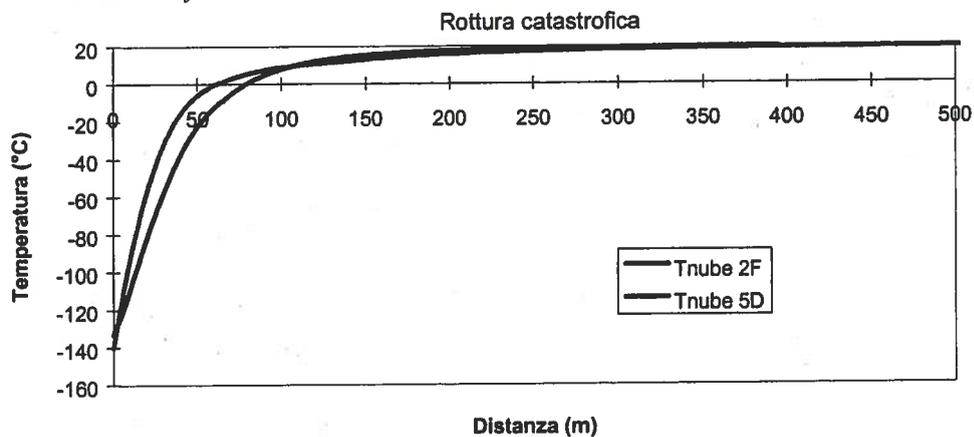


Figura 6.2.22c Rottura catastrofica



Condotte

La dispersione è significativa solo per rilasci di benzina. I risultati sono mostrati in tabella 6.2.21.

Tabella 6.2.21 *Trasporti via condotta - Distanze alle soglie di infiammabilità per rilasci di benzina. Le distanze sono misurate da centro pozza.*

	Trasporti via condotta - Dispersione - Distanze alle soglie di infiammabilità (m)					
	rottura catastrofica		rottura grave		fessurazione	
	2F	5D	2F	5D	2F	5D
AGIP PETROLI	400	210	200	85	-	-
COSTIERI D'ALELIO	265	130	180	75	-	-
AGIP LIVORNO-CALENZANO	340	170	200	85	-	-
AGIP DEINT	250	110	295	145	270	120

Analizzando i valori riportati in tabella 6.2.21 si osserva che la rottura catastrofica di una condotta sembrerebbe produrre effetti meno estesi di quelli prodotti da una rottura grave; questo risultato è dovuto alle assunzioni fatte in termini di tempi di rilevamento della perdita (par. 6.2.2): perdite come quelle dovute ad un rilascio catastrofico possono essere rilevate con maggiore tempestività, consentendo di limitare le quantità rilasciate, mediante chiusura delle valvole.

La tabella 6.2.22 mostra le dimensioni massime di pozza raggiunte a seguito dei rilasci di benzina da condotta e le massime portate evaporanti calcolate.

Tabella 6.2.22 *Trasporti via condotta - Raggi massimi di pozza per rilasci di benzina da condotta e massime portate evaporanti.*

	Raggi massimi di pozza (m) Portate evaporanti massime (kg/s)											
	Rottura catastrofica		Rottura grave		Fessurazione		Rottura catastrofica		Rottura grave		Fessurazione	
	2F	5D	2F	5D	2F	5D	2F	5D	2F	5D	2F	5D
AGIP PETROLI	117	110	81	56	-	-	25.5	40	6.5	6.7	-	-
COSTIERI D'ALELIO	75	70		70	51	-	-	10.4	15.7	55.2	-	-
AGIP Livorno-Calenzano	118	106	81	56	-	-	17	22	6.5	6.7	-	-
AGIP DEINT	66	62	96	88	99	86	8	12	13	19	7.3	12

Dalla tabella si può osservare che, in alcuni casi, a raggi di pozza grossomodo uguali corrispondono portate evaporanti diverse. Questo si spiega considerando che, a parità di quantitativo globalmente rilasciato, in alcuni casi le portate rilasciate sono molto maggiori che in altri: quanto maggiore è la portata rilasciata, tanto più rapida è l'espansione della pozza e tanto maggiore è la portata evaporante.

Porto

Il rapporto /4/ contiene solo il valore della distanza all'LEL. Si è quindi calcolata la dispersione da una pozza di diametro pari a quello dichiarato in /4/.

Quest'analisi ha portato a distanze di danno inferiori a quelle stimate in /4/.

Tabella 6.2.23 *Area portuale - Distanze all' LEL/2 per rilasci di benzina e GPL.*

	Porto Canale industriale e Bacino evoluzione - Dispersione - Distanze alle soglie di danno (m)			
	rottura generica			
	2F		5D	
BENZINA	160		20	
GPL	60		110	

6.3 Impianti fissi**6.3.1 Analisi degli scenari presenti nei rapporti di sicurezza**

Nel caso degli impianti fissi, l'analisi di rischio è stata condotta utilizzando, per quanto possibile, i risultati dei calcoli di conseguenze riportati nei Rapporti di Sicurezza; il dettaglio delle informazioni raccolte nei Rapporti di Sicurezza è riportato in /18/. Tuttavia l'analisi critica delle informazioni riportate sui Rapporti di Sicurezza ha evidenziato l'opportunità di ricalcolare l'estensione delle conseguenze di alcuni top. Questo si è verificato ogniqualvolta per uno scenario non fosse stata riportata l'estensione degli effetti, oppure nei casi in cui alcuni scenari non siano stati ritenuti credibili e congruenti con l'analisi fatta per i trasporti. Data la mole di dati contenuti nei Rapporti di Sicurezza, si è ritenuto opportuno intervenire solo in alcuni casi di rilascio di GPL, quando la pericolosità della sostanza giustificava una più accurata modellazione.

La tabella seguente riporta gli scenari che sono stati ricalcolati o rimodellati.

Tabella 6.3.1 *Scenari rimodellati o ricalcolati*

Impianto	Top	Scenario ricalcolato
Agip Petroli – Metilazione	1 - rilascio piomboalcani	Dispersione
Agip Petroli – Metilazione	2 – rilascio benzina	Pool Fire
Agip Petroli - Produzione zolfo	3 – Rilascio H2S	Dispersione
Agip Petroli - Produzione zolfo	5 – Rilascio H2S al 5%	Dispersione
Agip Petroli - HD3	10 – Rilascio H2S	Dispersione
Agip Petroli – Topping	2 – Sovrappressione colonna C-101 - rilascio benzina	Pool Fire
Agip Petroli - Uni-1	4 - Alta pressione nell'accumulatore V1 - rilascio benzina	Pool Fire
Agip Petroli - Uni-2	4 - Alta pressione nell'accumulatore V103 - rilascio benzina	Pool Fire
Agip Petroli – Splitter	9 - Perdita GPL da fondo C1	Dispersione
Agip Petroli – Splitter	9 - Perdita GPL da fondo C1	UVCE
Agip Petroli - MEK 1	4 - Perdita propano da piccole tubazioni	UVCE
Agip Petroli - MEK 2	4 - Perdita propano da piccole tubazioni	UVCE
Agip Petroli - PDA	9 - Rottura bocchello di piccolo diametro - rilascio propano	Dispersione
Agip Petroli - PDA	9 - Rottura bocchello di piccolo diametro - rilascio propano	UVCE
Agip Petroli - GPL	6 - Apertura PSV per overfilling sigari - rilascio propano	UVCE
Agip DEINTgas - Stabilimento GPL	7b - Perdita da tubazione lato liquido	Dispersione
Agip DEINTgas - Stabilimento GPL	7b - Perdita da tubazione lato liquido	UVCE
Agip DEINTgas - Stabilimento GPL	4 - Perdita vapore da braccio di carico	Dispersione
Agip DEINTgas - Stabilimento GPL	8 - Perdita liquido da braccio di carico	Dispersione
Agip DEINTgas - Stabilimento GPL	8 - Perdita liquido da braccio di carico	UVCE
Agip DEINTgas - Stabilimento GPL	5 - Rottura compressore area pompaggio	Dispersione
DOW - Lattice	8 - Rilascio acrilonitrile da ferrocisterna	Dispersione
Costiero Gas	3 - Rottura netta braccio di carico autobotti - rilascio GPL	Dispersione
Costiero Gas	3 - Rottura netta braccio di carico autobotti - rilascio GPL	Jet Fire
Costiero Gas1	5 - Rottura linea da 8"	Dispersione
Costiero Gas	15 - Rottura linea da 8"	Jet Fire
Eridania - Novamont	6 - Rilascio metanolo liquido	Pool Fire
Eridania - Cereol	7 - Sversamento esano al ricevimento materie prime	Pool Fire
Scalo Ferroviario	Rilascio acrilonitrile	Dispersione
Scalo Ferroviario	Rilascio GPL	Jet Fire

Ricordiamo come nel caso delle installazioni portuali di carico/scarico dei prodotti presenti ai moli ed alle banchine, le sorgenti di incidente siano state considerate come impianti fissi interni allo stabilimento di appartenenza, per quanto concerne le installazioni del Canale Industriale, e come sorgenti a sé stanti nel caso dei pontili della Darsena Petroli.

6.3.2 Effetti domino

6.3.2.1 Effetti domino analizzati nel rapporto GRIPAL

L'analisi sistematica degli effetti domino ha richiesto l'introduzione di alcuni nuovi scenari incidentali non contemplati nelle analisi di sicurezza degli impianti.

Va sottolineato che, mentre l'analisi è stata condotta in modo sistematico per individuare sia gli effetti domino del I tipo (propagazione da getti incendiati) che del II tipo (top-events che innescano un secondo top-event), ci si è limitati ad introdurre nello studio GRIPAL un numero limitato di scenari significativi.

Poiché gli effetti sul rischio locale ed individuale sono risultati trascurabili, si è rinunciato ad inserire nel database l'intera mole degli effetti domino individuati.

Per quanto riguarda gli effetti domino innescati da getti, l'analisi sistematica delle possibili sorgenti è stata condotta in /22/. L'analisi dei risultati ha portato ad individuare l'impianto Merox dell'Agip Petroli come uno tra i più esposti a questo tipo di incidenti a causa della notevole lunghezza dei possibili getti incendiati individuati.

I possibili bersagli dell'effetto domino sono stati considerati i serbatoi di stoccaggio temporaneo di combustibili liquidi, presenti sull'impianto. Va notato che la posizione geometrica del getto non è ovviamente nota, in quanto il getto è originato dalla rottura di una tubazione di una certa lunghezza, con percorso complesso e non noto.

La frequenza dell'evento è stata perciò valutata moltiplicando la frequenza dell'evento primario (getto incendiato) per la probabilità geometrica che l'asse del getto impatti sui serbatoi, valutata cautelativamente come 1/6 (cioè si è considerato che gli assi delle tubazioni possano avere solo 3 direttrici e che il getto impatti sul serbatoio se la rottura avviene secondo la direttrice più vicina a quella della retta che congiunge il punto di rottura col serbatoio).

Per gli effetti domino del II tipo, sono stati analizzati i parchi serbatoi atmosferici all'interno di Agip Petroli. Sono stati introdotti

5 eventi relativi all'incendio da pozza di serbatoi con contenimento comune, in cui il primo poolfire innesca il secondo. La probabilità dell'evento congiunto è stata valutata su base geometrica, supponendo che l'evento sia condizionato dalla presenza di vento che fa inclinare il pennacchio incendiato nella direzione del secondo serbatoio (valutata in modo cautelativo come 5/360). L'ipotesi è giustificata dal fatto che nel caso di poolfire con pennacchio verticale l'effetto domino è escluso nei rapporti di sicurezza. Le frequenze sono state calcolate sommando le frequenze dei due eventi primari per la probabilità geometrica legata alla direzione del vento. Le conseguenze sono state calcolate sommando gli effetti fisici (intensità di irraggiamento) dovuti ad entrambi i top-events e ricavati dai rapporti di sicurezza.

6.3.2.2 Ulteriori effetti domino introdotti

Sono stati introdotti ulteriori scenari incidentali derivanti da effetto domino utilizzando il criterio di incremento delle frequenze di accadimento degli incidenti dell' "unità vittima" (21/) senza modificarne le conseguenze.

Per quanto riguarda il parco serbatoi GPL della Raffineria AgipPetroli sono stati valutati gli effetti di natura termica e meccanica (sovrapressione) sugli impianti e sui serbatoi atmosferici presenti nel raggio dei 375 kJ/m² (/28/), attribuendo una probabilità unitaria di innesco dell'incidente secondario all'interno del raggio suddetto. L'incidente secondario è stato identificato come poolfire del bacino di contenimento del serbatoio interessato dall'effetto domino; di tale incidente, già modellato nel rapporto di sicurezza, è stata incrementata la frequenza - qualora inferiore - assumendola pari a quella dell'incidente primario.

Anche per quanto riguarda gli impianti HF2, Merox e Dearomatizzazione benzine, seguendo il criterio precedentemente esposto, si è proceduto all'incremento della frequenza degli incidenti già modellati nel rapporto di sicurezza.

Per i serbatoi atmosferici, al fine di valutare l'irraggiamento in caso di poolfire in uno dei bacini di contenimento nei confronti dei serbatoi contigui, si è assunta la soglia di 37.5 kW/m² per l'innesco di poolfire secondari.

Nella tabella che segue sono indicati gli impianti sede di eventi secondari ("impianti vittima") con relativo impianto sede dell'evento primario.

IMPIANTI	item	sostanze	identificatore sorgente modificata	scenario primario (causa)	scenario indotto	Frequenza originaria scenario indotto	frequenza modificata scenario indotto
Serbatoi atmosferici	TK126	BZ	SA5009	fireball sigari 1xx/8x	poolfire	7,56E-09	9,60E-06
Serbatoi atmosferici	TK3	BZ	SA5001	fireballsfera TK91	poolfire	7,56E-09	5,00E-07
Serbatoi atmosferici	TK4	BZ	SA5002	fireball sfera TK91	poolfire	7,56E-09	5,00E-07
Serbatoi atmosferici	TK43	BZ	SA5003	fireball sfera TK91	poolfire	7,56E-09	5,00E-07
Serbatoi atmosferici	TK63	BZ	SA5004	fireball sfera TK91	poolfire	7,56E-09	5,00E-07
Serbatoi atmosferici	TK65	BZ	SA5005	fireball sfera TK91	poolfire	7,56E-09	5,00E-07
Serbatoi atmosferici	TK66	BZ	SA5006	fireball sfera TK91	poolfire	7,56E-09	5,00E-07
Serbatoi atmosferici	TK107	BZ	SA5007	fireball sfera TK91	poolfire	7,56E-09	5,00E-07
Serbatoi atmosferici	TK108	BZ	SA5008	fireball sfera TK91	poolfire	7,56E-09	5,00E-07
Serbatoi atmosferici	TK127	BZ	SA5010	fireball sigari 1xx/8x	poolfire	7,56E-09	9,60E-06
Serbatoi atmosferici	TK128	KE	SA5011	fireball sigari 1xx/8x	poolfire	7,56E-09	9,60E-06
Serbatoi atmosferici	TK129	LVN	SA5012	fireball sigari 1xx/8x	poolfire	7,56E-09	9,60E-06
Serbatoi atmosferici	TK130	BAP	SA5013	fireball sigari 1xx/8x	poolfire	7,56E-09	9,60E-06
Serbatoi atmosferici	TK131	BZ	SA5014	fireball sigari 1xx/8x	poolfire	7,56E-09	9,60E-06
Serbatoi atmosferici	TK132	BZ	SA5015	fireball sigari 1xx	poolfire	7,56E-09	9,60E-06
Serbatoi atmosferici	TK510	BZ	SA5023	fireball sfera TK91	poolfire	7,56E-09	5,00E-07
Serbatoi atmosferici	TK105	CRU	SA5025	fireball sfera TK91	poolfire	7,56E-09	5,00E-07
Serbatoi atmosferici	TK121	CRU	SA5026	fireball sfera TK91	poolfire	7,56E-09	5,00E-07
Serbatoi atmosferici	TK135	CRU	SA5027	fireball sfera TK91	poolfire	7,56E-09	5,00E-07
Serbatoi atmosferici	TK501	BZ	SA5018	irraggiamento mutuo	poolfire	7,56E-09	3,02E-08
Serbatoi atmosferici	TK502	BZ	SA5019	irraggiamento mutuo	poolfire	7,56E-09	3,02E-08
Serbatoi atmosferici	TK503	BZ	SA5020	irraggiamento mutuo	poolfire	7,56E-09	3,02E-08
Serbatoi atmosferici	TK504	BZ	SA5021	irraggiamento mutuo	poolfire	7,56E-09	3,02E-08
Serbatoi atmosferici	TK509	BZ	SA5022	irraggiamento mutuo	poolfire	7,56E-09	3,02E-08
Serbatoi atmosferici	TK104	CRU	SA5024	irraggiamento mutuo	poolfire	7,56E-09	3,78E-08
Serbatoi atmosferici	TK136	GA	SA5028	irraggiamento mutuo	poolfire	7,56E-09	1,51E-08
Serbatoi atmosferici	TK137	GA	SA5029	irraggiamento mutuo	poolfire	7,56E-09	3,02E-08
HF-2	V903	H2-C1	H23301	UVCE in HF3	jetfire	2,00E-08	1,60E-05
Merox		GPL	MO1101	fireball sigari 1xx/8x	jetfire	9,10E-06	7,60E-04
Pensiline	rottura braccio carico	liquidi infiam.	PC5201	fireball sigari 1xx/8x	poolfire	4,15E-09	9,60E-06
Dearomatizzazione	Perdita liquido	BZ	DA0401	fireball sigari 1xx/8x	poolfire	2,97E-05	2,86E-05

6.3.3 Rilascio di sostanze pericolose a seguito della perdita di controllo di sistemi chimici

Anche in questo caso è stato necessario introdurre due nuovi scenari non contemplati nei rapporti di sicurezza. L'analisi dell'inventario delle sostanze coinvolte in top-events nell'area di Livorno ha portato all'individuazione dell'acrilonitrile come potenziale sorgente di sostanze pericolose formate a seguito di condizioni di processo anomale.

In particolare, in letteratura sono riportati vari incidenti in cui si è avuta la formazione di quantità non trascurabili di acido cianidrico a seguito della combustione di acrilonitrile.

La formazione di HCN è stata studiata a partire dai due top-events, relativi rispettivamente alla DOW ed allo smistamento ferroviario, che coinvolgono le quantità maggiori di HCN. In entrambi i casi, lo scenario già sviluppato nel rapporto di sicurezza riguarda lo sversamento di HCN e la successiva evaporazione da pozza (nel caso dello smistamento) o la pozza incendiata (nel caso della DOW).

Dallo studio DOW è stato possibile valutare la frequenza di innesco per una pozza di acrilonitrile. La quantità di HCN formata dalla combustione di acrilonitrile è stata cautelativamente fissata al 5% in peso, sulla base di risultati riportati in letteratura per la combustione su scala medio-grande di pesticidi e fertilizzanti azotati.

La dispersione di HCN è stata quindi valutata con un modello gaussiano stazionario, ponendo la sorgente all'altezza della fiamma del pool fire in cui avviene la combustione di acrilonitrile.

L'altezza della fiamma nel pool fire è stata valutata con modelli di letteratura /7/, in base all'area di base stimata per il pool fire. Ulteriori dettagli sono riportati nell'Allegato 1 - Parte 1.

7 FREQUENZE DI ACCADIMENTO

Le frequenze di accadimento per i trasporti stradali, ferroviari e via condotta sono state calcolate, mentre per gli impianti fissi si è fatto riferimento per quanto possibile alle frequenze riportate nei Rapporti di Sicurezza.

7.1 Trasporti

7.1.1 Strade

Le frequenze di rilascio per ogni tratta stradale sono calcolate dal programma sulla base della lunghezza delle tratte e di valori di frequenza unitaria forniti nei dati base del programma.

Si sono adottati i seguenti valori tratti da /17/:

Tabella 7.1.1 *Frequenze di incidente per tipo di strada*

Tipo di stra	daFrequenza (ev/km/veicolo)
Comunale	5E-7
Provinciale	9E-9
Statale	4E-8
Autostrada	1.5E-7

La ripartizione dei rilasci nelle tre classi di rottura (Rif. /25/, /26/, /27/) è la seguente:

- fessurazione = 0.050
- grave = 0.035
- catastrofica = 0.015

7.1.2 Ferrovie

Per le tratte ferroviarie sono state utilizzate le frequenze incidentali utilizzate in ARIPAR; le tratte sono state suddivise in tratte ad alta e bassa velocità attribuendo una frequenza di incidente a ciascuna tipologia.

La tabella seguente riporta i valori utilizzati.

Tabella 7.1.2 *Trasporti ferroviari - Frequenza di incidente per veicolo, per chilometro*

	Frequenza di incidente (ev/km/veicolo)
Alta velocità	5E-8
Bassa velocità	1E-8

A seconda della tipologia e della lunghezza è stata poi calcolata la frequenza di incidente su ciascuna tratta:

Tabella 7.1.3 *Trasporti ferroviari - Frequenza di rilascio per veicolo per tratta*

Identificativo Tratta	Lunghezza (m)	Tipologia a=alta velocità b=bassa velocità	Frequenza di incidente incidente (ev/veicolo/tratta)
FGSD01	280	b	2.798E-09
2	275	b	2.749E-09
3	347	b	3.468E-09
4	157	b	1.574E-09
5	520	b	5.200E-09
6	298	b	2.984E-09
7	373	b	3.734E-09
FGSD08	804	a	4.018E-08
FLq101	302	b	3.022E-09
2	302	b	3.025E-09
3	148	b	1.481E-09
4	364	b	3.644E-09
5	234	b	2.338E-09
Fnord1	714	a	3.570E-08
Fnord2	4592	a	2.296E-07
Fsud01	381	a	1.904E-08
2	2209	a	1.104E-07
3	683	a	3.415E-08
4	2512	a	1.256E-07
5	1.501	a	7.503E-08
6	637	a	3.186E-08
7	1294	a	6.468E-08

Nella tabella 7.1.3 le tratte sono indicate mediante un identificativo; la tabella seguente mostra la corrispondenza tra identificativo e collocazione della tratta.

Tabella 7.1.4

Identificativo tratta	Collocazione ed uso
FGSD01-08	Collega il Porto allo Scalo ferroviario. Serve Costiero Gas, DOC, DOW
FLg101-05	Collega l'impianto DEINT allo Scalo ferroviario. Serve Agip DEINT
Fnord1-2	Ferrovia Livorno Centrale – Calambrone Serve traffico verso Nord
Fsud01-07	Ferrovia Livorno Centrale – Calambrone Serve traffico verso Sud

A ciascun diametro di rottura è stata attribuita una probabilità di accadimento, sulla base dei valori disponibili nella letteratura specializzata (Rif. /25/, /26/, /27/) i valori utilizzati sono riportati in tabella 7.1.5.

Tabella 7.1.5 *Trasporti ferroviari - Probabilità delle tipologie di rottura*

Nessun rilascio	Fessurazione	Rottura grave	Rottura catastrofica
0.920	0.070	0.007	0.003

7.1.3 Condotte

Le frequenze di rottura per linee di trasporto olio, tratte dalla banca dati CONCAWE (Rif. /16/) sono riportate in tabella 7.1.6.

Tabella 7.1.6 *Trasporti via condotta - Frequenza di rottura (ev/m/anno)*

Diametro linea	Frequenza di rottura (ev/m/anno)	
	Rottura grave/fessurazione	Rottura catastrofica
<10"	2E-6	5E-7
10" - 20"	2.5E-7	6E-8

Le condotte utilizzate hanno spessori diversi di ricoprimento; conservativamente tutte le condotte, laddove non diversamente indicato, sono state considerate fuori terra. Ciò, ovviamente, può portare a sovrastime nei livelli di rischio come per la condotta dei prodotti finiti AgipPetroli da Livorno a Calenzano per il tratto sotterraneo.

Tenendo conto della lunghezza delle singole condotte e del numero di giorni di utilizzo/anno le frequenze di rottura in termini di eventi/anno diventano le seguenti:

Tabella 7.1.7 *Frequenze di rottura delle condotte (ev/anno)*

	Sostanza trasportata	Diametro (")	Lunghezza condotta (m)	Società	Frequenza di utilizzo (giorni/anno)	Rottura grave/fessurazione (ev/y)	Rottura catastrofica (ev/y)
1	Greggio	8	88500	Agip Petroli Livorno-Calenzano	105	5.82E-02	1.45E-02
2	Greggio	12	5300	Agip Petroli	36	2.18E-04	5.23E-05
3	Greggio	12	750	Costieri D'Alesio	132	6.78E-05	1.63E-05
4	Greggio	6	850	Agip DEINT	270	2.52E-03	6.29E-04
5	Greggio	6	850	Agip DEINT	270	Accorpata nella frequenza della 4	
5	Greggio	8	88500	Agip Petroli Livorno-Calenzano	15	Accorpata nella frequenza della 1	
6	Greggio	30	5500	Agip Petroli	54	2.03E-04	4.88E-02
7	Greggio	12	5200	Agip Petroli	24	Accorpata nella frequenza della 2	
8	Benzina	8	88500	Agip Petroli Livorno-Calenzano	180	1.77E-01	2.18E-02
9	Benzina	12	5300	Agip Petroli	50	1.82E-04	4.36E-05
10	Benzina	8	750	Costieri D'Alesio	264	1.08E-03	2.71E-04
11	Benzina	10	850	Agip DEINT	270	3.14E-04	7.55E-05
12	Benzina	10	850	Agip DEINT	270	Accorpata nella frequenza della 11	

Le stesse frequenze sono state adottate per il gasdotto che si diparte dalla radice del pontile 13. Per il gasdotto, considerando una lunghezza fuori terra pari a 2.5 km, avremo, quindi, utilizzando gli stessi criteri adottati per le condotte dei prodotti petroliferi, una frequenza di fessurazione pari a $5.0E 10^{-3}$ ev/anno.

7.1.4 Trasporto navale

I dati di frequenza considerati per gli incidenti durante la navigazione tra navi trasportanti sostanze pericolose sono stati quelli riportati in /4/.

Per l'analisi sono state, pertanto, utilizzate le informazioni contenute nello stesso rapporto.

7.2 Impianti fissi

Per gli impianti fissi sono state utilizzate in tutti i casi le frequenze di scenario riportate nei Rapporti di Sicurezza.

In alcuni Rapporti di Sicurezza, tuttavia, non sono state riportate le frequenze di accadimento, ma una valutazione qualitativa. In tali casi sono stati assunti i valori di frequenza (eventi/anno) riportati nella tabella seguente:

Tabella 7.2.1 *Frequenze di rottura per gli impianti fissi (ev/anno)*

Frequenza di rottura (ev/anno)		
Eventi ad alta probabilità	Eventi rari	Eventi improbabili
1E-3	1E-5	1E-7

Nei casi in cui non fosse disponibile neppure un indicazione qualitativa della frequenza di un evento incidentale, è stata assunta la frequenza massima (1E-3 ev/anno).

7.3 Probabilità d'innesco

Le probabilità di innesco nei trasporti sono state tratte da /15/ e sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 7.3.1 *Probabilità di innesco per i trasporti (Rif. /15/)*

		Probabilità d'innesco trasporti					
		Strada		Ferrovie		Condotte	
		Immediato	Ritardato	Immediato	Ritardato	Immediato	Ritardato
Fessurazione	Benzina	0.03	0.03	-	-	0.05	0.031
	Greggio	0.03	0.03	0.1	0	0.005	0.031
	GPL	0.1	0.5	0.1	0	-	-
	Metanolo	0.03	0.03	0.1	0	-	-
Rottura Grave	Benzina	0.03	0.03	-	-	0.05	0.031
	Greggio	0.03	0.03	0.1	0	0.005	0.031
	GPL	0.1	0.5	0.1	0	0.3	0.03
	Metanolo	0.03	0.03	0.1	0	-	-
Rottura Catastrofica	Benzina	0.03	0.03	-	-	0.05	0.031
	Greggio	0.03	0.03	0.2	0.1	0.005	0.031
	GPL	0.2	0.8	0.2	0.1	-	-
	Metanolo	0.03	0.03	0.2	0.5	-	-

Per gli impianti fissi le probabilità di innesco sono identiche per tutte le sostanze, eccetto il GPL:

Tabella 7.3.2 *Probabilità di innesco per gli impianti fissi (Rif. /14/,/15/)*

	Probabilità d'innesco impianti fissi	
	Immediato	Ritardato
GPL	0.3	0.13
Altri combustibili	0.05	0.13

Sulla base delle probabilità di innesco riportate nelle tabelle 7.3.1 e 7.3.2 sono state calcolate le probabilità dei singoli scenari; i valori ottenuti sono mostrati nelle tabelle seguenti.

7.3.1 Condotte

Tabella 7.3.3 *Probabilità dei singoli scenari a seguito di un rilascio da condotta*

	Probabilità dello scenario		
	Pool Fire	UVCE	Flash Fire
Benzina	0.05	0.00095	0.029
Greggio	0.005	0.001	0.03
GPL	-	0.03	-

7.3.2 Ferrovie

Tabella 7.3.4 *Probabilità dei singoli scenari, a seguito di rilasci su ferrovia*

	Probabilità dello scenario							
	Rottura grave / fessurazione				Rottura catastrofica			
	Jet Fire	Pool Fire	UVCE	Flash Fire	Jet Fire	Pool Fire	UVCE	Flash Fire
Metanolo - Greggio	-	0.1	0	0	-	0.28	0	0.08
GPL	0.1	-	0	0	-	0.2	0.13	0.27

7.3.3 Strade

Tabella 7.3.5 *Probabilità dei singoli scenari, a seguito di rilasci su strada*

	Probabilità dello scenario							
	Rottura grave / fessurazione				Rottura catastrofica			
	Jet Fire	Pool Fire	UVCE	Flash Fire	Jet Fire	Pool Fire	UVCE	Flash Fire
Metanolo - Greggio - Benzina	-	0.03	0	0.029	-	0.03	0	0.029
GPL	0.1	-	0	0.45	-	0.2	0.13	0.51

7.3.4 Impianti fissi

Tabella 7.3.6 *Impianti fissi - Probabilità dei singoli scenari*

	Probabilità dello scenario			
	Pool Fire	Jet Fire	UVCE	Flash Fire
GPL	0.05	0.3	0.021	0.07
Altri Combustibili	0.05	-	0.02	90.95

8 ANALISI DI RISCHIO D'AREA

I risultati delle analisi di conseguenza e di frequenza, ottenuti come descritto alle sezioni precedenti, sono alimentati al programma di ricomposizione del rischio (GENDB).

Per quanto riguarda i calcoli di conseguenza, questi vengono preliminarmente elaborati dal programma FIT che calcola i valori dei coefficienti delle equazioni di interpolazione dei risultati, utilizzate in GENDB. Per l'utilizzo di FIT, tutti i calcoli delle conseguenze vanno tradotti in file di formato opportuno. Nel caso del rilascio istantaneo di gas pesanti, il programma ARIPAR prevede l'adozione del programma DENZ che probabilmente fornisce un valore costante del coefficiente 'm' di FIT. Tale valore è quindi tenuto costante e pari a 1 nel programma. Poiché l'utilizzo di EFFECTS2 porta a valori di questo coefficiente variabili tra 1 e 30, si è dovuto modificare empiricamente uno dei coefficienti rimanenti (coefficiente 'e') per ottenere valori di concentrazione simili a quelli ottenuti dal programma di simulazione, come segue:

Caso	Valore originale	Valore modificato
Rilascio stradale, 2F	-2.276828	1.0
Rilascio stradale, 5D	-1.790174	3.5
Rilascio ferroviario, 2F	-1.094198	2.5
rilascio ferroviario, 5D	-0.8086144	4.0

Si è inoltre proceduto ad una correzione dei file di input a FIT per rilasci di toluene, necessaria per consentire una corretta conversione delle concentrazioni da mg/m³ a ppm. Tale conversione infatti è effettuata da ARIPAR, in ingresso alla routine di calcolo delle equazioni di Probit, utilizzando le caratteristiche dell'ammoniaca, dato che il toluene è stato accorpato ad ammoniaca per quanto riguarda la vulnerabilità. Si sono perciò ridotte le concentrazioni nei file di input a FIT del rapporto (densità ammoniaca)/(densità toluene) ottenendo concentrazioni 'ammoniaca equivalenti'. Ciò comporta che il calcolo della vulnerabilità è effettuato correttamente, mentre le 'curve di danno' per dispersioni di toluene delle quali sia eventualmente richiesta la graficazione presenterebbero distanze alle concentrazioni di riferimento minori di quelle reali se esaminate con riferimento a valori di soglia tipici del toluene.

Per quanto riguarda i tempi di esposizione, si sono assunti valori di 60 minuti per le dispersioni, 5 minuti per incendi e 1 minuto per fireball. Questi valori tengono conto della breve durata dei fenomeni di fireball e della possibilità di fuga e riparo delle persone, altrimenti non simulabili (una verifica condotta per fireball di caratteristiche analoghe a quelli studiati nei Rapporti di Sicurezza ha fornito durate comprese tra uno e due minuti).

Per quanto riguarda l'esposizione a rilasci istantanei, il programma ARIPAR prevede l'inserimento di due coefficienti, legati all'output del programma DENZ. Poiché è stato invece utilizzato il programma EFFECTS2, che non fornisce le stesse informazioni di uscita di DENZ, si sono adottati per questi coefficienti i valori 1 e 0.5, che forniscono tempi di esposizione variabili tra circa 10 e 20 minuti, a seconda del diametro della nube. Questi tempi sono ritenuti ragionevoli per il fenomeno e le dimensioni di nube in esame.

Si sono inoltre adottati i seguenti valori di soglia ai quali il calcolo delle conseguenze di incidente si interrompe: 0.01 bar, 1.6 kW/m², 10 mg/m³ (per tutte le dispersioni).

Le frequenze di incidente per impianti fissi, trasporti ferroviari, condotte e porto sono state inserite manualmente. Quelle per i trasporti stradali sono calcolate dal programma come visto in precedenza.

L'analisi svolta ha fornito i risultati rappresentati graficamente nelle figure riportate nell'ultima sezione del presente volume.

Il contributo principale al rischio è dato dal trasporto stradale e dagli impianti fissi, con valori significativi anche del trasporto ferroviario e per condotta mentre il trasporto navale fornisce un contributo trascurabile.

In particolare il trasporto stradale, come si nota dalle curve F-N e da quelle di isorischio locale, presenta il valore più significativo anche per il fatto di interessare le vicinanze delle aree abitate.

Il contributo del trasporto ferroviario è, in pratica, limitato all'intorno dello Scalo ferroviario di Livorno-Calambrone, mentre il contributo degli impianti fissi è limitato alle aree circostanti l'area industriale, con valori all'esterno degli stabilimenti dell'ordine di 10⁻⁶.

Tra le sostanze, il GPL fornisce il contributo principale alle curve di rischio.

Per quanto riguarda i combustibili liquidi, essi danno contributo nelle immediate vicinanze degli impianti Agip DEINT, Dow Lattice e Scalo FFS in alcune strade e condotte.

Quanto osservato è confermato anche dall'esame dei valori di importanza delle sorgenti (per definiti valori di N):

- per N pari a 10 e a 100, ad esclusione di una tratta della Condotta Livorno-Calenzano, le prime sorgenti in ordine di importanza sono tratte di trasporto stradale.
- Escludendo le sorgenti da trasporto stradale, per N pari a 10, le sorgenti principali sono rappresentate da rilascio di H₂S dall'impianto HD3, Agip Petroli e dalla Condotta Livorno-Calenzano.
- Per N pari a 100, l'unico contributo da impianti fissi è il rilascio da parco Serbatoi GPL Raffineria di Livorno (sfera TK91).

Per quanto riguarda le problematiche connesse con l'effetto domino, è stata rilevata la trascurabilità dello stesso sul rischio individuale e locale all'esterno dei confini degli stabilimenti dell'area di Livorno.

RIFERIMENTI PARTE I

- /1/ Metodologia ARIPAR - dispensa Sicilia
- /2/ Manuale utente di ARIPAR-GIS 1.2 - JRC Ispra, versione preliminare marzo 1998
- /3/ ARIPAR-GIS Databases - *Manuale d'Uso* - JRC Ispra, febbraio 1998
- /4/ S. Zanelli, G. Francalanza - *Sicurezza del Canale Industriale del Porto di Livorno in relazione alla movimentazione di GPL, prodotti petroliferi e chimici*. - Dicembre 1994
- /5/ Lewis - *Sax's dangerous properties of industrial materials* - Eighth Edition - 1992
- /6/ NIOSH - *Pocket Guide to Chemical Hazards* - 1994
- /7/ EFFECTS Versione 2.1 - *Fire explosion and dispersion models for accidental releases of hazardous materials* - TNO Department of Industrial Safety - 1996
- /8/ GASP - *Gas Accumulation over Spreading Pools* - United Kingdom Atomic Energy Authority - Safety and Reliability Directorate - 1989
- /9/ NOADUM - *Dispersione in atmosfera di vapori pesanti emessi a bassa velocità* - DICMA - Università di Bologna - 1990
- /10/ FRED - Versione 2.2 - *Shell International Oil Products B.V.* - 1995
- /11/ SVUOT - Versione 2.0 - Snamprogetti 1997
- /12/ HCFIRE - Versione 2.2 - *Geometria di fiamma ed irraggiamento termico da incendio di idrocarburi liquidi* - 1996
- /13/ F.P. Lees - *Loss prevention in the process industries* - Butterworths - 1984
- /14/ A.W. Cox, F.P. Lees, M.L. Ang - *Classification of hazardous locations* - IChemE - 1990
- /15/ Purdy - *The measurement of risk from transporting dangerous goods by roads and rail - The Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances* - 1993
- /16/ CONCAWE - *Performance of oil industry cross-country pipelines in western Europe* - 1994
- /17/ Bubbico, Di Cave, Dore, Mazzarotta - *Valutazione del rischio nel trasporto di sostanze pericolose: il Software TRHAZ* - Pisa, VGR 98
- /18/ SnamProgetti - *Raccolta dati e predisposizione database ambientali e territoriali Analisi di Rischio Industriale e Portuale dell'Area di Livorno* - 1998
- /19/ TNO - *Green Book - Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials* - 1989
- /20/ MEMEX - Versione 2.1 - *Esplosione di nubi di gas in aree parzialmente confinate e/o congestionate con presenza di ostacoli* - 1998
- /21/ F.P. Lees - *Loss prevention in the process industries* (II ed.) - Butterworths - 1996
- /22/ Dipartimento di Ingegneria Chimica, Università di Pisa - *Censimento delle Sorgenti di Rischio Industriale nelle Aree di Livorno e Piombino* - 1999
- /23/ V.Cozzani, S.Zanelli - *EUCLID: A study on the Emission of Unwanted Compounds Linked to Industrial Disasters* -EUR 17351 EN, Commission of the European Communities: Luxembourg 1997
- /24/ F.Pappalardo - *Formazione di prodotti nocivi in sistemi reagenti fuori controllo* - Tesi di Laurea in Ingegneria Chimica, Università di Pisa, 1998
- /25/ AIChE CCPS, *Chemical transportation risk analysis*, 1995.
- /26/ HSC, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances* - Report and appendices, London, 1991.
- /27/ G. Spadoni, *La metodologia ARIPAR* (note sintetiche), Contratto UE-DICMA (Univ.BO) n.10969-95-05 F1PC ISP I, Ottobre 1995.
- /28/ Eisenberg N.A., *Vulnerability model*, U.S. Coast Guard, 1975.

ALLEGATI PARTE I



Allegato I

Emissione di sostanze pericolose formate a seguito della perdita di controllo di sistemi chimici industriali

I.1 Introduzione

La Direttiva 96/82/EC ("Seveso-II") richiede l'inclusione nell'inventario di impianto di quelle sostanze pericolose "la cui formazione è possibile a seguito della perdita di controllo di processi chimici industriali". Nella prospettiva dell'applicazione della nuova Direttiva, è stato deciso di includere nell'analisi dei rischi industriali delle aree di Livorno e Piombino la valutazione del rischio aggiuntivo indotto da scenari legati alla formazione non voluta di sostanze pericolose in incidenti.

I.2 Metodologia di analisi

Individuazione dei termini sorgente

L'individuazione delle possibili sostanze pericolose che possono essere generate dalla perdita di controllo di un sistema chimico industriale è stata condotta seguendo la metodologia sviluppata in /23/. L'applicazione ha richiesto la definizione e l'analisi di tutti i sistemi chimici coinvolti in top-events nell'area di Livorno, riportata in /22/.

Definizione degli scenari incidentali: gli scenari incidentali in cui si è ritenuta credibile la formazione non voluta ed il rilascio di quantità non trascurabili di prodotti pericolosi sono stati definiti sulla base delle caratteristiche dei top-events potenzialmente all'origine dello scenario, definiti nei rapporti di sicurezza.

Valutazione delle quantità rilasciate: le quantità di prodotti pericolosi formate a seguito degli incidenti sono state valutate in base a dati di letteratura riportati da varie fonti e riassunti in /24/. I valori assunti sono da ritenersi cautelativi, non essendo disponibili dati sperimentali su scala paragonabile a quella degli eventi considerati.

Modellazione delle conseguenze: la dispersione delle sostanze generate è stata valutata utilizzando modelli di letteratura /7/.

I.3 Risultati dell'analisi

Sostanze pericolose la cui formazione è possibile

L'analisi dell'inventario delle sostanze presenti negli stabilimenti dell'area di Livorno e l'analisi dei "top-events" riportati nei rapporti di sicurezza (/22/) ha portato all'individuazione dell'acrilonitrile come potenziale sorgente di sostanze pericolose formate a seguito di condizioni di processo anomale. In particolare, in letteratura sono riportati vari incidenti in cui si è avuta la formazione di quantità non trascurabili di acido cianidrico a seguito della combustione di acrilonitrile (/23/).

Scenari incidentali selezionati per l'analisi

Nell'area di Livorno sono stati individuati 5 top-events relativi ad impianti fissi che coinvolgono il rilascio di acrilonitrile, 4 nello stabilimento DOW (DOW, top 7-10 in /22/) e 1 presso lo smistamento ferroviario (Deposito FF.SS. Calambrone, top 3 in /22/).

Tra questi sono stati selezionati i due scenari nei quali è previsto il rilascio di maggiori quantità di acrilonitrile: Top 9 Dow e Top 3 Smistamento Ferroviario.

Analisi degli scenari

Entrambi gli scenari selezionati risultano già definiti nei rapporti di sicurezza ed in /22/ per quanto riguarda: frequenza valutata per il rilascio di acrilonitrile, caratteristiche del rilascio, quantità rilasciata in funzione del tempo. Le principali caratteristiche degli scenari sono riportate rispettivamente nelle tabelle 1 e 2.

Dal rapporto di sicurezza delle Ferrovie dello Stato si ricava che, in caso di formazione di una pozza, la probabilità di innesco dell'acrilonitrile è stata valutata pari al 3%. Questo valore è stato utilizzato per valutare la probabilità di innesco anche nel caso dello scenario relativo alla DOW.

Le frequenze degli scenari di formazione di HCN da acrilonitrile risultano perciò di $1.2 \cdot 10^{-6}$ occ/anno nel caso dello Smistamento e di $6.7 \cdot 10^{-7}$ occ/anno nel caso della DOW.

La quantità di HCN formata dalla combustione di acrilonitrile è stata cautelativamente fissata al 5% in peso, sulla base di risultati riportati in letteratura per la combustione su scala medio-grande di pesticidi e fertilizzanti azotati.

Nel caso di DOW, si ha dal rapporto di sicurezza una pozza di 200m². La velocità di combustione per un pool fire di acrilonitri-

le si può ricavare da /21/ e risulta pari a 15 kg/s. La corrispondente portata di HCN risulta quindi pari a 0.75 kg/s.

La modellazione dello scenario è quindi stata effettuata simulando, nelle condizioni 5D e 2F, la dispersione continua di 0.75 kg/s di HCN, considerato gas pesante ed emesso ad un'altezza di circa 7 m, pari a circa il 30% dell'altezza della fiamma.

Nel caso dello Smistamento Ferroviario, si ha dal rapporto di sicurezza la dispersione di 21600 kg di acrilonitrile in 24 minuti. Ipotizzando che il sistema raggiunga uno stazionario, si valuta una portata di acrilonitrile di 14.7 kg/s, che in caso di combustione si stima poter generare 0.73 kg/s di HCN.

La modellazione dello scenario è quindi analoga al caso precedente.

Implementazione in GRIPAL

Entrambi gli scenari sono stati implementati aggiungendo uno scenario al rispettivo top. Nel caso della DOW, si è aggiunto lo scenario relativo al rilascio e incendio allo smistamento ferroviario al top codice LC9601. Nel caso degli impianti DOW, si è aggiunto lo scenario al top codice LT6801.

1.4 Effetti sul rischio locale e sociale

Le moderate quantità di sostanze coinvolte e le basse frequenze degli eventi considerati rendono di limitata importanza, nel caso di Livorno, gli effetti degli incidenti analizzati in cui avvenga la formazione non voluta di sostanze pericolose.

Tuttavia la tipologia delle sostanze e le quantità non trascurabili la cui formazione è possibile a seguito di incidente, suggeriscono che i rischi indotti da queste tipologie di incidenti debbano essere attentamente considerati nell'analisi di rischio d'area.

Tabella 1 DOW

Sostanza	infiammabile	quantità stoccata	quantità processata
Acrilonitrile	tossico	125 t	
TOP7 Rottura linea a V-84			
frequenza	1.1e-7		
tipologia	rottura linea 1'', 0.7 kg/s, durata 10 min., pozza A=200 m ²		
frequenza	dispersione {322-(68)}		
soglia	1.1e-7		
	91 m		
TOP8 Rottura disco V-84			
frequenza	6.1e-7		
tipologia	rilascio 'puff', 1.5 bar, 5.2 kg/s, durata 0.26 min.		
frequenza	dispersione {323-(68)}		
soglia	6.1e-7		
	75 m		
TOP9 Rilascio da ferrocisterna			
frequenza	2.2e-5		pozza A=985 m ²
tipologia	rottura manichetta 2'', rilascio 21.6 t, durata 24 min.,		
frequenza	dispersione {324-68}		
soglia	2.2e-5		
	221 m		
TOP10 Rottura linea da ferrocisterna a V-84			
frequenza	2.4e-5		
tipologia	rottura linea 3'', 6.5 kg/s, durata 10 min., pozza A=387 m ²		
frequenza	dispersione {325-(68)}		
soglia	2.4e-5		
	130 m		

Tabella 2 *Scalo ferroviario di Livorno-Calambrone*

sostanza	infiammabil.	tossico	quantità stoccata	quantità processata
acrilonitrile	reattivo	contaminante	80 t (2 carri)	
TOP Rilascio acrilonitrile				
frequenza 3.9e-5			pozza A=200 m ²	
tipologia	poolfire {432-(97)}		UVCE {433-(98)}	dispersione {434-96}
frequenza	1.2e-6		7.5e-7	3.7e-5
soglia	kW/m ²	m	non avviene [??]	IDLH a 240 m
	14	2		
	10.1	5		
	4.8	18		
	1.2	54		



Allegato 2

Sicurezza delle operazioni di attraversamento dell'imbocco del canale industriale del Porto di Livorno

2.1 Scopo e campo di applicazione

Il presente studio esamina, sotto il profilo della sicurezza, le operazioni di attraversamento dell'imbocco del canale industriale del Porto di Livorno da parte di navi che non rispettano le previste procedure di ingresso.

In particolare prende in considerazione le operazioni di manovra di quelle navi che, contravvenendo alle procedure, per l'ingresso al Canale utilizzano le ancore, rischiando in questo modo di rompere le condotte sottomarine a servizio della Darsena Petroli, utilizzate per il trasferimento di prodotti petroliferi.

Vengono definiti gli scenari incidentali credibili e valutate le relative conseguenze e sequenze di accadimento.

I risultati ottenuti sono stati utilizzati come dati di input da inserire nel programma ARIPAR-GIS.

2.2 Descrizione della condotta e delle operazioni navali

I pontili in Darsena Petroli sono serviti da una serie di condotte, che assicurano il trasferimento dei prodotti petroliferi in arrivo fino agli impianti ed agli stoccaggi della raffineria Agip.

Per l'attraversamento del canale, il fascio di condotte è interrato sul fondo del canale stesso.

Nel tratto di interesse, in particolare, il pescaggio è pari a circa 15 m e il fascio di condotte si trova ad ulteriori 2 m sotto il fondo del canale.

In prossimità dell'imbocco al canale le procedure della Capitaneria di Porto prevedono che le navi entrino con l'ausilio di rimorchiatori.

Per velocizzare le operazioni di ingresso, talvolta, la nave rinuncia all'ausilio del rimorchiatore ed effettua le operazioni di ingresso utilizzando le ancore di bordo, contravvenendo così alle procedure.

Le ancore vengono calate in mare per facilitare le manovre. Questa operazione comporta il rischio che durante le manovre le ancore arino il fondo canale fino ad incontrare le tubazioni interrate con conseguente rottura delle tubazioni e rilascio, in caso di contemporaneo utilizzo delle linee, di prodotto.

2.3 Metodologia di analisi

La procedura di analisi utilizzata prevede l'identificazione dei possibili incidenti rilevanti e la quantificazione delle loro frequenze di accadimento e delle loro conseguenze.

L'identificazione delle possibili cause incidentali si è basata sull'esperienza storica e su esperienze di esercizio di analoghe installazioni presso altri porti.

Sono stati considerati gli incidenti rilevanti che si possono verificare a causa della rottura di una tubazione in fase di esercizio.

2.4 Definizione degli scenari incidentali

2.4.1 Cause iniziatrici e identificazione degli incidenti credibili

Il rilascio di prodotto è causato dall'utilizzo delle ancore di bordo che, calate in mare, vanno ad urtare le condotte, rompendole.

Le principali fasi della sequenza incidentale che possiamo immaginare e che successivamente saranno utilizzate per la stima della frequenza di accadimento sono le seguenti:

- Passaggio di una nave che non rispetta le procedure e che, quindi, cala l'ancora.
- Ancora che va ad arare il fondo canale in prossimità delle condotte, ad una profondità sufficiente per l'urto contro la condotta.
- Rottura della protezione soprastante le condotte e successiva rottura della condotta in fase di utilizzo (condotta piena).

Nel caso che questi tre eventi si presentino contemporaneamente si avrà rilascio di prodotto.

A seguito di rottura di una condotta piena, si può immaginare che gli idrocarburi presenti risalgano verso la superficie.

Assumendo cautelativamente che la sostanza coinvolta nell'incidente abbia caratteristiche infiammabili simili a quelle del greggio, si ipotizza la formazione di una pozza che, in presenza di un innesco, prenderà fuoco. Per l'ipotesi di pozza incendiata, come illu-

strato ai successivi paragrafi 2.4.3 e 2.4.4, si stima una frequenza di accadimento molto bassa. Appare più verosimile che l'eventuale rilascio di prodotto comporti un problema di carattere ambientale piuttosto che un problema per la sicurezza.

2.4.2 Gli scenari incidentali definiti per la stima delle conseguenze

Quale scenario incidentale si considera, quindi, un incendio di pozza di greggio sulla superficie del mare.

2.4.3 Frequenza di accadimento dell'incidente identificato

Per la stima della frequenza di accadimento dell'incidente si sono assunti i seguenti dati riguardanti il traffico marittimo ed i tempi di utilizzo delle condotte forniti dall'Autorità Portuale di Livorno:

- Numero di passaggi: 20 navi /giorno
- Fattore di utilizzo condotte: 1.000 ore/anno

Sulla base di considerazioni riguardanti le percentuali di navi che non rispettano le procedure e le probabilità di urto delle condotte si è potuta stimare la frequenza di incidente.

I risultati sono riportati nel seguente prospetto:

Descrizione incidente	Frequenza(eventi/anno)
Rilascio di GREGGIO a seguito di rottura della condotta sottomarina	$6,80 \times 10^{-8}$

2.4.4 Frequenze di accadimento delle tipologie di incidente

Lo scenario incidentale ipotizzato è l'incendio di pozza.

La probabilità di accadimento di tale in scenario a causa della particolarità dell'incidente è stata considerata molto bassa per la verosimile difficoltà di trovare fonti di innesco.

La probabilità assunta è pari al 1%.

Il prospetto seguente riporta la frequenza di accadimento per lo scenario incidentale ipotizzato.

Scenario incidentale		Frequenza [ev/anno]
Rilascio di GREGGIO a seguito di rottura della condotta sottomarina	Pool Fire	$6,80 \times 10^{-9}$

2.5 Calcolo delle conseguenze

2.5.1 Conseguenze, esposizione e suddivisione in zone e assunzioni per il calcolo

In generale la valutazione dell'esposizione delle persone e delle strutture è eseguita confrontando quella esposizione con "valori di soglia" che sono collegati alle conseguenze che si possono riscontrare sui soggetti esposti. La gravità di tali conseguenze aumenta avvicinandosi al punto ove si è verificato l'evento incidentale.

L'indicazione sulle carte topografiche dei luoghi dove l'esposizione raggiunge uno dei valori di soglia fissati consente di definire le zone territoriali interessate e le conseguenti azioni da intraprendere.

Adottando il metodo dei valori di soglia, sulla base delle indicazioni del Decreto del Ministero dell'Ambiente del 15 maggio 1996, si identificano quattro zone di riferimento:

ZONA 1	dove si hanno effetti sulle persone che possono comportare lesioni reversibili
ZONA 2	dove si hanno effetti sulle persone che possono comportare lesioni gravi irreversibili
ZONA 3	dove si possono avere effetti di inizio letalità
ZONA 4	dove si possono avere effetti di elevata letalità e danni gravi alle strutture

I valori di soglia di riferimento per la valutazione degli effetti di irraggiamento sono riportati nella seguente tabella ricavata dal Decreto Ministeriale sopracitato:

Scenario	SOGLIE DI DANNO			
	Lesioni reversibili	Lesioni irreversibili	Inizio letalità	Elevata letalità e danni gravi alle strutture
Incendio	3 kW/m ²	5 kW/m ²	7 kW/m ²	12,5 kW/m ²

2.5.2 Risultati dei calcoli

Nel seguito del paragrafo vengono riassunti i risultati dei calcoli delle conseguenze espressi in termini di distanze e soglie di danno secondo le indicazioni del Decreto Ministeriale del 15 maggio 1996.

Si è assunto che la pozza in superficie raggiungesse un diametro equivalente di circa 60 m con uno spessore di 1 cm, per un totale di circa 18 t di greggio.

Pool Fire di GREGGIO	
Diametro equivalente della pozza = 60 m	
ZONA DI DANNO	DISTANZE (m)
zona IV Danni alle strutture ed elevata letalità > 12.5 kW/mq	< 39
zona III inizio letalità: intensità di radiazione compresa tra 7 kW/mq e 12.5 kW/mq	Tra 39 e 59
zona II Lesioni irreversibili: intensità di radiazione compresa tra 5 kW/mq e 7 kW/mq	Tra 59 e 75
zona I Lesioni reversibili: intensità di radiazione compresa tra 3 kW/mq e 5 kW/mq	Tra 75 e 98



PARTE 2

Studio dei rischi ambientali d'area



Premessa

La seconda parte dello studio dei rischi d'area riportata nei capitoli che seguono rappresenta la sintesi delle elaborazioni e valutazioni sui fattori di squilibrio ambientale nell'area livornese, condotta dall'Università di Pisa, Dipartimento Ingegneria Meccanica Nucleare e della Produzione (DIMNP), nell'ambito della collaborazione con ARPAT, stabilita con apposita convenzione nel luglio 1998.

Il lavoro, pur rappresentando un contributo importante alla definizione della "situazione ambientale" dell'area oggetto di studio, ha permesso di individuare i limiti delle informazioni disponibili sulle diverse matrici ambientali ai fini di procedere, in analogia a quanto fatto per i rischi industriali, ad una mappatura tramite indici sintetici dei rischi ambientali.

La tipologia e la varietà di dati non sono tali da consentire un processo di ricomposizione (tramite il modello SITO2 proposto allo scopo dal DIMNP) e si intravede, pertanto, la necessità di maggiori approfondimenti e campagne specifiche di acquisizione di dati integrativi, così come raccomandato nello studio. I risultati conseguiti riguardano le singole matrici ambientali e sono riportati nei capitoli specifici.



9 METODOLOGIA DI ANALISI PER LO STUDIO DEGLI SQUILIBRI AMBIENTALI

9.1 Rappresentazione dello squilibrio ambientale

Per quanto riguarda la definizione dei criteri metodologici generali per l'analisi e la valutazione degli interventi di risanamento ambientale si è fatto riferimento alla metodologia di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), che ha consentito di dare una definizione esaustiva e strutturata dei criteri di ricognizione dati ed individuazione dei fattori di squilibrio ambientale, nonché di reassembling dei dati ambientali.

L'applicazione della metodologia consente infatti di raggiungere tre obiettivi fondamentali:

1. acquisire i dati necessari ad una caratterizzazione delle aree sulle quali effettuare lo studio;
2. identificare le varie sorgenti di impatto e le grandezze che le caratterizzano: qualità e quantità di inquinanti, associati fenomeni di interazione di tali sorgenti con l'ambiente;
3. sulla base dei dati acquisiti nei due punti precedenti, valutazione della qualità esistente e stima delle variazioni indotte dalla riduzione o eventuale eliminazione di una o più delle sorgenti d'impatto, ovvero modifica delle modalità di rilascio degli inquinanti nell'ambiente.

Per il raggiungimento di tali obiettivi si ritiene applicabile la metodologia SITO2 del Dipartimento Costruzioni Meccaniche e Nucleari (DCMN) dell'Università di Pisa /5/, /6/, con le osservazioni riportate nel seguito.

La metodologia SITO2 è stata messa a punto al DCMN /5/ sulla base di un'idea pubblicata già nel 1980 /6/, che in sostanza proponeva l'esecuzione della VIA di grandi installazioni industriali con la determinazione dell'impatto in funzione delle variabili spaziale (cioè della distribuzione degli impatti sul territorio) e temporale (come sequenza di azioni in progetto), al contrario di quanto fatto in genere, sia allora che attualmente: una fotografia zerodimensionale ed atemporale degli impatti connessi al normale esercizio del complesso industriale allo studio. SITO2 è stata fin dall'inizio impostata per eseguire la VIA con l'uso di un Sistema Informatico Territoriale (GIS). In questo modo l'applicazione della metodologia consente di definire in maniera automatica l'area vasta in cui si fanno risentire gli effetti delle sorgenti di impatto individuate. In definitiva SITO2 è definibile come una metodologia di VIA, basata sull'uso di matrici (la prima di interazione, per la definizione degli impatti primari, le successive per la definizione degli impatti d'ordine superiore), con scalatura e pesatura dei vari parametri ambientali, strutturata in modo da definire degli indici di qualità ambientale, sia per vari parametri ambientali che complessivi, la loro distribuzione sul territorio e la loro variazione nel tempo /5/, /6/, /7/. L'aggregazione degli impatti e l'integrazione dell'indice di qualità in funzione del tempo e/o delle variabili spaziali portano ad indicazioni di sintesi significative per prendere decisioni basate obiettivamente.

Preliminarmente è peraltro necessario definire i parametri e gli indicatori ambientali primari rispetto ai quali raccogliere le informazioni necessarie per la successiva caratterizzazione ambientale, nonché i criteri di scalatura dei vari indicatori ambientali e la determinazione del peso da attribuire agli stessi.

9.2 Criteri di ricognizione dei fattori di squilibrio ambientale

9.2.1 Considerazioni generali

Per la natura del territorio, per la distribuzione degli insediamenti produttivi sullo stesso (sorgenti di impatto) e per la disponibilità di dati rilevati, in conformità a quanto contenuto nella citata Intesa di Programma Ministero Ambiente e Regione Toscana, lo studio è stato condotto con riferimento alle sorgenti di impatto presenti all'interno dell'area oggetto di studio.

I principali problemi di degrado ambientale nell'area di Livorno derivano dalla alta concentrazione di attività industriale, in particolare di impianti e depositi che trattano prodotti di lavorazione del petrolio. Tali problemi riguardano in particolare:

- a) la significativa concentrazione a livello locale di idrocarburi volatili (VOC) che, in particolari condizioni meteorologiche, portano alla formazione di "nubi maleodoranti", sempre di origine industriale, che possono interessare varie parti della città;
- b) i fossi cittadini, che necessitano di un risanamento igienico ambientale per la formazione e il ripristino di biogenesi marine pregiudicate dall'immissione di scarichi civili diretti e indiretti;
- c) la fuoriuscita di percolato da vecchi siti di discarica, che influenza negativamente sia alcuni corsi d'acqua che la falda, anche se questa non è ufficialmente adibita ad uso potabile.

9.2.2 Sorgenti di inquinamento atmosferico

Le sorgenti di inquinamento atmosferico prese in esame sono quelle rientranti nell'area di studio definita, peraltro con l'aggiunta di altre sorgenti che, pur essendo al di fuori delle aree industriali, danno un contributo non trascurabile all'inquinamento atmosferico.

rico. A tale proposito è stata anche stabilita una soglia minima (portata di inquinanti = 25 t/anno) al di sotto della quale una sorgente non è stata considerata.

Le principali sorgenti di inquinamento atmosferico nell'area di Livorno possono essere individuate nell'attività industriale e nel traffico (veicolare e portuale). Tra le numerose industrie presenti nella zona ne sono state individuate una quindicina, elencate in Tabella 9.1, ad impatto ambientale più significativo, concentrando lo studio sul loro contributo alle emissioni in aria.

Tabella 9.1 Aziende considerate per le sorgenti di emissione di inquinanti in atmosfera

Aziende	Certificazione di analisi	Quadro riassuntivo esistenti	Dati di monitoraggio
Agip Petroli S.p.A.		1995-96-97	
Enel	(°)		
Carbochimica S.p.A.	12-set-96		
A.A.M.P.S.	1996-97		Gen-98
Sacci S.p.A.		30-giu-98	
Dow Italia S.p.A.		11-lug-97	
Rhone Poulenc Italia S.p.A.		Nov-94	
Laviosa (via Galvani)		30-giu-95	
Laviosa (via Leonardo da Vinci)		28-giu-95	
T.R.W. Italia S.p.A.		(°)	
Magneti Marelli		20-lug-98	
Pirelli	02-dic-97		
Seal	15-dic-97		
Dowty Polypac S.p.A.		Gen-97	
Betonval		28-nov-94	
Cereol		(°°)feb-96	

(°) Data non specificata

(°°)Quadro riassuntivo emissioni autorizzate

I dati relativi alle emissioni di tali aziende sono stati in generale ricavati dalla certificazione di analisi di autocontrollo, quando disponibile; in mancanza di tale tipo di dati si sono utilizzati i valori contenuti nel quadro riassuntivo delle emissioni, allegato alla dichiarazione presentata all'Amministrazione Provinciale, ovvero comunque disponibili presso ARPAT.

Per quanto riguarda la localizzazione geografica dei camini, sono stati utilizzati i dati presenti nello studio TEMA del 1988-90 /8/, per ottenere un riferimento unitario per i vari impianti della zona. Le planimetrie degli impianti allegate alle dichiarazioni citate, in possesso dell'Amministrazione Provinciale, sono state utilizzate per identificare le sorgenti di emissione all'interno degli stabilimenti. I dati mancanti sono stati integrati tramite l'uso del G.I.S. per l'identificazione delle coordinate degli stabilimenti.

Il dettaglio delle sorgenti di emissioni in aria sopra brevemente riassunto è riportato nelle schede (una per ciascuna Azienda di Tab.9.1) raccolte in Allegato 4 - Parte 2.

9.2.3 Sorgenti di inquinamento delle acque e del suolo

La problematica dell'inquinamento idrico nel territorio di interesse si può scomporre in due settori, considerando gli apporti derivanti dall'attività industriale e quelli di natura civile causati dalla forte concentrazione antropica. Infatti la città di Livorno, che occupa una superficie territoriale di circa 100 km², ha una densità di popolazione pari a 1565 abit/km² e un'alta concentrazione di attività industriali.

L'apporto di acque reflue è riferibile alla presenza del polo industriale e della centrale termoelettrica ENEL. Molte aziende, gravitando in ambito portuale, utilizzano il mare come ricettore delle acque reflue, altre i fossi, i canali e i bacini.

Per quanto riguarda l'apporto inquinante derivante da insediamenti civili, l'impatto più significativo è certamente derivante dall'impianto di depurazione della città di Livorno, sia per le sue dimensioni che per la sua ubicazione, a ridosso del centro storico (Impianto di depurazione reflui del Rivellino).

Le sorgenti di inquinamento delle acque da considerare sono state individuate in un elenco di 27 aziende nel comprensorio di Livorno, i cui scarichi sono stati autorizzati dalla Provincia e per i quali ARPAT dispone della relativa documentazione.

Particolari riguardanti i nomi delle ditte, le sedi degli impianti, i numeri delle autorizzazioni e i corpi ricettori sono riportati in Allegato 5 - Parte 2.

Per ogni impianto, in base alla attività svolta, quindi ai diversi vincoli legislativi da soddisfare, sono stati allegati le autorizzazioni allo scarico nei diversi punti di sbocco, gli eventuali rinnovi e le analisi comprovanti l'idoneità in un periodo compreso tra il '95 e il '98.

9.3 Criteri per la definizione dei livelli di qualità ambientale

9.3.1 Considerazioni preliminari

I parametri ambientali individuati come i più significativi dal punto di vista dei rischi (squilibri) ambientali, nella citata intesa di programma Ministero Ambiente e Regione Toscana, sono l'atmosfera, l'ambiente idrico, il suolo e il sottosuolo.

In base all'esistenza di limiti di legge ed alla rilevanza per l'area oggetto dello studio, per ciascun parametro ambientale sono stati individuati vari indicatori ambientali, delineati in Tabella 9.2.

Tabella 9.2 Parametri ed indicatori ambientali oggetto dello studio

PARAMETRO	INDICATORI
ATMOSFERA	I principali inquinanti dell'aria, per i quali siano stabiliti limiti di legge
AMBIENTE IDRICO	I principali parametri caratterizzanti la qualità delle acque destinate al consumo umano (D.P.R.236/88) e più in generale quelli indicati come prioritari nel D.Lgs 152/99.
SUOLO E SOTTOSUOLO	I principali parametri caratterizzanti l'inquinamento del suolo da metalli e sostanze organiche, provenienti da attività industriali.

Per la scalatura dei vari indicatori ambientali, sulla base della metodologia SITO2, viene definito un indice di qualità Q_i per ciascun indicatore ambientale X_i , fissando un'unica scala di valori di Q_i , che in origine era compresa tra 0 e 1. In tale scala il valore 0 era posto in corrispondenza al valore di X_i pari al limite ammissibile di legge (quando esistente) ed il valore +1 in corrispondenza della situazione naturale preesistente lo sviluppo industriale. I due estremi sono raccordati, a seconda del parametro considerato, con un'opportuna legge di variazione, tale da consentire di stimare valori intermedi dell'indice di qualità ambientale (ad es. quello corrispondente alla situazione in atto) e relative variazioni peggiorative o migliorative.

L'approccio iniziale della metodologia SITO2 è stato modificato con l'introduzione di una maggiore flessibilità, differenziando le leggi di scalatura degli indici di qualità per i vari parametri ambientali e prevedendo anche la possibilità che l'indice di qualità Q_i assuma valori negativi, in caso di superamento dei limiti di legge. La curva che definisce Q_i fra i valori di riferimento è stata assegnata in base alla fisica dei fenomeni di volta in volta allo studio, ma in tutti i casi non è continua, bensì a gradini, corrispondenti a valori di Q_i definiti come numeri interi.

Nei successivi paragrafi sono discussi gli indicatori considerati per i tre parametri ambientali oggetto dello studio e riportate in dettaglio le relative leggi di scalatura.

9.3.2 Indicatori per la caratterizzazione del parametro ambientale "atmosfera"

Gli indicatori individuati per caratterizzare l'inquinamento atmosferico sono gli NO_x, l'O₃, le Particelle Totali Sospese (PTS), il Pb, il benzene (C₆H₆), gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e i Composti Organici Volatili (VOC).

La concentrazione di SO₂, è stata utilizzata come parametro di riferimento, per la validazione (sia pure di massima) del modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera; avendo a disposizione dati sperimentali sufficientemente precisi e distribuiti su tutto il territorio oggetto degli studi, essa costituisce un buon indice per tale validazione.

Per poter assegnare ad una data concentrazione di inquinante (i-esimo) un livello di qualità Q_i dell'aria, come già detto, si sono adottate leggi di scalatura in cui, fermo restando lo zero posto in corrispondenza del limite di legge (quando esistente) ed il valore +10 in corrispondenza alla situazione naturale in assenza di importanti interventi antropici, si è assegnato il valore +6 in corrispondenza al valore guida (quando esistente) ed il valore -10 in caso di degrado oltre il limite di legge di un ordine di grandezza o più. Nei casi in cui non ci siano i limiti di legge, si è proceduto alla definizione dei valori di riferimento per induzione, sulla base di analoghi criteri, come evidenziato dalle osservazioni riportate in calce sulle figure di Allegato 1 - Parte 2, che mostra le leggi di scalatura proposte per tutti gli indicatori ambientali scelti per il parametro "atmosfera", avendo fatto riferimento anche a recenti considerazioni o acquisizioni in materia /11/, /12/, /13/, /14/, /15/, /16/.

La legge di variazione di Q_i fra i valori sopra definiti è stata in generale assegnata con interpolazione lineare in scala semilogaritmica.

In realtà, sono stati utilizzati solo gli indicatori più significativi fra quelli definiti in Allegato 1 - Parte 2 per la caratterizzazione degli effetti delle attività industriali oggetto dello studio sull'atmosfera, in base alla loro rilevanza ed alla disponibilità di dati sperimentali e/o di valutazioni modellistiche.

Nello studio non saranno presi in considerazione gli effetti sulla qualità dell'aria delle concentrazioni di NO_x, O₃ e Pb, mentre per quanto concerne il C₆H₆, questo sarà considerato all'interno dei VOC.

Una volta determinati i vari Q_i , il livello di qualità del parametro atmosfera potrebbe essere determinato facendo una media opportunamente pesata dei vari indicatori disponibili, come indicato nel paragrafo 9.4.

9.3.3 Indicatori per la caratterizzazione del parametro "ambiente idrico".

Un'analisi volta alla valutazione dello stato delle acque necessita l'identificazione delle varie sorgenti di impatto e delle grandezze che le caratterizzano. Come mostrato dallo studio svolto dalla provincia di Livorno, che va sotto il nome di "Piano Territoriale di Coordinamento" /17/, la scelta delle grandezze caratterizzanti lo stato delle acque può essere guidata da alcune considerazioni sullo specifico ruolo e significato delle stesse nel profilo fisico-chimico delle acque.

La relativa scarsità di dati e l'emanazione del D.Lgs 152/99 (di seguito Testo Unico) sulla tutela delle acque dall'inquinamento (che ha recepito le Direttive 91/271/CEE e 91/676/CEE) hanno consigliato un approccio semplificato, rispetto a quello adottato nel caso del parametro atmosfera; sono stati infatti adottati indici di qualità diversificati a seconda della tipologia delle acque e dell'uso cui le stesse sono destinate.

L'indice di qualità di ciascun parametro è stato in generale definito con una scala di soli 5 gradini, corrispondenti agli stati "elevato", "buono", "sufficiente", "mediocre" e "scadente", secondo le indicazioni del citato Testo Unico, in modo da consentire un'immediata interpretazione dei risultati della valutazione.

In relazione ai campi di interesse dello studio, vengono anche differenziati i casi delle acque sotterranee e dei corpi idrici superficiali.

Per quanto riguarda le acque sotterranee, la metodologia approntata da C.N.R. - G.N.D.C.I. (Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche) si basa su pochi parametri analitici che svolgono un ruolo significativo nella caratterizzazione delle condizioni generali di qualità e consistenza dell'acquifero.

La metodologia integra aspetti a contenuto normativo con altri di carattere tecnico-industriale per il miglioramento qualitativo dell'acqua prima del suo utilizzo, facendo riferimento soprattutto a quello idropotabile. A base della classificazione proposta è stato preso l'Allegato 1 del D.P.R. n°236/88 relativo alla qualità delle acque destinate al consumo umano (Tabella 9.3). La scelta dei parametri è stata guidata da alcune considerazioni sullo specifico ruolo e significato degli stessi nel profilo fisico-chimico delle acque sotterranee.

In particolare:

- i parametri chimico-fisici indicano generalmente una condizione naturale delle acque, essendo correlabili a particolari situazioni idrogeochimiche e, solo occasionalmente, a scadimento qualitativo indotto antropicamente (esempio: cloruri connessi a liquami urbani; solfati provenienti da concimazioni; cloruri e solfati derivanti dall'infiltrazione di acqua dal mare);
- i nitrati non sono solo un parametro guida della contaminazione diretta da suoli coltivati, ma indicano, in generale, una sofferenza dell'acquifero per un eccesso di carico antropico diffuso in aree vulnerabili;
- ammoniaca, ferro e manganese (congiuntamente a valori molto bassi o negativi del potenziale redox) sono spesso associati ad acquiferi confinati e a lento ricambio, con acque soggette a fenomeni modificatori dovuti ad un ambiente riducente; solo in condizioni idrogeologiche opposte la loro presenza, in concentrazione sensibile, è riferibile a fenomeni degenerativi antropici.

Tabella 9.3 Parametri concernenti situazioni o sostanze indesiderabili considerati per la classificazione delle acque sotterranee, in base al D.P.R. n°236/88-All.1.

Parametri	Unità di misura	Valori guida (VG)	Valore limite (CMA)	Osservazioni
Conducibilità elettrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C	400	-	In corrispondenza con la mineralizzazione delle acque. Valore corrispondente della resistività espressa in 0,25 Mohm/ m
pH	-	-	-	-
Cloruri	mg/l Cl	25	-	Concentrazione che è opportuno non superare:200mg/l
Solfati	mg/l SO_4	25	250	
Nitrati	mg/l NO_3	5	50	
Ammoniaca	mg/l NH_4	0,05	0,5	
Ferro	$\mu\text{g}/\text{l}$ Fe	50	200	
Manganese	$\mu\text{g}/\text{l}$ Mn	20	50	

Per quanto riguarda i corsi d'acqua superficiali, la qualità biologica delle acque correnti potrebbe essere determinata, considerando oltre che i parametri riportati nella Tab. 9.3, se applicabili, anche gli altri macrodescrittori individuati nel Testo Unico già citato: concentrazione dell'ossigeno disciolto (in % del valore di saturazione), il BOD5, il COD, il fosforo totale e l'Indice Biotico Esteso.

Ammettendo infatti l'esistenza di sufficienti dati in proposito, quest'ultimo indice sintetico, relativo alla tossicità complessiva dell'acqua e misurato da un indice di biodiversità, come definito nel P.T.C., Volume 2-Tomo1- cap.3.3 "L'acqua" /17/, risulterebbe estremamente importante. Il metodo, utilizzato per definire il livello di degrado dei corsi d'acqua, consiste in una classificazione basata sul numero e sulle diverse specie presenti di macroinvertebrati bentonici, dall'analisi dei campioni di insetti e dalla loro classificazione. In base a questi dati si ricava la qualità dell'acqua la cui corrispondenza con i colori riportata sulle carte tematiche del P.T.C. è specificata nella Tab.9.4.

Gli indici da applicare ai corsi artificiali sono ricavati da quelli per i corsi d'acqua superficiali naturali, scalando i valori dei parametri di una classe, secondo le indicazioni del Testo Unico.

Tabella 9.4 *Indice biologico di qualità delle acque correnti (fonte: Woodwiss 1978, modificato da Ghetti 1981).*

Valore dell'Indice Biotico	Categoria di Qualità	Classe di Qualità	Colore
>10	Non inquinato	I	Azzurro
8/9	Leggermente inquinato	II	Verde
6/7	Inquinato	III	Giallo
4/5	Nettamente inquinato	IV	Arancione
0/3	Fortemente inquinato	V	Rosso

Infine, nel caso di acque destinate ad usi industriali, si adottano limiti diversi, prendendo a riferimento valori ricavati dai limiti previsti dalla legge Merli.

Le leggi di scalatura per gli indicatori di qualità delle acque sono riportati nell'Allegato 2 - Parte 2. Per la loro applicazione, oltre alle osservazioni precedenti, vale quella già fatta per il parametro atmosfera: saranno utilizzati solo gli indici più significativi, in base alla loro rilevanza per il presente studio ed alla disponibilità di dati sperimentali e/o valutazioni modellistiche.

Anche i criteri di ricongiunzione dei vari parametri ambientali sono stati semplificati, adottando quelli previsti dal citato Testo Unico.

9.3.4 Indicatori scelti per la caratterizzazione del parametro ambientale "suolo"

Premesso che il suolo è una componente che rappresenta un nodo critico degli equilibri tra le diverse matrici ambientali, e preso atto che le eventuali modificazioni sviluppate a carico delle sue caratteristiche si ripercuotono inevitabilmente su altre matrici ambientali, va considerato che l'accumulo di sostanze indesiderate può determinare la destinazione d'uso del suolo stesso. I principali problemi sono comunque in relazione alle conseguenze che possono derivare da una migrazione di tali sostanze verso le altre matrici (fino al contatto con la falda freatica più o meno superficiale grazie alla veicolazione in acqua, o fino alla reimmissione nell'atmosfera nel caso di risospensione o rilascio ritardato da depositi sul suolo).

Sulla base di tali considerazioni emerge che qualsiasi forma di classificazione debba tenere conto della vulnerabilità degli acquiferi e della sensibilità a fenomeni specifici insistenti sul territorio, previa suddivisione dello stesso in funzione della destinazione d'uso, distinguendo tra:

- usi agricoli e per aree verdi (giardini, parchi urbani ecc.);
- usi residenziali e di servizio (scuole ecc.)
- usi industriali e per infrastrutture di trasporto (parcheggi, strade);

Nel caso in cui la destinazione d'uso non sia definita dagli strumenti di pianificazione territoriale, in analogia a quanto assunto nelle "Linee Guida per i progetti di bonifica ...", di cui all'Allegato 1 alla Deliberazione 7 marzo 1995 n. 169 del Consiglio Regionale della Toscana recante Aggiornamento e modifica al piano regionale di bonifica delle aree inquinate della Regione Toscana, si applicano i valori limite assunti validi per le aree agricole.

In assenza di una definizione di valori limite a livello nazionale, si pensa di adottare i valori dei parametri presi a riferimento come criteri di bonifica dei suoli dalla Regione Piemonte (i soli disponibili al momento della elaborazione degli studi, ndr). Non è chiaramente necessario (e probabilmente neanche possibile per mancanza di dati sperimentali sufficientemente dettagliati) utilizzare nel presente studio le decine di indicatori impiegati per l'esecuzione di progetti di bonifica di aree inquinate. Pertanto, fra tutti quelli previsti nelle citate Linee Guida, sono stati scelti gli indicatori di Tab. 9.5, considerati sufficientemente rappresentativi della realtà locale delle zone ove la metodologia verrà applicata e dei principali tipi di inquinamento da caratterizzare e su cui eventualmente proporre interventi di bonifica.

In definitiva, l'indice di qualità del suolo verrà definito considerando, per la selezione degli indicatori ambientali di Tabella 9.5, il valore attuale a fronte dei limiti validi per le varie destinazioni di uso del suolo e dei valori nominali tipici dei terreni incontaminati circostanti.

In analogia a quanto fatto per il parametro "ambiente idrico", tenendo conto della carenza di dati che in questo ambito è ancora più accentuata, anche per il suolo e sottosuolo si adottano leggi di scalatura semplificate a 5 valori. Fissato il 6 in corrispondenza del valore limite di intervento relativo alla destinazione d'uso, si assegna a Q_i il valore +10 in corrispondenza del valore minimo dell'intervallo tipico del suolo nella situazione naturale, ed il valore 0 al valore massimo riscontrabile sui suoli fortemente inquinati. La legge di variazione di Q_i fra i valori sopra definiti viene assegnata a gradini corrispondenti a valori di Q definiti come numeri interi pari. L'ampiezza di ciascun gradino è determinata in base o all'andamento generale della funzione $Q_i = f(X_i)$, o alla variabilità naturale di X_i da punto a punto nella zona oggetto dello studio.

Tabella 9.5 Indicatori assunti per la caratterizzazione dei suoli.

INDICATORE	VALORI LIMITE			VALORI TIPICI	
	Agr.	Res.	Ind.		Max
pH	4-9	4-9	4-9		5-8
Zolfo elementare (mg/kg)	500	200	200	500	
Cromo (mg/kg)	750	250	800	70-100	3000
Nichel (mg/kg)	150	100	500	25-50	
Piombo (mg/kg)	375	500	1000	10-20	300
Rame (mg/kg)	150	100	500	20-30	250
IPA totali (mg/kg)	1	20	200	0.6	
Cadmio (mg/kg)	3	5	12	0.01-1	2.4
Manganese (mg/kg)				700-1000	>104

L'esistenza di valori limite diversi, a seconda della destinazione d'uso dei terreni, impone la definizione di diverse leggi di scalatura per ciascun indicatore ambientale. Nelle figure dell'Allegato 3 - Parte 2 sono riportate le curve di scalatura adottate nei vari casi.

Per questo parametro ambientale, vista la più volte citata carenza di dati, vale l'osservazione precedente sull'utilizzazione, ove possibile, soltanto degli indici più significativi.

9.4 Criteri di ricomposizione e di valutazione dello squilibrio ambientale

Per lo studio in oggetto era inizialmente prevista un'applicazione del metodo delle medie pesate degli indicatori relativi a ciascun parametro ambientale, volta a volta considerato.

Per l'assegnazione dei pesi, non essendo attualmente definiti dei criteri universalmente accettati dalla Comunità tecnico-scientifica o a livello di Autorità pubblica, incaricata di eseguire la VIA (per ovvie differenze culturali, sociali ecc.), sempre prendendo a riferimento la metodologia SITO, si possono adottare i seguenti criteri:

- somma dei pesi dei indicatori ambientali uguale a 100;
- peso di ciascun indicatore ambientale determinato in base alla sua rilevanza, ovvero alla sua importanza relativa per tre categorie fondamentali di valori così come riportato nella tabella seguente.

N.	CATEGORIA	W1	W2	W3	W4
I	Salute dell'uomo	3	6	5	5
II	Qualità della vita	2	3	2	3
III	Economia	1	1	3	2

La colonna W1 è quella inizialmente adottata in SITO2; la colonna W2 è una variante di questa, con amplificazione della distanza fra le tre categorie di valori. Nella colonna W3 è riportata la scala di valori così come ricavata in base ad interviste dirette alla popolazione in un'indagine sociologica condotta negli USA attorno al sito di un grande laboratorio di ricerca, in fase di ristrutturazione e ridimensionamento. La colonna W4 è quella adottata nell'ambito del presente studio.

In definitiva, adottando la colonna W4, se un indicatore ambientale interessa tutte e tre le categorie di valori, ad esso sarà assegnato un peso relativo pari a 10; se invece l'indicatore ha rilevanza per la salute e la qualità della vita, il suo peso relativo sarà pari a 8; e così via. La ripartizione del peso totale 100 fra tutti gli indicatori considerati è a questo punto automatica.

Tutte le volte che, anche in una sola cella, un indicatore ambientale assumerà valori nulli o negativi, il metodo non sarà applicato (non è ammessa la compensazione fra i vari indicatori ambientali); tale situazione sarà evidenziata automaticamente. Solo a valle di interventi di risanamento (eventualmente soltanto ipotizzati) che correggano lo stato di qualità ambientale dello studio, si potrà procedere con le metodologie sopraindicate.

In base alle considerazioni svolte sui paragrafi precedenti, l'applicazione della metodologia sopra esposta è stata limitata al caso del parametro ambientale atmosfera, l'unico per cui dati e valutazioni teoriche sono sufficientemente adeguati.

Per gli altri parametri ambientali è stata adottata una metodologia semplificata. Per quanto concerne l'ambiente idrico si sono seguite le indicazioni del Testo Unico, che in pratica equivale a considerare equivalenti i valori degli indicatori di qualità dei diversi "macrodescrittori" (pesi tutti uguali).

9.5 Riferimenti

- /1/ Relazione di inquadramento generale del piano di risanamento per le aree critiche ad elevata concentrazione di attività industriale di Livorno e Piombino; ARPAT, 10/3/1998.
- /2/ Linee generali per la predisposizione del piano di risanamento per le aree critiche ad elevata concentrazione di attività industriale di Livorno e Piombino; ARPAT, 10/3/1998.
- /3/ Relazione generale sugli interventi urgenti per le aree critiche ad elevata concentrazione di attività industriale di Livorno e Piombino, ARPAT, 18/5/1998.
- /4/ Verbale Riunione ARPAT-DCMN n. 1 del 16.7.1998.
- /5/ I. Ciucci, M. Mazzini, S. Strinati, *Una proposta metodologica per la VIA di grandi installazioni industriali: SITO2* - RL 451(90) -DCMN.
- /6/ D. Finucci, M. Mazzini, F. Oriolo, *SITO: Un programma di calcolo per la valutazione di impatto ambientale di grandi installazioni industriali*, Atti Istituto di Impianti Nucleari - PISA, 1979.
- /7/ I. Ciucci, M. Mazzini, *The DCMN Methodology for Addressing Environmental Issues of Energy Scenarios*, II International Thermal energy Congress - Agadir, 1995 - Atti DCMN 027(95).
- /8/ TEMA SpA, *Modello di compatibilità ambientale di Livorno*, 1990.
- /9/ Provincia di Livorno, *Aggiornamento dati - energia civile ed energia industriale*, Livorno, 1998.
- /10/ Provincia di Livorno, *Sintesi piezometrica degli acquiferi costieri e di pianura*, Livorno, Maggio 1997.
- /11/ Appunti sugli agenti nocivi: Biossido di Zolfo - ENEA Dipartimento effetti biologici e sanitari degli agenti nocivi.
- /12/ Appunti sugli agenti nocivi: Ossidi di Azoto - ENEA Dipartimento effetti biologici e sanitari degli agenti nocivi.
- /13/ Appunti sugli agenti nocivi: Ozono - ENEA Dipartimento effetti biologici e sanitari degli agenti nocivi.
- /14/ Appunti sugli agenti nocivi: Particelle Sospese - ENEA Dipartimento effetti biologici e sanitari degli agenti nocivi.
- /15/ Appunti sugli agenti nocivi: Piombo - ENEA Dipartimento effetti Biologici e sanitari degli agenti nocivi.
- /16/ Appunti sugli agenti nocivi: Benzene - ENEA Dipartimento effetti biologici e sanitari degli agenti nocivi.
- /17/ Provincia di Livorno, *Piano Territoriale di Coordinamento*, Livorno, 1998.
- /18/ Testo Unico sulla tutela delle acque dall'inquinamento - D.Lgs 152/99.

10 RACCOLTA DATI AMBIENTALI

10.1 Definizione dell'area che comprende le sorgenti di rischio industriale e di squilibrio ambientale a Livorno

L'area in cui sono ubicate le sorgenti fisse di impatto ambientale si trova a NO del centro urbano ed è delimitata (Fig. 10.1):

- a Nord dallo "Scolmatore dell'Arno" nel tratto che va dal mare sino all'"Antifosso delle Acque Chiare", e dall'"Antifosso delle Acque Chiare" sino all'incontro con la Strada Statale n.1 Aurelia
- a Ovest dal tratto costiero compreso tra lo sbocco al mare dello "Scolmatore dell'Arno" ed il Bacino di S. Stefano
- a Sud dal bacino di S. Stefano
- a Est dalla Strada Statale n.1 Aurelia sino all'incrocio con Viale Genova, prosecuzione verso via L. da Vinci, via Orlando, diramazione ferroviaria verso il porto. A seguito di una specifica richiesta del Comune di Livorno, è stata decisa un'estensione dell'area fino al Cantiere Orlando, Via della Cinta Esterna ed il Lungomare fino a P.za Mazzini e P.za Orlando.

L'area in cui sono presenti le sorgenti di rischio e impatto ambientale rientra prevalentemente nel territorio del Comune di Livorno, ma comprende anche la località Stagno, che appartiene al Comune di Collesalveti.

La località Picchianti, in cui non sono presenti impianti fissi soggetti agli obblighi di dichiarazione o notifica ai sensi del DPR 175/88, è stata esclusa dall'area sorgenti per il rischio industriale. Lo stabilimento AAMPS verrà però considerato come sorgente ai fini della determinazione dello squilibrio ambientale.

10.2 Definizione delle aree di impatto considerate nello studio

L'area oggetto dello studio per la zona di Livorno, chiaramente molto più estesa della zona portuale ed industriale considerata come sorgente di rischio o di squilibrio ambientale, è indicata in Fig. 10.2.

L'area ha un raggio di circa 7 Km, con centro posizionato sull'interno spostato a SE. Il raggio è sostanzialmente definito dagli strumenti che si pensa di impiegare per l'analisi dei fattori di squilibrio ambientale (in particolare il codice VALLEY dell'EPA per il modello di dispersione degli inquinanti atmosferici). In questo modo l'area l'oggetto dello studio viene in definitiva assimilata all'area "vasta" su cui eseguire la Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) delle principali sorgenti di inquinamento presenti nella zona. La posizione dell'origine delle coordinate tiene conto della necessità di comprendere nell'area oggetto dello studio:

- l'intero abitato di Livorno;
- l'intera rete di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico, i cui dati saranno utilizzati per la validazione (sia pure approssimativa) del citato modello di dispersione degli inquinanti atmosferici; in questo modo l'area viene anche a comprendere altre sorgenti di impatto, al di fuori dell'area indicata nella Fig. 10.1, che possono contribuire all'inquinamento atmosferico.

Per gli studi di impatto ambientale, l'area sarà in generale suddivisa in maglie di 1 km di lato, al cui interno si opererà una omogeneizzazione degli indici di qualità volta a volta analizzati, mentre per le grandezze fisico-chimiche alla base dell'analisi si opererà rappresentando le stesse con linee isovalore attraverso classici metodi di interpolazione. Qualora l'analisi debba scendere ad un maggiore dettaglio spaziale, si pensa di operare uno zoom della zona di interesse, con maglie di 400 m di lato.

Negli studi di valutazione del rischio d'area, quest'ultima è la dimensione massima delle maglie con cui saranno rappresentate le caratteristiche di interesse. Anche in tal caso è prevedibile l'uso di una maggiore risoluzione (maglie 200 x 200 m²) in vicinanza di importanti sorgenti di rischio.

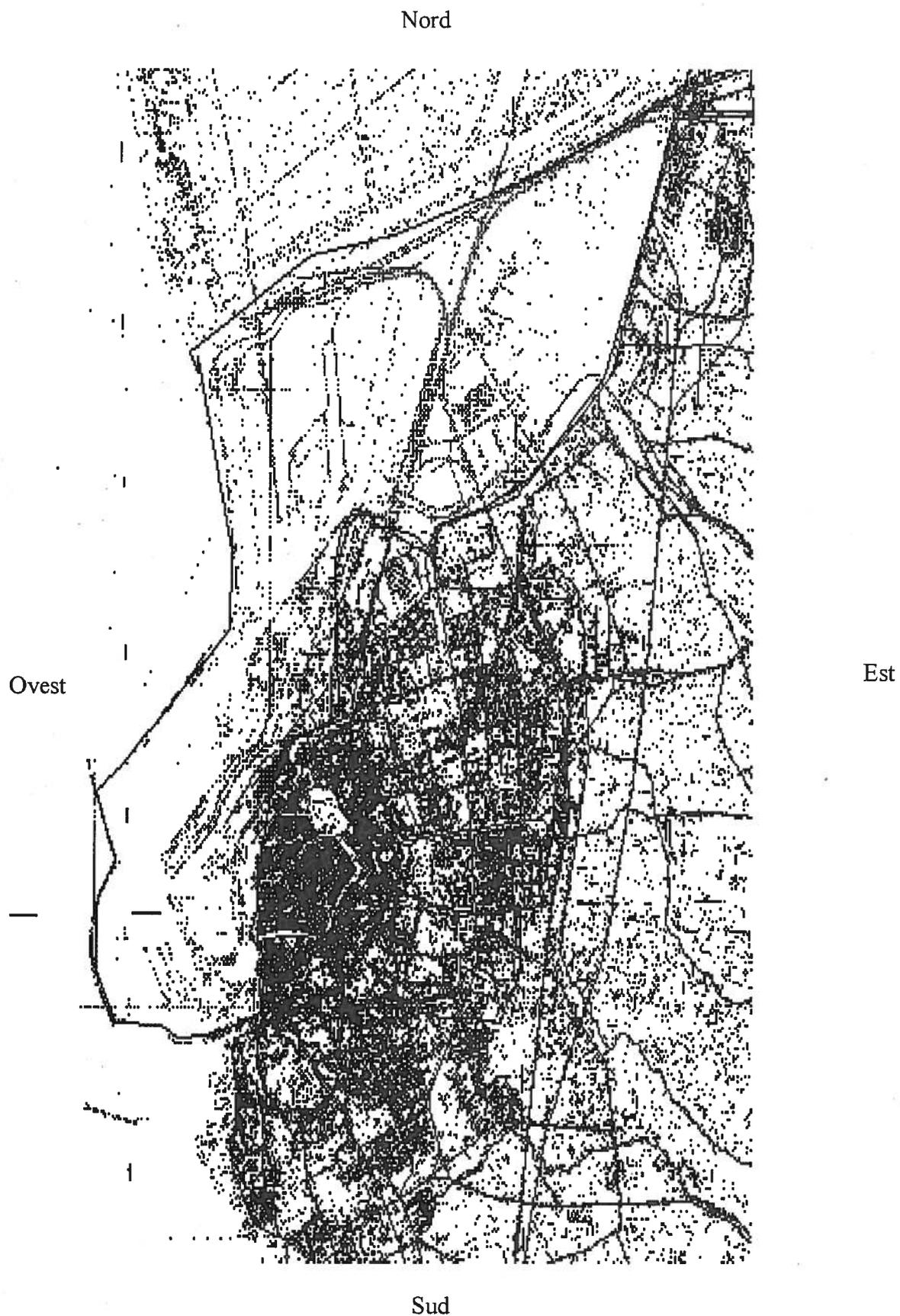


Fig. 10.1 Area sorgente di rischio industriale e squilibrio ambientale a Livorno

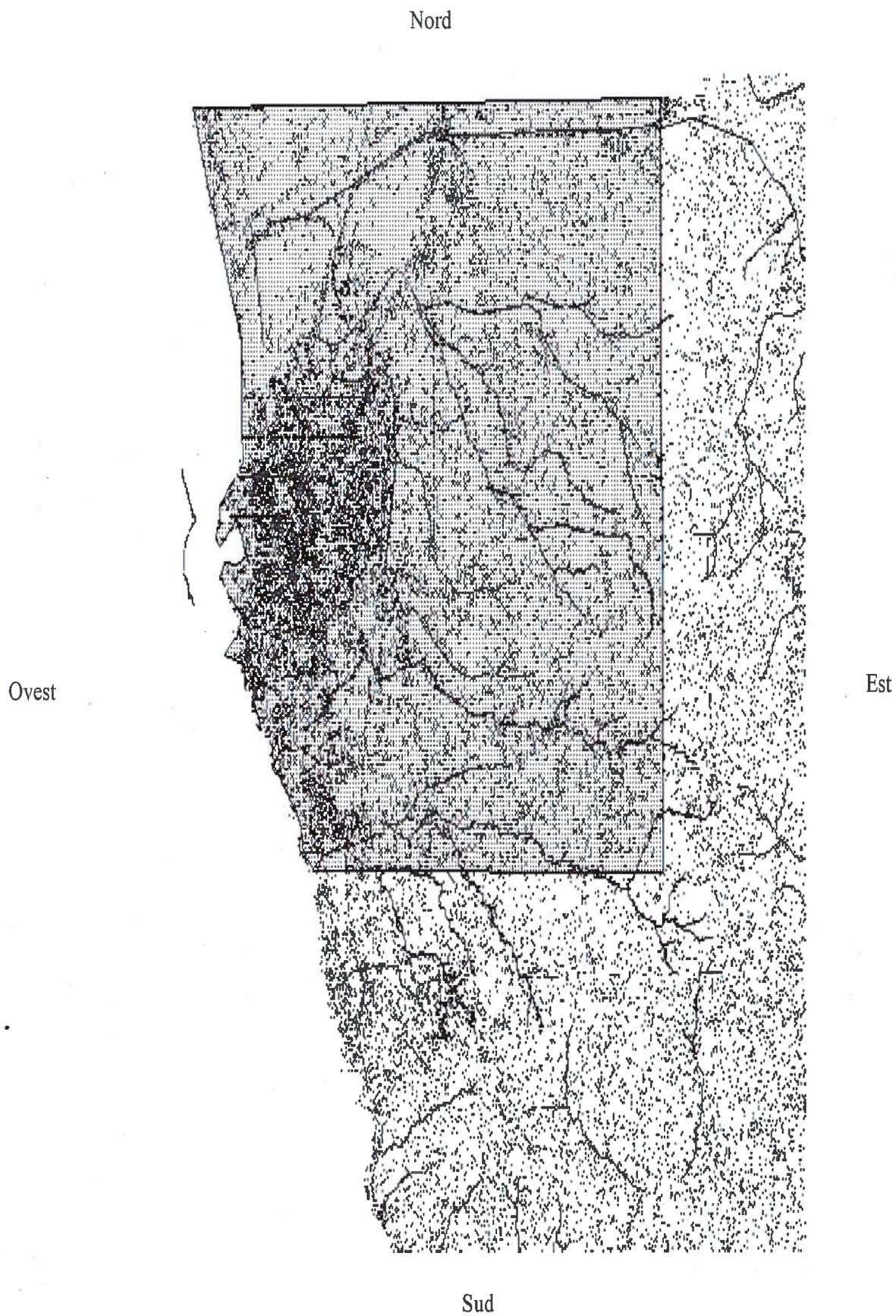


Fig. 10.2 Area di impatto oggetto degli studi a Livorno

10.3 Dati Territoriali

10.3.1 Cartografia

Per poter sviluppare lo studio e rappresentare i risultati ottenibili dai modelli applicabili, è stato necessario il reperimento di un rilevante numero di dati utili per la descrizione del territorio e delle sue caratteristiche che influenzano o determinano le fenomenologie di interesse ed i risultati delle simulazioni.

Tali dati cartografici sono in particolare indispensabili per definire le caratteristiche topografiche, demografiche e meteorologiche del territorio oggetto degli studi.

10.3.2 Dati cartografici

Poiché un qualsiasi insieme di dati che descrivano caratteristiche o un utilizzo particolare di un sito deve essere georeferenziato, la prima necessità è stata quella di avere a disposizione una cartografia, ovviamente rappresentabile mediante calcolatore, per la rappresentazione del territorio sottoposto alle analisi di rischio e di impatto ambientale. E' stato possibile reperire presso l'Ufficio dello Studio del Suolo della provincia di Livorno la cartografia in scala 1:10.000 dei comuni di Livorno, Collesalveti e Piombino, cioè di quella parte del territorio della provincia di Livorno oggetto dello studio.

Questi dati cartografici fanno parte della Carta Tecnica Regionale 1:10.000 in formato raster e servono, oltre che per la rappresentazione pura e semplice del territorio, anche come base topografica su cui costruire e leggere cartografie tematiche vettoriali.

Per mezzo della cartografia reperita è possibile avere conoscenza della disposizione e delle caratteristiche delle principali tematiche che concorrono ad una soddisfacente caratterizzazione del territorio e della sua utilizzazione:

- acque pubbliche (fiumi, torrenti, canali ecc.)
- sorgenti
- pozzi
- scarichi industriali e civili
- indice di vulnerabilità del suolo (dato proveniente dallo studio geologico del suolo)
- uso del suolo (boschi, riserve naturali esistenti, insediamenti civili e industriali, zone di rispetto, zone archeologiche e artistiche ecc.)
- strade di comunicazione.

L'orografia del territorio è un altro parametro essenziale: un qualsiasi codice adibito all'analisi di impatto ambientale (ad esempio il citato codice VALLEY per lo studio dell'inquinamento atmosferico) non può prescindere da tali dati.

E' stato possibile ottenere l'orografia del territorio, che non rientra nelle tematiche vettoriali della Carta Tecnica Regionale 1:10.000, attraverso un programma disponibile presso il DCMN. La sua utilizzazione ha reso comunque necessario la sua georeferenziazione in modo da poter essere usato insieme ad altri dati la cui posizione (sorgenti inquinanti, centraline di misurazione degli inquinanti ecc.) era direttamente individuabile sulla cartografia a disposizione.

10.3.3 Dati demografici

Uno studio completo di analisi di rischio e di impatto ambientale non può prescindere dalla conoscenza della caratterizzazione della popolazione che insiste sul territorio. E' quindi indispensabile la conoscenza di alcuni dati demografici.

La provincia di Livorno ha reso disponibili a tale proposito i dati della popolazione dei comuni di Livorno, Collesalveti, Piombino. Tali dati sono direttamente rappresentabili sulla cartografia numerica fornita. Oltre all'informazione sulla popolazione totale, si è in grado di suddividere tale popolazione in varie classi (per età, per sesso, per famiglia, per occupazione ecc.).

La distribuzione della popolazione sul territorio viene quindi ampiamente analizzata. E' però importante notare che tale suddivisione viene fatta per zone censuarie e che tali dati possono richiedere ulteriori elaborazioni per la loro suddivisione nelle maglie utilizzate negli studi di impatto ambientale.

10.3.4 Dati meteorologici

La presenza delle reti di rilevamento della qualità dell'aria, in funzione da decenni e, per il caso di Livorno, la vicinanza all'aeroporto "G. Galilei" di Pisa, ove è in funzione una stazione meteorologica dell'Aeronautica, garantiscono una completa caratterizzazione della meteorologia nelle due aree oggetto degli studi.

Un'approssimazione è stata introdotta in quanto i valori dei dati meteo erano stati elaborati su una rosa dei venti su 8 direzioni, mentre è necessaria una statistica su 16 settori. Per ottenere questa è stata fatta l'ipotesi di avere, all'interno di ciascuno degli 8 settori, una distribuzione di probabilità costante. Si ricorda che per quanto riguarda i gradini di velocità del vento sono state utilizzate le seguenti classi: classe I <2 m/s, classe II 2 - 4 m/s, classe III 4 - 6 m/s, classe IV 6 - 9 m/s, classe V 9 - 12 m/s, classe VI >12 m/s.

II GLI EFFETTI DELLE SORGENTI INDUSTRIALI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

II.1 Introduzione

Completata la fase di reperimento dei dati e georeferenziazione delle sorgenti di inquinamento atmosferico di origine industriale /1/, si è proceduto al confronto tra i dati di monitoraggio degli inquinanti, rilevati dalle centraline della rete ARIAL, ed i risultati delle elaborazioni del modello VALLEY, che forniscono stime della concentrazione degli inquinanti in funzione dei parametri relativi alla sorgente (principalmente rateo di emissione, sezione ed altezza del camino, portata e temperatura dei fumi) e alle caratteristiche geo-meteorologiche dell'ambiente (quote dei punti recettori nelle varie direzioni della zona di interesse, frequenza di presentazione della combinazione di una direzione e classe di velocità del vento con una categoria di stabilità atmosferica). In particolare il confronto si è basato sui valori della concentrazione di SO_2 , in quanto questa sostanza è rilevata da tutte le centraline attualmente in funzione nella rete ARIAL.

Il passo successivo è stato quello dell'applicazione del modello, così tarato, alla valutazione delle concentrazioni di polveri e COV (composti organici volatili) originate da sorgenti sia convogliate che distribuite.

La rappresentazione dei risultati su Gis/Arcview, tramite la visualizzazione delle curve di isoconcentrazione e l'applicazione della metodologia descritta in /2/, ha permesso infine di ottenere la caratterizzazione dell'area di interesse in base al livello di inquinanti presenti (stato della qualità dell'aria).

Premessa fondamentale per l'applicazione di un qualsiasi modello di simulazione della dispersione atmosferica degli inquinanti emessi da sorgenti industriali o urbane è la caratterizzazione meteorologica del sito in questione, per ottenere le frequenze con cui si verifica una certa combinazione di velocità, direzione del vento e classe di stabilità atmosferica.

I dati meteorologici contenuti in studi precedenti sull'area (Studio di impatto ambientale (SIA) per il ripotenziamento della centrale ENEL di Livorno Marzocco) riportano dettagliatamente solo statistiche separate delle frequenze medie annue, o mensili, delle grandezze di interesse (cioè direzione, velocità e classi di stabilità atmosferica), ma non permettono, in quanto valori medi, di risalire alla probabilità del verificarsi di una certa combinazione delle tre grandezze.

I dati disponibili presso ARPAT sono sostanzialmente costituiti dalle misure meteorologiche della rete ARIAL per il 1997 e parte del 1998, oltre ad una serie di statistiche sugli anni precedenti. Per quanto riguarda le statistiche, si può in generale osservare che, anche per esse, vale quanto appena riportato per quelle contenute negli studi citati. Oltre a statistiche delle medie mensili di umidità e radiazione solare dal 1989 al 1995 e delle temperature mensili minime e massime dal 1985 al 1995, le più interessanti ai fini di questo lavoro riportano la distribuzione percentuale delle classi di velocità del vento (anni 1978-1995), e quella delle direzioni del vento (stesso intervallo di tempo); purtroppo non c'è modo di risalire ai dati di frequenza del vento in una certa direzione e con una certa velocità, per ciascuna categoria atmosferica, come necessario per l'input del modello di simulazione.

I files delle misure della rete ARIAL negli ultimi anni contengono invece le misure orarie di direzione del vento, velocità media, irraggiamento solare e variazione nella direzione del vento, cioè i dati necessari alla definizione del problema, ma i dati di irraggiamento non possono essere ritenuti sufficientemente affidabili perché l'apparecchio di misura non è conforme allo standard e le misure risultanti possono essere di conseguenza poco significative.

A livello di confronto, dal momento che tali dati riportano anche le misure di sbandieramento del vento, essi sono stati elaborati con una variante del programma di analisi meteorologica appositamente messo a punto (ELMET-sigma) per determinare le classi di stabilità atmosferica in base alla variazione della direzione del vento.

Sono stati anche richiesti direttamente i dati di rilevamento della stazione meteorologica di Pisa San Giusto (la stazione dell'Aeronautica più vicina all'area di interesse), con i quali è stata effettuata la caratterizzazione climatica dell'area di indagine.

II.2 Caratterizzazione meteorologica del sito

II.2.1 Dati della stazione meteo di Pisa San Giusto

I dati della stazione dell'Aeronautica militare di Pisa San Giusto sono stati elaborati con il programma ELMET, per ricavarne le frequenze di presentazione delle combinazioni di classe di velocità, direzione del vento e stabilità atmosferica, in modo da ottenere dal modello la simulazione della dispersione degli inquinanti nel caso "long term", che rappresenta l'involuppo delle situazioni particolari che possono presentarsi nell'area.

I dati hanno una frequenza di 30 minuti e sono relativi al 1996. Il programma legge giorno, mese, ora, la direzione di provenienza del vento, la sua velocità e la copertura del cielo espressa da una cifra per indicare la frazione di cielo coperto, eventualmente seguita da un secondo gruppo di cifre per designare il tipo di nubi presenti.

La stagione e la divisione in giorno o notte vengono determinate in funzione dell'ora e della data, per meglio tenere conto della variabilità di tale suddivisione nel corso dell'anno.

Per quanto riguarda la copertura del cielo, utilizzata per determinare la categoria di stabilità atmosferica, bisogna osservare che la cifratura è cambiata a partire dal 10 giugno 1996; anteriormente a tale data esiste un solo intervallo di copertura, da 1 a 4 ottavi; in seguito tale intervallo è stato suddiviso in due sottointervalli (fino a due ottavi, 3 o 4 ottavi). Tale suddivisione è stata considerata nel programma di elaborazione dei dati meteo, che inoltre cerca di tener conto della diversa intensità della radiazione solare al variare delle stagioni variando la copertura limite tra le classi di stabilità a parità di velocità del vento.

La direzione di provenienza del vento viene indicata in intervalli di dieci gradi, in senso orario a partire dal Nord geografico (corrispondente a 360 gradi); nell'elaborazione si è scelto di considerare intervalli di 22.5 gradi, centrati intorno alle 16 direzioni della rosa dei venti. In questo modo, il settore corrispondente al Nord è spezzato in due sottointervalli (da 0 a 11.25 e da 348.75 a 360 gradi). Dal momento che considerare intervalli di 22,5 gradi, utilizzando direttamente i dati forniti dall'Aeronautica Militare, farebbe cadere in alcuni degli intervalli tre possibili insiemi-misure, si è ritenuto di dover eliminare questa anomalia (che avrebbe introdotto una sovrastima di alcune delle direzioni), pesandole nel seguente modo: la misura dell'angolo viene considerata come una misura affetta da errore, pari a metà dell'intervallo tra due misure successive (più o meno 5 gradi); il programma analizza il dato angolare e determina in quali intervalli cadono sia la misura, che gli estremi; possono verificarsi due casi, cioè che sia l'angolo che gli angoli più / meno l'errore cadano nello stesso intervallo, oppure che uno (solo) dei due estremi sia in un intervallo diverso. Nel primo caso, alla direzione corrispondente all'intervallo viene attribuito un peso unitario, nel secondo, i pesi delle due direzioni sono assunti linearmente proporzionali alla frazione di settore angolare corrispondente.

Le calme di vento sono conteggiate a parte, separatamente dalle misure in cui la velocità del vento è inferiore ai due metri al secondo (classe I), ma la direzione del vento è determinata.

In definitiva, in uscita da ELMET si ottengono delle matrici a tre dimensioni, contenenti le frequenze in funzione di classe di stabilità, direzione e classe velocità del vento.

11.2.2 Confronto con i dati misurati dalla stessa stazione meteo di Pisa San Giusto nel periodo 1951-1991

La distribuzione delle frequenze annuali delle direzioni e velocità del vento dal 1/1951 al 12/1991 è riportata nel SIA per il reopering della centrale elettrica ENEL di Livorno Marzocco. Per la validazione dei dati meteorologici da utilizzare si è ritenuto opportuno verificare la rispondenza dei dati del 1996 con quelli mediati sui 40 anni precedenti; a tale scopo è indispensabile rappresentarli con una distribuzione equivalente a quella utilizzata per i dati reperiti in bibliografia. Questi infatti sono forniti per settori angolari di 22.5 gradi ognuno, a partire dal Nord geografico in senso orario; il primo settore ha origine in 0.0, invece di essere centrato attorno alla direzione Nord stessa (intervallo tra -11.25 e +11.25), come si è scelto di fare per l'analisi dei dati 1996. Si è reso quindi necessario modificare il programma di analisi ELMET, in modo da considerare 16 settori angolari "traslati", allo scopo di rendere possibile un confronto significativo dei dati. I dati di Fig.11.1 mostrano le distribuzioni così ottenute delle classi di velocità del vento, mentre la Fig. 11.2 riporta i dati del SIA ENEL di Livorno Marzocco.

La prima differenza, in buona parte solo apparente, che emerge tra le due statistiche riguarda le calme di vento: nel 1996 sono state misurate il 6,24% di calme, mentre sul periodo più lungo ammontano al 40,32% del totale. La ragione fondamentale di questa differenza è che, in realtà, per quanto riguarda la distribuzione delle classi di velocità del vento, nei dati del SIA la prima classe di velocità è stata di fatto definita come "calma di vento", mentre nei dati del 1996 esiste la distinzione tra dati segnati come "calme" ed altri in cui, pur in presenza di velocità inferiori ai 2 metri al secondo, è stata determinata la direzione, definita dalla legenda annessa ai dati come "direzione media di provenienza del vento al suolo riferita al periodo di 10 minuti, o meno, immediatamente precedente l'ora di osservazione". Questa seconda categoria di misure nel programma ELMET è stata trattata analogamente alle altre, relative a classi di velocità superiori, ed ha un peso del 24.5% sul totale delle frequenze delle classi di velocità. Le calme, trattate separatamente, influiscono (come detto) per il 6.24% del totale, cosicché, sommando i contributi di questi due gruppi di dati, si ottiene il 30.74% di occorrenze per velocità inferiori a 2 m/s, da confrontare con il 40.32% riportato nel SIA.

Una seconda ragione della discrepanza si può trovare, oltre che nella variabilità insita nel fenomeno stesso, nella diversa frequenza delle misure, che può aver portato a sovrastimare certe situazioni transitorie; le medie riportate sul SIA sono basate su 116310 osservazioni, su un periodo che va dal 1/1951 al 12/1991; dividendo per i giorni presenti in questo lasso di tempo si ottiene un numero medio di circa 8 misure al giorno, nell'ipotesi che non ci siano stati periodi di interruzione. Si può ipotizzare che le misure semiorarie relative al 1996, per la loro maggiore frequenza, siano più rispondenti alla situazione reale di quanto non lo siano i dati precedenti.

Gli andamenti delle distribuzioni delle frequenze delle altre classi di velocità del vento sono abbastanza simili, con la tendenza a decrescere al crescere della velocità; la differenza più significativa è nella seconda classe, dove la frequenza stimata dai dati del 1996 è quasi doppia di quella della media sul periodo precedente (31,2% contro il 18,65%); tuttavia, il contributo totale delle prime due classi (con le precisazioni sopra riportate per quanto riguarda il SIA) è del 61,94% nei dati del 1996, del 58,97% per i dati mediati su 40 anni. Un'altra deviazione si nota nella V classe, con un 2,78% nel 1996 contro il 7,15% precedente.

L'andamento generale della distribuzione delle frequenze della direzione del vento è lo stesso nel 1996 (riportato in Fig.11.3) e nei dati quarantennali (Fig. 11.4), con un massimo nel settore tra 90 e 112.5 gradi (in generale, anche nei due settori adiacenti) ed un

distribuzione stagionale delle classi di velocità del vento

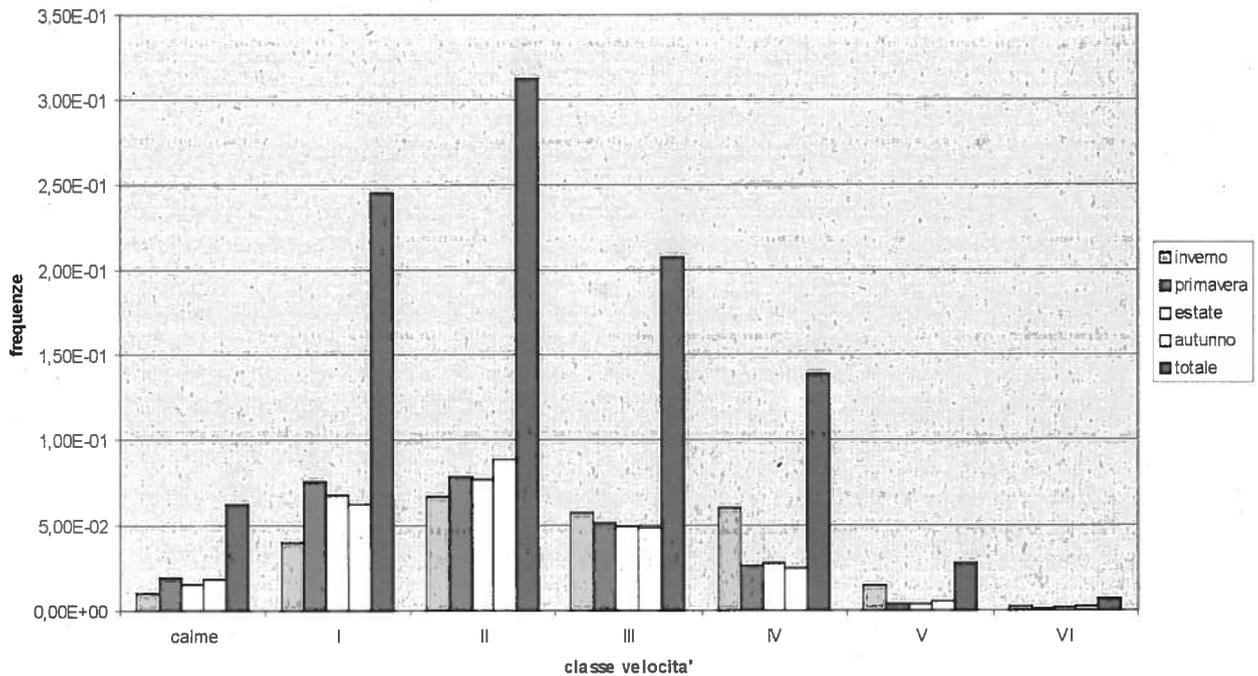


Fig. 11.1 Distribuzione stagionale e annua delle classi di velocità del vento - Dati 1996 di Pisa S. Giusto

Distribuzione annua classi di velocità del vento - Dati 1951-1991 Pisa S. Giusto

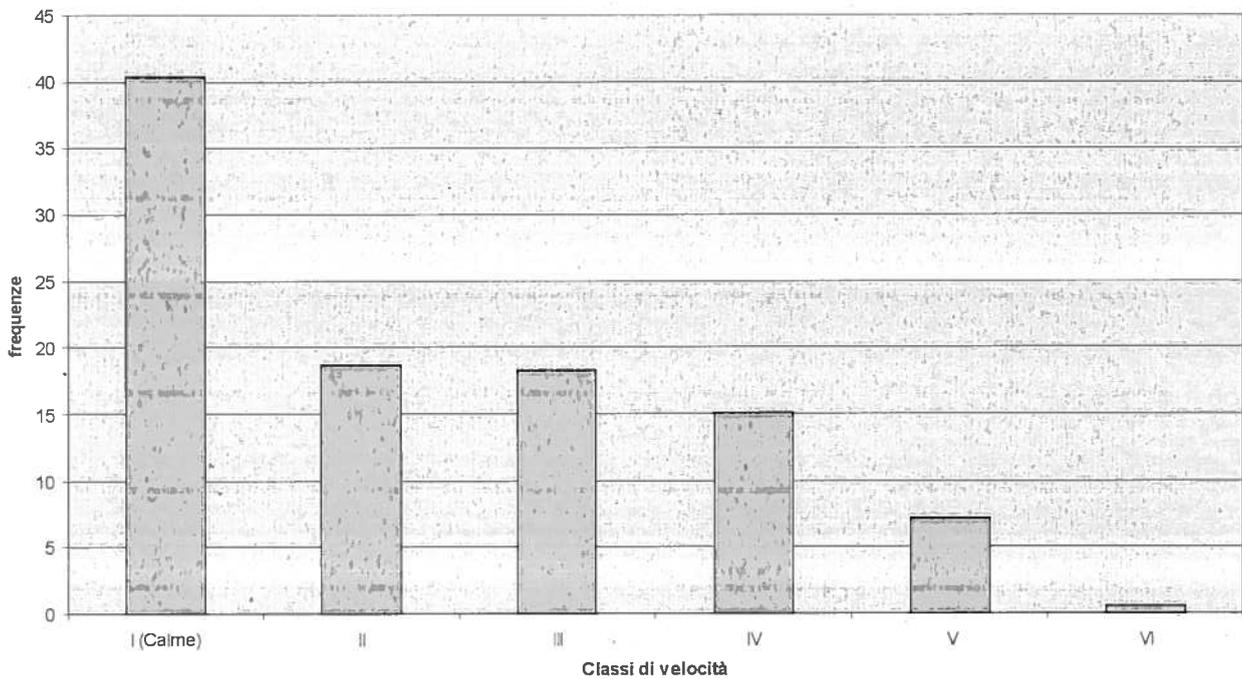


Fig. 11.2 Distribuzione annua delle classi di velocità del vento - Dati 1951 - 1991 Pisa S. Giusto

N.B.: La prima classe di velocità del vento comprende le calme

secondo massimo relativo nel settore compreso tra 247.5 e 270 gradi (e settori adiacenti). Una conseguenza della differenza nel conteggio delle calme è l'aumento generale (particolarmente nelle direzioni prevalenti) delle frequenze della direzione del vento nei dati del '96 rispetto a quelli mediati, con l'eccezione del settore nordoccidentale, per cui le misure sono leggermente inferiori nel caso del '96 rispetto alle medie 1951-1991.

11.2.3 Confronto con i dati della stazione meteo di via de Sanctis a Livorno (rete ARIAL)

Il confronto diretto dei dati meteorologici di Pisa San Giusto con la distribuzione, mediata sugli anni dal 1978 al 1995, dei dati della stazione di via de Sanctis a Livorno /3/ mette in evidenza un andamento generale coincidente, con due picchi piuttosto pronunciati, ma anche alcune differenze (vedere le Figg. 11.5 e 11.6 analoghe alle Figg. 11.1 e 11.3 del precedente paragrafo). La principale differenza consiste in uno spostamento del massimo della distribuzione in funzione della direzione di provenienza del vento verso E, ESE nel caso dei dati di Pisa San Giusto. Infatti, la direzione prevalente nei dati di Livorno è ENE (17.32%), mentre le direzioni NE, E ed ESE hanno un peso rispettivo del 7.84%, 14.08% e 4.88%; nella distribuzione dei dati di Pisa San Giusto il massimo corrisponde a E (23.6%), con un contributo quasi pari di ESE (20.0%); NE ed ENE contribuiscono rispettivamente per il 2.67% e 7.77%.

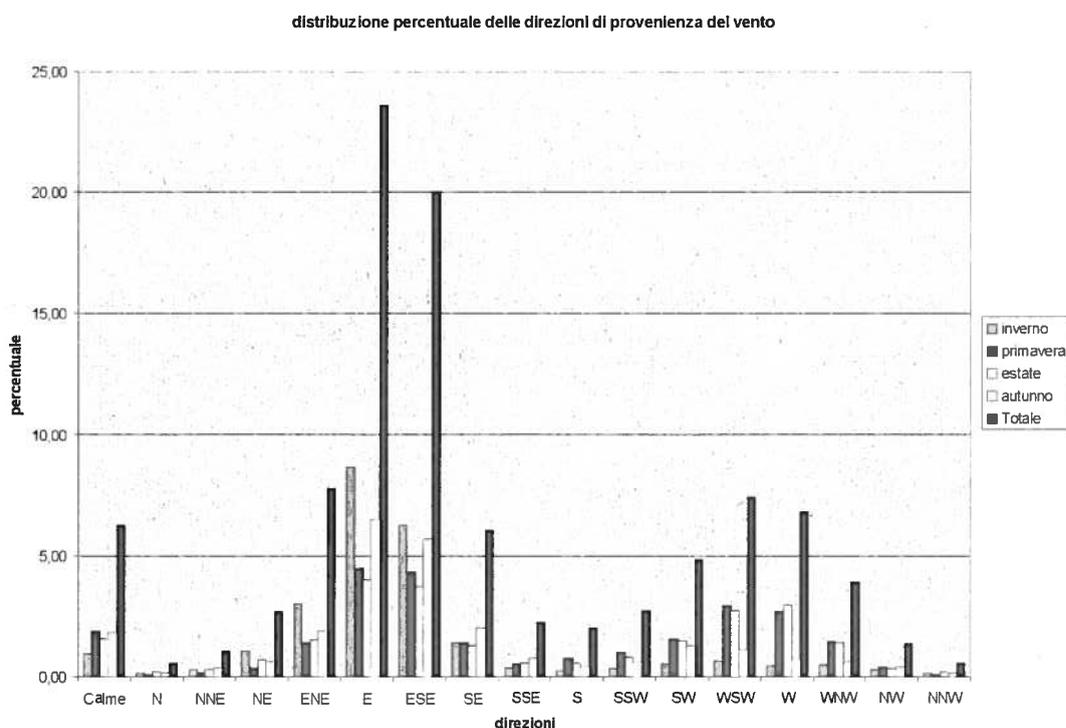


Fig. 11.3 Distribuzione percentuale delle direzioni di provenienza del vento (Dati 1951-1991 di Pisa S. Giusto)

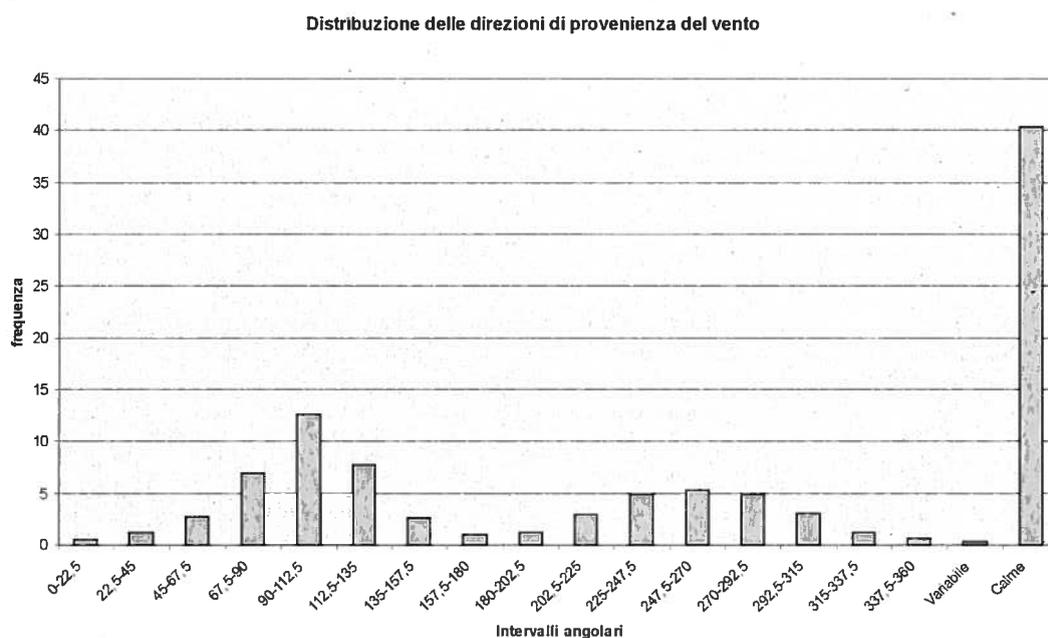


Fig. 11.4 Distribuzione percentuale delle direzioni di provenienza del vento (Dati 1996 di Pisa S. Giusto)

Distribuzione % media delle classi di velocità dei venti
Postazione di Via de Sanctis - periodo dal 1978 al 1995

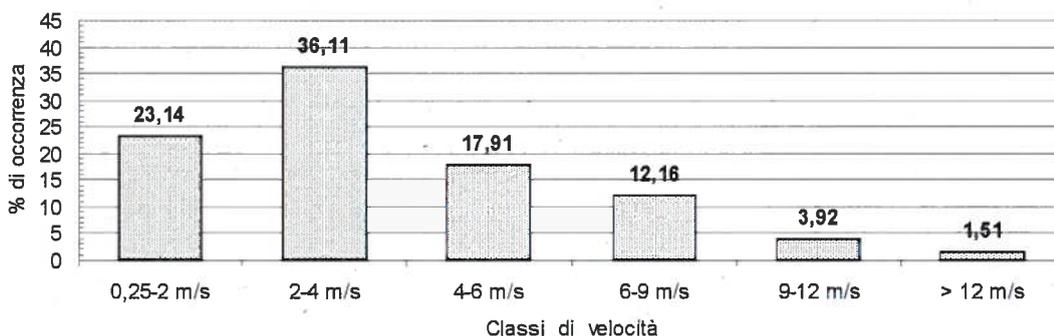


Fig.11.5 Distribuzione percentuale media delle classi di velocità del vento
Postazione di Livorno Via de Sanctis nel periodo dal 1978 al 1995

Direzione del vento -anno 1978 - 79
Postazione di Via de Sanctis

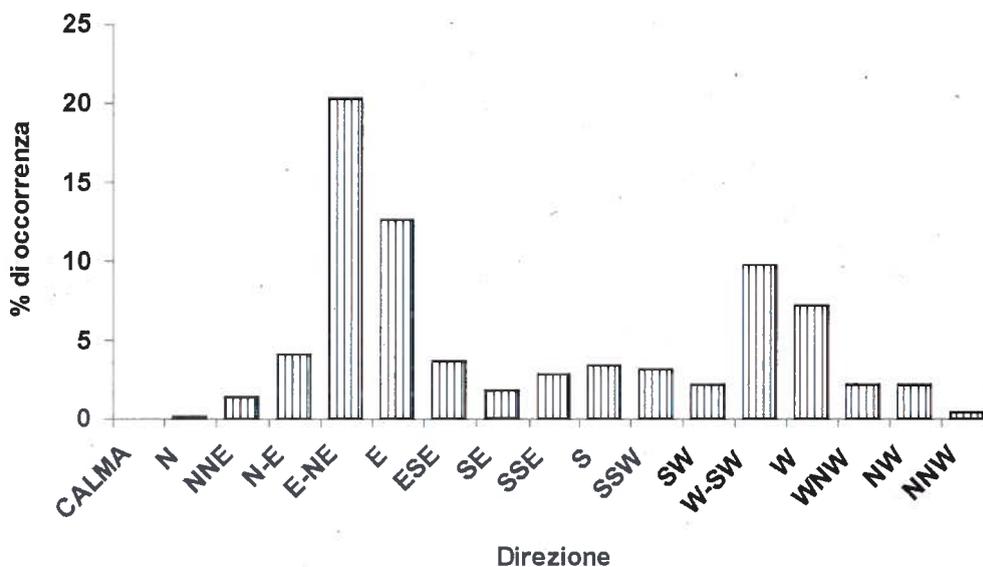


Fig. 11.6 Distribuzione percentuale media della direzione di provenienza del vento - anni 1978 - 1995
Postazione di Livorno Via de Sanctis

Il massimo relativo della distribuzione coincide nei due casi con la direzione WSW, con un contributo significativo della direzione W (8.18 e 7.89 nel caso di Livorno, 7.40 e 6.80 per Pisa San Giusto).

Il confronto tra i dati delle due stazioni era stato effettuato anche nel sopra citato SIA per la centrale ENEL di Livorno, portando anche in quel caso ad osservare una frequenza più elevata per la componente da E rispetto a quella da ENE.

Le ragioni di queste differenze vanno ricercate innanzitutto nella diversa localizzazione geografica delle due stazioni, che rende ragionevole una certa diversità nella distribuzione dei venti sul territorio. Bisogna poi considerare anche che una certa variabilità nella direzione prevalente, nel corso degli anni, è insita nella natura del dato trattato. Un'analisi di raffronto dei dati ARIAL del 1996 (Fig. 11.7 e 11.8), effettuata tramite il programma ELMET-sigma, ha fornito per la distribuzione delle direzioni di provenienza un andamento sostanzialmente coincidente con quello mediato sul lungo periodo, con massimo per la direzione ENE (20.3%) ed un contributo significativo delle direzioni E (15.7%) ed ESE (10.6%), mostrando quindi, per l'anno in analisi, una lieve tendenza alla crescita per le direzioni E, ESE rispetto alla media ventennale.

In conclusione, quindi, esistono differenze nelle distribuzioni, dovute sia alla diversa localizzazione geografica che al confronto tra dati mediati su un periodo significativamente lungo con un campione relativo ad un solo anno; tuttavia i dati della stazione di Pisa San Giusto sono sostanzialmente simili alle condizioni medie annuali verificatesi in passato a Livorno.

distribuzione stagionale delle classi di velocità - dati 1996 San Giusto

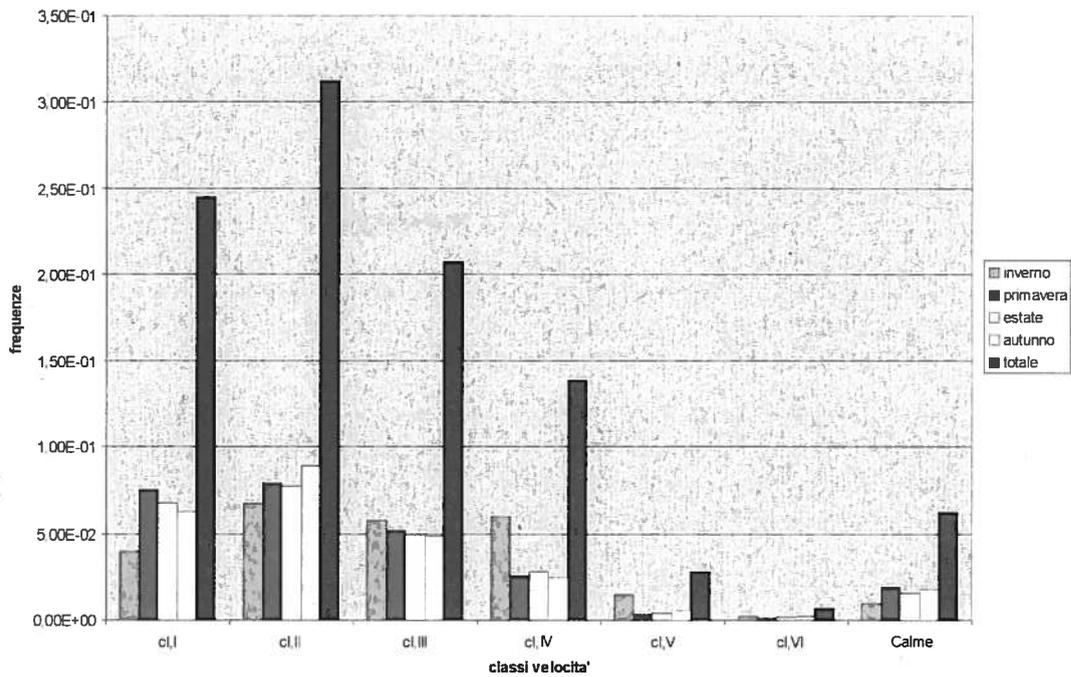


Fig. 11.7 Distribuzione stagionale ed annua delle classi di velocità - Dati 1996 di Livorno - Via de Sanctis

distribuzione stagionale delle direzioni di provenienza del vento - dati 1996 San Giusto

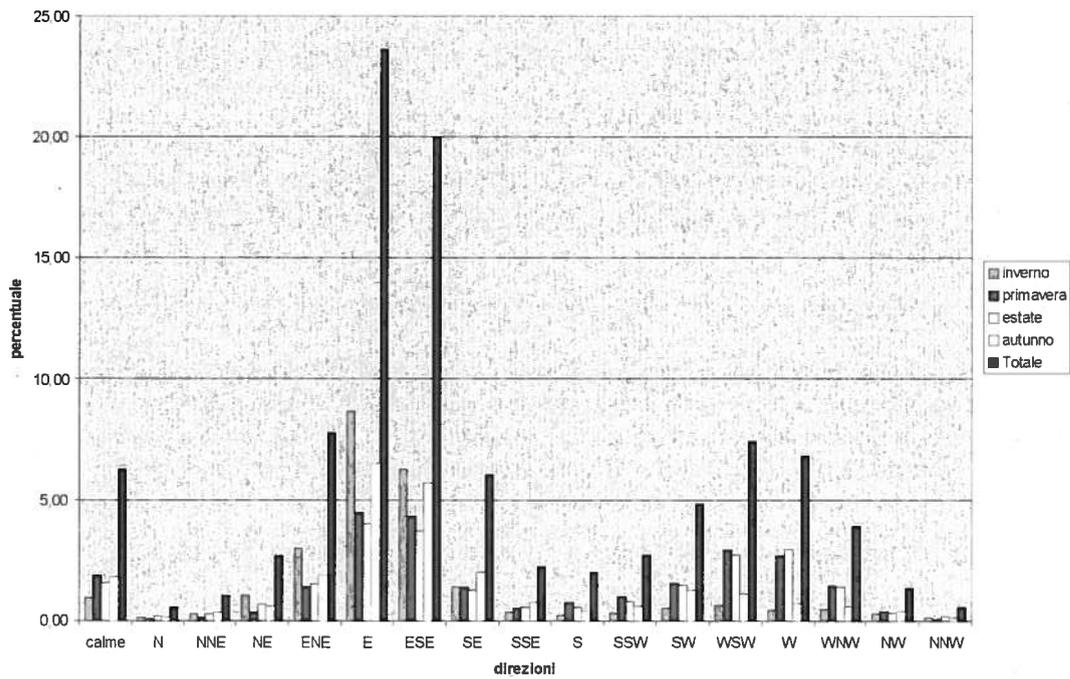


Fig.11.8 Distribuzione stagionale ed annua delle direzioni di provenienza del vento - Dati 1996 di Livorno - Via de Sanctis

11.3 Applicazione del codice VALLEY alle sorgenti industriali di inquinanti atmosferici a Livorno

Il programma di simulazione della dispersione atmosferica VALLEY fornisce stime della concentrazione degli inquinanti nelle 16 direzioni del vento rispetto ad un punto origine, a varie distanze, in funzione di parametri relativi alla sorgente (rateo di emissione, sezione ed altezza del camino, portata e temperatura dei fumi) e alle caratteristiche geo-meteorologiche dell'ambiente (quote dei punti recettori, frequenza di presentazione delle direzioni e classi di velocità del vento nelle varie categorie di stabilità atmosferica). È questa la principale limitazione di VALLEY, che obbliga a fare una serie di "simulazioni" con passi diversi, combinando i risultati ottenuti in due o più run, per avere una sufficiente caratterizzazione dell'inquinamento in tutto il territorio di interesse dello studio. La scelta dell'utilizzo del codice VALLEY è derivata dalla notevole esperienza sull'uso dello stesso da parte del DIMNP che ha operativamente svolto i calcoli e ha inoltre, nel tempo, effettuato una serie di test di affidabilità dei risultati conseguibili con l'utilizzo del medesimo. Ad esempio, i risultati ottenuti nelle simulazioni di inquinamento atmosferico sul territorio di Piombino, eseguite dapprima con VALLEY e quindi ripetute con ISC3, confermano l'equivalenza fra i due codici, il secondo dei quali sta per diventare quello US-EPA "regulatory".

Nel file di input per il VALLEY si possono distinguere tre blocchi di dati principali: il primo riguarda l'orografia della zona a cui si vuole applicare il modello, il secondo è relativo ai termini di sorgente, il terzo consiste nella caratterizzazione meteorologica della zona. L'input è completato da dati relativi a pressione e temperatura ambiente, fattori di scala, altezze di miscelamento (diurna e notturna) e parametro per distinguere le situazioni urbana e rurale.

11.3.1 Orografia

Per la caratterizzazione orografica dell'area di interesse è stato utilizzato il programma Orografia Toscana, disponibile presso il DIMNP. Orografia Toscana, date le coordinate geografiche di un punto all'interno della regione, produce come output una matrice di dimensione variabile (ordine da 50 a 100), contenente le quote all'interno di maglie di passo costante (10 secondi di latitudine, 7.5 secondi di longitudine, pari a circa 230 metri, alle coordinate della zona in esame).

Il punto origine si trova nel centro della matrice; se questa è di ordine $(2N+1)$, il centro viene fatto corrispondere all'elemento (N,N) . Le quote sono state ricavate da mappe dell'Istituto Geografico Militare (IGM).

I recettori di VALLEY sono obbligatoriamente situati su una griglia radiale di passo costante, lungo le sedici direzioni della rosa dei venti. Per ricavare dalla matrice di Orografia Toscana, i valori corrispondenti a tutti i recettori di interesse sono stati sviluppati dei programmi appositi (CUTTER.pl e ELOROG).

Un'altra variabile necessaria per l'input di VALLEY è la quota del piede del camino delle sorgenti: è stata ricavata, dove non altrimenti disponibile, convertendo (tramite il programma GEOGRAPH) le coordinate Gauss Boaga, ottenute dopo aver localizzato su GIS tutte le sorgenti, in coordinate geografiche e usandole come centro per Orografia Toscana, in modo da avere almeno una stima media (su 200 metri circa) del piano di stabilimento. Il centro è stato poi ricavato dalla matrice tramite un piccolo programma apposito (TROVACENTRO.pl).

È da osservare che il vincolo di VALLEY dell'equidistanza tra i recettori, unito al limite inferiore di risoluzione legato alle dimensioni delle celle del programma Orografia Toscana, ha portato ad avere per VALLEY un reticolo di passo 230 metri o multipli di questo.

Con il ricorso alla lettura diretta delle mappe IGM si sarebbe potuto tenere conto di realtà più complesse dal punto di vista orografico. Il metodo applicato, sebbene più rigido, appare giustificato nel caso dell'orografia di Livorno, in cui non si hanno variazioni di quota apprezzabili nell'ambito delle distanze considerate, piuttosto piccole, quantomeno nell'area di interesse; esso presenta inoltre il vantaggio della ripetibilità con tempi minori nel caso di modifica del centro del dominio di calcolo.

11.3.2 Connessione tra cartografia numerica e Orografia Toscana

Un aspetto molto importante, per quanto riguarda la convalida del metodo utilizzato per la determinazione delle quote dei recettori, è dato dalla connessione tra i dati di cartografia ricavati da GIS Arcview con quelli di Orografia Toscana. Di fatto, è necessario sapere se le due rappresentazioni, con i due diversi sistemi di coordinate, corrispondono. Dal momento che Orografia Toscana, oltre alla matrice numerica sopra descritta, produce una immagine bitmap, quest'ultima, centrata nell'origine utilizzata per il dominio di applicazione di VALLEY, è stata inserita in Arcview, con gli opportuni fattori di scala e di traslazione.

La mappa della costa nella zona di studio, ottenuta dallo scanning delle mappe IGM del comune, presente nel GIS, sovrapposta in trasparenza a tale rappresentazione di Orografia Toscana coincide in modo più che soddisfacente.

11.3.3 Elaborazione termini di sorgente

I dati di partenza necessari per la caratterizzazione delle sorgenti per il codice VALLEY possono essere quasi tutti dedotti dalle informazioni contenute nei quadri riassuntivi delle emissioni, già raccolte in formato coerente in un file Excel nelle fasi precedenti di

questo lavoro /1/.

La localizzazione delle sorgenti su GIS a partire dalle planimetrie degli stabilimenti, per ottenerne le coordinate Gauss Boaga (inserite nel file Excel), e quindi la distanza dal centro del dominio di calcolo, è stato un passo necessario di questa parte preparatoria.

Le principali sorgenti di emissioni convogliate di SO₂ appartengono agli impianti Enel, Agip, Carbochimica, AAMPS, Laviosa (via Galvani) e sono state riportate su un apposito file di Arcview per la georeferenziazione.

Per quanto riguarda le emissioni di altri inquinanti, sono state analizzate le planimetrie allegate ai quadri di riferimento delle emissioni, quando presenti. In tal modo sono state localizzate e riportate su Arcview tutte le sorgenti significative delle Ditte Magneti Marelli, Dowty Polipak, Dow, TRW, Cereol, Betonval, Pirelli e Rodia Chem.

Dato il numero piuttosto elevato di sorgenti da trattare, nel caso di inquinanti diversi e con diverse distanze dei recettori dall'origine, è stato anche necessario realizzare un altro programma per la lettura automatica dei dati (denominato ELSORG), che ricava dal file di input le stringhe contenenti nome dell'azienda, codice camino, portata, sezione, velocità, temperatura, altezza, durata funzionamento e concentrazione, ed effettua le conversioni necessarie a trasformare le informazioni in quelle richieste da VALLEY (nella parte di input relativo alle sorgenti, nel formato richiesto). In particolare, la distanza tra le coordinate Gauss Boaga del camino e quelle del punto scelto come baricentro dello studio sono convertite in unità di grid di VALLEY per il calcolo diffusivo.

Dal momento che questo passaggio dipende esplicitamente dal "grid", cioè da un'unità interna a VALLEY, pari a un decimo del passo tra i recettori (espresso in metri), il blocco dei termini di sorgente da inserire nell'input di VALLEY varia a seconda del passo che si intende utilizzare e va ripetuto per ognuno di essi: l'uso del programma ELSORG è studiato per semplificare e velocizzare la ripetizione del procedimento per tutti i diversi passi possibili (multipli del passo fondamentale del reticolo di VALLEY).

11.3.4 Caratterizzazione meteorologica del sito

I dati necessari per caratterizzare il sito dal punto di vista meteorologico sono costituiti dai valori medi della velocità del vento (si sono considerate le classiche sei classi), oltre alle frequenze combinate di presentazione delle sedici direzioni del vento, divise per classe di stabilità atmosferica e nelle sei classi di velocità.

La determinazione delle frequenze combinate è stata l'oggetto dello studio dei dati meteorologici della stazione di Pisa San Giusto per l'anno 1996 riportato nel precedente capitolo.

Le simulazioni per la SO₂ sono state effettuate, a titolo di confronto, oltre che con l'input meteorologico ricavato dai dati 1996 di Pisa S. Giusto, anche con quelli ARIAL dello stesso anno, già riportati nelle Figg. 11.7 e 11.8 per quanto concerne le classi di velocità e la direzione del vento; per determinare la categoria di stabilità atmosferica si è fatto uso dello sbandieramento del vento.

11.4 Simulazione della dispersione di SO₂ da sorgenti industriali

La predisposizione dei file di input per il codice VALLEY risulta, anche se non completamente automatizzata, molto facilitata dai programmi sviluppati per le singole parti degli input, che potrebbero ulteriormente essere unificati in un singolo programma complessivo.

Analogamente, per quanto concerne l'output, è stato elaborato un programma (MULTIVALLEY.pl), che permette, a partire dagli input, suddivisi in directory a seconda dell'inquinante, di far girare VALLEY su tutti i files di input così predisposti, suddividendo automaticamente gli output della simulazione.

11.4.1 Dati sperimentali a disposizione

Il riferimento è costituito dai dati di monitoraggio della rete ARIAL relativi all'anno 1996 disponibili presso ARPAT. I dati sono organizzati come segue.

Ogni directory contiene un file per ogni giorno dell'anno, dal nome <data>.dat, dove la data è espressa da una stringa, formata da due cifre, il segno meno, tre lettere per il mese, 96. Il file è costituito da alcune righe di intestazione (indicazione della stazione di rilevamento, tramite indirizzo e un codice numerico; data; periodo di riferimento), seguite dai dati orari, riportati in colonne; seguono la media dei valori orari (preceduta da una riga di intestazione), i valori minimo e massimo orario, il massimo su 8 ore (anch'essi preceduti da righe di intestazione).

In ogni postazione di monitoraggio la prima colonna indica la concentrazione di SO₂ espressa in microgrammi/mc, mentre eventuali altre colonne di dati sono riferite alla concentrazione oraria di NO_x, NO, NO₂, O₃.

Anche se la media giornaliera era già presente nei dati, il numero di file in cui i dati erano suddivisi ha reso indispensabile un programma di analisi automatica dei dati stessi: a tale scopo è stato sviluppato il programma LEGGI_ALL.pl, che, per ogni directory corrispondente a una stazione di monitoraggio, crea un output col nome della stazione e seleziona i file di dati; da ognuno di questi file legge le medie giornaliere corrispondenti ai vari inquinanti, come sopra specificato. Il programma elabora quindi la media annua di ogni specie misurata (specificando il numero di conteggi giornalieri N usati per eseguirla), da confrontare con le stime di VALLEY, che, essendo basate su un calcolo long term e su una caratterizzazione meteorologica annuale, sono l'involuppo di tutte le situazioni possibili.

Le medie annue delle concentrazioni di inquinanti misurate nelle varie postazioni nel 1996 sono riportate in Tab.11.1.

Tab. 11.1 *Dati sperimentali delle concentrazioni medie annue di inquinanti e numero medie giornaliere (dati ARIAL per l'anno 1996)*

Codice stazione	Stazione	Media SO ₂	Media NO	Media NO _x	Media NO _x	Media O ₃
		N	N	N	N	N
1	La Pira	7.35 366	n.m. -	n.m. -	n.m. -	n.m. -
2	da Vinci	25.70 326	11.02 321	25.96 322	45.71 323	n.d. -
3	XI Maggio	9.13 359	n.m. -	n.m. -	n.m. -	n.m. -
4	Rossi	5.31 365	20.61 312	36.78 311	68.23 314	33.30 314
5	Cattaneo	6.54 366	n.m. -	n.m. -	n.m. -	n.m. -
6	Marx	12.02 362	n.m. -	n.m. -	n.m. -	n.m. -

Note: le concentrazioni sono espresse in µg/mc
n.d. : non disponibile;
n.m. : non misurato.

11.4.2 Analisi dei dati calcolati e confronto con i dati sperimentali

È necessario osservare preliminarmente che le stazioni di rilevamento della rete ARIAL non coincidono in genere con i recettori di VALLEY, che devono rispondere alle specifiche imposte dal file di ingresso del modello di simulazione. È stato pertanto sviluppato un apposito programma (REGOLO.pl), per determinare la distanza e la direzione delle centraline rispetto al centro del modello di calcolo a partire dalle coordinate Gauss Boaga delle stazioni stesse; la concentrazione misurata sperimentalmente è stata quindi confrontata con i valori calcolati nei recettori più vicini, per quanto riguarda la distanza, al punto di rilevamento.

La Tabella 11.2 raccoglie i principali dati in esame. Quando si ha la presenza di più recettori per una stessa stazione, ciò è dovuto al fatto che, ogni qual volta è stato possibile, si sono riportati i risultati del calcolo relativi ad una stessa distanza dal centro del dominio, ma calcolati per diversi valori del passo dei recettori, in modo da evidenziare possibili differenze dovute a differenze di interpolazione del programma di diffusione. Quando invece la stazione si trova in posizione intermedia tra due recettori, i dati calcolati associati sono relativi a distanze diverse, ma calcolati con lo stesso passo.

La stazione La Pira si trova quasi al limite tra le direzioni SE e SSE e quindi il confronto è stato esteso a entrambe le direzioni; come si può notare dall'analisi della Tab. 11.2 la differenza tra i valori relativi alla stessa direzione e distanza ottenuti con passi diversi è generalmente minore o uguale a quella relativa a valori calcolati con lo stesso passo del reticolo, ma relativamente a distanze o direzioni differenti.

11.4.2.1 Confronto tra dati sperimentali e valori calcolati, con input dati meteo di Pisa San Giusto.

Le stazioni di rilevamento sono situate in varie zone del centro abitato di Livorno, approssimativamente lungo l'asse NE - SSW rispetto al centro di VALLEY. In due di queste (da Vinci, direzione N e Rossi, direzione S) i valori teorici e sperimentali sono in ottimo accordo; in altre due (La Pira e Marx) il valore calcolato è tra 1.5 e 2.5 volte lo sperimentale, nelle rimanenti (XI Maggio e Cattaneo) è circa la metà o un terzo rispettivamente.

In particolare, esaminando le singole stazioni, in riferimento alla Tab.11.2, si nota che:

Stazione n.1 via La Pira: i dati sperimentali sono basati su 366 medie giornaliere e danno 7.4 microgrammi/mc, mentre i valori calcolati danno un valore medio di circa 18.5 mg/mc in direzione SE. Valutando, per confronto, anche i valori calcolati nella direzione SSE (poiché la stazione si trova quasi al limite tra i due settori), si ottengono valori tra 16.5 e 17 mg/mc. Il rapporto calcolato/sperimentale varia da 2.2 a 2.5.

Stazione n.2 via da Vinci: i valori calcolati riflettono abbastanza bene quelli misurati. La media sperimentale, basata su 326 medie giornaliere, è pari a 25.7, mentre nei valori calcolati si vede l'effetto della distanza dal centro più che del passo (come osservato nel

paragrafo precedente), con valori pari a circa 21 a 690 metri e 26.7 a 920 metri.

Stazione n.3 via XI Maggio: la situazione è opposta a quella osservata nella stazione di via La Pira: il valore calcolato è compreso tra 4.1 e 4.9 mentre il dato sperimentale è di 9.1, mediato su 359 medie giornaliere. Il rapporto calcolato/sperimentale va da 0.45 a 0.54 circa. Il contributo dominante nel termine stimato è quello della centrale ENEL (camini 1 e 2, con valori che variano, a seconda del passo tra i recettori del codice VALLEY, tra 0.9 e 1.4 microgrammi/mc, mentre i termini dovuti alle altre sorgenti sono dell'ordine dei decimi di microgrammo/mc, con punte di 0.7 microgrammi/mc, e praticamente costanti al variare del passo dei recettori).

Stazione n.4 via Rossi: anche in questa stazione si può osservare un buon accordo tra i dati misurati e quelli dedotti dal modello: il valore sperimentale è 5.3, basato su 365 misure medie giornaliere. Per quanto riguarda i valori calcolati, questi sono compresi tra 4.1 e 5.6, cosicché il rapporto calcolato/sperimentale varia tra 0.77 e 1.06.

Tab. 11.2 *Confronto tra i dati sperimentali e quelli elaborati tramite VALLEY con input meteo di Pisa San Giusto*

Stazione ARIAL	zona	direzione	distanza	Media sperim.	Valore stimato	Recett.	passo
1-Via La Pira	Corea	SE	1053	7.4			
		SE	1150		18.5	1	1150
		SE	920		18.5	4	230
		SE	920		18.7	2	460
		SE	920		18.3	1	920
		SSE	1150		16.6	1	1150
		SSE	920		16.5	4	230
		SSE	920		16.9	2	460
		SSE	920		16.4	1	920
2-Via da Vinci	Calambrone	N	756	25.7			
		N	690		20.8	3	230
		N	690		20.9	1	690
		N	920		27.2	4	230
		N	920		25.8	2	460
		N	920		27.2	1	920
3-P.zza XI Maggio	San Marco	SSW	1845	9.1			
		SSW	1840		4.9	4	460
		SSW	1840		5.7	2	920
		SSW	2070		4.2	3	690
4-Via Rossi	Liceo Niccolini	S	3083	5.3			
		S	2760		5.4	6	460
		S	2760		5.4	4	690
		S	2760		5.6	3	920
		S	3220		4.1	7	460
5-Via Cattaneo	La Rosa	S	5541	6.5			
		S	5520		1.9	6	920
		S	5750		1.8	5	1150
6-Via Marx	Stagno	NE	2937	12.0			
		NE	3220		19.7	7	460
		NE	2760		20.4	6	460
		NE	2760		19.4	4	690
		NE	2760		20.7	3	920

Note: le concentrazioni sono espresse in $\mu\text{g}/\text{mc}$, le distanze ed il passo in metri, mentre il numero del recettore ne caratterizza l'ordine sulla semiretta (nella direzione data) uscente dal centro del dominio di VALLEY.

Per le stazioni di rilevamento ARIAL, le concentrazioni sono le medie annue ricavate dai dati dell'anno 1996.

Stazione n.5 via Cattaneo: il valore sperimentale vale 6.5 (ottenuto da 366 misure), mentre quello calcolato vale 1.9 e 1.8. Rapporto calcolato/sperimentale: 0.29.

Stazione n.6 via Marx: il valore sperimentale è 12 (basato su 362 misure), i valori stimati dal modello diffusionale sono compresi tra 19.4 e 20.7. Rapporto calcolato/sperimentale: da 1.62 a 1.72.

In conclusione, non è possibile evidenziare né un accordo generalizzato tra i dati calcolati dal codice VALLEY e le concentrazioni misurate, né un andamento sovrastimato o sottostimato in modo uniforme. Non è evidente neppure una relazione tra direzione, o distanza dal centro del modello; non sembra ci sia coerenza dei risultati del calcolo diffusionale con i dati sperimentali.

11.4.2.2 Confronto tra i dati sperimentali e i valori calcolati, con input basato su dati meteo ARIAL 1996.

Per verificare se le differenze tra i dati sperimentali e quelli calcolati, discusse nel paragrafo precedente, siano almeno in parte lega-

te alle differenze tra i dati meteorologici di Pisa San Giusto e quelli ottenuti dalla stazione meteorologica di Livorno - Via De Sanctis, appartenente alla rete ARIAL, è stata eseguita una simulazione sostituendo negli input di VALLEY la parte legata ai dati meteo.

Il confronto con i dati sperimentali è riportato in Tab. 11.3 e discusso brevemente nel seguito:

Stazione n.1 via La Pira: è subito evidente un accordo molto migliore tra i dati misurati e quelli calcolati rispetto al caso del paragrafo precedente: il dato sperimentale è 7.4 microgrammi/mc, mentre quello calcolato vale 5.5 circa in direzione SE; il valore calcolato nella direzione SSE vale circa 4.8 microgrammi/mc.

Stazione n.2 via da Vinci: l'accordo tra i valori calcolati e quello misurato si mantiene buono, anche se è più evidente per il recettore più vicino (valore stimato: 25.6/25.7 mg/mc a seconda del passo, rispetto a un valore sperimentale di 25.7mg/mc), che per il secondo recettore considerato (valore calcolato: circa 29.6 microgrammi/mc).

Tab. 11.3 *Confronto tra i dati sperimentali e quelli elaborati tramite VALLEY con input meteo di Livorno, Via de Sanctis*

Stazione ARIAL	zona	direzione	distanza	Media sperim.	Valore stimato	Recett.	passo
1-Via La Pira	Corea	SE	1053	7.4			
		SE	1150		5.6	1	1150
		SE	920		5.4	4	230
		SE	920		5.5	2	460
		SE	920		5.3	1	920
		SSE	1150		4.6	1	1150
		SSE	920		4.8	4	230
		SSE	920		5.1	2	460
		SSE	920		4.8	1	920
2-Via da Vinci	Calambrone	N	756	25.7			
		N	690		25.6	3	230
		N	690		25.7	1	690
		N	920		30.3	4	230
		N	920		29.0	2	460
		N	920		29.4	1	920
3-P.zza XI Maggio	San Marco	SSW	1845	9.1			
		SSW	1840		5.0	4	460
		SSW	1840		5.3	2	920
		SSW	2070		10.9	3	690
4-Via Rossi	Liceo Niccolini	S	3083	5.3			
		S	2760		4.8	6	460
		S	2760		5.3	4	690
		S	2760		4.7	3	920
		S	3220		7.5	7	460
5-Via Cattaneo	La Rosa	S	5541	6.5			
		S	5520		7.8	6	920
		S	5750		7.7	5	1150
6-Via Marx	Stagno	NE	2937	12.0			
		NE	3220		13.8	7	460
		NE	2760		15.6	6	460
		NE	2760		14.8	4	690
		NE	2760		15.5	3	920

Note: le concentrazioni sono espresse in $\mu\text{g}/\text{mc}$, le distanze ed il passo in metri, mentre il numero del recettore ne caratterizza l'ordine sulla semiretta (nella direzione data) uscente dal centro del dominio di VALLEY.

Per le stazioni di rilevamento ARIAL, le concentrazioni sono le medie annue ricavate dai dati dell'anno 1996.

Stazione n.3 via XI Maggio: questa stazione è quasi coincidente con uno dei recettori di VALLEY; tuttavia per tale punto il valore calcolato è di circa 5 microgrammi/mc contro i 9.1 misurati. L'accordo è migliore con il valore stimato alla distanza di 2070 metri (invece dei 1845 reali). Effetti locali, sia di tipo meteorologico che dovuti eventualmente alla presenza di sorgenti non considerate, potrebbero essere alla base di tale discrepanza. E' tuttavia da notare che, andando ad analizzare i contributi delle singole sorgenti al totale stimato, per tutte le sorgenti di emissione essi sono praticamente indipendenti dal passo dei recettori di VALLEY, tranne che nel caso dei camini ENEL 1 e 2, per i quali il contributo nella posizione considerata è addirittura nullo nei casi di passo fra i recettori di 460 e 920 metri, mentre nel caso di passo pari a 690 metri, il valore, seppur calcolato alla distanza di 2070 metri invece dei 1845 effettivi della stazione di rilevamento, risulta di 3.5 e 2.6 microgrammi/mc rispettivamente, contribuendo in questo caso al 56% del totale calcolato in queste condizioni. La Tab. 11.4 riporta i contributi di queste due sorgenti nei vari recettori per i tre passi utilizzati, evidenziando che la postazione in oggetto si trova in una posizione corrispondente all'inizio del massimo di concentrazione dovuto ai rilasci (elevati) dai due camini: piccole variazioni del passo di calcolo comportano variazioni relativamente grandi dei valori di

concentrazione media calcolati da VALLEY.

Stazione n.4 via Rossi: il recettore più vicino alla stazione di rilevamento è quello a 3220 metri (pari al settimo con passo 460), in cui è stimata una concentrazione di 7.5 microgrammi/mc contro i 5.3 sperimentali. Migliore l'accordo se si considerano i recettori alla distanza di 2760 metri: i valori calcolati variano, a seconda del passo applicato, tra 4.7 e 5.3 microgrammi/mc.

Stazione n.5 via Cattaneo: anche in questa stazione è notevole il miglioramento nella coerenza tra dati sperimentali e valori calcolati usando l'input meteorologico basato sulle condizioni proprie di Livorno; il valore medio annuo sperimentale è di 6.5 microgrammi/mc, mentre le stime, in questo caso, ammontano a 7.8 o 7.7 microgrammi/mc, a seconda del passo usato nel modello.

Stazione n.6 via Marx: anche per questa postazione l'accordo tra i dati sperimentali e quelli calcolati migliora notevolmente con l'input meteorologico della rete ARIAL: il valore sperimentale è 12 (basato su 362 misure), i valori stimati dal modello diffusionale sono compresi tra 13.8 e 15.6 microgrammi/mc.

Tab. 11.4 Contributi dei camini ENEL alle concentrazioni stimate di SO₂ in direzione SSW al variare del passo del recettore del codice VALLEY

Camino	Passo	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇
Enel 1	460	460	920	1380	1840	2300	2760	3220
		0.4	0.1	0.0	0.0	5.3	8.4	9.2
Enel 1	690	690	1380	2070	2760	3450	4140	4830
		0.2	0.0	3.5	9.8	8.5	6.1	4.0
Enel 1	920	920	1840	2760	3680	4600	5520	6440
		0.2	0.0	9.1	7.1	4.5	2.9	2.1
Enel 2	460	460	920	1380	1840	2300	2760	3220
		0.3	0.1	0.0	0.0	6.3	9.2	9.6
Enel 2	690	690	1380	2070	2760	3450	4140	4830
		0.2	0.0	2.6	10.1	8.8	6.3	4.1
Enel 2	920	920	1840	2760	3680	4600	5520	6440
		0.2	0.0	9.1	7.1	4.5	2.9	2.1

N.B. Le distanze sono espresse in metri, le concentrazioni in microgrammi/mc; gli input del modello sono basati sui dati meteo di Livorno, Via de Sanctis.

In conclusione, emerge che tra i dati sperimentali e quelli stimati tramite il codice VALLEY esiste un buon accordo se il confronto è fatto con i dati meteo della rete ARIAL. Rimane una certa discrepanza per la stazione di via XI Maggio: la situazione, considerando solo il recettore quasi coincidente con la stazione stessa, non è molto diversa nelle due simulazioni effettuate, che hanno stimato una concentrazione circa metà di quella misurata; l'accordo migliora molto, tuttavia, nel caso dell'input ARIAL, a una distanza leggermente maggiore dalla postazione. Come osservato sopra, per questa centralina il calcolo della concentrazione risente molto della posizione della centrale ENEL e del passo utilizzato nel codice, che può rendere tale contributo dominante o sottostimarli rispetto alla situazione sperimentale.

In definitiva, l'analisi riportata nel presente capitolo mostra che il modello messo a punto (con l'uso dei dati meteo della rete ARIAL) può considerarsi sufficientemente validato ed applicabile all'analisi delle altre tipologie di inquinanti.

11.5 L'inquinamento atmosferico dei composti organici volatili

11.5.1 Considerazioni introduttive

I composti organici volatili (COV, o, secondo la sigla inglese, VOC^(*)) sono stati definiti dall'EPA (40 CFR 51.100, 3 Febbraio 1992) come "qualsiasi composto del carbonio, esclusi monossido, biossido, acido carbonico, carburi o carbonati metallici e carbonato di ammonio, che partecipa a reazioni chimiche atmosferiche". Con tale definizione sono esclusi dai VOC molti composti che si ritiene abbiano una trascurabile reattività fotochimica; tra di loro rientrano metano, etano, cloruro di metilene, metil-cloroformio, molti clorofluorocarburi e certe classi di perfluorocarburi.

A differenza delle sorgenti di SO₂, NO_x e PST - per cui è stato possibile effettuare, in base ai dati forniti da ARPAT relativi ai quadri riassuntivi delle emissioni, un censimento delle sorgenti puntuali di origine industriale - la complessità delle sorgenti di COV ha reso necessario il ricorso ad una metodologia di stima delle emissioni: a parte alcune sorgenti convogliate, la maggior parte di sorgenti di COV sono di tipo diffuso, spesso non ben identificabili e stimabili. Di conseguenza una prima parte del lavoro è tutta dedicata alla definizione delle sorgenti di composti organici volatili di origine industriale nell'area di Livorno; la seconda parte ha riguardato l'applicazione del codice VALLEY per la valutazione della concentrazione di questi inquinanti ed il confronto con dati sperimentali di concentrazione di benzene.

(*) Nel seguito le due sigle sono usate indifferentemente

Le principali sorgenti di COV di origine industriale nell'area in esame si ritiene che siano la raffineria AGIP Petroli, alcuni depositi costieri di prodotti petroliferi, nonché il traffico navale e veicolare.

Per la Raffineria, esiste uno studio delle emissioni dai serbatoi di stoccaggio (4/), basato sui dati consuntivati nell'anno 1989, con una lavorazione globale di 3,334 Mton di greggio; tuttavia, dal momento che "il Decreto autorizzativo del Ministero dell'Industria è relativo ad una potenzialità massima di 5,2 Mtonn/anno", gli Autori hanno "ritenuto giusto riportare i quantitativi dei singoli prodotti a tale potenzialità" 4/, con una somma delle quantità movimentate pari a 13,779 Mtonn, superiore al doppio del greggio lavorato perché alcuni impianti trattano semilavorati, importati da altre raffinerie; inoltre alcuni prodotti sono sottoposti a lavorazioni successive, comparando più volte nel movimentato totale. Lo studio di Mueller e Quirici 4/ è basato sull'uso dei fattori di emissione contenuti nel documento EPA AP42, nella versione del 1984 5/.

Sono inoltre stati ricavati, utilizzando i dati disponibili presso ARPAT, i valori di riferimento per Costieri D'Alesio, DOC, Toscopetrol, Eridania, a seconda dei prodotti stoccati, del tipo di serbatoio usato (tetto fisso / mobile), e delle quantità movimentate annue.

I soli dati sperimentali disponibili sono le misure di concentrazione di benzene e toluene nell'area urbana di Livorno, effettuate da ARPAT tra il 25 Settembre e il 5 Novembre 1995 (6/), per la valutazione del benzene aerodisperso originato da traffico veicolare; tali dati sono stati raccolti in generale per un periodo di una o più settimane, in diverse stazioni in successione; l'analisi della correlazione tra la concentrazione di benzene e quella di altri inquinanti da traffico veicolare (NO, CO e idrocarburi non metanici NMHC) è stata necessariamente svolta su stazioni diverse, perché la strumentazione in dotazione alla rete ARIAL permetteva la misura di ognuno degli inquinanti citati solo in una postazione e quindi in periodi diversi.

Dallo studio citato (6/) sono stati tratti i dati riportati nelle Tab. 11.5 e 11.6 (*), relativi rispettivamente alle concentrazioni di benzene e toluene ed ai rapporti tra tali specie, nelle varie postazioni di misura.

Tab. 11.5 Concentrazioni di benzene e toluene misurate nel periodo 25 Settembre - 5 Novembre 1995

Località	Specie	Concentrazioni ($\mu\text{g}/\text{mc}$)					
Borgo Cappuccini	Benzene	38.3	34.0	27.7	36.2	29.8	21.3
		17.0	38.3				
	Toluene	102.1	91.5	80.9	100	85.1	66.0
P.zza XI Maggio	Benzene	53.2	110.6				
		12.9	8.2	8.2	10.6	15.3	11.8
		12.9	12.9	15.3	15.3	17.6	9.4
	Toluene	9.4	11.8	14.1	18.8	9.4	
		41.2	27.1	34.1	41.2	50.6	50.6
		43.5	56.5	45.9	54.1	45.9	22.4
Calambrone	Benzene	27.1	37.6	41.2	56.5	31.8	
		7.3	9.2	8.3	4.6	2.8	2.8
	Toluene	4.6	6.4	6.4	10.1	5.5	
Stagno	Benzene	31.2	33.1	29.4	13.8	11.9	11.9
		13.8	25.7	25.7	38.6	20.2	
	Toluene	3.5	5	5	5.5	2.5	2.5
Ospedale	Benzene	4	5.5	4.5	2.5		
		17	18	17.5	17	8.5	9
		15.5	21.5	16.5	10		
	Toluene	33.6	25.2	33.6	22.4	28	11.2
		16.8	25.2	28	36.4	25.2	
		95.2	70	106.4	53.2	75.6	28
Via Rossi	Benzene	36.4	81.2	72.8	128.8	92.4	
		38.5	20.7	14.8	20.7	26.7	11.9
	Toluene	14.8	26.7	11.9			
Via Cattaneo	Benzene	118.5	56.3	44.4	77.0	85.9	68.1
		50.4	80	41.5			
	Toluene	7.2	7.2	6.3	7.2	9.0	2.7
Via Marradi	Benzene	4.5	9.0	3.6			
		21.5	22.4	18.8	21.5	30.5	9.0
	Toluene	14.4	29.6	9.9			
Via Marradi	Benzene	46.8	55.3	34.0	46.8	29.8	38.3
		51.1	34.0	34.0	40.4	48.9	70.2
	Toluene	136.2	153.2	97.9	144.7	106.4	106.4
		140.4	93.6	85.1	123.4	134.0	187.2

(*) I dati sono stati ricavati misurando le altezze degli istogrammi dello studio citato e riportandole alla scala relativa; i dati sono generalmente riferiti a periodi cronologicamente successivi da una stazione all'altra, e quindi non direttamente confrontabili tra di loro a priori (vedere 6/ per maggiori dettagli).

Tab. 11.6 *Rapporti fra le concentrazioni sperimentali di benzene e toluene*

Località	Rapporto					
Borgo Cappuccini	.375	.372	.342	.361	.35	.323
	.32	.346				
P.zza XI Maggio	.314	.304	.241	.257	.302	.232
	.297	.229	.333	.283	.385	.421
	.348	.312	.343	.333	.296	
Calambrone	.235	.278	.281	.333	.231	.333
	.250	.250	.262	.278		
Stagno	.206	.278	.286	.324	.294	.278
	.258	.256	.278	.250		
Ospedale	.353	.360	.316	.421	.370	.400
	.462	.310	.385	.283	.278	
Via Rossi	.325	.368	.333	.269	.310	.174
	.294	.333	.286			
Via Cattaneo	.33	.320	.33	.333	.294	.300
	.312	.303	.364			
Via Marradi	.344	.361	.348	.324	.280	.360
	.350	.364	.364	.400	.328	.365
	.375	.405				

11.5.2 Stima delle sorgenti di emissioni COV*

11.5.2.1 Le emissioni di COV della raffineria AGIP

Le emissioni di VOC originate dalla raffineria Agip sono dovute ad una serie di cause differenti, corrispondenti a fasi diverse della lavorazione del greggio:

- un primo termine è quello legato ai trasporti, allo scarico del greggio tramite nave cisterna (o autobotte/oleodotto/cisterna ferroviaria per semilavorati in ingresso da altre raffinerie) ed alla spedizione dei prodotti finiti; per le stime delle emissioni sono necessari dati di movimentazione abbastanza accurati, che nel caso in esame non sono disponibili;
- altri termini di emissione sono legati alla lavorazione (emissioni convogliate e "fugitive emissions" da valvole, impianti trattamenti acque ecc.); anche in questo caso sono necessarie le descrizioni delle sorgenti (flange, valvole ecc.) e di eventuali sistemi di limitazione delle fughe;
- sono anche presenti emissioni originate da perdite nei serbatoi (da stazionamento, per asportazione dei vapori da parte del vento, da "respirazione", per espansione del vapore dovuta a differenze termiche con l'esterno, oppure per evaporazione del liquido adeso alle pareti).

Le perdite dai serbatoi sono stimate nel citato studio /4/ Mueller-Quirici (basato sui dati consuntivi dell'89), applicando le formule EPA della versione 1984 delle AP42 /5/. Da un punto di vista metodologico, l'approccio più corretto avrebbe dovuto comprendere il confronto tra le formule di emissione utilizzate nella tesi citata /4/, basate sul documento /5/, e quelle contenute nella versione attuale dello stesso documento /8/, per verificare la correttezza delle stime delle emissioni diffuse dai serbatoi alla luce delle conoscenze più recenti; tuttavia la formulazione stessa delle perdite da serbatoi in /8/ differisce dalla corrispondente di /5/, anche per l'impiego di grandezze diverse da quelle utilizzate in /4/. Poiché non sono disponibili i dati e le grandezze corrispondenti alle formule attuali, necessari per effettuare il confronto, non è stato possibile procedere in tal senso, riservando a studi futuri l'impiego delle nuove formulazioni, con dati più aggiornati di quelli utilizzati.

Le emissioni da 65 serbatoi di stoccaggio sono state raggruppate dagli autori citati in sette categorie /4/, in base alla tipologia di prodotto trattato: greggio, petroli, oli combustibili, gasoli, benzine, lubrificanti e bitumi. Questi prodotti sono stoccati a temperature prossime a quella ambiente (più precisamente, tra i 17 e i 22 °C), tranne lubrificanti e derivati (60 °C), olii combustibili (75 °C) e bitumi (150 °C).

Per bitumi e lubrificanti, i serbatoi sono localizzati intorno agli impianti di produzione di tali prodotti (rispettivamente circa centoquaranta e duecentottanta metri di diametro, in prima approssimazione). I serbatoi di greggio sono concentrati in un'area comune di dimensioni dell'ordine di alcuni ettari (100 x 400 m²). Per gli oli combustibili sono stati localizzati i due serbatoi che danno il contributo dominante sui tre totali di questo tipo di prodotto, a circa 400 metri tra di loro. Peraltro è da notare che i contributi da greggio e oli combustibili alle emissioni totali annue sono di 10.5 e 32.5 t/anno rispettivamente, contro le 0.17 e 2.28 t/anno di bitumi e lubrificanti.

Il contributo dominante nelle emissioni annue è dovuto alle emissioni di tre sole categorie di prodotti, cioè gasoli, benzine e petro-

* Il quadro emissivo globale degli impianti oggetto dei paragrafi che seguono è tuttora in fase di aggiornamento grazie all'impegno delle aziende titolari degli impianti e dell'Associazione Industriali di Livorno. Le modifiche che vengono prospettate per i valori dei rilasci di COV in atmosfera, al momento della stampa del presente lavoro, fanno intravedere una riduzione di circa il 10% della portata totale di COV già presa a riferimento per il presente studio.

li: in totale, su 432 t/anno di emissioni da stoccaggio della raffineria, questi tre prodotti sono responsabili di 386.4 t/anno, di cui non sono localizzati in planimetria i serbatoi responsabili di 51.4 t/anno; per i dettagli si vedano la Tab. A6.2 (perdite annue per categoria di prodotto) e la Tab. A6.1 (totale perdite raggruppamenti), riportate nell'Allegato 6 - Parte 2.

In particolare, i serbatoi di stoccaggio di gasoli localizzati sulla planimetria possono essere raggruppati in 4 zone, mentre per i petroli i serbatoi identificati sono in tre zone, situate a 500 - 1000 metri circa tra di loro; inoltre, circa il 73% delle perdite dovute a petroli non ha una localizzazione identificata; le benzine possono essere raggruppate in 3 o 4 zone, con una percentuale di perdite a localizzazione non identificata del 20.6%.

In definitiva, nella predisposizione dell'input per il codice VALLEY, dato il numero piuttosto consistente di sorgenti, la tipologia di emissione e le incertezze correlate, l'approccio seguito è stato quello di trattare le emissioni di gasoli, petroli e benzine come originate da sorgenti di tipo areale, raggruppando tra loro i serbatoi di uno stesso prodotto localizzati in una stessa zona e sommando i contributi alle perdite (Tab. A6.3 e Tab. A6.4 in Allegato 6 - Parte 2: termini di sorgente per i serbatoi localizzati e posizione serbatoi "sorgente").

Nel codice di calcolo, l'altezza di emissione è stata approssimata con l'altezza del serbatoio con emissione predominante per ogni "raggruppamento areale".

La localizzazione di alcuni serbatoi (più precisamente i numeri 38, 39, 106, 115, 116 e 381 per il gasolio, i numeri 59 e 79 per il petrolio, i numeri 71, 131 e 132 per le benzine), che danno il contributo prevalente alle perdite non identificate di questi prodotti, potrebbe migliorare la precisione della stima delle concentrazioni di COV dovute alla raffineria.

E' da notare che le sorgenti di COV sono caratterizzate da ratei di emissione piuttosto modesti rispetto a quelli delle sorgenti di SO₂ ed altri inquinanti.

Le emissioni dell'impianto di trattamento delle acque reflue della raffineria Agip sono state stimate in base ai fattori di emissione EPA AP42 1999 (capitolo 5, tabella 5.1-2 nel caso di emissioni non controllate /8/), per un volume di 84 mc/h di acque trattate, ottenendo un'emissione totale di 438 t/anno, paragonabile al termine di sorgente delle emissioni da serbatoi.

Infine, per valutare le perdite originate da altre fonti (torri raffreddamento, caricamento, perdite di valvole ecc.), le sorgenti totali sono state stimate aumentando del 25% la somma dei contributi alle emissioni dell'impianto trattamento acque e dei serbatoi; in totale si arriva a circa 3 t/giorno di emissioni di COV.

11.5.2.2 Stima delle emissioni di COV dei depositi costieri

I dati disponibili riguardanti i depositi costieri non sono sufficienti ad una accurata caratterizzazione delle emissioni, che nella realtà dipendono, oltre che dal movimentato annuo e dai volumi stoccati, ad esempio, dalla frequenza e dalle modalità di riempimento dei serbatoi stessi, dalle temperatura di stoccaggio, dall'altezza dei serbatoi, dal loro diametro, tipo e colore, dal tipo di navi ecc.; i fattori di emissione previsti dalla metodologia EPA per questo tipo di emissioni sono, inoltre, caratterizzati da un'incertezza abbastanza elevata, per cui è impensabile applicare tale metodologia in assenza di alcuni dei parametri necessari.

Il contributo alle emissioni dei depositi costieri è stato, pertanto, determinato rapportando il movimentato annuo per le diverse tipologie di prodotti trattati alle analoghe quantità della raffineria Agip o rapportando il volume dei serbatoi alla capacità minima dei serbatoi Agip, ipotizzando un contributo alle emissioni proporzionale, data la similarità dei prodotti considerati.

Le emissioni dai serbatoi di acque reflue dei Costieri D'Alesio sono state stimate, invece che servendosi dell'unico dato disponibile (il volume del serbatoio), in base al rapporto tra i volumi totali dei serbatoi e il corrispondente totale dei volumi di serbatoi di prodotti petroliferi della raffineria, moltiplicato per le emissioni stimate dall'impianto di trattamento acque reflue della raffineria.

Non sono state conteggiate le emissioni dello stabilimento Eridania dal momento che gli scarichi sono convogliati a condensatori ed abbattitori e, pertanto, trascurabili.

Per le emissioni della DOC è stato utilizzato il fattore di emissione ENEA-ANPA del "Guidebook 1994" /9/, sulla base di un movimentato di 250.000 tonn/anno di prodotti organici.

Nella Tab. A6.4 di Allegato 6 - Parte 2 sono riportati, per le diverse Aziende, le sostanze trattate, i volumi di stoccaggio (e, quando disponibile, il movimentato annuo) ed il valore stimato per le emissioni. Tutte le sorgenti sono state localizzate, ai fini della simulazione, nell'area dell'impianto Toscopetrol.

11.5.2.3 Stima delle emissioni convogliate

Tra le sorgenti di COV rientrano anche alcune delle Aziende considerate per le emissioni convogliate di SO_x, PST e NO_x; in particolare AAMPS, Carbochimica, Dow, Dowty Polypac, Laviosa di via Galvani, Magneti Marelli, TRW Italia originano emissioni convogliate di sostanze che rientrano nella definizione di COV. I dati, presenti nel quadro riassuntivo delle emissioni delle singole Aziende /1/, sono stati riportati su file Excel e trattati analogamente a quanto fatto per le emissioni degli altri inquinanti citati.

11.5.3 Stima della concentrazione di COV dovuta a sorgenti industriali

I dati dei termini di sorgente di COV discussi nel precedente capitolo sono stati usati per l'input al codice VALLEY, unitamente ai dati meteo 1996 rilevati dalla rete ARIAL, per ricavare gli andamenti della concentrazione di COV in aria sul territorio oggetto dello studio. I risultati sono stati ottenuti per le tre tipologie di sorgenti e per i diversi passi di reticolo utilizzati nel calcolo. A questo proposito è opportuno premettere le seguenti osservazioni:

- L'operazione di moltiplicare i tassi di emissione QSOT per il fattore 100 è indispensabile perché altrimenti la quasi totalità delle sorgenti avrebbe dato (apparentemente) un contributo nullo, che in realtà può essere dell'ordine di decimi o centesimi di microgrammi/mc; in tal modo si valutano gli effettivi contributi delle varie sorgenti, e migliora anche l'approssimazione delle somme dei contributi.
- Le concentrazioni calcolate nei punti recettori di VALLEY dovute alle emissioni dei serbatoi e del sistema di trattamento acque delle raffinerie non dipendono generalmente in maniera determinante dal passo utilizzato per il reticolo, in corrispondenza ad uno stesso punto, tranne nel caso dei recettori nella zona di Stagno. In questo caso, in realtà, si sta cercando di valutare la concentrazione in prossimità della stessa sorgente (situata a NE dal centro del dominio di calcolo, a distanza di circa un paio di chilometri); l'analisi delle tabelle delle concentrazioni dovute alle singole sorgenti evidenzia chiaramente questa situazione, in cui praticamente tutte le sorgenti della raffineria sono presenti in una zona relativamente ristretta, mostrando non solo per la direzione NE un evidente picco, con concentrazioni prima crescenti e poi decrescenti al crescere della distanza dal centro del dominio di calcolo, ma anche, per una distanza fissata dal centro, un andamento analogo al variare della direzione considerata nel quadrante verso la direzione NE.
- Il contributo totale dei depositi costieri risulta dell'ordine di grandezza di quello della raffineria; in alcuni punti recettori le concentrazioni stimate risultano piuttosto elevate, ma ciò può essere dovuto almeno in parte al fatto che è stata fatta l'approssimazione di un'unica sorgente fittizia di portata pari alla somma delle diverse sorgenti, situate in realtà in punti diversi; i relativi contributi pertanto si sommano abbassando i picchi locali ed alzando il fondo dei valori stimati rispetto al caso di sorgenti distribuite. Dal momento che il contributo di queste sorgenti non è trascurabile si deduce che una loro migliore caratterizzazione è necessaria per una corretta valutazione del termine di sorgente, al fine del confronto con i dati sperimentali.
- Il contributo delle sorgenti convogliate è invece nettamente minoritario, rispetto alle altre due tipologie di sorgenti considerate.

11.5.4 Confronto tra i dati sperimentali sulla concentrazione di benzene e quelli di COV stimati con VALLEY

Per la verifica della stima di concentrazione di COV eseguita tramite VALLEY si è comunque cercato di utilizzare i dati di concentrazione di benzene contenuti in uno studio recente [Chini /6/] riportati in Tab. 11.7.

Tab. 11.7 Confronto tra i dati sperimentali e la concentrazione stimata di benzene

Stazione ARIAL	direzione	distanza	Media sperim.		Stima			
			benzene	Stima COV	Media COV	benzene	Rec. passo	
1-Via da Vinci	N	756	6,2		53,3	1.0		
	N	690		51,85			3	230
	N	690		52,83			1	690
	N	920		54,24			4	230
	N	920		54,14			2	460
	N	920		53,61			1	920
2-P.zza XI Maggio	SSW	1845	12,6		119,4	2.4		
	SSW	1840		123,65			4	460
	SSW	1840		110,21			2	920
	SSW	2070		124,34			3	690
3-Via Rossi	S	3083	20,7		53,5	1.0		
	S	2760		58,12			6	460
	S	2760		61,72			4	690
	S	2760		75,92			3	920
	S	3220		18,15			7	460
5-Via Cattaneo	S	5541	6,3		2,40	0.05		
	S	5520		2,51			6	920
	S	5750		2,3			5	1150
6-Via Marx	NE	2937	4,0		2.1			
	NE	3220		106,7		7	460	
	NE	2760		48,77		6	460	
	NE	2760		158,22		4	690	
	NE	2760		82,24		3	920	

La concentrazione di benzene è ottenuta moltiplicando la concentrazione media di COV calcolata con VALLEY per 0.02 (percentuale di benzene nei COV emessi da raffineria, in base alla Tab.A3-21 del doc. "VOC profiles", arrotondata per eccesso a 0.02 per tenere conto delle incertezze da cui è affetta la stima).

Note: le concentrazioni sono espresse in $\mu\text{g}/\text{mc}$, le distanze ed il passo in metri, mentre il numero del recettore ne caratterizza l'ordine sulla semiretta (nella direzione data) uscente dal centro del dominio di VALLEY.

Inoltre è stato fatto riferimento al documento "VOC profiles" /7/: ogni sorgente emette una serie di composti organici specifici diversi, in proporzioni variabili a seconda delle condizioni di emissione. Rappresentare quindi i dati sperimentali disponibili con le previsioni richiede, come passaggio intermedio, una valutazione della concentrazione di benzene nei COV totali emessi. Nel caso in esame, le sorgenti industriali non convogliate sono prevalenti rispetto a quelle convogliate e quindi si è assunto, senza perdere generalità, che la percentuale di benzene nelle emissioni sia della raffineria che dei depositi costieri fosse quella di Tab. A3-21 del documento citato /7/; i tre studi riportati nella suddetta tabella forniscono stime differenti delle composizioni percentuali delle emissioni, ma per lo scopo prefisso in questo lavoro si è considerato il più elevato tra di essi, ulteriormente arrotondato per eccesso a $\sim 0,02$, per tener conto delle incertezze connesse con i termini di sorgente, la tipologia delle sorgenti ecc. Il prodotto di tale coefficiente per la concentrazione somma dei valori stimati in base alle emissioni Agip (serbatoi e impianto trattamento acque, moltiplicati per 1,25), dei depositi costieri ed alle emissioni convogliate è confrontato con la concentrazione sperimentale di benzene nella Tab.11.7. E' da ricordare, per il confronto con i dati sperimentali, che a Stagno le concentrazioni di benzene e toluene non sono state rilevate in corrispondenza della stazione ARIAL, come invece è avvenuto per le altre centraline. Inoltre i dati sperimentali si riferiscono a campagne di misure in ciascuna postazione di 10-12 giorni, mentre le simulazioni riguardano la concentrazione media annua.

In tutti i casi la concentrazione sperimentale è superiore al valore di stima così ottenuto, coerentemente con l'ipotesi di altri contributi (ad esempio da traffico) alla presenza di benzene in aria. Da questi dati, ammessa la correttezza delle stime di emissione, si evince che il contributo delle sorgenti industriali alla concentrazione di benzene aerodisperso è largamente minoritario rispetto al termine da traffico, anche nella zona più vicina a quella industriale (Calambrone). Solo a Stagno forse, nella postazione di Via Marx, il contributo delle sorgenti industriali potrebbe arrivare al 50% circa del totale; è peraltro da notare che i dati sperimentali mostrano in tale postazione un valore minore rispetto alla concentrazione misurata in altre postazioni.

11.5.5 Considerazioni conclusive

Le concentrazioni di benzene misurate sperimentalmente sono la somma dei contributi dovuti a più tipi di sorgenti ed in particolare al traffico veicolare, a quello portuale, alle sorgenti industriali convogliate, alle emissioni (industriali e non) non convogliate. Ogni tipo di sorgente di emissione presenta un diverso rapporto di concentrazione percentuale tra il benzene e i COV totali emessi, in funzione dei possibili parametri che caratterizzano la sorgente: si pensi, ad esempio, nel caso di emissioni dovute a traffico veicolare, alla tipologia del veicolo (automobile, autocarro, trattore, locomotiva, aeroplano, nave; motore a benzina, diesel, a gasolio, catalizzato, non catalizzato ecc.), all'età e alle condizioni di manutenzione del veicolo ecc.

Il problema si presenterebbe complicato anche ammesso di conoscere esattamente la distribuzione della concentrazione di COV sul territorio, per la difficoltà di determinare esattamente quale percentuale attribuire ad un dato inquinante preso come indicatore della intera classe dei COV in base alle condizioni di emissione.

La caratterizzazione delle sorgenti (e quindi delle concentrazioni che esse originano) è ben lungi dall'essere completa e soddisfacente: per alcuni dei termini sorgente sono presenti dati di riferimento che, sebbene non del tutto adeguati ed omogenei tra di loro, permettono almeno di stimare l'ordine di grandezza del contributo alle emissioni di COV: i dati relativi alle sorgenti convogliate, desunti dai quadri di riferimento delle emissioni, sono in generale sufficienti; per le emissioni della raffineria sarebbe auspicabile il ricorso a dati più aggiornati (che permettano l'uso delle metodologie EPA di calcolo più recenti ed affidabili) e più completi di quelli disponibili, che sono relativi alle sole perdite dei serbatoi di stoccaggio. Una valutazione più accurata dei restanti contributi alle "fugitive emissions", in particolare per quanto riguarda le perdite dell'impianto di trattamento delle acque e le torri di raffreddamento, permetterebbe di focalizzare l'attenzione sulle sorgenti più importanti ed in prospettiva di concentrare gli sforzi di riduzione delle perdite stesse sulle sorgenti realmente determinanti, con ovvi benefici sia per l'ambiente che per l'Azienda stessa.

Per una valutazione adeguata delle emissioni dei depositi costieri non sono sufficienti i dati disponibili: una tabella riassuntiva delle caratteristiche "geometriche" dei serbatoi (tipologia a tetto fisso/galleggiante, dimensioni, volume, sostanza immagazzinata), priva di indicazioni specifiche sulle modalità e frequenza di riempimento dei serbatoi stessi, ed una generica indicazione dei totali movimentati annui. Anche la stima delle emissioni dovute alla movimentazione di questi prodotti sembra importante a causa dei grandi quantitativi trattati; le perdite da stazionamento sono state valutate per analogia di prodotti in base alle perdite stimate dei serbatoi della raffineria, ma è evidente che sarebbe necessaria una migliore definizione di queste sorgenti e dei parametri che le caratterizzano.

Non è stata effettuata una valutazione del termine dovuto al traffico navale, il cui impatto sull'atmosfera livornese non è certamente trascurabile e, pertanto, meritevole di futuri approfondimenti.

Anche il contributo del traffico veicolare è stato valutato solo come possibile causa della differenza tra i dati sperimentali e quelli calcolati; una sua più accurata stima e caratterizzazione è importante, anche per quanto concerne altri inquinanti ad esso collegati (NO_x, CO).

Con queste premesse, il confronto con le concentrazioni stimate da VALLEY per le sorgenti industriali non può che essere limitato alla dimostrazione che i valori trovati sperimentalmente sono maggiori del contributo alla concentrazione totale di COV dovuto alle sorgenti industriali, moltiplicato per la percentuale di benzene tipica di emissioni da raffineria; questo ha permesso di non rilevare incongruenze dovute a dati non aggiornati o non coerenti tra di loro. Risultati più soddisfacenti necessiterebbero di uno sforzo di pianificazione, sia della parte di raccolta e aggiornamento dei dati di emissione e delle metodologie di stima dei fattori di emissione, che della parte sperimentale, cercando di ottimizzare l'impegno di risorse umane e strumentali tramite la misura di grandezze particolarmente significative e determinate a priori. L'obiettivo del confronto tra le concentrazioni stimate di COV e i dati sperimentali

potrà essere pienamente raggiunto solo se da un lato saranno disponibili misure di concentrazione non criticamente legate al campione ed alle condizioni di emissione considerate, e se dall'altro lato la caratterizzazione delle sorgenti emittenti sarà abbastanza precisa da poter non solo rilevare discrepanze tra i valori stimati e quelli misurati, ma anche da permettere di individuarne le cause.

11.6 L'impatto delle sorgenti industriali sulla qualità dell'aria

I risultati discussi nel precedente capitolo 4 sono stati utilizzati per rappresentare in Fig.11.9, tramite un programma di interpolazione, le curve di isoconcentrazione dell'inquinamento da SO₂ dovuto a sorgenti industriali, nella attuale situazione; nella stessa figura, come indicato in legenda, è rappresentata anche la qualità dell'aria per quanto concerne tale parametro, ottenuta applicando la relativa curva di scalatura dell'indice di qualità ambientale, riportata nell'App. 3 di /2/.

In maniera analoga è stata realizzata la Fig.11.10, relativa all'inquinamento da PTS da sorgenti convogliate di origine industriale.

Infine la Fig. 11.11 mostra l'analogo risultato per quanto concerne i COV, le cui basi sono state oggetto della discussione riportata nel precedente cap. 11.5.

In proposito è appena il caso di sottolineare che, sulla base delle più recenti informazioni (discusse nel cap.11.5) è stata modificata la curva di scalatura riportata in /2/ per tale tipologia di inquinanti, ottenuta moltiplicando per 50 (e non più per 10 come fatto originariamente) quella relativa alla concentrazione di benzene.

L'esame delle Figg. 11.9- 11.11 consente alcune osservazioni immediate:

- la situazione della qualità dell'aria nel territorio livornese, almeno per gli apporti da sorgenti industriali, è accettabile per quanto concerne l'inquinamento da SO₂ e PTS, nel senso che su tutto il territorio in oggetto le concentrazioni medie annue sono inferiori ai valori guida indicati nella legislazione di protezione della qualità dell'aria;
- ancora più modesti sono gli apporti delle sorgenti industriali alle concentrazioni di NO_x, tanto che si è ritenuto non significativo riportarli in una figura analoga alle precedenti, anche perché il contributo del traffico e delle altre sorgenti non considerate nello studio è probabilmente di almeno 1 ordine di grandezza maggiore;
- più problematica appare la situazione per quanto concerne le emissioni in atmosfera di COV, cui sono associate concentrazioni non trascurabili sia nella zona industriale che nel centro di Livorno (Fig. 11.11). Il problema è certamente fra i più sentiti della popolazione e dalle autorità locali per le maleodoranze che costituiscono una peculiarità della zona di Stagno, conosciuta anche al di fuori dell'area di Livorno. Le principali difficoltà per l'analisi di questa problematica derivano dal fatto che le maggiori sorgenti di tale inquinamento sono di tipo diffuso e sostanzialmente incontrollato (emissioni non convogliate durante alcune fasi delle lavorazioni, quali il caricamento dei prodotti petroliferi nei serbatoi, perdite di processo, rilascio del sistema di trattamento acque ecc.); a queste è da aggiungere l'inquinamento di fondo diffuso su tutto il territorio per il traffico veicolare ed altre attività umane, che dà un contributo probabilmente dominante (almeno per la concentrazione di benzene), salvo forse che a Stagno.

11.7 Conclusioni

L'analisi riportata nei precedenti capitoli, per quanto concerne l'apporto di sorgenti industriali all'inquinamento dell'aria nel territorio di Livorno, consente di trarre alcune conclusioni di un certo interesse anche con i limiti e le incertezze diffusamente descritte nei capitoli precedenti.

- a) Le sorgenti industriali convogliate sono caratterizzate in maniera sufficientemente adeguata, anche per quanto concerne la loro localizzazione su GIS.
- b) Le caratteristiche meteorologiche, utilizzando i dati della centralina della rete ARIAL (con classificazione delle categorie di stabilità atmosferica in base allo sbandieramento del vento), sono da ritenere conosciute in maniera adeguata per la modellistica di dispersione atmosferica di tipo climatologico. Questo è confermato sia dall'analisi dei dati disponibili, riportata nel cap.11.2, sia dai risultati dell'applicazione dei dati 1996 alla dispersione atmosferica di SO₂ sul territorio livornese, in base al relativo raffronto con i dati misurati dalle centraline della rete ARIAL.
- c) Sulla base dei risultati del confronto appena citato, è da considerare validato sufficientemente (almeno per gli scopi del presente lavoro) il modello di dispersione atmosferica dei principali inquinanti ubiquitari emessi da sorgenti industriali.
- d) La situazione della caratterizzazione delle sorgenti industriali diffuse di COV è completamente diversa: anche se queste sono state stimate con valori che appaiono ragionevoli, nella stima sono state fatte tante e tali ipotesi (alcune anche grossolane) da rendere necessaria una più accurata validazione dei principali contributi alle sorgenti di COV di origine industriale.
- e) L'applicazione della modellistica, messa a punto, per l'anno 1996 indica una situazione accettabile della qualità dell'aria per i principali inquinanti ubiquitari, per quanto attiene all'apporto delle sorgenti industriali. Per quanto concerne i COV, invece, la situazione sembra critica nella zona industriale ed ancora più nel centro di Livorno, anche se le concentrazioni diminuiscono rapidamente allontanandosi da tali zone (si tratta essenzialmente di sorgenti basse e diffuse). Tale situazione è probabilmente aggravata dal contributo del traffico, e ciò potrebbe renderla ancora più critica per gli inquinanti i cui maggiori contributi derivano dal sorgenti diverse da quelle industriali considerate nell'analisi.

Un risultato sperimentale incontrovertibile è infatti rappresentato dalle elevate concentrazioni di benzene sul territorio /6/, anche



Fig. 11.9 Curve di isoconcentrazione ed indice di qualità relativo alla concentrazione media annua di SO₂, da sorgenti industriali

se i dati sperimentali disponibili si riferiscono a periodi di circa 2 settimane in ciascuna postazione e quindi non consentono di stabilire se la concentrazione media annua di tale inquinante supera l'obiettivo che la legge assume a riferimento per stabilire l'accettabilità della situazione (10 mg/mc). Anche alla luce della nuova legge quadro per il controllo ed il miglioramento della qualità dell'aria recentemente entrata in vigore, sarebbe, se non necessario, certamente opportuno mettere a punto un modello in grado di descrivere le fenomenologie di interesse con sufficiente aderenza alla realtà, per valutare l'efficacia di eventuali interventi per bonificare l'ambiente o comunque per migliorare le condizioni attuali. In particolare, oltre ad una miglior stima delle sorgenti diffuse di COV di origine industriale, occorrerebbe valutare e trattare quelle derivanti dal traffico autoveicolare e da quello navale relativo al porto di Livorno.

11.8 Riferimenti

- /1/ A. Babboni *et al*, *Studio sugli squilibri ambientali nell'area di Livorno* NT ARPAT-DIMNP 01 (98) e rel. Addendum. Università di Pisa, 1998
- /2/ DIMNP e DICCISM dell'Università di Pisa, *Piano di risanamento per le aree critiche ad elevata concentrazione industriale di Livorno e Piombino. Definizione di criteri metodologici generali e ricognizione dei dati necessari per la stesura del Piano*. Pisa, ottobre 1998
- /3/ ARPAT, *L'inquinamento atmosferico nel territorio di Livorno*. Livorno, 1997
- /4/ M.Muller e F.Quirici, *Studio delle emissioni gassose di idrocarburi dai serbatoi di stoccaggio della raffineria Agipplas di Livorno*, Tesi di diploma della Scuola diretta a fini speciali in "Tecnologie per la protezione ambientale e per la sicurezza". Università di Pisa, 1990
- /5/ EPA, *Compilation of air pollutant emission factors*. Third edition (including supplements 1-15), 1984
- /6/ M.Chini, *Effetto del traffico autoveicolare sullo stato della qualità dell'aria nel territorio livornese: determinazione del benzene aerodisperso*. Tesi di Specializzazione in "Sicurezza e Protezione Industriale". Università di Pisa, 1995
- /7/ Systems Applications International, "HAP profile review and development". EPA, 1999
- /8/ EPA, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42*. Fifth Edition, Volume I: *Stationary Point and Area Sources*, 1999 <http://www.epa.gov/ttn/chieff/ap42.html>
- /9/ De Laurentis, *Guidebook 94 dei fattori di emissione ricavati in base alle indicazioni europee "Atmospheric Emission Inventory Guidebook EEA"*. ENEA-ANPA, 1994.

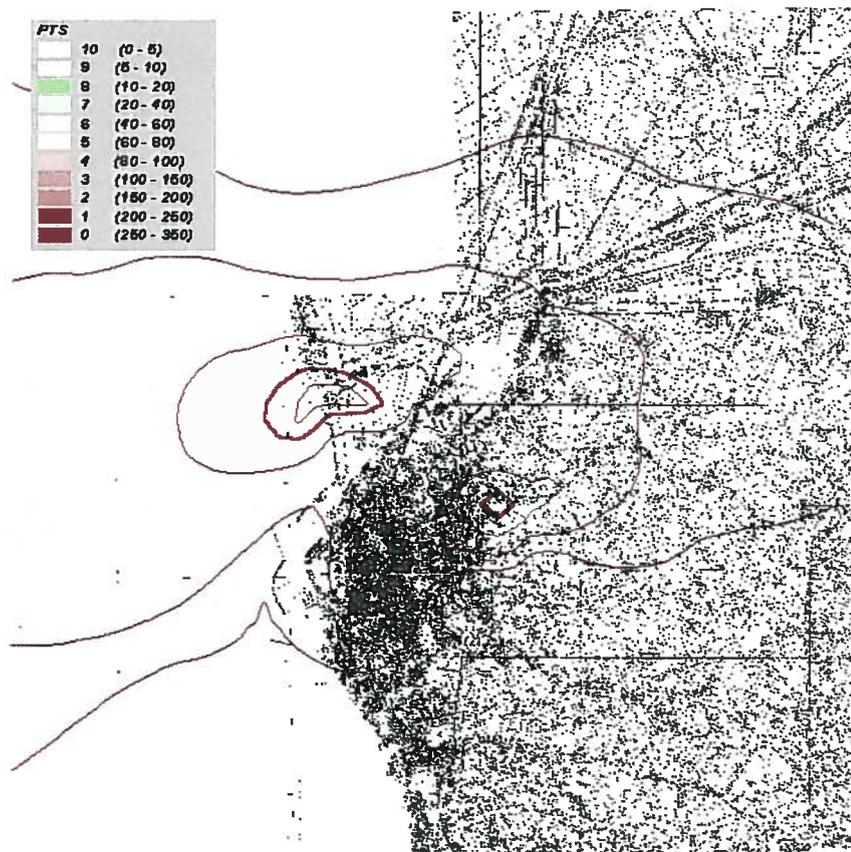


Fig.11.10 Curve di isoconcentrazione ed indice di qualità relativo alla concentrazione media annua di PTS, da sorgenti industriali

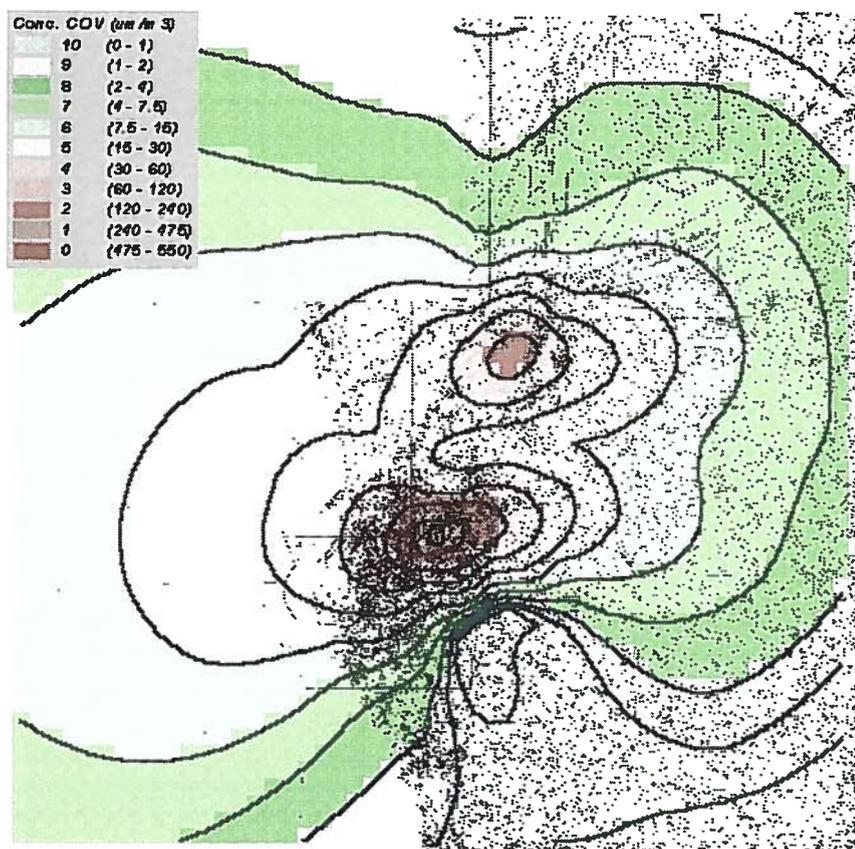


Fig.11.11 Curve di isoconcentrazione ed indice di qualità relativo alla concentrazione media annua di COV, da sorgenti industriali

12 SITUAZIONE DEI PRINCIPALI CORSI D'ACQUA INTERESSATI DALL'AREA INDUSTRIALE DI LIVORNO

12.1 Premessa

Il presente capitolo documenta i risultati dello studio sulla situazione ambientale dei corsi d'acqua superficiale interessati dalla zona industriale di Livorno. Lo studio è basato su dati e informazioni non del tutto esaurienti; l'analisi del materiale documentario disponibile non ha consentito di caratterizzare compiutamente la situazione dei corsi d'acqua di interesse secondo la metodologia inizialmente prevista (con l'applicazione delle relative linee guida riportate nel nuovo Testo Unico sulla qualità delle acque). Ciononostante le informazioni raccolte hanno consentito di sviluppare l'analisi di tale problematica con la metodologia adottata in Germania (con alcune varianti imposte dalla disponibilità dei dati), limitatamente agli aspetti ed ai casi per cui si hanno informazioni sufficienti.

In particolare lo studio esamina i seguenti punti principali:

1. Ricognizione, revisione ed elaborazione dei dati ambientali sulle caratteristiche dei corsi d'acqua oggetto dello studio;
2. Valutazione (in presenza di informazioni sufficienti) del livello di qualità dell'acqua e suo andamento lungo gli stessi corsi (quando possibile).

12.2 Introduzione

I corsi d'acqua di maggiore interesse presenti nella zona di Livorno sono il Fiume Tora, il Canale Scolmatore, il Torrente Ugione e il Fosso Fologno.

Il quadro generale e i parametri idraulici di tali corsi d'acqua sono stati reperiti anche grazie alla disponibilità del Consorzio di Bonifica "Ufficio dei Fiumi e Fossi" di Pisa

L'analisi della documentazione reperita sulla situazione dei suddetti corsi d'acqua ha consentito di evidenziare i diversi aspetti compiutamente discussi nei successivi capitoli.

Per quanto concerne gli aspetti metodologici per l'analisi di qualità relativa alle acque, gli indici di riferimento sono quelli individuati nel "Testo Unico". In esso si riporta: *"le pressioni antropiche possono essere valutate tramite la misura del carico organico e microbiologico nonché della matrice acquosa e di trasporto solido"*; a questo proposito il Testo Unico fornisce una tabella (Tabella 4 degli Allegati) in cui si elencano i macrodescrittori necessari per il sistema di classificazione. Per ogni corso d'acqua naturale viene definito un numero minimo di stazioni di prelievo in funzione della tipologia del corso d'acqua e della superficie del bacino imbrifero. Nei dati disponibili presso ARPAT sono valutati 8 descrittori di quelli citati nel "Testo Unico" e il numero di stazioni di prelievo è sovrabbondante rispetto a quanto stabilito dal "Testo Unico" stesso.

La frequenza dei campionamenti è invece minore di quella prevista nel "Testo Unico", né è stato possibile utilizzare la classificazione in base ai soli indicatori macrodescrittori previsti dal "Testo Unico" per fornire un'analisi preliminare di qualità ambientale, data l'assenza di alcuni dati necessari.

Peraltro i dati disponibili hanno consentito di effettuare una valutazione delle qualità dei corsi d'acqua di interesse secondo la metodologia adottata in Germania sia pure con alcuni adattamenti, come indicato nel cap.12.4.

12.3 La caratterizzazione dei corsi d'acqua superficiali interessati dalla zona industriale di Livorno

12.3.1 Fiume Tora

Per quanto riguarda il Fiume Tora, il tratto di interesse per lo studio va dal punto di immissione del torrente Morra sino allo sbocco nel Canale Scolmatore. La gestione dell'alveo e la sua manutenzione nel tratto livornese interessa due enti: il Genio Civile, che ha competenza sul tratto dello sbocco nello Scolmatore sino a Colleromboli, e il Consorzio di Bonifica "Ufficio dei Fiumi e Fossi" di Pisa, da Colleromboli fino al Morra. L'intero corso non è interessato da scarichi industriali, eccezion fatta per la fonderia Gelli ubicata a Collesalveti, all'altezza di Colleromboli: tuttavia riceve, direttamente (es. Le Murelle) o indirettamente tramite gli affluenti, le acque di scarico di centri urbani di una certa importanza. Infatti il Tanna, il Fiocina, il Morra e il Conella, attraversando località come Acciaiuolo (rio Conella), Torretta Vecchia (rio Morra) ecc., ne ricevono le acque reflue destinate quindi ad immettersi nel corso principale. Poiché il Conella e il Fiocina si riversano nel Tora prima della zona di interesse livornese, è importante la conoscenza dello

stato delle acque immediatamente a monte del punto di immissione del Morra. Il bacino del Tora, comprendente ben otto sottobacini, raccoglie inoltre le acque di ruscellamento della campagna circostante, coltivata principalmente a grano e girasole (acque con presenza di anticrittogamici). La discreta pendenza del Tora ha reso necessario la messa in opera di particolari strutture, onde diminuire l'effetto di erosione che induceva il continuo cambiamento delle sezioni, quindi dell'idraulica del corso d'acqua. Il letto del fiume si presenta perciò con una serie di salti (veri e propri scalini) in corrispondenza dei quali alcuni bacini di raccolta frenano la velocità dell'acqua. In questo modo la pendenza rimane in un range che va dal 1,5‰ al 2‰ e le sezioni tipo si mantengono sufficientemente inalterate nel tempo.

Il Consorzio ha fornito inoltre una sezione tipo nel tratto livornese, una nel tratto a valle, una nel tratto a monte e una nel tratto pisano. Il corso del fiume è tale da far ipotizzare che tali sezioni siano generalmente sufficienti per la caratterizzazione geometrica, tranne che nel Piano di Collesalveti: qui esiste un "bypass" a due rami per ovviare al problema di incanalamento delle acque (quindi di intasamento nei periodi di piena) nei pressi di un vecchio ponte mediceo.

Invece, non sono disponibili le sezioni tipo e la pendenza per il tratto che va da Collieromboli fino allo sbocco nello Scolmatore.

ARPAT dispone delle analisi fisico-chimiche di quattro stazioni di rilevamento ubicate rispettivamente:

1. a 500 m a monte della confluenza con il canale Scolmatore;
2. nel punto di chiusura del bacino del fiume Tora;
3. in corrispondenza del citato Ponte Mediceo di Collesalveti;
4. in corrispondenza del Ponte di Lorenzana.

12.3.2 Torrente Ugione

Il torrente Ugione è interessato da diverse problematiche. Il corso ha una pendenza tale da conferire alle acque una velocità sufficientemente elevata da indurre una discreta erosione e, come per il Tora, si sono resi necessari interventi per mantenere la pendenza dell'alveo in un range contenuto. Il torrente attraversa la zona di Vallin dell'Aquila, sede dell'impianto di discarica municipale, classificato secondo la legge 915/82 e relativo regolamento di attuazione nella categoria 1-2B. Come riportato nel documento "Monitoraggio dei corpi idrici sotterranei in prossimità di discariche e siti di bonifica" (Dott. Carrozzino, 1998), l'impianto si trova nel settore nord-occidentale del bacino idrografico del torrente Ugione, all'interno di una zona caratterizzata da una vulnerabilità intrinseca che varia da elevata a medio-elevata. Le opere di impermeabilizzazione e la rete di raccolta di acque meteoriche esistono solo per i nuovi impianti; evidenti risultano quindi i rilasci della vecchia discarica che, confluendo nel Fosso della Vallelunga, si immettono nello stesso Ugione. Risultato, conclude il documento citato, è che "... è stato riscontrato il più elevato grado di contaminazione delle acque sia sotterranee che superficiali, con valori elevati del gruppo di parametri considerati normalmente indici di inquinamento da R.S.U.: conducibilità elettrica, cloruri, azoto ammoniacale, C.O.D. e con contaminazione da Piombo". Nessuna analisi chimico-fisica del torrente Ugione in prossimità del punto di immissione del Fosso della Vallelunga è tuttavia disponibile, per poter valutare l'influenza della discarica di Vallin dell'Aquila. Il torrente continua poi il suo percorso in aperta campagna per circa 1 km, fungendo sempre da bacino di raccolta delle acque di ruscellamento. Nella zona di La Valle del Berretta iniziano le immissioni significative urbane e industriali. In particolare sull'argine destro (spalle alla sorgente) è ubicato l'impianto idrovoro "Ponte Ugione", che evita l'allagamento della zona circostante prelevando le acque di drenaggio dei campi dal relativo bacino di contenimento. Esso è dotato di 2 pompe, una da 250 l/s e l'altra da 450 l/s. Sull'argine destro, alla stessa altezza dell'impianto idrovoro, sono presenti due aziende i cui scarichi non sono stati caratterizzati, né per portata, né per tipo. Tra Prato Lungo e Pontarcione, sempre sull'argine sinistro, si ha l'immissione del Fosso Puzzolente e la presenza di una azienda produttrice di materiale bituminoso, per la quale valgono le considerazioni fatte in precedenza per le altre aziende. Dopo circa 100 m si incontra sull'argine destro l'impianto idrovoro del Cateratto. Esso utilizza 3 pompe, rispettivamente da 250, 450 e 500 l/s, raccogliendo le acque del Cateratto, torrente che riceve le acque reflue della zona di Stagno e le riversa nell'Ugione. Dalle analisi fisico-chimiche del Cateratto risulta che i reflui che vi si riversano non vengono depurati: infatti gli indici caratteristici dell'inquinamento da fognatura nera sono estremamente elevati. Nella zona industriale un'altra incognita rimane l'immissione delle acque di ruscellamento dei piazzali aziendali nei quali reflui oleosi si mischiano alle acque meteoriche e si riversano nell'Ugione. Su di essi non esistono dati di analisi fisico-chimiche.

Procedendo oltre si arriva all'immissione del Rio Cigna, il quale raccoglie le acque reflue di una grossa parte della zona urbana di Livorno. Da uno studio fatto su questo corso d'acqua (ing. Pier Gino Megale, 1996) volto alla valutazione del rischio idraulico, sono state individuate le portate e le precipitazioni massime registrate fino al 1987 dalla Stazione di Livorno; nulla è invece documentato sugli scarichi che vi confluiscono. Sempre in questa zona si trova l'impianto A.A.M.P.S., che depura i reflui della località Paduletta; poco più a valle l'Ugione sfocia nella "Darsena Ugione".

I punti di rilevamento per la valutazione di qualità delle acque dell'Ugione sono tre, più due del Fosso Cateratto che, come già detto, si immette nell'Ugione tramite l'impianto idrovoro del Cateratto. Le stazioni di rilevamento per l'Ugione sono ubicate rispettivamente:

- 1) in corrispondenza del Ponte della Variante Aurelia;
- 2) in corrispondenza del ponte allo sbocco di Valle Benedetta;
- 3) in località Infernaccio.

Per il Cateratto invece:

- 1) in località Stagno, via di Suese;

2) in località Stagno, via di Aiaccia.

Per la prima stazione dell'Ugione è stata fornita 1 analisi relativa al 14/04/'98; per la seconda stazione invece sono state reperite 9 analisi, rispettivamente del 27/06/'96, 19/08/'96, 11/12/'96, 10/03/'97, 04/06/'97, 01/09/'97, 10/12/'97, 14/04/'98 e 17/06/'98; infine per la terza stazione è stata fornita l'analisi del 14/04/98. Per le due stazioni del Fosso Cateratto le analisi sono relative al 27/04/'98.

Ai fini di una prima classificazione della qualità dei corsi d'acqua, è evidente la necessità di incrementare il numero dei rilevamenti nella prima e nella terza stazione dell'Ugione, nonché nelle due stazioni del Cateratto.

12.3.3 Fosso Fologno

Il Fosso Fologno nasce nei pressi di Collesalveti e segue per un breve tratto la Statale Pisana-Livornese. In esso confluiscono, oltre allo scarico del Depuratore di Collesalveti-Via del Vione, fognature miste di una parte dell'abitato di Collesalveti. A questo punto il Fosso s'interra e torna alla luce dopo circa 800 m, nei pressi della ferrovia Pisa-Vada; le zone che attraversa in seguito sono esclusivamente agricole, per cui l'unica funzione affidatagli è quella di raccolta delle acque di ruscellamento o irrigazione. L'intera area è infatti costellata da "capi fossi" e "scolini" che vanno a riversarsi nel Fosso.

Ben 19 sezioni caratterizzano l'alveo del corso la cui pendenza, mediamente, rimane nell'ordine del 2‰; i punti di rilevamento per la valutazione di qualità delle acque sono quattro, ubicati rispettivamente:

1. in corrispondenza del Ponte Mediceo;
2. a monte del Depuratore di Collesalveti-Via del Vione;
3. a valle del Depuratore di Collesalveti-Via del Vione;
4. in prossimità della Stazione di Vicarello.

Per tutte le stazioni è disponibile 1 sola analisi, effettuata per due stazioni il 19/03/98 e per le altre il 11/05/98. Anche da questi pochi dati è evidente l'inquinamento delle acque sia chimico che batteriologico; basti osservare i valori di ossigeno disciolto, ammoniaca e parametri batteriologici. Tuttavia, per poter impostare un'analisi simile a quella dei corsi d'acqua precedenti, sarebbe opportuno avere a disposizione ulteriori analisi fisico-chimiche. Anche in questo caso comunque si renderebbe necessaria una campagna di monitoraggio finalizzata alla taratura di modelli di qualità delle acque superficiali.

12.3.4 Canale Scolmatore dell'Arno

Notevoli sono stati i problemi incontrati per il reperimento dei dati anche per questo canale di competenza del Genio Civile. Le informazioni reperite sono riassumibili come segue:

si tratta di un canale artificiale progettato per far fronte ad una portata di 1400 m³/s; tuttavia l'assessamento avvenuto nel corso degli anni impone un valore di riferimento minore (circa 1200 m³/s). La sua funzione principale è quella di fungere da corpo ricettore in caso di superamento di un livello critico dell'Arno tramite l'apertura meccanica (sistema di contrappesi) o elettrica di paratie di contenimento ubicate a Pontedera. Lungo il suo cammino riceve però anche le acque di corsi di non trascurabile importanza, come l'Isola, il Tora, il Fosso dell'Acqua Salsa e il Fosso Reale (riceve il Fosso Fologno), oltre a fognature di una parte dell'abitato di Stagno. La cartografia numerica manca parzialmente, ma è stato possibile reperire dall'Ufficio del Genio Civile di Pisa 36 sezioni del canale che vanno dal ponte sulla ferrovia Firenze-Pisa, nei pressi della statale Tosco-Romagnola, sino al ponte della ferrovia Pisa-Roma dopo l'immissione della Fossa Nuova. Le sezioni sono state fatte a intervalli variabili onde poter considerare la realtà e le possibili esigenze diverse che si presentavano anche a brevi distanze; le distanze parziali, cioè quelle tra una sezione e la successiva, possono andare da un minimo di 160 metri a un massimo di circa 1400m. La pendenza del fondo del canale era prevista dell'ordine del 2‰. Tuttavia, eventuali interventi di miglioramento dovranno tener conto del riempimento del bacino, quindi della variazione di forma e pendenza del canale, dovuto all'effetto di trasporto delle acque dal momento del completamento dell'opera idraulica avvenuta nel 1984.

Le analisi fisico-chimiche fornite appartengono a quattro stazioni di rilevamento ubicate rispettivamente:

1. alla foce;
2. nei pressi del Ponte ex-SS1 a Stagno;
3. a circa 50 m a valle del Ponte di Vicarello;
4. nei pressi del Ponte di Grecciano.

Per la prima stazione le analisi reperite sono 9, effettuate in particolare nei giorni 12/03/'97, 2/04/'97, 12/06/'97, 1/07/'97, 7/08/'97, 1/09/'97, 20/10/'97, 11/11/'97 e 01/12/'97. Per la seconda si hanno 6 analisi, relative al 12/03/'97, al 12/06/'97, al 27/08/'97, al 1/12/'97, al 25/02/'98 e al 15/06/'98. Per la stazione posta a 50 m a valle del Ponte di Vicarello si può fare riferimento solo a due analisi (del 19/08/'96 e del 11/12/'96), mentre nei pressi del Ponte di Grecciano si hanno i dati di 8 analisi, effettuate il 19/08/'96, il 11/12/'97, il 12/06/'97, il 27/08/'97, il 2/12/'97, il 25/02/'98 ed il 15/06/'98.

12.4 Metodologia "Chemical index"

Nel capitolo sui criteri metodologici, da impiegare per la valutazione della qualità dell'ambiente nelle zone di Livorno e Piombino, per la determinazione della qualità delle acque era stata indicata la metodologia consigliata nel Testo Unico; questa prevede un monitoraggio iniziale di una durata di 24 mesi, cioè una raccolta dati sui parametri chimici, fisici, microbiologici e idrologici uniforme nel corso di due anni. Inoltre, ai fini della prima classificazione della qualità dei corsi d'acqua, devono essere eseguite determinazioni anche sul biota. Per l'insufficienza dei parametri misurati a disposizione, ma soprattutto per la mancanza di una campagna di raccolta dati di durata e frequenza adeguate, questo metodo è risultato non applicabile ai corsi d'acqua (Tora, Ugione, Scolmatore, Fologno) oggetto dello studio.

Si è pensato quindi di applicare una metodologia diversa, il Chemical Index (C.I.), utilizzato nella Repubblica Federale di Germania proprio per il monitoraggio della qualità delle acque dei fiumi (Bach, Bavarian State Office for Water Utilization, 1980).

Il C.I. è un indice sintetico per la cui formulazione è richiesta la valutazione di 8 parametri (Tab.12.1) per ogni campione d'acqua. A ciascuno degli 8 parametri è attribuito un fattore di peso w_i corrispondente alla sua importanza relativa a concorrere al giudizio globale.

Tab. 12.1 Parametri utilizzati per il calcolo del Chemical Index e rispettivi pesi di importanza (Newman)

Parametri	Unità	Peso
Saturazione dell'ossigeno	% sat.	0,20
BOD ₅ (COD)	mg/l	0,20
Temperatura dell'acqua	°C	0,08
Ione Ammonio-NH ₄	mg/l	0,15
Ione Nitrato-NO ₃	mg/l	0,10
Ortofosfati - PO ₄	mg/l	0,10
pH	-	0,10
Conducibilità elettrica	µS/cm	0,07
n=8		Σ=1,00

La relazione con cui viene calcolato il C.I. è la seguente :

$$C.I. = \prod_{i=1}^n q_i = (q_1)^{w_1} \cdot (q_2)^{w_2} \cdot (q_3)^{w_3} \dots (q_n)^{w_n}$$

I fattori di peso utilizzati sono anomali, dato che in realtà si tratta di esponenti, come indicato nella relazione precedente. Inoltre, anche se la somma di tutti i w_i è uguale a 1, invece di fare il calcolo della media pesata, si fa il prodotto dei vari fattori. Comunque il C.I. è un numero adimensionale compreso nella scala continua 0=100, dove 0 corrisponde all'acqua di qualità peggiore e 100 a quella di qualità migliore; n è il numero di parametri (pari a 8) e q_i è il subindice per l'i-esimo parametro, un numero adimensionale anch'esso compreso tra 0 e 100 e determinato in base ai grafici delle Figg. 12.1- 12.8.

Per il calcolo del C.I. in definitiva si procede come segue:

1. A ciascun parametro viene assegnato il fattore di peso indicato dalla Tab 12.1 e interpretabile come ordine di priorità o importanza del parametro.
2. Successivamente a ciascun parametro viene assegnato il valore del subindice q_i derivato dai valori ottenuti per quel parametro in un dato campione d'acqua, facendo riferimento alle curve di correlazione x/y, riportate nelle figg. 1-8.
3. Il valore C.I. viene calcolato con la formula di calcolo sopra riportata utilizzando i valori ottenuti dei singoli q_i e w_i .

Poiché il BOD₅ non è un dato disponibile, si è pensato di sostituirlo con il COD. La curva di riferimento è stata modificata raddoppiando i valori sulle ascisse, in base all'osservazione che il rapporto tra i limiti del COD e del BOD₅, per le varie classi di qualità dell'acqua considerate dallo stesso Testo Unico, è circa 2.

Inoltre, si è pensato di tenere conto della differenza di circa 5°C esistente tra la temperatura media dell'acqua a livello del mare fra la Baviera e la Toscana, traslando di 5°C la specifica curva.

Per ottenere un C.I. significativo si è ritenuto opportuno mediare i dati; la media è stata fatta, dove possibile, sulle quattro stagioni di uno stesso anno, riducendo così le variazioni stagionali dei parametri, tra i quali la temperatura è sicuramente quella maggiormente interessata; altrimenti ci si è limitati alla media tra un dato invernale ed uno estivo. Peraltro, non è stato sempre possibile considerare lo stesso anno per ogni corso d'acqua. Ad esempio, per quanto riguarda la stazione del Tora posta 500 m a monte della confluenza con il Canale Scolmatore, i dati disponibili sono relativi all'agosto '96, al dicembre '96, al marzo '97 e al giugno '97. Analizzando le temperature stagionali dell'anno '96 e del '97, fornite dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica, si è verificato che le stesse non differivano in modo significativo; si è ritenuto quindi di poter mediare i quattro dati come se appartenessero al medesimo anno.

Per lo Scolmatore il calcolo del C.I. e il suo andamento lungo il corso d'acqua è stato possibile solo considerando per la "stazione" di Vicarello l'anno 1996.

La mancanza di rilevamenti sufficienti per ottenere un dato medio ha reso inapplicabile il metodo del C.I. come valutazione pre-

liminare della qualità delle acque, per quanto riguarda l'Ugione, il fosso Cateratto e il Fologno. Tuttavia per il primo si è potuto fare una valutazione del C.I. per la stazione del Ponte al Bosco di Valle Benedetta.

Il C.I. non tiene in considerazione l'inquinamento microbiologico; per averne un'idea di tale tipo di inquinante è stato rappresentato, dove possibile, l'andamento medio del parametro "coliformi totali" lungo il corso d'acqua.

Secondo quanto indicato dalla metodologia, sarebbe stato più corretto, per ogni campionamento, effettuare una valutazione del C.I., per poi calcolare un indice medio. La decisione di usare dati medi è venuta dall'esigenza di limitare l'influenza della variazione di temperatura durante l'anno; i corsi d'acqua studiati infatti sono per lo più torrenti e la loro limitata capacità risente fortemente delle variazioni stagionali. La differenza fra le temperature massime e minime delle acque può arrivare in un anno anche a 17°C.

Gli indici di qualità valutati con i due metodi non differiscono comunque in modo rilevante, per cui si è ritenuto opportuno calcolare il C.I. su dati medi.

Per poter fornire un primo giudizio sulla qualità delle acque si è pensato di utilizzare come riferimento il criterio riportato sul Testo Unico. Quest'ultimo fornisce una classificazione della qualità dei corsi in cinque livelli, facendo corrispondere ad ognuno un range di valori dei macrodescrittori ben definito. Il livello ottimo corrisponde a quello che viene definito *stato elevato* il cui punteggio totale (P.T.), somma di tutti i valori assegnati ai macrodescrittori, deve risultare ≥ 520 , il livello buono corrisponde allo *stato buono* con $520 > P.T. \geq 300$, poi lo *stato sufficiente* ($300 > P.T. \geq 150$), lo *stato mediocre* ($150 > P.T. \geq 75$) e infine lo *stato cattivo* ($P.T. < 75$).

Analogamente si è pensato di suddividere il campo di variazione del C.I. in 5 intervalli, di ampiezza costante pari a 20 punti, attribuendo al primo, cioè quello che va da 100 a 80, il livello di qualità *ottimo*, al secondo (79-60) *buono*, al terzo (59-40) *sufficiente*, al quarto (39-20) *mediocre* e all'ultimo (19-0) *pessimo*.

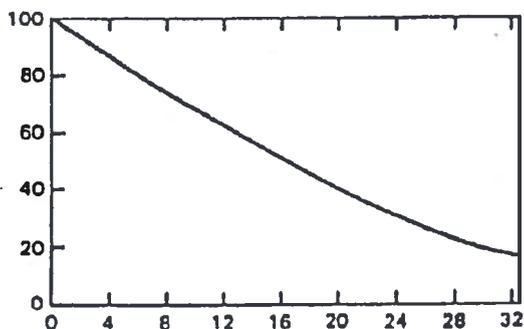


Fig. 12.1 Andamento del subindice q_1 in relazione al contenuto di nitrato

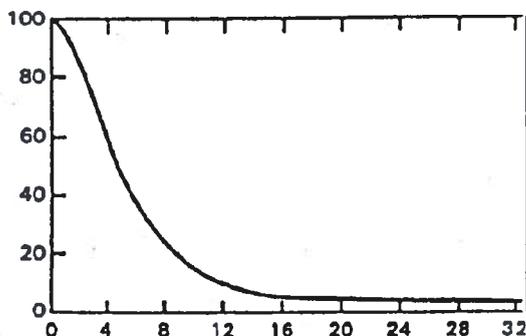


Fig. 12.2 Andamento del subindice q_1 in relazione al contenuto di ortofosfato

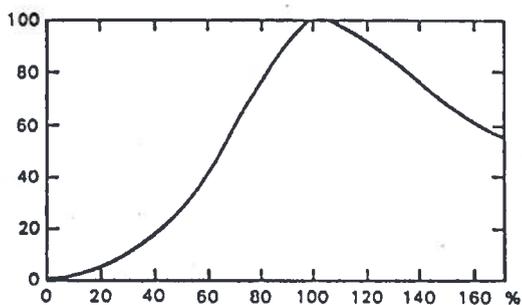


Fig. 12.3 Andamento del subindice q_1 in relazione alla saturazione di ossigeno

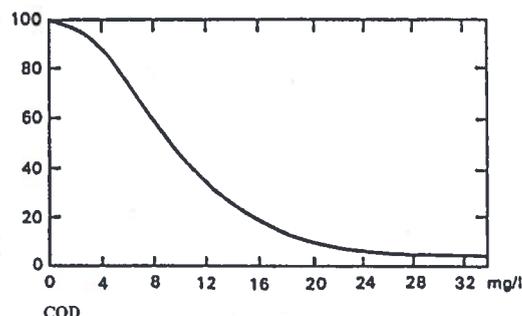


Fig. 12.4 Andamento del subindice q_1 in relazione al COD

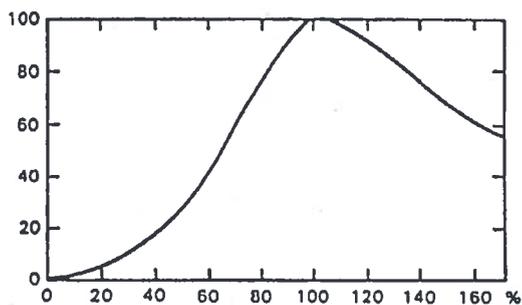


Fig. 12.5 Andamento del subindice q_1 in relazione alla temperatura dell'acqua

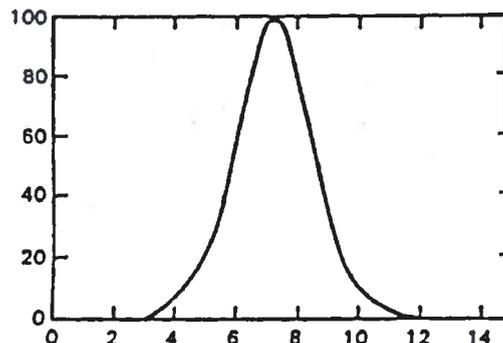


Fig. 12.6 Andamento del subindice q_1 in relazione al pH

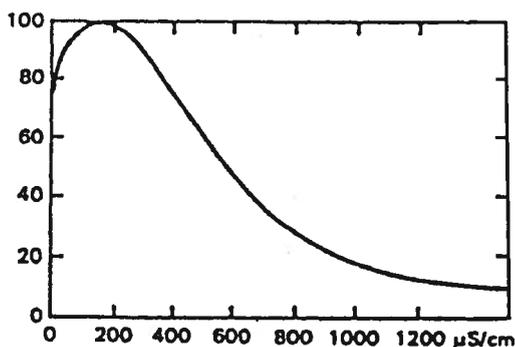


Fig. 12.7 Andamento del subindice q , in relazione alla conducibilità elettrica

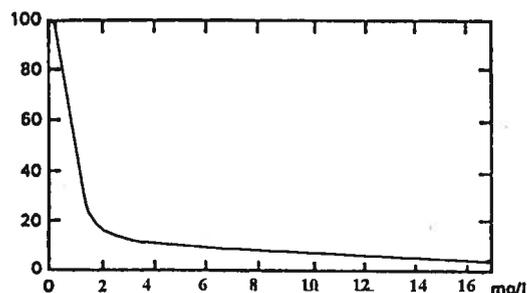


Fig. 12.8 Andamento del subindice q , in relazione al contenuto di ammoniaca

12.5 Elaborazione dei dati

12.5.1 Dati utilizzati

Per la definizione del livello di qualità dei corsi d'acqua oggetto dello studio, dai dati disponibili presso ARPAT sono state ricavate le seguenti tabelle, direttamente utili allo scopo. Essi si riferiscono in generale a prelievi eseguiti nel 1997; peraltro, come già accennato, quando tali dati non coprono le quattro stagioni del 1997, essi sono stati integrati con quelli dell'ultima parte del 1996 o della prima parte del 1998 (a seconda delle disponibilità).

Con la base dei dati disponibili è stato possibile eseguire la valutazione del C.I. lungo il corso del Tora e del Canale Scolmatore. E' da notare che per una stazione (Foce del Calambrone) del canale Scolmatore i dati disponibili hanno una frequenza quasi mensile (9 prelievi eseguiti nel corso dell'anno), mentre per un'altra relativa allo stesso canale (Ponte di Vicarello) si hanno solo due prelievi, uno in estate e l'altro in inverno.

Infine, come già accennato, solo per una stazione del torrente Ugione si hanno dati sufficienti alla valutazione del C.I., mentre per gli altri corsi d'acqua l'applicazione della metodologia non risulta possibile.

Fiume: TORA Stazione 1 - mt 500 circa a monte della conf. con il Canale Scolmatore

Data		19/8/96	11/12/96	10/3/97	12/6/97
Temperatura	°C	26,1	9,8	11,5	24,2
pH		7,5	8,0	7,3	7,1
Conducibilità	wS/cm	22700	6700	1082	1668
Sat. Oss.	%	71	92	97	110
C.O.D.	mg/l	350	49	36	14
N.amm.	mg/l	<0,04		<0,04	0,77
N.nitroso	mg/l	1,10	-	0,021	0,019
N.nitrico	mg/l	0,3	1,6	0,49	0,9
Ortofosfati	mg/l P	<0,03	-	0,03	0,09
Coliformi tot.	/100ml	140	3200	4400	700
Coliformi fec.	/100ml	10	420	20	60

Fiume: TORA Stazione 2 - Punto di chiusura del bacino

Data		27/08/97	10/12/97	25/02/98	17/06/98
Temperatura	°C	23,4	6,5	10	18,8
pH		7,35	7,4	7,9	7,2
Conducibilità	μS/cm	1038	1460	1390	912
Sat. Oss.	%	106	118	112	70
C.O.D.	mg/l	54	15	48	22
N.amm.	mg/l	0,05	0,2	0,044	0,1
N.nitroso	mg/l	<0,005	0,06	0,153	0,02
N.nitrico	mg/l	<0,03	5,90	7,1	0,25
Ortofosfati	mg/l P	<0,03	0,07	0,04	0,11
Coliformi tot.	/100ml	600000	290	4500	4000
Coliformi fec.	/100ml	7400	190	850	130

Fiume: TORA Stazione 3 - Ponte Mediceo di Collesalveti

Data		10/03/97	12/06/97	25/08/97	10/12/97
Temperatura	°C	9,5	23,1	25,8	7,1
pH		7,8	7,8	8,0	7,7
Conducibilità	µS/cm	1128	1011	723	1533
Sat. Oss.	%	109	68	86	85
C.O.D.	mg/l	40	23	39	19
N.amm.	mg/l	<0,04	0,20	0,06	0,20
N.nitroso	mg/l	0,041	0,015	0,02	0,07
N.nitrico	mg/l	0,8	0,2	0,05	5,20
Ortofosfati	mg/l P	0,03	0,11	0,11	0,09
Coliformi tot.	/100ml	5300	1600		
Coliformi fec.	/100ml	120	30		

Fiume : TORA Stazione 4 - Ponte a valle di Lorenzana

Data		12/03/97	16/06/97	25/08/97	10/12/97
Temperatura	°C	10,0	22,7	25,	8,7
pH		7,8	7,2	7,8	7,7
Conducibilità	µS/cm	1153	1055	1421	1560
Sat. Oss.	%	125	68	88	105
C.O.D.	mg/l	65	39	101	30
N.amm.	mg/l	1,4	0,83	20,00	0,37
N.nitroso	mg/l	0,058	1,34	0,027	0,09
N.nitrico	mg/l	1,5	0,6	<0,03	5,90
Ortofosfati	mg/l P	0,12	0,49	2,50	0,13
Coliformi tot.	/100ml	40000	3000	13800000	20000
Coliformi fec.	/100ml	9000	500	1400000	1780

Canale: SCOLMATORE Stazione 1 - FOCE: Ponte di Calambrone

Data		12/03/97	2/04/97	12/06/97	1/07/97
Temperatura	°C	11,2	16,1	25,3	22,5
pH		7,7	8,4	7,7	8,5
Conducibilità	µS/cm	22100	29800	23700	52000
Sat. Oss.	%	78	148	139	90
C.O.D.	mg/l	60	22	74	50
N.amm.	mg/l	0,63	0,45	0,55	<0,04
N.nitroso	mg/l	0,075	0,46	0,094	0,005
N.nitrico	mg/l	2,5	0,7	<0,03	<0,03
Ortofosfati	mg/l P	0,16	0,04	0,20	0,04
Coliformi tot.	/100ml	9500	400	1700	100
Coliformi fec.	/100ml	110	10	50	0

Data		7/08/97	1/09/97	20/10/97	11/11/97	1/12/97
Temperatura	°C	26,2	25,2	17,5	15,5	12
pH		7,9	7,9	7,9	7,8	7,6
Conducibilità	µS/cm	42500	30300	32500	38500	14800
Sat. Oss.	%	85	80	86	-	-
C.O.D.	mg/l	27	23	37	15	37
N.amm.	mg/l	0,18	0,35	1,1	0,53	0,55
N.nitroso	mg/l	0,019	0,081	0,11	0,06	0,08
N.nitrico	mg/l	<0,3	0,26	0,6	0,4	2,5
Ortofosfati	mg/l P	<0,03	0,32	0,23	0,13	0,20
Coliformi tot.	/100ml	500	300	41000	2000	54000
Coliformi fec.	/100ml	0	13	2450	<10	1540

Canale: SCOLMATORE Stazione 2 - Ponte ex SS1 a Stagno

Data		25/03/97	12/06/97	27/08/97	1/12/97
Temperatura	°C	11,4	25,2	24,9	11,9
pH		7,7	7,6	7,7	7,7
Conducibilità	µS/cm	6230	15730	34500	11300
Sat. Oss.	%	88	123	56	-
C.O.D.	mg/l	32	101	19	45
N.amm.	mg/l	0,620	0,09	0,150	0,58
N.nitroso	mg/l	0,132	0,20	0,023	0,090
N.nitrico	mg/l	1,9	0,99	0,150	0,58
Ortofosfati	mg/l P	0,14	0,19	0,15	0,24
Coliformi tot.	/100ml	3200	500	2100	50000
Coliformi fec.	/100ml	190	0	170	1030

Canale: SCOLMATORE Stazione 3 - Ponte di Vicarello

Data		19/08/96	11/12/96
Temperatura	°C	25,1	9,7
pH		8,4	7,6
Conducibilità	µS/cm	2440	1960
Sat. Oss.	%	80	69
C.O.D.	mg/l	20	77
N.amm.	mg/l	<0,04	10
N.nitroso	mg/l	0,20	0,3
N.nitrico	mg/l	2,6	2,9
Ortofosfati	mg/l P	0,12	<0,03
Coliformi tot.	/100ml	180	11000
Coliformi fec.	/100ml	assenti	3000

Canale: SCOLMATORE Stazione 4 - Ponte di Grecciano

Data		12/03/97	12/06/97	27/08/97	2/12/97
Temperatura	°C	10,9	25,8	24,3	11,7
pH		7,2	7,8	7,6	7,3
Conducibilità	µS/cm	2070	1590	1290	1570
Sat. Oss.	%	84	61	79	45
C.O.D.	mg/l	16	23	34	45
N.amm.	mg/l	0,67	0,48	0,22	0,86
N.nitroso	mg/l	0,14	0,17	0,23	0,29
N.nitrico	mg/l	2,7	2,3	6,5	2,2
Ortofosfati	mg/l P	0,31	0,29	0,44	0,34
Coliformi tot.	/100ml	20000	1100	210000	70000
Coliformi fec.	/100ml	5000	0	600	3000

Fiume: UGIONE Stazione: Ponte al Bosco di Valle Benedetta

Data		19/08/96	11/12/96	10/03/97	4/06/97
Temperatura	°C	20,2	10,1	10,7	19,9
pH		7,7	7,9	8,05	8,28
Conducibilità	mS/cm	994	730	876	873
Sat. Oss.	%	67	83	110	92
C.O.D.	mg/l	20	43	36	27,2
N.amm.	mg/l	<0,04	0,05	<0,04	0,12
N.nitroso	mg/l	0,01	<0,01(Cl)	<0,005	0,009
N.nitrico	mg/l	0,10	0,97	0,1	1,5
Ortofosfati	mg/l P	0,09	<0,1(IC)	0,46	0,18
Coliformi tot.	/100ml	500	6100	150000	36000
				7400*	15500*
Coliformi fec.	/100ml	130	480	78000	1110
				90*	560*

12.5.2 Elaborazione dati

Nelle successive tabelle, per i set di dati del precedente paragrafo, sono riportati i risultati delle elaborazioni effettuate. In particolare, per ogni corso d'acqua e per ogni stazione, sono indicati:

- il valore medio annuo di ciascuno degli 8 parametri utilizzati per valutare il C.I.;
- il corrispondente valore del q_i , ricavato dalle curve di Figg. 12.1 - 12.8;
- i valori di $q_i \cdot w_i$
- il valore del C.I. per l'anno 1997 nella stazione considerata.

Questi risultati consentono di tracciare gli andamenti del C.I. lungo il corso del Tora e del canale Scolmatore (nella zona di interesse per lo studio), riportati rispettivamente nelle Figg. 12.9 e 12.11.

Come già accennato, per dare un'idea dell'inquinamento batteriologico, nelle Figg. 12.10 e 12.12 è riportato l'andamento della concentrazione media annua di coliformi totali.

Fiume: Tora Parametri	Punto di campionamento: 500m a monte della confluenza Scolmatore		anno: 1997		
	Unità	Valore medio	q_i	w_i	$q_i \cdot w_i$
O ₂ saturazione	% sat.	92,5	90	0,20	2,5
COD	mg/l	112	3	0,20	1,24
Temperatura dell'acqua	°C	18	100	0,08	1,44
NH ₄	mg/l	0,3	100	0,15	1,99
NO ₃	mg/l	0,8	100	0,10	1,6
Ortofosfati	mg/l	0,05	100	0,10	1,6
pH	-	7,5	99	0,10	1,6
Conducibilità	µS/cm	8037	7	0,07	1,14
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 40					

Fiume: Tora Parametri	Punto di campionamento: punto di chiusura del bacino		anno: 1997		
	Unità	Valore medio	q_i	w_i	$q_i \cdot w_i$
O ₂ saturazione	% sat.	101	100	0,20	2,5
COD	mg/l	35	5	0,20	1,37
Temperatura dell'acqua	°C	15	100	0,08	1,44
NH ₄	mg/l	0,1	100	0,15	1,99
NO ₃	mg/l	3,3	90	0,10	1,57
Ortofosfati	mg/l	0,06	100	0,10	1,58
pH	-	7,4	97	0,10	1,58
Conducibilità	µS/cm	1200	18	0,07	1,2
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 48					

Fiume: Tora Parametri	Punto di campionamento: Ponte Mediceo di Collesalveti		anno: 1997		
	Unità	Valore medio	q_i	w_i	$q_i \cdot w_i$
O ₂ saturazione	% sat.	87	90	0,20	2,46
COD	mg/l	30	5	0,20	1,37
Temperatura dell'acqua	°C	16,4	100	0,08	1,44
NH ₄	mg/l	0,12	100	0,15	1,99
NO ₃	mg/l	1,33	98	0,10	1,58
Ortofosfati	mg/l	0,08	100	0,10	1,58
pH	-	7,8	90	0,10	1,57
Conducibilità	µS/cm	1099	15	0,07	1,02
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 46					

Fiume:Tora Parametri	Punto di campionamento: Ponte di Lorenzana		anno:1997		
	Unità	Valore medio	q_i	w_i	$q_i \cdot w_i$
O ₂ saturazione	% sat.	96	97	0,20	2.49
COD	mg/l	59	4	0,20	1.3
Temperatura dell'acqua	°C	17	100	0,08	1.44
NH ₄	mg/l	5.7	17	0,15	1,53
NO ₃	mg/l	2	90	0,10	1.57
Ortofosfati	mg/l	0,8	95	0,10	1.58
pH	-	7,6	90	0,10	1.57
Conducibilità	μS/cm	1297	10 0,07	1.2	
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 33					

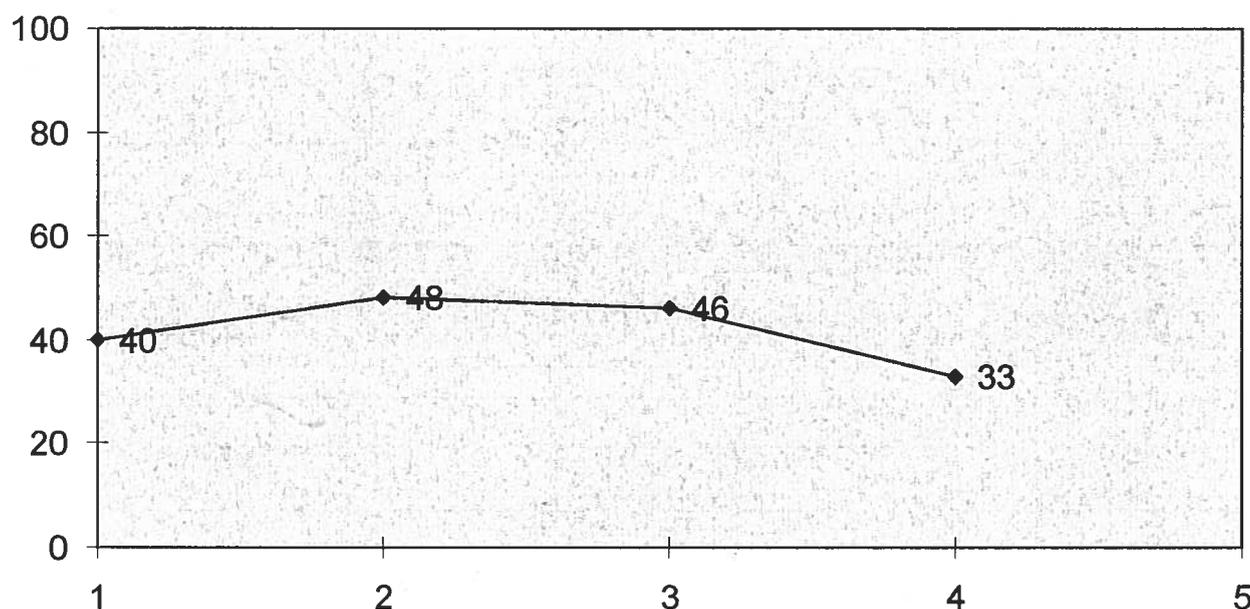


Fig. 12.9 Andamento del C.I. lungo il Tora nel 1997, ottenuto per interpolazione dei dati rilevati nelle stazioni di campionamento.

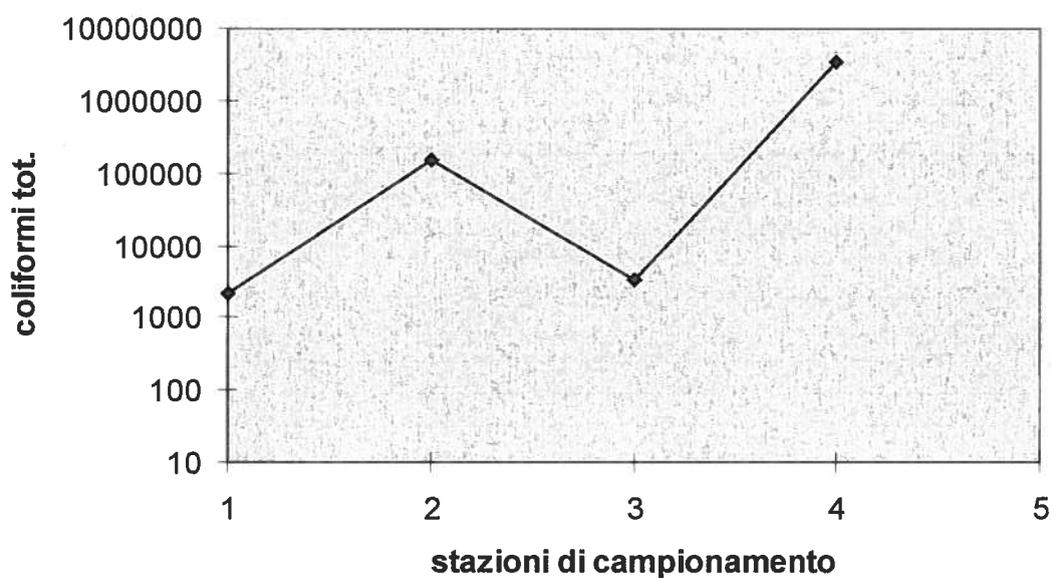


Fig. 12.10 Andamento del parametro Coliformi totali lungo il Tora nel 1997, ottenuto facendo la media annua dei dati rilevati nelle stazioni di campionamento.

<i>Fiume: Scolmatore</i>	<i>Punto di campionamento:</i>		<i>anno: 1997</i>		
<i>Parametri</i>	<i>Ponte di Calabrone</i>				
	Unità	Valore medio	q_i	w_i	$q_i \cdot w_i$
O ₂ saturazione	% sat.	97	100	0,20	2,5
COD	mg/l	38	5	0,20	1,38
Temperatura dell'acqua	°C	19	100	0,08	1,44
NH ₄	mg/l	0,48	100	0,15	1,99
NO ₃	mg/l	0,8	97	0,10	1,58
Ortofosfati	mg/l	0,15	97	0,10	1,58
pH	-	7,9	96	0,10	1,58
Conducibilità	μS/cm	31800	3	0,07	1,1
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 42					

<i>Fiume: Scolmatore</i>	<i>Punto di campionamento:</i>		<i>anno: 1997</i>		
<i>Parametri</i>	<i>Ponte ex SSI a Stagno</i>				
	Unità	Valore medio	q_i	w_i	$q_i \cdot w_i$
O ₂ saturazione	% sat.	89	90	0,20	2,45
COD	mg/l	49	4,5	0,20	1,35
Temperatura dell'acqua	°C	18	100	0,08	1,44
NH ₄	mg/l	0,36	100	0,15	1,99
NO ₃	mg/l	1,3	100	0,10	1,58
Ortofosfati	mg/l	0,18	97	0,10	1,58
pH	-	7,7	95	0,10	1,58
Conducibilità	μS/cm	16940	5	0,07	1,1
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 42					

<i>Fiume: Scolmatore</i>	<i>Punto di campionamento:</i>		<i>anno: 1997</i>		
<i>Parametri</i>	<i>Ponte di Vicarello</i>				
	Unità	Valore medio	q_i	w_i	$q_i \cdot w_i$
O ₂ saturazione	% sat.	74,5	80	0,20	2,4
COD	mg/l	48,5	4,5	0,20	1,35
Temperatura dell'acqua	°C	17,4	100	0,08	1,44
NH ₄	mg/l	5	17	0,15	1,53
NO ₃	mg/l	2,7	95	0,10	1,58
Ortofosfati	mg/l	0,07	100	0,10	1,58
pH	-	8	80	0,10	1,55
Conducibilità	μS/cm	2200	10	0,07	1,1
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 32.6					

<i>Fiume: Scolmatore</i>	<i>Punto di campionamento:</i>		<i>anno: 1997</i>		
<i>Parametri</i>	<i>Ponte di Grecciano</i>				
	Unità	Valore medio	q_i	w_i	$q_i \cdot w_i$
O ₂ saturazione	% sat.	64	50	0,20	2,2
COD	mg/l	40,5	5	0,20	1,38
Temperatura dell'acqua	°C	17,6	100	0,08	1,44
NH ₄	mg/l	2,7	19	0,15	1,55
NO ₃	mg/l	3,4	90	0,10	1,57
Ortofosfati	mg/l	0,25	100	0,10	1,58
pH	-	7,5	90	0,10	1,57
Conducibilità	μS/cm	1453	15	0,07	1,2
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 32					

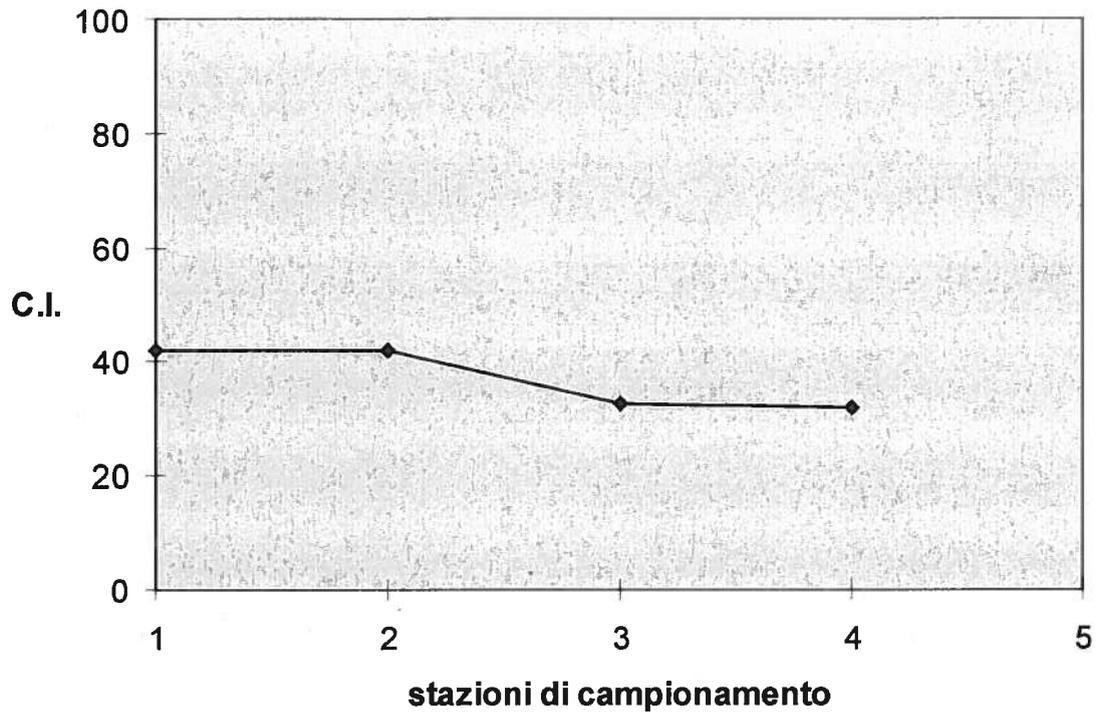


Fig. 12.11 Andamento del C.I. lungo lo Scolmatore nel 1997, ottenuto per interpolazione dei dati rilevati nelle stazioni di campionamento.

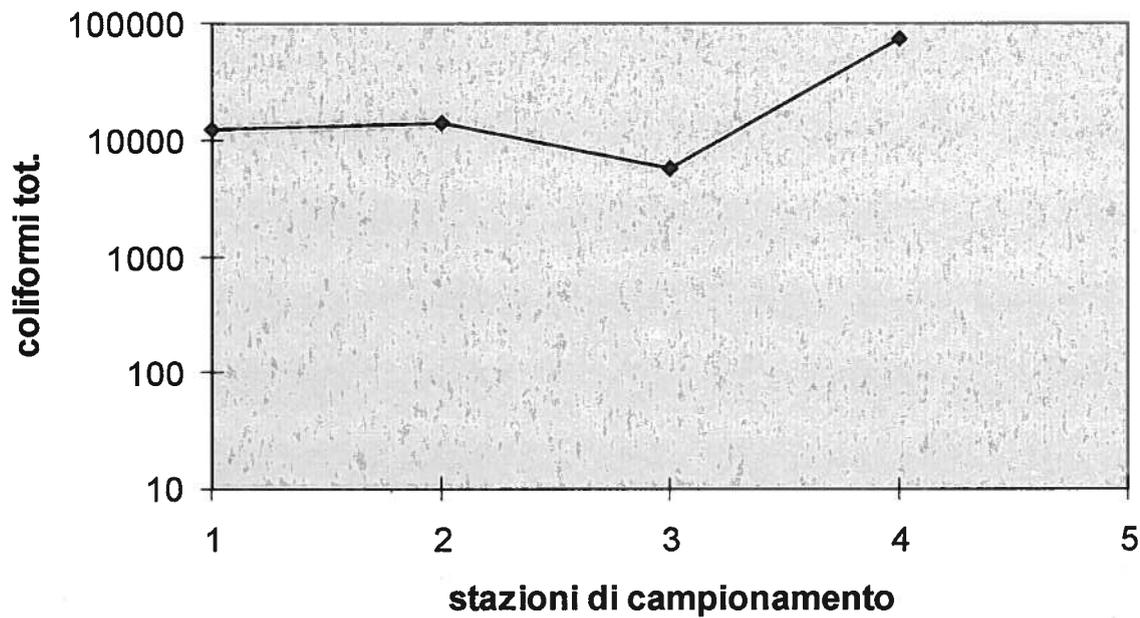


Fig. 12.12 Andamento del parametro Coliformi totali lungo lo Scolmatore nel 1997, ottenuto facendo la media dei dati rilevati nelle stazioni di campionamento nel 1997.

Fiume: Ugione Parametri	Punto di campionamento: Ponte al Bosco di Valle Benedetta		anno: 1997		
	Unità	Valore medio	q_i	w_i	$q_i \cdot w_i$
O ₂ saturazione	% sat.	99,6	100	0,20	2,5
COD	mg/l	24,7	5	0,20	1,38
Temperatura dell'acqua	°C	13,5	100	0,08	1,44
NH ₄	mg/l	0,12	100	0,15	1,99
NO ₃	mg/l	0,8	96	0,10	1,57
Ortofosfati	mg/l	0,24	100	0,10	1,58
pH	-	8	80	0,10	1,55
Conducibilità	µS/cm	873	25	0,07	1,2
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 48.5					

12.6 Analisi dei risultati e conclusioni

L'analisi dei risultati presentati nei capitoli precedenti mostra un-rilevante inquinamento industriale e civile, sia nel Tora che nello Scolmatore, inquinamento tanto più marcato quanto più ci si allontana dalla foce. La metodologia del C.I. indica una qualità delle acque che varia tra sufficiente e mediocre sia per il primo che per il secondo corso d'acqua.

La situazione del torrente Ugione sembra analoga, con maggiori incertezze derivanti dalla limitatezza dei dati disponibili.

Il maggiore contributo al degrado della qualità delle acque deriva dai parametri COD e Conducibilità; inoltre il parametro Coliformi totali rimane sempre ben oltre i limiti naturali, con notevoli oscillazioni dei valori, sia da stazione a stazione (evidentemente in conseguenza di immissioni fortemente inquinanti immediatamente a monte della posizione considerata), sia in una stessa stazione nei diversi periodi dell'anno (per il Tora generalmente in estate, probabilmente per la diminuzione di portata del corso d'acqua; per il Canale Scolmatore d'inverno, forse in conseguenza di un maggiore carico inquinante in tale stagione).

Queste osservazioni potrebbero tornare utili per impostare eventuali interventi di miglioramento della situazione attuale.

Un'altra conclusione di carattere generale riguarda i dati di natura idrologica (sezioni, pendenza ecc.) che è stato possibile reperire nell'ambito dello studio. Questi potrebbero essere estremamente utili per la messa a punto di una modellistica dell'inquinamento dei corsi d'acqua in oggetto, premessa all'impostazione degli accennati interventi tendenti al miglioramento della situazione.

13 ANALISI DELLE INFORMAZIONI E DEI DATI RELATIVI ALLA SITUAZIONE ATTUALE DEI FOSSI MEDICEI

13.1 Introduzione

Diversi Enti sono interessati alla tutela delle acque superficiali, con varie competenze e campi di azione più o meno ampi, ma è evidente che ancora oggi la conoscenza della qualità delle acque e dei fattori che la influenzano non è completa ed esauriente. Se, da una parte, ciò si verifica per la grande complessità dei sistemi ecologici, è altresì vero che la normativa per la tutela dell'ambiente ha dovuto tenere conto anche di esigenze di natura economica e sociale e, per questo, non sempre ha fornito agli Enti di controllo strumenti adeguati per l'applicazione di corretti principi di salvaguardia dell'ambiente.

La legge Merli (L. 319/76), pur rappresentando una tappa importante per la disciplina degli scarichi, ha presentato alcuni limiti che, progressivamente, sono diventati sempre più evidenti. La tutela della qualità delle acque veniva infatti affidata al rispetto di limiti tabellari, limiti che non tenevano conto né della qualità del corpo recettore, né della volumetria dell'effluente. La nuova normativa, che ha visto la elaborazione di un testo unico sulla tutela della qualità delle acque dall'inquinamento (D.Lgs n.152,11-5-1999), con il recepimento delle direttive comunitarie in materia (direttive CEE 91/271 e 91/676), ha una impostazione che pone il corpo recettore al centro della salvaguardia dei corpi idrici. In questa nuova ottica, il precedente regime tabellare è sostituito da una serie di limiti stabiliti in base alla qualità delle acque del recettore stesso.

Ovviamente una impostazione di questo tipo deve prevedere anche un nuovo sistema di controlli che non tenga conto solamente della tipologia dello scarico e di limiti tabellari indifferenziati. In tale prospettiva e con gli strumenti che l'impostazione modellistica mette a disposizione, l'integrazione dei controlli sugli scarichi e sul corpo recettore rappresenta un obiettivo raggiungibile. Un ruolo importante nei nuovi sistemi di controllo dovrà essere assegnato a sistemi di gestione che si basano su modelli matematici. L'uso di un modello può apportare grossi vantaggi: oltre a rendere nel medio termine più razionali i controlli sulla qualità delle acque, può rappresentare un valido strumento di supporto delle decisioni, permettendo di valutare preventivamente l'efficacia degli interventi di risanamento, scegliendo tra varie alternative.

Le osservazioni precedenti hanno ovviamente validità generale, ma si applicano concretamente al caso oggetto del presente rapporto: la situazione dei Fossi Medicei di Livorno. La qualità delle acque di tali canali desta ancora preoccupazione, nonostante il netto miglioramento apportato dallo sversamento in tale sistema dell'acqua di refrigerazione della CTE dell'ENEL, peraltro tuttora realizzato con modalità provvisorie.

L'applicazione di un modello matematico per analizzare la qualità delle acque dei Fossi Medicei potrebbe costituire un utile strumento descrittivo e previsionale per la definizione del loro stato. Una volta tarato, infatti, esso permette la descrizione dello stato attuale delle acque e di quello che si verrebbe a creare variando le condizioni al contorno dei canali, come entità e caratteristiche qualitative della portata principale e degli scarichi.

Come primo tentativo di questo modo di procedere, si è pensato di utilizzare il modello di qualità fluviale QUAL2e. L'applicazione di tale modello ai Fossi Livornesi è meno immediata rispetto al suo impiego per un fiume o per un qualsiasi altro corso d'acqua, in cui la corrente si svolge semplicemente dalla sorgente alla foce. Il sistema dei Fossi è costituito, infatti, da un complesso insieme di canali comunicanti, con tratti a volte stagnanti, e presenta due sbocchi al mare. Nei canali confluiscono numerose terminazioni della rete fognaria bianca che interessa l'area cittadina circostante. Affinché sia possibile applicare QUAL2e, è necessario ricondurre il sistema a un insieme di singoli percorsi, che presentino ciascuno una propria sorgente e un'unica terminazione, con la caratterizzazione delle varie immissioni che vi confluiscono. Il modello può quindi essere applicato ad ognuno di questi percorsi.

Dopo aver richiamato le informazioni disponibili sulla qualità delle acque dei Fossi Medicei, in questo studio viene presentata l'applicazione del modello QUAL2e al Canale dei Navicelli, per il tratto che va dal Ponte di Via Pisa al punto di confluenza con il Fosso Reale, comprendente anche la parte del Canale della Dogana D'Acqua che riceve le acque del collettore Riseccoli. È stato scelto questo tratto perché, nel percorso dei Fossi Livornesi, è quello che più si presta ad essere descritto come un sistema monodimensionale, che è il tipo di corso d'acqua previsto da QUAL2e.

13.2 La qualità delle acque dei Fossi Medicei di Livorno

13.2.1 Informazioni disponibili

- 1) *Studio microbiologico-ambientale delle acque dei fossi della città di Livorno* Comune di Livorno, Centro Studi per l'Ambiente – U.O. Tutela Ambientale, Centro Interuniversitario di Biologia Marina – Livorno, Maggio 1995.

In questo studio sono riportati le modalità di esecuzione e i risultati di un'indagine per il monitoraggio della qualità delle acque dei Fossi di Livorno, svolta su iniziativa dell'Amministrazione Comunale a partire dall'Aprile del 1994.

Il monitoraggio è stato condotto prelevando campioni da sei stazioni di rilevamento, dislocate lungo l'intero circuito dei fossi:

- Stazione 1), Scali Novi Lena
- Stazione 2), Fosso Reale - Scali Olandesi
- Stazione 3), Fosso Reale - Scali delle Cantine
- Stazione 4), Scali del Vescovado
- Stazione 5), Scali delle Pietre
- Stazione 6), Fosso della Venezia - Scali delle Barchette

I campionamenti sono stati effettuati tra l'Aprile 1994 e il Marzo 1995, con frequenza bimensile, per un totale di 24 campionamenti per ciascuna stazione di rilevamento.

I parametri misurati sono stati i seguenti:

- Parametri chimico - fisici: temperatura dell'aria, temperatura dell'acqua, pH, conducibilità, salinità, ossigeno disciolto.
- Parametri microbiologici: coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi fecali, spore di clostridi solfito-riduttori, carica batterica totale a 37°C, carica batterica totale a 22°C, salmonelle.

Nella relazione sono riportate le date dei vari prelievi, la corrispondente condizione meteorologica, i risultati delle misurazioni per ogni stazione e prelievo, i valori medi nel tempo dei principali microrganismi nelle sei stazioni, i grafici dell'andamento della concentrazione di Coliformi e Streptococchi fecali in funzione delle date di campionamento per ogni stazione.

- 2) *Programma di recupero del sistema dei Fossi della città di Livorno e delle emergenze architettoniche afferenti - Progetto di risanamento igienico ambientale- Relazione Tecnica* (pag. 11-18). Comune di Livorno, Assessorato all'ambiente, Livorno, Giugno 1990 Progettazione Ufficio Tecnico - Settore Ambiente

Nella relazione sono riportati:

- uno schema della distribuzione delle portate che dal Canale dei Navicelli confluiscono nei due rami principali del sistema dei fossi, ossia il Fosso Reale e il Canale della Venezia;
 - il diagramma delle quote del pelo d'acqua raggiunte nel Canale dei Navicelli (sbocco ENEL) in funzione della portata avviata ai Fossi Medicei, per prefissati valori delle quote del pelo d'acqua allo sbocco in mare;
 - la portata d'acqua nei Fossi e l'innalzamento dell'acqua in prossimità dello scarico ENEL in funzione delle maree e del grado di apertura delle paratoie;
 - il valore della portata massima scaricata dall'ENEL nei fossi: 13.3 m³/s
- 3) Documento ASA in risposta a una richiesta di ARPAT relativa alla mappatura degli scarichi recapitanti nei Fossi Medicei di Livorno. Livorno, 8/08/1997

Nel documento viene presentato l'elenco degli sversamenti nei Fossi Medicei provenienti dalla rete di fognatura bianca, suddivisi in due gruppi a seconda dell'importanza dal punto di vista della portata in tempo asciutto. Gli scarichi individuati sono 20; di questi, 8 vengono classificati come 'più importanti' dal punto di vista della portata e 12 come 'meno importanti'. L'elenco non include valori numerici di portata o di carico inquinante. E' annesso uno stralcio planimetrico 1/5000 con l'indicazione degli scarichi. La mappa degli sversamenti è il risultato di un'indagine effettuata dall'ASA, ancora in via di completamento al 8/08/1997.

- 4) *Programma di recupero del Sistema dei Fossi della città di Livorno - Progetto degli interventi prioritari sulle fognature recapitanti o contigue ai fossi cittadini* - Relazione e planimetrie corrispondenti. ASA, Luglio 1998

La relazione illustra sinteticamente i risultati dei lavori di prima attuazione effettuati dall'ASA inerenti al programma di risanamento dei Fossi cittadini. L'attività dell'ASA si è articolata in due parti: una fase di indagine, iniziata in data 14/10/97, volta a individuare gli sversamenti affluenti nei Fossi Medicei, l'eventuale presenza di liquami e le cause di tale contaminazione; la messa a punto di un progetto per il risanamento della rete fognaria, comprendente la ricostruzione di alcuni tratti di fognatura sia bianca che nera, il rifacimento degli allacciamenti e la costruzione di nuovi collettori principali per potenziare l'ossatura ricettiva.

Nelle planimetrie è illustrata la rete fognaria e vengono indicati gli sversamenti nel sistema dei Fossi, con evidenziati quelli anomali, che presentano cioè contaminazione da liquame. Questi ultimi vengono brevemente descritti nella relazione, nella quale si indicano le probabili cause di inquinamento.

13.2.2 Organizzazione dei dati a disposizione

I dati a disposizione sono stati organizzati per valutare la possibilità di applicazione di un modello matematico di qualità delle acque al sistema dei Fossi Livornesi. Il modello per il sistema in studio, una volta effettuata la taratura, potrebbe essere utilizzato per valutare lo stato di qualità del corso d'acqua in ogni suo tratto, sia in riferimento alle condizioni attuali che a scenari diversi (ipotizzando ad esempio un sistema di prelievi e sversamenti diverso da quello attuale). Il modello si presenta quindi come un potente strumento previsionale, senza la necessità di realizzare fisicamente esperimenti per valutare le risposte del corso d'acqua a perturbazioni idrauliche o inerenti a carichi inquinanti.

Affinché un modello possa essere utilizzato in modo proficuo è essenziale conoscere il sistema idrico sotto il punto di vista idraulico: direzione del flusso, portate, velocità e altezze idrometriche del flusso principale, caratterizzazione dei vari affluenti e prelievi. Occorre anche avere a disposizione dati sperimentali sui parametri di qualità delle acque lungo il corso della corrente.

Il primo passo nell'elaborazione dei dati è stato la schematizzazione del sistema dei Fossi Medicei come un percorso lineare, descritto da un'unica coordinata, quella longitudinale. Per stabilire la direzione di flusso e la spartizione della portata nelle diramazioni dei Fossi si è presa a riferimento la schematizzazione fornita nel documento *Programma di recupero del sistema dei fossi della città di Livorno e delle emergenze architettoniche afferenti – Progetto di risanamento igienico ambientale- Relazione Tecnica*, citato in precedenza. Sono stati così individuati tre percorsi, come evidenziato nello schema di Fig. 13.1, in cui i punti indicati con le lettere rappresentano:

- A : inizio Canale della Dogana D'Acqua
- B : immissione del Canale dei Navicelli nel Fosso Reale (incrocio Scali S. Lorenzo – Scali del Pontino)
- C : diramazione del Fosso Reale in corrispondenza di P.zza della Repubblica
- D : sbocco al mare del Fosso Reale
- E : inizio del Fosso della Venezia (fra Scali del Teatro e Scali del Vescovado)
- F : diramazione del Fosso Reale tra Scali delle Pietre e Via del Lavatoio
- G : confluenza Fosso della Venezia – Fosso Reale in Via della Venezia
- H : sbocco al mare del Fosso della Venezia

Rimane da chiarire la distribuzione delle portate per i tratti CFE e CFG.

Una volta schematizzato il sistema dei Fossi, è stato possibile ubicare i vari sversamenti nei canali, assegnando a ciascuno il valore della coordinata di riferimento, ossia la propria distanza dall'origine A. L'individuazione degli scarichi è stata effettuata dalla lettura delle planimetrie ASA del Luglio '98 e dalle indicazioni riportate nella corrispondente relazione e nel documento ASA del 8/08/1997.

Utilizzando le indicazioni presenti nello *Studio microbiologico-ambientale delle acque dei fossi della città di Livorno*, si è passati poi alla collocazione nello schema delle sei stazioni di campionamento utilizzate per lo studio di qualità delle acque condotto tra il 1994 e il 1995.

Nelle pagine seguenti si riporta la tabella con la definizione degli sversamenti e alcuni grafici dell'andamento di parametri di qualità lungo la corrente, con dati estratti dallo *Studio microbiologico-ambientale delle acque dei fossi della città di Livorno*.

Il modello QUAL2e potrebbe essere applicato a ognuno dei percorsi individuati. Per effettuare la taratura del modello e avere dei dati di riscontro sperimentali, dovrebbe essere presente per ogni percorso un numero di punti di campionamento adeguato per descrivere l'andamento dei parametri lungo la corrente. Potendosi avvalere soltanto dei risultati del citato studio, risulta che per due percorsi si hanno due stazioni a disposizione e per il terzo tre. La stazione indicata con il numero 1 nello studio non è stata considerata significativa in quanto si trova nella Darsena Nuova e non nel canale. Non essendo disponibili informazioni adeguate per l'applicazione del modello sulle caratteristiche idrauliche del sistema, sulla portata e qualità degli scarichi, nonché le altezze idrometriche e le velocità nelle varie sezioni dei canali, è stata programmata e realizzata, in collaborazione con l'ASA, una campagna di misure mirata, descritta nei successivi capitoli 13.5 e 13.6.

Tab. 13.1 Definizione degli sversamenti nel sistema dei Fossi Medicei

N° Ubicazione	Distanza dall'origine (m)	Fonte	Note
1 Inizio Canale Della Dogana D'acqua	0	Planimetrie ASA 14/07/98	
2 Via Del Testaio – Canale della Dogana D'acqua	20	Planimetrie ASA 14/07/98; Docum. ASA 8/08/97 (n°1)	Portata importante in tempo asciutto
3 Via Dei Pazzi – Canale della Dogana D'acqua	75	Planimetrie ASA 14/07/98	
4 Via Lamarmora – Fosso dei Navicelli	337.5	Planimetrie ASA 14/07/98; Docum. ASA 8/08/97 (n°2)	Portata importante in tempo asciutto
5 Scali Della Dogana D'Acqua – Fosso dei Navicelli	342.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
6 Via Dell'Industria – Fosso dei Navicelli	407.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
7 Via Delle Travi – Fosso dei Navicelli	407.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
8 Scali Delle Macine – Fosso dei Navicelli	452.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
9 Scali Delle Macine – Fosso dei Navicelli	500	Planimetrie ASA 14/07/98	
10 Scali Delle Macine – Fosso dei Navicelli	522.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
11 Via Sta Vigilia – Fosso dei Navicelli	547.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
12 Scali Della Dogana D'Acqua – Fosso dei Navicelli	557.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
13 Via Bassa – Fosso dei Navicelli	630	Planimetrie ASA 14/07/98; Docum. ASA 8/08/97 (n°3); Docum. ASA 07/98 (n°1)	Portata importante in tempo asciutto; contaminazione da liquame
14 Scali del Pontino / Scali Delle Cantine – Fosso Reale	760	Planimetrie ASA 14/07/98; Docum. ASA 8/08/97 (n°9); Docum. ASA 07/98 (n°3)	Portata meno importante in tempo asciutto; contaminazione da liquame
15 Via Pellieter – Fosso Reale	920	Planimetrie ASA 14/07/98; Docum. ASA 8/08/97 (n°10); Docum. ASA 07/98 (n°2)	Portata meno importante in tempo asciutto; contaminazione da liquame
16 P.zza Garibaldi – Fosso Reale	992.5	Planimetrie ASA 14/07/98; Docum. ASA 8/08/97 (n°11)	Portata meno importante in tempo asciutto
17 P.zza Della Repubblica – Fosso Reale	1050	Planimetrie ASA 14/07/98	
18 P.zza Della Repubblica – Fosso Reale	1330	Planimetrie ASA 14/07/98	
19 Edifici tra P.zza Della Repubblica e Via L. Borsi – Fosso Reale	1387.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
20 Via Oberdan – Fosso Reale	1445	Planimetrie ASA 14/07/98; Docum. ASA 8/08/97 (n°6)	Portata importante in tempo asciutto
21 Via Cossa – Fosso Reale	1750.5	Docum. ASA 8/08/97 (n°7)	Portata meno importante in tempo asciutto
22 P.zza Cavour – Fosso Reale	1930.5	Docum. ASA 8/08/97 (n°19)	Portata meno importante in tempo asciutto
23 Scali D'Azeglio / P.zza Manin – Fosso Reale	2200.5	Planimetrie ASA 14/07/98; Docum. ASA 8/08/97 (n°20)	Portata meno importante in tempo asciutto
24 Via Del Casino – Fosso Reale	872.5	Planimetrie ASA 14/07/98; Docum. ASA 8/08/97 (n°4); Docum. ASA 07/98 (n°5)	Portata importante in tempo asciutto; contaminazione da liquame
25 Via Dei Floridi – Fosso Reale	925	Planimetrie ASA 14/07/98	
26 Via Dei Milanesi – Fosso Reale	1010 (ABE) 1352.5 (ABCF)	Planimetrie ASA 14/07/98	
27 Via Dei Pescatori – Fosso Reale	1035 (ABE) 1327.5 (ABCF)	Planimetrie ASA 14/07/98	

28	P.zza Dei Domenicani – Fosso Venezia	1062.5	Planimetrie ASA 14/07/98; Docum. ASA 8/08/97 (n°13); Docum. ASA 07/98 (n°6)	Portata meno importante in tempo asciutto;
29	Via Del Vescovado – Fosso Venezia	1062.5	Planimetrie ASA 14/07/98;	Portata meno importante in tempo asciutto;
30	P.zza Dei Domenicani / scali Monte Pio – Fosso Venezia	1085	Docum. ASA 8/08/97 (n°13); Docum. ASA 07/98 (n°7)	
31	Scali Rosciano – Fosso Venezia	1190	Planimetrie ASA 14/07/98	Portata meno importante in tempo asciutto
32	Via Delle Acciughe – Fosso Venezia	1275	Planimetrie ASA 14/07/98	
33	Via Delle Acciughe / Scali Rosciano – Fosso Venezia	1292.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
34	Via del Lavatoio– Fosso Reale	1145	Planimetrie ASA 14/07/98	
35	Via del Lavatoio– Fosso Reale	1192.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
36	Via del Lavatoio– Fosso Reale	1242.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
37	Via del Lavatoio– Fosso Reale	1270	Planimetrie ASA 14/07/98	
38	Via del Lavatoio– Fosso Reale	1280	Planimetrie ASA 14/07/98	
39	Scali Delle Pietre– Fosso Reale	1297.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
40	Via Della Madonna – Fosso Reale	1360	Planimetrie ASA 14/07/98;	Portata importante in tempo asciutto;
41	Scali del Corso – Fosso Reale	1375	Docum. ASA 8/08/97 (n°5); Docum. ASA 07/98 (n°4)	contaminazione da liquame
42	Via Della Madonna – Fosso Reale	1407.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
43	Via Della Madonna – Fosso Reale	1432.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
44	Scali Del Pesce – Fosso Reale	1507.5	Planimetrie ASA 14/07/98; Docum. ASA 8/08/97 (n°15)	Portata meno importante in tempo asciutto
45	Scali Dei Finocchietti – Fosso Reale	1507.5	Planimetrie ASA 14/07/98; Docum. ASA 8/08/97 (n°16)	Portata meno importante in tempo asciutto
46	Scali Dei Finocchietti – Fosso Reale	1537.5	Planimetrie ASA 14/07/98	
47	Scali degli Isolotti – Fosso Reale	1575	Planimetrie ASA 14/07/98	
48	Via Borra – Fosso Reale	1590	Planimetrie ASA 14/07/98	
49	Scali Delle Ancore – Fosso Venezia	1342.5 (ABEG) 1667.5 (ABCFFG)	Planimetrie ASA 14/07/98	
50	Scali Delle Ancore – Fosso Venezia	1400 (ABEG) 1725 (ABCFFG)	Planimetrie ASA 14/07/98; Docum. ASA 8/08/97 (n°17)	Portata meno importante in tempo asciutto
51	Scali Delle Barchette – Fosso Venezia	1442 (ABEG) 1767 (ABCFFG)	Planimetrie ASA 14/07/98	
52	Scali Delle Ancore – Fosso Venezia	1455 (ABEG) 1780 (ABCFFG)	Planimetrie ASA 14/07/98	
53	Scali Delle Barchette – Fosso Venezia	1497 (ABEG) 1822 (ABCFFG)	Planimetrie ASA 14/07/98	

SCHEMA FOSSI

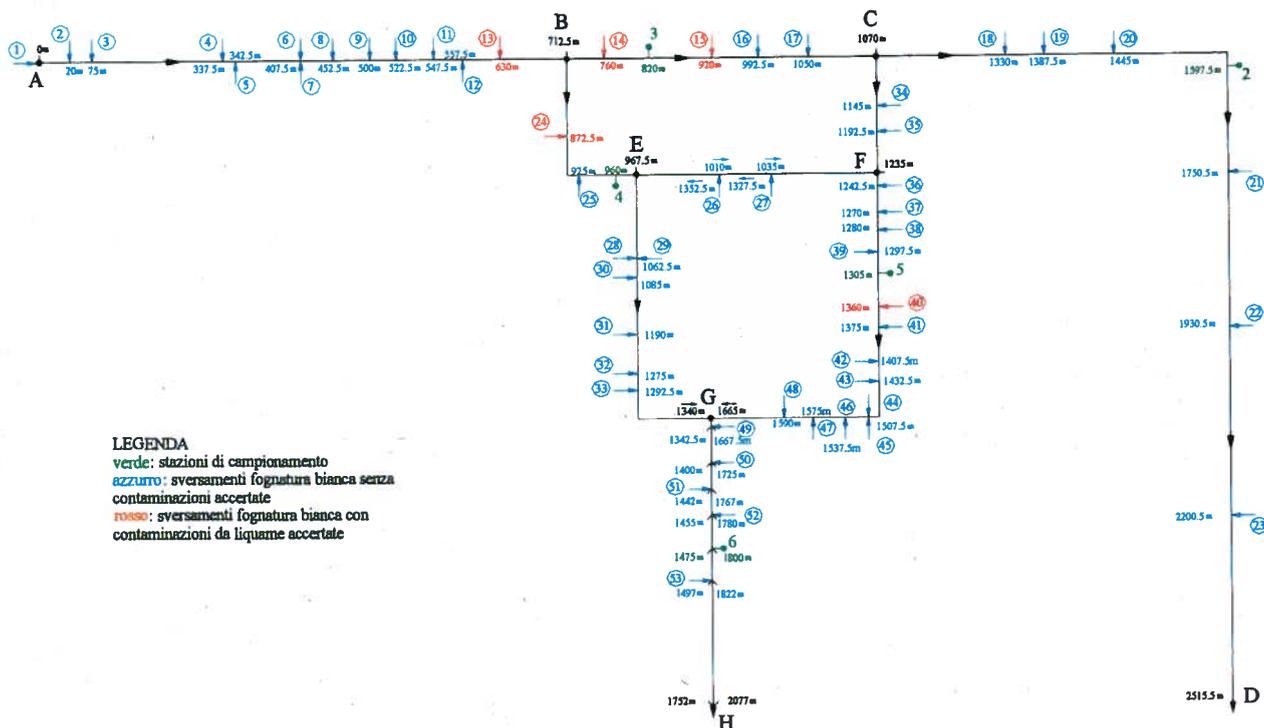
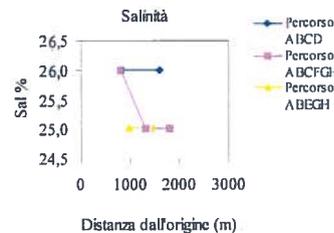
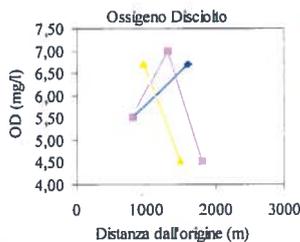
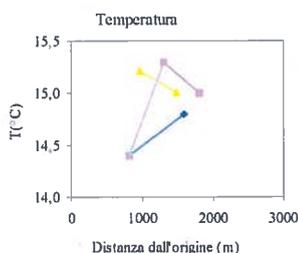


Fig. 13.1 Schema dei fossi Medicei di Livorno

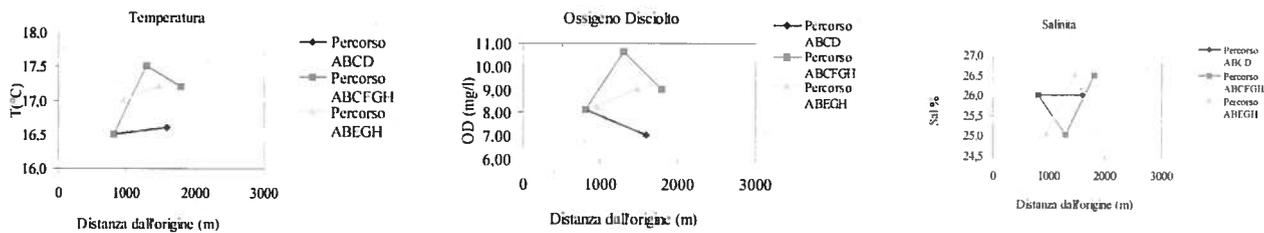
Andamento dei parametri dello studio microbiologico lungo la coord. X Prelievo n° 1 (11-4-94 Pioggia persistente)

N°staz.	Distanza dall'origine (m)	Tacqua (°C)	Sal %	OD (mg/l)
<i>Percorso ABCD</i>				
3	820,0	14,4	26,0	5,50
2	1597,5	14,8	26,0	6,70
<i>Percorso ABCFGH</i>				
3	820,0	14,4	26,0	5,50
5	1305,0	15,3	25,0	7,00
6	1800,0	15,0	25,0	4,50
<i>Percorso ABEGH</i>				
4	960,0	15,2	25,0	6,70
6	1475,0	15,0	25,0	4,50



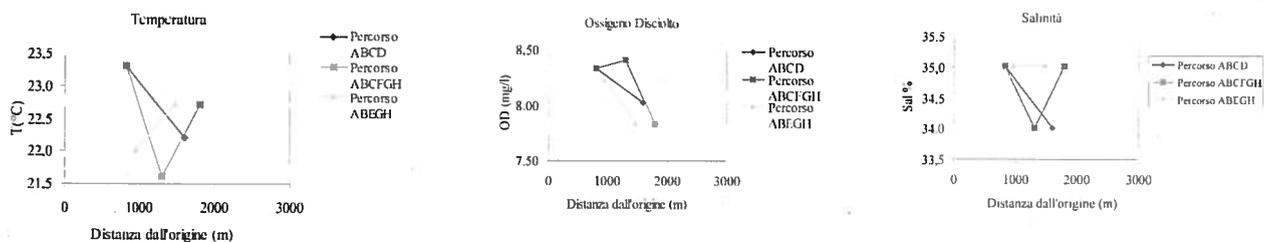
Andamento dei parametri dello studio microbiologico lungo la coord. x - Prelievo n°2 (26-4-94 Assenza di Pioggia)

N°staz.	Distanza dall'origine (m)	Tacqua (°C)	Sal %	OD (mg/l)
<i>Percorso ABCD</i>				
3	820,0	16,5	26,0	8,10
2	1597,5	16,6	26,0	7,03
<i>Percorso ABCFGH</i>				
3	820,0	16,5	26,0	8,10
5	1305,0	17,5	25,0	10,60
6	1800,0	17,2	26,5	9,00
<i>Percorso ABEGH</i>				
4	960,0	17,0	25,0	8,2
6	1475,0	17,2	26,5	9,00



Andamento dei parametri dello studio microbiologico lungo la coordinata x - Prelievo n° 15 (17-11-94 Pioggia recente)

N°staz.	Distanza dall'origine (m)	Tacqua (°C)	Sal %	OD (mg/l)
<i>Percorso ABCD</i>				
3	820,0	23,3	35,0	8,33
2	1597,5	22,2	34,0	8,02
<i>Percorso ABCFGH</i>				
3	820,0	23,3	35,0	8,33
5	1305,0	21,6	34,0	8,40
6	1800,0	22,7	35,0	7,82
<i>Percorso ABEGH</i>				
4	960,0	22,0	35,0	8,22
6	1475,0	22,7	35,0	7,82



13.3 Il modello QUAL2e

13.3.1 Descrizione generale

Il programma di simulazione è applicabile a qualsiasi corso d'acqua, anche ramificato, per cui si possa assumere che i principali meccanismi di trasporto, avvezione e dispersione, siano significativi solo lungo l'asse longitudinale della corrente. Per corso d'acqua ramificato si intende una corrente principale in cui confluiscono più affluenti, ciascuno con la propria sorgente. La simulazione dei vari costituenti avviene contemporaneamente per il corso d'acqua principale e per gli affluenti. Il modello permette di considerare gli effetti di eventuali prelievi e immissioni inquinanti, concentrate o diffuse, limitatamente a intervalli di tempo in cui i vari flussi rimangono costanti. Può essere effettuata una simulazione stazionaria o dinamica: nella prima il programma valuta l'impatto dei vari carichi inquinanti sulla qualità delle acque della corrente, nella seconda analisi anche gli effetti di variazioni meteorologiche sui costituenti considerati. Gli indicatori di qualità che possono essere simulati con QUAL2e sono: OD, BOD, T, clorofilla α , N organico, N ammoniacale, nitriti, nitrati, P organico, P disciolto, coliformi, un costituente non conservativo arbitrario e tre costituenti conservativi arbitrari.

Il corso d'acqua viene rappresentato nel modello in modo unidimensionale, come sequenza di più tratti interconnessi, ciascuno suddiviso in elementi computazionali di uguale lunghezza. Ogni tratto deve presentare caratteristiche idrauliche e biologiche uniformi: sezione, inclinazione della corrente, rugosità, velocità di decadimento del BOD, velocità sedimentazione alghe ecc.

13.3.2 Informazioni necessarie per l'applicazione del modello

Come già accennato, affinché il modello possa essere applicato adeguatamente al sistema in esame è necessario effettuare una buona taratura dei vari parametri che ne determinano i risultati. Ciò può essere fatto solo avendo a disposizione una serie di dati sperimentali che riguardano sia l'idraulica, sia gli indicatori di qualità del corso d'acqua. In particolare, al fine di una buona taratura del modello, una volta selezionati i parametri per la definizione della qualità, occorrono le seguenti informazioni:

- Caratterizzazione idraulica dettagliata: direzione dei flussi, quantificazione delle portate, distribuzione delle portate in corrispondenza dei punti di diramazione.
- Dati per l'implementazione del modello idraulico: valori sperimentali di velocità e altezza idrometrica al variare della portata, in corrispondenza di varie stazioni di rilevamento, oppure dati di caratterizzazione geometrica, quali pendenza, inclinazioni delle pareti, larghezza del fondo.
- Dati sperimentali, ottenuti attraverso campagne mirate, sui parametri di qualità da simulare, relativi ad opportune stazioni di campionamento, distribuite lungo il sistema dei canali. Questi dati servono per confrontare i profili degli indicatori di qualità ottenuti attraverso il programma con quelli reali e per poter tarare, di conseguenza, le espressioni matematiche che descrivono la trasformazione dei vari costituenti. La taratura è essenziale per l'affidabilità del modello nei confronti del sistema reale.
- Caratterizzazione delle immissioni inquinanti: portate e valori dei parametri che si intendono simulare.

In collaborazione con l'azienda ASA che ha messo a disposizione le risorse di laboratorio, il 30/07/99 sono state effettuate misure di velocità e di alcuni parametri indicatori lungo il tratto di interesse, che sono state utilizzate per una prima taratura del modello. Si è trattato di una prima campagna di misura che non può considerarsi esaustiva, ma che ha fornito utili indicazioni sullo stato di qualità e sulla dinamica del tratto analizzato.

13.4 Schematizzazione del corso d'acqua analizzato

Per applicare QUAL2e, come detto sopra, il canale in esame deve essere considerato monodimensionale: si assume che ogni parametro possa variare solo lungo l'ascissa longitudinale del corso d'acqua, ovvero che rimanga costante all'interno della generica sezione. Il canale, di conseguenza, è stato schematizzato secondo una sola coordinata, quella longitudinale. Quest'ultima, per il corso d'acqua principale, ha origine in corrispondenza del primo ponte dopo l'immissione Enel, ossia il ponte di Via Pisa, e termina nella confluenza con il Fosso Reale; per il ramo che riceve il collettore Riseccoli si sviluppa dall'estremità iniziale del canale, ossia dal punto di immissione della fognatura, fino alla confluenza con il Canale dei Navicelli.

Nella figura 13.2 si riporta lo schema utilizzato per la modellazione. I punti di campionamento e di misura di velocità sono riferiti alle misurazioni effettuate il 30/07/99.

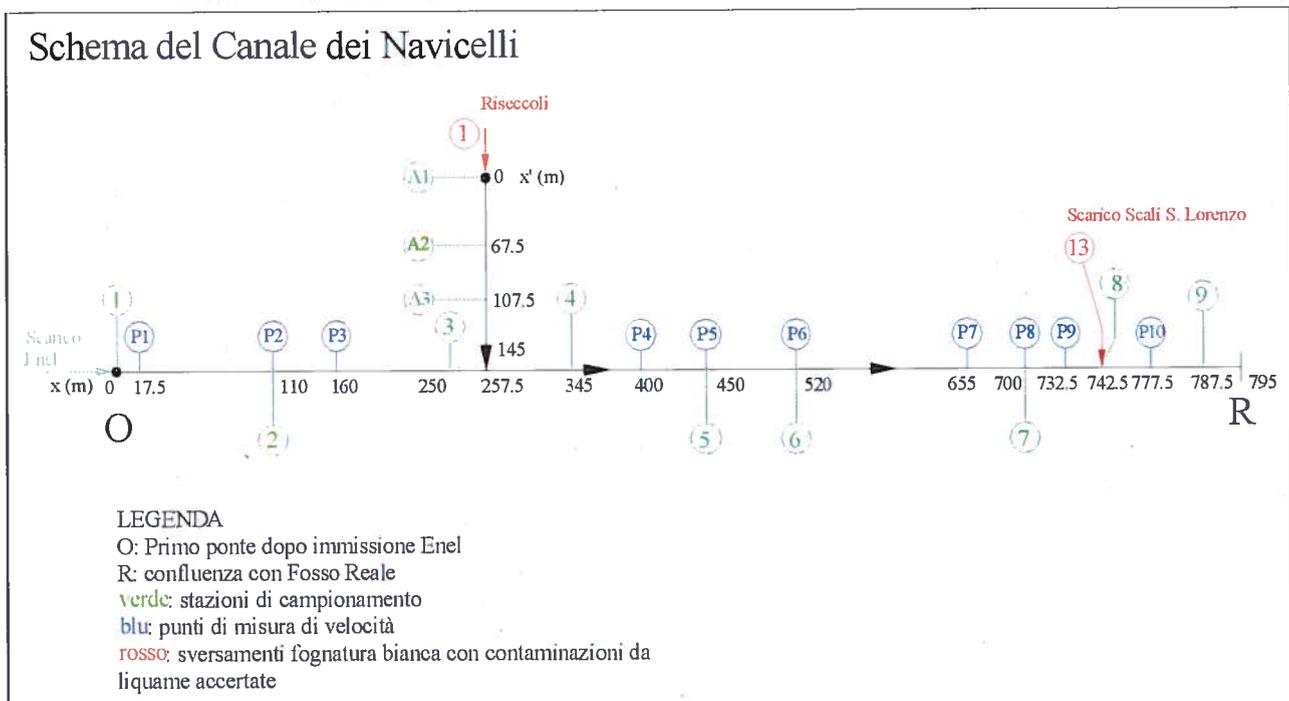


Fig. 13.2 Schema del Canale dei Navicelli

13.5 Definizione dell'idraulica

Nel programma di calcolo utilizzato possono essere applicati due diversi modelli idraulici:

- a) modello idraulico espresso dalle relazioni:

$$\begin{cases} u = a \cdot Q^b \\ h = c \cdot Q^d \end{cases}$$

dove: "u" velocità longitudinale media, "Q" portata volumetrica, "h" profondità, "a", "b", "c", "d", costanti empiriche che devono essere inserite dall'utente (eventualmente sulla base del fitting dei dati sperimentali);

- b) assimilazione del corso d'acqua a un canale di sezione trapezoidale; in questo secondo caso il programma calcola il profilo longitudinale di velocità e di profondità attraverso il fattore di Manning e le caratteristiche geometriche del canale fornite dall'utente: inclinazione delle pareti, larghezza del fondo, pendenza.

Per applicare il primo modello in modo rigoroso, è necessario avere a disposizione, per ogni tratto in cui si è deciso di dividere il corso d'acqua, valori sperimentali di velocità e profondità per diversi possibili valori di portata. Il passo successivo consiste nell'interpolazione di tali dati, in modo da trasformarli in funzioni analitiche, capaci di fornire i reali valori di velocità e profondità per qualsiasi portata ipotizzata. Ciò significa calcolare per ogni tratto le costanti *a*, *b*, *c*, *d* del modello idraulico.

Il secondo modello può essere utilizzato solo se sono note la larghezza del fondo, l'inclinazione dei lati della sezione bagnata e la pendenza del letto lungo l'intero corso d'acqua.

Nel caso del Canale dei Navicelli, per nessuna delle due modellazioni si hanno a disposizione dati sperimentali completi. I dati geometrici possono essere in parte ricavati da due documenti a disposizione:

- 1) le planimetrie ASA "Recupero del sistema dei Fossi della città di Livorno", del 14/07/98;
- 2) i disegni tecnici sul profilo longitudinale e sulle sezioni del circuito dei Fossi Livornesi, Sirsi Pneuma, risalenti al 1974.

Dalla prima documentazione può essere dedotta la larghezza della sezione bagnata lungo il corso del canale. L'analisi della seconda serie di disegni porta invece alle seguenti due assunzioni: la sezione bagnata del canale può essere considerata, in particolare, rettangolare; la pendenza del letto del corso d'acqua è praticamente nulla. Nelle tavole Sirsi Pneuma vengono anche indicate la profondità delle acque e il livello dei fanghi: queste grandezze non possono essere utilizzate nella modellazione, in quanto i disegni si riferiscono a una situazione molto lontana nel tempo e in cui non era presente l'immissione delle acque provenienti dalla centrale Enel.

Per poter in qualche modo determinare i parametri necessari all'implementazione del modello, durante il campionamento del 30/07/99 sono state ricavate delle misure di velocità lungo il canale. Ciò è stato fatto misurando i tempi di percorrenza di un galleggiante per determinati tratti del corso d'acqua. I punti in cui sono stati registrati i tempi di percorrenza sono indicati con la lettera "P" nella fig.13.1 e possono essere così individuati:

- P1: Canale dei Navicelli, Ponte di Via Pisa
- P2: Canale dei Navicelli, Ponte di Via del Marzocco
- P3: Canale dei Navicelli, punto intermedio tra il Ponte di Via del Marzocco e il Ponte di Via Salvatore Orlando
- P4: ingresso strettoia della Dogana D'Acqua
- P5: uscita strettoia della Dogana D'Acqua
- P6: Fosso dei Navicelli, Via delle Travi
- P7: Fosso dei Navicelli, Scali della Dogana D'Acqua (prima curva che precede l'immissione nel Fosso Reale)
- P8: Fosso dei Navicelli, Scali S. Lorenzo (seconda curva che precede l'immissione nel Fosso Reale)
- P9: Fosso dei Navicelli, Scali S. Lorenzo, Via Bassa
- P10: Fosso dei Navicelli, Scali del Pontino

I corrispondenti valori della coordinata longitudinale sono dati nella seguente tabella 13.2.

Tab. 13.2 *Coordinata longitudinale dei punti di misura della velocità*

Punto di misura	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Ascissa (m)	17.5	110	160	400	450	520	655	700	732.5	777.5

I dati sulle distanze via via percorse dal galleggiante, i relativi tempi di percorrenza cronometrati e le velocità che ne derivano sono riportati in Tab. 13.3.

Tab. 13.3 *Velocità rilevate nel corso del sopralluogo.*

Percorso	Distanza (m)	Tempo	Tempo (s)	Velocità (m/s)
P1-P2	92.5	3' 30"	210	0.44
P1-P3	142.5	5' 00"	300	0.48
P4-P5	50	1' 45"	105	0.48
P4-P6	120	4' 45"	285	0.42
P4-P7	255	10' 00"	600	0.43
P4-P8	300	12' 00"	720	0.42
P9-P10	45	2' 00"	120	0.38

A partire da questi dati sperimentali possono essere ricavati anche i tempi di percorrenza e le velocità di alcuni tratti intermedi rispetto a quelli precedenti (Tab. 13.4).

Tab. 13.4 *Velocità dell'acqua in tratti intermedi.*

Percorso	Distanza (m)	Tempo	Tempo (s)	Velocità (m/s)
P2-P3	50	1' 30"	90	0,56
P5-P6	70	3' 00"	180	0,39
P6-P7	135	5' 15"	315	0,43
P7-P8	45	2' 00"	120	0,38

In definitiva, i valori di velocità dell'acqua nei vari tratti, considerati nella loro successione, sono riportati in Tab. 13.5.

Tab. 13.5 *Velocità dell'acqua lungo il canale considerato.*

Percorso	P1-P2	P2-P3	P4-P5	P5-P6	P6-P7	P7-P8	P9-P10
v (m/s)	0.44	0.56	0.48	0.39	0.43	0.38	0.38

Al momento delle misurazioni la portata delle acque di raffreddamento della centrale Enel era di 13.3 m³/s, mentre non si conoscono quelle degli scarichi immessi nel canale: il Riseccoli e lo sversamento situato in corrispondenza degli Scali di S. Lorenzo. La determinazione di queste due portate è particolarmente difficoltosa, poiché tali scarichi derivano da sfioramenti della fognatura nera in quella bianca (la sola che ha sbocchi nei canali) e presentano, perciò, dei valori fortemente variabili nel tempo.

Il modello è stato applicato al canale considerando come unico ingresso inquinante lo scarico Riseccoli, in quanto non è stato possibile ottenere per l'altro delle misure sperimentali dei parametri di qualità.

Le costanti idrauliche del modello vengono tarate in modo da ottenere un profilo di velocità il più possibile simile a quello sperimentale, immaginando che i dati idraulici ottenuti si riferiscano ad una portata costante lungo il corso d'acqua pari a 13.3 m³/s, trascurando quindi in questa fase l'immissione Riseccoli. Si ipotizza che quest'ultima possa variare all'interno dell'intervallo 0.05-1.5 m³/s e che, di conseguenza, la portata a valle dello scarico non sia troppo diversa da quella a monte.

In definitiva, il modello scelto per riprodurre l'idraulica del sistema è il b) e i criteri seguiti per determinare i parametri sono:

- sezione bagnata rettangolare: l'inclinazione dei lati risulta allora pari a 0;
- larghezza del fondo dedotta dalle planimetrie ASA;
- determinazione per tentativi della pendenza "efficace" del fondo, ossia la pendenza per la quale si avrebbero le velocità ottenute sperimentalmente; essa rappresenta la differenza di battente che si ha nel caso di pendenza nulla;
- costante di dispersione: valore standard del modello pari a 60;
- fattore di Manning: valore standard del modello pari a 0.02.

I valori di pendenza ottenuti dal modello idraulico adottato sono riportati in Tab. 13.6.

Tab. 13.6 *Valori di pendenza equivalente del Canale dei Navicelli*

n°	Tratto	Larghezza (m)	Pendenza (m/m)
1	Ponte di Via Pisa - inizio prima curva	25	0.00068
2	Inizio prima curva - P2	30	0.00083
3	P2 - P3	20	0.00115
4	P3 - ingresso tratto Riseccoli	15	0.00085
5	Ingresso tratto Riseccoli - punto intermedio prima di P4	25	0.00009
6	Punto intermedio prima di P4 - P4	22.5	0.00008
7	P4 - P5	27	0.0001
8	P5 - P6	22.5	0.00004
9	P6 - punto intermedio prima di P7	17.5	0.00045
10	Punto intermedio prima di P7 - P7	16	0.00041
11	P7 - P8	20	0.00034
12	P8 - inizio strettoia Pontino	20	0.00034
13	Inizio strettoia Pontino - Fosso Reale	16	0.00028

Non essendo disponibili i dati sperimentali per i tratti P3-P4 e n°13, si è ipotizzato che per il tratto n°4 permanga un valore di velocità pari a 0.56 m/s, per il n°5 ed il n°6 si abbia come per il n°7 una velocità pari a 0.48 m/s e per il n°13 la velocità sia 0.38 m/s.

Il profilo di velocità calcolato con il modello è riportato nelle seguenti Tab. 13.7 e Fig. 13.3.

Tab. 13.7 *Confronto tra i valori di velocità misurati e forniti dal modello*

n° tratto	v sperim. (m/s)	v mod. (m/s)
1	0.44	0.440
2	0.44	0.439
3	0.56	0.559
4	/	0.554
5	/	0.480
6	/	0.480
7	0.48	0.483
8	0.39	0.386
9	0.43	0.432
10	0.43	0.430
11	0.38	0.380
12	0.38	0.380
13	/	0.380

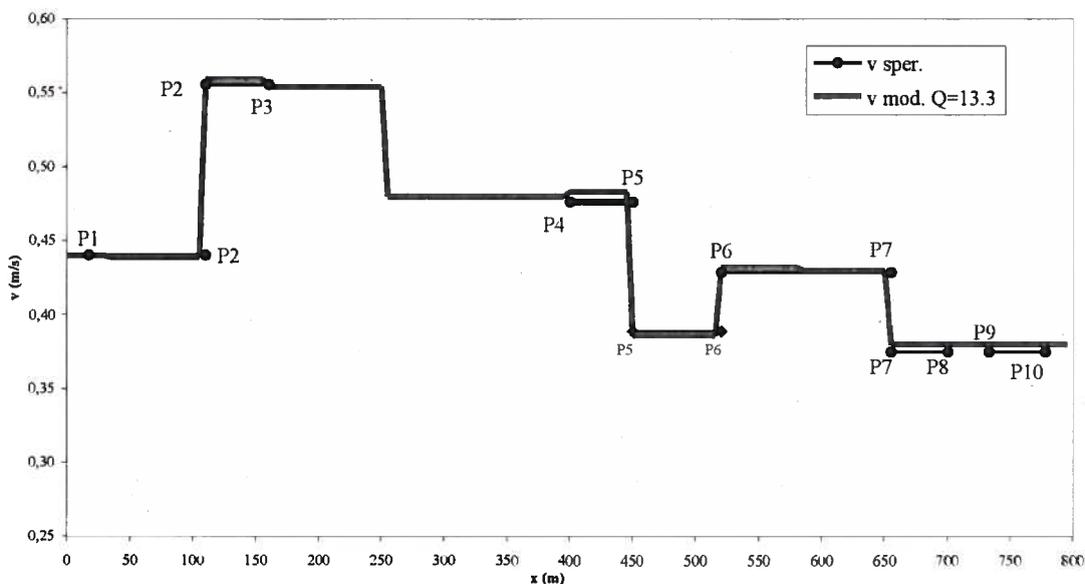


Fig. 13.3 Profilo della velocità lungo il canale dei Navicelli

L'applicazione del modello al tratto del Canale della Dogana d'Acqua che riceve lo scarico Riseccoli è meno significativa rispetto al suo utilizzo per il canale principale. Ciò è dovuto soprattutto alle particolari condizioni idrauliche del tratto che si presenta, nella maggior parte dei casi, pressoché stagnante e che, molto probabilmente, è caratterizzato da fenomeni di ricircolo e diluizione dovuti alle acque del canale dei Navicelli in cui si immette. Nonostante tali difficoltà, si è ritenuto utile applicare il modello anche su questo tratto per valutarne in qualche modo la risposta. Nell'intervallo di portata stimato ($0.05-1.5 \text{ m}^3/\text{s}$), si sono per prima cosa valutati gli effetti sul profilo di velocità del tratto principale con l'introduzione dello scarico Riseccoli; la situazione per i tre valori di portata ipotizzati è mostrata in Fig. 13.4.

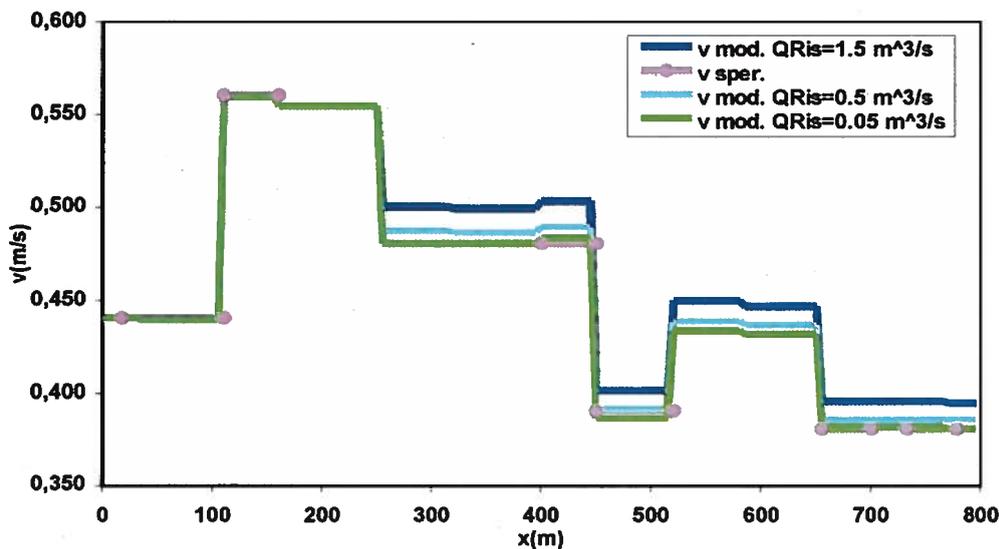


Fig. 13.4 Profilo della velocità nel Canale dei Navicelli

Non avendo a disposizione misure sperimentali di velocità e di portata, si è inoltre ipotizzato che il canale della Dogana d'Acqua abbia una sezione rettangolare e una pendenza costante, tali da ottenere velocità sempre inferiori a 0.10 m/s (nell'intervallo di portata considerato $0.05-1.5 \text{ m}^3/\text{s}$):

- larghezza del fondo dedotta dalle planimetrie ASA: 15 m
- pendenza: $5 \cdot 10^{-7} \text{ m/m}$.

Con tali ipotesi, i valori di velocità ottenuti per le portate di 0.05, 0.5 ed 1.5 m³/s sono rispettivamente di 0.014, 0.033 e 0.0049 m/s.

13.6 Dati sui parametri di qualità delle acque

Le stazioni di campionamento scelte nella campagna di monitoraggio del 30/07/99 sono state:

Stazione n°1: Canale dei Navicelli, Ponte di Via Pisa

Stazione n°2: Canale dei Navicelli, Ponte di Via del Marzocco

Stazione n°3: confluenza Canale Dei Navicelli – Canale della Dogana D'acqua

Stazione n°4: Canale della Dogana d'Acqua, Via de' Pazzi

Stazione n°5: Fosso dei Navicelli, Via Scali di Cerere

Stazione n°6: Fosso dei Navicelli, Via delle Travi

Stazione n°7: Fosso dei Navicelli, Scali della Dogana D'Acqua (curva che precede l'immissione nel Fosso Reale)

Stazione n°8: Fosso dei Navicelli, Scali S. Lorenzo (in corrispondenza dello scarico fognario)

Stazione n°9: Fosso dei Navicelli, Scali del Pontino

Stazione n°A1: Canale della Dogana d'Acqua, scarico Riseccoli

Stazione n°A2: Canale della Dogana d'Acqua

Stazione n°A3: Canale della Dogana d'Acqua, immediatamente prima della confluenza con il Canale dei Navicelli

Il valore dell'ossigeno disciolto è stato misurato sul campo con l'ossimetro a membrana OXI 320/SET WTW, a circa 30 cm dal pelo libero dell'acqua. L'ossimetro, utilizzato in acque con un certo grado di salinità, come nel caso dei Fossi Medicei, fornisce dei valori di O.D. sovrastimati rispetto alla realtà. I valori reali si ottengono correggendo quelli derivanti dalle misurazioni con il fattore moltiplicativo 0.9. Il fattore correttivo è stato ottenuto confrontando i valori di O.D. misurati dall'ossimetro in due campioni, di cui uno costituito da acqua distillata, l'altro da una soluzione acquosa con concentrazione di NaCl pari a 20g/l (valore paragonabile a quello dell'acqua dei canali) e addizionati entrambi della stessa quantità di ossigeno disciolto. Per gli altri parametri, in ogni stazione di rilevamento, è stato prelevato un campione d'acqua su cui, successivamente, sono state effettuate delle analisi di laboratorio per valutare i principali indicatori di qualità. Sia le misure di O.D., sia il prelievo dei campioni sono stati effettuati per ogni stazione a partire dai lati del canale. I risultati ottenuti sono riportati nella tab. 13.8. Si può notare che il rapporto COD/BOD varia tra 3 e 3.4; per la stazione n°7, in cui è stata effettuata la valutazione del COD, ma non quella del BOD, può essere ipotizzato un valore di BOD nell'intervallo 12.3-14mg/l.

Tab. 13.8 Risultati delle analisi di laboratorio sui campioni prelevati il 30/07/99

Stazione	Ora	pH	S SED (ml/l)	SST (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	N-NO ₂ (mg/l)	N-NO ₃ (mg/l)	MBAS (mg/l)	P TOT (mg/l)	CL- (mg/l)	COND. (µS/cm)	ODmis. (mg/l)	0.9*OD (mg/l)
1	11:30	8.00			34.00	10.00	< 0.5	< 0.05	1.50	3.49	0.06	21220	51500	7.45	6.71
2	11:38	7.99					< 0.5	< 0.05	1.50		0.07	21150	52400		
3	12:00	7.99					< 0.5	< 0.05	1.50		0.06	21300	52500	7.70	6.93
4	12:10	8.00			37.00	12.00	< 0.5	< 0.05	1.80		0.09	21580	54800	7.05	6.35
5	12:20	8.02					< 0.5	< 0.05	2.00		0.06	21100	54700		
6	12:24	8.02					< 0.5	< 0.05	1.80		0.07	20650	54900		
7	12:28	7.98			42.00		< 0.5	< 0.05	1.20		0.10	20080	50300	7.16	6.44
8	12:34	8.02					< 0.5	< 0.05	1.40		0.12	23050	50900	7.25	6.53
9	12:44	8.01			30.00	10.00	< 0.5	< 0.05	1.00	0.08	0.08	20738	54200	7.34	6.61
A1	11:45	7.86			94.00	30.00	12.8	< 0.05	2.60	4.81	0.76	13471	34700	2.05	1.85
A2	11:50	8.00					1.1	< 0.05	2.20		0.16	18040	49200	5.40	4.86
A3	11:57	8.05					< 0.5	< 0.05	2.10		0.12	24460	50200	7.60	6.84

Gli andamenti dei vari parametri lungo il corso d'acqua sono riportati nelle seguenti figure 13.5 – 13.17.

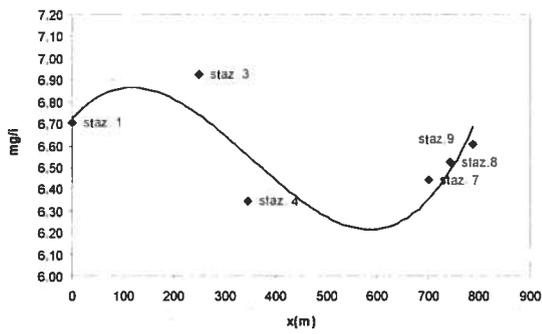


Fig. 13.5 Profilo OD lungo il Canale dei Navicelli

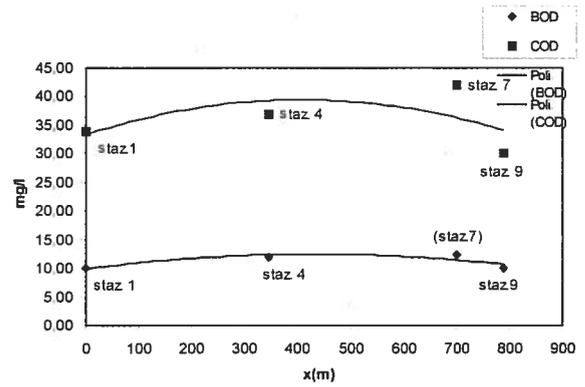


Fig. 13.6 Profilo BOD e COD lungo il Canale dei Navicelli

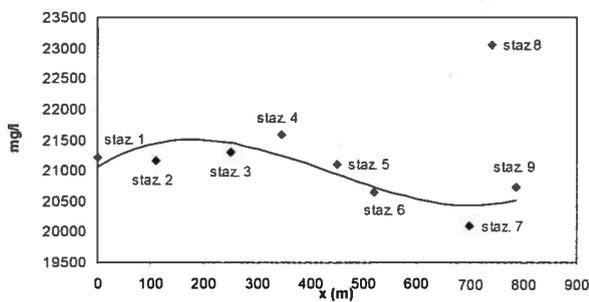


Fig. 13.7 Profilo Cloruri (Cl⁻) lungo il Canale dei Navicelli

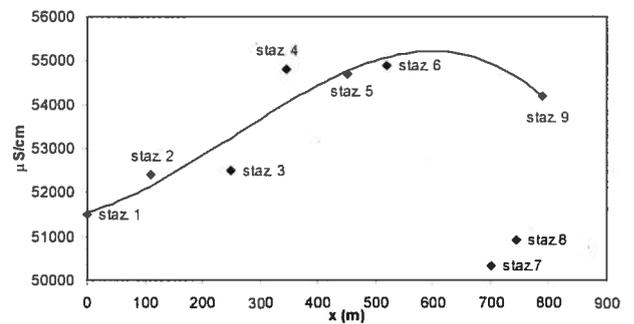


Fig. 13.8 Profilo Conducibilità lungo il Canale dei Navicelli

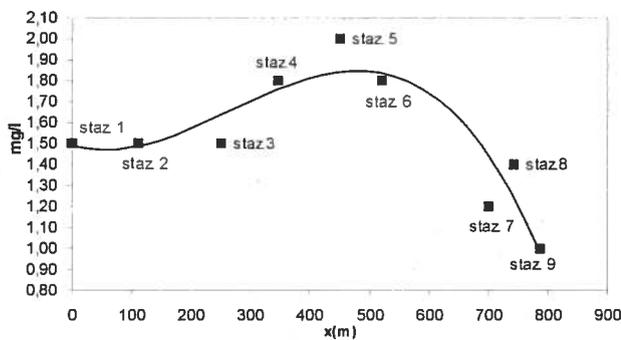


Fig. 13.9 Profilo NO₃ lungo il Canale dei Navicelli

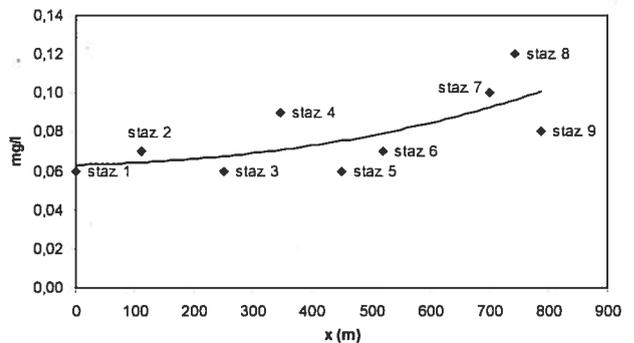


Fig. 13.10 Profilo Ptot lungo il Canale dei Navicelli

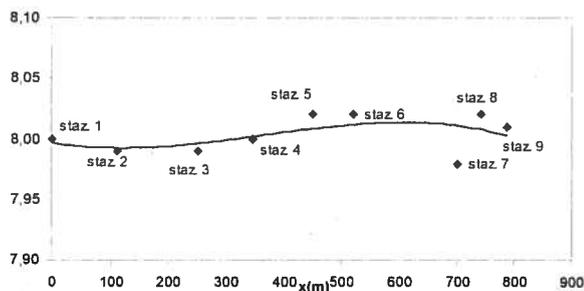


Fig. 13.11 Profilo pH lungo il Canale dei Navicelli

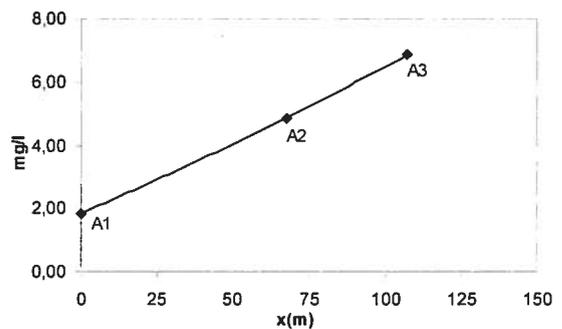


Fig. 13.12 Profilo OD lungo il Canale della Dogana D'acqua

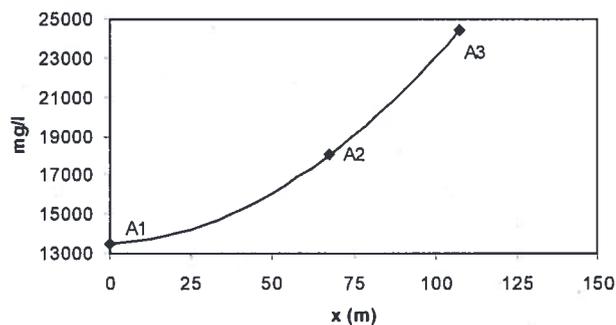


Fig. 13.13 Profilo cloruri (Cl) lungo il Canale della Dogana D'Acqua

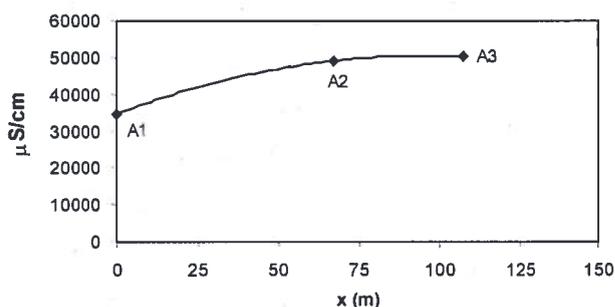


Fig. 13.14 Profilo Conducibilità lungo il Canale della Dogana D'Acqua

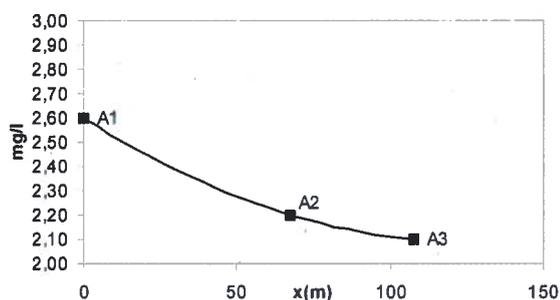


Fig. 13.15 Profilo NO₃ lungo il Canale della Dogana D'acqua

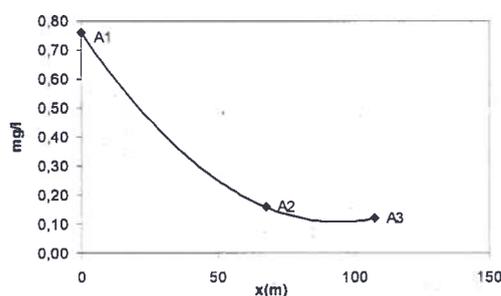


Fig. 13.16 Profilo P_{tot} lungo il Canale della Dogana D'Acqua

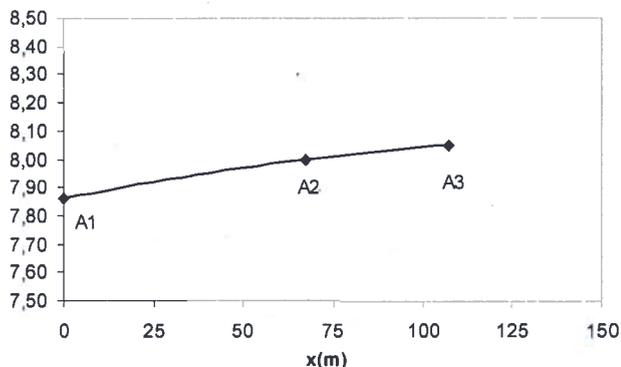


Fig. 13.17 Profilo pH lungo il Canale della Dogana d'Acqua

Dall'analisi dei grafici sui dati sperimentali possono essere tratte le seguenti osservazioni:

- nessun parametro presenta variazioni molto significative dei propri valori lungo il Canale dei Navicelli, mentre un'azione di diluizione con acqua di migliore qualità, ma salata, è evidente per tutti i parametri lungo il Canale della Dogana d'Acqua;
- i parametri OD, BOD e COD evidenziano degli andamenti che, sebbene si sviluppino entro un ristretto intervallo di valori, possono costituire la base per la prima taratura di un modello ecologico;
- l'influenza dello scarico Riseccoli sulla qualità delle acque del canale è espressa soprattutto dai parametri OD, BOD e COD: si può notare, infatti, una brusca diminuzione dell'OD e un sensibile aumento del BOD e del COD in corrispondenza dell'immissione inquinante nel canale principale;
- risulta difficile interpretare il significato del profilo dei nitrati lungo il canale principale: dopo la stazione n°3, ossia dopo l'immissione del Riseccoli, si osserva un certo incremento dei valori che può essere dovuto all'apporto di nitrati dello scarico fognario e all'ossidazione dell'azoto ammoniacale e nitroso che vi sono contenuti; è apparentemente inspiegabile, invece, la diminuzione della concentrazione di nitrati che si manifesta dopo la stazione n°6;
- il grafico della conducibilità elettrica in funzione dei cloruri risulta abbastanza irregolare, mentre di solito, in acque marine, la conducibilità ha un andamento monotono crescente in corrispondenza di concentrazioni crescenti dei cloruri; dalla non regolarità

tà del grafico si può ipotizzare che la conducibilità nel canale dipenda in modo determinante anche da altri parametri, come la durezza delle acque, di cui, però, non si hanno misure a disposizione;

- il valore di O.D. corrispondente alla stazione n°3 può dirsi sovrastimato rispetto alla realtà poiché, durante la campagna di misura, è stato problematico immergere la sonda dell'ossimetro nelle acque da esaminare per la profondità voluta; rimane comunque valida l'indicazione fornita da questa misura, ossia la presenza di un incremento di O.D. dovuto alla reazione delle acque dalla stazione n°1 alla stazione n°3;
- lungo il tratto del Canale della Dogana d'Acqua che riceve il Riseccoli, gli indicatori di qualità esaminati presentano degli andamenti monotoni crescenti o decrescenti, tali da raggiungere, nel punto di confluenza con il canale principale, dei valori paragonabili a quelli di quest'ultimo; ciò può essere indice di una miscelazione progressiva delle acque del "ramo" con quelle del Canale dei Navicelli.

13.7 Utilizzazione dei dati sperimentali per la taratura del modello

I dati sperimentali a disposizione non sono sufficienti per la completa taratura del modello ecologico. Tuttavia, allo scopo di verificare le potenzialità applicative di strumenti modellistici come QUAL2e a situazioni estremamente specifiche, quali quelle di una rete di canali cittadini con acque di mare, si è ritenuto utile effettuare un primo tentativo di taratura.

Modellazione OD e BOD

L'evoluzione lungo il corso d'acqua di questi due parametri viene descritta dalle seguenti equazioni:

$$\frac{dBOD}{dt} = -K1 \cdot BOD$$

$$\frac{dOD}{dt} = K2 \cdot (O_{sat} - O) - K1 \cdot BOD$$

t : tempo;

BOD, OD : concentrazioni di BOD e OD in mg/l;

$K1$ = BOD decay [1/day]: rappresenta il decadimento del BOD ad opera dei microorganismi;

$K2$ [1/day]: coeff. di reazione, dipendente dalla velocità media della corrente e dalla profondità.

Vengono trascurati, in prima ipotesi, i fenomeni di sedimentazione, respirazione e fotosintesi algale e i cicli di P e N.

L'intervallo tipico della costante $K1$ per corsi d'acqua inquinati è 0.1-0.25 1/day (Gilbert M. Masters, *Introduction to Environmental Engineering and Science*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1991; Davis e Cornwell 1985). Come primo tentativo si è utilizzato il valore 0.192 1/day, che viene suggerito come valore tipico in *Inquinamento Fluviale: realizzazione e uso di modelli matematici*, A. Nardini, R. Soncini Sessa, M. Bacci, 1990. Per la determinazione di $K2$ si è utilizzata invece la relazione di O'Connor e Dobbins.

I risultati ottenuti, per portate del Riseccoli che variano fra 0.05 e 1.5 m³/s, sono riportati nei grafici delle figure 13.18 – 13.21.

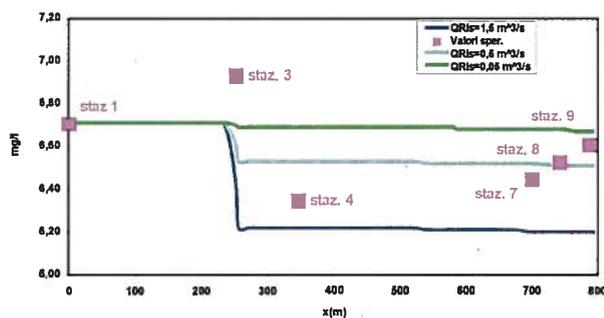


Fig. 13.18 Profilo OD lungo il Canale dei Navicelli

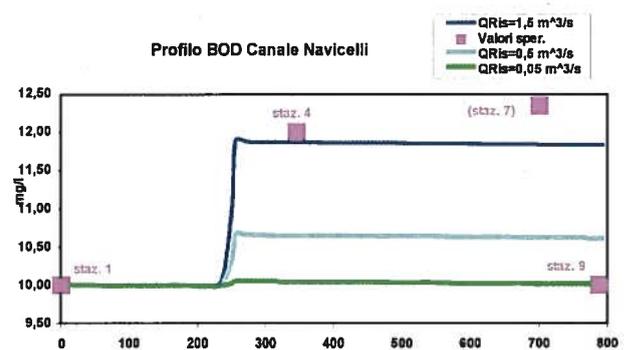


Fig. 13.19 Profilo BOD lungo il Canale dei Navicelli

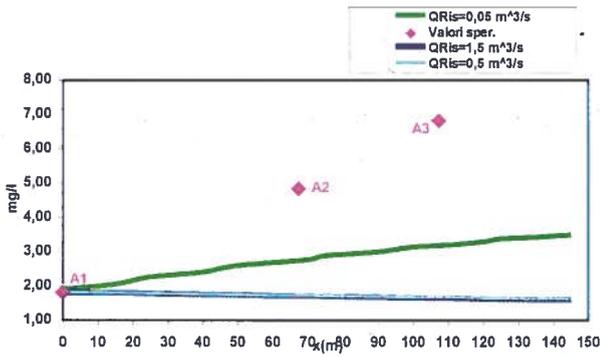


Fig. 13.20 Profilo OD nel tratto Riseccoli

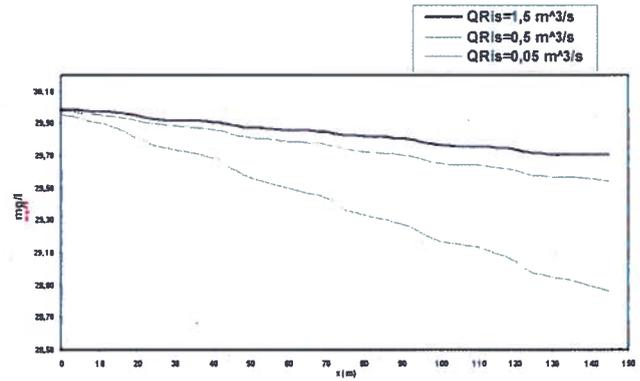


Fig. 13.21 Profilo BOD nel tratto Riseccoli

Rispetto all'andamento dei dati sperimentali si nota che:

- a) non si ha una buona riproduzione dei risultati sperimentali;
- b) l'influenza dell'immissione Riseccoli sul profilo di OD e BOD del canale principale è significativa solo per portate maggiori di 0.5 m³/s; la migliore riproduzione dell'incremento di BOD e della diminuzione di OD in corrispondenza dello scarico si ha per portate del Riseccoli intorno a 1.5 m³/s;
- c) nel tratto Riseccoli si ha un significativo aumento di OD solo per portate non superiori a 0.05 m³/s; nel caso di portate maggiori si nota una lieve diminuzione di OD e ciò significa che l'aerazione naturale non è sufficiente a soddisfare il consumo di ossigeno dovuto alla degradazione di sostanza organica;
- d) la consistente differenza tra i profili dell'OD sperimentale e ottenuti con il modello, per il tratto che riceve il Riseccoli, può far ipotizzare che il forte incremento della concentrazione di OD, attestato dai dati sperimentali, sia dovuto più a fenomeni di ricircolo e di miscelazione ad opera delle acque del canale principale, piuttosto che all'aerazione naturale vera e propria;
- e) la diminuzione di BOD attestata dai dati sperimentali nella stazione di rilevamento n°9 non è prevista dal modello.

Per quanto riguarda il punto e) si può tentare di riprodurre i dati sperimentali, ossia la diminuzione di BOD nell'ultimo tratto di canale, aumentando la costante K1 di decadimento del BOD. Per nessun valore ragionevole introdotto, però, si hanno risultati soddisfacenti. Si può allora ipotizzare che il campione prelevato nella stazione n°9 risenta dell'effetto di diluizione causato dalle acque del Fosso Reale.

Nelle stazioni in cui si hanno a disposizione dati sia di BOD sia di COD si osserva che il rapporto COD/BOD varia tra 3 e 3.4. Si può quindi ipotizzare che il valore di BOD nella stazione di rilevamento n°7, vicino alla sezione finale del canale, sia nell'intervallo 12.35-14 mg/l e che, di conseguenza, il BOD rimanga più o meno costante dopo l'immissione dello scarico.

Per l'ossigeno disciolto si è cercato di ottenere una migliore riproduzione dei dati sperimentali modificando la costante di aerazione K2, introducendola come input dall'esterno invece che ricorrere alle relazioni proposte dal programma. Affinché il modello fornisca dei profili che si avvicinino in qualche modo a quelli sperimentali è stato necessario utilizzare delle costanti di aerazione molto elevate, con valori che di solito non si manifestano nei corsi d'acqua.

Ad esempio, ipotizzando una portata nel ramo Riseccoli di 1.5 m³/s ed assumendo nel ramo principale K2=15 1/day per ogni tratto (lasciando la relazione di O'Connor e Dobbins per il ramo Riseccoli), si hanno i risultati mostrati nelle figure 13.22 e 13.23.

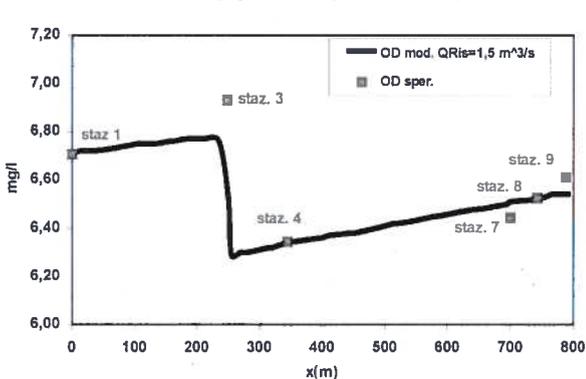


Fig. 13.22 Profilo OD lungo il Canale dei Navicelli

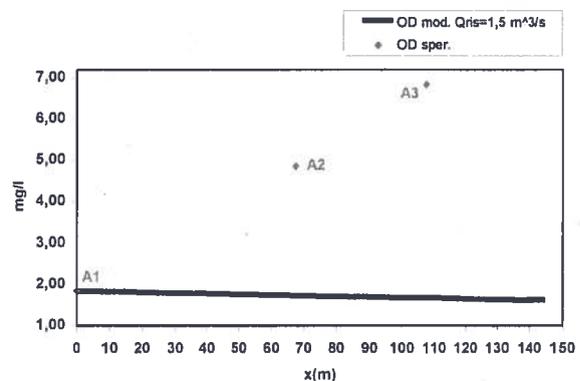


Fig. 13.23 Profilo OD nel tratto Riseccoli

Per migliorare rispetto ai dati sperimentali il profilo dell'O.D. nel ramo del Riseccoli: si è effettuata una ulteriore simulazione, ponendo nel ramo principale K2=15 1/day per i tratti che precedono l'immissione dello scarico, e lasciando la relazione di O'Connor

e Dobbins per gli altri, in quanto valori più alti della costante determinano un profilo troppo elevato; nel ramo Riseccoli si deve utilizzare un valore molto più alto, $K_2=30$ 1/day per ottenere i risultati illustrati nelle seguenti figure 13.24 e 13.25.

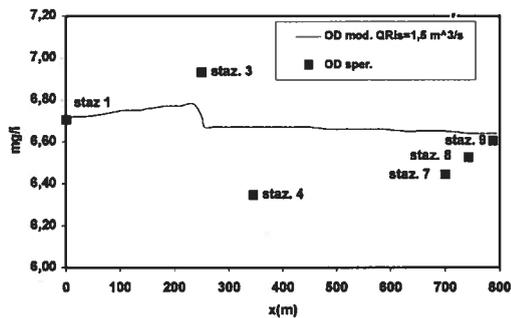


Fig. 13.24 Profilo OD lungo il Canale dei Navicelli

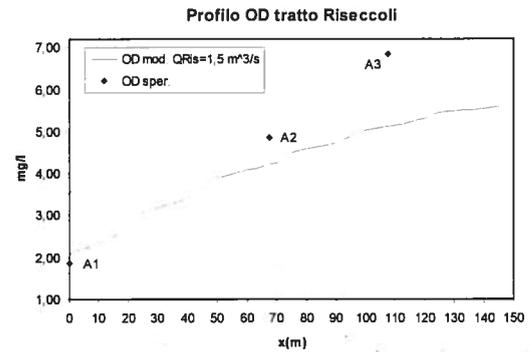


Fig. 13.25 Profilo OD nel tratto Riseccoli

Le analoghe simulazioni, ipotizzando una portata nel ramo Riseccoli di $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ e ponendo nel ramo principale $K_2=10$ 1/day nei tratti che precedono l'immissione Riseccoli e $K_2=4$ 1/day per quelli a valle (nel Riseccoli si è utilizzata la relazione di O'Connor e Dobbins), danno i risultati mostrati nelle figure 13.26 e 13.27.

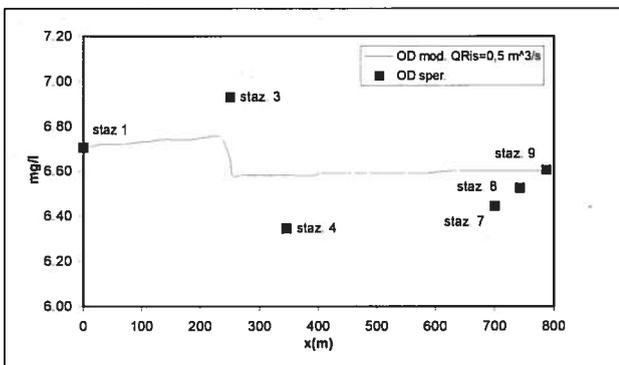


Fig. 13.26 Profilo OD lungo il Canale dei Navicelli

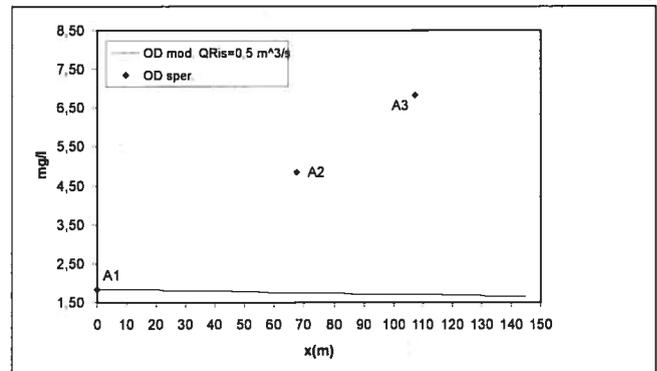


Fig. 13.27 Profilo OD nel tratto Riseccoli

Ipotizzando di avere una aerazione molto elevata nel ramo Riseccoli (ponendo $K_2=30$ 1/day) e ammettendo nel ramo principale $K_2=10$ 1/day nei tratti a monte del Riseccoli, con l'uso della relazione di O'Connor e Dobbins per quelli a valle, si ottengono i risultati mostrati nelle figure 13.28 e 13.29.

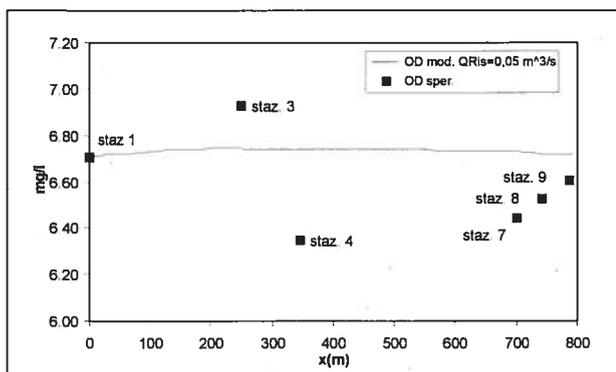


Fig. 13.28 Profilo OD lungo il Canale dei Navicelli

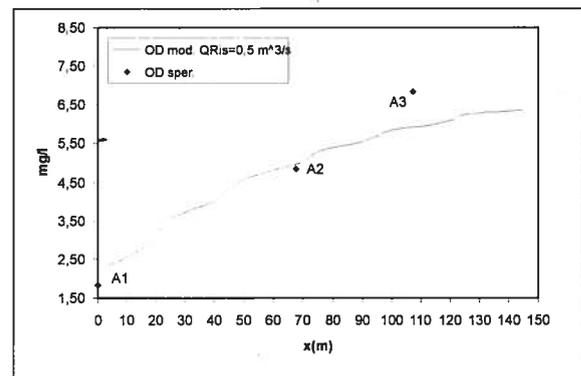


Fig. 13.29 Profilo OD nel tratto Riseccoli

Infine, per una portata nel ramo Riseccoli $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$, e ponendo nel ramo principale $K_2=10$ 1/day per la parte a monte dell'immissione Riseccoli, lasciando la relazione di O'Connor e Dobbins per i tratti a valle e per il ramo Riseccoli, si hanno i risultati mostrati nelle figure 13.30 e 13.31.

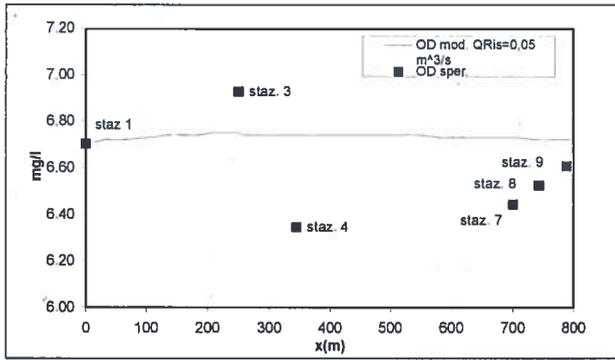


Fig. 13.30 Profilo OD lungo il Canale dei Navicelli

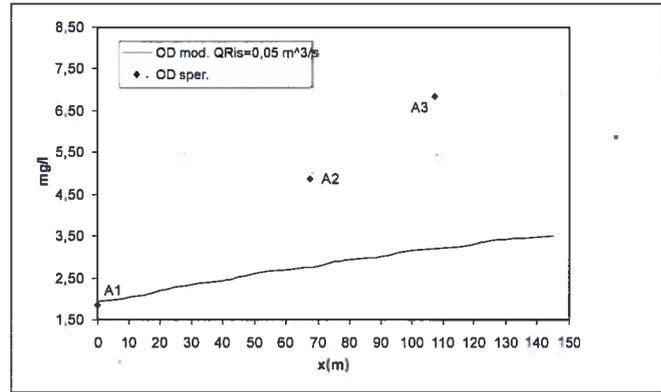


Fig. 13.31 Profilo OD nel tratto Riseccoli

Se, per cercare di riprodurre i dati sperimentali di O.D. nel tratto Riseccoli, si adotta per questa parte di canale $K2=15$ 1/day e nel ramo principale si pone $K2=10$ 1/day nei tratti a monte dello scarico e si lascia la relazione di O'Connor e Dobbins per quelli a valle, si ottengono i risultati di figg. 13.32 e 13.33.

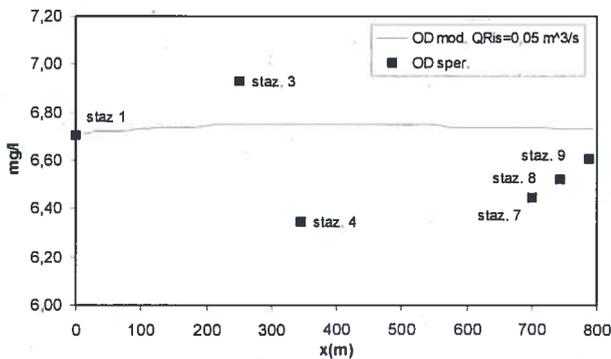


Fig. 13.32 Profilo OD lungo il Canale dei Navicelli

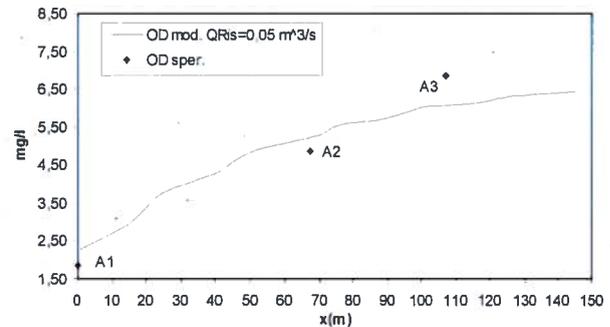


Fig. 13.33 Profilo OD nel tratto Riseccoli

13.8 Predizione delle condizioni del Canale dei Navicelli al variare della portata delle acque provenienti dalla centrale Enel

Le acque di raffreddamento della centrale ENEL immesse nei Fossi Medicei presentano normalmente una portata pari a $13.3 \text{ m}^3/\text{s}$. Durante i periodi di manutenzione la centrale opera a potenzialità ridotta e la portata si riduce a $7.78 \text{ m}^3/\text{s}$. Ciò comporta un effetto più marcato degli scarichi inquinanti sulla qualità delle acque dei Fossi Medicei, a causa della minore capacità di diluizione della portata immessa. In studi effettuati in passato una portata pari a $2 \text{ m}^3/\text{s}$ viene indicata come la minima vitale per i canali. Pertanto, alcune delle simulazioni effettuate per la portata di regime ($13.3 \text{ m}^3/\text{s}$) sono state ripetute per gli altri due valori di portata sopraindicati, in modo da evidenziare il netto peggioramento della qualità dell'acqua nei canali al diminuire della quantità delle acque immesse.

Nei grafici seguenti i colori delle linee corrispondono a:

- verde: $Q_{\text{Enel}} = 2 \text{ m}^3/\text{s}$;
 - azzurro: $Q_{\text{Enel}} = 7.78 \text{ m}^3/\text{s}$;
 - blu: $Q_{\text{Enel}} = 13.3 \text{ m}^3/\text{s}$.
- a) Portata dello scarico Riseccoli pari a $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$

I profili di velocità nel canale principale al variare della portata dell'immissione ENEL sono mostrati in fig. 13.34

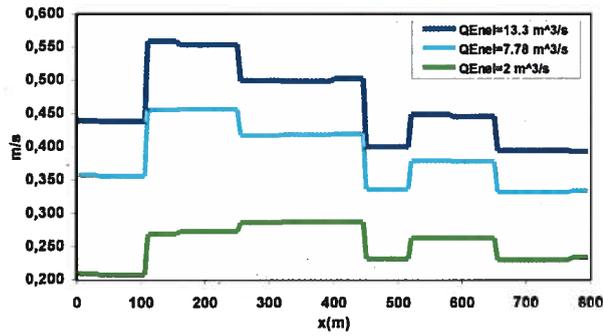


Fig. 13.34 Profilo della velocità lungo il Canale dei Navicelli

I profili di OD e BOD ottenuti con la costante di decadimento per il BOD $K_1=0.192$ 1/day e con la relazione di O'Connor e Dobbins per la costante di areazione, sono riportati nelle figure 13.35 e 13.36.

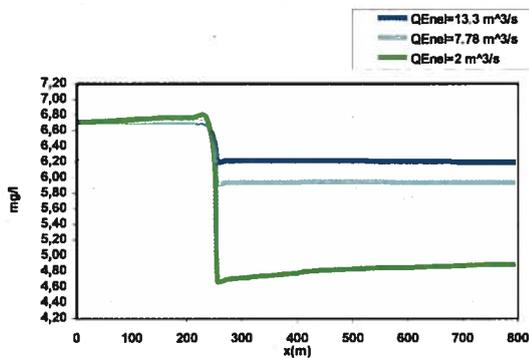


Fig. 13.35 Profilo OD lungo il Canale dei Navicelli

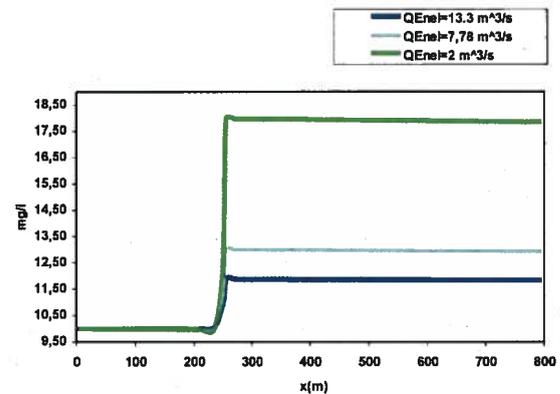


Fig. 13.36 Profilo BOD lungo il Canale dei Navicelli

b) Portata dello scarico Riseccoli pari a 0.5 m³/s

Le successive figure 13.37, 13.38 e 13.39 mostrano rispettivamente, al variare della portata dell'immissione ENEL, i profili di velocità nel canale e quelli di OD e BOD, ottenuti con la costante di decadimento per il BOD $K_1=0.192$ 1/day e con la relazione di O'Connor e Dobbins per la costante di areazione.

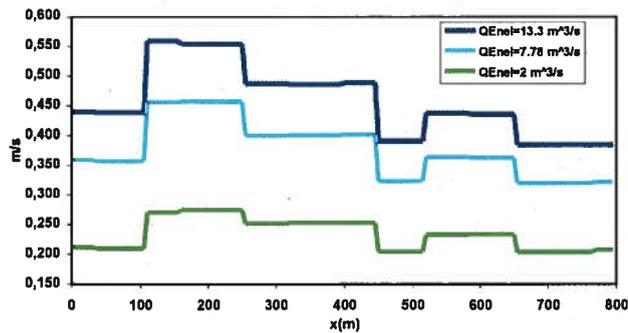


Fig. 13.37 Profilo della velocità Canale Navicelli

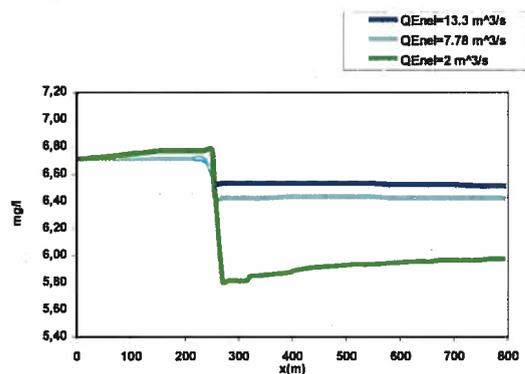


Fig. 13.38 Profilo OD lungo il Canale dei Navicelli

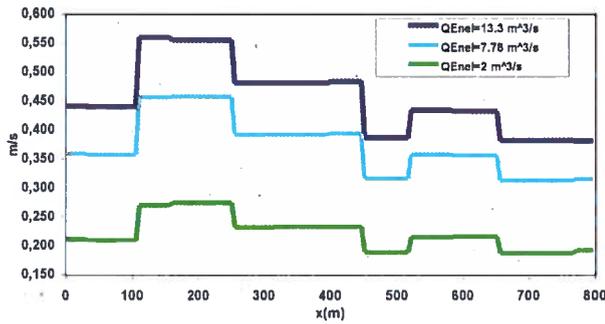


Fig. 13.39 Profilo BOD lungo il Canale dei Navicelli

c) Portata dello scarico Riseccoli pari a $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$

Analogamente, le figure 13.40, 13.41 e 13.42 mostrano, al variare della portata dell'immissione ENEL, i profili di velocità di OD e BOD nel canale principale, ottenuti sempre con la costante di decadimento per il BOD $K1=0.192 \text{ 1/day}$ e con la relazione di O'Connor e Dobbins per la costante di areazione.

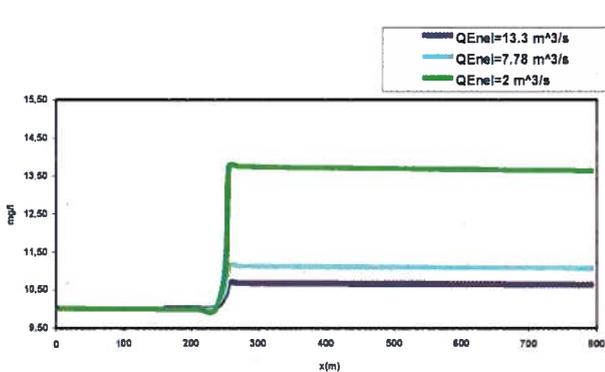


Fig. 13.40 Profilo della velocità lungo il Canale dei Navicelli

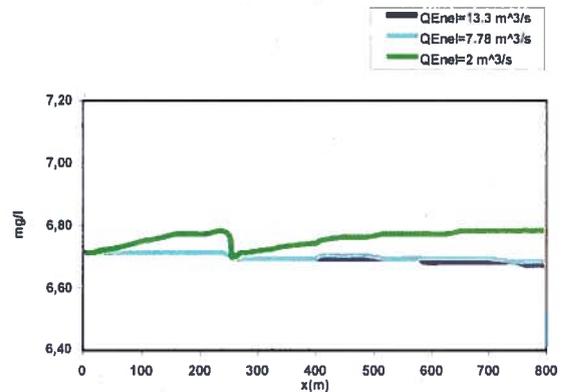


Fig. 13.41 Profilo OD lungo il Canale dei Navicelli

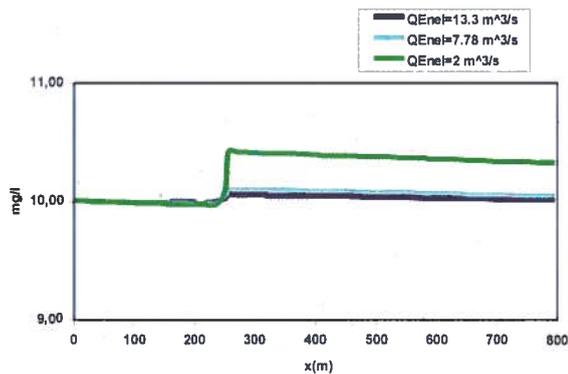


Fig. 13.42 Profilo BOD lungo il Canale dei Navicelli

13.9 Classificazione delle acque del Canale dei Navicelli

L'analisi della qualità delle acque è stata effettuata in due modi diversi, rifacendosi rispettivamente alla metodologia consigliata dal Testo Unico, ovvero utilizzando il Chemical Index, in entrambi i casi con gli adattamenti necessari.

a) Applicazione della Metodologia del Testo Unico

Una delle fasi fondamentali dell'analisi della qualità di un qualsiasi corpo idrico è la classificazione delle acque in *classi di qualità*. La più recente normativa in materia di tutela delle acque, rappresentata dal "Testo Unico sulle Acque", stabilisce dei criteri da

applicare per la classificazione dei corpi idrici considerati significativi. I Fossi Medicei di Livorno attualmente non sono compresi in tale categoria; può comunque risultare interessante tentare di applicare i criteri della nuova normativa anche a questi canali. Il Testo Unico prevede la suddivisione dei corpi idrici superficiali in cinque categorie, a ognuna delle quali corrisponde un particolare metodo di classificazione da seguire:

- corsi d'acqua naturali;
- laghi;
- acque marine costiere;
- acque di transizione;
- corpi idrici artificiali.

La classificazione dei Fossi Medicei di Livorno secondo il Testo Unico è abbastanza problematica, a causa delle loro particolari caratteristiche; essi, infatti, costituiscono un sistema di canali artificiali cittadini, attraversati da acque salmastre. I valori di salinità delle acque (da 2.0% a 3.6%) porterebbero a considerare i Fossi come acque marine. Nel Testo Unico si fa peraltro riferimento ad acque marine costiere e la loro classificazione si basa sulla determinazione dell'“Indice Trofico”, calcolato attraverso i parametri Clorofilla- α , OD, P totale, N totale. Tale classificazione non sembra essere significativa per i Fossi, in quanto essi sono costituiti da canali e non da acque marine aperte, non sono visibili fenomeni algali e le loro acque sono miscelate con acque dolci provenienti dalla rete fognaria bianca. Per le acque dei Fossi si hanno a disposizione tra questi parametri solo i valori di OD e, per il Canale dei Navicelli, di P e N. E' perciò impossibile effettuare la classificazione proposta. Probabilmente i Fossi andrebbero considerati nell'insieme delle acque di transizione (estuari, delta, lagune, laghi salmastri, stagni costieri), in quanto acque salmastre che presentano degli scambi con le acque costiere, nei punti di immissione in mare. Per le acque di transizione, però, nel “Testo Unico” non si fornisce una metodologia particolare, a causa dell'insufficienza dello stato delle conoscenze e delle esperienze a riguardo, rimandando alle acque marine costiere. Per quanto riguarda i corpi idrici artificiali la normativa rimanda ai corpi idrici naturali che presentino caratteristiche simili.

Un primo tentativo di classificazione dei Fossi può essere fatto utilizzando il metodo che nel “Testo Unico” si riferisce ai corsi d'acqua naturali, poiché i parametri utilizzati sono significativi anche per le acque dei canali, pur essendo queste salmastre e non dolci. La definizione completa dello stato di qualità dei corsi d'acqua prevede l'analisi di parametri caratteristici del biota, attraverso l'“Indice Biotico Estesio”, di microinquinanti e di parametri chimico-fisici, detti macrodescrittori, in modo da determinare la qualità ecologica del corpo idrico attraverso la combinazione dell'analisi dello stato microbiologico e di quello chimico. Per i Fossi è possibile determinare solo il livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori, secondo le indicazioni fornite nella tabella 7 dell'Allegato 1 del “Testo Unico”. I macrodescrittori utilizzati sono: 100-OD(%sat), BOD₅, COD, NH₄, NO₃, P tot, Escherichia Coli. A ciascun parametro viene attribuito un particolare punteggio in funzione del valore che presenta. La somma dei punteggi dei parametri determina il livello di inquinamento. Maggiore è il punteggio totale, minore è il grado d'inquinamento del campione. La classificazione prevede cinque possibili livelli, di cui il primo è il migliore, il quinto il peggiore.

Il livello di inquinamento fornito dai macrodescrittori è stato determinato principalmente per il Canale dei Navicelli, considerando le stazioni n°1, n°4, n°7, n°9 ed A1 della campagna di monitoraggio del 30/07/99. Sono inoltre state considerate le stazioni n°3 e n°4 dello “Studio Microbiologico-Ambientale Delle Acque Dei Fossi Della Città di Livorno”, redatto dal Centro Interuniversitario di Biologia Marina di Livorno, risalente al 1998. In tale studio non è riportata l'analisi dei parametri chimici; di conseguenza per questi sono stati assunti i valori della stazione n°9 della campagna del 30/07/99. Tale assunzione è giustificata dal fatto che tali stazioni sono vicine alla n°9 e che gli scarichi presenti nella distanza che le separa possono essere considerati non significativi.

Per quanto riguarda il Canale dei Navicelli, i dati sono quelli della campagna di monitoraggio del 30/07/99, ad eccezione dei valori assunti dal coliforme fecale Escherichia Coli. Tale parametro è stato analizzato per le stazioni di prelievo n°1, n°9 ed A1 nei primi giorni del mese di novembre 1999, quindi in condizioni di temperatura del canale abbastanza diverse rispetto alla campagna di monitoraggio. I risultati sono riportati nella tabella 13.9 seguente.

Tab. 13.9 Risultati delle analisi su Escherichia Coli, novembre 1999

	Staz. n°1	Staz. n°9	Staz. n°A3
Escherichia Coli UFC/100ml	5	4000	45000

La stazione di prelievo A3 è posizionata sul tratto del Canale della Dogana D'acqua che riceve lo scarico Riseccoli vicino al punto d'intersezione con il Canale dei Navicelli. L'elevato valore che assume l'Escherichia Coli in questa stazione è un ulteriore indice dell'apporto inquinante dello scarico Riseccoli nei canali. La drastica diminuzione del parametro nella stazione n°9 è dovuta alla morte dei coliformi fecali più che a fenomeni di diluizione, in quanto questi sono microorganismi tipici del corpo umano e quindi con una temperatura ottimale di vita di circa 37°C, mentre la temperatura del canale corrispondente alle misurazioni era inferiore a 30°C. Si può pensare che se le misurazioni fossero state effettuate il 30/07/99 nella stazione n°9 il valore dell'Escherichia Coli sarebbe stato maggiore.

Alternativamente possono essere utilizzati i valori dei coliformi fecali forniti dallo Studio Microbiologico del Centro Universitario di Biologia Marina corrispondenti alla stazione n°3, ossia quella più vicina al canale, risalenti al 6/08/96 e al 23/09/97. In questo caso i dati si riferiscono a condizioni stagionali più simili a quelle corrispondenti ai dati di tipo fisico-chimico.

Nel seguito si riportano i dati ed i risultati della classificazione della qualità delle acque nelle varie stazioni di prelievo.

Stazione di prelievo n° 1 (campagna di monitoraggio del 30/07/99)

Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori

Parametro	Unità di misura	Valore misurato	Livello	Punteggio
100-OD	% sat.	<10\	1	80
BOD ₅	mg/l di O ₂	10.00	4	10
COD	mg/l di O ₂	34.00	5	5
NH ₄	mg/l di N	<0.5	3	20
NO ₃	mg/l di N	1.50	2	40
P totale	mg/l di P	0.06	1	80
Escherichia Coli	UFC/100 ml	5.00	1	80
Punteggio tot.=				315

Punteggio totale	Livello globale
315	2

Stazione di prelievo n° 4 (campagna di monitoraggio del 30/07/99)

Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori

Parametro	Unità di misura	Valore misurato	Livello	Punteggio
100-OD	% sat.	<10\	1	80
BOD ₅	mg/l di O ₂	12.00	4	10
COD	mg/l di O ₂	37.00	5	5
NH ₄	mg/l di N	<0.5	3	20
NO ₃	mg/l di N	1.80	3	20
P totale	mg/l di P	0.09	2	40
Punteggio tot.=				175

Per l'escherichia Coli possono essere assunti i valori del Centro di Biologia Marina o quelli delle analisi del novembre '99; in ogni caso il livello globale di qualità rimane il 3°:

	UFC/100ml	Livello E.C.	Punteggio	Punteggio tot.	Livello globale
E.C. 6/8/96	24000	5	5	180	3
E.C. 23/9/97	2200	3	20	195	3
E.C. Novembre '99	45000	5	5	180	3

Stazione di prelievo n° 7 (campagna di monitoraggio del 30/07/99)

Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori

Parametro	Unità di misura	Valore misurato	Livello	Punteggio
100-OD	% sat.	<10\	1	80
BOD ₅	mg/l di O ₂	12.35	4	10
COD	mg/l di O ₂	42.00	5	5
NH ₄	mg/l di N	<0.5	3	20
NO ₃	mg/l di N	1.20	2	40
P totale	mg/l di P	0.10	2	40
Punteggio tot.=				195

Per l'escherichia Coli possono essere assunti i valori del Centro di Biologia Marina o quelli delle analisi del novembre '99; in ogni caso il livello globale di qualità rimane il 3°:

	UFC/100ml	Livello	Punteggio	Punteggio tot.	Livello globale
E.C. 6/8/96	24000	5	5	200	3
E.C. 23/9/97	2200	3	20	215	3
E.C. Novembre '99	45000	5	5	200	3
E.C. Novembre '99	4000	3	20	215	3

Stazione di prelievo n° 9 (campagna di monitoraggio del 30/07/99)

Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori

Parametro	Unità di misura	Valore misurato	Livello	Punteggio
100-OD	% sat.	<10\ 1		80
BOD5	mg/l di O2	10.00	4	10
COD	mg/l di O2	30.00	5	5
NH4	mg/l di N	<0.5	3	20
NO3	mg/l di N	1.00	2	40
P totale	mg/l di P	0.08	2	40
Punteggio tot.=				195

Per l'escherichia Coli possono essere assunti i valori del Centro di Biologia Marina o quelli delle analisi del novembre '99; in ogni caso il livello globale di qualità rimane il 3°:

	UFC/100ml	Livello	Punteggio	Punteggio tot.	Livello globale
E.C. 6/8/96	24000	5	5	200	3
E.C. 23/9/97	2200	3	20	215	3
E.C. Novembre '99	4000	3	20	215	3

Stazione di prelievo n° A1 (campagna di monitoraggio del 30/07/99)

Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori

Parametro	Unità di misura	Valore misurato	Livello	Punteggio
100-OD	% sat.	74.31	5	5
BOD5	mg/l di O2	30.00	5	5
COD	mg/l di O2	94.00	5	5
NH4	mg/l di N	12.80	5	5
NO3	mg/l di N	2.60	3	20
P totale	mg/l di P	0.76	5	5
Escherichia Coli	UFC/100 ml	45000	5	5
Punteggio tot.=				50

Punteggio totale	Livello
50	5

Stazione di prelievo n° 3 (Studio Microbiologico)

Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori

Parametro	Unità di misura	Valore misurato	Livello	Punteggio
100-OD	% sat.	<10\	1	80
BOD5	mg/l di O2	10.00	4	10
COD	mg/l di O2	30.00	5	5
NH4	mg/l di N	<0.5	3	20
NO3	mg/l di N	1.00	2	40
P totale	mg/l di P	0.08	2	40
Punteggio tot.=				195

Per l'escherichia Coli possono essere assunti i valori del Centro di Biologia Marina o quelli delle analisi del novembre '99 per la staz. n°9; in ogni caso il livello globale di qualità rimane il 3°:

	UFC/100ml	Livello	Punteggio	Punteggio tot.	Livello globale
E.C. 6/8/96	24000	5	5	200	3
E.C. 23/9/97	2200	3	20	215	3
E.C. Novembre '99	4000	3	20	215	3

Stazione di prelievo n° 4 (Studio Microbiologico)

Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori

Parametro	Unità di misura	Valore misurato	Livello	Punteggio
100-OD	% sat.	<10\	1	80
BOD5	mg/l di O2	10.00	4	10
COD	mg/l di O2	30.00	5	5
NH4	mg/l di N	<0.5	3	20
NO3	mg/l di N	1.00	2	40
P totale	mg/l di P	0.08	2	40
Punteggio tot.=				195

Per l'escherichia Coli possono essere assunti i valori del Centro di Biologia Marina o quelli delle analisi del novembre '99, per la staz. n°9; in ogni caso il livello globale di qualità rimane il 3°:

	UFC/100ml	Livello	Punteggio	Punteggio tot.	Livello globale
E.C. 6/8/96	2300	3	20	215	3
E.C. 23/9/97	1700	3	20	215	3
E.C. Novembre '99	4000	3	20	215	3

b) Applicazione del Chemical Index

Un altro tentativo di valutazione della qualità delle acque dei Fossi Medicei di Livorno è stato fatto mediante l'applicazione del Chemical Index, un indice già adoperato per i corsi d'acqua Tora, Ugione e Scolmatore. Il C.I. è un indice sintetico per la cui formulazione è richiesta la valutazione di 8 parametri per ogni campione d'acqua; a ciascuno degli 8 parametri è attribuito un fattore di peso w_i corrispondente alla sua importanza relativa a concorrere al giudizio globale (Tab.13.10). La somma di tutti i fattori di peso è uguale a 1.

$$C.I. = \prod_{i=1}^n q_i = q^{w_1} \times q^{w_2} \times q^{w_3} \times \dots \times q^{w_n}$$

Il C.I. è un numero adimensionale compreso nella scala continua 0-100 dove 0 corrisponde all'acqua di qualità peggiore e 100 a quella di qualità migliore; n è il numero di parametri e q_i è il subindice per l' i -esimo parametro, un numero adimensionale compreso tra 0 e 100 e ricavato da opportune scale di riferimento.

Tab.13.10 Parametri utilizzati per il calcolo del Chemical Index e rispettivi pesi di importanza (Newman P.J.)

Parametri	Unità	Peso
Saturazione di ossigeno	% sat.	0,20
BOD ₅	mg/l	0,20
Temperatura dell'acqua	°C	0,08
Ione Ammonio-NH ₄	mg/l	0,15
Ione Nitrato-NO ₃	mg/l	0,10
Ortofosfati o PO ₄	mg/l	0,10
pH	-	0,10
Conducibilità elettrica	μS/cm	0,07
n=8		Σ=1,00

Le acque considerate sono caratterizzate da un contenuto salino che fa aumentare notevolmente la conducibilità elettrica. Per le acque salmastre mediamente la salinità è di 35 g/Kg acqua, equivalente al 3,5% ; questo valore è circa 70 volte superiore alla salinità dell'acqua dolce (<0,5g/1000g). La curva caratteristica della dipendenza tra conducibilità e subindice q_i è stata ricavata dagli studi fatti sull'ecosistema fluviale, per il quale la variazione del contenuto di salinità induce una variazione sulla sopravvivenza di particolari specie animali. L'adattamento della curva alle acque di transizione richiederebbe studi approfonditi dell'ambiente marino; poiché non sono state reperite le informazioni necessarie, è stato ritenuto lecito imporre per la conducibilità che q_i assuma il valore massimo ($100^{0,07} = 1,38$), dato che è il risultato di un'azione voluta per migliorare la qualità delle acque dei Fossi Medicei.

Come spiegato nel paragrafo 13.4, i campionamenti sono stati effettuati nei punti indicati con "stazione n°1, n°4, n°7, n°9 e n°A1". Le misure sono state fatte il 30/07/99 e poiché la temperatura oscillava tra 28 e 30°C è stato ammesso che fosse 29°C in tutte le stazioni.

La presenza di fosforo nelle acque dei fossi deriva principalmente dagli scarichi domestici (metabolismo umano e detersivi). Le forme con cui si presenta questo elemento sono l'ortofosfato, il tripolifosfato, il pirofosfato e il fosforo organico. Stime riportate in letteratura (Gray 1981) indicano da 2,6 a 3,5 g/ab/d il contributo giornaliero per ogni abitante. I dati raccolti riportano il fosforo totale. Per poter risalire ad una stima degli ortofosfati è stata fatta una ricerca in letteratura con la quale è stata evidenziato un rapporto 2 (tab. 13.11).

Tab. 13.11 Concentrazioni e forme di fosforo nei liquami domestici in funzione dell'apporto idrico in fognatura : A=200 l/ab/d ; B=350 l/ab/d ; C=500 l/ab/d (da "Rimozione biologica dei nutrienti dalle acque di scarico", G.Andreattola, R.Canziani, R.Russo).

Composti del fosforo	Apporto pro-capite (g/ab/g)	Concentrazioni(mg/l)		
		A	B	C
Ortofossato	1,2	6,0	3,4	2,4
Tripolifossato	0,7	3,5	2,0	1,4
Pirofossato	0,2	1,0	0,6	0,4
Porganico	0,3	1,5	0,9	0,6
P totale	2,4	12,0	6,9	4,8

Similmente a quanto fatto nel paragrafo 13.9a), il livello di inquinamento è stato determinato per il Canale dei Navicelli in quanto i dati reperibili per gli altri Canali dagli studi fatti sui Fossi Medicei contengono i valori di solo 5 parametri, invece degli otto necessari alla determinazione del C.I..

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.

Canale dei Navicelli - Punto di campionamento: Stazione n°1 - anno:1999

Parametri	Unità	Valore	q_i	w_i	$q_i \cdot w_i$
O2 saturazione	% sat.	<10	3	0,20	1,25
BOD ₅	mg/l	34	3	0,20	1,25
Temperatura dell'acqua	°C	29	73	0,08	1,4
NH ₄	mg/l	<0,5	80	0,15	1,92
NO ₃	mg/l	1,5	78	0,10	1,54
Ortofossati	mg/l	0,03	100	0,10	1,58
pH	-	8	80	0,10	1,55
Conducibilità	µS/cm	51500	100	0,07	1,38
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 22					

Canale dei Navicelli - Punto di campionamento: Stazione n°4 - anno:1999

Parametri	Unità	Valore	q_i	w_i	$q_i \cdot w_i$
O2 saturazione	% sat.	<10	3	0,20	1,25
COD	mg/l	37	3	0,20	1,25
Temperatura dell'acqua	°C	29	73	0,08	1,41
NH ₄	mg/l	<0,5	80	0,15	1,93
NO ₃	mg/l	1,8	77	0,10	1,54
Ortofossati	mg/l	0,04	100	0,10	1,58
pH	-	8	80	0,10	1,55
Conducibilità	µS/cm	54800	100	0,07	1,38
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 22					

Canale dei Navicelli - Punto di campionamento: Stazione n°7 - anno:1999

Parametri	Unità	Valore	q_i	w_i	$q_i \cdot w_i$
O2 saturazione	% sat.	<10	3	0,20	1,25
COD	mg/l	37	3	0,20	1,25
Temperatura dell'acqua	°C	-	73	0,08	1,41
NH ₄	mg/l	<0,5	80	0,15	1,93
NO ₃	mg/l	1,8	77	0,10	1,54
Ortofossati	mg/l	0,04	100	0,10	1,58
pH	-	7,98	80	0,10	1,55
Conducibilità	µS/cm	50300	100	0,07	1,38
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 22					

Canale dei Navicelli - Punto di campionamento: Stazione n°9 - anno:1999

Parametri	Unità	Valore	q _i	w _i	q _i * w _i
O2 saturazione	% sat.	<10	3	0,20	1,25
COD	mg/l	30	3	0,20	1,25
Temperatura dell'acqua	°C	29	73	0,08	1,41
NH ₄	mg/l	<0,5	80	0,15	1,93
NO ₃	mg/l	1,0	77	0,10	1,54
Ortofosfati	mg/l	0,04	100	0,10	1,58
pH	-	8,01	80	0,10	1,55
Conducibilità	µS/cm	54200	100	0,07	1,38
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 22					

Canale dei Navicelli - Punto di campionamento: Stazione n°A1 - anno:1999

Parametri	Unità	Valore	q _i	w _i	q _i * w _i
O2 saturazione	% sat.	74,31	73	0,20	2,36
COD	mg/l	94	1	0,20	1
Temperatura dell'acqua	°C	29	73	0,08	1,41
NH ₄	mg/l	12,8	15	0,15	1,5
NO ₃	mg/l	2,6	90	0,10	1,57
Ortofosfati	mg/l	0,38	100	0,10	1,58
pH	-	7,86	82	0,10	1,55
Conducibilità	µS/cm	34700	100	0,07	1,38
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 27					

Canale dei Navicelli - Punto di campionamento: Stazione n°3 - anno:1998

Parametri	Unità	Valore	q _i	w _i	q _i * w _i
O2 saturazione	% sat.	<10	3	0,20	1,25
BOD ₅	mg/l	10,00	3	0,20	1,25
Temperatura dell'acqua	°C	29	73	0,08	1,41
NH ₄	mg/l	<0,5	80	0,15	1,93
NO ₃	mg/l	1,00	95	0,10	1,57
Ortofosfati	mg/l	0,04	100	0,10	1,58
pH	-	8	80	0,10	1,55
Conducibilità	µS/cm	-	100	0,07	1,38
n=8				Σ=1,00	
C.I.:22					

Canale dei Navicelli - Punto di campionamento: Stazione n°4 - anno:1998

Parametri	Unità	Valore	q _i	w _i	q _i * w _i
O2 saturazione	% sat.	<10	3	0,20	1,25
BOD ₅	mg/l	10,00	3	0,20	1,25
Temperatura dell'acqua	°C	29	73	0,08	1,41
NH ₄	mg/l	<0,5	80	0,15	1,93
NO ₃	mg/l	1,00	95	0,10	1,57
Ortofosfati	mg/l	0,04	100	0,10	1,58
pH	-	8	80	0,10	1,55
Conducibilità	µS/cm	-	100	0,07	1,38
n=8				Σ=1,00	
C.I.: 22					

13.10 Conclusioni

Lo studio effettuato, pur costituendo solo un primo tentativo di applicazione di modelli di qualità ad un sistema complesso come quello costituito dai Fossi Medicei di Livorno, permette di trarre le seguenti conclusioni.

Campagna sperimentale

Sono state effettuate, in collaborazione con l'azienda ASA che ha messo a disposizione le risorse di laboratorio, misure di velocità e di alcuni parametri indicatori di qualità lungo il tratto di interesse, che sono state utilizzate per una prima taratura del modello. Si è trattato di una prima campagna di misure che non può considerarsi esaustiva, ma che ha fornito utili indicazioni sullo stato di qualità e sulla dinamica del tratto analizzato.

I parametri misurati non presentano variazioni molto significative lungo il tratto considerato, principalmente a causa della limitata estensione del tratto stesso; comunque, l'ossigeno disciolto, il BOD ed il COD hanno mostrato andamenti che consentono una prima taratura di un modello ecologico. E' evidente, infatti, l'influenza dello scarico Riseccoli sulla qualità delle acque del canale: si nota una brusca diminuzione dell'OD ed un sensibile aumento del BOD e del COD in corrispondenza dell'immissione inquinante nel canale principale; gli altri parametri (azoto e fosforo in particolare) sono di difficile interpretazione.

Applicazione del modello

Il modello ha mostrato una discreta capacità di predizione dei *trend* sperimentali: l'aumento del carico organico e la diminuzione dell'ossigeno disciolto dopo l'immissione del ramo di Riseccoli, così come la loro successiva variazione ad opera dei fenomeni autodepurativi, è ben predetta dal modello. Lo studio ha permesso di valutare l'influenza di tale immissione sul canale principale, significativa solo per portate maggiori di 0.05 m³/s.

Il modello costituisce quindi un mezzo per stimare la portata di deflusso minima vitale al variare dell'entità degli scarichi.

Per quanto riguarda la possibilità di predizione di altri parametri, come l'azoto ed il fosforo, il set di dati a disposizione è troppo limitato per consentire una taratura significativa delle costanti cinetiche delle numerose reazioni e fenomeni in gioco. Inoltre, dalla campagna sperimentale, è risultato evidente come in certi punti non sia sufficiente una schematizzazione monodimensionale del sistema (ricircoli, zone morte, variazioni significative di sezioni) e che, per basse velocità di flusso, non possano essere trascurati fenomeni diffusivi (ad esempio in corrispondenza dell'ultimo punto prima dell'immissione nell'anello di Fortezza Nuova).

In definitiva, l'esperienza si può ritenere soddisfacente, in quanto ha mostrato come, con campagne mirate e l'utilizzo di modelli adeguati, sia possibile descrivere lo stato di qualità di corsi d'acqua superficiali, anche di struttura complessa come il sistema dei Fossi Medicei di Livorno.

E' ovvio che per avere uno strumento di predizione e pianificazione più realistico ed accurato, è necessario effettuare uno studio più ampio ed articolato, che abbia i seguenti obiettivi:

- *la realizzazione di una Banca Dati* relativa all'inquinamento dei Fossi, mediante la effettuazione di campagne mirate e l'eventuale installazione di centraline di rilevamento, supportata da uno strumento GIS (Geographic Information System). La banca ed il GIS consentirebbero di tenere sotto controllo in linea il reticolo dei Fossi e di archiviare i dati in modo facilmente accessibile;
- *lo sviluppo di un modello dinamico bidimensionale di qualità*. Il modello, di struttura più complessa rispetto a quello testato, consentirebbe di prevedere l'evoluzione della qualità dei Fossi in conseguenza di variazioni dei dati di input ed inoltre di simulare scenari diversi, come anche di progettare meglio eventuali interventi di risanamento;
- *l'analisi di metodi di controllo dell'inquinamento e di pianificazione degli interventi*. Lo sviluppo di un sistema esperto consentirebbe di valutare le conseguenze di possibili scenari di controllo della qualità dei Fossi, resi in generale possibili programmando gli scarichi ENEL e/o attraverso opportuni interventi sulla rete fognaria.

ALLEGATI PARTE 2

Allegato I

Leggi di scalatura adottate per gli indicatori del parametro atmosfera

ERRATA CORRIGE

La figura A1.1 è da sostituirsi con la presente

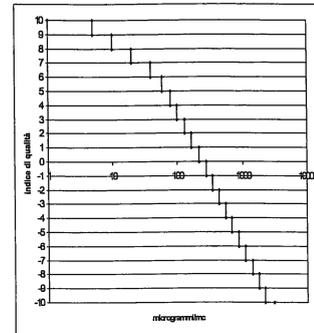
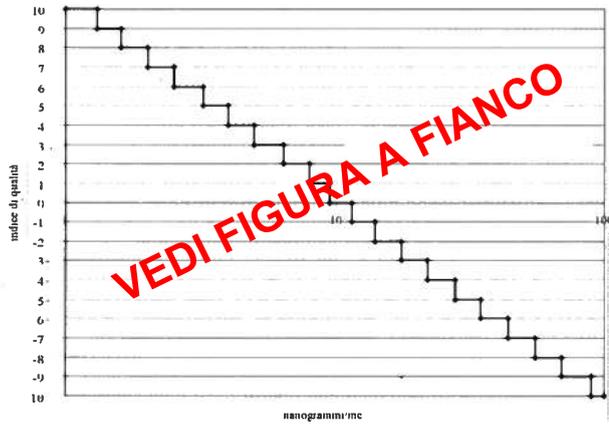


Fig. A1.1 *Indice di qualità dell'aria per l'indicatore concentrazione media di SO_2 nell'arco dell'anno*

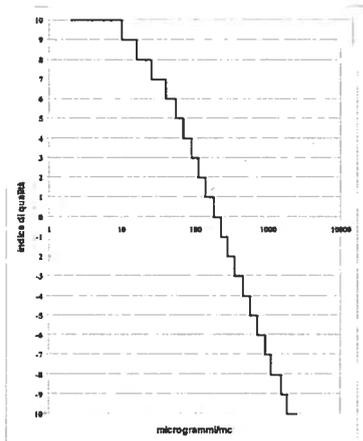


Fig. A1.2 *Indice di qualità dell'aria per l'indicatore concentrazione media di NO_x nell'arco dell'anno*

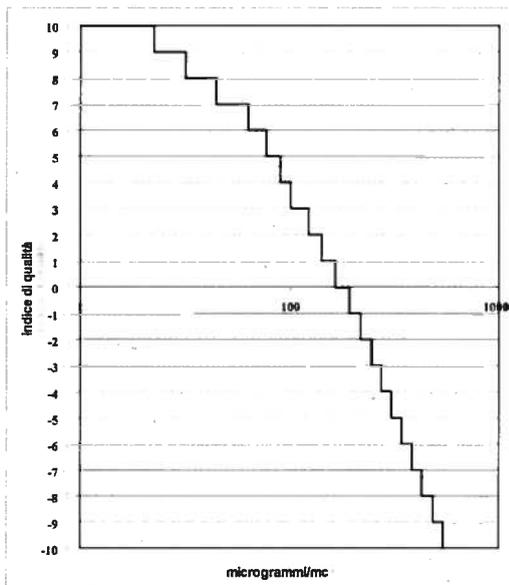


Fig. A1.3 *Indice di qualità dell'aria per l'indicatore concentrazione massima delle medie orarie di O_3 nell'arco della giornata.*
Nota: in aggiunta ai criteri indicati al punto 9.3.2 è stato aggiunto quello di avere $Q=6$ (sufficienza) in corrispondenza della soglia di concentrazione per la protezione della vegetazione (Direttiva 97/72/CEE) pari a $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$

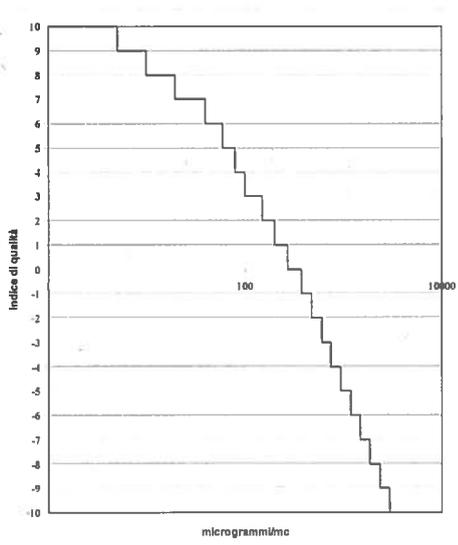


Fig. A1.4 *Indice di qualità dell'aria per l'indicatore concentrazione media di PTS nell'arco dell'anno*

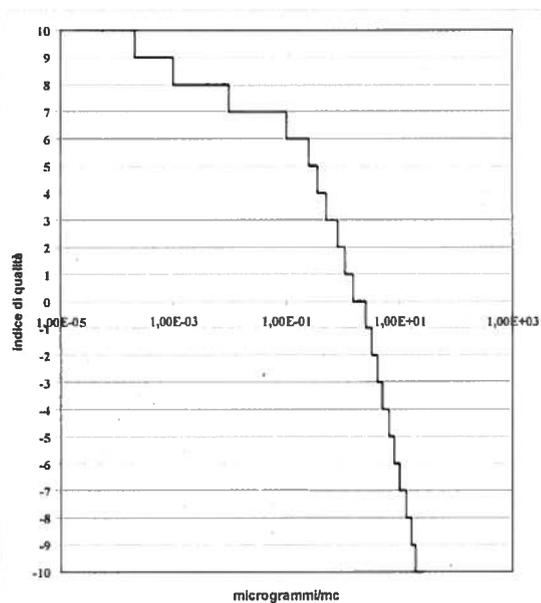


Fig. A1.5 *Indice di qualità dell'aria per l'indicatore concentrazione media di Pb nell'arco dell'anno*

Nota: in aggiunta ai criteri indicati al punto 9.3.2, come criterio guida per avere $Q=6$ (sufficienza) è stato assunto l'intervallo di valori riscontrabili nelle zone rurali remote ($0.1 - 0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

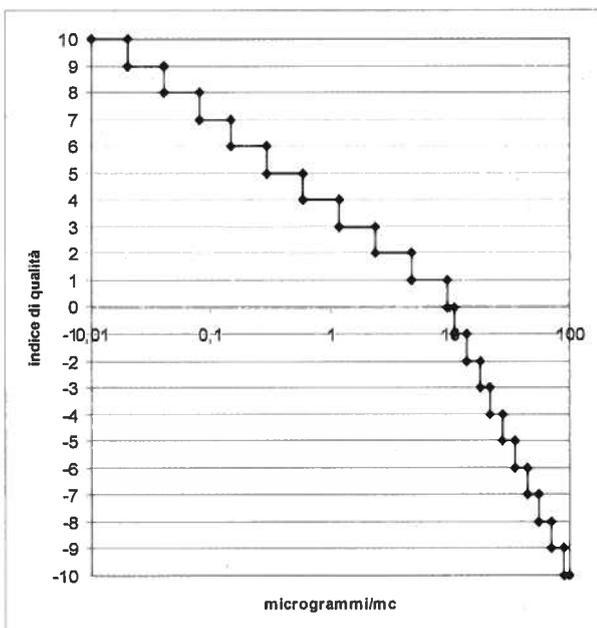


Fig. A1.6 *Indice di qualità dell'aria per l'indicatore concentrazione media di C_6H_6 nell'arco dell'anno*

Nota: in mancanza di dati sui valori della concentrazione naturale, il valore +10 è stato assegnato ai valori di concentrazione inferiori a quello corrispondente ad un rischio di contrarre cancro pari a $2 \cdot 10^{-7}/\text{anno}$.

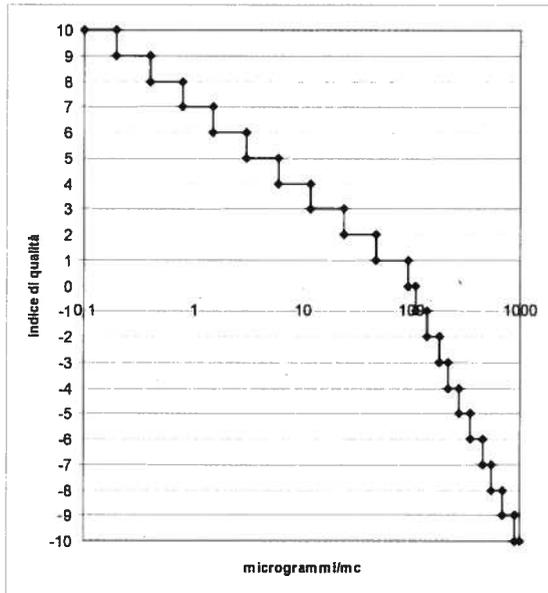


Fig.A1.7 *Indice di qualità dell'aria per l'indicatore concentrazione media di VOC nell'arco dell'anno.*

Nota: In mancanza di dati direttamente applicabili, l'indice di qualità per la concentrazione di VOC è stato ricavato da quello relativo al C_6H_6 aumentando di un ordine di grandezza le concentrazioni, in modo da tener conto del prevalente contributo del toluene (mediamente 3 volte maggiore del benzene), nonché di altri VOC (etil-benzene, xilene ecc.)

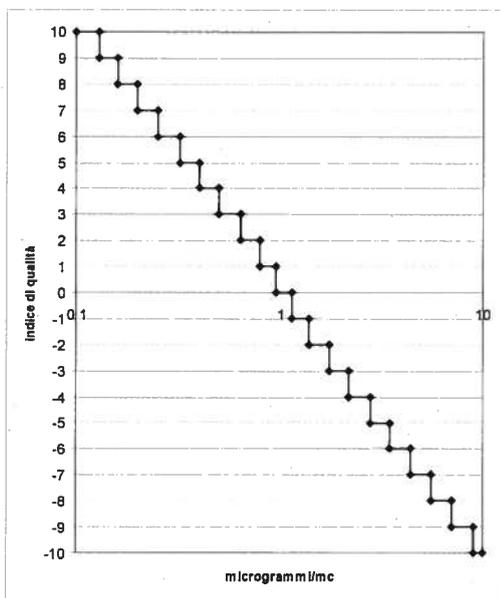


Fig.A1.8 *Indice di qualità dell'aria per l'indicatore concentrazione media di benzo[A]pirene.*

Nota: In mancanza di dati sui valori della concentrazione naturale, il valore +10 è stato assegnato a valori di concentrazione di benzo[A]pirene inferiori a quello corrispondente ad un rischio di contrarre cancro pari a $2 \cdot 10^{-7}$ /anno.

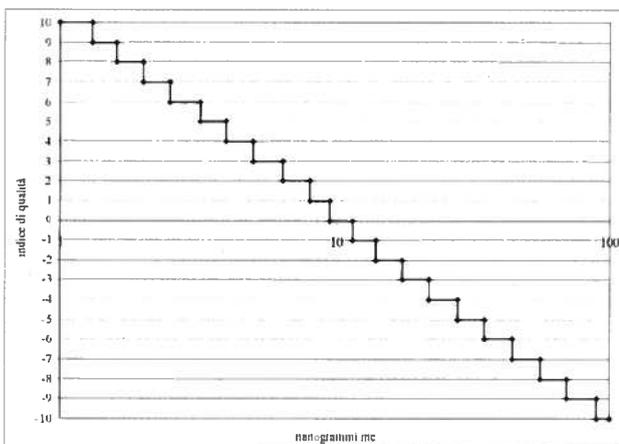


Fig.A1.9 *Indice di qualità dell'aria per l'indicatore concentrazione media di IPA.*

Nota: In mancanza di dati direttamente applicabili, l'indice di qualità per la concentrazione di IPA è stato ricavato da quello relativo al benzo[A]pirene, aumentando di un ordine di grandezza la concentrazione, tenendo conto dei risultati sperimentali disponibili per la zona di Piombino.

Allegato 2

Leggi di scalatura adottate per gli indicatori del parametro ambiente idrico

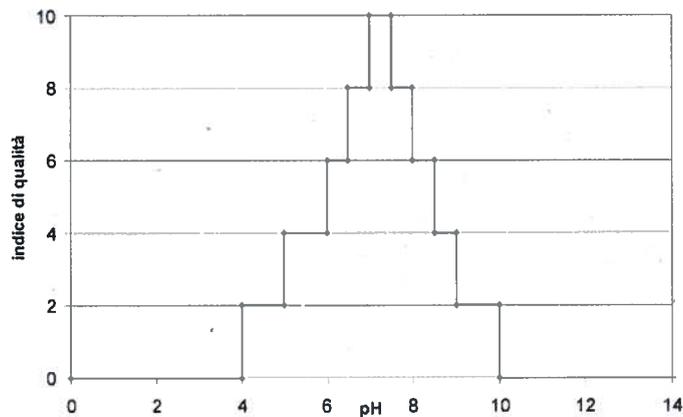


Fig. A2.1 Indice di qualità delle acque in funzione del pH.

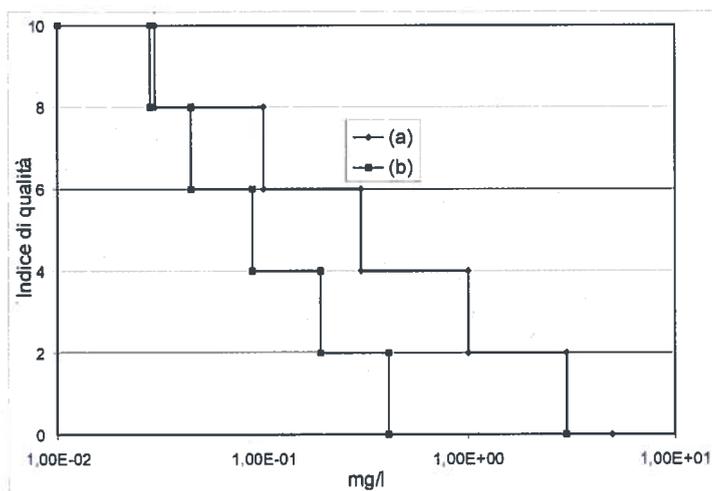


Fig. A2.2 Indice di qualità delle acque per il parametro ammoniac:
a) corsi d'acqua superficiali naturali (Testo Unico)
b) acque ad uso idropotabile (DPR 236/88-All.1)

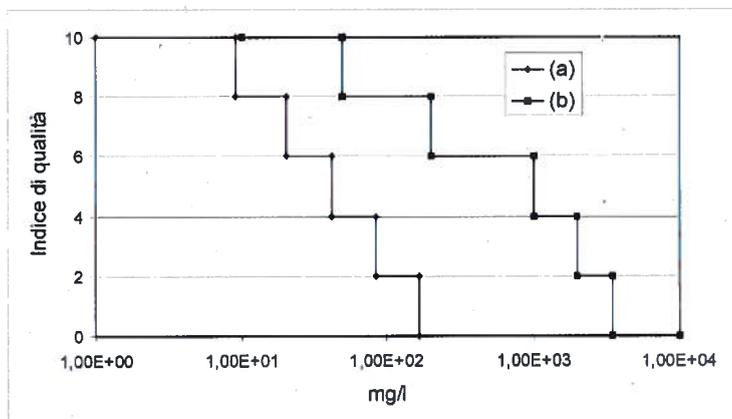


Fig. A2.3 Indice di qualità delle acque per l'indicatore concentrazione media di cloruri:
a) acque ad uso idropotabile
b) acque ad uso industriale

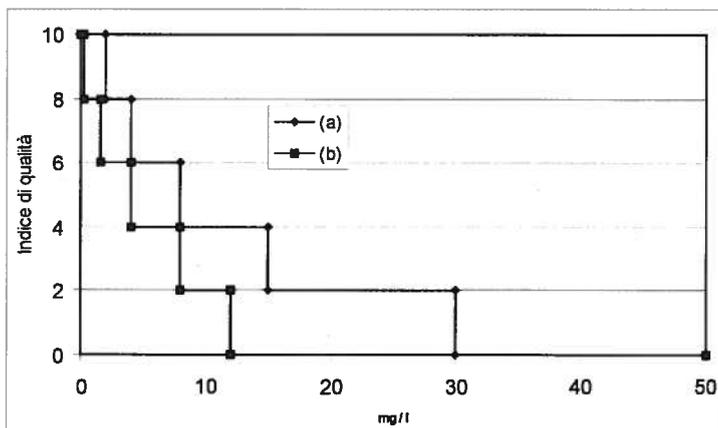


Fig.A2.4 *Indice di qualità delle acque per l'indicatore concentrazione media di nitrati:*
 a) *acque ad uso idropotabile*
 b) *corsi d'acqua superficiali.*

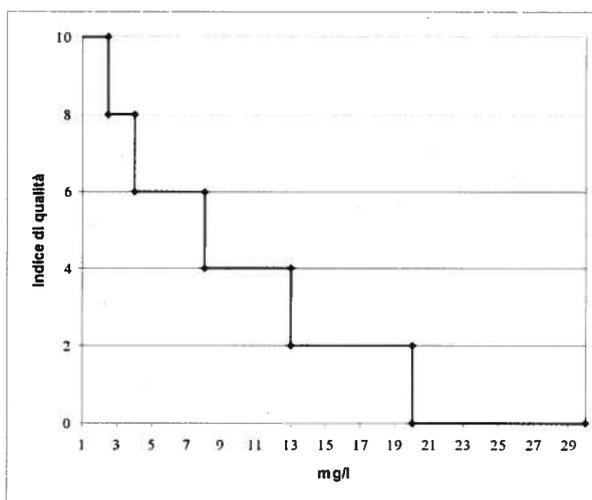


Fig.A2.5 *Indice di qualità delle acque per l'indicatore BOD₅ (Testo Unico).*

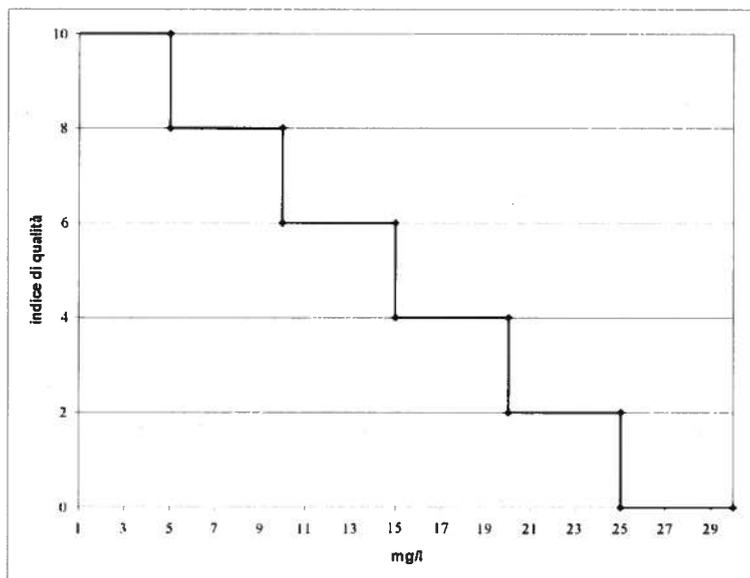


Fig.A2.6 *Indice di qualità delle acque per l'indicatore COD (Testo Unico).*

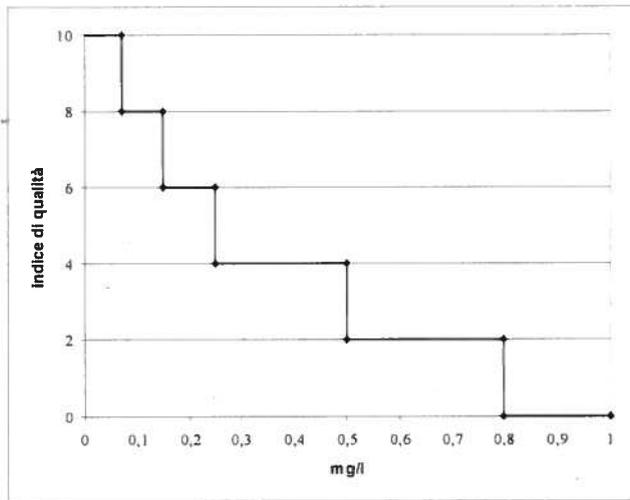


Fig.A2.7 *Indice di qualità delle acque per l'indicatore concentrazione di Fosforo (Testo Unico).*

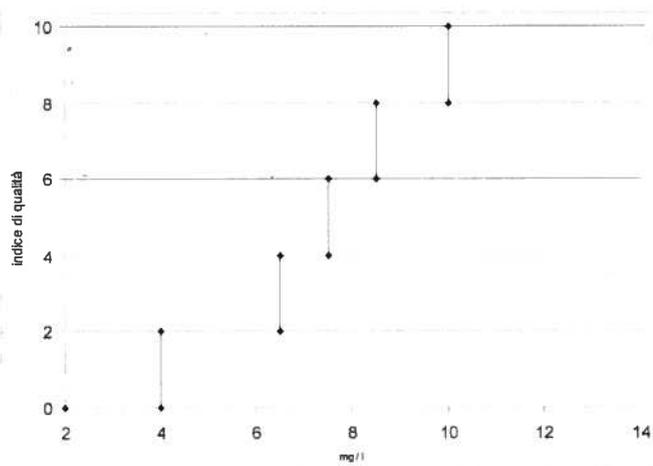


Fig.A2.8 *Indice di qualità in funzione dell'I.B.E. (Testo Unico).*

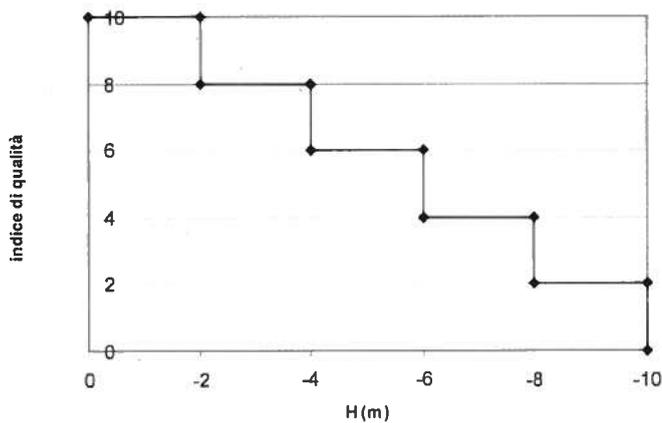


Fig.A2.9 *Indice di qualità delle acque sotterranee per il parametro "variazione di livello piezometrico".*

Allegato 3

Leggi di scalatura adottate per gli indicatori del parametro suolo

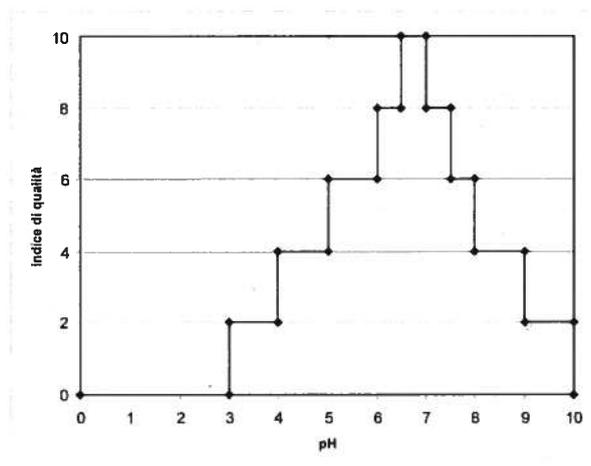


Fig.A3.1 *Indice di qualità del suolo in funzione del pH*

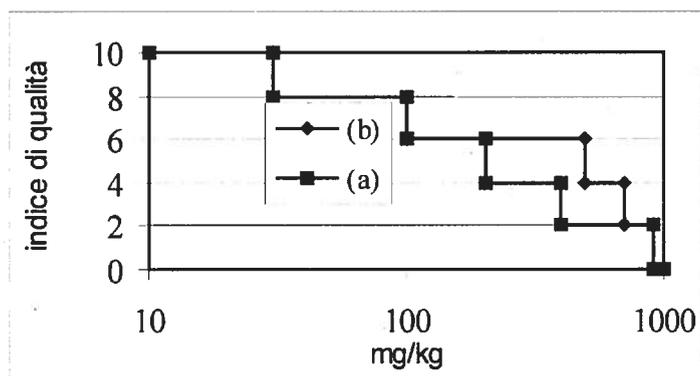


Fig.A3.2 *Indice di qualità per il parametro concentrazione di zolfo elementare del suolo destinato a) ad uso agricolo b) ad uso residenziale o industriale.*

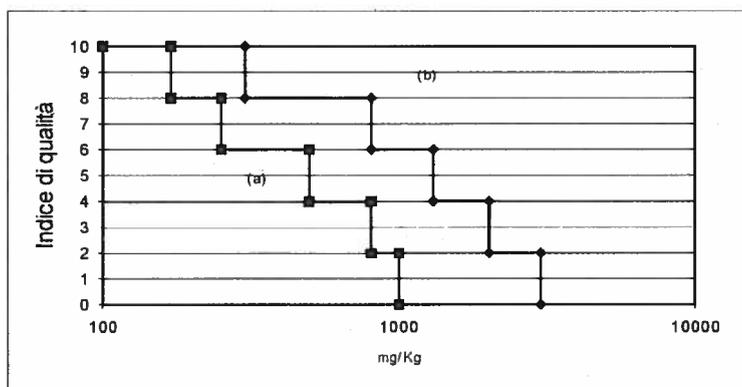


Fig.A3.3 *Indice di qualità del suolo per il parametro concentrazione di Cromo: a) suolo destinato ad uso agricolo o industriale b) suolo destinato ad uso residenziale.*

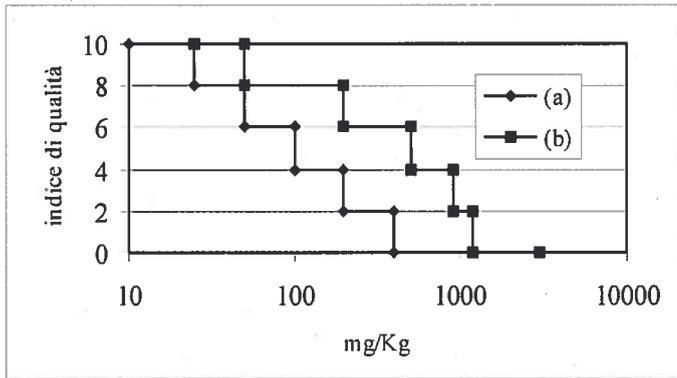


Fig.A3.4 *Indice di qualità per l'indicatore concentrazione media di Nichel del suolo destinato a) ad uso agricolo o residenziale b) ad uso industriale.*

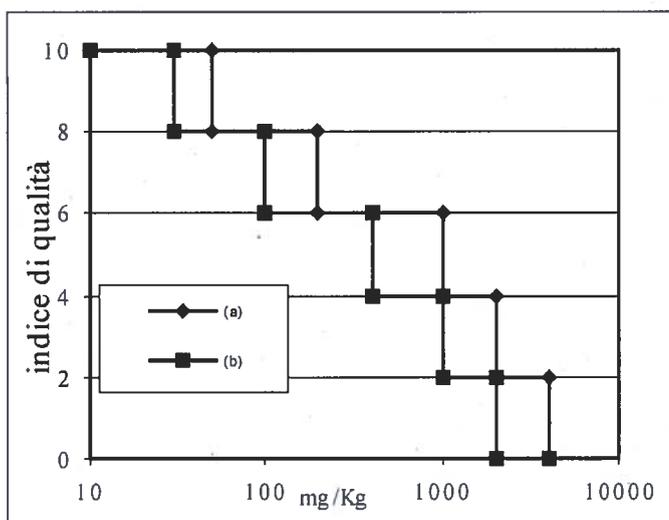


Fig.A3.5 *Indice di qualità del suolo per la concentrazione media di Piombo destinato a) ad uso residenziale o agricolo b) ad uso industriale.*

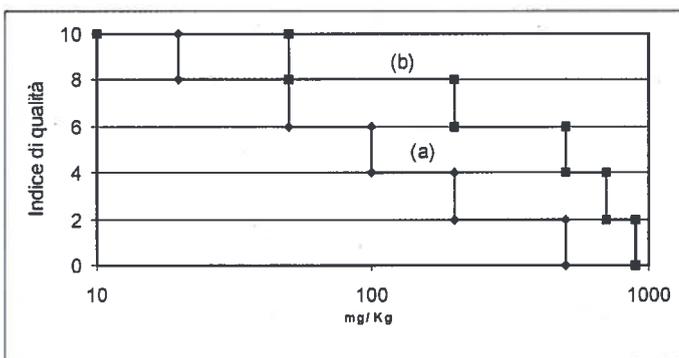


Fig.A3.6 *Indice di qualità del suolo per l'indicatore concentrazione media di rame: a) suolo destinato ad uso agricolo o residenziale b) suolo destinato ad uso industriale.*

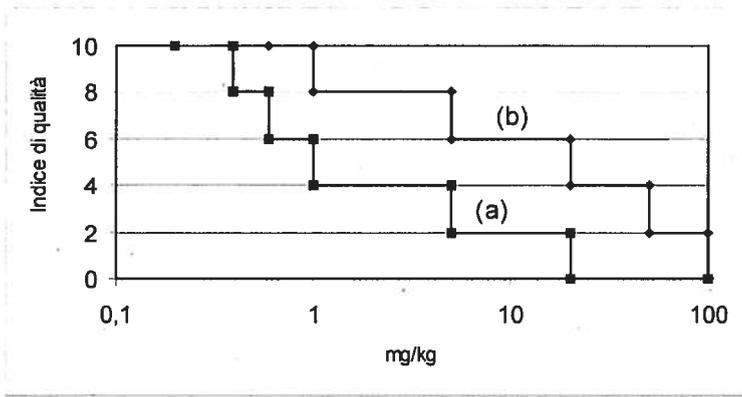


Fig. A3.7 *Indice di qualità del suolo per l'indicatore concentrazione media degli IPA totali:*
 a) suolo destinato ad uso agricolo
 b) suolo destinato ad uso residenziale.
 Nota: L'indice di qualità del suolo destinato ad uso industriale è ottenuto scalando di un ordine di grandezza la curva valida per uso residenziale.

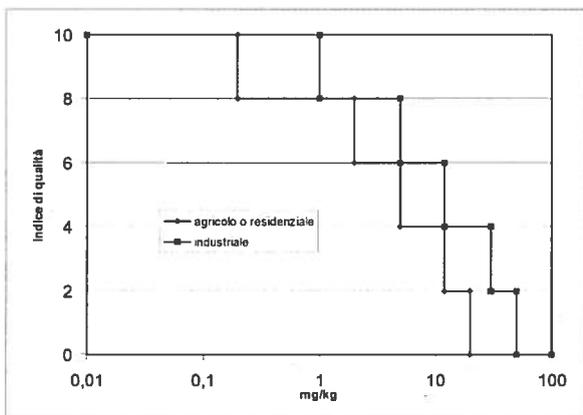


Fig. A3.8 *Indice di qualità del suolo per l'indicatore concentrazione media di Cadmio:*
 a) suolo destinato ad uso agricolo residenziale
 b) suolo destinato ad uso industriale destinato ad uso agricolo o residenziale.

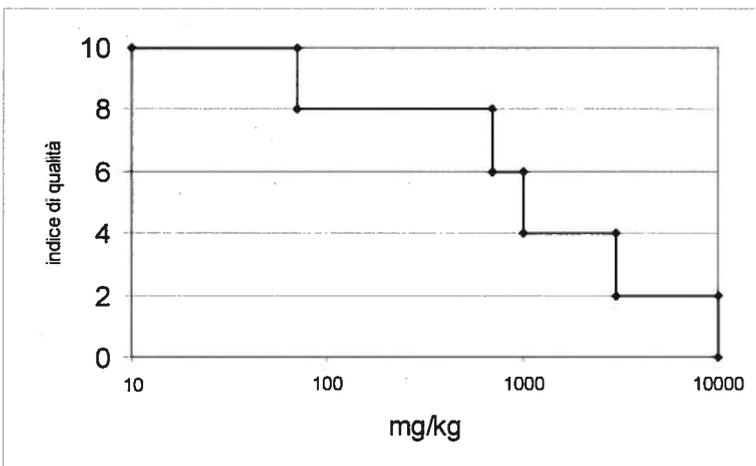


Fig. A3.9 *Indice di qualità del suolo destinato ad uso agricolo, residenziale o industriale per l'indicatore concentrazione media di Manganese.*

Allegato 4

Emissioni atmosferiche degli impianti industriali

Aziende	Certificazione di analisi	Quadro riassuntivo esistenti	Dati di monitoraggio
Agip Petroli S.p.A.		1995-96-97	
Enel	(°)		
Carbochimica S.p.A.	12-set-96		
A.A.M.P.S.	1996-97		Gen-98
Sacci S.p.A.		30-giu-98	
Dow Italia S.p.A.		11-lug-97	
Rhone Poulenc Italia S.p.A.		Nov-94	
Laviosa (via Galvani)		30-giu-95	
Laviosa (via Leonardo da Vinci)		28-giu-95	
T.R.W. Italia S.p.A.		(°)	
Magneti Marelli		20-lug-98	
Pirelli	02-dic-97		
Seal	15-dic-97		
Dowty Polypac S.p.A.		Gen-97	
Betonval		28-nov-94	
Cereol		Feb-96	
Aziende considerate per le sorgenti di emissione di inquinanti in atmosfera			
(o)Data non specificata			

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	Flusso (Kg/h)	Note
E1	761			ciclone	Particolato	3.32		
E2	1446			nessuno	Particolato	1.09		
E2				nessuno	olio	0.86	0.00124	
E3	1322			nessuno	Particolato	0.88		
E3				nessuno	Piombo	t.i.		t.i.=tracce irrilevanti
E3				nessuno	Stagno	t.i.		t.i.=tracce irrilevanti
E4	1216			Filtri a maniche	Particolato	1.14		

Scheda 1: Azienda Pirelli S.p.A. Livorno - numero sorgenti inquinanti: 4

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	flusso (Kg/h)	Note
A1	11307	24	280	Filtro assoluto	Amianto (fibre)	0.023		C in mg/l, media aritm. 3 valori
UD	3490	24	280	Filtro assoluto	Amianto (fibre)	0.052		C in mg/l, media aritm. 2 valori
S	13169	24	280	Filtro assoluto	Amianto (fibre)	0.064		C in mg/l, media aritm. 3 valori
A2	10283			Filtro assoluto	Amianto (fibre)	0.012		C in mg/l, media aritm. 3 valori
A3	7803	24	280	Filtro assoluto	Amianto (fibre)	0.045		C in mg/l, media aritm. 3 valori

Scheda 2: Azienda Seal Livorno - numero sorgenti inquinanti: 5

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	Flusso (Kg/h)	Note
E22	80000				MPT	<150	3	
E23	80000				MPT	<150	3	

Scheda 3: Azienda Cereol Livorno - numero sorgenti inquinanti: 2

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	Flusso (Kg/h)	Note
L2	12	1.4	5	Scrubber	NH3	150000	1.8	V81 riempimento
1L2	0.045	24	365	Scrubber	NH3	560000	0.025	V81 riempimento
L4	6.6	3	12	nessuno	HEA	850	0.005	HEA=2-idrossietilacrilato
L4	0.24	24	365	nessuno	HEA	950	0.0002	HEA=2-idrossietilacrilato
L7	40.5	24	350	nessuno	butadiene	5	0.0002	
L7	40.5	24	350	nessuno	4-VCH	296	0.012	4-VCH=4-vinilicioesene
L7	40.5	24	350	nessuno	EB	296	0.012	EB=etilbenzene
L7	40.5	24	350	nessuno	PB	3703	0.15	PB=Propilbenzene
L7	40.5	24	350	nessuno	Stirene	10370	0.42	
L17	2.5	12	350	nessuno	NH3	1200	0.003	
L22	2.5	12	350	nessuno	NH3	1200	0.003	
SG3	3	24	350	nessuno	Stirene	23050	0.069	
SG4	3	24	350	nessuno	Stirene	23050	0.069	
SG5	120	20	24	tetto mobile	Stirene	191	0.023	
SG5	0.125	24	350	tetto mobile	Stirene	30	0.0038	
SG6	1310	24	350	nessuno	NO2*	131.1	0.172	ossidi azoto tot. come NO2
SG7	4200	24	350	nessuno	CO	0	0	
SG7	4200	24	350	nessuno	NOx	108	0.454	
SG8	1577	24	15	nessuno	CO	21	0.033	
SG8	1577	24	15	nessuno	NOx	82	0.13	

Scheda 4: Azienda Dow Italia S.p.A. Livorno - numero sorgenti inquinanti: 11

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	flusso (Kg/h)	Note
E1	2200	15	240	nessuno	NO2	170	374	1
E1	2200	15	240	nessuno	CO	28	61.6	
E2	2200	15	240	nessuno	NO2	170	374	1
E2	2200	15	240	nessuno	CO	28	61.6	
E3	2200	15	240	nessuno	NO2	170	374	1
E3	2200	15	240	nessuno	CO	28	61.6	
E4	1000	15	240	nessuno	Nebbie oleose	0.8	8	
E4	1000	15	240	nessuno	SOT	10	100	2
E5	tiraggio naturale	15	240	nessuno	NO2	140		1
E5	tiraggio naturale	15	240	nessuno	CO	35		
E6	22200	15	240	nessuno	SOT	2.5	55.5	2
E7	1300	15	240	filtro maniche	Polveri totali	19.3	25.09	
E8	27950	15	240	nessuno	non dosabili			
E9	700	15	240	filtro maniche	SOT	40	28	2
E10	3000	24	240	nessuno	SOT	3		2
E10	3000	24	240	nessuno	nebbie oleose	3		2
E11	3000	24	240	nessuno	non dosabili			2
E12	1400	15	240	nessuno	CO	4	5.6	
E12	1400	15	240	nessuno	NO2	2.1	2.94	1
E12	1400	15	240	nessuno	Polveri totali	1.2	1.68	
E13	900	24	240	nessuno	nebbie oleose	0.48		
E14	2000	24	240	nessuno	Polveri totali	3		
E15	400	15	240	nessuno	SOT	45	18	2
E16	1300	15	240	nessuno	SOT	15	19.5	2
E16	1300	15	240	nessuno	Nebbie oleose	1	1.3	
E17	800	24	240	nessuno	Nebbie oleose	3		
E18	2500	24	240	nessuno	Nebbie oleose	3		
E19	tiraggio naturale	24		nessuno	SOT	15		2
E20	1500	24		nessuno	SOT	15		2
E21	600	24		nessuno	Nebbie oleose	3		
E22	8500	24		nessuno	SOT	3		2
E23	600	15	240	nessuno	SOT	15	19.5	2

Scheda 5: Azienda T.R.W. Italia S.p.A. Livorno - numero sorgenti inquinanti: 23

Note: 1 Ossidi azoto totali espressi come NO₂

2 Sostanze organiche totali espresse come C

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	Flusso (Kg/h)	Note
1	600	2	230	filtro maniche	polvere	<150	<0,5	
2	600	2	230	filtro maniche	polvere	<150	<0,5	

Scheda 6: Azienda Betonval Livorno - numero sorgenti inquinanti: 2

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	flusso (Kg/h)	Note
15	8619	16	260	filtro maniche	aria/cemento	3.72	0.032	
16	10122	16	260	filtro maniche	aria/cemento	4.24	0.043	
17	9469	16	260	filtro maniche	aria/cemento	3.14	0.03	
25	61091	12	365	elettrostatico	aria/vap lop	32.6	1.992	
26	27599	12	365	elettrostatico	aria/vap/cemento	10.26	0.283	
30	1848	12	365	filtro maniche	aria/cemento	8.73	0.016	
31	1254	12	365	filtro maniche	aria/cemento	4.4	0.006	
32	395	12	365	filtro maniche	aria/cemento	10.9	0.004	
33	898	12	365	filtro maniche	aria/cemento	11.5	0.01	
41	6171	16	260	filtro maniche	aria/cemento	3.32	0.02	
43	4119	16	260	filtro maniche	aria/cemento	10.79	0.044	

Scheda 7: Azienda Sacci S.p.A. Livorno - numero sorgenti inquinanti: 11

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	Flusso (Kg/h)	Note
F	37500	8	220	filtro a calze	polvere	<5	0.338	uraside-bentonite
H	7000	8	220	filtro a calze	polvere	<5	0.007	bentonite

Scheda 8: Azienda Laviosa (via Leonardo da Vinci) - numero sorgenti inquinanti: 2

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	Flusso (Kg/h)	Note
1	13000	16	220	ad umido	vap. Fenolo	10.5	0.136	
1	13000	16	220	ad umido	polveri	22	0.286	
2	10000	8	150	filtro a calze	polveri	20	0.2	1
3	7000	20	220	filtro a calze	polveri	8	0.08	2
4	10000	16	220	filtro a calze	polveri	<1	0.01	2
5	10000	12	220	filtro a calze	polveri	<1	0.012	3
6	35000	22	220	filtro a calze	polveri	15	0.52	2
7	10000	16	220	filtro a calze	polveri	14	0.14	4
8	1800	16	180	filtro a calze	polveri	15	0.02	5
9	10000	16	150	filtro a calze	polveri	13	0.13	5
10A	1800	8	220	filtro a calze	polveri	2	0.003	6
10B	1800	8	220	filtro a calze	polveri	2	0.003	6
10C	1800	8	220	filtro a calze	polveri	2	0.003	6
10D	1800	8	220	filtro a calze	polveri	2	0.003	6
11	5000			filtro a calze	polveri	3	0.01	7
12	35000	1	220	filtro a calze	polveri	10	0.35	8
13	1800	22	220	filtri a tasche	polveri	<1	0.001	3
14A	1200	16	150	filtri a tasche	polveri	12	0.012	5
14B	1200	1	100	filtri a tasche	polveri	12	0.014	9
15	5000	16	180	filtro a calze	polveri	15	0.075	5
16	10000	22	220	filtro a calze	polveri	16	0.16	2
17A	1800	7	220	filtro a calze	polveri	5	0.009	2
17B	1800	24	220	filtro a calze	polveri	<1	0.0018	2
17C	10000	22	220	filtro a calze	polveri	<1	0.01	2
18								0
19	15000	8	200	filtro a calze	polveri	19	0.285	10
20	10000	6	200	filtro a calze	polveri	20	0.2	15
21	30000	10	150	filtro a calze	polveri	20	0.6	6
22	3800	10	150	filtro a calze	polveri	<1	0.008	
23	1800							0
24	1800							0
25	15000							0
26	10000	22	220	filtro a calze	polveri	<1	0.01	

Scheda 9.1: Azienda Laviosa (via Galvani) Livorno - numero sorgenti inquinanti: 38

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	Flusso (Kg/h)	Note
27A	1200	3	220	filtro a calze	polveri	15	0.01	6
27B	1200	3	220	filtro a calze	polveri	12	0.014	11
27C	1200	3	220	filtro a calze	polveri	12	0.014	2
28	1200	5	180	filtri a tasche	polveri	5	0.006	14
30	1200	1	180	filtro a calze	polveri	12	0.014	16
31	600	22	220	filtro a calze	polveri	1	0.0006	2
32	600	16	220	filtro a calze	polveri	5	0.0006	6
33	600	3	220	filtro a calze	polveri	3	0.0018	13
34	1000	5	220	filtri a tasche	polveri	13	0.0013	12
35	1000	5	220	filtri a tasche	polveri	8	0.008	12
36	1200	5	220	filtri a tasche	polveri	<1	0.001	
37	1200	15	210	filtro a calze	polveri	8	0.0096	14
38	12000	22	150	filtro a calze	polveri	7	0.084	2

Scheda 9.2. Azienda Laviosa (via Galvani) Livorno - numero sorgenti inquinanti: 38

Note sorgenti e composizione polveri

0	non in funzione
1	Sabbie
2	bentoniti 100%
3	bentoniti 82%, carboni 15%, amidi 3%
4	bentoniti 70%, carboni 26%, ausiliari 4%
5	carboni 100%
6	bentoniti 70% carboni 30%
7	bentoniti 95% carboni 5%
8	bentoniti 66% carboni 34%
9	bentoniti 50%, carboni 50%
10	bentoniti 70%, carboni 28%, coke 2%
11	bentoniti 90%, barite 10%
12	bentoniti 70%, carboni 30%, amido e lignosolfito:tracce
13	bentoniti 50%, carboni 45%, altri 5%
14	sabbia silicea 100%
15	barite 100%
16	bentonite, amido:tracce

sigla sorg.	Portate (Nm ³ /h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmcs)	flusso (Kg/h)	Note
C1	54440				CO	<1	<0,051	
C1	54440				SO x	<1	<0,051	(SO ₂ +SO ₃)
C1	54440				NO ₂	243	12.515	
C1	54440				particolato totale	6.5	0.335	
C1	54440				Cr totale	0.42	0.0216	particolato
C1	54440				Pb	0.011	0.0006	particolato
C1	54440				Cu	0.005	0.0003	particolato
C1	54440				Cd	0.003	0.0002	particolato
C1	54440				Hg	0.005	0.0072	particolato
C1	54440				Hg	0.14		(fase vapore)
C1	54440				HF	0.9	0.0464	come F-
C1	54440				HCl	39	2.009	come Cl-
C1	54440				SOV totali	<10,7	<0,551	classi I+II+III+IV
C1	54440				IPA totali	5.3	2.73E-04	come naftalene, microgr/Nmcs
C1	54440				PCB	0.4	0.000021	poli-clorobifenili, microgr/Nmcs

Scheda 10: A.A.M.P.S. Livorno - numero sorgenti inquinanti: 1

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	Flusso (Kg/h)	Note
A1	5100	2	50	nessuno	SOV	<300	1.53	1
A2	6100	2	50	nessuno	SOV	<300	1.83	1
A3	6500	4	220	nessuno	SOV	<300	2.1	1
A4	8000	2	220	nessuno	MPT	<50	0.4	
A4	8000	2	220	nessuno	Nebbie di oli	<10	0.08	
A5	2500	4	220	filtri	MPT	<150	0.375	
A5	2500	4	220	filtri	Nebbie di oli	<10	0.025	
A6	8500	2	220	filtri	MPT	<50	0.425	
A7	5000	4	220	filtri	MPT	<50	0.25	
A8	6500	4	220	nessuno	SOV	<300	1.95	1
A9/1	600	4	220	nessuno	NO x	<350		
A9/2	2500	4	220	nessuno	NO x	<350		2
A10	10000	16	350	nessuno	MPT	<50	0.5	
A10	10000	16	350	nessuno	Aldeidi	<20	0.2	
A11	1500	1	150	nessuno	SOV	<600	0.9	3
A12	1300	1	150	nessuno	SOV	<600	0.78	3
A13	4000	4	220	filtri metallici	SOV		<3,0	1
A14	600	2	220	filtri a manica	MPT	<50		

Scheda 11: Azienda Dowty Polypac S.p.A. Livorno - numero sorgenti inquinanti: 14

Note sorgenti e composizione inquinanti

- 1 sostanze classe IV tabD DCRT 33/91
- 2 A9/1 e A9/2 funzionano alternativamente
- 3 sostanze classe V tabD DCRT 33/91

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	flusso (Kg/h)	Note
1	3235	23	264	filtro abbattimento gocce	materiale particellare	0.09	0.0003	
1	3235	23	264	filtro abbattimento gocce	nebbie oleose	3.06	0.0099	
2	3261	23	264	filtro abbattimento gocce	materiale particellare	0.09	0.0003	
2	3261	23	264	filtro abbattimento gocce	nebbie oleose	1.36	0.0044	
3	3261	23	264	filtro abbattimento gocce	materiale particellare	0.09	0.0003	
3	3261	23	264	filtro abbattimento gocce	nebbie oleose	1.36	0.0044	
4	1876	23	264	filtro	materiale particellare	0.09	0.0002	
4	1876	23	264	filtro	nebbie oleose	0.37	0.0007	
5	1876	23	264	filtro	materiale particellare	0.09	0.0002	
5	1876	23	264	filtro	nebbie oleose	0.37	0.0007	
6	3325	23	264	filtro abbattimento gocce	materiale particellare	0.09	0.0003	
6	3325	23	264	filtro abbattimento gocce	nebbie oleose	0.87	0.0029	
7	3325	23	264	filtro abbattimento gocce	materiale particellare	0.09	0.0003	
7	3325	23	264	filtro abbattimento gocce	nebbie oleose	0.87	0.0029	
8	3260	23	264	filtro abbattimento gocce	materiale particellare	0.09	0.0003	
8	3260	23	264	filtro abbattimento gocce	nebbie oleose	0.09	0.0003	
9	4626	23	264	filtro abbattimento gocce	materiale particellare	0.09	0.0004	
9	4626	23	264	filtro abbattimento gocce	nebbie oleose	0.97	0.0045	
10	1965	23	264		materiale particellare	0.09	0.0002	
10	1965	23	264		nebbie oleose	0.62	0.0012	
14	2724	23	264		SOT	12	0.0327	
15	2724	23	264		SOT	12	0.0327	
16	7747	23	264	filtro	materiale particellare	0.09	0.0007	
16	7747	23	264	filtro	nebbie oleose	0.9	0.007	
17	4212	8	230		materiale particellare	0.09	0.0004	
17	4212	8	230		nebbie oleose	0.67	0.0028	
20	1245	23	264		materiale particellare	0.09	0.0001	
20	1245	23	264		nebbie oleose	0.24	0.0003	
21	4200	23	264		nebbie oleose	4.5	0.0189	
23	960	20	230	filtro	SOT	8.2	0.0079	
25	3379	23	264		nebbie oleose	1.34	0.0045	
26	3379	23	264		nebbie oleose	1.34	0.0045	
28	7574	23	264		materiale particellare	0.09	0.0007	1
28	7574	23	264		nebbie oleose	0.09	0.0007	

Scheda 12.4: Azienda Magneti Marelli S.p.A. Livorno - numero sorgenti inquinanti: 49

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	flusso (Kg/h)	Note
31	958	23	264		nebbie oleose	2.16	0.0021	
33	487	8	230		solv. totali	1	0.0005	
34	530	8	230		nebbie oleose	0	0	
34	530	8	230		materiale particellare	0.49	0.0003	
35	833	8	230		nebbie oleose	0.12	0.0001	
35	833	8	230		SOT	12	0.01	
36	6530	16	230		nebbie oleose	0.3	0.002	
37	1198	4	230		nebbie oleose	0.09	0.0001	
37	1198	4	230		materiale particellare	0.09	0.0001	
41	2500	23	264	filtro	materiale particellare	4.2	0.0105	
52	960	20	230	filtro	SOT	8.2	0.0079	
53	T.N.	20	230		*			
56	14000	16	230		*			
58	12816	16	230		materiale particellare	0.61	0.0078	
58	12816	16	230		nebbie oleose	0.09	0.0012	
59	12816	16	230		materiale particellare	0.61	0.0078	
59	12816	16	230		nebbie oleose	0.09	0.0012	
61	6400	20	230		nebbie oleose	3.8	0.0243	
62	12650	23	230		materiale particellare	0.09	0.0011	
62	12650	23	230		nebbie oleose	0.09	0.0011	
63	250	3	230		*			
64	950	3	230		SOT	35	0.0333	
65	2112	24	264		CO	92	0.1943	
65	2112	24	264		NO X	7.5	0.006	
67	800	16	230		materiale particellare	9.2	0.0074	
68	4845	24	230		composti P*	2.3	0.0111	
70	220	16	230		solv. Totali	120.9	0.0265	
71	5200	4	230		materiale particellare	3.1	0.0161	
72	2374	24	100		materiale particellare	0.09	0.0002	
72	2374	24	100		nebbie oleose	0.44	0.001	
73	2203	24	100		nebbie oleose	0.5	0.0011	
73	2203	24	100		materiale particellare	0.09	0.0002	
74	972	24	100		materiale particellare	0.09	0.0001	
74	972	24	100		nebbie oleose	0.45	0.0004	

Scheda 12.2: Azienda Magneti Marelli S.p.A. Livorno - numero sorgenti inquinanti: 49

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	flusso (Kg/h)	Note
80	3790	8	230		SOT	17	0.0644	
85	5900	8	230		acido solforico	2.1	0.0124	
86	5900	8	230		acido solforico	2.1	0.0124	
89	4600	8	230		materiale particolare	4.5	0.0207	
89	4600	8	230		SOT	8	0.0368	
94	2500	23	264	filtro	materiale particolare	4.2	0.0105	

Scheda 12.3: Azienda Magneti Marelli S.p.A. Livorno - numero sorgenti inquinanti: 49

Note sorgenti e composizione inquinanti

- 1 sostanze organiche totali espresse come C
- 2 alcool etil-but.
- 3 emissioni inquinanti in quantità non dosabile
- 4 come PO4---

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	Flusso (Kg/h)	Note
1	28683				NH3	1.42	0.041	
1	28683				NO x	176.8	5.072	
1	28683				SO x	95.96	2.753	
1	28683				H2S	0.41	0.00118	
1	28683				MPT	1.13	0.0325	
1	28683				IPA	0.004	0.00011	
1	28683				SOT	1.55	0.0445	
1	28683				CO	16.1	0.4619	
1	28683				HCl	1.62	0.0466	
1	28683				Fenoli	0.59	0.017	

Scheda 13: Azienda Carbochimica S.p.A. Livorno - numero sorgenti inquinanti: 1

sigla sorg.	Portate (Nmc/h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmcs)	Flusso (Kg/h)	Note
A1	10000	24	365		MPT	< 50	0.5	
A1	10000	24	365		CO2	<90000	900	
A1	10000	24	365		NOx	<1400	14	
A2	350	1.2	250	filtro a maniche	MPT	<50	0.017	
B1	4000	24	365		NOx	<350	1.4	
B2	3200	24	365		NOx	<350	1.12	
B3	4000	24	365		NOx	<350	1.4	
C1	2100	4.3	250		vapore			
C1	2100	4.3	250		MPT	<50	0.1	
D?	5400	24	250		H2SO4	<100	0.54	
D?	5400	24	250		NOx	<500	2.7	
E1	1200	12	330	scrubber	HCl	<30	0.036	1
E2	130	24	330		HCl	<30	0.004	1
E3	5800	12	330		CO2	<250000	1450	1
E6	160	3	330	scrubber	HCl	<30	0.005	1
E7	800	2	100	filtro a maniche	MPT	<50	0.04	1

Scheda 14: Rhone Poulenc Livorno - numero sorgenti inquinanti: 12

1 impianto PAC ex Montefluos Gruppo Ausimont

Sigla sorgente	Portate (Nmc/h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nm)	Flusso (Kg/h)	Note
1	59999	24 338			SO ₂	4445	266.77	
1	5077	24 331			SO ₂	4442	22.53	
4	3149	24 278			SO ₂	3542	11.09	
4	3543	24 177			SO ₂	3540	12.48	
4	843	24 337			SO ₂	3543	2.97	
4	50782	24 354			SO ₂	1144	58.15	
4	0	24 337			SO ₂	0	114.24	
5	8736	24 335			SO ₂	1807	15.8	
6	46164	24 278			SO ₂	3899	180.01	1
6	155063	24 263		Iniezione vapore per abbattimento NO _x	SO ₂	2384	369.61	1
6bis	412930	24 321		Iniezione vapore per abbattimento NO _x	SO ₂	28	11.68	1
7	19983	24 334			SO ₂	4460	89.07	
7	23347	24 315			SO ₂	4452	103.97	
7	61856	24 362			SO ₂	4596	284.3	
8	0	0			SO ₂	0	0	
9	2009	24 120			SO ₂	2850	5.56	
10	5481	24 325			SO ₂	1432	7.82	
11	2742	24 130			SO ₂	4027	10.9	
14	889	24 365			SO ₂	746	0.68	
15	730	24 365			SO ₂	746	0.57	

Scheda 15.1: Azienda Agipplias Livorno - numero sorgenti inquinanti: 12 - dati 1995

Piano campagna raffineria a + 1.298 m slm

Note: 1-disponibili solo ore marcia/anno; estrapolato in 24h/g*N g/y

Sigla sorgente	Portate (Nmc/h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	Flusso(Kg/h)	Note
1	59999	24 338			NO _x	350	20.96	
1	5077	24 331			NO _x	200	1.01	
4	3149	24 278			NO _x	350	1.05	
4	3543	24 177			NO _x	350	1.18	
4	843	24 337			NO _x	400	0.37	
4	50782	24 354			NO _x	250	12.71	
4	0	24 337			NO _x	0	0	
5	8736	24 335			NO _x	400	3.48	
6	46164	24 278			NO _x	300	13.79 1	
6	155063	24 263		Iniezione vapore per abbattimento NO _x	NO _x	300	46.58 1	
6bis	412930	24 321		Iniezione vapore per abbattimento NO _x	NO _x	300	123.83 1	
7	19983	24 334			NO _x	300	5.99	
7	23347	24 315			NO _x	300	7.01	
7	61856	24 362			NO _x	300	18.53	
8	0	0 0			NO _x	0	0	
9	2009	24 120			NO _x	150	0.35	
10	5481	24 325			NO _x	300	1.67	
11	2742	24 130			NO _x	250	0.64	
14	889	24 365			NO _x	0	0	
15	730	24 365			NO _x	0	0	

Scheda 15.2: Azienda Agipplias Livorno – numero sorgenti inquinanti: 12 – dati 1995

Piano campagna raffineria a + 1,298 m slm

Note: 1: disponibili solo ore marcia/anno: estrapolato in 24h/g*N g/y

Sigla sorgente	Portate(Nmc/h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nmc)	Flusso (Kg/h)	Note
1	59999	24 338			CO ₂	236425	14185.16	
1	5077	24 331			CO ₂	236354	1199.9	
4	3149	24 278			CO ₂	218782	689	
4	3543	24 177			CO ₂	218751	774.95	
4	843	24 337			CO ₂	218798	184.35	
4	50782	24 354			CO ₂	187029	9497.65	
4	0	24 337			CO ₂	0	0	
5	8736	24 335			CO ₂	184892	1615.3	
6	46164	24 278			CO ₂	225762	10422.06	1
6	155063	24 263		Iniezione vapore per abbattimento NO _x	CO ₂	196162	30417.46	1
6bis	412930	24 321		Iniezione vapore per abbattimento NO _x	CO ₂	171584	70852.02	1
7	19983	24 334			CO ₂	236703	4730.04	
7	23347	24 315			CO ₂	236554	5522.75	
7	61856	24 362			CO ₂	239374	14806.86	
8	0	0 0			CO ₂	0	0	
9	2009	24 120			CO ₂	205267	412.5	
10	5481	24 325			CO ₂	177574	973.33	
11	2742	24 130			CO ₂	228261	625.96	
14	889	24 365			CO ₂	164179	145.89	
15	730	24 365			CO ₂	164179	119.75	

Scheda 15.3: Azienda Agipplias Livorno - numero sorgenti inquinanti: 12 - dati 1995

Piano campagna raffineria a + 1.298 m slm

Note: 1: disponibili solo ore marcia/anno; estrapolato in 24h/g*N.gy

Sigla sorgente	Portate(Nmc/h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbandimento	Inquinanti	Concentr.(mg/Nmc)	Flusso (Kg/h)	Note
1	59999	24 338			PST	59	3.57	
1	5077	24 331			PST	59	0.25	
4	3149	24 278			PST	45	0.15	
4	3543	24 177			PST	45	0.24	
4	843	24 337			PST	45	0	
4	50782	24 354			PST	15	0.82	
4	0	24 337			PST	0	0	
5	8736	24 335			PST	18	0.12	
6	46164	24 278			PST	50	2.4	1
6	155063	24 263		Iniezione vapore per abbattimento NO _x	PST	27	4.12	1
6bis	412930	24 321		Iniezione vapore per abbattimento NO _x	PST	1	0.39	1
7	19983	24 334			PST	59	1.12	
7	23347	24 315			PST	59	1.32	
7	61856	24 362			PST	61	3.8	
8	0	0 0			PST	0	0	
9	2009	24 120			PST	34	0	
10	5481	24 325			PST	12	0.13	
11	2742	24 130			PST	52	0	
14	889	24 365			PST	1	0	
15	730	24 365			PST	1	0	

Scheda 15.4: Azienda Agipplas Livorno - numero sorgenti inquinanti: 12 - dati 1995

Piano campagna raffineria a + 1.298 m slm

Note: 1: disponibili solo ore marcia/anno; estrappiato in 24h/g*N gy

Sigla sorgente	Portate(Nmc/h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr.(mg/Nmc)	Flusso (Kg/h)	Note
1	59999	24 338			CO	37	2.22	
1	5077	24 331			CO	37	0.25	
4	3149	24 278			CO	40	0.15	
4	3543	24 177			CO	40	0.24	
4	843	24 337			CO	40	0	
4	50782	24 354			CO	13	0.71	
4	0	24 337			CO	0	0	
5	8736	24 335			CO	45	0.37	
6	46164	24 278			CO	39	1.8	1
6	155063	24 263		Iniezione vapore per abbattimento NO _x	CO	43	6.65	1
6bis	412930	24 321		Iniezione vapore per abbattimento NO _x	CO	2	0.78	1
7	19983	24 334			CO	37	0.75	
7	23347	24 315			CO	37	0.93	
7	61856	24 362			CO	37	2.3	
8	0	0 0			CO	0	0	
9	2009	24 120			CO	42	0	
10	5481	24 325			CO	46	0.26	
11	2742	24 130			CO	39	0	
14	889	24 365			CO	48	0	
15	730	24 365			CO	48	0	

Scheda 15.5: Azienda Agipplas Livorno – numero sorgenti inquinanti: 12 – dati 1995

Piano campagna raffineria a + 1.298 m sim

Note: 1-disponibili solo ore marcia/anno; estrapolato in 24h/g*N gly

Sigla sorgente	Portate (Nmc/h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr.(mg/Nm)	Flusso (Kg/h)	Note
1	63413	24	365		SO ₂	4293	272.15	
1	6373	24	333		SO ₂	3863	24.65	
4	4474	24	299		SO ₂	4003	17.98	
4	4081	24	287		SO ₂	936	3.77	
4	2085	24	267		SO ₂	1748	3.59	
4	55800	24	365		SO ₂	985	55.02	
4	0	24	333		SO ₂	0	140.14	
5	8360	24	347		SO ₂	2545	21.25	
6	54236	24	259		SO ₂	4314	233.91	1
6	132429	24	357	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	SO ₂	2380	315.24	1
6bis	462213	24	316	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	SO ₂	20	9.11	1
7	31423	24	360		SO ₂	4441	139.58	
7	26480	24	365		SO ₂	4430	117.35	
7	55824	24	365		SO ₂	4458	248.86	
8	0	0	0		SO ₂	0	0	
9	2026	24	184		SO ₂	4187	8.38	
10	1552	24	335		SO ₂	2870	4.48	
11	2361	24	139		SO ₂	3779	8.99	
14	1340	24	365		SO ₂	746	1.03	
15	704	24	365		SO ₂	746	0.57	

Scheda 16.1: Azienda Agipplias Livorno -- numero sorgenti inquinanti: 12 -- dati 1996

Piano campagna raffineria a + 1.298 m slm

Note: 1-disponibili solo ore marcia/anno: extrapolato in 24h/g*N g/y

Sigla sorgente	Portate (Nmc/h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr.(mg/Nm)	Flusso (Kg/h)	Note
1	63413	24	365		NO _x	350	22.15	
1	6373	24	333		NO _x	200	1.25	
4	4474	24	299		NO _x	350	1.53	
4	4081	24	287		NO _x	350	1.45	
4	2085	24	267		NO _x	400	0.78	
4	55800	24	365		NO _x	250	13.93	
4	0	24	333		NO _x	0	0	
5	8360	24	347		NO _x	400	3.36	
6	54236	24	259		NO _x	300	16.25 1	
6	132429	24	357	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	NO _x	300	39.68 1	
6bis	462213	24	316	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	NO _x	300	138.69 1	
7	31423	24	360		NO _x	300	9.38	
7	26480	24	365		NO _x	300	7.99	
7	55824	24	365		NO _x	300	16.78	
8	0	0	0		NO _x	0	0	
9	2026	24	184		NO _x	150	0.23	
10	1552	24	335		NO _x	300	0.5	
11	2361	24	139		NO _x	250	0.6	
14	1340	24	365		NO _x	0	0	
15	704	24	365		NO _x	0	0	

Scheda 16.2: Azienda Agipplias Livorno -- numero sorgenti inquinanti: 12 -- dati 1996

Piano campagna raffineria a + 1.298 m slm

Note: 1: disponibili solo ore marcia/anno: estrapolato in 24h/g*N gly

Sigla sorgente	Portate (Nmc/h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nm)	Flusso (Kg/h)	Note
1	63413	24	365		CO ₂	233438	14802.97	
1	6373	24	333		CO ₂	225051	1434.18	
4	4474	24	299		CO ₂	227790	1019.09	
4	4081	24	287		CO ₂	167883	685.1	
4	2085	24	267		CO ₂	183737	383.11	
4	55800	24	365		CO ₂	186224	10391.32	
4	0	24	333		CO ₂	0	0	
5	8360	24	347		CO ₂	199312	1666.31	
6	54236	24	259		CO ₂	233854	12683.41	
6	132429	24	357	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	CO ₂	196166	25978.061	
6bis	462213	24	316	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	CO ₂	171672	79348.91	
7	31423	24	360		CO ₂	236331	7426.16	
7	26480	24	365		CO ₂	236125	6252.63	
7	55824	24	365		CO ₂	236663	13211.42	
8	0	0	0		CO ₂	0	0	
9	2026	24	184		CO ₂	231369	468.75	
10	1552	24	335		CO ₂	205664	319.15	
11	2361	24	139		CO ₂	223418	527.58	
14	1340	24	365		CO ₂	164179	219.98	
15	704	24	365		CO ₂	164179	115.53	

Scheda 16.3: Azienda Agipplias Livoiro -- numero sorgenti inquinanti: 12 -- dati 1996

Piano campagna raffineria a + 1.298 m slm

Note: 1: disponibili solo ore marcia/anno; estrapolato in 24h/g*N gly

Sigla sorgente	Portate (Nmc/h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nm)	Flusso (Kg/h)	Note
1	63413	24	365		PST	57	3.54	
1	6373	24	333		PST	50	0.38	
4	4474	24	299		PST	52	0.28	
4	4081	24	287		PST	4	0	
4	2085	24	267		PST	17	0	
4	55800	24	365		PST	14	0.8	
4	0	24	333		PST	0	0	
5	8360	24	347		PST	29	0.24	
6	54236	24	259		PST	57	3.06 1	
6	132429	24	357	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	PST	27	3.5 1	
6bis	462213	24	316	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	PST	1	0.53 1	
7	31423	24	360		PST	59	1.85	
7	26480	24	365		PST	59	1.6	
7	55824	24	365		PST	59	3.31	
8	0	0	0		PST	0	0	
9	2026	24	184		PST	55	0	
10	1552	24	335		PST	34	0	
11	2361	24	139		PST	49	0	
14	1340	24	365		PST	1	0	
15	704	24	365		PST	1	0	

Scheda 16.4: Azienda Agipplias Livorno – numero sorgenti inquinanti: 12 – dati 1996

Piano campagna raffineria a + 1.298 m slm

Note: 1: disponibili solo ore marcia/anno; estrapolato in 24h*g*N gly

Sigla sorgente	Portate (Nm ³ /h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nm ³)	Flusso (Kg/h)	Note
1	63413	24	365		CO	38	2.4	
1	6373	24	333		CO	39	0.25	
4	4474	24	299		CO	39	0.14	
4	4081	24	287		CO	47	0.15	
4	2085	24	267		CO	45	0.16	
4	55800	24	365		CO	8	0.46	
4	0	24	333		CO	0	0	
5	8360	24	347		CO	43	0.36	
6	54236	24	259		CO	38	2.09	1
6	132429	24	357	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	CO	43	5.72	1
6bis	462213	24	316	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	CO	1	0.53	1
7	31423	24	360		CO	37	1.16	
7	26480	24	365		CO	37	1.03	
7	55824	24	365		CO	37	2.05	
8	0	0	0		CO	0	0	
9	2026	24	184		CO	38	0	
10	1552	24	335		CO	42	0.12	
11	2361	24	139		CO	39	0	
14	1340	24	365		CO	48	0.11	
15	704	24	365		CO	48	0	

Scheda 16.5: Azienda Agip Petroli Livorno — numero sorgenti inquinanti: 12 — dati 1996

Piano campagna raffineria a + 1.298 m s.l.m.

Note: 1: disponibili solo ore marcia/anno: estrapolato in 24h/g*N g/y

Sigla sorgente	Portate (Nmc/h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nm)	Flusso (Kg/h)	Note
1	64267	24	346.5		SO ₂	3638	233.77	
1	7491	24	344.7		SO ₂	3554	26.59	
4	3552	24	353.9		SO ₂	3461	12.24	
4	2562	24	334.7		SO ₂	746	1.87	
4	2242	24	344.7		SO ₂	746	1.69	
4	48363	24	363.9		SO ₂	1245	60.23	
4	0	24	344.7		SO ₂	0	1344.16	
5	15207	24	351.7		SO ₂	2706	41.11	
6	73497	24	264.2		SO ₂	3585	263.53	1
6	145721	24	336.71	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	SO ₂	1875	273.23	1
6bis	441775	24	321.12	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	SO ₂	37	16.61	1
7	30999	24	338.7		SO ₂	3482	108.01	
7	24249	24	327.8		SO ₂	3698	89.61	
7	63970	24	365		SO ₂	3588	229.57	
8	0	0	0		SO ₂	0	0	
9	1951	24	315.7		SO ₂	746	1.45	
10	844	24	334.2		SO ₂	746	0.62	
11	1702	24	125		SO ₂	746	1.33	
14	2119	24	365		SO ₂	746	1.6	
15	1915	24	365		SO ₂	746	1.48	

Scheda 17.1: Azienda Agippetroli Livorno -- numero sorgenti inquinanti: 12 -- dati 1997

Piano campagna raffineria a + 1.298 m slm

Note: 1: disponibili solo ore marcia/anno; estrapolato in 24h/g*N g/y

Sigla sorgente	Portate (Nmc/h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nm)	Flusso (Kg/h)	Note
1	64267	24	346.5		NO _x	350	22.49	
1	7491	24	344.7		NO _x	200	1.45	
4	3552	24	353.9		NO _x	350	1.3	
4	2562	24	334.7		NO _x	350	0.87	
4	2242	24	344.7		NO _x	400	0.85	
4	48363	24	363.9		NO _x	250	12.14	
4	0	24	344.7		NO _x	0	0	
5	15207	24	351.7		NO _x	400	6.04	
6	73497	24	264.2		NO _x	300	22.08	1
6	145721	24	336.71	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	NO _x	300	43.68	1
6bis	441775	24	321.12	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	NO _x	300	132.48	1
7	30999	24	338.7		NO _x	300	9.35	
7	24249	24	327.8		NO _x	300	7.25	
7	63970	24	365		NO _x	300	19.18	
8	0	0	0		NO _x	0	0	
9	1951	24	315.7		NO _x	150	0.26	
10	844	24	334.2		NO _x	300	0.25	
11	1702	24	125		NO _x	250	0.33	
14	2119	24	365		NO _x	0	0	
15	1915	24	365		NO _x	0	0	

Scheda 17.2. Azienda Agip Petroli Livorno -- numero sorgenti inquinanti: 12 -- dati 1997

Piano campagna raffineria a + 1.298 m slm

Note: 1: disponibili solo ore marcia/anno: estrapolato in 24h/g*N g/y

Sigla sorgente	Portate (Nmc/h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr.(mg/Nm)	Flusso (Kg/h)	Note
1	64267	24	346.5		CO ₂	237209	15244.71	
1	7491	24	344.7		CO ₂	235087	1760.95	
4	3552	24	353.9		CO ₂	232728	826.5	
4	2562	24	334.7		CO ₂	164179	420.65	
4	2242	24	344.7		CO ₂	164179	368.07	
4	48363	24	363.9		CO ₂	192356	9302.81	
4	0	24	344.7		CO ₂	0	0	
5	15207	24	351.7		CO ₂	213672	3249.22	
6	73497	24	264.2		CO ₂	235880	17334.25	1
6	145721	24	336.71	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	CO ₂	192761	28089.21	1
6bis	441775	24	321.12	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	CO ₂	171489	75760.62	1
7	30999	24	338.7		CO ₂	233278	7231.45	
7	24249	24	327.8		CO ₂	238714	5788.72	
7	63970	24	365		CO ₂	235949	15093.49	
8	0	0	0		CO ₂	0	0	
9	1951	24	315.7		CO ₂	164179	320.32	
10	844	24	334.2		CO ₂	164179	138.51	
11	1702	24	125		CO ₂	164179	279.33	
14	2119	24	365		CO ₂	164179	347.83	
15	1915	24	365		CO ₂	164179	314.38	

Scheda 17.3: Azienda Agip Petroli Livorno -- numero sorgenti inquinanti: 12 -- dati 1997

Piano campagna raffineria a + 1.298 m sim

Note: 1: disponibili solo ore marcia/anno: estrapolato in 24h/g*N g/y

Sigla sorgente	Portate (Nm ³ /h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr.(mg/Nm ³)	Flusso (Kg/h)	Note
1	64267	24	346.5		PST	60	3.85	
1	7491	24	344.7		PST	58	0.48	
4	3552	24	353.9		PST	56	0.24	
4	2562	24	334.7		PST	1	0	
4	2242	24	344.7		PST	1	0	
4	48363	24	363.9		PST	20	0.92	
4	0	24	344.7		PST	0	0	
5	15207	24	351.7		PST	41	0.59	
6	73497	24	264.2		PST	58	4.26 1	
6	145721	24	336.71	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	PST	24	3.46 1	
6bis	441775	24	321.12	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	PST	1	0.39 1	
7	30999	24	338.7		PST	56	1.72	
7	24249	24	327.8		PST	61	1.53	
7	63970	24	365		PST	59	3.77	
8	0	0	0		PST	0	0	
9	1951	24	315.7		PST	1	0	
10	844	24	334.2		PST	1	0	
11	1702	24	125		PST	1	0	
14	2119	24	365		PST	1	0	
15	1915	24	365		PST	1	0	

Scheda 17.4: Azienda Agip Petroli Livorno -- numero sorgenti inquinanti: 12 -- dati 1997

Piano campagna raffineria a + 1.298 m slm

Note: 1. disponibili solo ore marcia/anno: estrapolato in 24h/g*N g/y

Sigla sorgente	Portate (Nm ³ /h)	Durata(h/g)	Durata(g/a)	Sist.abbattimento	Inquinanti	Concentr.(mg/Nm ³)	Flusso (Kg/h)	Note
1	64267	24	346.5		CO	37	2.41	
1	7491	24	344.7		CO	38	0.24	
4	3552	24	353.9		CO	38	0.12	
4	2562	24	334.7		CO	48	0.12	
4	2242	24	344.7		CO	48	0.12	
4	48363	24	363.9		CO	16	0.8	
4	0	24	344.7		CO	0	0	
5	15207	24	351.7		CO	41	0.59	
6	73497	24	264.2		CO	37	2.68	1
6	145721	24	336.71	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	CO	44	6.31	1
6bis	441775	24	321.12	Iniezione vapore per abbattimento NO _x	CO	2	1.04	1
7	30999	24	338.7		CO	38	1.23	
7	24249	24	327.8		CO	37	0.89	
7	63970	24	365		CO	37	2.4	
8	0	0	0		CO	0	0	
9	1951	24	315.7		CO	48	0.13	
10	844	24	334.2		CO	48	0	
11	1702	24	125		CO	48	0	
14	2119	24	365		CO	48	0.11	
15	1915	24	365		CO	48	0.11	

Scheda 17.5: Azienda Agip Petroli Livorno - numero sorgenti inquinanti: 12 -- dati 1997

Piano campagna raffineria a + 1.298 m slm

Note: 1; disponibili solo ore marcia/anno: estrapolato in 24h/g*N g/y

Sigla sorgente	Portate (Nm ³ /h)	Durata (h/g)	Durata (g/a)	Sist. abbattimento	Inquinanti	Concentr. (mg/Nm ³)	Flusso (Kg/h)	Note
1	500000	24	270		SO ₂	3000	1300	1,2
1	500000	24	270		NO ₂	700	300	1,2
1	500000	24	270		polveri	150	65	1,2
1	500000	24	270		CO ₂	271800	117000	1,2
2	500000	24	270		SO ₂	3000	1300	1,2
2	500000	24	270		NO ₂	700	300	1,2
2	500000	24	270		polveri	150	65	1,2
2	500000	24	270		CO ₂	271800	117000	1,2

Scheda 18: Azienda Enel Livorno – numero sorgenti inquinanti: 2

Note: 1: Concentrazioni riferite a gas normalizzati secchi con eccesso O₂ del 3%
2: Portata fumi tal quale (portata fumi secchi al 3% O₂: 430000 Nm³/h)

unità	sorgente	Sezione camino	T (Celsius)	H (m)	portata (Nmc/h)	inquinante	C(mg/Nmc)	emissione unità (Kg)	Note
1	1	9,07	220	80,00	65075	CO	37		
1	1				65075	CO2	236420		
1	1				65075	NOx	339		
1	1				65075	PST	59		
1	1				65075	SO x	4445		
1	4	6,15	190,00	90,00	58317	CO	15		
1	4				58317	CO2	189899		
1	4				58317	NOx	260		
1	4				58317	PST	18		
1	4				58317	SO x	3303		
1	5	8,29	280	60	8736	CO	45		
1	5				8736	CO2	184892		
1	5				8736	NOx	400		
1	5				8736	PST	18		
1	5				8736	SO x	1807		
1						CH4		8,17E+03	1
1						N2O		9,75E+04	1
1						CO		3,00E+04	1
1						CO2		2,28E+08	1
1						NOx		3,29E+05	1
1						PST		4,00E+04	1
1						SO x		3,12E+06	1

Scheda 19.1 - Azienda AgipPetroli Livorno- dati TECHNE -- anno 1998

Note 1: emissioni totali dell'unità 1

Unità	sorgente	Sezione camino	T (Celsius)	H (m)	portata (Nmc/h)	inquinante	C(mg/Nmc)	emissione unità (Kg)	Note
2	7	12,87	200	100	105186	CO	37		
2	7				105186	CO2	238315		
2	7				105186	NOx	300		
2	7				105186	PST	15		
2	7				105186	SO x	4542		
2	8	0,66	0	17	0	CO	0		
2	8				0	CO2	0		
2	8				0	NOx	0		
2	8				0	PST	0		
2	8				0	SO x	0		
2	9	0,33	600	18	2009	CO	42		
2	9				2009	CO2	205267		
2	9				2009	NOx	150		
2	9				2009	PST	34		
2	9				2009	SO x	2850		
2	10	0,33	600	18	5481	CO	46		
2	10				5481	CO2	177574		
2	10				5481	NOx	300		
2	10				5481	PST	12		
2	10				5481	SO x	1432		
2	11	0,19	600	17	2742	CO	39		
2	11				2742	CO2	228261		
2	11				2742	NOx	250		
2	11				2742	PST	52		
2	11				2742	SO x	4027		

Scheda 19.2 parte 1 - Azienda AgipPetroli Livorno - dati TECHNE - anno 1996

Note 1: emissioni totali dell'unità 2

unità	sorgente	Sezione camino	T (Celsius)	H (m)	portata (Nmc/h)	inquinante	C(mg/Nmc)	emissione unità (Kg)	Note
2						CH4		8,28E+03	1
2						N2O		1,26E+05	1
2						CO		3,40E+04	1
2						CO2		2,19E+08	1
2						NOx		2,78E+05	1
2						PST		5,40E+04	1
2						SO x		4,08E+06	1

Scheda 19.2 parte 2- Azienda AgipPetroli Livorno- dati TECHNE -- anno 1996

Note 1: emissioni totali dell'unità 2

unità	sorgente	Sezione camino	T (Celsius)	H (m)	portata (Nmc/h)	inquinante	C(mg/Nmc)	emissione unità (Kg)	Note
3						SO x		9,21E+05	1
8						COV		2,72E+05	2
9						CH4		9,07E+04	3
9						COV		8,16E+05	3

Scheda 19.3- Azienda AgipPetroli Livorno- dati TECHNE -- anno 1996

Note 1: emissioni totali dell'unità 3 recupero zolfo

Note 2: emissioni totali dell'unità 8 serbatoi

Note 3: emissioni totali dell'unità 9 lavorazione prodotti petroliferi

unità	sorgente	Sezione camino	T (Celsius)	H (m)	portata (Nmc/h)	inquinante	C(mg/Nmc)	emissione unità (Kg)	Note
4	14	0,00	0	103	889 CO	CO	48		
4	14				889 CO2	CO2	164179		
4	14				889 NOx	NOx	0		
4	14				889 PST	PST	1		
4	14				889 SO x	SO x	746		
4						CO2		1,28E+06	1
4						SO x		6,00E+03	1

Scheda 19.4- Azienda AgipPetroli Livorno- dati TECHNE - anno 1996

Note 1: emissioni totali dell'unità 4

unità	sorgente	Sezione camino	T (Celsius)	H (m)	portata (Nmc/h)	inquinante	C(mg/Nmc)	emissione unità (Kg)	Note
5	15	0,00	0	103	730 CO	CO	48		
5	15				730 CO2	CO2	164179		
5	15				730 NOx	NOx	0		
5	15				730 PST	PST	1		
5	15				730 SO x	SO x	746		
5						SO x		5,00E+03	1

Scheda 19.5- Azienda AgipPetroli Livorno- dati TECHNE - anno 1996

Note 1: emissioni totali dell'unità 5

unità	sorgente	Sezione camino	T (Celsius)	H (m)	portata (Nmc/h)	inquinante	C(mg/Nmc)	emissione unità (Kg)	Note
6	6	15,19	200	120	201227	CO	42		
6	6				201227	CO2	203247		
6	6				201227	NOx	300		
6	6				201227	PST	32		
6	6				201227	SO x	2747		
6						As		5,01E+01	1
6						Cd		5,01E+01	1
6						Cr		1,25E+02	1
6						Cu		5,01E+01	1
6						Ni		1,75E+03	1
6						Pb		6,51E+01	1
6						Se		2,50E+00	1
6						Zn		5,01E+01	1
6						CH4		1,11E+04	1
6						N2O		1,11E+04	1
6						COV		1,11E+04	1
6						CO		5,40E+04	1
6						CO2		2,62E+08	1
6						NOx		3,86E+05	1
6						PST		4,20E+04	1
6						SO x		3,53E+06	1,2

Scheda 19.6- Azienda AgipPetroli Livorno- dati TECHNE - anno 1996

Note 1: emissioni totali dell'unità 6

Note 2: il dato Techne è stato moltiplicato per 1000, in base ai valori del quadro di rif. emissioni 1996

unità	sorgente	Sezione camino	T (Celsius)	H (m)	portata (Nmc/h)	inquinante	C(mg/Nmc)	emissione unità (Kg)	Note
7	6 bis	16,61	150	70	412930	CO	2		
7	6 bis				412930	CO2	171584		
7	6 bis				412930	NOx	300		
7	6 bis				412930	PST	1		
7	6 bis				412930	SO x	28		
7						CH4		6,04E+04	1
7						N2O		2,49E+04	1
7						COV		5,05E+04	1
7						Hg		1,49E+00	1
7						CO		6,00E+03	1
7						CO2		5,46E+08	1
7						NOx		9,54E+05	1
7						PST		3,00E+03	1
7						SO x		9,00E+04	1

Scheda 19.7- Azienda AgipPetroli Livorno- dati TECHNÉ -- anno 1996

Note 1: emissioni totali dell'unità 7

sorgente	Sezione camino	T (Celsius)	H (m)	portata (Nmc/h)	inquinante	C(mg/Nmc)	emissione unità (Kg)	Note
CIM01	332540	25,52	140	80	NOx	700		
CIM01					PST	97		
CIM01					SO x	2649		
CIM01					As		203,66	
CIM01					Cd		203,66	
CIM01					CH4		5850	
CIM01					CO		125440	
CIM01					CO2		6,35E+08	
CIM01					COV		83900	
CIM01					Cr		509,16	
CIM01					Cu		203,66	
CIM01					N2O		388400	
CIM01					Ni		7128,18	
CIM01					NOx		1680000	
CIM01					Pb		264,73	
CIM01					PST		233000	
CIM01					Se		10,19	
CIM01					SO x		6360000	
CIM01					Zn		203,66	

Scheda 201 - Azienda Enel Livorno - dai TECNE - anno 1996

sorgente	Sezione camino	T (Celsius)	H (m)	portata (Nmc/h)	inquinante	C(mg/Nmc)	emissione unità (Kg)	Note
CIM02	332660	25,52	135	80	NOx	627		
CIM02					PST	101		
CIM02					SO x	2615		
CIM02					As		208,27	
CIM02					Cd		208,27	
CIM02					CH4		6640	
CIM02					CO		128230	
CIM02					CO2		6,49E+08	
CIM02					COV		85470	
CIM02					Cr		520,7	
CIM02					Cu		208,27	
CIM02					N2O		441080	
CIM02					Ni		7289,73	
CIM02					NOx		1710000	
CIM02					Pb		270,73	
CIM02					PST		275100	
CIM02					Se		10,42	
CIM02					SO x		7110000	
CIM02					Zn		208,28	

Scheda 20.2- Azienda Enel Livorno- dal TECHNÉ - anno 1996

Allegato 5

Scarichi idrici considerati degli insediamenti a Livorno

N°	DITTA	SEDE IMPIANTO	CORPO RICETTORE	TIPO CORPO RICETTORE
1	AGIP PLAS S.p.a.	NUOVA DARSENA UGIONE	DARSENA UGIONE	MARE
2	AGIP PLAS S.p.a.	V.AURELIA 7 COLLESALVETTI	FOSSO DELLE ACQUE CHIARE	ACQUE SUPERFICIALI
3	AGIP PLAS S.p.a.	DARSENA PETROLI	DARSENA PETROLI	MARE
4	ARTURO MALTINTI	V.DEL MARZOCCO 46/50	CANALE DEI NAVICELLI	MARE
5	CANTIERE NAVALE SALVADORI	V.CALATA PISA 4/6	DARSENA UGIONE	MARE
6	CARBOCHIMICA ITALIANA S.p.a.	V.LEONARDO DA VINCI 39	CANALE INDUSTRIALE	MARE
7	ERIDANIA-CEREOL	V.LEONARDO DA VINCI 35/A	CANALE INDUSTRIALE	MARE
8	DEPURATORE COMUNE	V.DELLA CINTA ESTERNA	BACINO DI S.STEFANO, PORTO INDUSTRIALE	MARE
9	COSTIERI D'ALESSIO S.p.a.	V.LEONARDO DA VINCI 29	CANALE INDUSTRIALE	MARE
10	D.O.C. LIVORNO S.p.a.	V.LEONARDO DA VINCI 33	CANALE INDUSTRIALE	MARE
11	DOW ITALIA S.p.a.	V.GALVANI 34	CANALE INDUSTRIALE	MARE
12	ENEL S.p.a.	V.S.ORLANDO 15	CANALE DEI NAVICELLI	MARE
13	ERG PETROLI S.p.a.	V.DEI TRASPORTATORI 19	FOSSO MARTINELLI	ACQUE SUPERFICIALI
14	GIOLFO E CALCAGNO	V.LEONARDO DA VINCI 45	CANALE INDUSTRIALE	MARE
15	LABROMARE	CALATA ADDIS ABEBBA	SPECCHIO PORTUALE	MARE
16	LABROMARE S.r.l.	CALATA BENGASI	PORTO INDUSTRIALE	MARE
17	LABROMARE S.r.l.	VARCO GALVANI	PORTO INDUSTRIALE	MARE
18	LAVIOSA CHIMICA MINERARIA S.p.a.	V.GALVANI 20	CANALE DEI NAVICELLI	MARE
19	LAVIOSA CHIMICA MINERARIA S.p.a.	V.LEONARDO DA VINCI 21	CANALE INDUSTRIALE	MARE
20	COSTIERO GAS LIVORNO	V.LEONARDO DA VINCI 23/A	CANALE INDUSTRIALE	MARE
21	RHODIA		CANALE INDUSTRIALE	MARE
22	S.E.A.L.	V.MASSAUA 43	CANALE DEI NAVICELLI	MARE
23	SACCI S.p.a.	V.DEL MARZOCCO 70	CAN.Industr. E CAN.PORTO INDUSTRIALE	MARE
24	TOSCOPEL S.p.a.	V.DELLO SCOLMATORE 21	CANALE TORETTA	ACQUE SUPERFICIALI
25	TRW ITALIA	V.ENRIQUEZ 35	FOSSO BOTTACCINA	ACQUE SUPERFICIALI
26	WHITEHEAD S.p.a.	V. DI LEVANTE 48	RIO MAGGIORE	ACQUE SUPERFICIALI
27	DOLE TERM S.R.L.	CALATA ALTO FONDALE	MARE	MARE

Allegato 6

Dati sulle sorgenti di COV di origine industriale

Azienda	Serbatoio	Perdite (Kg/Y)
Agip	greggio 104	980,3
Agip	greggio 105	2908,6
Agip	greggio 121	2699,4
Agip	greggio 135	1238,2
Agip	greggio 136	1284,2
Agip	greggio 137	1398,6
Agip	gasoli 64 66 110	15298,1
Agip	gasoli 118 119	24930,4
Agip	gasoli 501 98	129860,0
Agip	gasoli 97 154 155	109046,2
Agip	petroli 65	739,9
Agip	petroli 96 117	731,2
Agip	petroli 113 153 156	2050,8
Agip	benzina 3 4 52	11216,5
Agip	benzina 112 157	2853
Agip	benzina 126 127 128 129 130	14485,1
Agip	benzina 502 503 504	9301,8
Agip	benzina 509 510	3167,4

Tab. A6.1 Totale perdite raggruppamenti di serbatoi della raffineria AGIP

Categoria prodotto	Numero serbatoi		Perdite stimate (kg/y)		
	tot.	n.i. (°)	totali	da serbatoi identificati	da serbatoi non identificati
Bitumi	2	0	175,1	175,1	0
Lubrificanti	3	0	2286,8	2286,8	0
Greggio	5	5	10509,2	0	10509,2
Oli combust	3	2	32774,4	219,4	32555
Gasoli	17	10	306530,7	28130,2	278400,5
Petroli	12	6	13004,5	9482,7	3521,8
Benzine	22	15	66804,6	13780,8	53023,8

(°) n.i. = non identificati sulla cartografia numerica

Tab. A6.2 Perdite annue per categoria di prodotto della raffineria AGIP

Azienda	sorgente	QSOT (g/s)	Hcam (m)	Ts (K)	Vf ^(*) (m ³ /s)
Agip	bitume	0,006	10	423	5,90E-09
Agip	lubrificanti	0,073	15	333	8,20E-08
Agip	greggio 104	0,031	16	293	3,65E-08
Agip	greggio 105	0,092	16	293	1,08E-07
Agip	greggio 121	0,086	16	293	1,00E-07
Agip	greggio 135	0,039	17	293	4,61E-08
Agip	greggio 136	0,041	17	293	4,78E-08
Agip	greggio 137	0,044	17	293	5,20E-08
Agip	oli combustibili 99	0,012	12	348	1,32E-08
Agip	oli combustibili 151	1,02	17	348	1,10E-06
Agip	gasoli 64 66 110	0,485	10	295	5,77E-07
Agip	gasoli 118 119	0,79	15	295	9,41E-07
Agip	gasoli 501 98	4,12	14	295	4,90E-06
Agip	gasoli 97 154 155	3,46	15	295	4,12E-06
Agip	petroli 65	0,023	12	291	2,97E-08
Agip	petroli 96 117	0,023	5	291	2,93E-08
Agip	petroli 113 153 156	0,065	15	291	8,23E-08
Agip	benzina 3 4 52	0,356	15	290	4,74E-07
Agip	benzina 112 157	0,09	15	290	1,21E-07
Agip	benzina 126 127 128 129 130	0,459	12	290	6,12E-07
Agip	benzina 502 503 504	0,295	16	290	3,93E-07
Agip	benzina 509 510	0,1	17	290	1,34E-07

(*) Vf = portata volumetrica stimata

Azienda	sostanza	volume (mc)	movimentato (t/y)	stima emiss.(kg/y)
Costieri d'Alesio	gasolio tf ^(*)	13796	400000	125000
Costieri d'Alesio	gasolio tg ^(**)	26250		7000
Costieri d'Alesio	oli comb. tf	45233	2200000	221000
Costieri d'Alesio	oli comb. tg	52500		1000
Costieri d'Alesio	benzine tf	4080	400000	213000
Costieri d'Alesio	benzine tg	48566		12000
Costieri d'Alesio	acque reflue	1020		50500
Toscopetrol	gasolio tf	3420		115000
Toscopetrol	oli comb. tf	1442		5700
Toscopetrol	benzine tf	5700	370000	298000
Toscopetrol	bitume tf	9734		2500
DOC	ch.organ.		250000	300000

(*) tf = tetto fisso

(**) tg = tetto galleggiante

Tab. A6.4 Sostanze trattate, volumi di stoccaggio, movimento annuo e valore stimato per le emissioni dei depositi costieri

PARTE 3

Linee d'intervento per la riduzione del rischio industriale e la mitigazione dei fattori di squilibrio ambientale

14 LINEE DI INTERVENTO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO INDUSTRIALE

Per l'utilizzo delle risorse stanziate con DM Ambiente 22.09.95, il Comitato di coordinamento, di cui all'intesa di programma fra Ministero dell'ambiente e Regione Toscana del 6 giugno 1997, ha definito alcuni interventi prioritari individuati secondo l'art.8 dell'intesa stessa.

Lo studio dei rischi d'area permette di individuare un elenco, esaustivo per quanto possibile, di interventi migliorativi intesi alla riduzione del rischio industriale e ambientale nell'area. I risultati dello studio confermano la scelta degli interventi già individuati, quali interventi "prioritari ed urgenti" (decisioni del Comitato di coordinamento del 9.10.98) ed evidenziano alcuni ulteriori interventi migliorativi necessari, come di seguito dettagliato (§ 14.2).

14.1 Azioni già avviate e interventi prioritari finanziati per la riduzione dei rischi industriali

14.1.1 Ristrutturazione del parco stoccaggio GPL della Raffineria AGIP Petroli

La presenza di diversi stabilimenti industriali, nell'area industriale-portuale di Livorno-Collesalveti, tra cui la Raffineria Agip Petroli, lo Stabilimento di Confezionamento (STAP), il Deposito Interno distribuzione rete, il Deposito AgipGas e il Costiero Gas, rappresenta, per l'estensione degli stabilimenti e la vicinanza al tessuto urbano, una delle principali fonti di rischio industriale immediatamente individuabili. Il Comitato di coordinamento ha proceduto, con i rappresentanti delle società interessate, ad un approfondimento della strategia circa le attività future degli insediamenti, con particolare riferimento all'AgipPetroli, allo scopo di disegnare il quadro generale degli interventi per la gestione dei depositi GPL e di sostanze petrolifere.

In questo quadro è stato evidenziato che la Raffineria ha realizzato un piano di consolidamento delle attività produttive e di miglioramento strutturale degli impianti (riduzione del tenore di benzene nelle benzine e del tenore di zolfo nel gasolio), oltre alla costruzione di un impianto di cogenerazione. Altri interventi, previsti dalla raffineria in una fase successiva, riguardano l'eliminazione del "deposito rete", con l'accentramento del caricamento dei prodotti petroliferi mediante le pensiline presenti nella raffineria stessa.

Nel quadro globale di interventi previsti dalla Società si inserisce, in particolare, il progetto di ristrutturazione del parco GPL della raffineria, inizialmente costituito da una sfera da 2100 m³ e due da 500 m³, oltre a 12 serbatoi cilindrici orizzontali, di cui 8 da 200 m³ e 4 da 100 m³. Il progetto prevede l'eliminazione definitiva delle tre sfere di stoccaggio (due sono già state demolite) e di due serbatoi cilindrici da 100 m³ ciascuno, e la sostituzione di questi con tre nuovi serbatoi tumulati da 600 m³. Tale intervento comporta, peraltro, la riduzione del volume di stoccaggio da 5100 m³ a 3600 m³ ed una sostanziale riduzione del rischio rispetto a quella ottenuta con le modifiche rispondenti ai requisiti minimi di adeguamento (rivestimento fire-proofing dei depositi superficiali) previsti dal DM Interno del 13/10/94.

Dalla valutazione del rischio connesso alle due soluzioni tecniche possibili (nuovi serbatoi tumulati e coibentazione sfere esistenti) effettuata secondo il DM Ambiente del 15/05/96, che stabilisce "i criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di gas petrolio liquefatto", risulta che nel primo caso è possibile ritenere marginale il rischio di BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) mentre nel secondo tale possibilità - seppure ridotta dall'intervento di coibentazione - non è da escludere, dato l'elevato valore dell'indice di *rischio generale*, sia intrinseco che compensato.

Il Comitato ha ritenuto che l'abbattimento della probabilità di accadimento di incidenti rilevanti con effetti esterni al perimetro industriale (raggio di danno dell'eventuale Fireball) è prioritaria, in quanto l'impianto è situato nelle immediate vicinanze di una strada ad elevato traffico industriale e residenziale (SS. NI Aurelia) e in prossimità di un centro abitato (Stagno, frazione di Collesalveti).

Tale intervento, pertanto, è stato inserito nel novero di quelli prioritari.

Per una descrizione tecnica dell'intervento si rimanda all'apposita scheda (Allegato 1 - Parte 3); per la valutazione dei benefici conseguibili si rimanda al 14.4.

14.1.2 Interventi sulla viabilità di Stagno

Nel quadro generale di riduzione del rischio industriale dell'area si inserisce il progetto presentato dal Comune di Collesalveti, che prevede opere di miglioramento della viabilità della frazione di Stagno. L'elevata concentrazione di insediamenti nella zona e la vicinanza al porto industriale induce, infatti, un'intensa movimentazione di sostanze pericolose via terra. La SS. Aurelia è attualmente il punto di confluenza della variante Aurelia, dell'autostrada A12 e della S.G.C. FI-PI-LI per il traffico in entrata e in uscita dalla zona industriale, per cui al rischio di incidente dovuto alle installazioni fisse si aggiunge quello connesso al trasporto stradale. È da tenere presente, inoltre, che la continuità del tessuto urbano di Stagno è interrotta dall'innesto della stessa variante Aurelia e della autostrada A12, per cui la SS. Aurelia costituisce il raccordo tra i due agglomerati e l'unica strada di scorrimento residenziale da e per il centro abitato. Il verificarsi, pertanto, di eventi incidentali può indurre conseguenze dirette sulla popolazione in transito.

Il progetto presentato dal Comune mira a decongestionare la Via Aurelia con una serie di interventi per la separazione del traffico industriale da quello residenziale, e per facilitare l'attuazione di piani di emergenza nell'area degli impianti AGIP Petroli. A tale scopo è prevista la costruzione di una serie di svincoli per creare una viabilità interna che riduca la dipendenza del traffico residen-

ziale dalla SS. Aurelia e per favorire il collegamento del centro abitato con le vie di grande comunicazione.

Anche per questo intervento, il Comitato ha riconosciuto la criticità dell'attuale situazione, decidendo di intraprendere i relativi interventi, per la descrizione dei quali si rimanda all'apposita scheda (Allegato 1 - Parte 3).

14.1.3 Interventi sulla movimentazione marittima

La definizione del quadro complessivo delle strategie di intervento per la gestione dei depositi di GPL e prodotti petroliferi ha portato a focalizzare l'attenzione sul nodo strutturale costituito dal Porto di Livorno.

La movimentazione in tale porto è costituita per oltre il 50% da "navi cisterna con prodotti pericolosi" e per l'1-2% da "navi gasiere" con un flusso di prodotti petroliferi di circa 8 Mton in ingresso e di circa 1 Mton in uscita. Gli attracchi utilizzati sono ubicati in Darsena Petroli e nel Canale Industriale. Su quest'ultimo si affacciano buona parte delle aziende a rischio di incidente rilevante dell'area di Livorno ed esso rappresenta, pertanto, un'infrastruttura fondamentale e critica per il traffico di materie prime e prodotti.

Il trasporto e la movimentazione di GPL, soprattutto verso il molo del Deposito Costiero Gas, situato nella parte terminale del Canale, ha reso necessario l'approfondimento delle problematiche di sicurezza relativa al Canale Industriale stesso, realizzato mediante i seguenti studi specifici:

- "Analisi dei rischi connessi alla navigazione nel porto di Livorno, ed in particolare alle gasiere dirette all'approdo 30 del Canale Industriale" (EIDOS, 1993);
- "Analisi dei rischi nel Canale Industriale del porto di Livorno, con riferimento alla movimentazione di sostanze infiammabili e combustibili" (PLANNINGS s.r.l., 1993);
- "Sicurezza del Canale Industriale del Porto di Livorno in relazione alla movimentazione di GPL, prodotti petroliferi e chimici" (S.T.A. s.r.l., 1994).

Tali lavori analizzano i possibili eventi incidentali con l'obiettivo di individuare gli scenari operativi che rendano minimo il livello di rischio connesso con le operazioni di trasporto e scarico di GPL. Nello studio condotto dalla EIDOS sono state analizzate diverse ipotesi alternative all'utilizzo del Canale Industriale quali l'impiego di altri attracchi esistenti nel porto e la realizzazione di una piattaforma offshore connessa con pipelines alla terraferma.

Come risulta dallo studio stesso, quest'ultima soluzione, pur allontanando la sorgente di rischio dai centri di vulnerabilità, introdurrebbe nuove problematiche derivanti dalla maggiore intensità e minor regolamentazione del traffico nella zona antistante il porto, oltre al rischio connesso con il trasporto per lunghe tratte del GPL tramite pipeline. Pertanto, alla luce di tali studi non appaiono evidenti i benefici conseguibili con le alternative allora esaminate, anche in relazione alla circostanza che lo studio più recente del 1994 ha individuato livelli di rischio, imputabili alla sola movimentazione nel canale navigabile, significativamente inferiori a quelli riconducibili alle altre fonti di rischio presenti nell'area.

Gli studi effettuati, inoltre, hanno permesso di verificare che i rischi originati dalla movimentazione delle navi nel canale marittimo, così come evidenziati nello studio del 1994, risultano presentare livelli significativamente inferiori a quelli determinati dalle altre fonti di pericolo presenti nell'area.

Ciononostante il Comitato, riconoscendo l'opportunità di affrontare in modo organico le problematiche di movimentazione di prodotti petroliferi, petrolchimici e di GPL, anche a fronte degli interventi effettuati negli ultimi anni dal Consorzio Movimentazioni Petrolifere CMP (Agip, Costiero d'Alesio, DOC e Toscopetro), ha individuato alcune possibilità di intervento che si inquadrano nella politica di flessibilizzazione degli attracchi di tutta l'area portuale e di decongestionamento del Canale Industriale, per il migliore utilizzo del canale stesso.

In particolare il Comitato, nella seduta del 13.01.98, riconoscendo che "la sicurezza del trasporto di GPL dipende dalla tipologia delle gasiere e dal numero di navi, piuttosto che dalla quantità movimentata", ha stabilito come prima "azione di piano" l'individuazione delle seguenti specifiche tecniche relative alla movimentazione delle navi gasiere nel canale industriale:

- deve essere escluso l'impiego di gasiere pressurizzate, che comportano un elevato rischio in caso d'incidente indipendentemente dalle quantità trasportate;
- devono essere impiegate esclusivamente navi gasiere refrigerate di stazza non inferiore a 3000 tonnellate.

Gli altri interventi ritenuti necessari dal Comitato, nell'ottica della migliore flessibilizzazione degli attracchi di tutta l'area portuale e di decongestionamento del canale industriale, sono i seguenti (i costi stimati per gli interventi sono contenuti nelle schede descrittive, Allegato 1 - Parte 3):

- *dragaggio del canale industriale*, per il quale l'Autorità Portuale di Livorno e il Comune di Livorno hanno presentato un progetto finalizzato. L'intervento prevede il dragaggio dei fondali marini del Canale Industriale per ripristinare le condizioni di completa navigabilità, riducendo la frequenza di accadimento di eventuali incidenti. Il progetto si articola in tre fasi: la prima di caratterizzazione del sito con l'impiego di tecnologie di prospezione innovative, per la quale il Comitato ha reso disponibili quote di finanziamento; la seconda, di bonifica vera e propria, con l'impiego di tecniche innovative di aspirazione che consentono di ridurre la quantità di fango prodotta, senza indurre effetti di inquinamento secondario; la terza, di costruzione di un centro polifunzionale per il trattamento e il riutilizzo di reflui contaminati provenienti da scarichi civili, industriali e da bonifiche ambientali, che si inserisce in un quadro più ampio di risanamento ambientale. Per una descrizione tecnica dell'intervento si rimanda all'apposita scheda (Allegato 1 - Parte 3).
- *potenziamento del pontile 12*, come attracco alternativo a quelli di fondo canale. Il pontile 12 della Darsena Petroli è posizionato al limite del porto in zona esterna al Canale Industriale e alla Darsena Toscana. La zona, caratterizzata da un più elevato pescag-

gio rispetto al canale, permetterebbe l'attracco di gasiere e petroliere di volumi maggiori, decongestionando il traffico nel canale ed evitando il blocco della navigazione nello stesso in occasione dei transiti delle gasiere. Per una descrizione tecnica dell'intervento si rimanda all'apposita scheda (Allegato 1 - Parte 3); per la valutazione dei benefici conseguibili si rimanda al rapporto S.T.A. s.r.l. "Progetto potenziamento pontile 12 del canale industriale di Livorno: influenza sul rischio d'area" (aprile 1999);

- *posa in cunicolo del gasdotto della Darsena Toscana*, nell'ambito del progetto presentato dall'Autorità Portuale di Livorno che prevede la realizzazione di un cunicolo destinato ad alloggiare oleodotti e gasdotti per il trasferimento del GPL e di altri prodotti scaricati alla Darsena Petroli. Attualmente, su tale darsena, sono situati a cielo aperto, parallelamente ad un fascio di binari di servizio per carico/scarico containers, tubazioni per il trasporto di GPL, di prodotti petroliferi e petrolchimici. Tali linee costituiscono un'interruzione della continuità della banchina, rendendo difficoltosa la manovra dei mezzi e determinando bassa flessibilità operativa, elevati tempi di manovra e il rischio di rotture per urto delle tubazioni da parte dei containers movimentati. Per una descrizione tecnica dell'intervento si rimanda all'apposita scheda (Allegato 1 - Parte 3); per la valutazione dei benefici conseguibili si rimanda al § 14.4.

14.1.4 Miglioramento sicurezza operazioni carico e scarico navi, Soc. Carbochimica

L'intervento, sul quale il Comitato si è pronunciato positivamente, prevede l'installazione in banchina di un braccio metallico, corredato di dispositivi di sicurezza e blocco, per il carico/scarico dei prodotti (catrame). Il sistema, destinato a sostituire l'attuale dispositivo a manichetta flessibile, è progettato per rendere minimi i quantitativi di catrame rilasciati in caso di sconnessione accidentale, riducendo conseguentemente il rischio di inquinamento del Canale industriale. Per ulteriori dettagli si rimanda alla scheda (Allegato 1 - Parte 3).

14.1.5 Attrezzature di pronto intervento per l'emergenza in area portuale

È prevista l'acquisizione di un mezzo di trasporto per personale sanitario, materiali e attrezzature mobili di pronto soccorso, per interventi rapidi in supporto alle istituzioni sanitarie presenti nel porto.

14.1.6 Razionalizzazione dei traffici portuali e industriali

Si tratta di un progetto specifico, presentato dal Comune di Livorno e dall'Autorità Portuale, per la razionalizzazione dei traffici portuali e industriali. Il porto di Livorno è caratterizzato da una "struttura" che presenta una commistione di traffici commerciale, industriale e turistico che fanno capo ad un solo sistema viario, con forti interferenze e sovrapposizioni tali da causare situazioni di congestione nell'area sulla quale insistono numerose sorgenti di rischio industriale e da trasporto (via Leonardo da Vinci, Scalo FS di Calambrone ecc.). Occorre procedere alla realizzazione di opere infrastrutturali che permettano la distinzione fra i traffici e consentano anche un collegamento fra le aree doganali e quelle "periportuali", attualmente separate fisicamente dalla Via Leonardo da Vinci e dallo scalo ferroviario di Calambrone. Il primo stralcio, del primo lotto, della prima fase del progetto di nuova viabilità finalizzata a tali scopi, intervento già discusso dal Comitato di coordinamento, prevede:

- completamento copertura ex canale delle Cateratte;
- sistemazione rotatoria Viale Genova - Via S. Orlando - Via delle Cateratte;
- realizzazione nuovo ponte Via delle Industrie - Via Paleocapa.

Per una descrizione tecnica dell'intervento si rimanda all'apposita scheda (Allegato 1 - Parte 3).

14.1.7 Miglioramento della viabilità via Aurelia ed area sud-est prospiciente la raffineria di Livorno e razionalizzazione impianti di distribuzione rete

Nel Comune di Collesalveti, lungo la SS 1 via Aurelia e compreso tra questa ed il muro di cinta della Raffineria, è ubicato un complesso immobiliare costituito da un appezzamento di terreno di ca. 4.600 m² con sovrastanti due palazzi ad uso civile abitazione, per complessivi 32 appartamenti.

La posizione del complesso si è rilevata nel tempo fortemente critica, sia in rapporto allo sviluppo delle attività produttive della Raffineria, sia alla incrementata movimentazione dei mezzi pesanti lungo la via Aurelia. Infatti, la distribuzione ai punti vendita dei prodotti carburanti dalla raffineria di Livorno avviene attualmente, per la maggior parte, attraverso i depositi AGIP PETROLI ed ERG PETROLI (con accesso dalla via Aurelia), rendendo critica la viabilità lungo la stessa.

Il progetto congiunto Comune di Collesalveti - Agip Petroli, prevede:

- Riubicazione fabbricati INA CASA
- Eliminazione del complesso in questione e miglioramento della viabilità della via Aurelia
- Razionalizzazione della distribuzione dei prodotti in rete
- Concentrazione, all'interno della Raffineria, di carichi con riduzione delle movimentazioni Raffineria-Depositi, eliminando i due punti di stoccaggio e carico presso gli adiacenti depositi Agip Petroli ed Erg Petroli
- Miglioramento della viabilità nel tratto di via Aurelia- Via Enriquez - Stagno.

In relazione a questi interventi, sui quali si è già pronunciato il Comitato, è opportuno evidenziarne i benefici conseguibili, permettendo gli interventi medesimi, l'eliminazione dei due centri di vulnerabilità costituiti dagli edifici del villaggio Ina-casa (attual-

mente compresi nel raggio di danno di un eventuale BLEVE e, comunque, nelle zone di elevata letalità da Flash-fire, anche successivamente alla tumulazione dei serbatoi).

Per una descrizione tecnica dell'intervento si rimanda all'apposita scheda (Allegato 1 - Parte 3); per la valutazione dei benefici conseguibili si rimanda al rapporto Snamprogetti "Progetto di razionalizzazione distribuzione prodotti per la rete, Studio di sicurezza" (aprile 1999).

14.1.8 Realizzazione di un piping per il trasferimento di biodiesel presso lo stabilimento Novaol

L'intervento proposto dalla Società Eridania, riguardante la realizzazione di un piping per il trasferimento di biodiesel dallo stabilimento Novaol verso la Raffineria, ha già avuto un'espressione positiva da parte del Comitato di coordinamento. L'intervento, considerati i parametri di funzionamento dell'impianto, si ritiene possa comportare riduzioni significative di rischio solo a livello locale, ma può ritenersi costituire un positivo contributo alla progressiva riduzione dei trasporti su gomma grazie alla sostituzione degli stessi con altri mezzi (ferrovia, condotta ecc.).

14.2 Ulteriori interventi necessari per la realizzazione del Piano

Lo studio d'area predisposto ha consentito di confermare la validità delle determinazioni già adottate dal Comitato ed ha permesso, per i più significativi degli interventi previsti, di valutare quantitativamente i benefici conseguibili.

Lo studio stesso, peraltro, ha permesso di individuare ulteriori elementi di criticità e i conseguenti interventi migliorativi, proposti all'attenzione del Comitato di coordinamento e confermati dallo stesso. Tali criticità consistono in:

- Presenza di un'area a maggior rischio locale dovuto a trasporto su gomma di merci pericolose, situato nel tratto terminale della S.G.C. Firenze-Pisa-Livorno, raccordo Firenze Porto, via Leonardo da Vinci; occorre prevedere interventi di ottimizzazione della struttura viaria e dei flussi veicolari per l'accesso all'area industriale/portuale, ovvero trasferimento in area remota del caricamento del GPL sui vettori.
- Presenza di una zona di maggior rischio locale localizzata in corrispondenza dello scalo merci di Livorno-Calambrone; occorre procedere all'adozione, da parte dell'ente gestore, delle misure impiantistiche e gestionali già previste dal DM Ambiente 5.11.97 (G.U. S.O. n.18 del 23.01.98) per gli scali merci terminali di ferrovia.
- Presenza di un rischio residuo non trascurabile dovuto all'esistenza di numerosi serbatoi cilindrici di GPL fuori terra presso la Raffineria AGIP Petroli; trattandosi di una problematica strettamente correlata con la struttura generale degli impianti della raffineria, le soluzioni devono essere verificate anche con l'Autorità competente allo svolgimento dell'istruttoria sul rapporto di sicurezza dello stabilimento stesso (i benefici conseguibili in termini di rischio d'area, a seguito di un'eventuale tumulazione, sono stati già evidenziati nelle valutazioni contenute nel § 14.4).

Vengono di seguito, brevemente, delineate le strategie di intervento proposte in relazione alle problematiche rilevate. Su tali sviluppi successivi sarà, peraltro, necessario procedere ad ulteriori specifiche analisi comparative, con gli strumenti messi a punto, per valutare in termini quantitativi l'efficacia degli interventi stessi.

14.2.1 Interventi indirizzati alla mitigazione dei rischi da trasporto stradale

14.2.1.1 Mitigazione rischi da trasporto lungo la S.G.C. Firenze-Pisa-Livorno

Lo studio dei rischi d'area ha evidenziato la presenza di un'area a maggior rischio dovuto a trasporto su gomma di merci pericolose, corrispondente al tratto terminale della S.G.C. Firenze-Pisa-Livorno, raccordo Firenze Porto, via Leonardo da Vinci; l'analisi condotta ha, altresì, permesso di rilevare che il contributo maggiore ai livelli di rischio stimati è rappresentato dal trasporto di GPL che fa capo al deposito Costiero Gas, consistente in circa 27000 autocisterne per anno.

Considerato che il parametro principale che caratterizza la situazione, a parità di altre condizioni, è rappresentato dal numero di automezzi in transito nel periodo di riferimento, le soluzioni per la mitigazione dei rischi possono sostanzialmente individuarsi in:

- i) redistribuzione del flusso di autocisterne in uscita dal deposito su percorsi alternativi e complementari rispetto alla situazione attuale;
 - ii) maggiore utilizzo del trasporto ferroviario in alternativa a quello stradale.
- i) La prima ipotesi di intervento è stata analizzata con riferimento alla viabilità esistente senza peraltro giungere ad individuare percorsi alternativi - praticabili senza peggioramento dei livelli di rischio in prossimità dell'abitato di Livorno - rispetto a quello utilizzato al momento attuale, ovvero:
- uscita dal deposito
 - Via L.da Vinci
 - rampa-raccordo Firenze/Porto
 - S.G.C. o Autostrada A12.

La realizzazione ex novo di infrastrutture potrebbe consistere, essenzialmente, nel raddoppio dell'attuale tratto terminale della S.G.C., con eventuale destinazione privilegiata per i vettori di GPL. Ai fini della riduzione del rischio ciò comporterebbe la necessità di mantenere tra i due tratti stradali una distanza di rispetto (sicurezza) non inferiore a circa 500 m. I vincoli presenti nell'area e gli spazi disponibili non sono tali da rendere possibile un agevole posizionamento del tracciato del nuovo tratto di strada.

Le eventuali soluzioni, che implicherebbero il ricorso a viadotti e opere d'arte complesse, comporterebbero certamente scelte pro-

gettuali con elevato rapporto costo/beneficio, atteso che la riduzione dei rischi conseguibile derivi dal dimezzamento del traffico del GPL rispetto al valore iniziale.

ii) L'ipotesi di potenziamento del trasporto di GPL per via ferroviaria permette una riduzione dei rischi da trasporto su gomma del GPL stesso. Il limite superiore alla movimentazione via ferrocisterne, è rappresentato dall'attuale assetto della rete ferroviaria e nelle modalità di raccordo della stessa con gli stabilimenti interessati. A livello locale la soluzione richiede il potenziamento dello scalo ferroviario di Livorno-Calambrone e una totale riprogettazione del collegamento depositi-rete ferroviaria, dovendo necessariamente eliminare l'attraversamento a livello sulla via Leonardo da Vinci.

A tal proposito è stata prospettata (Consorzio Movimentazioni Petroliere, CMP) la possibilità di sostituire una quota del traffico di GPL su gomma in uscita dal Costiero-Gas con traffico su rotaia in uscita dal deposito Agip-Gas, presso il quale possono essere realizzate nuove pensiline di carico (raccordate con nuovi tronchi ferroviari allo scalo di Livorno-Calambrone) servite da un collegamento in pipe-line col predetto deposito. La soluzione ipotizzata può consentire la riduzione del traffico di GPL mediante autobotti nella misura massima di 4000 ATB/anno sull'attuale valore di 27000 ATB/anno (riduzione di circa 1/7); la movimentazione complessiva per ferrocisterne passerebbe dall'attuale 1500 FC/anno a 3500 FC/anno.

Da quanto sopra esposto si può osservare che la soluzione individuata comporta, a fronte di un aumento non molto significativo dell'impegno dello scalo ferroviario, una diminuzione di circa il 15% dell'attuale traffico stradale di GPL, connesso col deposito Costiero Gas Livorno.

Un incremento del valore di movimentazione su ferrovia sopra indicato (3500 FC/anno), che può permettere - come auspicabile - una maggiore riduzione dei rischi da trasporto su strada, richiede una verifica con l'ente gestore degli impianti ferroviari.

Costo stimato dell'intervento, conforme all'ipotesi ii):

(realizzabile dalla società AgipGas - Costiero Gas Livorno) lire 3.500.000.000.

Contributo richiesto : 25% lire 875.000.000.

14.2.1.2 Razionalizzazione dei traffici portuali e industriali (secondo lotto)

La proposta progettuale (Comune di Livorno e Autorità Portuale) relativa al secondo lotto della prima fase delle azioni sulla viabilità nelle aree portuali, prevede l'integrazione delle opere già approvate dal Comitato per il primo stralcio del primo lotto; si tratta, in particolare, della realizzazione del "raddoppio" della carreggiata della via Leonardo da Vinci e dell'integrazione del raccordo della stessa con la S.G.C. Livorno-Pisa-Firenze. La soluzione - pur essendo indirizzata alla risoluzione delle problematiche più generali del traffico veicolare in area portuale - può permettere un migliore accesso, in sicurezza, alla S.C.G. da parte dei vettori di GPL in uscita dal Costiero Gas Livorno.

Costo stimato dell'intervento (soluzione sopraelevata) lire 38.000.000.000

Costo stimato dell'intervento (soluzione "a raso") lire 24.000.000.000

Maggiori dettagli sono contenuti nella apposita scheda (Allegato 1 - Parte 3).

14.2.2 Interventi indirizzati alla mitigazione dei rischi connessi con lo scalo ferroviario di Livorno-Calambrone

L'impianto - come indicato dall'ente gestore (FS - Divisione Cargo) - risulta in buona parte adeguato alle misure impiantistiche e gestionali previste dal DM Ambiente 5.11.97 (G.U. S.O. n.18 del 23.01.98) per gli scali merci terminali di ferrovia.

Ulteriori interventi (impianto fisso antincendio) appaiono necessari anche alla luce di un maggiore impegno dello scalo conseguente al trasferimento su FC di parte del traffico di merci pericolose, con particolare riferimento al GPL (§ 14.2.1- ipotesi ii).

Costo stimato dell'intervento (impianto antincendio) lire 500.000.000

14.2.3 Interventi indirizzati alla mitigazione dei rischi connessi con gli impianti di stoccaggio di GPL (tumulazione sigari)

L'Agip-Petroli ha presentato un progetto preliminare, con relativa stima dei costi, consistente nella realizzazione di ulteriori tre serbatoi tumulati da 500 mc da adibire a stoccaggio propano in sostituzione degli attuali otto serbatoi cilindrici fuori terra, oltre a dispositivi di sicurezza e controllo.

Costo stimato dell'intervento (realizzabile dalla società AgipPetroli) lire 6.700.000.000.

Contributo richiesto : 25% della differenza di costo fra soluzione tumulata e soluzione fire proofing, pari a lire 1.000.000.000.

14.3 Interventi complementari

14.3.1 Interventi "puntuali" proposti dall'Amministrazione comunale di Collesalveti finalizzati al completamento delle opere relative ai primi due lotti già finanziati

Gli interventi sono tesi al completamento di quelli già finanziati relativi al miglioramento della viabilità industriale e residenziale ed a dotare la zona urbana del Villaggio Emilio - Stagno di adeguate vie di fuga in caso di incidente.

Il progetto è definito come ingegneria di base e il Consorzio proponente dispone di un parere favorevole da parte delle Ferrovie dello Stato.

Costo stimato dell'intervento (a carico del CMP)

lire 5.000.000.000.

Contributo richiesto (25%)

lire 1.250.000.000.

14.4 Valutazioni quantitative sui benefici connessi con l'attuazione di alcuni interventi

14.4.1 Ristrutturazione del parco stoccaggio GPL della Raffineria AGIP Petroli

L'analisi dei rischi d'area ha consentito di rilevare che, escludendo il trasporto stradale, la sorgente più significativa in relazione a $N=100$, è rappresentata dalla sfera di stoccaggio del GPL TK91 della Raffineria AgipPetroli.

L'abbattimento della probabilità di accadimento di incidenti rilevanti con effetti esterni al perimetro industriale (raggio di danno dell'eventuale Fireball) può ritenersi prioritaria in quanto l'impianto è situato nelle immediate vicinanze di una strada ad elevato traffico industriale e residenziale (SS. N1 Aurelia) e in prossimità di un centro abitato (Stagno, frazione di Collesalveti), con particolare riferimento a due nuclei abitativi plurifamiliari, stabili INA Casa, situati a ridosso del perimetro della raffineria.

Come già rilevato, il progetto di ristrutturazione del parco GPL della raffineria (inizialmente costituito da tre serbatoi sferici, uno da 2100 m³ e due da 500 m³, e da 12 serbatoi cilindrici orizzontali, di cui 8 da 200 m³ e 4 da 100 m³) prevede l'eliminazione definitiva delle tre sfere di stoccaggio (di cui due - TK 89 e TK 90 - già demolite) e di due serbatoi cilindrici da 100 m³ ciascuno, e la sostituzione dei serbatoi smantellati con tre nuovi tumulati da 600 m³, con una riduzione del volume di stoccaggio da 5100 m³ a 3600 m³.

Le analisi condotte al fine di confrontare le due situazioni di rischio (a. presenza della sfera TK 91 e b. parco serbatoi aggiornato, con sfera smantellata), oltre a quanto già sopra rilevato sull'importanza della sorgente medesima, hanno consentito di mettere in evidenza:

- una sensibile riduzione del rischio nelle aree dell'abitato di Stagno, in prossimità della raffineria, passando da valori dell'ordine di 10^{-7} - 10^{-6} a valori $< 10^{-7}$,
- una sensibile diminuzione del rischio per oltre 450 unità di popolazione.

Un ulteriore significativo miglioramento della situazione si può conseguire solo mediante la tumulazione dei **serbatoi orizzontali (sigari)** di GPL, che comporterebbe l'ulteriore abbattimento dei livelli di rischio nella suddetta area costringendo la curva isorischio 10^{-6} all'interno dello stabilimento AgipPetroli. Ciò porterebbe, inoltre, a una sensibile diminuzione del rischio per oltre 100 unità di popolazione.

14.4.2 Posa in cunicolo del gasdotto della Darsena Toscana

Come già rilevato, un punto di elevata criticità nell'area portuale è costituito dalla Darsena Toscana, dove sono situati a cielo aperto, parallelamente ad un fascio di binari di servizio per carico/scarico containers, tubazioni per il trasporto di GPL, di prodotti petroliferi e petrolchimici.

Scopo del progetto è quello di realizzare, per l'intero sviluppo della Darsena Toscana, una linea con cunicolo coperto all'interno del quale collocare tutte le tubazioni di GPL e di altri prodotti petroliferi e petrolchimici attualmente disposti a cielo aperto, allo scopo di eliminare il grave rischio derivante da possibili impatti sulle pipe-lines da parte del traffico veicolare e ferroviario di containers.

Per valutare i benefici ottenibili con la posa in cunicolo del gasdotto, si può procedere come segue.

Nella situazione attuale con le due linee di trasferimento di GPL superficiali si può stimare, sulla base dell'esperienza, una probabilità di rilascio (P_{ri}) pari a

$$P_{ri} = N_{urti} * P_c * P_1$$

N_{urti}	=	n. urti sulle protezioni/anno ;	stima 10 urti/anno
P_c	=	probabilità che un urto interessi le condotte	stima 10^{-2}
P_1	=	probabilità che un urto sulla condotta provochi rottura	stima 0,5

Ipotizzando che le rotture si ripartiscano con pari probabilità fra gravi e catastrofiche si ottiene:

P_{ri} catastrofico	=	$2,5 \cdot 10^{-2}$ rotture catastrofiche/anno
P_{ri} grave	=	$2,5 \cdot 10^{-2}$ rotture gravi/anno

Nella situazione futura con sistemazione in cunicolo, la probabilità di rottura può essere assunta pari a quella media indicata dal CONCAWE (la cui stima è sicuramente conservativa, in quanto nel valore di probabilità è ricompreso anche il contributo delle rotture per causa meccanica, praticamente nulle con la posa in cunicolo) ovvero :

Frequenza di rottura (ev/m/anno)	
Rottura grave/fessurazione	Rottura catastrofica
$2,5 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{-8}$

e, con riferimento ad una lunghezza di linea pari a 1000 m (posizione esposta potenzialmente ad urti accidentali), si ha

	Frequenza di rottura (ev/anno)	
	Rottura grave/fessurazione	Rottura catastrofica
Condotte esistenti	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$
Condotte in cunicolo	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$6,0 \cdot 10^{-5}$

con una mitigazione di almeno due ordini di grandezza sulle frequenze incidentali.

Dalle analisi comparative effettuate con la metodologia ARIPAR-GIS si può rilevare che, nelle zone limitrofe al gasdotto, la posa in cunicolo comporta una riduzione del livello del rischio locale di due ordini di grandezza.

14.5 Azioni già avviate e interventi prioritari finanziati per la mitigazione degli squilibri ambientali

14.5.1 Interventi di risanamento igienico ambientale del sistema dei fossi cittadini

Il progetto consiste in una prima fase in cui vengono realizzate due opere distinte atte a regimare il deflusso delle acque di ricambio nei fossi cittadini e a controllare la qualità delle acque, ed in una seconda fase in cui si realizzano il collettamento e la regolarizzazione degli scarichi del sistema fognario.

14.5.1.1 Prima fase: progetto di risanamento igienico ambientale del sistema dei fossi cittadini mediante sistema definitivo di ricircolo delle acque

Scopo degli interventi è quello di garantire e migliorare le condizioni di vita nelle acque dei fossi cittadini "FossoReale" e "Canale della Venezia", e di avviare e consolidare un generale risanamento igienico-ambientale con formazione e ripristino di alcune biogenesi marine, pregiudicate da una pregressa situazione di asfissia causata da stagnazione generata dai diversi scarichi civili e misti diretti ed indiretti.

Nei primi anni '80 è stato sperimentato uno sbarramento provvisorio che ricircola nei fossi l'acqua fortemente ossigenata della centrale ENEL che ha portato un miglioramento delle caratteristiche chimiche e biologiche delle acque.

Inoltre, con un sistema di emergenza, è possibile utilizzare idrovore per realizzare un travaso di acqua marina dal bacino portuale, realizzando un controllo completo delle caratteristiche dell'acqua nelle diverse situazioni meteo e di esercizio della centrale.

La riduzione del rischio ambientale è conseguenza della riduzione del rischio industriale, laddove si scongiura un lungo tempo di permanenza degli inquinanti in un'area ristretta, di pregio storico-architettonico ed ad alta densità abitativa.

Per le stesse motivazioni, è da considerare un rischio di natura ambientale direttamente connesso alla presenza di numerosi scarichi civili che generano un inquinamento biologico da coliformi e streptococchi fecali anziché di natura chimica.

Gli interventi finanziati, che consistono principalmente nella realizzazione di un'opera di sbarramento definitiva, stabilizzeranno e miglioreranno i risultati ottenuti negli anni seguenti al 1983 consentendo una completa regolazione dei flussi di circolo, soprattutto nei mesi estivi, quando è richiesto un maggior apporto di ossigeno, nei casi di marea sfavorevole e di non funzionamento della centrale.

Per maggiori dettagli si rimanda alla scheda contenuta negli Allegati della Parte I.

14.5.1.2 Seconda fase: progetto di risanamento igienico ambientale del sistema dei fossi cittadini mediante collettamento e regolarizzazione degli scarichi del sistema fognario

Oltre allo sbarramento, il comitato di Coordinamento ha finanziato le opere di collettamento e regolarizzazione degli scarichi del sistema fognario. L'Amministrazione comunale ha commissionato all'ASA, Azienda Servizi Ambientali completamente controllata, un progetto di risanamento radicale.

L'indagine conoscitiva ha permesso di evidenziare le carenze strutturali del sistema ricettivo rispetto alle portate da smaltire che, nel tempo, si sono nettamente incrementate a seguito della sempre maggiore dotazione idrica pro capite garantita dall'acquedotto. Proprio nei punti della struttura principale della rete fognaria evidenziati da questa indagine si concentreranno gli interventi prioritari per l'eliminazione degli scarichi inquinanti nel sistema dei fossi.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla scheda del progetto negli Allegati della Parte I.

14.5.2 Collettamento vent atmosferici e revamping dei termossidatori della Carbochimica S.p.A.

Il progetto prevede l'ampliamento della rete di tubazioni che collegano i serbatoi e le altre apparecchiature agli impianti di termossidazione, con modifiche alle sezioni di tubazioni di collettamento e revamping del forno con lo scopo di ottenere il completo collettamento delle emissioni. Il collettamento dei vent di serbatoi contenenti prodotti caldi (peci ed oli naftalinosi) e dei punti di carico e scarico di catrame riducono le emissioni in atmosfera di IPA.

I tanks interessati al collettamento degli sfiati contengono olio naftalinoso (etichettato come tossico e cancerogeno) e pece liquida (classificata come cancerogeno ed etichettata come tossico) ad alta temperatura. Dopo l'intervento di collettamento dei vent alla termossidazione si possono considerare azzerate le quantità attualmente emesse che si stimano essere intorno ai 20kg/die.

Si veda anche la scheda negli Allegati Parte I.

15 PROGETTO DI FATTIBILITÀ PER LA MOVIMENTAZIONE DI GPL NELL'AREA LIVORNO-COLLESALVETTI

Nell'ambito degli approfondimenti richiesti a conclusione dello studio dei sistemi infrastrutturali d'area è stata presa in esame, in sede di Segreteria tecnica, l'ipotesi di un decentramento in area remota delle operazioni di caricamento GPL su vettori per il trasporto.

Tale ipotesi potrebbe consentire una sostanziale riduzione dei rischi da trasporto su gomma di sostanze pericolose (GPL, in particolare) nell'area portuale e nel tratto terminale della S.G.C. Firenze-Pisa-Livorno, progressivamente interessata da maggiori traffici industriali in genere, con l'attivazione dell'Interporto Vespucci (Centro Intermodale). La soluzione ipotizzata, comporterebbe:

- la reperibilità di un sito in area sufficientemente decentrata ma con possibilità di raccordo alle direttrici stradali e ferroviarie;
- la realizzazione di una condotta, di un impianto di spinta e di una stazione di caricamento con adeguato stoccaggio.

L'intervento (movimentazione di GPL attuale) dovrebbe consistere nella realizzazione di:

- un impianto di caricamento di autocisterne con adeguato numero di pensiline;
- uno stoccaggio funzionale di esercizio/sicurezza indicativamente di circa 3000 mc da realizzare mediante serbatoi tumulati;
- una condotta (2 linee) con diametro indicativo di 12", lunga circa 6 km, provvista di dispositivi (valvole ecc.) e strumentazioni necessarie, di collegamento tra il deposito Costiero-Gas e il nuovo impianto;
- una stazione di pompaggio presso il deposito Costiero-Gas.

L'impianto così brevemente descritto necessiterebbe di essere collegato ad adeguate infrastrutture viarie che consentano la ripartizione dei flussi di autocisterne in uscita dall'impianto stesso.

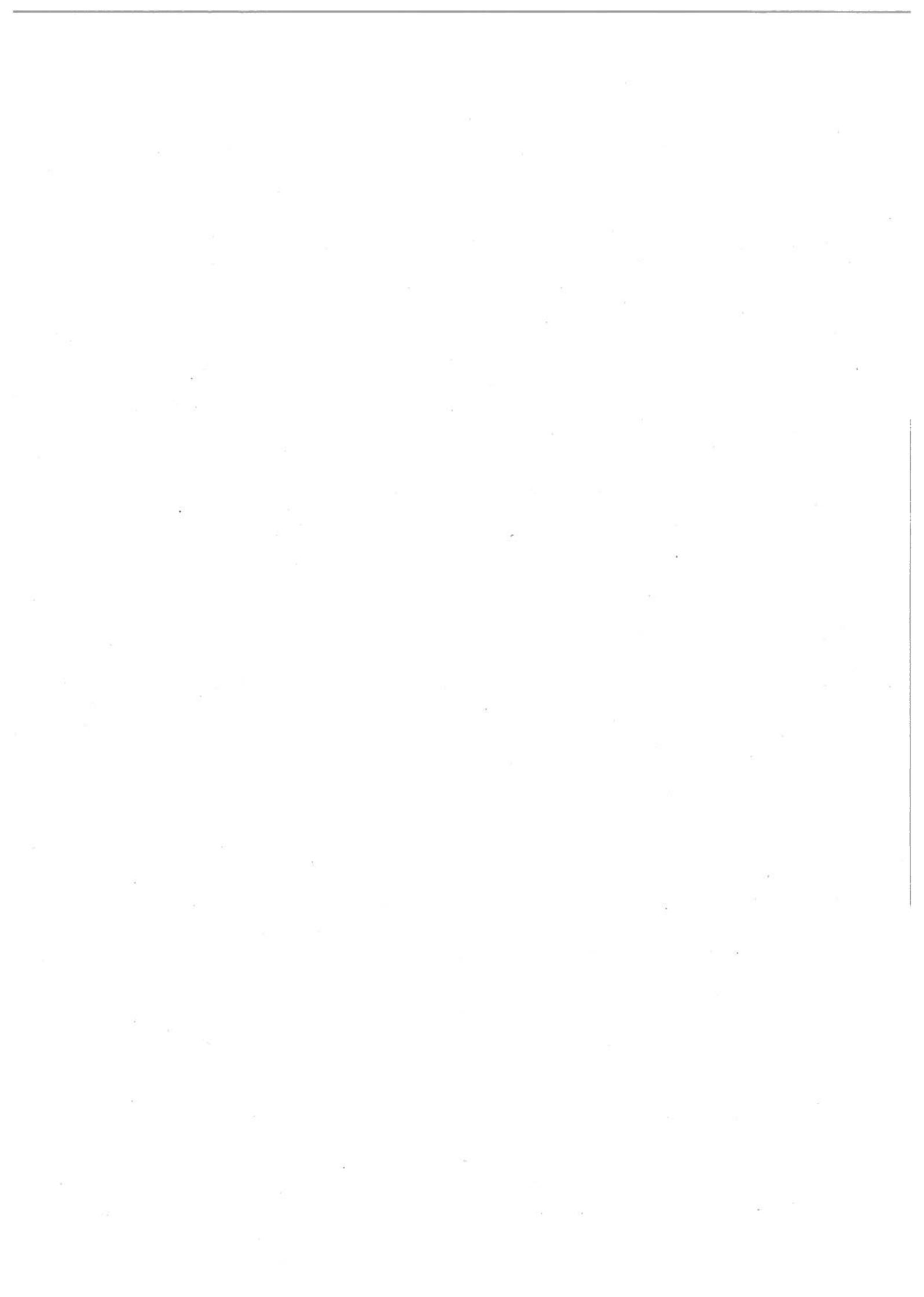
Con tali presupposti e con riferimento alle esigenze di potenziamento delle infrastrutture nelle aree industriali del comune di Collesalveti, il flusso di autocisterne potrebbe essere ripartito secondo i percorsi:

SS 555 (verso est), bretella di collegamento S.G.C., S.G.C., per la destinazione Firenze;

SS 555 (verso ovest), bretella di collegamento S.G.C., S.G.C., Autostrada A12, per la destinazione Genova.

L'impianto potrebbe anche essere funzionalmente collegato alla linea ferroviaria procedendo, preventivamente, al potenziamento della linea ferroviaria Livorno-Collesalveti e del collegamento della stessa alla direttrice tirrenica Pisa-Roma.

Il Comitato, preso atto dell'ipotesi formulata, ha incaricato la Segreteria tecnica allargata di approfondire la stessa in termini di progetto di fattibilità valutandone costi, tempi (di medio/lungo periodo) e compatibilità ambientale.



ALLEGATO PARTE 3

Allegato I

Schede progetti interventi di risanamento

PROGETTO: Ristrutturazione del parco GPL della Raffineria AgipPetroli di Livorno

PROPONENTE: Soc. AgipPetroli S.p.A. di Livorno

Depositato presso Ministero Ambiente 5/02/97 e riportato nella Del. G.R.T. N. 00367 del 07/04/97:

DESCRIZIONE

La raffineria ha un parco stoccaggio GPL, al servizio degli impianti di produzione, costituito da 3 serbatoi sferici (n°1 da 2100 mc e n°2 da 500 mc) e 12 serbatoi cilindrici orizzontali (n°8 da 200 mc e n°4 da 100 mc.)

Il progetto di miglioramento prevede: l'eliminazione delle sfere di stoccaggio GPL e di due serbatoi cilindrici da 100 mc ciascuno e la sostituzione di questi con tre serbatoi tumulati da 600 mc l'uno; la modifica e l'adeguamento del piping; l'adeguamento dei serbatoi orizzontali.

Finalità

1. Ridurre la capacità totale di stoccaggio (da 5100 a 3600 mc).
2. Ridurre la probabilità di accadimento di un incidente rilevante e gli effetti di questo all'esterno del perimetro di proprietà dell'AgipPetroli.
3. Adeguamento anticipato al DM 13/10/94.

BENEFICI ATTESI

- *Riduzione rischio industriale:*
- interno ed esterno al perimetro industriale
- *Valutazioni qualitative:*
l'intervento proposto apporta un notevole miglioramento al rischio connesso all'attività industriale dell'area.
- *Valutazioni quantitative:*
ai sensi del Decreto del Ministero dell'Ambiente (criteri di valutazione RDS impianti GPL) del 15 maggio 1996 si deduce che l'indice di rischio dei serbatoi tumulati è minore di quello dei serbatoi superficiali.

COERENZA CON LE SCELTE DI PIANIFICAZIONE DELL'AREA

Il progetto riguarda opere interne al perimetro dello stabilimento AgipPetroli e coincide con i criteri di pianificazione dell'Area in quanto diminuisce il rischio d'area collegato allo stoccaggio del GPL in una zona residenziale densamente popolata.

STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO E DELLA DOCUMENTAZIONE

Opera in cantiere

A seguito dell'inserimento del progetto nell'elenco degli interventi urgenti, riportato nella delibera Regionale n. 367 del 07/04/1997, la Raffineria ha ritenuto opportuno avviare i lavori nel secondo semestre '97, procedendo alla demolizione completa delle due sfere da 500 mc per liberare l'area e procedere all'assemblaggio dei 3 serbatoi tumulati.

- Ultimata la progettazione di dettaglio, effettuato approvvigionamento dei materiali meccanici ed elettrici; eseguiti i lavori di sbancamento, consolidamento e riempimento superfici di appoggio serbatoi; effettuata costruzione serbatoi.

FINANZIAMENTO:

- *Stima costo:*
in sede di Segreteria tecnica è stata richiesta una stima della differenza di costo tra l'adeguamento a norma del parco GPL secondo i requisiti minimi richiesti per le sfere (DM 13/10/94) e quello del progetto presentato; l'AgipPetroli ha fornito i dati che possono essere riassunti:

costo complessivo adeguamento	£ 4.000 milioni
costo esecutivo progetto	£ 10.000 milioni

STIMA TEMPI DI REALIZZAZIONE DELL'OPERA

Il termine dei lavori è previsto per agosto 2000.

PROGETTO: Opere di miglioramento della viabilità di Stagno connesse alla presenza dell'area industriale - Separazione tra viabilità industriale e traffico residenziale. (1° lotto)

PROPONENTE: Comune di Collesalveti

Depositato presso Ministero Ambiente 5/02/97 e riportato nella Del. G.R.T. N. 00367 del 07/04/97:

DESCRIZIONE

Il progetto attraverso cinque interventi organici sulla viabilità statale e comunale ubicata in Stagno, in corrispondenza dell'ingresso della raffineria AGIP-PETROLI, agli ingressi dell'autostrada A12, della S.G.C. FI.PI.LI e della variante Aurelia, permette di separare il traffico di tipo residenziale da quello di tipo industriale. Inoltre è previsto il ripristino dell'area attualmente occupata dal villaggio Ina-casa, necessario in conseguenza della prossima demolizione dei due edifici esistenti nel villaggio stesso, prospicienti il parco GPL della raffineria.

Finalità

Lo scopo del progetto è quello di decongestionare la SS. N1 Aurelia, in corrispondenza degli accessi alla zona residenziale di Stagno e alle numerose attività industriali presenti, determinando così una sensibile diminuzione del rischio dovuto ad incidenti da trasporto, nonché il miglioramento dell'accesso all'area in caso di emergenza.

BENEFICI ATTESI

- *Riduzione rischio trasporti*
- *Riduzione rischio ambientale*
- *Valutazioni qualitative e quantitative*

La riduzione del rischio ambientale potrebbe essere valutabile mediante un più approfondito studio specifico basato sui seguenti presupposti:

- Dall'esame della documentazione predisposta dalla Provincia di Livorno in occasione dell'elaborazione del P.T.C. risultano disponibili i dati sul rilievo del traffico sulle infrastrutture stradali nella parte Nord della provincia.
- Dal "TRAFFIC ENGINEERING HANDBOOK" (Institute of Transportation Engineers) è possibile valutare la riduzione della percentuale di rischio derivante da un'infrastruttura stradale nell'ipotesi in cui si realizzino delle corsie di svolta canalizzate.

Da un primo esame della situazione e dallo studio dei dati e dei lavori sopra elencati, il proponente il progetto afferma che, fatta uguale a 100 la probabilità che nella fase attuale di traffico caotico e non separato si verifichino incidenti gravi da trasporto nella zona, una volta realizzate le opere in progetto, questa percentuale di rischio potrà essere sicuramente abbattuta di almeno il 70%. Comunque su queste valutazioni il Comune di Collesalveti si riserva uno studio specifico ed approfondito.

COERENZA CON LE SCELTE DI PIANIFICAZIONE DELL'AREA

- PRG
- PTG

Nel PTC è individuata la necessità di un riassetto globale e idoneo a garantire l'accessibilità agli insediamenti produttivi e nel contempo a migliorare l'arrivo dei mezzi di intervento in caso di incidente industriale nell'area in questione.

L'intervento appare coerente con la politica di uso del territorio interessato (infatti la realizzazione delle vie di fuga e dei miglioramenti proposti permettono una più sicura convivenza tra l'attività industriale del comprensorio e la presenza residenziale).

FINANZIAMENTO:

- *Stima costo:*

350	milioni	recupero area INACASA
3.780	milioni	miglioramento viabilità
4.130	milioni	totale

PROGETTO: Opere di miglioramento della viabilità di Stagno con separazione tra viabilità residenziale e traffico industriale. (2° lotto di interventi)**PROPONENTE: Comune di Collesalvetti****DESCRIZIONE SITUAZIONE ATTUALE**

Il Comune di Collesalvetti si è da tempo attivato al fine di programmare e progettare interventi finalizzati al miglioramento della viabilità nell'area urbana ed industriale di Stagno, alla gerarchizzazione dei percorsi veicolari e alla dotazione delle aree residenziali di adeguate vie di fuga, in caso di incidente, in relazione alla presenza di un assetto urbanistico ed infrastrutturale che ha portato al limite della capacità sostenibile il territorio della frazione.

Stagno è infatti situato al crocevia del trattato di 2 strade di grande comunicazione: la Variante Aurelia e la S.G.C. Firenze-Pisa-Livorno dalle quali, sempre a ridosso della frazione di Stagno, si collegano attraverso lo svincolo all'Autostrada A-12 Sestri Levante-Rosignano M.mo, disegnando un sistema urbano ed infrastrutturale polifunzionale, nel quale gli insediamenti industriali si interpongono ad un complesso sistema di infrastrutture che hanno consolidato il ruolo e la funzione prevalente di Stagno quale area industriale, indotta dal vicino Comune di Livorno, il quale dispone, nella zona nord della città, di un territorio limitato e limitante per le esigenze evolutive della realtà industriale e portuale.

SOLUZIONE E COERENZA CON LE SCELTE DI PIANIFICAZIONE IN ATTO

Il Comune di Collesalvetti ha redatto un primo progetto finalizzato al miglioramento delle condizioni dell'assetto infrastrutturale dell'area e ad una migliore distribuzione dei carichi veicolari della frazione di Stagno - Villaggio Emilio con lo scopo di selezionare il traffico urbano di scorrimento da quello industriale e migliorare le vie di fuga dalla zona residenziale.

In particolare, gli interventi previsti dal primo lotto e già finanziati dal Comitato di coordinamento tendevano a separare i diversi flussi di traffico svincolando le aree urbane direttamente con la viabilità ordinaria, rappresentata dalla via Aurelia, e il traffico industriale, attraverso collegamenti diretti con la viabilità di scorrimento, al fine di non determinare punti di interferenza con la viabilità urbana.

Il 2° lotto del progetto si propone di completare il collegamento tra la zona industriale di "Ponte Ugione" e la viabilità di grande comunicazione attraverso la realizzazione di un nuovo svincolo che consenta di collegare direttamente la zona industriale con il raccordo autostradale della A-12, dal quale risulterà agevole l'immissione sia sull'Autostrada che sulla S.G.C. Fi-Pi-Li attraverso la viabilità esistente.

La realizzazione del nuovo tracciato in progetto è resa possibile e facilitata dalla presenza di un sottopasso, esistente sotto la ss. n.1 Variante Aurelia, che nel progetto viene utilizzato per oltrepassare la strada statale senza la realizzazione di ulteriori opere d'arte.

FINALITÀ E BENEFICI ATTESI

Attraverso la realizzazione dell'intervento in progetto si tende a realizzare un consistente alleggerimento del carico veicolare proveniente dalla zona industriale di Ponte Ugione, in direzione est - ovest e soprattutto in direzione del porto, evitando il transito su Via Aiaccia e sulla Via Aurelia.

Scopo non secondario di questo secondo lotto di interventi è ritenuto anche il sensibile miglioramento della capacità di evacuazione dalla zona residenziale presente lungo la Via Aiaccia e Via Aurelia, in caso di incidente rilevante provocato dall'area ad alto rischio industriale dell'Agip-Petroli e dalle altre industrie chimiche dell'area.

FINANZIAMENTO**• Stima costo:**

La spesa complessiva per la realizzazione dell'intervento previsto dal progetto si presume di Lire 1.700.000.000, calcolato in rapporto ai precedenti interventi progettati con il primo lotto dei lavori, comprensivo dei lavori, forniture e somme a disposizione.

PROGETTO: Bonifica dei fondali del porto di Livorno, collettamento scarichi e trattamento fanghi di escavo**PROPONENTE: Autorità Portuale di Livorno e Comune di Livorno**

Costituisce una nuova versione sostitutiva del progetto a suo tempo presentato per la risoluzione delle problematiche connesse con la sicurezza della navigazione nel Canale Industriale del porto di Livorno

DESCRIZIONE**Finalità**

Lo scopo del progetto è quello di bonificare i fondali marini inquinati del porto di Livorno onde poter effettuare il dragaggio degli stessi, col duplice scopo di ripristinare le condizioni che consentono la completa navigabilità delle navi che trasportano sostanze pericolose e di ottenere la riduzione della frequenza di accadimento degli incidenti ipotizzabili durante la navigazione, oltre ad evitare che ulteriori sedimenti possano nuovamente riprodurre le condizioni che si intendono rimuovere.

Tecnologie impiegate

Il progetto si articola in tre fasi

- La I° fase del progetto, coordinata dalla AP e tesa alla caratterizzazione del sito tramite tecniche di prospezione sperimentate per la prima volta in Italia, conclusasi recentemente. I risultati delle analisi condotte sui campioni prelevati hanno evidenziato un inquinamento diffuso dei fondali del Canale Industriale.
- La II° fase del progetto, anch'essa coordinata dalla AP, consistente nell'asportazione e nel trattamento a terra dei fanghi che verranno dragati, e che, essendo classificati come rifiuti ai sensi del D.Lgs. 22/97, dovranno essere inertizzati con l'obiettivo di riutilizzarli come materiale di riempimento.
- La III° fase del progetto, al momento coordinata dal comune di Livorno, consistente nella progettazione e nella realizzazione di una rete di collettamento sulla banchina del Canale Industriale nonché di un impianto fisso di trattamento fanghi e acque oleose, al fine di rimuovere, per quanto tecnicamente possibile, le cause originarie dell'inquinamento dei fondali del porto.

La rete di collettamento ha uno sviluppo complessivo di circa 4.000 m, diametro Ø300 e necessita di alcune stazioni di sollevamento. Il progetto tiene conto dell'ubicazione degli scarichi, del corretto rapporto costi benefici, ed è rapportato all'effettiva esistenza ed al peso relativo della domanda di tale servizio rispetto al quale assumono particolare rilievo alcune industrie chimiche ubicate in area portuale quali DOW Italia, Laviosa Chimica Mineraria, Carbochimica, Rhone Poulenc, che producono oltre 150.000 MC/anno di reflui da processo produttivo.

BENEFICI ATTESI

- *Riduzione rischio industriale*
Ridurre significativamente il rischio di incagliamento delle navi che trasportano sostanze pericolose e la conseguente possibilità di incidenti per collisione durante la navigazione all'interno del porto.
- *Riduzione dell'impatto ambientale dell'attività di escavo*
Sarà fatto ricorso a tecniche di trattamento con il minor impatto ambientale possibile.
- *Definitiva eliminazione delle fonti di inquinamento dei fondali*
La realizzazione della rete di collettamento minimizza gli apporti inquinanti nel canale e crea il presupposto per limitare i successivi dragaggi all'ordinaria manutenzione.

COERENZA CON LE SCELTE DI PIANIFICAZIONE DELL'AREA

- *Rispetto al Piano Regolatore Portuale*
Il progetto coincide con i criteri di pianificazione dell'Area in quanto il miglioramento delle condizioni ambientali, unito al ripristino delle condizioni di navigabilità del porto, ridurrà significativamente il rischio conseguente a possibili incidenti che coinvolgono le navi che trasportano sostanze pericolose
- *Rispetto al Piano Regolatore Comunale*
L'intervento rientra nella previsione di un unico polo ecologico per il trattamento dei reflui di diversa provenienza in area portuale-industriale, in conformità a quanto più volte ribadito negli atti politici e recepito negli strumenti urbanistici.

STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO E DELLA DOCUMENTAZIONE

Si è conclusa la prima fase del progetto di bonifica dei fondali del Canale Industriale consistente nell'effettuazione dei campionamenti e delle analisi dei sedimenti allo scopo di ricavarne la caratterizzazione.

Dagli esiti delle attività analitiche effettuate da ARPAT e dal Centro Interuniversitario di Biologia Marina si evince che l'inquinamento dei fondali del Canale Industriale è diffuso al punto tale da comprendere l'intera quantità dei sedimenti da rimuovere, pari a circa 150.000 m³.

Tali sedimenti, classificati come rifiuti ai sensi del Decreto 22/97, dovranno pertanto essere trattati a terra con l'obiettivo di riutilizzarli come materiale da riempimento.

La stima dei costi di tale attività di trattamento è oggi (dicembre 1999) quantificata in 15.000.000.000 £ e allo scopo di definirne più precisamente le modalità, l'autorità Portuale ha attivato specifica procedura di gara per la presentazione di progetti esecutivi da parte delle imprese del settore che avevano manifestato interesse alla messa a punto del relativo processo.

FINANZIAMENTO• *Stima costo*

In seguito alle conclusioni della prima fase del progetto, la stima complessiva del costo dell'intervento è il seguente:

I FASE: caratterizzazione fanghi 450 M€

II FASE: asportazione/trattamento fanghi 15.000 M€

III FASE:

- progettazione esecutiva 500 M€

- rete collettamento scarichi 4.000 M€

- impianto trattamento 5.000 M€

Complessivamente la stima del costo totale dell'intervento ammonta a 24.950 M€

PROGETTO: Nuova configurazione banchina e potenziamento strutture attracco N°12 in Darsena Petroli del Porto di Livorno per ricezione navi cisterne di lunghezza max 220 mt. per prodotti petroliferi, chimici e GPL.

PROPONENTE: Autorità Portuale di Livorno

DESCRIZIONE SITUAZIONE ATTUALE

Il Porto di Livorno ricopre un ruolo fondamentale per le movimentazioni di prodotti petroliferi, chimici, e GPL, che costituiscono complessivamente oltre il 50% del traffico portuale. In particolare si segnalano le attività di introduzione (ca. 8 Mta), a soddisfacimento del mercato Italia di GPL (unico polo di importazione) di prodotti chimici (maggior costiero dedicato sulla costa Tirrenica), di prodotti petroliferi (Raffineria AgipPetroli e Costiero D'Alesio) e di esportazione (ca. 1 Mta) di lubrificanti, bitumi, jet fuel, bunkers ecc.

Tali traffici sono svolti mediante attracchi ubicati nel Canale Industriale (chimici, petroliferi, GPL) e in Darsena Petroli (petroliferi e GPL solo per i piccoli cabotaggi dalle isole) in concessione a diversi operatori che nel 1988 si sono riuniti in Consorzio Movimentazioni Petrolifere (CMP) nel Porto di Livorno.

I Consorziati hanno prima teso a flessibilizzare l'utilizzo del Canale Industriale, sfruttando, compatibilmente al tipo di movimentazione, gli attracchi in Darsena Petroli posti in uso Consortile, e successivamente a ricercare, mediante complessi studi, nuove potenzialità in Darsena Petroli che, integrandosi con quelle nel Canale Industriale, migliorassero ulteriormente la flessibilità di quest'ultima area portuale.

SOLUZIONE

Realizzare, nell'area occupata dal Pontile 12, che nella configurazione ed attrezzatura attuale consente un utilizzo limitato, un moderno Pontile.

Questo, con una nuova configurazione planimetrica della banchina, nuove e moderne attrezzature di scarica e di sicurezza, nuovi collegamenti al sistema logistico dei Consorziati, costituirà una struttura funzionale e aggiornata, diversificata, in grado di far fronte con piena sicurezza alle evoluzioni dei traffici e del tipo di flotta.

L'opera consiste nella modifica del profilo della banchina: dall'attuale inclinazione di 30°, rispetto alla direzione del canale di transito, a quella di 20°, facilitando così lo sfilaggio e l'infilaggio delle N/G dalla darsena al canale e viceversa.

Si dovrà demolire l'attuale pontile 12, realizzare la nuova banchina e riportare il fondale antistante a - 12 mt., inserire le attrezzature di ormeggio, comprendenti nuove bitte o ganci a scocco, nuovi fenders, sistemi ausiliari di attracco, quali luci navigazionabili e sistemi di sicurezza, illuminazione mediante fori su pali monitori.

Il pontile verrà successivamente attrezzato dai Consorziati con bracci di carico per GPL, per prodotti petroliferi bianchi e neri, per prodotti chimici, sistemi antincendio e pompe booster per i suindicati servizi, collegamenti al sistema di oleodotti e gasdotti ecc.

Finalità:

Realizzare un moderno pontile in Darsena Petroli che consenta agli operatori del Consorzio Movimentazioni Petrolifere nel Porto di Livorno, presenti con proprie strutture nel Canale Industriale, la diversificazione su più accosti della movimentazione delle proprie merci. Questa nuova struttura permetterà di incrementare la flessibilità e sicurezza delle operazioni nel Canale Industriale e di far fronte allo sviluppo del traffico ed alla evoluzione delle flotte con l'utilizzo delle potenzialità ottenibili in Darsena Petroli.

BENEFICI ATTESI

- *Riduzione rischio industriale*
Interno al perimetro portuale
- *Valutazioni qualitative*

L'intervento proposto apporta un notevole miglioramento al rischio connesso all'attività portuale dell'area.

COERENZA CON LE SCELTE DI PIANIFICAZIONE DELL'AREA

Il progetto riguarda opere interne al perimetro portuale e coincide con i criteri di pianificazione dell'Area, in quanto diminuisce il rischio d'area collegato alla movimentazione del GPL, prodotti petroliferi e prodotti chimici.

STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO E DELLA DOCUMENTAZIONE

E' stato elaborato un progetto di massima (definitivo) in base al quale è stato stimato il costo dell'opera. Il Comitato di coordinamento nella riunione del 09/10/98 ha richiesto la presentazione di un progetto integrato ove siano descritti sia gli interventi infrastrutturali sia quelli impiantistici.

In data 14/04/99 è stata stipulata la convenzione tra Autorità Portuale di Livorno e Consorzio Movimentazioni Petrolifere (CMP) nel Porto di Livorno, per la realizzazione delle seguenti attività:

- elaborazione del progetto di base relativo alle opere strutturali
- elaborazione del progetto esecutivo delle opere strutturali
- preparazione del capitolato speciale di appalto
- preparazione del computo metrico estimativo
- preparazione dell'elenco voci delle categorie di lavorazione con relativo prezzo unitario
- compimento di ogni altro atto inerente l'applicazione del D.Lgs. 494/96.

Gli elaborati tecnici anzidetti saranno disponibili entro la fine del corrente anno ed il progetto sarà sottoposto, ai termini di legge, ad esame da parte del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

La progettazione della parte impiantistica, a carico del CMP, è contestuale a quella strutturale.

FINANZIAMENTO

- *Stima costo:*
La stima budgettaria, formulata sulla base del progetto di massima, indica
- Costi per le opere strutturali 7.000 M£
- Costi dei dragaggi 1.500 M£
- Costi per le opere impiantistiche 15.500 M£

STIMA TEMPI DI REALIZZAZIONE DELL'OPERA

- Elaborazione progetto esecutivo e capitolato di gara, gara, tabulazione, assegnazione mesi 6
- Mobilitazione cantiere, demolizione e ricostruzione Pontile 12 mesi 18
- Completamento attrezzature a carico consorziati ulteriori mesi 10

PROGETTO: Realizzazione di opera di servizio per la installazione in cunicolo di tubazioni per trasferimento GPL ed altri prodotti petroliferi nell'area della Darsena Toscana del Porto di Livorno.

PROPONENTE: Autorità Portuale di Livorno e Consorzio Movimentazioni Petrolifere

DESCRIZIONE

Finalità

Lo scopo del progetto è quello di realizzare, per l'intero sviluppo della Darsena Toscana del Porto di Livorno, una linea con più cunicoli coperti all'interno dei quali collocare tutte le tubazioni di GPL e di altri prodotti petroliferi e petrolchimici attualmente disposti a cielo aperto, allo scopo di eliminare il grave rischio derivante da possibili interferenze tra le pipe-lines e l'intenso traffico veicolare e ferroviario che si svolge in zona.

Tecnologie impiegate

Il progetto prevede la realizzazione di un cunicolo in cemento armato dello sviluppo di circa 2200 m destinato all'alloggiamento degli oleodotti, gasdotti, tubazioni di servizio e cavidotti. Tutte le tubazioni verranno collocate nel cunicolo che sarà successivamente riempito completamente di sabbia e coperto con beole dotate di idoneo sistema di sfiati.

Il Consorzio Movimentazioni Petrolifere ha assunto l'impegno della realizzazione degli interventi impiantistici compreso il collegamento delle pipelines GPL con l'impianto Costiero Gas Livorno.

BENEFICI ATTESI

- *Riduzione rischio industriale connesso al trasporto in pipeline*
Prevalentemente interno perimetro industriale
- *Valutazioni qualitative*

La collocazione in cunicolo protetto e sotterraneo delle tubazioni, tramite le quali vengono trasferiti i prodotti petroliferi dalla Darsena Petroli ai depositi costieri, produrrà un abbattimento sostanziale del rischio dell'area della Darsena Toscana oltre a rendere operativa l'intera zona ai mezzi porta containers ed ai carri ferroviari.

Ulteriore vantaggio sarà quello di predisporre un percorso per ulteriori tubazioni e cavi di servizio quali le linee antincendio, le linee acqua potabile e industriale, le linee telematiche ecc.

COERENZA CON LE SCELTE DI PIANIFICAZIONE DELL'AREA

Il progetto è coerente con i criteri di pianificazione dell'Area in quanto coglie l'obiettivo principale consistente nel sostanziale abbattimento del rischio collegato al trasferimento dei prodotti pericolosi e pone i presupposti per la successiva ricollocazione dei flussi di sostanze via mare verso la parte esterna del Porto.

STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO E DELLA DOCUMENTAZIONE

Sono disponibili i seguenti elaborati tecnici:

- progetto esecutivo delle opere
- capitolato speciale di appalto
- documentazione per le pratiche autorizzative
- atti obbligatori inerenti l'applicazione del D.Lgs. 494/96.

E' in fase di elaborazione la progettazione esecutiva delle opere necessarie per l'attraversamento del canale dei Navicelli, per la quale è al momento disponibile una "Stima di investimento".

FINANZIAMENTO:

- *Stima costo*

La stima complessiva del costo del cunicolo, valutata in base al progetto esecutivo ed escluso l'attraversamento del Canale dei Navicelli, indica:

- Costi per le opere strutturali	9.518,1	M£
- Costi cavidotti in PVC per cavi elettrici e telefonici	260,6	M£
- Costi per le opere impiantistiche	10.300	M£
Il costo stimato per l'attraversamento del canale dei Navicelli è	500	M£
Complessivamente il costo totale dell'opera ammonta a	20.578,7	M£

STIMA TEMPI DI REALIZZAZIONE DELL'OPERA

- Gara, tabulazione, assegnazione	mesi 6
- Mobilitazione cantiere, realizzazione I° settore cunicolo e rilocazione gasdotti	mesi 18
- Costruzione II° e III° settore cunicolo e ricollocazione oleodotti e servizi	mesi 10

PROGETTO: Collettamento vent atmosferici e revamping termossidatori; Miglioramento carico e scarico navi**PROPONENTE: Soc. Carbochimica S.p.A.**

Depositato presso Ministero Ambiente 5/02/97 e riportato nella Del. G.R.T. N. 00367 del 07/04/97.

DESCRIZIONE

Il progetto prevede due tipi di intervento:

1. Ampliamento della rete di tubazioni che collegano i serbatoi e le altre apparecchiature agli impianti di termossidazione, con modifiche alle sezioni di tubazioni di collettamento e revamping del forno;
2. Installazione sulla banchina di un braccio di carico automatico corredato di idonei dispositivi di sicurezza che collegano la nave al deposito;

Finalità

Lo scopo del progetto è quello di garantire:

1. il completo collettamento delle emissioni per mezzo dell'ampliamento della rete di venting
2. il miglioramento della procedura di carico e scarico delle navi evitando la possibilità di fuoriuscita di catrame e il conseguente inquinamento marino con l'installazione sulla banchina di un braccio di carico meccanico

BENEFICI ATTESI

- *Riduzione del rischio industriale e di contaminazione di matrici ambientali*
(braccio di carico metallico)
 - *Riduzione del rischio ambientale*
(collettamento sfiati)
 - *Valutazioni qualitative*
1. Il collettamento dei vent di serbatoi contenenti prodotti caldi (peci, oli naftalinosi) e dei punti di carico/scarico di catrame riducono le emissioni in atmosfera di IPA; è da sottolineare che lo stabilimento è provvisto dell'autorizzazione alle emissioni con Delibera n.00702 del 31/01/1994, nella quale non è prescritto il collettamento dei vent in questione.
 2. L'utilizzo del braccio metallico riduce notevolmente il rischio di fuoriuscita del prodotto; è da tenere presente che per un tempo equivalente a circa 3 mesi all'anno (stima approssimata) una nave è in fase continua di carico o di scarico.

• *Valutazioni quantitative*

1. Collettamento vent e revamping termossidatore.

I tanks interessati al collettamento degli sfiati contengono olio naftalinoso (etichettato come tossico e cancerogeno) e pece liquida (classificato come cancerogeno ed etichettato come tossico) ad alta temperatura. E' stata richiesta una stima della portata giornaliera di inquinanti emessi dagli sfiati (calcolata come massa volumetrica spostata nella fase di caricamento per la concentrazione dell'inquinante funzione della tensione di vapore alla temperatura di stoccaggio) per un totale di 21 kg/d. Dopo l'intervento di collettamento dei vent alla termossidazione, si possono considerare azzerate le predette quantità.

2. Braccio di carico metallico.

La maggiore affidabilità del braccio metallico rispetto ad una manichetta flessibile è un dato quantificabile dall'analisi storica.

COERENZA CON LE SCELTE DI PIANIFICAZIONE DELL'AREA

- PRP (solo per le aree portuali) :

autorizzazione da richiedere all'Autorità di Porto per il montaggio del braccio meccanico.

Il progetto si inserisce in un programma complessivo di risanamento ambientale volto alla riduzione delle emissioni in atmosfera e al miglioramento della sicurezza delle operazioni nel porto e in azienda.

STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO E DELLA DOCUMENTAZIONE

1. Collettamento vent e revamping termossidatore:
Progetto concluso in data 31.10.98
2. Installazione del braccio metallico
Progetto Esecutivo ultimato

FINANZIAMENTO

- | | | |
|----------------------|---------------|--|
| • <i>Stima costo</i> | 1.175.000.000 | 1. collettamento vent e revamping termossidatore |
| | 534.000.000 | 2. braccio di carico automatico |
| | 1.709.000.000 | totale |

STIMA TEMPI DI REALIZZAZIONE DELL'OPERA

Collettamento vent e revamping termossidatore: concluso in data 31.10.98.

PROGETTO: Realizzazione di un'unità di pronto intervento per emergenza in area portuale**PROPONENTE: Autorità Portuale di Livorno****DESCRIZIONE****Finalità**

Realizzazione di una unità di soccorso per il pronto intervento sanitario e la gestione di emergenze in area portuale.

Tecnologie impiegate

Il progetto prevede l'acquisizione di un mezzo di trasporto di personale sanitario, di materiali ed attrezzature mobili di pronto soccorso che consentano di realizzare un'organizzazione di intervento immediato in supporto delle istituzioni sanitarie nel Porto di Livorno.

BENEFICI ATTESI

Il progetto, data la situazione dell'intera area ad elevata concentrazione di attività industriali e portuali, si propone di realizzare una struttura di pronto soccorso disponibile 24 ore su 24 e specificatamente destinata ad intervenire in area portuale, con capacità di soccorso di 50 persone e loro destinazione verso le strutture sanitarie di ricovero.

COERENZA CON LE SCELTE DI PIANIFICAZIONE DELL'AREA

Stante il livello di rischio presente nell'area, pur potendo prevedere una sostanziale riduzione di questo attraverso gli interventi che saranno definiti nel piano d'area, è prevedibilmente necessaria la presenza di strutture di pronto intervento per fronteggiare eventuali emergenze in tempi molto brevi.

STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO E DELLA DOCUMENTAZIONE

In data 23/04/99 è stata stipulata tra Autorità Portuale e Pubblica Assistenza-Società Volontaria di soccorso di Livorno una "Convenzione per la realizzazione di una unità di soccorso per la gestione delle emergenze in area portuale" con la quale l'Autorità Portuale si obbliga a provvedere all'acquisto di una unità mobile di soccorso e delle relative attrezzature (compreso il materiale di protezione per le squadre di soccorso).

In data 29/04/99 l'AP di Livorno ha emesso un ordine per l'acquisto della suddetta unità mobile di soccorso.

L'attivazione del servizio avverrà tramite il coinvolgimento della Società Volontaria di Soccorso e quindi non produrrà alcun costo aggiuntivo.

FINANZIAMENTO• *Stima costo:*

La stima complessiva del costo dell'unità mobile e delle relative attrezzature è il seguente:

- Costi unità mobile di soccorso	144.900.000 £
- Costi ulteriori attrezzature	31.700.000 £
Complessivamente il costo totale dell'opera ammonta a	176.600.000 £ (IVA esclusa)

STIMA DEI TEMPI DI REALIZZAZIONE DELL'OPERA

I tempi per la realizzazione del progetto sono valutabili in due mesi dal momento dell'assegnazione dell'ulteriore quota dei fondi necessari.

PROGETTO: Progetto preliminare per la razionalizzazione dei traffici portuali e industriali**PROPONENTE: Comune di Livorno e Autorità Portuale di Livorno****DESCRIZIONE SITUAZIONE ATTUALE**

L'area ad elevata concentrazione di attività industriali di Livorno è considerata critica, ossia ad elevato rischio di incidente rilevante, per la presenza, in una zona territoriale ristretta incuneata tra il porto e gli insediamenti abitativi di Livorno e Collesalveti, di industrie prevalentemente petrolchimiche e di trattamento di gas combustibili naturali, insediatesi in periodi diversi a partire dal dopoguerra senza un disegno infrastrutturale complessivo a loro servizio.

Il fattore di rischio è legato alla possibilità di incidente in area stabilimento, ma anche in fase di approvvigionamento o di distribuzione: situazioni entrambe dannose per la popolazione in considerazione della contiguità delle aree residenziali con quelle industriali, per la mancanza di rapide vie di fuga e corridoi di evacuazione, e per la inevitabile commistione dei traffici sulle arterie esistenti, che non ne consentono la selezione degli stessi e funzionano a livelli di servizio particolarmente bassi.

Risulta quindi evidente la sensibilità del tipo particolare di rischio alla dotazione infrastrutturale dell'area, sia per quanto riguarda le destinazioni funzionali delle diverse arterie, sia per le caratteristiche geometriche delle sezioni correnti e delle intersezioni, punti singolari dove si concentrano i conflitti tra le diverse manovre, particolarmente pericolosi per presenza dei mezzi pesanti destinati al trasporto di sostanze infiammabili od esplosive.

Il porto di Livorno è caratterizzato da una struttura costituita da almeno tre poli principali:

- Il Porto Vecchio con destinazione passeggeri e commerciale
- Il Porto Nuovo – Darsena 1 con destinazione merci varie
- La Darsena Toscana con destinazione terminal containers

Le tre aree operative, per ragioni riconducibili alla non contemporaneità del loro sviluppo, non sono collegate da una viabilità interna totalmente dedicata al traffico portuale, ma presentano punti di discontinuità in corrispondenza dei quali si verifica interferenza e sovrapposizione tra:

- traffico interno di trasferimento delle merci tra banchine e terminals
- traffico turistico passeggeri diretto alla stazione marittima
- traffico pesante di ingresso/uscita dall'ambito portuale
- traffico dovuto allo spostamento dei lavoratori che operano in ambito portuale
- traffico ordinario e turistico diretto e proveniente da Tirrenia
- traffico commerciale e industriale tra aree con destinazioni d'uso diverse.

L'interazione tra tali flussi, che si somma al rischio derivante dalla presenza di traffico ferroviario, particolarmente intenso in ragione della presenza dello scalo ferroviario di Calambrone, costituisce uno degli elementi che sono oggetto dello studio d'area, in considerazione anche del fatto che particolarmente alta è la frequenza del trasporto di merci pericolose.

È infatti immediatamente percepibile come la distinzione tra i flussi, ed in particolare la creazione di una viabilità distinta, sia elemento indispensabile per ricondurre tale rischio nel campo dell'accettabilità.

Tutto ciò anche allo scopo di poter predisporre un piano di emergenza interno all'area a rischio, come definita con Decreto del ministero dell'Ambiente, ricorrendo a più funzionali sistemi viari di collegamento che costituiscano adeguate vie di fuga.

Per quanto riguarda la inevitabile commistione dei traffici sull'arteria S.G.C. FI-PI-LI, particolarmente pericolosa nel tratto tra la Via Leonardo Da Vinci e l'Autostrada A12, risulta impossibile disporre di itinerari alternativi su arterie significative.

Unica soluzione possibile e radicalmente nuova potrebbe essere costituita da una penetrazione verso la costa in sponda dx dello scalmatore, nell'area del Parco Migliarino S.Rossore Massaciuccoli, da realizzarsi con una specifica intersezione a valle del casello autostradale, molto condizionata però dal quadro territoriale vigente.

LE ELABORAZIONI IN CORSO

La tematica dello sviluppo delle attività portuali di Livorno in un contesto di compatibilità territoriali è stato oggetto di diversi accordi intervenuti tra Regione Toscana, Provincia di Livorno, Comune di Livorno e Autorità Portuale di Livorno.

Alla luce delle previsioni del Piano Territoriale di Coordinamento, del Piano Regolatore della città di Livorno e del Piano Regolatore Portuale in corso di revisione, emerge con evidenza la necessità di dotare l'area portuale e industriale, strettamente interconnessa con i rioni Nord della città, di un più razionale e sicuro sistema infrastrutturale viario che garantisca i collegamenti tra le zone della città con diverse destinazioni d'uso evitando commistioni e situazioni di congestione.

In particolare dagli studi specifici già in fase avanzata, attinenti l'ambito portuale destinati a definire le condizioni di sviluppo anche di attività da diporto e crocieristiche che si affiancano a quelle tradizionali di tipo commerciale e cantieristico emerge, quale condizione imprescindibile di qualificazione e razionalizzazione, la necessità della distinzione dei diversi flussi.

LE SOLUZIONI PROPOSTE

Obiettivo finale coerente con quanto esposto precedentemente è di realizzare una viabilità che consenta una netta distinzione tra i traffici:

- commerciali e industriali da e per il porto
- turistici e crocieristici verso il terminal passeggeri
- locali di diverso genere

Le linee progettuali generali sono state sviluppate e recepite negli strumenti di programmazione territoriale in raccordo con l'ENAS e le FFSS.

Al fine di garantire coerenza con le realizzazioni già in corso, sia in ambito urbano che portuale, è necessario procedere per fasi funzionali tali da assicurare importanti obiettivi parziali. Non è infatti pensabile che, sia per le risorse complessive necessarie, sia per garantire comunque ed in ogni situazione funzionalità alla città ed alle attività produttive, le opere preventivate possano trovare realizzazione contemporaneamente.

In particolare la *prima fase*, a sua volta organizzabile per lotti funzionali, affronta la problematica connessa alla viabilità che dallo svincolo della S.G.C. FI-LI-PI si collega, attraverso via L. Da Vinci, via delle Cateratte, via S. Orlando, via della Cinta esterna, con i varchi doganali e la zona destinata alle attività turistiche. Questa fase comprenderà inoltre il collegamento tra le aree doganali e quelle periportuali, attualmente separate fisicamente dalla via L. Da Vinci e dal terminal ferroviario del Calabrone.

Per quanto riguarda il lotto relativo al tratto tra il Ponte Genova, la città storica e gli imbarchi (1° LOTTO) la soluzione proposta prevede la razionalizzazione della confluenza tra via Leonardo da Vinci, via Orlando e via Genova, collo di bottiglia nel quale confluiscono le direttrici per la città provenienti dall'Aurelia, dalla S.G.C. FI-PI-LI e da Tirrenia. Sarà possibile smistare il traffico su direttrici dedicate per il porto commerciale da un lato, e per la città e gli imbarchi dall'altro, e rendere maggiormente praticabile la via di fuga costituita dall'Aurelia, in caso di incidente con blocco circolatorio sulla via L. da Vinci.

In questo modo sarà possibile selezionare il traffico pesante per il porto dal traffico leggero per la città, il quale sarà ulteriormente separabile tra quello verso il centro storico e verso gli imbarchi alla stazione Marittima. Perno centrale di questa operazione di medio e lungo termine sarà la demolizione del vetusto ponte Orlando, il completamento dell'anello circolatorio a servizio del varco Valessini e la realizzazione di una nuova opera di scavalcamerito della linea ferroviaria per Marittima in posizione tale da consentire la valorizzazione delle mura, una distinta penetrazione agli imbarchi in dx del binario e la ricucitura con la principale viabilità cittadina, sia nel quadrante dei quartieri nord che in quello del porto Mediceo.

L'intersezione sul Ponte Genova è attualmente priva di ogni canalizzazione delle correnti, isole spartitraffico, corsie di svolta, tratti di accumulo, ed ha un'area di conflitto generalizzata; in essa si combinano i traffici diretti verso la parte settentrionale del porto, attraverso la via L. da Vinci, e quelli verso i varchi merci e passeggeri da un lato, e verso i traghetti del Mediceo e il centro città dall'altro, attraverso via Orlando e via della Cinta Esterna, con commistione di traffico leggero e pesante. La sede occupata dall'ex canale delle Cateratte necessita di un intervento di completamento volto alla realizzazione di una piattaforma stradale a quattro corsie, con carreggiate separate.

Un primo stralcio potrebbe rendere funzionale l'intersezione a raso del ponte Genova dal lato portuale, creare un itinerario dedicato al traffico pesante, coincidente in questa prima fase con l'ex canale interrato delle Cateratte, e realizzare un ponte sul canale dei Navicelli, in prossimità del ponte Orlando successivamente da demolire, creando le premesse per disimpegnare il traffico pesante in uscita dal Varco 4 sulla via Orlando, nella soluzione definitiva.

Il progetto di questo stralcio prevede la realizzazione di una rotatoria allungata nell'area compresa tra la via Cateratte e l'ex canale interrato delle Cateratte, dove poter risolvere in modo funzionale tutte le manovre per le distinte destinazioni, con selezione dei traffici per le specifiche infrastrutture: via L. Da Vinci, via Orlando, nuova viabilità sul Canale Cateratte.

Due ulteriori stralci completerebbero gli interventi del 1° LOTTO, come meglio indicato nel quadro economico riepilogativo.

Per quanto riguarda il lotto relativo al tratto tra la S.G.C. FI-PI-LI ed il Ponte Genova (2° LOTTO) è possibile proporre, allo stato attuale degli approfondimenti, una soluzione datata anni '80. Essa prevede una nuova intersezione a livelli sfalsati sulla FI-PI-LI a ridosso della linea ferroviaria tirrenica, capace di selezionare il traffico leggero per Tirrenia e la città di Livorno, prima della penetrazione in area portuale, con eliminazione della promiscuità almeno sulle rampe, salvaguardando la prospettiva di un unico varco di accesso al porto, con possibile istituzione di zona franca ed eliminando la commistione.

Ogni altro studio plausibile deve misurarsi con la concreta fattibilità, resa estremamente complessa dalle previsioni nell'area del Calabrone: quadruplicamento della tirrenica, binario per metropolitana urbana, collegamento in sovrappasso per l'interporto, programmi di potenziamento dello scalo ecc.

Successivamente la *seconda fase* riguarderà la completa separazione del traffico turistico attraverso il potenziamento di viabilità esistente (tratto della SS1-Aurelia, via F. Filzi, zona Stazione S. Marco, via della Cinta esterna), comprendendo altresì il completamento di svincoli già realizzati.

Allo scopo di progettare le soluzioni necessarie a risolvere le problematiche sopra esposte si rende necessario procedere attraverso:

- la progettazione definitiva generale che tenga conto della necessità di definire l'intera problematica della distinzione totale dei flussi di traffico di tipo diverso, in maniera da individuare le soluzioni tecniche più idonee
- la progettazione esecutiva per lotti funzionali che ne consenta la realizzazione in fasi successive, così come prima descritte
- la realizzazione di uno stralcio funzionale del 1° lotto con lo scopo di risolvere immediatamente le problematiche di accesso al porto che vedono commistioni di traffico con elevata pericolosità.

La progettazione definitiva generale comprenderà:

- definizione delle caratteristiche qualitative e funzionali dei lavori
- quadro delle esigenze da soddisfare
- definizione delle soluzioni in base alla valutazione delle possibili alternative

- definizione dei profili ambientali e di sicurezza
- cronogramma delle attività e dei lavori
- definizione delle caratteristiche dimensionali, volumetriche, tipologiche, tecnologiche dei lavori da realizzare
- piani particellari di esproprio
- indagini e modelli previsionali dei flussi di traffico
- indagini geologiche, geognostiche e geotecniche
- studi ed indagini sulla natura e le caratteristiche delle opere
- calcoli preliminari delle strutture e degli impianti
- disciplinare descrittivo degli elementi prestazionali, tecnici ed economici.

La progettazione esecutiva del 1° lotto funzionale comprenderà:

- completamento dell'ex canale delle cateratte
- sistemazione della rotonda tra viale Genova, via S.Orlando e via Delle Cateratte
- realizzazione di nuovo ponte ex canale delle industrie-via Paleocapa
- realizzazione di nuova viabilità stradale in via della Cinta esterna con rotonda a raso
- realizzazione di cavalcaferrovia su via delle Cateratte
- demolizione ponte via S. Orlando
- costruzione nuovo ponte via De' Pazzi-via della Cinta Esterna (zona Dogana d'Acqua)
- interrimento tratto canale dei Navicelli fino a via S. Orlando
- realizzazione viabilità di collegamento da via S. Orlando a via della Cinta Esterna
- realizzazione del collegamento e viabilità zona terminal passeggeri.

La progettazione esecutiva del 2° lotto funzionale comprenderà:

- raddoppio della via L. da Vinci nel tratto compreso tra L'attuale intersezione S.G.C. FI-PI-LI e rotonda antistante Ponte Genova
- sopraelevazione tratto terminale attuale v. L. da Vinci in scavalco rotonda ed immissione V. Orlando
- realizzazione bretellina di raccordo a raso tra attuale intersezione e nuova intersezione dedicata al traffico leggero
- realizzazione di nuova intersezione dedicata traffico leggero adiacente alla linea tirrenica
- realizzazione viabilità a raso a fregio canale scolmatore
- adeguamento a quattro corsie SS1 Aurelia Zona Paduletta.

Per quanto riguarda il quadro riepilogativo dei costi relativi al primo e secondo lotto funzionale si rimanda all'apposito elaborato.

FINANZIAMENTO

- *Stima costo*

A) Per progettazione definitiva generale. Spese tecniche (indagini, studi, analisi, prospezioni):	£. 2.000.000.000
B1) Per progettazione esecutiva 1° lotto :	£. 1.500.000.000
B2) Per progettazione esecutiva 2° lotto :	£. 2.625.000.000
C) Per realizzazione 1° stralcio del 1° lotto:	
- per Lavori	£. 2.700.000.000
- per IVA 10%	£. 270.000.000
- per servizi	£. 200.000.000
- per imprevisti	<u>£. 130.000.000</u>
Totale	£. 3.300.000.000

QUADRO RIEPILOGATIVO**1° LOTTO Riorganizzazione dei flussi di traffico tra ponte Genova, varco 4, stazione marittima e via delle Cateratte****a) lavori a base di appalto**

1° St. Completamento ex canale di Cateratte	L.	900.000.000
Sistemazione rotatoria v.le Genova - via S. Orlando - via delle Cateratte	L.	1.300.000.000
Nuovo ponte ex canale delle Industrie Paleocapa	L.	500.000.000
2° St. Viabilità stradale via C. Esterna con rotatoria a raso	L.	600.000.000
Cavalcaferrovia via delle Cateratte	L.	3.500.000.000
Demolizione ponte via S. Orlando	L.	300.000.000
Nuovo ponte via De Pazzi-via C. Esterna (Dogana D'acqua)	L.	600.000.000
Interramento tratto chiuso can. del Navicelli fino a via S. Orlando	L.	1.100.000.000
Viabilità collegamento da via S. Orlando a via C. Esterna	L.	500.000.000
3° St. Viabilità collegamento da via C. Esterna a rotatoria allungata	L.	1.900.000.000
Viabilità rotatoria allungata zona terminale passeggeri	L.	1.800.000.000
	<hr/>	
Sommano i lavori	L.	13.000.000.000

b) somme a disposizione

1 - IVA 10% su L. 13.000.000.000	L.	1.300.000.000
2 - Indag. tecniche, prog.ne, direzione dei lavori e collaudi	L.	1.500.000.000
3 - Indennità di espropriazione	L.	3.000.000.000
4 - Oneri di rallentamento FF.SS.	L.	400.000.000
5 - Interferenze servizi	L.	2.200.000.000
6 - Imprevisti	L.	600.000.000
	<hr/>	
Sommano le somme a disposizione	L.	9.000.000.000

IMPORTO TOTALE DEL PROGETTO L. 22.000.000.000

QUADRO RIEPILOGATIVO**2° LOTTO Riorganizzazione dei flussi di traffico tra ponte Genova e S.G.C. FI-PI-LI****a) lavori a base di appalto**

Raddoppio della via L. da Vinci tra l'attuale intersezione S.G.C. FI-PI-LI e rotatoria antistante Ponte Genova in soluzione sopraelevata (soluzione a raso affiancata: L. 7.000.000.000)	L.	18.000.000.000
Sopraelevazione tratto terminale attuale via L. da Vinci in scavalco rotatoria ed immisione via Orlando	L.	3.500.000.000
Realizzazione bretellina di raccordo a raso tra attuale intersezione e nuova intersezione dedicata al traffico leggero	L.	1.000.000.000
Realizzazione di nuova intersezione dedicata traffico leggero adiacente alla linea tirrenica	L.	350.000.000
Realizzazione viabilità a raso a fregio canale scolmatore	L.	4.300.000.000
Adeguamento a quattro corsie SS1 Aurelia zona Paduletta	L.	1.725.000.000
Sommano i lavori	L.	28.875.000.000
	ip. "b"	= 17.875.000.000

b) somme a disposizione

1 - IVA 10% su L. 28.875.000.000	L.	2.887.500.000
2 - Indag. tecniche, prog.ne, direzione dei lavori e collaudi	L.	2.725.000.000
3 - Indennità di espropriazione Nell'ipotesi "b" sovraccosto di L. 450.000.000	L.	1.500.000.000
4 - Oneri di rallentamento FF.SS. Nell'ipotesi "b" sovraccosto di L. 200.000.000	L.	200.000.000
5 - Interferenze servizi	L.	1.250.000.000
6 - Imprevisti	L.	437.500.000
Sommano le somme a disposizione	L.	9.000.000.000
	ip. "b"	= 6.875.000.000

IMPORTO TOTALE DEL PROGETTO L. 37.875.000.000

PROGETTO: Miglioramento viabilità via Aurelia ed area sud-est prospiciente la Raffineria di Livorno**PROPONENTE: Comune di Collesalveti e Soc. AgipPetroli Raffineria di Livorno S.p.A.****PREMESSA**

Nel Comune di Collesalveti, lungo la SS 1 via Aurelia e compreso tra questa ed il muro di cinta della Raffineria, è ubicato un complesso immobiliare costituito da un appezzamento di terreno di ca. 4.600 m² con sovrastanti due palazzi ad uso civile abitazione, per complessivi n° 32 appartamenti di ca. 80 m² cadauno.

L'insediamento fu realizzato a seguito di una convenzione stipulata nel 1952 tra l'allora STANIC e l'INA Casa.

La posizione del complesso si è rilevata nel tempo fortemente critica, sia in rapporto allo sviluppo delle attività produttive della Raffineria, sia alla incrementata movimentazione dei mezzi pesanti lungo la via Aurelia.

Contestualmente si evidenzia che la distribuzione ai punti vendita dei prodotti carburanti da Livorno avviene attualmente, per la maggior parte, attraverso i depositi AGIP PETROLI ed ERG PETROLI (con accesso dalla via Aurelia) e, in misura minore, attraverso il deposito TOSCO PETROL (con accesso dalla superstrada Fi-porto).

La Raffineria rifornisce i depositi contigui Agip Petroli ed Erg Petroli che insieme a ToscoPetrol garantiscono la distribuzione da Livorno di prodotti carburanti.

Il trasferimento avviene tramite appositi oleodotti, pompe e stazioni di misura fiscale; all'interno di detti depositi viene poi effettuato il carico delle autobotti chilolitriche destinate alla "rete" (cioè direttamente ai punti vendita); tutte le altre autobotti (le cosiddette "extra-rete", non destinate ai distributori stradali) vengono invece caricate presso le pensiline carburanti di Raffineria.

Tutto questo rende la viabilità lungo l'Aurelia uno dei maggiori punti critici come evidenziato dallo Studio di Sicurezza dell'area Livorno-Collesalveti.

Finalità

Il progetto che viene presentato affronta entrambe le criticità, riducendo drasticamente il rischio d'area; in particolare le finalità del progetto sono:

- Rilocalizzazione fabbricati ex IACP
- Eliminare il complesso in questione, ubicato all'interno di un'area critica ad alta concentrazione industriale, e contemporaneamente realizzare nuovi appartamenti, aventi uguali dimensioni abitative, in altra area idonea nel Comune di Collesalveti non interferente con attività industriali.
- Migliorare la viabilità della via Aurelia, realizzando nel tratto interessato la terza corsia di scorrimento, oggi interdetta dal complesso, consentendo nel contempo un miglioramento nell'ingresso/uscita per/da via Aiaccia.
- Migliorare l'accesso delle autobotti e dei mezzi pesanti in genere dal piazzale di sosta alla Raffineria, attualmente costretti ad un percorso stretto e tortuoso a ridosso delle abitazioni in questione.
- Riscattare l'area resasi disponibile dalla rilocalizzazione dei fabbricati per parcheggio auto, eliminando l'attuale uso improprio a parcheggio di fasce al limite della via Aurelia, che costituiscono fonte di potenziale pericolo.
- Razionalizzazione della distribuzione dei prodotti in rete
- Accentrare in un'unica struttura, all'interno della Raffineria, tutte le operazioni di carico di carburanti su autobotti, eliminando così i due attuali punti di stoccaggio e carico presso gli adiacenti depositi Agip Petroli ed Erg Petroli.
- Eliminare le stazioni di misura fiscale e gli oleodotti, presenti in Raffineria, adibiti al trasferimento dei prodotti verso i suddetti depositi.
- Eliminare i rischi connessi sia con le attuali movimentazioni tra Raffineria e depositi, sia con gli stoccaggi attualmente necessari presso i depositi stessi, in modo da abbattere il rischio d'area e migliorare le condizioni ambientali.
- Migliorare l'impatto sulla viabilità nel tratto di via Aurelia- Via Enriquez- Stagno, sia riducendo il volume movimentato (in quanto una quota parte di autobotti caricherà nel deposito ToscoPetrol), sia il numero di ingressi/uscite di autobotti.

DESCRIZIONE DEL PROGETTO E BENEFICI ATTESI

- Rilocalizzazione fabbricati ex IACP

Il Comune di Collesalveti ha provveduto ad assegnare apposita area PEEP nella frazione di Stagno (Collesalveti - Li) con delibera di Giunta Comunale n° 226 del 20/02/95.

E' stato eseguito e presentato al Comune di Collesalveti un progetto che prevede la costruzione di n°32 nuove unità abitative in detta area.

Tale progetto ha ottenuto la licenza edilizia, subordinata alla stipula di convenzione, che preveda la demolizione dell'attuale fabbricato.

- Razionalizzazione distribuzione prodotti rete

Il progetto in questione prevede in sintesi:

- Eliminazione degli stoccaggi, stazioni di pompaggio e strutture di carico all'interno dei depositi AgipPetroli ed ErgPetroli, che verranno dismessi.
- Eliminazione, all'interno della Raffineria, delle stazioni contatometriche e di pompaggio, nonché dei collegamenti verso i suddetti depositi.
- Utilizzo degli esistenti stoccaggi in Raffineria, costituiti da serbatoi a tetto galleggiante, già dotati di sistemi con doppia tenuta

per il contenimento dei vapori di idrocarburi;

- Interventi di riassetto linee sui circuiti interni dei tre suddetti prodotti.
- Rifacimento di n°6 corsie di carico, delle attuali n°20 esistenti presso le pensiline carburanti di Raffineria, per l'adeguamento alla caricazione sulle autobotti chilolitriche dei prodotti interessati (benzina super, benzina senza piombo, gasolio), con la realizzazione di moderne strutture di carico ed adozione di sistemi automatici di controllo, atti a minimizzare eventuali errori durante le fasi di caricazione.
- Adeguamento dell'esistente sistema di recupero vapori di benzina per collettare e trattenere anche i vapori provenienti dalle caricazioni in circuito chiuso della rete.
- Miglioramento ed interazione del sistema informatico di controllo e gestione carico e spedizione, mediante adeguamenti dell'hardware e del software, ottenendo quindi un flusso più scorrevole delle autobotti in ingresso ed in uscita dalla Raffineria. Si ottengono così, oltre a quanto sopra detto, anche i seguenti benefici:
- riduzione complessiva nell'area delle emissioni di vapori di idrocarburi, legate alle movimentazioni dei serbatoi ed alle operazioni di caricazione;
- minimizzazione dei rischi connessi con le operazioni di stoccaggio e movimentazione interne e verso i depositi.

E' stato inoltre elaborato e viene consegnato lo studio di sicurezza che evidenzia il miglioramento conseguibile con la realizzazione del progetto complessivo, circa il rischio dei trasporti stradali, tra la situazione attuale e quella dopo il completamento.

STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO E DELLA DOCUMENTAZIONE

- Rilocazione fabbricati ex IACP
 - Licenza edilizia rilasciata
 - Convenzioni concordate
 - Progetto architettonico e di fattibilità eseguito
 - Progetto esecutivo da sviluppare
- Razionalizzazione distribuzione prodotti rete
 - Iter autorizzativo: completato
 - Progettazione di base: terminata
 - Progettazione esecutiva: terminata
 - Materiali: in corso di approvvigionamento
 - Interventi edili, meccanici: completati; in corso lavori di montaggio delle apparecchiature elettrostrumentali.

FINANZIAMENTO

- *Stima costo:*

Il costo complessivo del progetto ammonta a 12 miliardi di lire, di cui 5 miliardi per la rilocazione dei fabbricati (realizzazione dell'opera, rogito, rev. prezzi ecc.) del nuovo complesso e 7 miliardi per la razionalizzazione della rete.

STIMA TEMPI DI REALIZZAZIONE DELL'OPERA

Si prevede che il progetto della rilocazione del complesso abitativo ex IACP abbia una durata complessiva di circa 30 mesi dall'avvio.

Relativamente al progetto "Rete" questo è immediatamente cantierabile ed è interamente realizzabile entro la fine dell'anno.

PROGETTO: Realizzazione di un piping per il trasferimento di Biodisel dallo Stabilimento Novaol-Livorno verso la Raffineria AgipPetroli -Livorno

PROPONENTE: Soc. Novaol s.r.l. – Gruppo Eridania Begin-Say

DESCRIZIONE

Finalità

Miscelazione fino ad un max del 5% di biodisel prodotto da Novaol agli oli da gas (prodotti da AgipPetroli raffineria di Livorno) all'interno del deposito fiscale AgipPetroli, come previsto da D.L. del 22/05/98 n.219.

Descrizione dell'intervento:

La Soc. Novaol ha proposto la realizzazione un piping di collegamento tra Novaol e Costieri D'Alesio; il biodisel verrà successivamente rilanciato dai Costieri alla Raffineria attraverso le linee esistenti via Darsena Ugione.

BENEFICI ATTESI

- Rendere possibile la fornitura di biodisel alla Raffineria Agip, con la conseguente distribuzione di biodisel nell'autotrazione, perseguire finalità di riduzione delle emissioni nocive e quindi di impatto ambientale del traffico gommato.
- Riduzione del traffico gommato sulla via L. Da Vinci per i trasferimenti da Novaol a Costieri D'Alesio.
- Ulteriore riduzione di traffico gommato grazie alla realizzazione di uno stacco sull'oleodotto per il carico ferrocisterne e/o navi.

COERENZA CON LE SCELTE DI PIANIFICAZIONE DELL'AREA

Il progetto si inquadra in una politica di progressiva riduzione del trasporto stradale pesante di prodotti pericolosi e può contribuire ad una riduzione sia degli incidenti da trasporto sia delle emissioni da traffico grazie all'impiego di strutture di trasferimento fisse (pipeline).

FINANZIAMENTO

- *Stima costo:*
Il costo complessivo del progetto è di 880 milioni di lire (IVA compresa)

PROGETTO: Progetto di risanamento igienico ambientale del sistema dei fossi cittadini mediante sistema definitivo di ricircolo delle acque (1° fase)

PROPONENTE: Comune di Livorno

Depositato presso Ministero Ambiente 5/02/97 e riportato nella Del. G.R.T. N. 00367 del 07/04/97:

DESCRIZIONE

Il progetto consiste essenzialmente nella realizzazione di due distinte opere atte a regimare il deflusso delle acque di ricambio nei fossi cittadini e di un sistema di controllo della qualità delle acque e di telecomando necessario per l'automazione delle diverse manovre.

Finalità

Le finalità sono quelle di garantire e migliorare le condizioni di vita nelle acque dei fossi cittadini "Fosso Reale" e "Canale della Venezia" e di avviare e consolidare un generale risanamento igienico ambientale, con formazione e ripristino di alcune biogenesi marine, pregiudicate da una pregressa situazione di asfissia per stagnazione generata dai diversi scarichi civili e misti diretti e indiretti. Il miglioramento delle caratteristiche chimiche e biologiche delle acque, sperimentato dai primi anni '80 a seguito di realizzazione di uno sbarramento provvisorio che ricircola nei fossi l'acqua fortemente ossigenata della centrale ENEL, verrebbe assicurato anche dalla possibilità di travaso con idrovore di acqua marina dal bacino portuale, quale sistema di emergenza, con un sistema che ne consente un controllo completo nelle diverse situazioni meteo e di esercizio della centrale.

BENEFICI ATTESI

Riduzione rischio industriale per inquinamento idrico

Numerosi scarichi misti, provenienti da attività produttive poste sullo stesso canale dei Navicelli e sull'afferente Canale delle Cateratte, finiscono per convogliarsi indirettamente nel sistema dei fossi. In caso di incidente, provocato da sversamenti accidentali o malfunzionamento degli impianti privati di depurazione reflui, potrebbero determinare alte concentrazioni di sostanze inquinanti, considerato il sistema di acque stagnanti e a debole ricambio.

Il tratto di Canale dei Navicelli, che si origina dal Bacino di Evoluzione, e il canale delle Cateratte, che si origina dalla Darsena Ugione, mettono in comunicazione il sistema dei fossi con alcuni bacini portuali ad elevati tenori di Cadmio e idrocarburi totali e policiclici aromatici nei sedimenti.

La capacità di sezionare tali collegamenti con le fonti inquinanti e di immettere quantitativi abbondanti di acqua fino anche a 13 Mc/sec, peraltro ricca di ossigeno per i processi subiti o per laminazione da stramazzo, determina un confinamento, una diluizione ed un successivo ricambio e dispersione in mare in tempi relativamente brevi.

Riduzione rischio ambientale

La riduzione del rischio ambientale è, per un verso, una conseguenza della riduzione del rischio industriale, laddove si scongiura un lungo tempo di permanenza degli inquinanti in un'area ristretta, di pregio storico-architettonico e fortemente abitata.

Peraltro è da considerare, per le stesse motivazioni, un rischio di natura ambientale direttamente connesso alla presenza di numerosi scarichi civili che generano un inquinamento biologico da coliformi e streptococchi fecali, anziché di natura chimica.

Valutazioni qualitative

Negli anni seguenti al 1983, anno nel quale fu realizzato lo sbarramento provvisorio del canale dei Navicelli, sono state eseguite estemporanee campagne di raccolta di dati chimico fisici sulla qualità delle acque, che hanno dimostrato l'efficacia dell'intervento ai fini del risanamento igienico sanitario.

Gli interventi proposti, per le considerazioni esposte, stabilizzeranno e miglioreranno tali risultati, consentendo una completa regolazione dei flussi di ricircolo, soprattutto nei mesi estivi, quando è richiesto un maggior apporto di ossigeno, nei casi di marea sfavorevole e di non funzionamento della centrale.

COERENZA CON LE SCELTE DI PIANIFICAZIONE DELL'AREA

• PRG

Nel PRG vigente il canale non è sottoposto ad alcuna indicazione specifica e per le aree industriali ad esso adiacenti non vi sono prescrizioni particolari riguardo le opere idrauliche, non rientrando in categoria di rischio III.

Sta per essere definito il nuovo strumento urbanistico con l'approvazione del R.U. che segue al P.S. approvato nel luglio '97, sul quale sono operanti le salvaguardie.

Il canale e le aree adiacenti sono incluse nel sottosistema territoriale portuale senza prescrizioni specifiche.

Il canale, identificato come invariante perché acqua pubblica principale, deve ritenersi tale fino allo sbocco nel canale Scolmatore, dopo il quale esso appartiene di fatto al sistema porto.

Gli interventi proposti appaiono quindi compatibili con gli strumenti urbanistici vigenti o in adozione.

Il Comune dichiara che è possibile attestare quanto sopra.

• PTC

Poiché il P.S. è stato approvato in sede di Accordo di Pianificazione con Regione e Provincia, considerata la contestuale elaborazione di PTC e PIT, gli elementi di PS troveranno riscontro nei piani sovraordinati.

• PRP (solo per le aree portuali)

Non appaiono incompatibilità né con gli strumenti vigenti né con quelli in itinere; a riguardo è stato stipulato nel settembre '97

un Accordo di Programma complessivo che riguarda anche il recupero e ripristino del sistema dei fossi.

Il Comune dichiara che è possibile attestare quanto sopra.

L'intervento proposto è prevalentemente costituito da opere idrauliche in canale artificiale e prevede la realizzazione di una unica piccola volumetria di circa 100 mc per cabina di trasformazione, quadri comando e servizi.

La motivazione dell'intervento rientra pienamente nell'obiettivo generale del risanamento, recupero e valorizzazione del sistema dei Fossi Medicei.

STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO E DELLA DOCUMENTAZIONE

In data 08.07.1999 è stato affidato un incarico complessivo di indagini geognostiche, progettazione esecutiva e direzione dei lavori, mediante bando pubblico, ad un raggruppamento temporaneo di professionisti.

Sono state eseguite le indagini ed è stata consegnata la relazione geologico-tecnica; è in fase di elaborazione il progetto esecutivo, con gli opportuni riscontri da Capitaneria ed autorità Portuale. E' prevista la consegna dell'esecutivo entro il mese di gennaio 2000.

- Progetto Esecutivo:

I tempi di realizzazione, almeno del primo stralcio, espressi in mesi, possono esser così riassunti:

- indagini geognostiche	2
- progettazione esecutiva	4
- approvazione amministrativa	1
- appalto opera	2,5
- consegna lavori	0,5
- esecuzione lavori e collaudo	10

- Possesso di tutte le autorizzazioni :

Per quanto riguarda la concessione edilizia, essa risulta implicita nell'approvazione della progettazione esecutiva, trattandosi di opera pubblica.

L'occupazione dell'area di cantiere e l'espropriazione di modeste superfici possono essere fortemente accelerate dalla approvazione con dichiarazione di indifferibilità e urgenza che consente l'occupazione d'urgenza.

Le interferenze con le infrastrutture portuali potranno essere concordate con l'Autorità Portuale, avvalendosi anche dell'Accordo di Programma.

Le interferenze con le infrastrutture ferroviarie a servizio della Stazione Marittima, con modesto traffico esclusivamente merci, potranno essere concordate con FS ASA rete e merci.

Per le attestazioni di conformità urbanistica non sussistono problemi.

Possono essere attivate in tempi brevi richieste di nulla-osta per le aree demaniali al Genio Civile, Opere Marittime, e autorizzazione all'Autorità Portuale, competente per territorio.

FINANZIAMENTO

- *Stima costo*

Costo 1° LOTTO: 1.350 milioni;

Costo 2° LOTTO: 1.150 milioni;

TOTALE: 2.500 milioni

- *Finanziabilità tramite altre fonti*

- Delibera Cipe "Aree depresse del 12. 07.96 sul progetto "Costruzione sistema definitivo di ricircolo delle acque nel Canale Industriale Navicelli" (vd. Lettera SIAR del 19.12.1996)

- Previsione di stanziamenti nel piano triennale OO.PP del comune di Livorno, relativamente alla annualità 1998 per la bonifica del sistema dei Fossi Medicei.

- *Compatibilità del finanziamento*

Il finanziamento richiesto per la diminuzione del rischio industriale indiretto sulla città storica, determinato dalla presenza delle attività industriali nell'area portuale, concorre ed è sinergico con ogni altro tipo di intervento volto alla valorizzazione ed al recupero del tessuto urbanistico di antico impianto e di massimo pregio.

I progetti, per quanto realizzati in diversi stralci, hanno un impegno tale da non poter prescindere da finanziamenti pubblici.

STIMA TEMPI DI REALIZZAZIONE DELL'OPERA

I tempi netti stimati di realizzazione dell'opera, dall'affidamento della progettazione esecutiva al collaudo, sono valutabili in 18 mesi per il primo stralcio e 10 mesi per il secondo stralcio, altrimenti in 20 mesi complessivi, come meglio può desumersi dalla temificazione analitica al punto 5.

ALLEGATO

Descrizione particolareggiata dell'intervento

La prima opera di sbarramento è posizionata lungo il Canale dei Navicelli a circa 65 m. dalla banchina del Bacino di Evoluzione ed è costituita da una traversa per stramazzo, impianto idrovoro, paratoie mobili comandate a motore ed edificio per trasformazione

e quadri comando.

L'altra opera di sconnessione è posta in corrispondenza del tombino scatolare sottopassante il fascio di binari di via del Marzocco ed è costituita essenzialmente di due paratoie mobili e relativi motori comandati dal precedente quadro comandi.

Il sistema di automazione è composto da un posto centrale di archiviazione, elaborazione e gestione dati collegato ad un sistema periferico costituito da diverse centraline per la misurazione delle caratteristiche biologiche ed idrauliche relative a livelli del battente idraulico delle portate, e da una stazione di comando per la regolazione automatica del flusso mare-fossi.

Il posto di comando è capace di agire in automatico sui motori delle paratie dei due punti di sbarramento, posti rispettivamente a monte e a valle dello scarico dell'acqua di raffreddamento della centrale ENEL, e pertanto, quando vi siano condizioni di marea che consentono il recapito nel canale, di determinarne un flusso forzato verso la città.

In assenza di acqua di raffreddamento Il posto di comando è comunque in grado di agire sulle pompe del primo sbarramento, prelevando acqua dal mare da immettere a valle.

Nei diversi scenari considerati, per le diverse situazioni di marea e di apporto di acqua dalla centrale, è comunque sempre possibile, attraverso l'azionamento dei diversi organi, alimentare i fossi con acqua maggiormente ossigenata.

Computo metrico

Una recente rivisitazione ed aggiornamento dell'importo dei lavori ha condotto a poter ipotizzare due stralci funzionali, con i relativi quadri economici, in milioni di lire:

1° STRALCIO: SBARRAMENTO

1. opere civili	770
2. impianto paratie	115
3. impianto automazione	60
4. progettazione esecutiva	50
5. indagini geognostiche	45
6. IVA 20%	208
7. imprevisti e arrotondamenti	102
TOTALE	1.350

2° STRALCIO: IDROVORE E MONITORAGGIO

1. impianto idrovoro	310
2. impianto elettrico	180
3. progettazione esecutiva	20
4. stazione automazione e monit.	400
5. IVA 20%	182
6. Imprevisti e arrotondamenti	58
TOTALE	1.150

PROGETTO: Risanamento fossi medicei. Opere di collettamento e regolarizzazione degli scarichi del sistema fognario. (2° fase)**PROPONENTE: Comune di Livorno**

Presentato Preliminare alla Segreteria tecnica del Piano di Risanamento per le Aree critiche ad elevata concentrazione industriale in data 7/04/99.

DESCRIZIONE

L'opera di risanamento complessiva del sistema dei fossi medicei, già avviata con il primo intervento urgente (sbarramento) finanziato dal Comitato di coordinamento, deve essere completata con opere di collettamento e regolarizzazione degli scarichi del sistema fognario.

L'amministrazione comunale ha commissionato all'ASA, Azienda servizi ambientali completamente controllata, un progetto di risanamento radicale.

La definizione delle proposte progettuali degli interventi prioritari per l'eliminazione degli scarichi inquinanti nel sistema dei fossi si è basata sul criterio di ristrutturare la struttura principale della rete fognante, là dove l'indagine conoscitiva ha evidenziato le carenze strutturali del sistema ricettivo rispetto alle portate di acque usate da smaltire, incrementatesi nel tempo in maniera direttamente proporzionale alla sempre maggiore dotazione idrica procapite garantita dall'acquedotto. Inoltre, con lo spirito di migliorare tutti i servizi a rete attualmente gestiti dall'azienda, sfruttando l'evidente economia della esecuzione concomitante di più opere che interessano il suolo e il sottosuolo, là dove è previsto l'intervento sulle fognature, si propongono anche interventi sulle altre reti interrate (metano, acquedotto potabile ed industriale).

BENEFICI ATTESI

Risanamento complessivo e definitivo per il recupero del sistema dei fossi della città di Livorno.

STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO E DELLA DOCUMENTAZIONE

Progettazione esecutiva: terminata; progetto stralcio da £.2.000.000.000 immediatamente cantierabile.

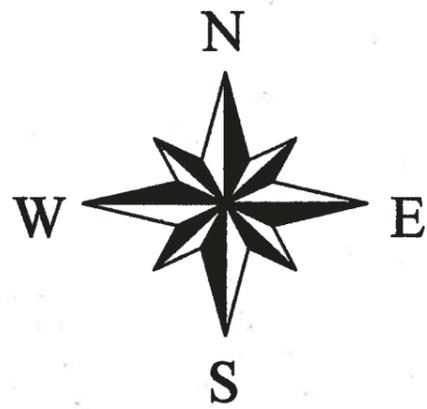
FINANZIAMENTO• *Stima costo*

Il costo complessivo del progetto ammonta a 3.460 milioni di lire + IVA.

Analisi Rischio d'Area LIVORNO

Area di studio

-  Porti
-  Ferrovie
-  Condotte
-  Strade
-  Impianti



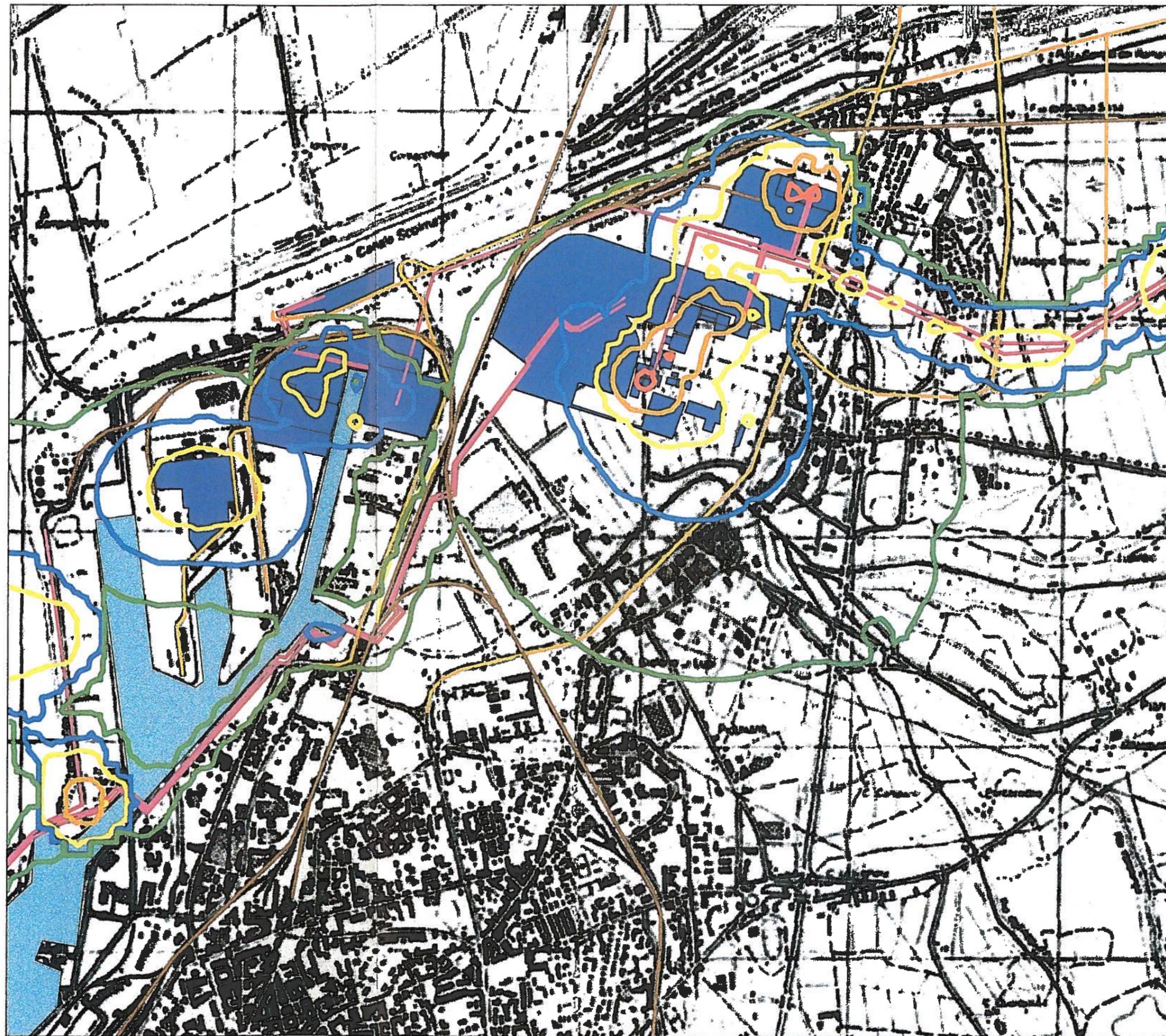
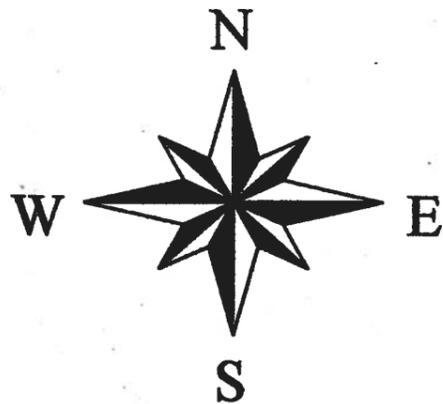
0 2 4 6 8 Kilometers



Analisi Rischio d'Area LIVORNO

Impianti fissi e Condotte

Curve - Rischio Locale

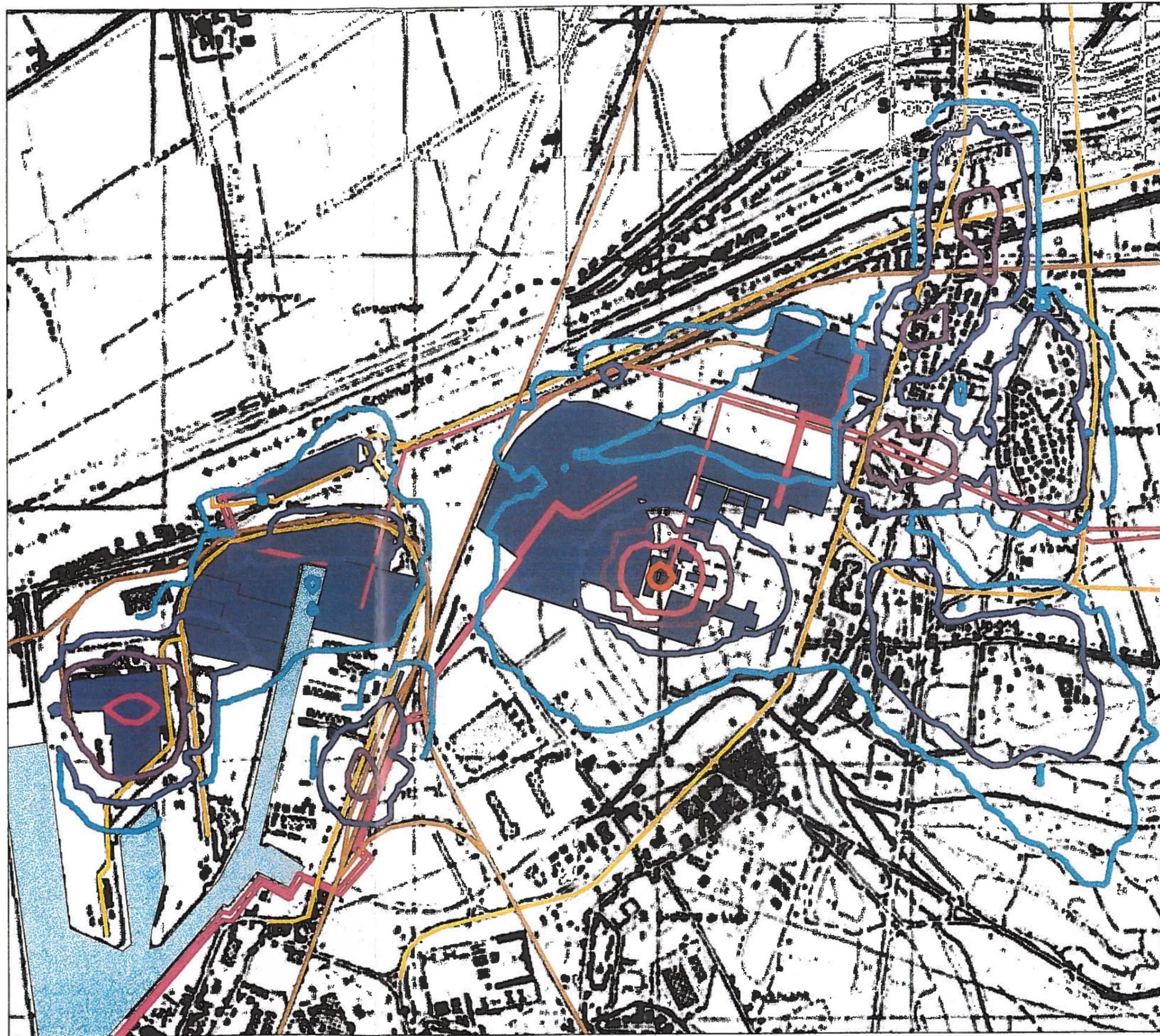
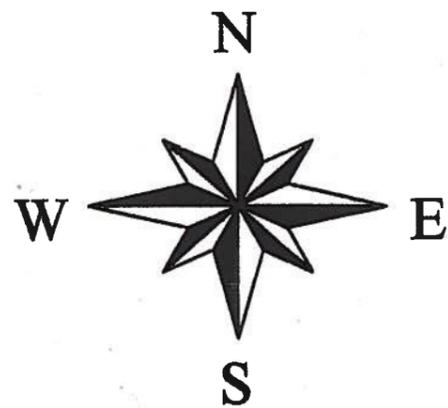


Analisi Rischio d'Area LIVORNO

Rischio Individuale Globale

Curve - Rischio Individuale

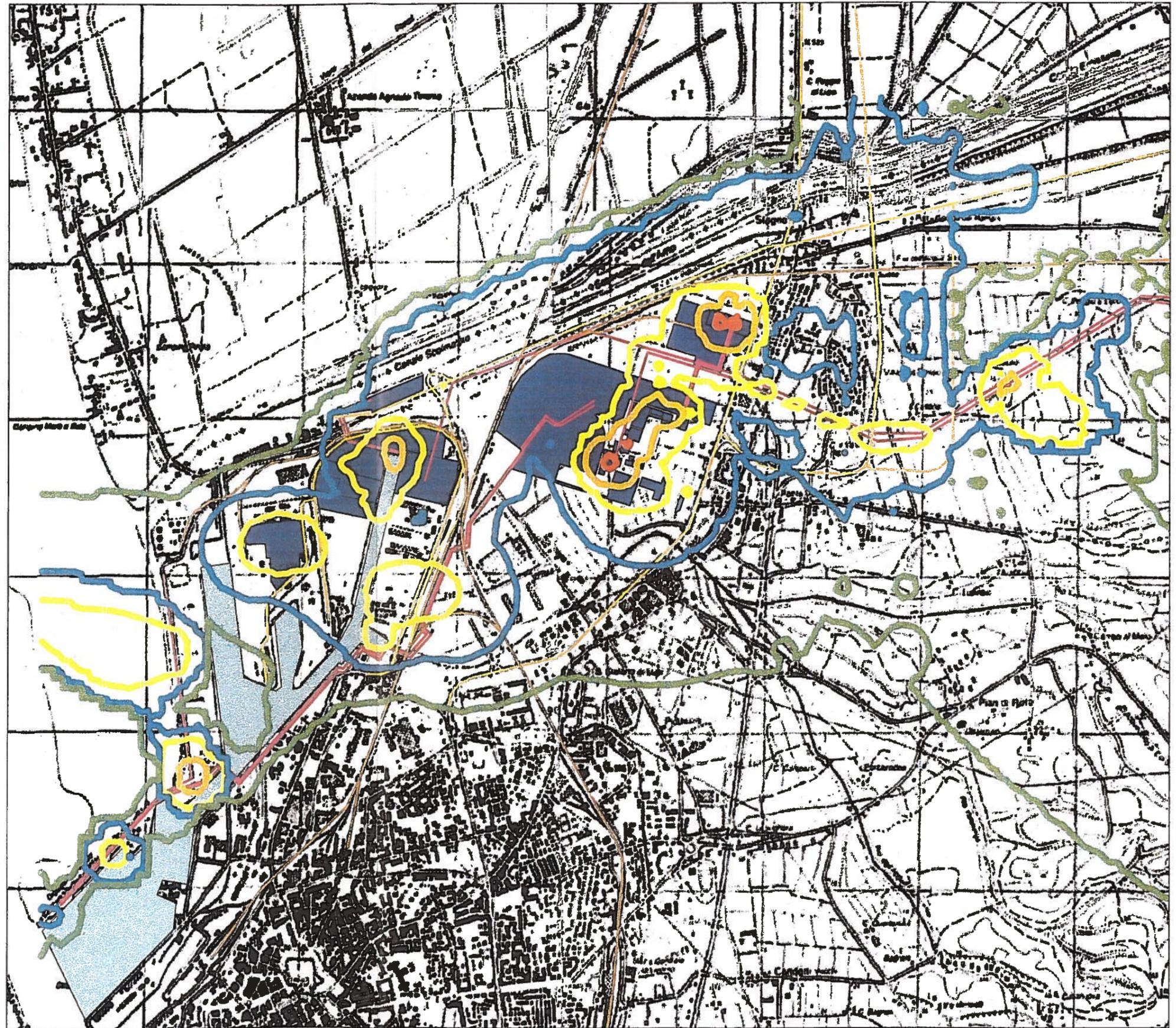
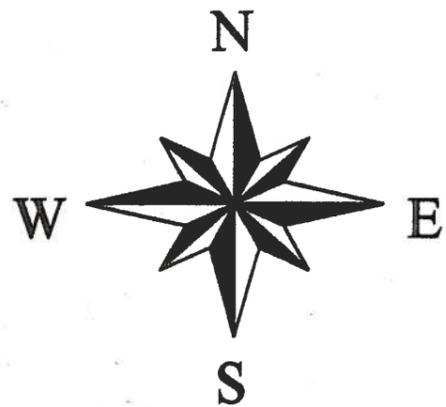
-  1E-08
-  1E-07
-  1E-06
-  1E-05
-  1E-04
-  1E-03
-  Ferrovie
-  Strade
-  Condotte
-  Porti
-  Impianti



Analisi Rischio d'Area LIVORNO

Rischio Locale Globale

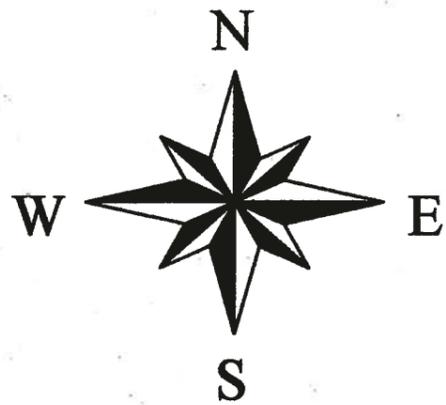
Curve - Rischio Locale



Analisi Rischio d'Area LIVORNO

Rischio Locale Globale
(dopo smantellamento sfera GPL TK-91 e
tumulazione sigari GPL TK-1xx e TK-8x)

Curve - Rischio Locale

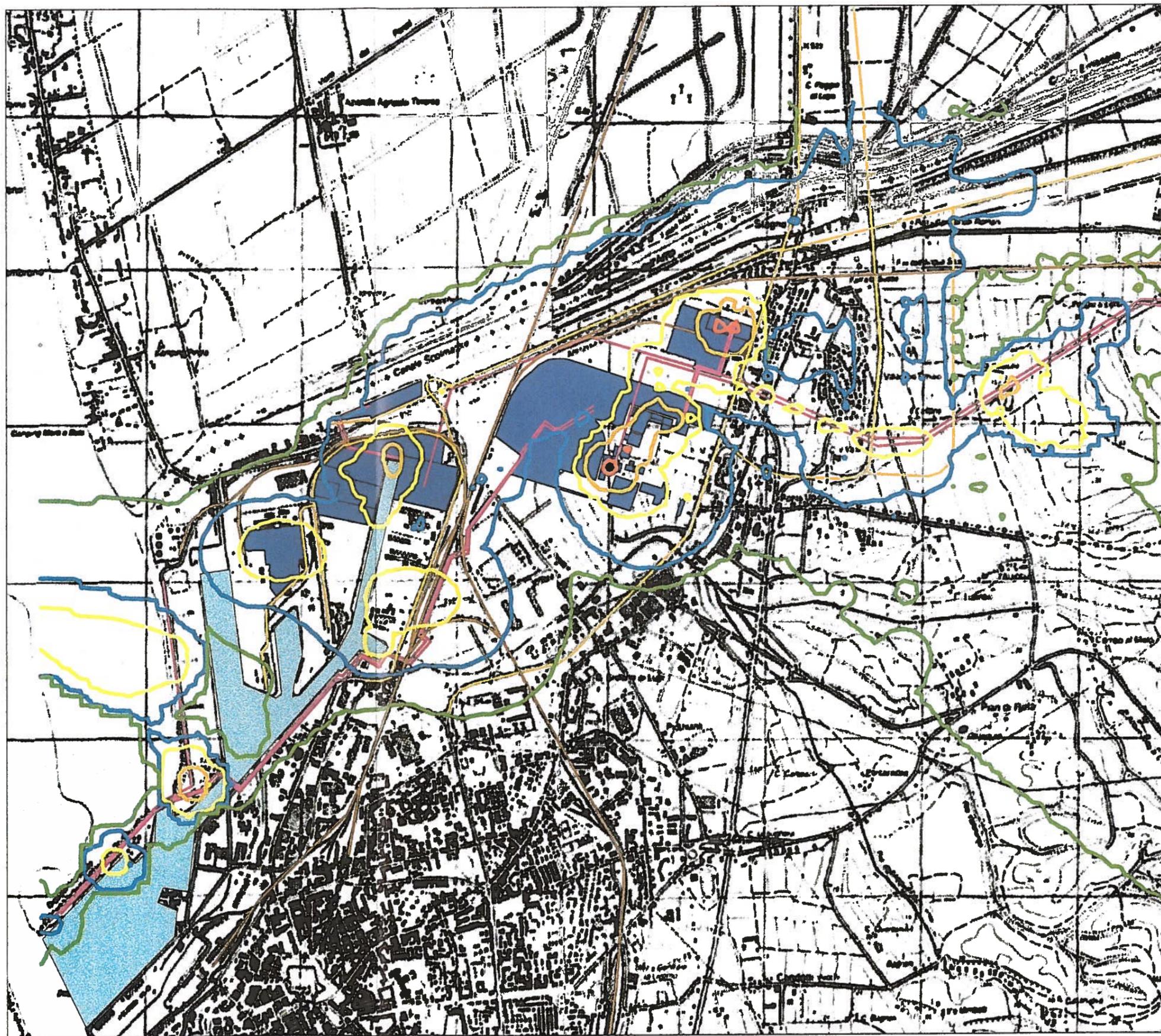
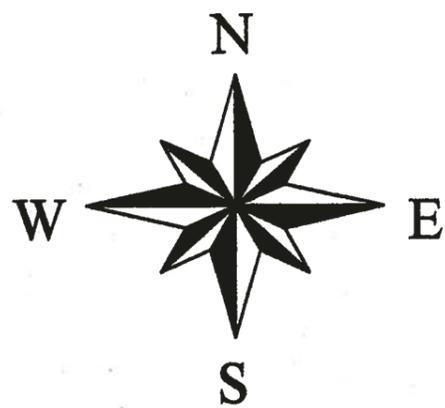


Analisi Rischio d'Area LIVORNO

Rischio Locale Globale
(dopo smantellamento sfera TK-91)

Curve - Rischio Locale

-  1E-07
-  1E-06
-  1E-05
-  1E-04
-  1E-03
-  1E-02
-  Ferrovie
-  Strade
-  Condotte
-  Porti
-  Impianti

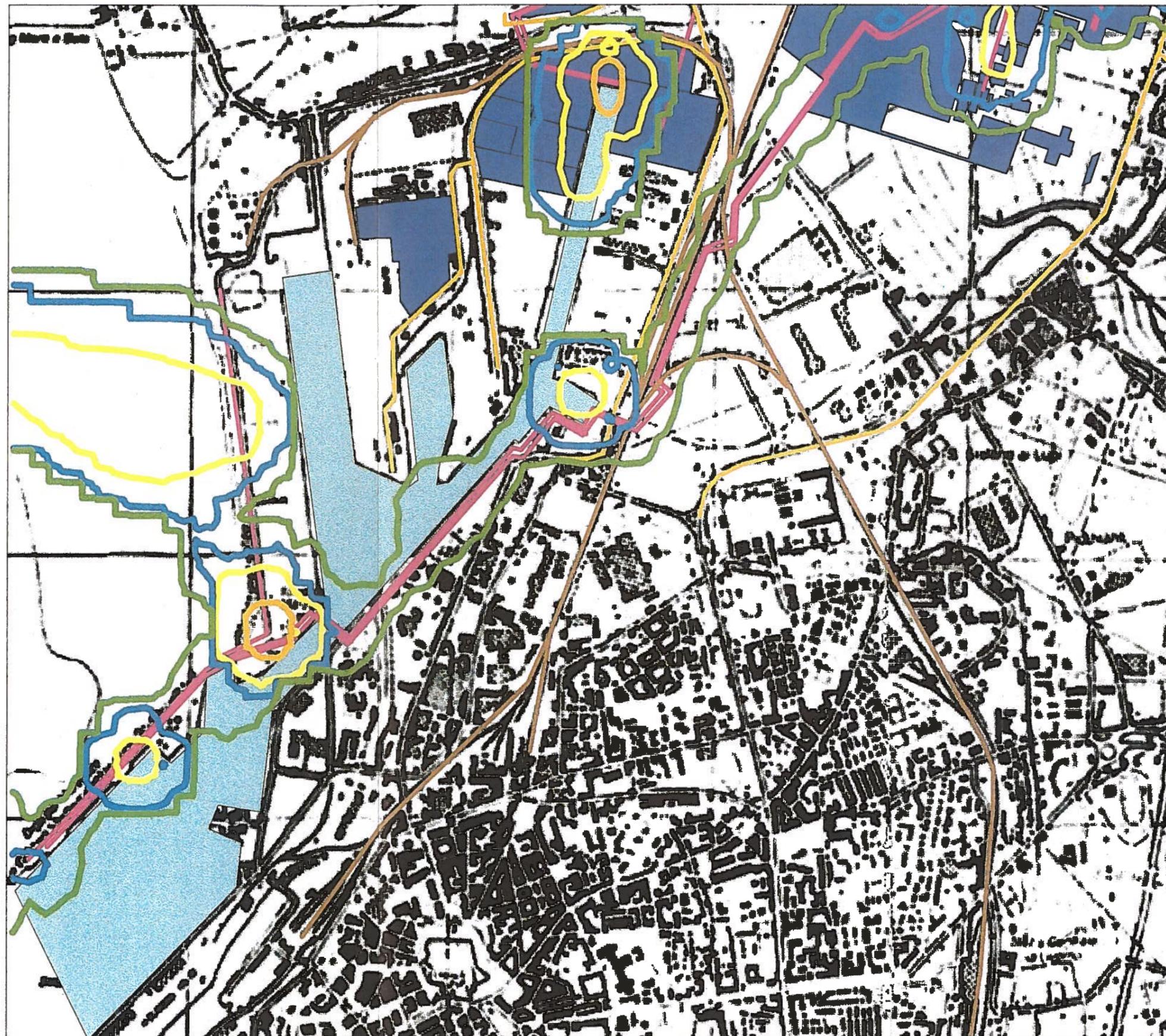
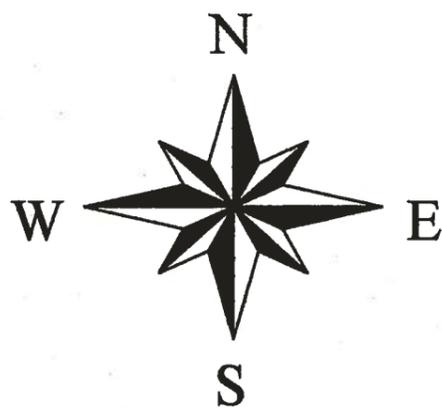


Analisi Rischio d'Area LIVORNO

Rischio Locale
Movimentazione portuale
Trasporto marittimo
Condotte

Curve - Rischio Locale

-  1E-07
-  1E-06
-  1E-05
-  1E-04
-  1E-03
-  1E-02
-  Ferrovie
-  Strade
-  Condotte
-  Porti
-  Impianti

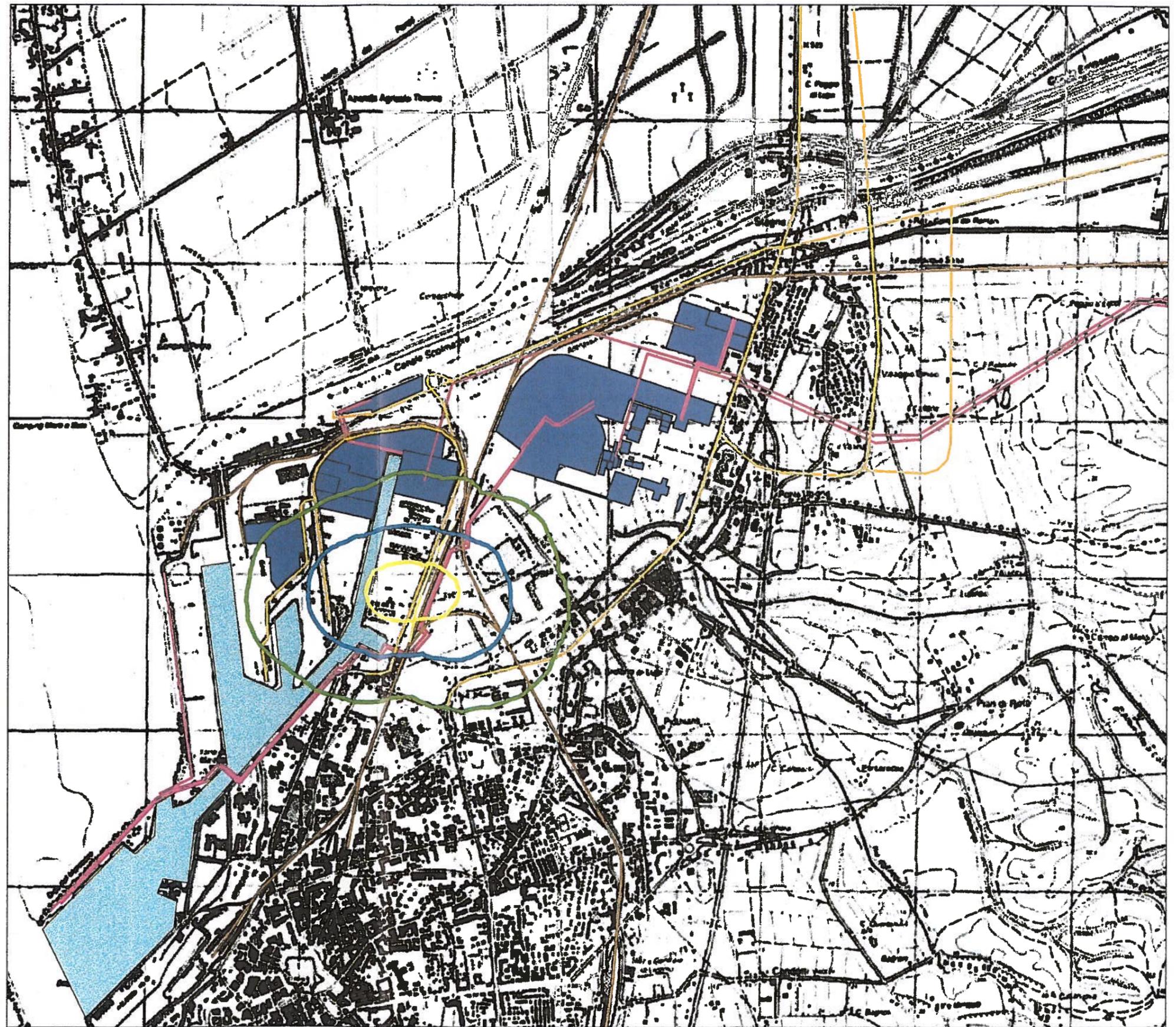
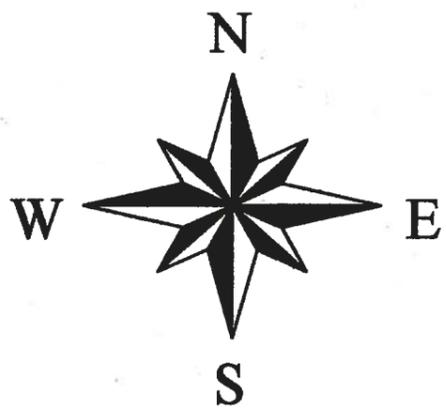


Analisi Rischio d'Area LIVORNO

Trasporto ferroviario

Curve - Rischio Locale

-  1E-07
-  1E-06
-  1E-05
-  1E-04
-  1E-03
-  1E-02
-  Ferrovie
-  Strade
-  Condotte
-  Porti
-  Impianti



Analisi Rischio d'Area LIVORNO Trasporto stradale

Curve - Rischio Locale

