

4



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4. QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

4.1. Inquadramento dell'area di inserimento

4.1.1. Definizione dell'ambito territoriale e delle componenti ambientali interessate

L'individuazione delle componenti ambientali da considerare ai fini dell'analisi del sistema territoriale locale si basa sulle indicazioni ricavate da numerosi studi di impatto ambientale svolti in precedenza per analoghi progetti, oltre che sui requisiti riportati nella vigente legislazione in materia.

A questo scopo, nel quadro di riferimento progettuale sono stati riconosciuti gli interventi con possibili effetti ambientali di qualche rilievo (*"azioni interferenti"*) e lo studio è stato orientato verso le componenti del sistema territoriale che risultano potenzialmente esposte a questi stessi effetti.

Le componenti ambientali individuate ai fini dello studio sono:

- atmosfera, per le emissioni dei prodotti della combustione aerodispersi;
- ambiente idrico, per la restituzione delle acque di raffreddamento e lo scarico delle acque reflue trattate;
- suolo e sottosuolo, per le deposizioni e per i movimenti di terra nell'area dell'impianto;
- flora, fauna ed ecosistemi terrestri, per la rumorosità e gli effetti sulla qualità dell'aria, ed ecosistemi acquatici, per gli effetti sulla qualità dell'acqua;
- salute pubblica, con riferimento agli effetti sulla qualità dell'aria;
- rumore e vibrazioni, con maggiore riguardo per l'aspetto sonoro, essendo le vibrazioni prevedibili praticamente trascurabili;
- radiazioni, limitatamente a quelle non ionizzanti, in relazione al campo elettromagnetico generato dall'immissione di energia elettrica nel sistema di trasmissione primario;
- paesaggio, per quanto concerne l'influenza della modifica strutturale dell'impianto sulle caratteristiche percettive dell'area.

Per meglio inquadrare la descrizione di queste componenti ambientali nel loro contesto di inserimento, lo studio ha previsto anche la raccolta di informazioni accessorie su altri aspetti territoriali (topografia, uso del suolo, geologia, sismologia, popolazione e attività economiche), la cui conoscenza si è ritenuto che potesse fornire un supporto per l'analisi e l'interpretazione dei dati raccolti ai fini dell'individuazione degli impatti.

L'ambito di influenza potenziale da prendere in considerazione per l'analisi delle componenti ambientali potenzialmente esposte all'impatto è stato definito mettendo in relazione le caratteristiche morfologico-ambientali del territorio con l'estensione spaziale teoricamente attribuibile alle potenziali interferenze derivanti dalle *"azioni"* di progetto.

L'obiettivo che si è perseguito è stato quello di individuare l'area massima entro la quale, secondo le conoscenze acquisite, si prevedeva che gli impatti di maggior estensione si esaurissero o scendessero a livelli praticamente trascurabili.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Con questo approccio, l'area vasta (cioè l'ambito di sostanziale estinzione delle prevedibili interferenze ambientali) è stata circoscritta ad un'area che si estende, rispetto al baricentro del complesso impiantistico, 12,5 km in direzione N, 12,5 km in direzione S, 20 km in direzione O e 4 km in direzione E. Questa delimitazione è stata adottata nella sua interezza per l'analisi delle componenti ambientali interessate dalle azioni interferenti a scala più ampia (in pratica, l'emissione degli effluenti gassosi), mentre per le altre, ad areale di impatto più ristretto, lo studio si è concentrato su una parte di territorio specifica, adeguandone l'ampiezza all'estensione spaziale degli effetti ambientali attesi.

Per quanto riguarda l'ambiente atmosferico, l'analisi è stata estesa, come sopra accennato, all'intera area vasta; essa è stata pertanto oggetto di indagini di dettaglio sia per la caratterizzazione meteorologica e dello stato attuale di qualità dell'aria, sia per la previsione della distribuzione delle concentrazioni al suolo dei prodotti della combustione aerodispersi.

Per l'ambiente idrico, considerate la tipologia e la destinazione dei reflui liquidi dell'impianto, nonché le caratteristiche del reticolo idrografico dell'area, lo studio ha preso in considerazione il ramo del Po di Pila a valle del sito, la limitrofa Sacca del Canarin e lo specchio di mare antistante l'impianto. Su suolo e sottosuolo non sono ipotizzabili effetti attribuibili direttamente alla realizzazione e all'esercizio dell'impianto modificato; a fini di inquadramento, tuttavia, per fornire gli elementi generali di caratterizzazione della geosfera nell'ambito interessato dalle opere, sono state prese in esame le caratteristiche pedologiche dell'area circostante il sito.

La parte di studio relativa all'analisi delle interferenze su flora, fauna ed ecosistemi ha preso in considerazione, come per l'ambiente atmosferico, l'area vasta, in relazione ai potenziali effetti sulla vegetazione connessi con la dispersione degli effluenti gassosi.

L'esame degli aspetti di salute pubblica ha interessato la situazione statistico-sanitaria della popolazione residente nelle Province di Rovigo e Ferrara e in quella più prossima al sito, seguita dall'analisi degli effetti dell'impianto sulla qualità dell'aria sotto il profilo igienico-sanitario.

L'attuale rumorosità ambientale è stata caratterizzata, con particolare riferimento alle zone sensibili al rumore, in un ambito territoriale di circa 1 km di raggio intorno all'impianto; le precedenti esperienze dimostrano infatti che già a distanze di questo ordine di grandezza non sono più rilevabili gli effetti sonori di un impianto del tipo di quello in esame.

Per le radiazioni elettromagnetiche è stata considerata l'area interessata dal collegamento elettrico alla rete di distribuzione nazionale.

Per l'analisi del paesaggio è stato preso a riferimento un ambito territoriale riferito al bacino di intervisibilità ed è stata considerata la presenza di punti di vista significativi e di percorsi ad alta fruizione visiva.



4.1.2. Inquadramento fisico e antropico

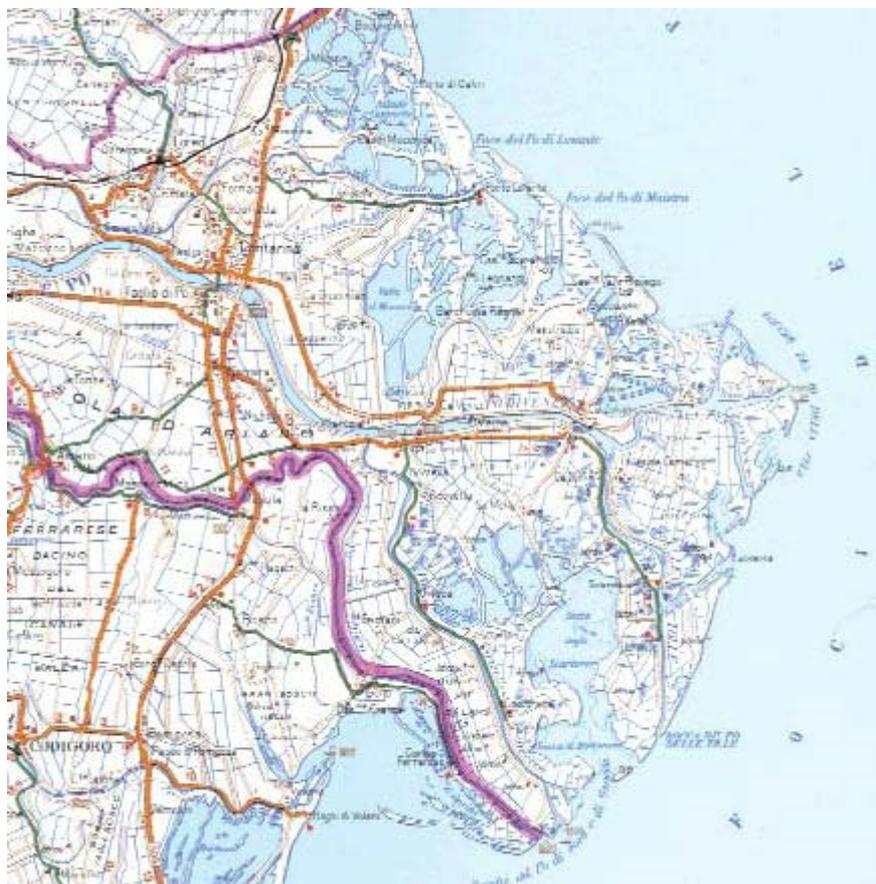
4.1.2.1. Topografia e orografia

Il sito in esame si trova nella parte meridionale della Regione Veneto sul Delta del Po (Comune di Porto Tolle, Provincia di Rovigo; Figura 4.1.2.1-I).

Come noto, il Po è il fiume più importante e grande d'Italia:

- lunghezza del corso d'acqua: 652 km;
- area del bacino idrografico: 70.091 km²;
- portata media: 1.515 m³/sec (dati 1918-1981; www.regione.emilia-romagna.it).

Figura 4.1.2.1-I Stralcio della "Carta Regionale del Veneto" (Serie 250), relativa all'area del Delta del Po.



Per Delta del Po, attualmente, si intende la porzione di territorio, coincidente con una penisola, delimitata a Sud dalla Sacca di Goro e a Nord dal Porto di Levante, area assai inferiore a quella interessata nelle epoche passate (Olocene), in cui il "delta padano" era esteso all'intera fascia costiera compresa fra il Ravennate e la città di Chioggia (Bondesan et al., 1995).

La Centrale di Porto Tolle è situata nel Delta del Po, sulla sponda destra del ramo del Po di Pila, a circa 4 km dal suo sbocco in mare (Punta Maistra).



L'area di competenza dell'impianto è delimitata:

- a N dal ramo del Po di Pila;
- a E e SE dalla Sacca del Canarin;
- a S dallo specchio d'acqua che riceve il drenaggio dell'Idrovora Boscolo;
- a W dai terreni agricoli circostanti la località di Case Ocaro.

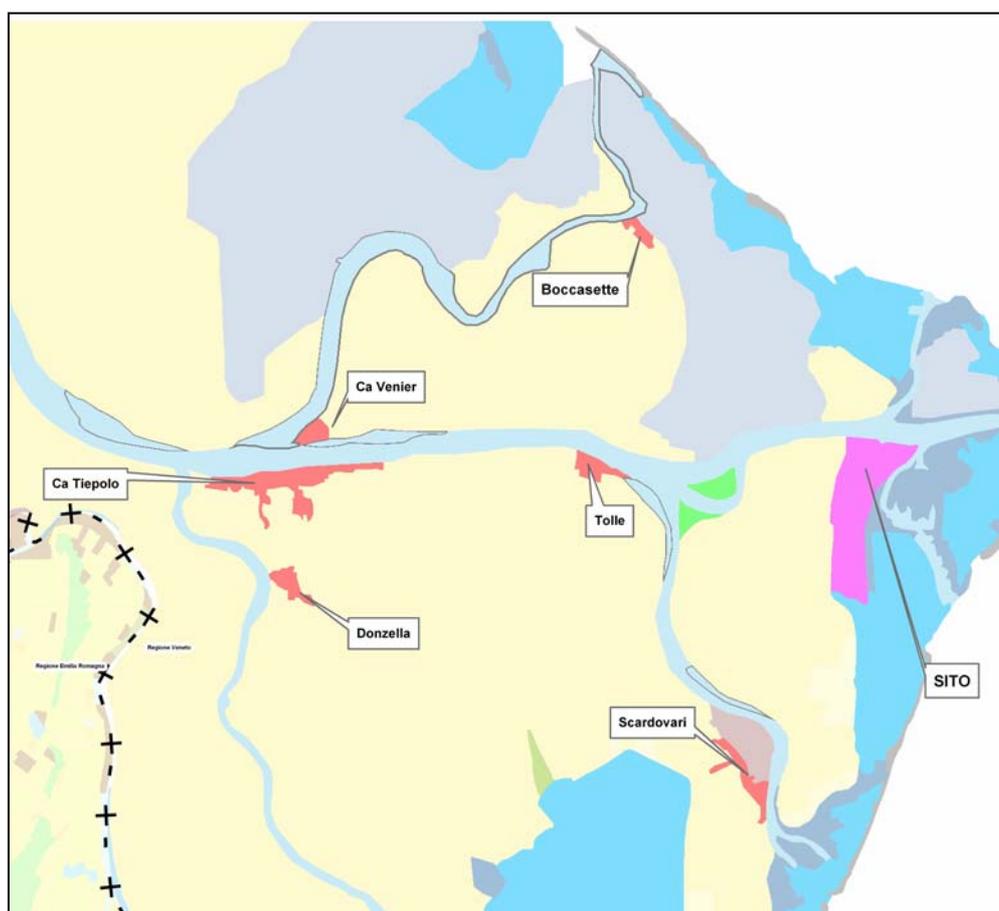


Figura 4.1.2.1-II Area di indagine.

Il territorio di origine alluvionale in cui si inserisce l'impianto è completamente pianeggiante, con quote topografiche prossime allo zero, che unitamente al fitto e geometrico reticolo di canali e alle numerose idrovore, che testimoniano gli estesi interventi di bonifica iniziati nel VI-X secolo d.C., che hanno ridotto drasticamente l'estensione delle aree paludose. Tali interventi di bonifica, insieme all'emungimento delle acque metanifere dai giacimenti quaternari, hanno modificato pesantemente il paesaggio, accentuando gli abbassamenti dell'area del delta, già soggetto naturalmente a fenomeni di subsidenza, con il risultato che: *"oggi la maggior parte del territorio si trova sotto il livello del mare (con bordi elevati verso mare e una vasta depressione al centro) ed è dominato, per parecchi metri, dalle piene dei rami pensili del Po"* (Simeoni, 2004).

I rilievi montuosi più vicini si trovano in altre province, a circa un centinaio di km a NW e a SW.



4.1.2.2. Uso del suolo

Per la caratterizzazione dell'uso del suolo è stata presa in esame l'area vasta (24x25 km) potenzialmente interessata dalla ricaduta al suolo delle emissioni gassose della centrale nel nuovo assetto.

L'analisi dell'uso del suolo è stata condotta sulla base dei dati disponibili presso la Regione Veneto e la Regione Emilia Romagna. Per quanto riguarda la Regione Veneto, si dispone dei dati vettoriali dell'uso del suolo "Corine Land Cover" riferiti al 1992 e realizzati alla scala di 1:100.000, mentre per la Regione Emilia Romagna si dispone di una banca dati vettoriale dell'uso del suolo alla scala 1:25.000 riferita al periodo 1996-97. La **Tavola 4.1.2.2/a** riporta la cartografia derivata dai dati vettoriali disponibili; la tavola mostra due legende di classi di uso del suolo, una per ogni area regionale, poiché le banche dati vettoriali utilizzate si basano su classificazioni difficilmente collegabili.

Le tipologie di uso del suolo individuate nell'area considerata sono elencate, con le rispettive estensioni, nella Tabella 4.1.2.2-I (Regione Veneto CLC90) e nella Tabella 4.1.2.2-II (Regione Emilia Romagna); le percentuali di superficie sono riferite alle singole porzioni di territorio regionale (421,8 km² per il Veneto e 48,45 km² per l'Emilia Romagna), escludendo la porzione di mare presente nell'area considerata (129,75 km²).

Tabella 4.1.2.2-I Uso del suolo della parte di area vasta nel territorio della Regione Veneto (dati CLC della Regione Veneto)

Codice Corine Land Cover	Descrizione	Area km ²	Area %
112	Urbano discontinuo	3,4	0,80
121	Aree industriali	4,2	1,00
131	Aree estrattive	0,3	0,07
142	Aree ricreative	0,5	0,12
211	Seminativi non irrigui	247,7	58,72
213	Risaie	3,7	0,89
243	Territ. agrari + veg. naturale	1,6	0,39
311	Boschi di latifoglie	0,7	0,16
324	Vegetazione in evoluzione	0,3	0,08
331	Spiagge, dune, sabbie	2,1	0,50
411	Paludi interne	7,6	1,80
421	Paludi salmastre	9,5	2,26
422	Saline / Valli da pesca	65,1	15,44
511	Fiumi, canali, idrovie	22,3	5,29
521	Lagune litoranee	52,7	12,49
TOTALE		421,8	100,00



Tabella 4.1.2.2-II Uso del suolo della parte di area vasta nel territorio della Regione Emilia Romagna (dati uso del suolo della Regione Emilia Romagna)

Codice Regione Emilia Romagna	Descrizione	Area km ²	Area %
Al	Corsi d'acqua	1,08	2,2
B	Formazioni boschive a prevalenza di latifoglie	7,36	15,2
Br	Rimboschimenti recenti	0,03	0,1
C	Colture specializzate miste (frutteti e vigneti)	0,14	0,3
Cp	Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	2,35	4,9
Ct	Frutteti	0,24	0,5
Cv	Vigneti	0,23	0,5
I	Zone urbanizzate	0,71	1,5
Iv	Zone verdi urbane e impianti sportivi	0,06	0,1
S	Seminativi	34,55	71,3
Zi	Zone industriali	0,35	0,7
Zn	Aree portuali	0,16	0,3
Zp	Zone umide	0,91	1,9
Zs	Cespuglieti	0,28	0,6
TOTALE		48,45	100,0

Per quanto riguarda la Regione Veneto, l'informazione fondamentale, che emerge dall'analisi della tabella 4.1.2.2/I, è la prevalenza delle aree a seminativo non irriguo (211) che coprono circa il 59% dell'area mappata, a testimonianza di un'influenza antropica consistente.

Le valli da pesca (422) e le lagune litoranee (521) rappresentano rispettivamente il 15 % e il 13 % circa dell'area veneta.

Nel resto del territorio (13%) prevalgono le superfici coperte da acque interne (511), con il 5 % circa, mentre le paludi salmastre (421) e le paludi interne (411) raggiungono complessivamente il 4 % della superficie.

Le aree ad intesa attività antropica (112 Urbano discontinuo e 121 Aree industriali) occupano complessivamente il 2 % circa del territorio veneto.

Il territorio della Regione Emilia Romagna, che rappresenta una modesta porzione dell'area considerata, mostra una situazione analoga a quella sopra descritta.

I seminativi (S), con il 71 % circa del territorio, in associazione con le colture da legno specializzate (5% circa della superficie), rappresentate prevalentemente dai pioppeti, costituiscono l'uso prevalente del suolo della porzione emiliana.

La percentuale del 15% assegnata alle formazioni boschive (B) non è rappresentativa della reale situazione del territorio emiliano di pianura, poiché la formazione che contribuisce ad elevare questa percentuale è una delle poche formazioni relitte di bosco planiziale (Bosco della Mesola) di tutta la pianura padana.



4.1.2.3. Elementi di idrografia e oceanografia

Descrizione del reticolo idrografico generale

Il Po nasce dal Monviso a Pian del Re, a quota 2022 m s.l.m., e si dirige inizialmente in direzione nord fino a Torino per poi scorrere decisamente verso est fino al Mare Adriatico, lungo il 45° parallelo, attraversando il Piemonte, la Lombardia, l'Emilia Romagna e il Veneto.

Il fiume riceve i contributi degli affluenti alpini e appenninici che presentano diverso comportamento per le differenti situazioni idrologiche e conformazioni geologiche dei rispettivi bacini imbriferi. Il bacino imbrifero padano ha una superficie complessiva di 70091 km² ed è chiuso a Pontelagoscuro, località all'inizio del delta, che dista dal mare circa 96 km.

Dopo la confluenza con il Panaro, ultimo affluente, il fiume scorre solitario per 60 km fino a Serravalle, dove inizia il delta (51 km dal mare) con l'incile del Po di Goro e da qui, proseguendo verso il mare lungo il ramo principale, si incontrano il Po della Donzella o di Gnocca, il Po di Maistra, il Po delle Tolle, a valle del quale inizia il Po della Pila che si divide in tre buse, una diretta a nord, una a est e l'ultima, la meno importante, a sud.

Per delta padano si intende il territorio prospiciente il Mare Adriatico, delimitato dalla foce dell'Adige a nord. Verso l'entroterra la linea di demarcazione inizia in località Serravalle e continua verso nord seguendo la linea Loreo-Rosolina, foce Adige, mentre a sud il delta è praticamente delimitato dal Po di Goro. Il suo territorio si sviluppa su un'area complessiva di 730 km², quasi equamente distribuita a nord e a sud della direttrice Serravalle – foce Po della Pila.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



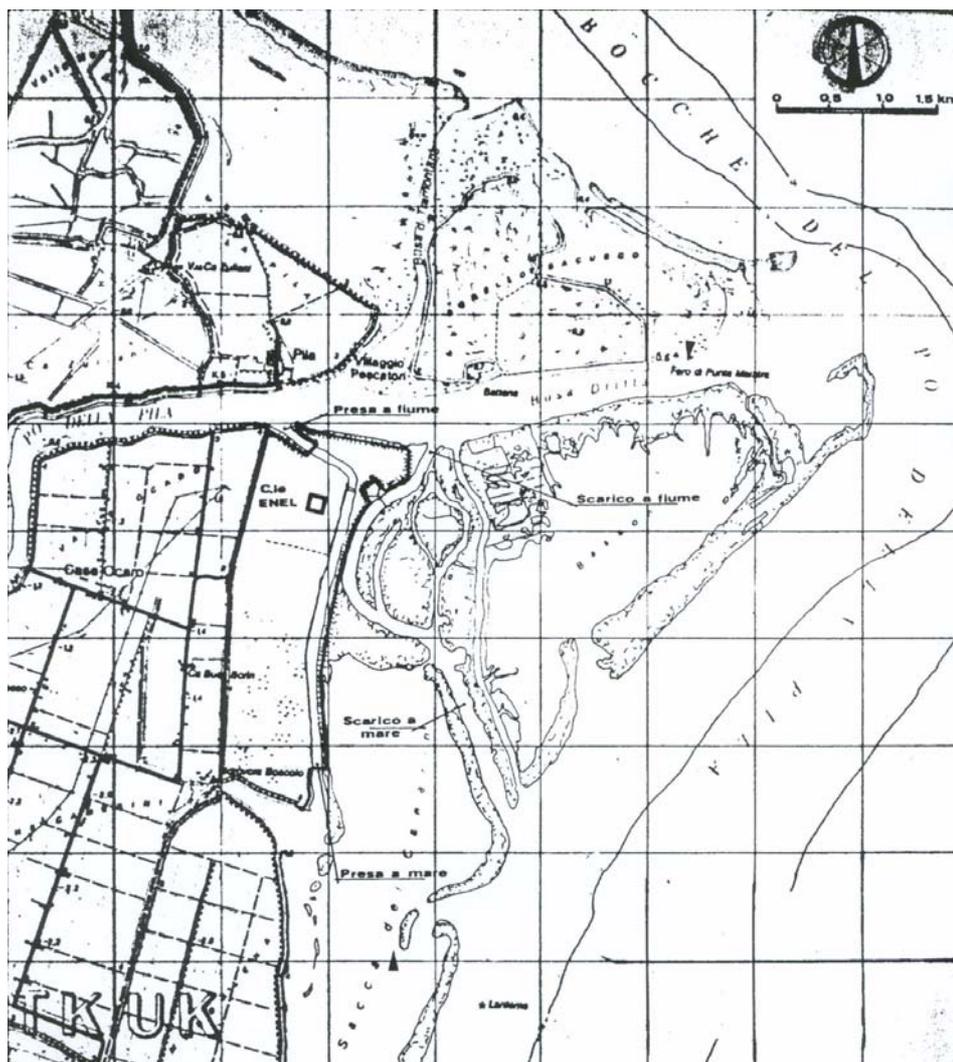
Nell'attuale configurazione del delta padano, enorme importanza hanno avuto nei secoli gli interventi dell'uomo volti soprattutto a deviare verso sud-est la generale tendenza del fiume a dirigersi verso nord.

Descrizione del reticolo idrografico locale

Il reticolo idrografico del delta padano è caratterizzato dai rami in cui si ripartisce il fiume Po nell'area di foce e da una fitta rete di canali di bonifica necessari per convogliare a mare le acque drenate dalle terre coltivate del Polesine Rovigino.

In prossimità della Centrale di Porto Tolle, il reticolo idrografico è formato dal fiume Po con il ramo principale di Pila e con i rami secondari Po di Maistra e Busa di Tramontana a Nord, Po della Donzella o di Gnocca, Po di Tolle e Busa di Scirocco a Sud.

La centrale termoelettrica dell'Enel interagisce con il reticolo idrografico locale in quanto utilizza per il raffreddamento dei condensatori l'acqua prelevata e scaricata sia in fiume che in mare. Di seguito è riportata una planimetria generale del sito con l'ubicazione della centrale e delle opere di presa e scarico a fiume e a mare.



Analisi del regime idrologico locale

Il regime idrologico del fiume Po riveste particolare interesse nelle indagini a carattere naturalistico in quanto i diversi parametri chimico-fisici e le grandezze biologiche sono correlati in modo stretto con l'andamento delle portate del Po oltre che con il ciclo stagionale.

La caratterizzazione del regime è sempre stata effettuata utilizzando come portate di riferimento quelle del Po alla sezione di Pontelagoscuro, i cui dati dal 1918 sono stati oggetto di pubblicazione da parte dell'Ufficio Idrografico del Po di Parma.

Di seguito è riportata la statistica delle portate medie mensili del periodo 1918 ÷ 1989.

Po a Pontelagoscuro - Portate medie mensili [m ³ /s]												
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Media	1208	1294	1570	1641	1988	1861	1202	963	1312	1688	1849	1417
Minima	424	540	698	444	365	401	350	330	473	518	548	467
Massima	3030	3140	3410	3260	4850	3870	2600	2690	3090	4630	5180	4850

L'analisi delle portate rivela, rispetto al valore di 1500 m³/s, molto prossimo alla portata media annua del periodo 1918 ÷ 1989:

- un surplus primaverile prolungato sino a giugno che si ripete nel corso degli anni;
- un surplus autunnale, localizzato nei mesi di ottobre e novembre e discontinuo negli anni, e con frequenti assenze nell'ultimo periodo (1980 ÷ 1989);
- un deficit estivo (luglio, agosto e settembre) e un deficit invernale (dicembre e gennaio), molto frequente nell'ultimo periodo.

In particolare si segnala che l'ultimo decennio, di cui si dispongono i dati (1980 ÷ 1989), è stato alquanto diverso dal precedente per quanto riguarda le portate di magra.

Si nota infatti che le magre estive (mesi di luglio e agosto) sono state molto meno gravi nel decennio '80 ÷ '89 rispetto al '70 ÷ '79. Se infatti si toglie il 1977, noto per le sue eccezionali portate manifestatesi per tutto l'anno, si vede che la media delle portate minime giornaliere di luglio passa da 603 m³/s nel decennio '70 ÷ '79 a 711 m³/s nel decennio '80 ÷ '89 (100 m³/s in più) e quella di agosto da 849 m³/s a 1003 m³/s (150 m³/s in più). Ciononostante il decennio 1980 ÷ 1989 è stato caratterizzato da un deflusso globalmente minore (circa il 12%) rispetto al precedente in quanto negli ultimi anni sono mancate le piene autunnali e si sono avute delle eccezionali magre invernali con valori giornalieri e decadici più bassi di quelli estivi.

Nell'analisi del regime idrologico del fiume risultano inoltre di particolare interesse la ripartizione della portata del Po tra i vari rami del delta e la presenza di un cuneo salino che risale per vari chilometri il letto fluviale.



Ripartizione della portata del Po tra i rami del delta

La determinazione delle portate nei vari rami del delta è utile per valutare l'efficienza relativa di deflusso e dell'eventuale sua variazione nel tempo e le variazioni di portata in ciascun ramo in relazione alle variazioni del livello di marea. Dalla sintesi dei risultati delle indagini condotte in passato dall'Ufficio Idrologico del Po e di quelli attuali, relativi alle misure Enel, si può dire che le misure effettuate nel periodo 1970÷1989 hanno confermato l'aumento di attività nel Po di Goro e di Maistra, la riduzione del Po di Pila, tendenza già in atto nel periodo precedente (1959÷1960), mentre per il Po di Gnocca sono stati confermati i valori del periodo 1958÷1960, almeno per portate medio basse. Per il Po di Tolle, che aveva visto ridursi la sua efficienza dal 1926 al 1958, le indagini svolte nel periodo 1970 ÷1981 hanno evidenziato un recupero di attività del ramo.

Nella tabella seguente sono riportati i valori medi percentuali di ripartizione delle portate del Po tra i vari rami del delta nel periodo 1970 ÷1983.

Ripartizione percentuale della portata del Po nei rami del delta				
Po di Goro	Po di Gnocca	Po di Maistra	Po di Tolle	Po di Pila
10,6 %	16,3 %	4,4 %	19,3 %	49,4 %

Presenza del cuneo salino

Il progressivo abbassamento dell'alveo fluviale del Po, da attribuire al fenomeno della subsidenza, comporta come conseguenza una aumentata intrusione del cuneo salino rispetto al passato.

La risalita dell'acqua salata lungo i rami del delta riveste particolare importanza sia nei riguardi dell'esercizio della centrale per il problema del ricircolo dell'acqua calda di scarico e per il prelievo di acqua per i servizi dell'impianto, sia per l'impossibilità di utilizzare le acque per scopi irrigui quando la salinità supera determinati valori.

I rilievi sperimentali effettuati dal 1973 al 1975 e nel 1981 hanno permesso di conoscere il comportamento della risalita del cuneo salino lungo le tre buse del Po di Pila, lungo il Po di Pila stesso e lungo il Po di Gnocca.

Il cuneo salino si è presentato normalmente ben stratificato, talvolta parzialmente mescolato e raramente, solo in occasione di accentuate magre, totalmente mescolato.

Carattere di eccezionalità ha avuto l'evento di risalita del cuneo salino del luglio 1976 quando la portata del Po a Pontelagoscuro, scesa a soli 350 m³/s, ha favorito un'intrusione salina per circa 17 km misurati a partire dal faro di Punta Maistra.

I risultati delle indagini Enel confrontati con quelli degli anni 1931÷1934 e 1958÷1968, hanno dimostrato che il fenomeno dell'intrusione del cuneo salino ha assunto proporzioni molto più estese rispetto al passato a causa dell'abbassamento dell'area deltizia.

L'aggiornamento dei dati di intrusione salina sulla base di misure eseguite da Enel nel 1990, ha consentito di arrivare alle seguenti conclusioni:



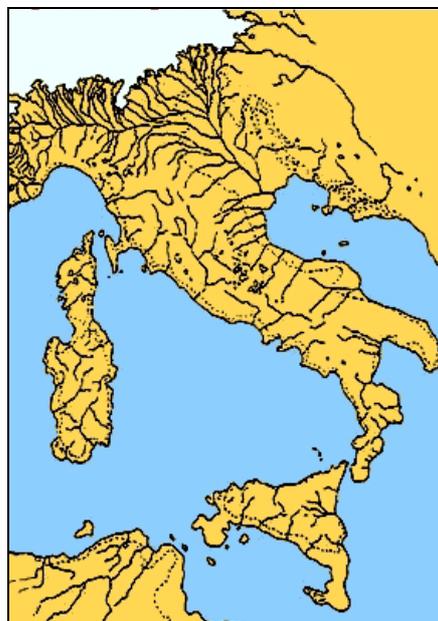
- per portate del Po a Pontelagoscuro inferiori a 1500 m³/s, il cuneo salino si propaga all'interno del delta (con portate inferiori ai 400 m³/s la risalita può superare i 15 km);
- per valori di portata superiori a un valore di soglia stimato intorno a 1500 m³/s, la salinità è praticamente assente nei diversi tronchi fluviali;
- per portate comprese tra 600 e 1100 m³/s, la testa del cuneo salino nel momento di massima marea verrebbe a trovarsi tra la busa Dritta e l'abitato di Case Ocaro.

4.1.2.4. Elementi di geologia

Il sito in esame è situato sul Delta del Po, cioè all'interno dell'area costiera della Pianura Padana. Al di sotto della vasta area attualmente occupata da questa pianura, si trova un ingente spessore di sedimenti e un sistema strutturale che diventa via via più complesso verso i settori meridionali, ubicati al limite del margine appenninico. In questa fascia è infatti ormai accertato che la struttura tettonica dell'Appennino Settentrionale prosegue sepolta al di sotto della pianura per circa quaranta chilometri entro la zona di avanfossa (A.A., 1994). Questa ultima appare interessata da grandi faglie inverse, con superfici di sovrascorrimento a basso angolo (accavallamenti), immerse verso S-SO e con trasporto verso N-NE (Cassano et al., 1986; Castellarin et al., 1986). L'avanfossa, attiva sin dal Cenozoico (65 milioni di anni), fungeva da bacino di deposito per i sedimenti provenienti dalle limitrofe catene e grazie all'elevato tasso di subsidenza ha permesso l'accumulo di elevati spessori di depositi. Dopo l'evento evaporitico del Messiniano, causato dall'interruzione dello Stretto di Gibilterra in conseguenza della tettonica attiva della zona, nel Pliocene i depositi evaporitici furono ricoperti dal mare, grazie al ripristino del collegamento tra il Mediterraneo e l'Atlantico. La sua linea di costa arrivò probabilmente a lambire gli Appennini, conservando occasionali bracci di comunicazione tra le aree del Tirreno e dell'Adriatico. La depressione attualmente occupata dalla Pianura Padana, cominciò così a colmarsi di sedimenti in concomitanza con la graduale emersione della catena e durante il Quaternario, l'era geologica attuale, iniziò il graduale ritiro del mare pliocenico (regressione).



Figura 4.1.2.4-I Condizione di emersione di vaste aree della penisola italiana durante le regressioni marine del Pleistocene (da: www.regione.emilia-romagna.it/geologia)



Il termine geologico *“regressione”*, così come quello di *“trasgressione”*, si riferisce a movimenti orizzontali della linea di costa rispetto ad una precedente situazione di riferimento e rappresenta fenomeni strettamente legati al rapporto tra la quantità di sedimento disponibile e le variazioni relative del livello del mare (Bosellini et al., 1994). L'attuale posizione della linea di costa è stata raggiunta non attraverso una lunga e continua fase regressiva del livello marino, ma tramite un ciclo trasgressivo-regressivo, caratterizzato cioè da arretramenti e avanzamenti della linea di costa e dalla conseguente alternanza di sedimentazione di tipo marino e continentale.

Tra le cause che nel Quaternario hanno maggiormente inciso sulle variazioni del livello marino vi sono i fenomeni connessi alle glaciazioni. Nel Quaternario si sono alternate varie fasi glaciali a periodi caldi. Nei periodi di glaciazione il livello del mare si è abbassato (regressione), in seguito all'immagazzinamento di considerevoli quantità di acqua nelle calotte polari e nei ghiacciai terrestri, mentre nei periodi interglaciali, l'aumento della temperatura ha provocato lo scioglimento dei ghiacciai e, quindi, il nuovo innalzamento del livello marino (trasgressione). Durante l'ultima glaciazione (Würmiana), l'attuale Mare Adriatico si trovava oltre 100 metri sotto il livello attuale (Bosellini et al., 1994). Successivamente, l'innalzamento delle temperature e la conseguente fusione dei ghiacciai hanno accentuato l'erosione delle catene montuose da parte dei corsi d'acqua formatisi, con conseguente accumulo di materiale detritico sul fondo marino, generando così il riempimento definitivo dello spazio occupato dall'attuale pianura padana e l'instaurazione del relativo sistema di bacini idrici (sostanzialmente i grandi laghi alpini) e di corsi d'acqua. L'attuale Mare Adriatico rappresenta ciò che rimane del mare



pliocenico dopo la regressione; l'attuale avanfossa appenninica e alpina che accoglie i sedimenti smantellati da queste due catene.

L'assetto morfologico del territorio è il risultato dell'evoluzione Olocenica della pianura, con particolare riguardo agli ultimi 3000 anni, con la progradazione dell'apparato deltizio del Po, che fece seguito alla trasgressione Flandriana. Nella zona di interesse, coincidente appunto con il Delta del Po, la Pianura Padana presenta le tipiche morfologie delle piane costiere, elementi di raccordo fra le piane alluvionali e gli ambienti marini e sedi dell'azione congiunta dei fenomeni di sedimentazione fluviale e marina. Inoltre, dal punto di vista geologico-morfologico, poiché il fiume Po è il collettore di tutto il sistema delle acque della Pianura Padana e dell'arco alpino, il suo ampio delta nel Mare Adriatico è anche caratterizzato sia dai depositi alluvionali che da quelli fluvioglaciali risalenti all'Era Quaternaria. Infatti le tipiche successioni sedimentarie delle piane costiere si distinguono per la peculiare alternanza di depositi alluvionali (sabbie e limi), di laguna e palude costiera (argille e torbe), di spiaggia (sabbie) e di mare (sabbie e fanghi marini); (www.regione.emilia-romagna.it/geologia ; Figura 4.1.2.4-II). Sovrastanti i depositi sabbiosi si rinvengono materiali di tipo argilloso, noti come "*Argille di Porto Tolle*" (Jamiolkowski & Bogetti, 1975; Jamiolkowski et al., 1980).

Il Delta del Po ha una forma irregolare (non a "*ventaglio*"), dovuta alle numerose rotte fluviali ed esondazioni, sia naturali che antropiche, che si sono manifestate durante la sua evoluzione (www.deltadelpo.it). Questo delta è da considerarsi tuttora come una struttura in evoluzione. La sua morfologia è fortemente influenzata sia dalla subsidenza (sprofondamento), sia dall'equilibrio che si instaura tra i detriti trasportati dal fiume e i materiali asportati continuamente dal moto ondoso marino. L'evoluzione morfologica del delta è quindi fortemente connessa a:

- energia e direzione del moto ondoso;
- correnti lungo riva;
- quantità di sedimento disponibile;
- profondità dei fondali.

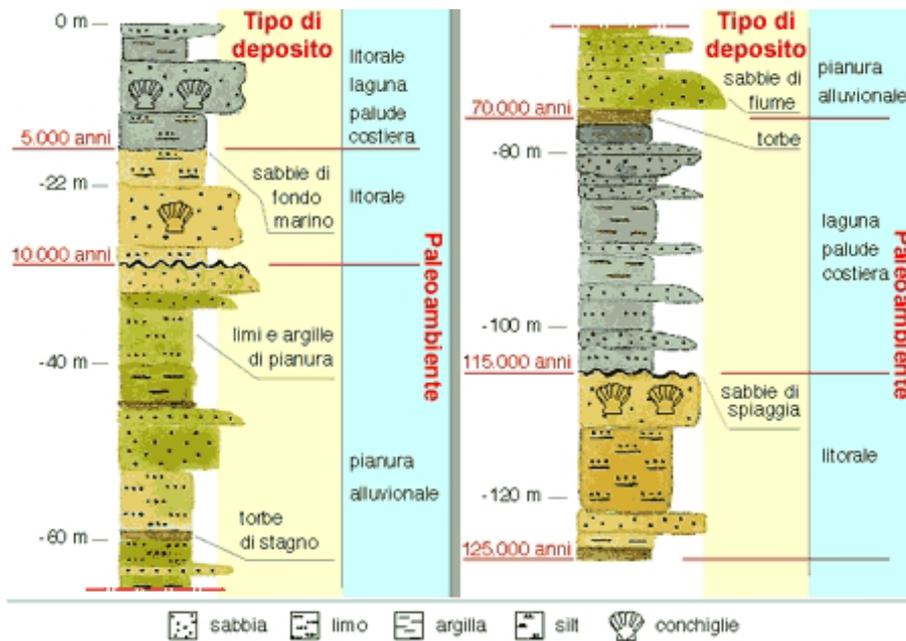
Pertanto, anche se la tendenza generale della linea di riva è quella di un progressivo avanzamento verso il mare (Figura 4.1.2.4-III-Figura 4.1.2.4-IV), si presentano anche alternativamente fenomeni di arretramento. L'interazione tra i fenomeni di subsidenza (artificiale e naturale), la mancata aggradazione della pianura e il prosciugamento di specchi d'acqua, il cui fondo era già assai depresso, hanno implicato, e causano tuttora, l'abbassamento della superficie topografia al di sotto del livello di base del mare, provocando la suddivisione dell'intera piana costiera in "*polder*" (MURST, 1997) e la possibile ingressione delle acque marine verso l'interno. Al fine di contrastare questi fenomeni sono state costruite dighe a mare e altre più arretrate (Figura 4.1.2.4-IV), mentre per quanto concerne i fiumi sono stati rinforzati e rialzati gli argini, anche presso le foci (www.regione.emilia-romagna.it/geologia).



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Figura 4.1.2.4-II Depositi costieri (www.regione.emilia-romagna.it/geologia).

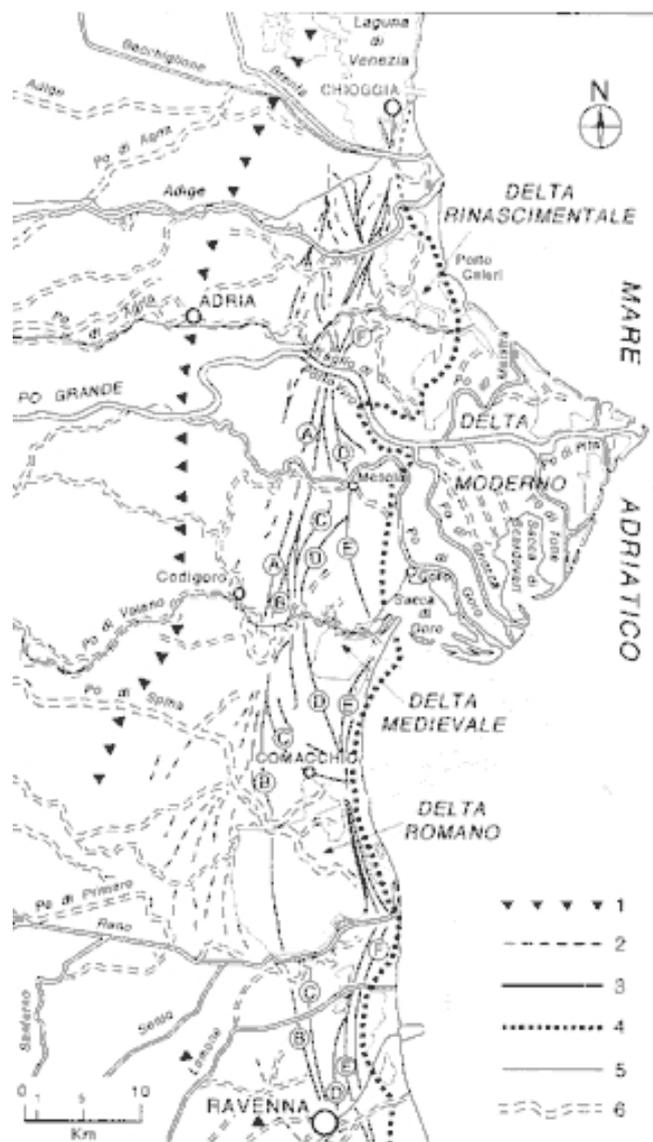


La parte attiva del delta è riconoscibile grazie alla sua particolare morfologia, "caratterizzata da corpi sedimentari allungati, è essenzialmente costituita da una successione di lidi, frecce litorali ed isolotti, larghi poche centinaia di metri e lunghi anche alcuni chilometri, formati dalla sabbia trasportata dai diversi rami del fiume e sospinta dalle correnti marine. Essi si sviluppano, con andamento quasi rettilineo, dalla foce del Po di Pila generalmente lungo due direzioni: verso nord-ovest, fino alla foce del Po di Levante, e verso sud-ovest, fino alla foce di Po di Goro" (Simeoni, 2004).

Tali sistemi morfologici separano l'ambiente tipicamente marino dalla fascia degli scanni e delle dune, che costituiscono la prima barriera verso il mare prodotta dai depositi sedimentari. Seguono i bonelli (la naturale evoluzione degli scanni), che rivestono il ruolo di stabilizzatori delle fasce alluvionali retrostanti, e le dune fossili, resti degli antichi cordoni litoranei del Po (Rallo, 1999). L'avanzamento del litorale causa anche la formazione di lagune e sacche salmastre, delimitate dagli scanni e dai bonelli e ancora in comunicazione con il mare, di barene, valli (destinate alla venericoltura ed itticoltura) e alvei senili. Il Delta del Po risulta così costituito da vari canali distributori, tra i quali si interpongono baie, generalmente allagate, dove le acque fluviali si mescolano a quelle del Mare Adriatico.



Figura 4.1.2.4-III Carta geomorfologica dell'area deltizia del Po (www.regione.emilia-romagna.it/geologia).



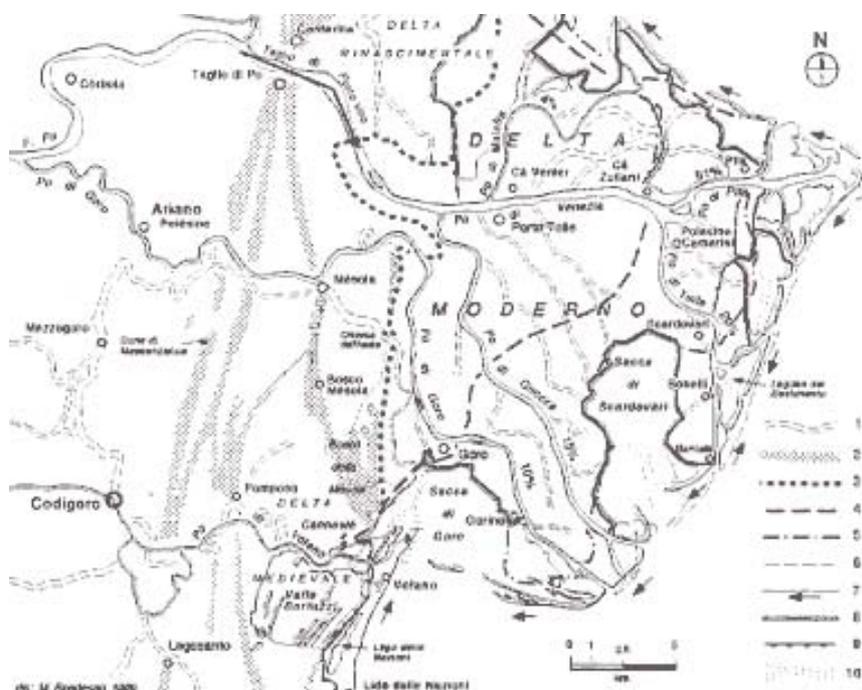
1. Probabile posizione della costa nella massima trasgressione post-glaciale.
2. Cordoni litoranei sepolti.
3. Cordoni litoranei affioranti, di età:
 - A = transizione Sub-Boreale Sub-Atlantico;
 - B = 6°-4° sec.d.C.;
 - C = 1°-2° sec.d.C.;
 - D = intorno al 5° sec.d.C.;
 - E = intorno al 10° sec.d.C.;
 - F = nel 14° sec.d.C..
4. Linea di costa della fine del 16° sec..
5. Linea di costa attuale.
6. Paleoalvei principali.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Figura 4.1.2.4-IV Area deltizia padana: parte centrale (per i cinque rami deltizi sono indicate le portate percentuali); (www.regione.emilia-romagna.it/geologia).



1. Paleoalvei principali.
2. Paleodune.
3. Linea di costa alla fine del XVII sec..
4. Linea di costa del 1735.
5. Linea di costa del 1835.
6. Linea di costa del 1954.
7. Linea di costa attuale e principali direzioni di deriva dei sedimenti.
8. Dighe a mare e a laguna.
9. Argini interni contro l'allagamento da mare.
10. Canali lagunari.

4.1.2.5. Cenni di sismologia

Nella classificazione del Servizio Sismico Nazionale definita dai decreti emessi fino al 1984, la sismicità è definita attraverso il "grado di sismicità" S ; nella proposta di riclassificazione del GdL del 1998 si utilizzano 3 categorie sismiche, più una categoria di Comuni Non Classificati (NC). Nella classificazione 2003, la sismicità è definita mediante quattro zone, numerate da 1 a 4, in base all' Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la riclassificazione sismica del territorio nazionale e di normative recanti tecniche per le costruzioni in zone sismiche" (G.U. n. 105 del 8 maggio 2003). La corrispondenza fra queste diverse definizioni è riportata di seguito: Il territorio del Comune di Porto Tolle, con riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e successive modificazioni, è inserito in zona sismica 4 ($a_g = 0.05g$).



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.1.2.6. Popolazione e attività antropiche

Assetto demografico

Le statistiche demografiche ISTAT dal 1961 al 2002 (Tabella 4.1.2.6-I) indicano che, in linea con il dato medio nazionale, nelle Regioni Emilia Romagna e Veneto, la consistenza della popolazione residente è in costante crescita, ad eccezione del modesto calo nel decennio 1981-1991 registrato in Emilia Romagna.

In netta contro-tendenza con i dati regionali, l'andamento dei residenti nelle Province di Ferrara e Rovigo è in calo dal 1961, ad eccezione del lieve incremento nel decennio 1971-1981 registrato nella Provincia di Rovigo.

Tra il 1961 e il 2002, infatti, in Italia, Emilia Romagna e Veneto si osservano variazioni dei residenti rispettivamente di circa il +13%, +10% e +19%.

Questo bilancio risulta pari a circa -15% e -13% rispettivamente le Province di Ferrara e Rovigo.

Tabella 4.1.2.6-I - Popolazione residente e Indice di Vecchiaia in Italia, Emilia Romagna, Veneto e nelle Province di Ferrara e Rovigo (ISTAT, 1961-2002)

	1961	1971	1981	1991	2002
Residenti Italia (n.)	50.623.569	54.136.547	56.556.911	56.778.031	57.321.070
Residenti Regione Emilia Romagna (n.)	3.666.680	3.846.755	3.957.513	3.909.512	4.030.220
Residenti Regione Veneto (n.)	3.846.562	4.123.411	4.345.047	4.380.797	4.577.408
Residenti Provincia di Ferrara (n.)	403.218	383.639	381.118	360.763	344.025
Residenti Provincia di Rovigo (n.)	277.811	251.908	253.508	248.004	242.608
<hr/>					
Indice di vecchiaia in Italia [*]	41,9	49,1	66,8	105,2	143,9
Indice di vecchiaia nella Regione Emilia Romagna [*]	58,9	69,8	104,2	187,6	202,2
Indice di vecchiaia nella Regione Veneto [*]	40,0	46,1	67,2	117,4	145,2
Indice di vecchiaia in Provincia di Ferrara [*]	49,1	67,7	105,5	214,6	283,0
Indice di vecchiaia in Provincia di Rovigo [*]	42,0	59,4	83,9	142,6	214,5

[*] Rapporto % tra la popolazione in età ≥ 65 anni e quella in età < 14 anni



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Nell'ambito territoriale circostante il sito (Tabella 4.1.2.6-II), sia nei comuni in Provincia di Ferrara (Codigoro, Goro e Mesola) che in quelli in Provincia di Rovigo (Ariano nel Polesine, Porto Tolle, Rosolina e Porto Viro⁷), si conferma tra il 1991 e il 2002 la tendenza alla diminuzione della popolazione residente ad eccezione dei Comuni di Rosolina e Porto Viro, con incrementi rispettivamente del 9% e del 2%.

Tabella 4.1.2.6-II - Popolazione residente nei comuni circostanti il sito (ISTAT)

Comune	Sup. (km ²)	Dati 1991		Dati 2002	
		Residenti (n.)	Densità (Ab./km ²)	Residenti (n.)	Densità (Ab./km ²)
Codigoro	169,97	13.895	82	12.970	76
Goro	31,09	4.410	142	4.044	130
Mesola	84,17	7.963	95	7.453	89
Ariano nel Polesine	80,92	5.239	65	4.859	60
Taglio di Po	79,41	8.538	108	8.359	105
Porto Tolle	226,04	11.070	49	10.569	47
Rosolina	73,01	5675	78	6.183	85
Porto Viro (*)	133,34	14.111	106	14.348	108

(*) Il Comune di Porto Viro è stato formato nel 1995 dall'unione dei comuni di Contarina e Donada

Il bilancio demografico per il 2003 (Tabella 4.1.2.6-III) mostra che il flusso migratorio è particolarmente importante per queste statistiche; è infatti la variabile che determina il segno del saldo annuo nelle Province di Ferrara e di Rovigo, mentre il bilancio naturale (tra natalità e mortalità) incide meno significativamente. Per quanto riguarda in particolare l'ambito territoriale circostante il sito, a Codigoro, Goro, Mesola e Porto Viro, il bilancio naturale risulta più importante del flusso migratorio mentre negli altri comuni prevale il flusso migratorio.

Analogamente a quanto si verifica in ambito nazionale, anche in Emilia Romagna e nel Veneto si assiste, tra il 1961 e il 2002, ad un progressivo invecchiamento della popolazione, con un aumento del peso relativo della componente demografica di età ≥65 anni; dalla Tabella 4.1.2.6-I (dati ISTAT), infatti, si rileva, per questo periodo, la continua crescita dell'Indice di Vecchiaia sia a livello regionale che provinciale.

Nel 2002 il rapporto tra la popolazione anziana e quella di età <14 anni si colloca intorno al 202% per l'Emilia Romagna, al 145% per il Veneto e al 283% e 214% rispettivamente per le Province di Ferrara e Rovigo (con il 144% a livello nazionale).

La distribuzione spaziale della popolazione nell'area circostante il sito è stata esaminata analizzando i dati ISTAT del 1991 relativi ai Comuni di Codigoro, Goro, Mesola, Ariano nel Polesine, Taglio di Po, Porto Tolle, Rosolina, Contarina e Donada (Tabella 4.1.2.6-II).

⁷ Il Comune di Porto Viro è stato formato nel 1995 dall'unione dei comuni di Contarina e Donada.



Tabella 4.1.2.6-III - Bilancio demografico 2003 nelle Provincie di Ferrara e Rovigo e nei principali comuni circostanti il sito (ISTAT)

	Provincia di Ferrara	Comune di Codigoro	Comune di Goro	Comune di Mesola	Comune di Rivigo	Comune di Ariano nel Polesine	Comune di Taglio di Po	Comune di Porto Tolle	Comune di Rosolina	Comune di Porto Viro
Popolazione residente al 1 gennaio	344.025	12.970	4.044	7.453	242.608	4.859	8.359	10.569	6.183	14.348
Morti vivi	2.334	54	30	43	1.682	30	65	64	48	79
Monti	4.567	185	44	111	2.817	71	79	98	35	167
Saldo naturale	-2.233	-131	-14	-68	-1.135	-41	-14	-34	13	-88
Iscritti	12.544	333	53	162	7.664	137	197	107	237	281
Cancellati	6.976	239	46	152	5.308	76	143	157	165	206
Saldo migratorio	5.568	94	7	10	2.356	61	54	50	72	75
Popolazione residente al 31 dicembre	347.360	12.933	4.037	7.395	243.829	4.879	8.399	10.485	6.268	14.335



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Tabella 4.1.2.6-IV - Distribuzione della popolazione nei dintorni del sito (ISTAT 1991)

COMUNE E LOCALITÀ	RESIDENTI (N.)	ABITAZIONI (N.)
Comune di CODIGORO		
Caprile	212	85
Codigoro	7.149	2.934
Italba	100	31
Mezzogoro	1.804	778
Pomposa	60	21
Pontelangorino	1.081	457
Pontemaodino	647	252
Torbiera	184	68
Volano	117	44
Case delle Motte	32	13
Case Fossetto	18	10
Case Straforini	188	84
Case Succi	31	10
Case Viebasse	41	19
Corte Bella	22	8
Corte Bice	20	6
Corte Ernestina	18	7
Corte Nuova Amiani	31	9
Corte Seminiato	23	10
Corte Trieste	26	9
Dossi Bianco	27	9
Dosso delle Anime	46	13
Fienile la Linea di Sopra	39	14
Tagliata 2	29	8
Tenuta Prati	20	6
Tenuta Prati 2	17	8
Tenuta Schiavina	29	13
Case sparse	1.884	759
Comune di GORO		
Gorino	682	240
Goro	3.516	1.254
Case sparse	212	64
Comune di MESOLA		
Ariano Ferrarese	1.052	460
Bosco Mesola	1.756	746
Italba	261	95
Massenzatica	272	137
Mesola	1.206	488
Monticelli	926	412
Santa Giustina	47	13
Alberazzo	39	17
Fondo	58	24



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



COMUNE E LOCALITÀ	RESIDENTI (N.)	ABITAZIONI (N.)
Ponte Trapella	23	12
Ribaldesa	49	24
Zeffo Rovere	26	8
Case sparse	2.248	821
Comune di ARIANO NEL POLESINE		
Ariano	1.910	796
Crociara	350	134
Gorino Veneto	47	18
Grillara	193	68
Piano	371	122
Riva'	838	301
Bacucco	30	10
Magazzini	84	24
San Basilio	19	11
Santamaria in Punta	60	25
Case sparse	1.337	471
Comune di TAGLIO DI PO		
L'Oca	296	112
Mazzorino	197	87
Taglio di Po	109	41
Bolandina	6.315	2.416
Borgo Polesinino	15	7
Polesinello	109	41
Presa Pisana	80	31
Case sparse	64	21
	1353	460
Comune di PORTO TOLLE		
Boccasette	233	87
Ca' Mello	141	46
Ca' Tiepolo	3.470	1.289
Ca' Venier	239	89
Ca' Zuliani	170	60
Donzella	1.045	427
Pila	339	123
Polesine Camerini	269	103
Santa Giulia	222	88
Scardovari	1.498	567
Tolle	356	129
Bonelli	182	64
Ca' Dolfin	53	23
Ca' Mora	30	18
Case Ocaro	56	19
Cassella	47	11
Maestrazza	35	10
San Giorgio	25	9
Villaggio Pescatori	38	18



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



COMUNE E LOCALITÀ	RESIDENTI (N.)	ABITAZIONI (N.)
Case sparse	2.619	791
Comune di ROSOLINA		
Isola Albarella	38	1.917
Rosolina	4.568	1.693
Rosolina Mare	198	3.955
Case sparse	871	309
Comune di CONTARINA (*)		
Ca' Cappellino	69	30
Contarina	7.570	2.752
Mea	45	15
Veniera	68	23
Villaregia	84	17
Ca' Pisani	74	6
Scanarello	10	7
Case sparse	304	119
Comune di DONADA (*)		
Ca' Cappello	76	24
Donada	5174	2080
Porto Levante	140	170
Case sparse	497	168

(*) Il Comune di Porto Viro è stato formato nel 1995 dall'unione dei comuni di Contarina e Donada



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



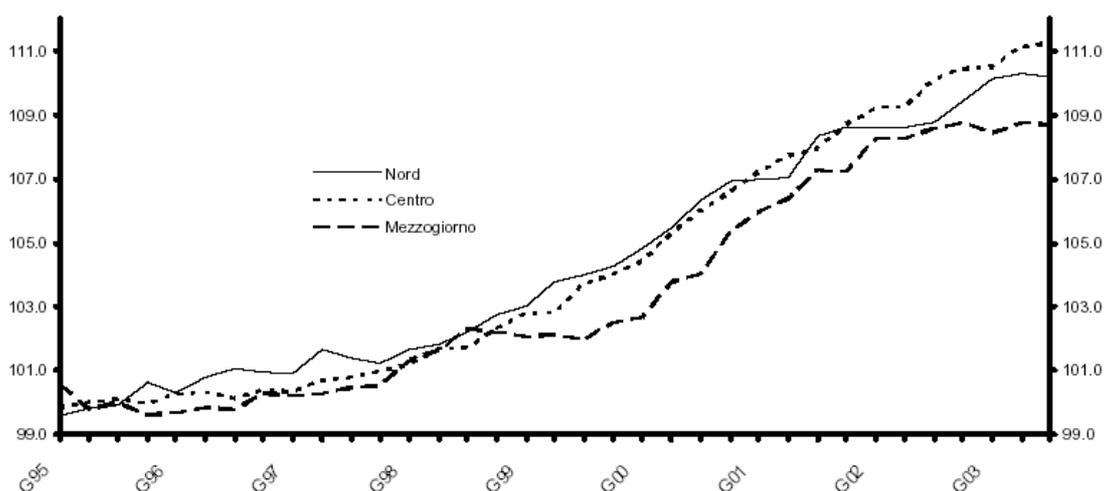
In questo ambito territoriale (circa 878 km²) nel 2002 risultano residenti circa 68.800 persone, con una densità complessiva intorno ai 78 abitanti/km² con oscillazioni da un minimo di 47 abitanti/km² a un massimo di 130 abitanti/km². I comuni più popolosi sono, in ordine decrescente, Porto Viro, Codigoro e Porto Tolle. Gli altri comuni ospitano meno di 9.000 persone ciascuno.

La popolazione si aggrega principalmente nei centri abitati che ospitano le sedi comunali (Tabella 4.1.2.6/IV).

Assetto socio-economico

Il livello di occupazione italiano (Figura 4.1.2.6-I) è in continua crescita tra il gennaio 1995 e il gennaio 2003 (anche al Sud), ma il divario tra Centro-Nord e Meridione si amplia mentre il Centro tende ad avvantaggiarsi (ISTAT, 2003).

Figura 4.1.2.6-I - Andamento dell'occupazione in Italia dal gennaio 1995 al dicembre 2003 (ISTAT; dati destagionalizzati; numeri indice, base media 1995 = 100)



Considerando i dati ISTAT del 2001 relativi al Sistema Locale del Lavoro (SLL)⁸ (Tabella 4.1.2.6-V), la situazione occupazionale nelle Province di Ferrara e

⁸ I Sistemi Locali del Lavoro sono aggregazioni territoriali sub regionali, definite dall'ISTAT, composte da più comuni, i cui confini sono costruiti in base ai flussi di pendolarismo casa-lavoro con il principio cosiddetto "dell'autocontenimento". In termini meno tecnici, si tratta di aree territoriali, composte da più comuni contigui fra loro, che sono delimitate sulla base della massimizzazione dei flussi di pendolari all'interno delle aree stesse e della minimizzazione dei flussi di pendolari fra aree diverse. In tal modo, i Sistemi Locali del Lavoro possono essere definiti come dei "mercati locali del lavoro", cioè delle aree territoriali all'interno delle quali i residenti vivono ed hanno anche il posto di lavoro. Tali aree sono delimitate in base ad un criterio economico, cioè la compresenza delle abitazioni e dei posti di lavoro per i medesimi soggetti residenti, e non ad un criterio amministrativo; quindi molti Sistemi Locali del Lavoro si trovano a cavallo fra diverse province ed anche diverse regioni.



Tabella 4.1.2.6-V - Stima degli occupati residenti e delle persone in cerca di occupazione per Sistema Locale del Lavoro (ISTAT, 1991) (dati in migliaia)

	Forze di lavoro							Tasso di disoccupazione	
	Popolazione con meno di 15 anni	Occupati	Persone in cerca di occupazione	Totale	Non Forze di lavoro	Popolazione con più di 15 anni	Popolazione totale		
ITALIA	8.264	21.514	2.267	23.781	33.567	49.084	57.348	43,8	9,5
SLL Provincia di FERRARA	42	189	8	198	229	385	427	49,1	4,2
SLL Provincia di ROVIGO	46	192	8	200	242	395	441	48,5	4,0
SLL Codigoro	2	11	1	11	13	22	24	49,1	4,7
SLL Adria	3	12	1	13	16	26	29	47,3	4,4
SLL Porto Tolle	5	19	1	20	23	38	43	50,0	4,4



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Rovigo e nei SLL di Codigoro, Adria e Porto Tolle, comprendenti i comuni dell'area circostante il sito, risulta migliore di quella che si riscontra a livello nazionale.

I tassi di attività nelle Province di Ferrara e Rovigo sono rispettivamente pari al 51,3% e al 50,5% e variano da un minimo del 49,5% ad un massimo del 52,3% nei SLL dell'area circostante il sito contro il 48,5% che si riscontra a livello nazionale.

Il tasso di disoccupazione risulta ovunque meno della metà di quello nazionale (9,5% a livello nazionale contro un minimo del 4% nella Provincia di Rovigo e un massimo del 4,7% nel SLL di Codigoro).

Per quanto riguarda la struttura del tessuto economico dell'area in esame (Tabella 4.1.2.6-VI), le statistiche relative al numero di Unità Locali⁹ delle Regioni Emilia Romagna e Veneto e delle Province di Ferrara e Rovigo, risultano simili, con una prevalenza delle attività di commercio e riparazione seguite dalle attività immobiliari, manifatturiere, dalle costruzioni e dagli altri servizi pubblici, sociali e personali. Tra le altre, si possono segnalare le attività ricadenti nei settori della sanità, dei trasporti e turistico (alberghi e ristoranti).

Queste statistiche si riflettono solo in parte in quelle dei comuni considerati.

In particolare a Goro e Porto Tolle l'attività di gran lunga prevalente è quella relativa al settore pesca, piscicoltura e servizi connessi.

A Porto Viro e a Taglio di Po, particolarmente importante risulta il settore delle costruzioni.

⁹ L'unità di rilevazione del censimento 2001 è l'unità locale, ossia il luogo fisico in cui le unità giuridico-economiche esercitano una o più attività economiche.

Unità giuridico-economica - Entità organizzativa finalizzata alla produzione di beni e servizi e dotata di autonomia decisionale, in particolare per quanto attiene alla destinazione delle sue risorse correnti. Le unità giuridico-economiche esercitano una o più attività economiche in uno o più luoghi. Le unità giuridico-economiche sono generalmente distinte in imprese, istituzioni pubbliche e istituzioni nonprofit, private o pubbliche.

Unità locale - Luogo fisico nel quale un'unità giuridico-economica (impresa, istituzione) esercita una o più attività economiche. L'unità locale corrisponde ad un'unità giuridico-economica o ad una sua parte, situata in una località topograficamente identificata da un indirizzo e da un numero civico. In tale località, o a partire da tale località, si esercitano delle attività economiche per le quali una o più persone lavorano (eventualmente a tempo parziale) per conto della stessa unità giuridico-economica. Costituiscono esempi di unità locale le seguenti tipologie: agenzia, albergo, ambulatorio, bar, cava, deposito, domicilio, garage, laboratorio, magazzino, miniera, negozio, officina, ospedale, ristorante scuola, stabilimento, studio professionale, ufficio, etc.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Tabella 4.1.2.6-VI - Numero di Unità Locali per ramo di attività a livello regionale, provinciale e nei comuni circostanti il sito (ISTAT 2001)

Settore di attività	Unità Locali (nr)											
	Regione Emilia Romagna	Provincia di Ferrara	Codigoro	Goro	Mesola	Regione Veneto	Provincia di Rovigo	Ariano nel Polesine	Taglio di Po	Porto Tolle	Rosolina	Porto Viro
Agricoltura, caccia, silvicoltura	3.119	316	37	1	21	4.030	206	9	11	5		8
Pesca, piscicoltura, servizi connessi	1.341	908	13	737	39	2.079	1.301	15	77	1.093	63	42
Estrazione di minerali	347	20	1		1	463	16					7
Attività manifatturiere	55.684	3.437	131	38	113	67.340	3.084	75	136	102	76	205
Produzione e distribuzione di energia elettrica, gas e acqua	376	45	3		1	415	46		5	3		3
Costruzioni	50.064	3.832	169	23	97	54.325	2.738	59	157	85	106	263
Commercio ingrosso e dettaglio, riparazione di auto, moto e beni personali	104.685	8.451	315	95	156	111.502	5.826	128	229	192	187	356
Alberghi e ristoranti	23.484	1.753	60	27	19	24.373	1.180	29	39	59	125	87
Trasporti, magazzinaggio e comunicazioni	20.996	1.541	61	12	35	18.670	963	30	35	58	39	71
Intermediazione monetaria e finanziaria	10.766	816	30	4	8	10.825	496	7	13	18	14	28
Attività immobiliari, noleggio, informatica, ricerca, profess. ed imprendit.	80.489	5.264	120	23	39	79.659	3.208	32	99	63	120	157
Pubblica Amministrazione e Difesa; Assicurazione sociale obbligatoria	1.870	201	9	3	4	1.842	130	3	1	6	5	3
Istruzione	4.663	444	10	7	13	5.801	323	8	10	14	8	18
Sanità e altri servizi sociali	19.881	1.536	56	8	29	17.707	831	12	21	20	15	42
Altri servizi pubblici, sociali e personali	40.137	3.537	129	37	60	37.598	2.205	40	82	59	72	130
TOTALE	418.102	32.101	1.144	1.015	635	436.629	22.575	447	915	1.777	830	1.420



Centrale termoelettrica di Porto Tolle



La distribuzione del numero degli addetti¹⁰ tra i vari rami economici (Tabella 4.1.2.6-VII) non rispecchia del tutto la situazione delineata dalle statistiche relative al numero di Unità Locali. Infatti, le statistiche relative al numero di Unità Locali delle Regioni Emilia Romagna e Veneto e delle Province di Ferrara e Rovigo risultano simili tra di loro, con una netta prevalenza delle attività manifatturiere, seguite da quelle del commercio e riparazione, dalle attività immobiliari, professionali e imprenditoriali, dalle costruzioni e dalla sanità. Da segnalare per importanza anche le attività ricadenti nei settori dell'istruzione, alberghiero e ristorazione e dei trasporti, magazzinaggio e comunicazioni.

La situazione locale a Goro e Porto Tolle si discosta nettamente da quelle regionale e provinciale; in questi comuni infatti, rispettivamente il 68% e il 47% degli addetti, si concentra nel settore pesca, piscicoltura e servizi commessi.

Negli altri comuni dell'area circostante il sito il numero di addetti nelle attività manifatturiere è il più elevato, seguito da quelli nei settori del commercio e delle costruzioni. Importante, a Taglio di Po, il settore degli altri servizi pubblici, sociali e personali.

In sintesi, il sistema economico dell'area in esame mostra, a differenza della tendenza nazionale degli ultimi decenni, un maggior equilibrio tra le attività del settore dei servizi e quelle industriali. A livello locale, particolarmente importante risulta il settore pesca, piscicoltura e servizi connessi.

¹⁰ Persone occupate in un'unità giuridico-economica, come lavoratori indipendenti o dipendenti (a tempo pieno, a tempo parziale o con contratto di formazione e lavoro), anche se temporaneamente assenti dal lavoro. Gli addetti alle imprese e alle unità locali sono costituiti dal personale indipendente e dipendente occupato nel complesso dell'impresa alla data del 22 ottobre 2001. Gli addetti alle istituzioni sono costituiti dal personale dipendente occupato nel complesso dell'istituzione alla data del 22 ottobre 2001. Gli addetti alle imprese/istituzioni sono classificati in base all'attività economica principale svolta dalle imprese/istituzioni e rispetto all'ubicazione delle sedi delle imprese/istituzioni stessa. Essi coincidono a livello nazionale con gli addetti alle unità locali, ma non coincidono a livello di distribuzione dell'occupazione per attività economica o per territorio. Infatti, per le imprese/istituzioni plurilocalizzate, gli addetti alle unità locali sono occupati, e quindi classificati, rispetto all'attività economica principale dell'unità locale stessa, che può essere diversa da quella dell'impresa/istituzione. Gli addetti alle unità locali sono classificati in base all'attività economica principale svolta dall'unità locale e rispetto alla sua ubicazione. Essi coincidono a livello nazionale con gli addetti alle imprese/istituzioni, ma non coincidono a livello di distribuzione dell'occupazione per attività economica o per territorio. Infatti, per le imprese/istituzioni plurilocalizzate, gli addetti alle unità locali sono occupati, e quindi classificati, rispetto all'attività economica principale dell'unità locale stessa che può essere diversa da quella dell'impresa/istituzione.



Tabella 4.1.2.6-VII - Numero di addetti delle Unità Locali per ramo di attività a livello regionale, provinciale e nei comuni circostanti il sito (ISTAT 2001)

Settore di attività	Addetti (n°)												
	Regione Emilia Romagna	Provincia di Ferrara	Codigoro	Goro	Mesola	Regione Veneto	Provincia di Rovigo	Ariano nel Polesine	Taglio di Po	Porto Tolle	Rosolina	Porto Viro	
Agricoltura, caccia, silvicoltura	9.382	1.112	90	1	52	9.003	496	19	22	19		31	
Pesca, piscicoltura, servizi connessi	3.376	2.267	14	1.772	43	6.391	3.135	15	133	2.442	232	299	
Estrazione di minerali	2.292	78	3		1	2.373	91					67	
Attività manifatturiere	538.907	32.017	1.133	224	716	665.983	26.380	684	775	674	342	1.614	
Produzione e distribuzione di energia elettrica, gas e acqua	10.999	1.305	165		6	10.639	1.113		85	390		35	
Costruzioni	136.564	11.135	398	43	232	150.432	8.554	145	379	296	424	940	
Commercio ingrosso e dettaglio, riparazione di auto, moto e beni personali	280.515	21.029	680	266	323	293.654	13.423	248	514	357	528	963	
Alberghi e ristoranti	82.467	5.771	149	59	44	89.613	3.055	78	78	157	288	205	
Trasporti, magazzinaggio e comunicazioni	99.750	6.018	187	41	57	100.936	4.019	62	117	288	200	466	
Intermediazione monetaria e finanziaria	49.848	3.132	84	6	19	49.149	1.519	13	41	38	22	61	
Attività immobiliari, noleggio, informatica, ricerca, profess. ed imprendit.	210.441	11.860	199	50	52	195.382	6.617	59	155	144	308	255	
Pubblica Amministrazione e Difesa; Assicurazione sociale obbligatoria	57.159	4.479	152	32	67	52.169	2.850	25	32	83	77	60	
Istruzione	89.494	7.847	225	52	104	105.449	5.103	71	122	179	92	247	
Sanità e altri servizi sociali	118.282	9.432	183	11	74	122.028	6.766	19	42	31	24	363	
Altri servizi pubblici, sociali e personali	68.867	5.174	156	31	47	62.352	3.112	40	463	74	118	162	
TOTALE	1.758.343	122.656	3.818	2.588	1.837	1.915.553	86.233	1.478	2.958	5.172	2.655	5.798	



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.1.2.7. Infrastrutture e servizi

Dal punto di vista delle infrastrutture e dei servizi viari, l'area della centrale è abbastanza eccentrica rispetto alle principali vie di comunicazione.

La principale dorsale stradale è costituita dalla Statale Romea, parallela alla costa e quindi in direzione Nord-Sud, ma comunque distante (circa 20 km) dalla centrale. Questa strada consente di innestarsi sulla Provinciale 443 Adria-Rovigo.

La Statale Romea soffre già da diversi anni di forti problemi di intasamento sia di veicoli privati che di veicoli commerciali, in particolar modo nella stagione estiva.

L'autostrada più vicina è il raccordo Ferrara-Comacchio-Lidi Ferraresi, dalla A13 Padova-Bologna alla costa adriatica.

Il resto delle infrastrutture presenti sul territorio è destinato allo smaltimento di viabilità locale.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Ancora più eccentrica risulta rispetto alla rete ferroviaria, anche in considerazione del fatto che la ferrovia più vicina (circa 20 km) è la Rovigo-Adria-Chioggia; una ferrovia secondaria della rete FS a scartamento normale ma non elettrificata con traffico quasi esclusivamente passeggeri. La stazione più vicina alla centrale è quella del centro abitato di Loreo, situata a pochi km a nord di Taglio di Po, e distante 20 km da Chioggia e 37 km da Rovigo.

Rovigo è di fatto il nodo ferroviario merci e passeggeri più importante in quanto collegato alla rete nazionale e appartenente alla dorsale ferroviaria Roma-Venezia.

Il trasporto fluviale, nonostante l'attuale sottoutilizzo e l'inadeguatezza infrastrutturale, risulta, di fatto, l'infrastruttura viaria strategica per la centrale, con possibilità di collegamento diretto con i porti di Porto Levante, Chioggia e Marghera.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.1.3. Emergenze naturalistiche, paesaggistiche, architettoniche, archeologiche e storiche

4.1.3.1. Emergenze naturalistiche

Il territorio del delta rientra nell'ambito del Parco Regionale del Delta del Po, istituito dalla Regione Veneto con legge regionale 8 settembre 1997, n. 36. La normativa regionale è stata promulgata in seguito all'emanazione della legge 6 dicembre 1991, n. 394 (che all'articolo 35 ha stabilito che le Regioni Veneto ed Emilia Romagna provvedessero ad istituire il Parco Naturale Interregionale del Delta del Po) e facendo riferimento al "*Piano di Area del Delta del Po*", approvato dal Consiglio Regionale in data 5 ottobre 1994. La gestione del parco è affidata ad un Ente di diritto pubblico, dotato di personalità giuridica, istituito con la suddetta legge e denominato "*Ente Parco Delta del Po*".

Il parco si estende per circa 12.000 ettari dal ramo del Po di Goro, a sud, fino alla foce dell'Adige, a nord. I Comuni del delta che fanno parte del parco ricadono tutti in Provincia di Rovigo e sono: Rosolina, Porto Viro, Ariano nel Polesine, Taglio di Po, Porto Tolle e, in modo marginale, Adria, Loreo, Corbola e Papozze.

Il parco comprende:

- il corso principale del Po (Po di Venezia e Po di Pila);
- le dune di Ariano Polesine (Dune di San Basilio) e di Porto Viro;
- il 50% dell'estensione delle valli del Delta del Po;
- l'area a sud del Po di Pila, esclusa la laguna del Basson;
- l'oasi di Ca' Mello e il biotopo Bonelli;
- l'area del Bacucco confinante con la Provincia di Ferrara;
- l'area degli Scanni, escludendo la fascia perimetrale per una larghezza di 30 metri.

All'interno del parco sono presenti numerose aree protette, in zone di particolare pregio naturalistico, alcune delle quali sono comprese nell'area di studio (**Tavola 4.1.3.1/I**):

Riserve naturali statali:

- "Bocche di Po"

Siti di Importanza Comunitaria (SIC):

- Delta del Po: lagune e valli fra il Po di Levante e il Po di Venezia (IT3270009)
- Delta del Po: lagune e valli arginate fra il fiume Adige e il Po di Levante (IT3270008)
- Delta del Po: scanni fra il Po di Maistra e il Po di Goro (IT3270002)
- Delta del Po: rami fluviali (IT3270012)
- Delta del Po: Sacche e bonelli fra il Po di Maistra e il Po di Tolle (IT3270010)
- Delta del Po: Sacca degli Scardovari e foce del Po di Gnocca (IT3270011)



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Zone a Protezione Speciale (ZPS):

- Delta del Po: rami fluviali e scanni (IT3270016)

Zona Umide (Ramsar):

- Delta del Po: ambiti del Delta del Po
- Delta del Po: Valle San Carlo
- Delta del Po: Ca` Zuliani
- Delta del Po: Valle Ripiego
- Delta del Po: Sacca di Scardovari e Bottonera
- Delta del Po: Valli Ca` Pisani e Ca` Pasta
- Delta del Po: Valle San Leonardo
- Delta del Po: Valle Bagliona
- Delta del Po: Valle Sacchetta
- Delta del Po: Valli Moraro Cannocchione

Nell'ambito del parco, gli elementi principali che sostengono la sua valenza ecologica sono costituiti dalle zone umide e dalle interfacce tra l'ambiente acquatico e quello terrestre, che sono, oltre all'ambiente fluviale vero e proprio **(Tavola 4.1.3.1/II)**:

- la fascia degli scanni e delle dune;
- i bonelli;
- le sacche e la laguna viva;
- le zone di barena, le velme e le valli;
- i paleoalvei e gli alvei senili;
- le dune fossili.

Tra questi elementi, quelli che si trovano nelle aree circostanti il sito della centrale si localizzano nel Po di Pila (a Nord dell'impianto), nella Sacca di Barbamarco e nel Bonello Bacucco (a Nord-Est), nella Sacca del Canarin (ad Est e Sud-Est) e lungo il fronte marino (scanni e dune, ad Est e Sud-Est).

Il parco nasce con tre principali obiettivi:

- tutelare, recuperare, valorizzare e conservare i caratteri naturalistici, storici e culturali del territorio del Delta del Po;
- promuovere le attività economiche dell'area purchè compatibili con l'ambiente circostante;
- contribuire a migliorare la qualità di vita delle comunità locali.

La legge 36/97, redatta nel rispetto degli accordi e delle convenzioni internazionali inerenti la gestione delle zone umide, in particolare del MedWet, programma comunitario per la protezione delle zone umide del Mediterraneo, mette in luce un aspetto del delta che ha sempre avuto un grande peso nella sua storia: l'interazione tra uomo e ambiente. I "valori naturali, ambientali, storici e culturali presenti nell'area del Delta del Po" vengono, infatti, definiti "risorse atte a supportare lo sviluppo economico, sociale e culturale delle Comunità locali insistenti in tali territori".

Il Piano di Area del Delta del Po, costituisce riferimento per la redazione del Piano del Parco; quest'ultimo è attualmente in fase di studio e non potrà porre ulteriori vincoli di tutela paesaggistica e ambientale. Nelle aree esterne



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



alla perimetrazione del Piano del Parco e comprese nel Piano di Area del Delta del Po si applicano esclusivamente le disposizioni del Piano di Area.

Il Piano determina la perimetrazione dell'area del parco, la zonizzazione del territorio (es.: zone archeologiche, zone destinate ad infrastrutture, zone di conservazione, restauro, recupero, etc.), la scelta degli interventi da attuare sul territorio, la tutela e il risanamento dei corpi idrici e una serie di altre attività legate al rispetto e alla tutela dell'ambiente.

Il Piano pluriennale economico-sociale punta, per prima cosa, alla redazione del Piano del Parco, poi alla promozione economica e sociale delle Comunità del Delta del Po, sostenendo le attività tipiche e valorizzando le potenzialità economiche del territorio. Esso prevede interventi nei settori dell'industria e dell'artigianato, dell'agricoltura, dell'itticoltura, della molluschicoltura e della pesca professionale in genere, della vivificazione delle lagune, della difesa dagli incendi, della difesa idrogeologica del suolo, della tutela dell'equilibrio e del ripopolamento faunistico, dell'agriturismo e delle attività turistiche; interventi a sostegno di attività legate alla sperimentazione, promozione e trasformazione delle produzioni agricole e ittiche; interventi di carattere culturale ed educativo, ricreativo e turistico, strutturale e infrastrutturale per lo sviluppo dell'utilizzo sociale e pubblico del parco.

Numerosi sono i progetti promossi dall'Ente Parco:

- Percorso della memoria - Progetto per la valorizzazione degli itinerari di interesse archeologico e del paesaggio storico nella Regione Veneto
- DGR 2631/2002 - Interventi per la conservazione e la tutela della natura nelle aree naturali protette. Esercizio 2002. Recupero e conservazione della quercia di San Basilio; progetto di acquisto di terreni in località Grillara e Marchiona
- DGR 1159 /2003 - Interventi per la conservazione e la tutela della natura nelle aree naturali protette. Esercizio 2003. Progetto di acquisto di terreni nelle dune fossili di Donada
- Progetto "Coast to coast"- INTERREG IIIA Italia-Slovenia 2000/2006
- WETLANDS II - Gestione integrata delle zone umide - Iniziativa Comunitaria INTERREG IIIB (2000/2006) - CADSES
- Valorizzazione dell'immagine storico-culturale e promozione turistica del territorio del Delta del Po. Progetto di Cooperazione Interterritoriale nell'ambito del Programma Comunitario LEADER+ (2000/2006)
- Programma Comunitario LEADER + 2000/2006. Attività di promozione, comunicazione e marketing per il territorio deltizio
- Piano di Sviluppo Rurale 2002 - Realizzazione di strutture per l'informazione e l'educazione ambientale presso la tenuta Gozzi e le dune di Donada; riqualificazione ambientale delle golene di Ariano nel Polesine e Santa Maria in Punta; cartografia e studio delle aree boscate all'interno del Parco Regionale del Delta del Po
- PROGETTO LIFE 2004 – *"Conservation and Breeding of Italian Cobice Endemic Sturgeon"*

Va ricordato, infine, che la Regione Emilia Romagna ha istituito nel 1988 il suo parco regionale nei territori delle Province di Ravenna e Ferrara.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.1.3.2. Emergenze paesaggistiche e architettoniche

Il Delta del Po è classificato come area di tutela paesaggistica dal Piano Territoriale Regionale di Coordinamento della Regione Veneto (1991).

In particolare, l'area di indagine ricade all'interno del territorio vincolato con decreto 1 agosto 1985, con cui è stato dichiarato il notevole interesse pubblico della zona del Delta del Po, in quanto il complesso rappresenta *"la più vasta e significativa zona umida dell'Italia, prodotta dall'azione costruttrice del Po, dell'Adige e del mare. Esso unisce alla singolare bellezza paesaggistica il pregio della rarità"*.

Il Piano di Area del Delta del Po (1994) individua, nel territorio circostante la centrale la presenza di elementi di paesaggio caratteristici del sistema ambientale lagunare, del sistema paesistico ambientale e del sistema del paesaggio agrario (**Tavola 4.1.3/II**), per ciascuno dei quali precisa direttive, prescrizioni e vincoli di tutela specifici (articoli 6÷25 e 55÷58).

Tra le componenti paesaggistiche del sistema ambientale lagunare, nell'ambito territoriale prossimo alla centrale si riscontrano la Sacca del Canarin (ad Est dell'impianto), la Sacca di Barbamarco (a Nord-Est), i Bonelli Bacucco (a Nord-Est), Scirocco e Polesine (ad Est), lo Scanno Boa (ad Est, sul fronte marino) e le valli da pesca di Cà Zuliani (a Nord-Ovest).

Per il sistema paesistico ambientale, l'area circostante il sito dell'impianto fa rilevare la presenza del ramo e delle relative golene del Po della Pila, che si suddivide tra la Busa di Tramontana (verso Nord), la Busa Dritta (verso Est) e la Busa di Scirocco (verso Sud); viene segnalato un argine di valore storico-ambientale che attraversa l'area di Polesine Camerini da Nord a Sud, partendo dal Po della Pila per arrivare al Po delle Tolle. Da ricordare, infine, un'area di rimboschimento sulla sponde destra del Po della Pila (Volta dei Vaccari), in vicinanza di Case Ocaro.

Il territorio che circonda il sito ad Est e a Sud-Est s'inquadra nel sistema del paesaggio agrario ed è coperto da un'omogenea estensione di coltivi che viene classificata come *"paesaggio agrario delle grandi bonifiche privo di vegetazione arborea"*.

4.1.3.3. Emergenze archeologiche e storiche

Il Piano Territoriale Regionale di Coordinamento della Regione Veneto (1991) non individua emergenze di carattere archeologico o storico nelle vicinanze del sito della centrale.

Nel Piano di Area del Delta del Po, nell'ambito del sistema dei beni storico-culturali locali, vengono segnalati i piccoli centri storici di Cà Zuliani e Tolle, per i quali, all'articolo 23, sono indicate le prescrizioni di tutela dei lineamenti architettonici.

Il progetto preliminare per il Piano Territoriale della Provincia di Rovigo (non ancora approvato) ipotizza la presenza di un sito di archeologia industriale (circa 1 km a Sud dell'idrovora Boscolo), in un ambito completamente agricolo. Dai rilievi effettuati *"in loco"* e dall'analisi di aerofotografie, tuttavia, non si rileva l'evidenza di particolari strutture o manufatti storici (**Tavola 4.1.3.1/III**).



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.2. Fattori e componenti ambientali interessati dal progetto nelle sue diverse fasi

4.2.1. Atmosfera

4.2.1.1. Situazione ambientale attuale

a) Climatologia e meteorologia

L'area del Delta del Po presenta un tipo di clima subcostiero continentale con una spiccata affinità a quello tipico della Pianura Padana, ed è caratterizzato ancora da forte escursione annua con elevata umidità e nebbie estese.

Le piogge sono distribuite regolarmente nel corso dell'anno, con manifestazioni temporalesche nel periodo estivo e con totali annui compresi tra 550 e 950 mm.

La regione, dal punto di vista orografico, non ha delimitazioni naturali ad W sino a comprendere l'intera Valle Padana; solo a grande distanza (60÷100 km) sussiste, a NW, la delimitazione costituita dalle Prealpi Venete e dai Colli Berici ed Euganei, mentre a S si hanno i primi contrafforti dell'Appennino Emiliano. Le Alpi, nella loro parte orientale, si abbassano favorendo l'afflusso dei venti provenienti dai settori nordorientali. Dal punto di vista anemologico, quindi, l'influenza dell'orografia a livello più ampio, determina, una elevata frequenza delle provenienze tra N ed E, causate spesso dal vento di Bora, e una provenienza occidentale dovuta alla circolazione termica della Pianura Padana. Quest'ultima si collega con la locale circolazione di brezza, legata alla presenza dell'interfaccia terra-mare, intensificandola. Nella parte meridionale, corrispondente alla Romagna, il predominio dei venti passa invece alle direzioni da SW, W e NW.

Secondo lo schema quantitativo di classificazione climatica del Koppen (1936 – Pinna, 1978) dell'area in esame, rientrano nella categoria dei climi temperati di tipo C: in particolare il clima è di tipo subcontinentale con estate calda e inverni rigidi denominato "*temperato umido con nebbie frequenti (Cfan)*".

In funzione dell'indice di umidità globale e considerando le variazioni stagionali di umidità, il Thornthwaite (1957 – Pinna, 1978) lo colloca nella classe di clima umido senza deficienza idrica durante tutto l'anno denominato umido con indice di aridità minimo (Ar).

Il territorio su cui sorge la centrale è prospiciente al Mare Adriatico ed è delimitato a S dalla foce del Po di Goro e a N dall'isola di Albarella. Esso si presenta completamente pianeggiante con alcune depressioni sotto il livello del mare (zone vallive alquanto estese), scarsa densità di popolazione e centri abitati costituiti da piccoli insediamenti rurali.

Le masse d'aria che si avvicendano in questa zona sono principalmente quelle da NE, da N e NW, ma il vento che più caratterizza la zona è la Bora, un vento secco che ha la sua maggior frequenza in inverno e in autunno. La Bora spira tra NNE ed E, e si presenta in media per 8 giorni in inverno, 4 in autunno, 3 in primavera e 1 o 2 giorni in estate. E' un vento intenso, per lo più freddo nonostante sia discendente, con raffiche che possono raggiungere i 130 km/h. Nasce dal Golfo di Trieste, procede verso il golfo di Venezia, dove



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



la sua velocità diminuisce sensibilmente, e arriva sull'area in esame con un'intensità ridotta a meno della metà e una temperatura meno rigida per aver attraversato il Mare Adriatico.

In inverno la Bora non è l'unico vento presente, ma ci sono, con una certa frequenza, anche i venti provenienti da ESE e da SSE generati da depressioni sul Mar Tirreno (tipo di tempo 3 e 4, secondo Borghi e Giuliacci). In primavera subentra un periodo anemologico di transizione con una diminuzione sensibile della frequenza dei venti settentrionali. In estate l'attività anemologica è piuttosto limitata per i gradienti deboli di pressione. Non vi sono venti prevalenti ma circolazione di brezza di mare e terra, e le cosiddette "borine" (venti orientali di velocità moderata) che non sono altro che brezza di mare che continua anche di notte per il fatto che la depressione a carattere termico, generatesi nel pomeriggio sulla Val Padana, non si colma completamente. In autunno i venti intensi sono piuttosto rari con prevalenza del NW.

La piovosità è abbastanza elevata in inverno, specie dopo la formazione di aree di bassa pressione sul Golfo di Genova (tipi di tempo 2 e 3 secondo Borghi e Giuliacci), che creano in zona venti sciroccali i quali, raccogliendo umidità passando sull'Adriatico, accentuano spesso i fenomeni ad essi correlati. La primavera si presenta più piovosa dell'inverno, per l'accentuarsi delle depressioni sul Golfo di Genova, che nella loro evoluzione, spostandosi sul basso Adriatico, innescano condizioni favorevoli alla presenza della Bora "scura". Si hanno inoltre frequenti temporali a fine stagione. In estate l'andamento del tempo è simile a quello della regione Padana: si verificano deboli gradienti di pressione e si hanno temperature piuttosto elevate che favoriscono lo sviluppo di nubi temporalesche. L'autunno generalmente, è ancora una stagione piovosa, anche se le depressioni risultano più deboli ma sono a più lento spostamento di quelle invernali. Non mancano però periodi di bel tempo, per l'instaurarsi dell'anticiclone dell'Europa centrale.

Le caratteristiche locali possono essere meglio delineate dagli andamenti mensili dei diversi parametri.

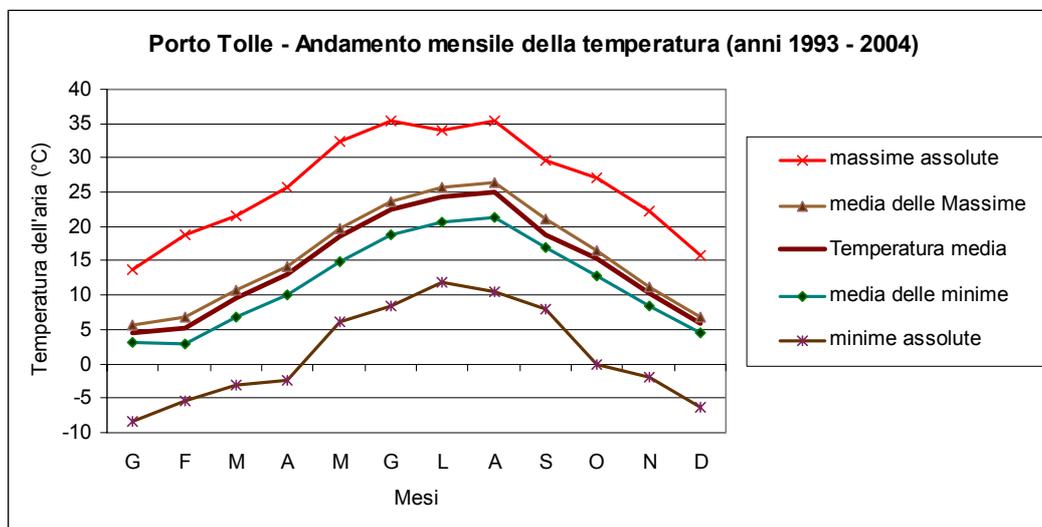
L'andamento termico dell'area, elaborato sul lungo periodo, mostra andamenti caratteristici come si deduce dai valori di alcune stazioni della zona sub costiera centrale riportati nella seguente tabella (Mennella):

STAZIONE	MESE												ANNO
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
Padova 14 m s.l.m	2.3	3.3	8.1	12.6	16.9	21.2	23.7	23.0	19.6	13.9	9.2	3.7	13.1
Rovigo 23 m s.l.m	1.8	2.9	8.0	12.9	17.3	21.8	24.5	23.9	20.2	14.3	9.0	3.3	13.3
Codigoro 2 m s.l.m	2.0	2.5	7.7	12.6	17.0	21.5	24.0	23.6	20.1	14.4	9.3	3.5	13.3
Ferrara 15 m s.l.m	1.6	2.6	8.0	12.8	16.9	21.2	24.0	23.8	20.2	14.3	9.2	3.1	13.2

I valori medi mensili sono simili in tutte le stazioni ad indicare l'omogeneità delle condizioni nel territorio. Solo in inverno si hanno minime differenze con temperature leggermente inferiori nelle stazioni dell'entroterra.



I dati recenti della stazione di centrale, mostrati nel grafico seguente, confermano quest'andamento per il sito in studio e presentano medie annuali e invernali più elevate dovute alla sua posizione, praticamente sul mare.



L'analisi dei valori estremi mostra la possibilità di temperature notevolmente basse nel periodo invernale, associate ad un'escursione termica contenuta per l'elevata frequenza dei casi di nebbia. I massimi assoluti estivi possono raggiungere temperature superiori ai 35 °C e sono presenti sia nel mese di giugno che in quello di agosto.

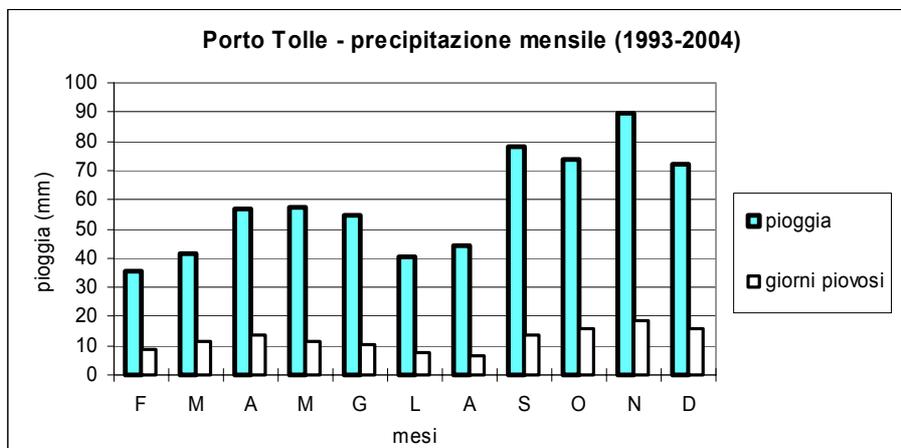
Per quanto riguarda il regime pluviometrico l'andamento mensile, rivelato dai dati di alcune stazioni limitrofe (dal Mennella), presenta due massimi uno nel tardo periodo primaverile o all'inizio del periodo estivo (maggio-giugno) e l'altro nel tardo periodo autunnale. I valori minimi si riscontrano in estate, al limite della soglia di siccità indicata dal Koeppen, e alla fine dell'inverno. L'andamento si presenta intermedio tra quello mediterraneo e quello sub-continentale.

STAZIONE		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Padova	mm	60	53	70	74	92	81	52	53	73	87	89	62	846
	giorni	7	6	7	8	10	7	6	5	6	8	9	7	86
Ravenna	mm	54	62	49	45	64	45	28	39	84	91	74	65	700
	giorni	8	7	6	7	8	5	3	4	6	8	10	9	81
Codigoro	mm	39	37	43	45	56	58	28	46	62	81	62	46	603
	giorni	7	6	6	7	8	6	4	4	6	7	8	7	76
Ferrara	mm	41	41	50	42	54	55	31	37	52	65	61	47	576
	giorni	6	6	6	7	7	6	3	4	5	7	8	7	72

L'analisi dei dati rilevati nella stazione della Centrale di Porto Tolle, relativa al periodo più che decennale dal 1993 al 2004, riportati nella tabella e nel grafico seguenti, conferma l'andamento tipico regionale con valori medi annuali intermedi ed estivi più elevati di quelli del comprensorio. I massimi si riscontrano in maggio e novembre.



STAZIONE		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
C.le Porto Tolle 10 m s.l.m	mm	40	35	42	57	58	55	41	44	78	74	90	72	634
	giorni	12	9	12	13	12	10	8	7	14	16	19	16	135



Anche per l'umidità relativa, si riscontra una certa omogeneità del territorio con valori leggermente più elevati nelle zone più vicine al mare. In tutti i mesi si hanno valori abbastanza alti con i massimi che raggiungono l'85% nel periodo invernale; solo nei due mesi più caldi si scende al di sotto del 60%.

STAZIONE	MESE												ANNO
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
Padova 14 m s.l.m	79	71	73	66	64	63	59	62	66	77	76	80	69
Rovigo 23 m s.l.m	85	79	78	74	72	69	66	67	71	82	82	84	76
Ravenna 12 m s.l.m	84	76	75	71	69	68	66	67	74	80	84	85	75
Ferrara 15 m s.l.m	87	75	72	66	62	59	60	58	62	78	83	85	71

I valori della stazione della Centrale di Porto Tolle sono i più elevati rispetto a quelli delle altre stazioni, per la sua maggiore vicinanza al corpo d'acqua. Questo si verifica a livello annuale ed estivo mentre rimangono confrontabili i valori medi dei mesi invernali.

Centrale di Porto Tolle	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Media ore 7	85.3	84.2	83.5	85.2	82.6	79.9	79.1	83.6	84.7	88.3	85.9	85.8	83.9
Media	82.0	77.4	74.6	74.9	72.1	70.7	68.4	70.1	74.0	81.5	82.2	83.0	76.1
Media ore 13	76.6	67.0	62.2	62.8	58.6	57.9	54.5	55.7	59.8	68.9	75.2	77.9	65.1
gg. ur >95% ore 7	4.2	3.5	4.3	3.5	3.1	1.3	1.0	2.7	4.3	5.3	3.0	2.7	36.1
gg. ur <30% ore 13	1.0	1.3	0.5	0.6	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	1.9	2.5	7.8

L'analisi dettagliata per le ore 7 e le ore 13 mostra, per quanto riguarda il numero di giorni con umidità alle ore 7 maggiore del 95%, un comportamento intermedio tra quello della stazione di Porto Corsini, sita come Porto Tolle in vicinanza del mare e quella di Padova, posta più



all'interno. Per i valori di umidità relativa inferiori al 30% alle ore 13, la stazione di centrale mostra invece un comportamento più vicino a quello di Padova, in relazione alla sua posizione più settentrionale e quindi maggiormente influenzata dai venti di Bora (Bora chiara).

Padova 14 m s.l.m	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
gg. ur >95% ore 7	6.2	4.0	1.4	0.6	00	00	00	0.6	2.2	3.0	5.6	4.4	28
gg. ur <30% ore 13	0.8	0.2	0.6	3.6	2.2	1.8	2.0	3.6	1.8	0.4	0	0.4	17.4

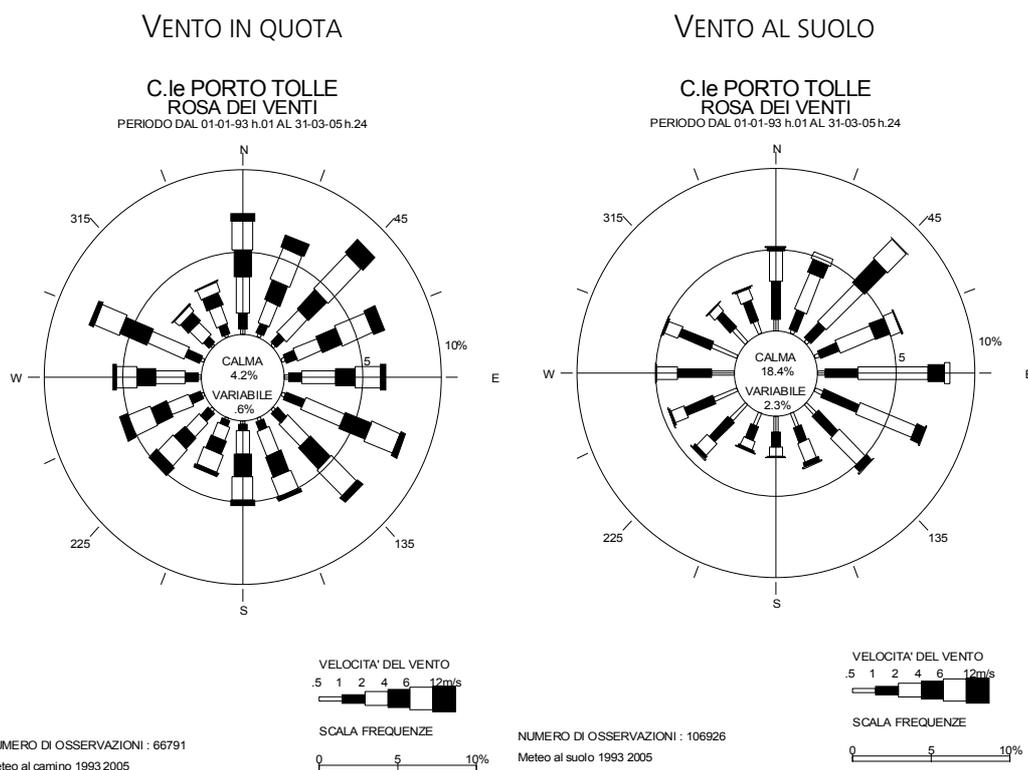
Porto Corsini 2 m s.l.m	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
gg. ur >95% ore 7	16.8	13.3	6.2	2.8	3.0	00	0.2	0.4	3.0	8.6	10.0	18.8	83.1
gg. ur <30% ore 13	0	0	0	0.2	0	0.2	0	0	0	0	0	1.4	1.8

Il regime anemologico di questo compartimento, come già visto a livello regionale, è molto attivo e piuttosto complesso. Le rose dei venti ci mostrano, in linea di massima, la predominanza dei venti dal quadrante nord orientale (tra cui la Bora) in inverno e dei venti meridionali, tra cui lo scirocco, d'estate. La rosa dei venti ottenuta dall'anemometro posto in quota (240m) della stazione di Porto Tolle si presenta, infatti, con diverse direzioni che risultano prevalenti su un andamento medio equamente distribuito. Emergono le provenienze da N, da NE e da ESE e SE; per i venti occidentali s'incrementano leggermente tutte le provenienze tra SW e WNW.

Per lo strato più vicino al suolo, le direzioni di provenienza sono interessate direttamente dal contributo della circolazione di brezza tra la Pianura Padana e il Mare Adriatico, che si presenta da SE in estate come brezza di mare e dai quadranti occidentali come brezza di terra.

Il comportamento mostrato dalla rosa dei venti al suolo è abbastanza simile a quello in quota (vedi figure seguenti), con una generale riduzione dell'intensità e un incremento fino al 18,4% dei casi di calma. Le provenienze da intorno NE, determinate dalle condizioni di Bora, sono associate alle classi di vento più elevate mentre quelle tra E e SE, e quelle da W, determinate dalla brezza rispettivamente di mare e di terra, alle classi via via più basse.





Nella seguente tabella sono riportate le frequenze annue del vento (dal Mennella, per la media delle ore 7 e 16, in %) per alcune stazioni della Val Padana circostanti l'area in esame.

Distribuzione delle provenienze del vento al suolo (%)

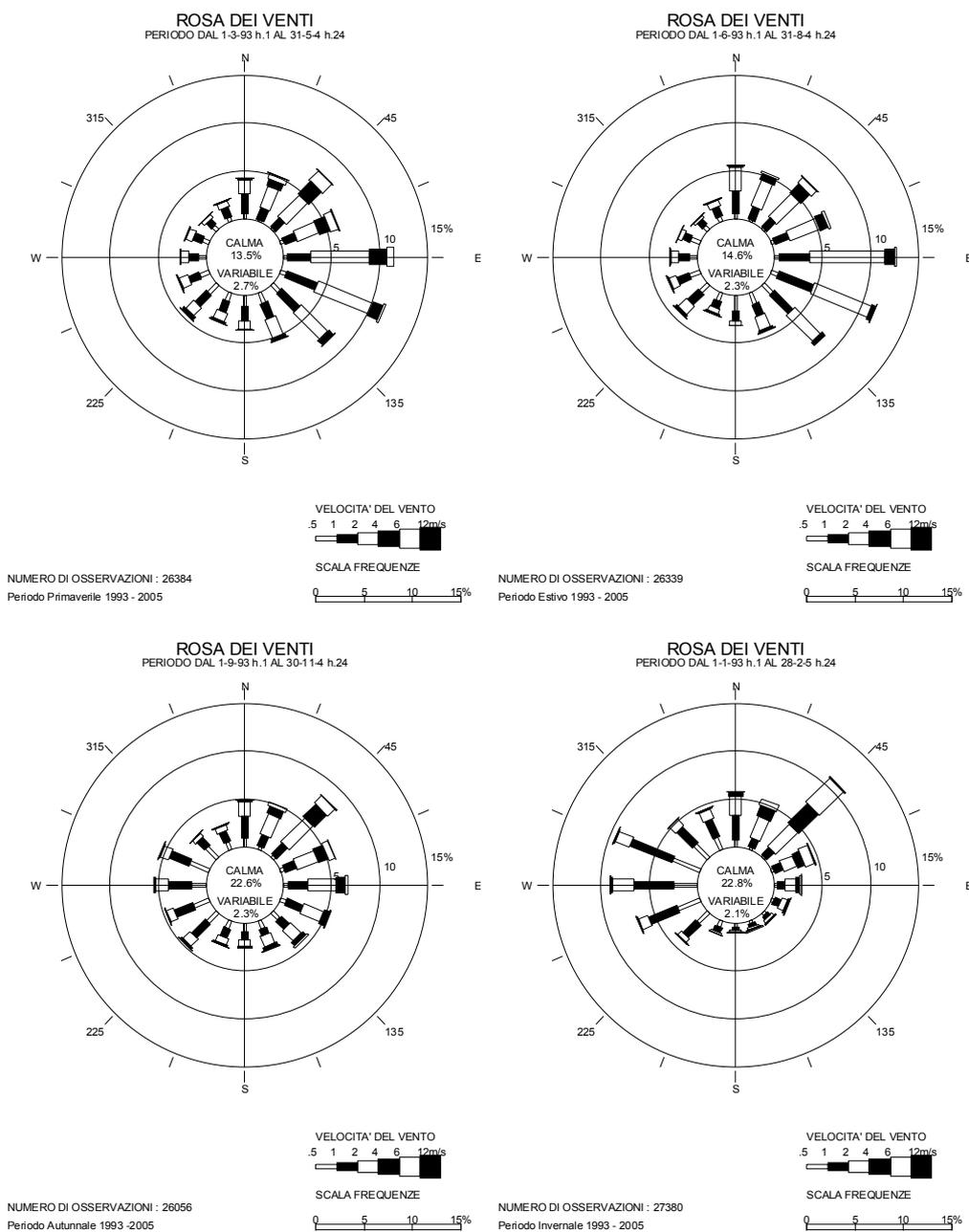
Stazione	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calme
Padova	2.9	6.0	6.0	3.4	2.7	2.7	2.6	2.0	71.6
Ferrara	7.7	16.5	11.5	4.6	3.9	6.7	18.0	9.6	21.6
Porto Corsini	2.7	5.3	10.4	13.0	3.8	2.4	11.6	5.8	45.0

La distribuzione delle direzioni rispecchia l'andamento della zona costiera della Valle Padana che si affaccia sull'Alto Adriatico, con caratteristiche intermedie a quelle di Padova, dove prevale nettamente il NE e a quelle di Porto Corsini dove prevale il SE (brezza di mare) e l'W (brezza di terra). La stazione di Ferrara mostra, invece, una buona frequenza di provenienze da W e da NE.

L'elevata frequenza delle condizioni di calma mostrata in tabella è relativa anche al fatto che il Mennella considera, in questa classe, i venti inferiori ai 6 km/h (1,67 m/s). Nei rilevamenti della Centrale di Porto Tolle, la percentuale dei casi con intensità inferiore ai 2 m/s è pari a 60,5% ed è pertanto confrontabile con quelle rilevate nelle altre stazioni. La ventosità del sito è da ritenersi moderata: venti superiori ai 6 m/s sono, in pratica, presenti solo in quota.



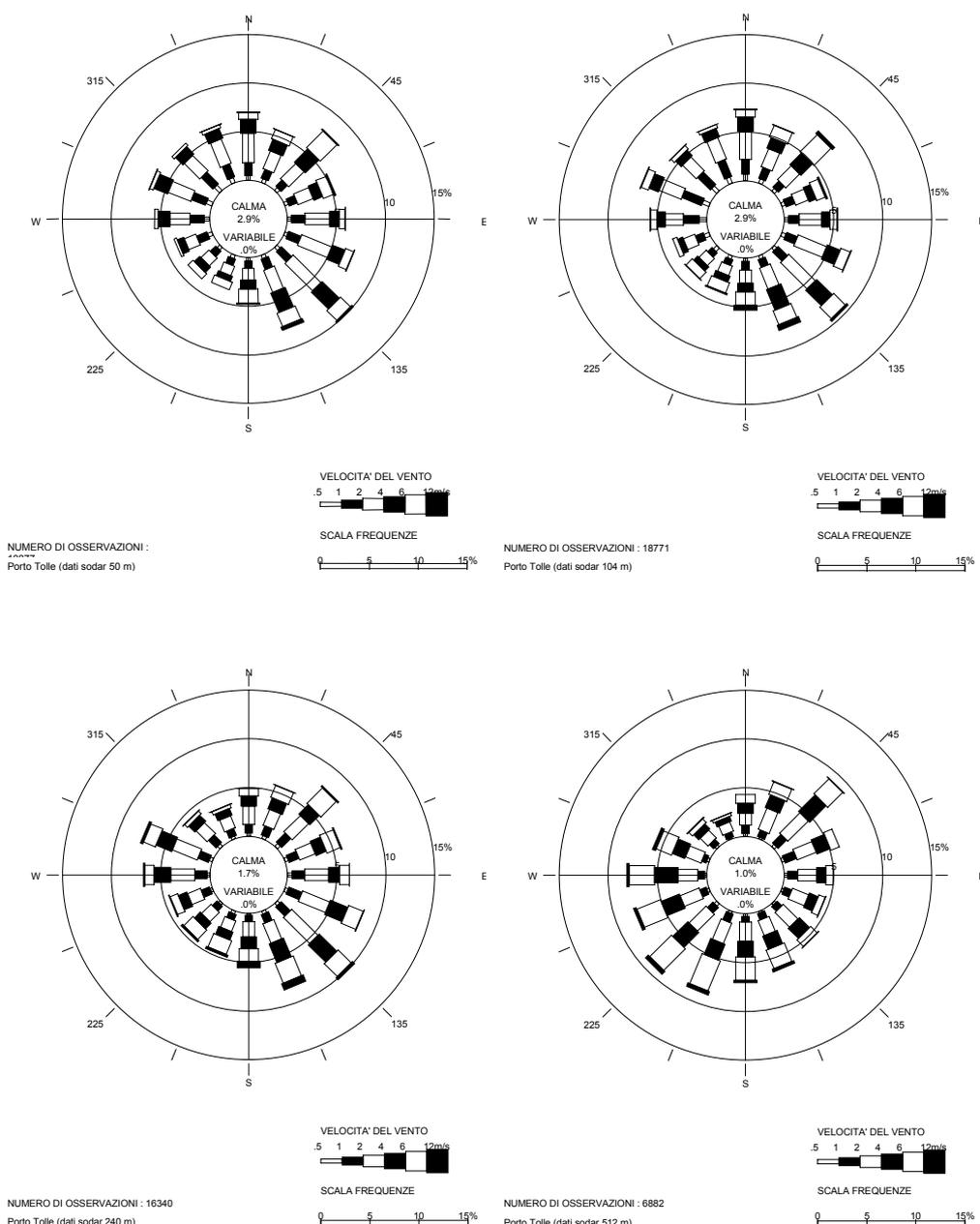
Gli andamenti stagionali rispecchiano le caratteristiche generali legate agli effetti dinamici e termici: in estate sono incrementate le provenienze sudorientali mentre in inverno quelle occidentali. I venti da N, propriamente dovuti ad un effetto dinamico di scavalco delle Alpi, e la Bora, di aggiramento, sono presenti anche nel periodo estivo ma sono più frequenti e più intensi in quello invernale. Le stagioni intermedie, con l'accentuazione del NE in autunno e del SE in primavera, anticipano il comportamento delle stagioni estreme estiva ed invernale.



Per quanto riguarda l'analisi del vento in quota sono disponibili i dati rilevati con la strumentazione SODAR di cui si riportano, nella pagina seguente, le rose dei venti a 4 livelli: 50 m, 104 m, 240 m e 512 m per un periodo annuale.



L'andamento a 50 m è molto simile a quello al suolo, presentato in precedenza, in cui prevalgono il SE (brezza di mare) e il NE (Bora). Sostanzialmente confermato è anche il comportamento alla quota di 240 m tra il SODAR e l'anemometro, con l'incremento delle componenti occidentali. Una rotazione significativa si riscontra alla quota di 512 m dove si presenta un incremento delle provenienze sudoccidentali maggiormente legate alla circolazione sinottica.



Da queste rose si può dedurre che lo strato interessato dalla brezza di mare è in generale non molto elevato (non raggiunge i 512 m) mentre, sempre per effetto della circolazione generale, si presenta ancora a questa quota il NE dovuto alla Bora. La brezza di terra si presenta solo di poco oltre i 240 m.



Centrale termoelettrica di Porto Tolle



Il parametro di stabilità atmosferica è qui introdotto come caratteristica locale dell'atmosfera, influenzante la dispersione degli inquinanti, direttamente legata alle condizioni d'insolazione, nelle ore diurne, e di scambio radiativo, in quelle notturne.

L'associazione delle condizioni di stabilità con la direzione di provenienza del vento evidenzia le modalità di diffusione degli inquinanti per le diverse direzioni. Le categorie instabili (A, B, C) sono associate alle provenienze tra E e SE, in particolare per la categoria A, che evidenzia al meglio le condizioni di brezza diurna. Le categorie B e C presentano una maggiore polarizzazione SE-W con un progressivo incremento della componente occidentale. La categoria neutrale D è invece associata principalmente alle provenienze da NE per venti forti e da W per venti più deboli. Le categorie stabili sono ancora associate a queste provenienze, con l'accentuazione delle componenti orientali in categoria E, e di quelle meridionali in categoria F. Un'elevata frequenza di calme di vento è associata alla categoria F.

La distribuzione annuale delle diverse condizioni di stabilità, è evidenziata nella tabella seguente, dove sono riportate le distribuzioni di frequenza mensile per la stazione di centrale.

Centrale di Porto Tolle Centrale – Distribuzione delle categorie di stabilità													
Mesi	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	anno
A	0.0	0.3	3.2	6.2	10.8	13.4	14.4	11.1	4.5	0.7	0.0	0.0	5.5
B	4.4	13.0	18.8	19.7	23.3	24.5	24.5	24.3	20.8	15.5	5.7	2.8	16.6
C	8.1	10.4	11.7	11.3	11.3	10.0	10.0	9.5	11.4	11.0	8.6	7.0	10.0
D	74.9	60.5	49.9	45.9	39.4	36.9	34.3	38.5	47.0	59.1	72.8	78.7	52.9
E	4.0	3.6	4.3	3.9	3.0	4.0	3.5	3.4	3.8	3.6	4.6	3.2	3.7
F + G	8.6	12.2	12.1	12.9	12.3	11.2	13.3	13.3	12.6	10.0	8.3	8.3	11.3
numero dati	8145	7470	8271	8155	8442	8337	8510	8425	8200	8083	7929	8207	98174

L'andamento annuale mostra il massimo per la categoria D (52,9%), seguito dalla categoria B (16,6%) e dalla F (11,3%). A livello mensile le categorie instabili (A, B, C) mostrano gli andamenti tipici, cioè hanno frequenza maggiori nei periodi caldi, mentre le categorie stabili (E, F+G) mostrano frequenze massime in autunno e in primavera. Decisamente elevata è la frequenza della categoria B nel periodo invernale.

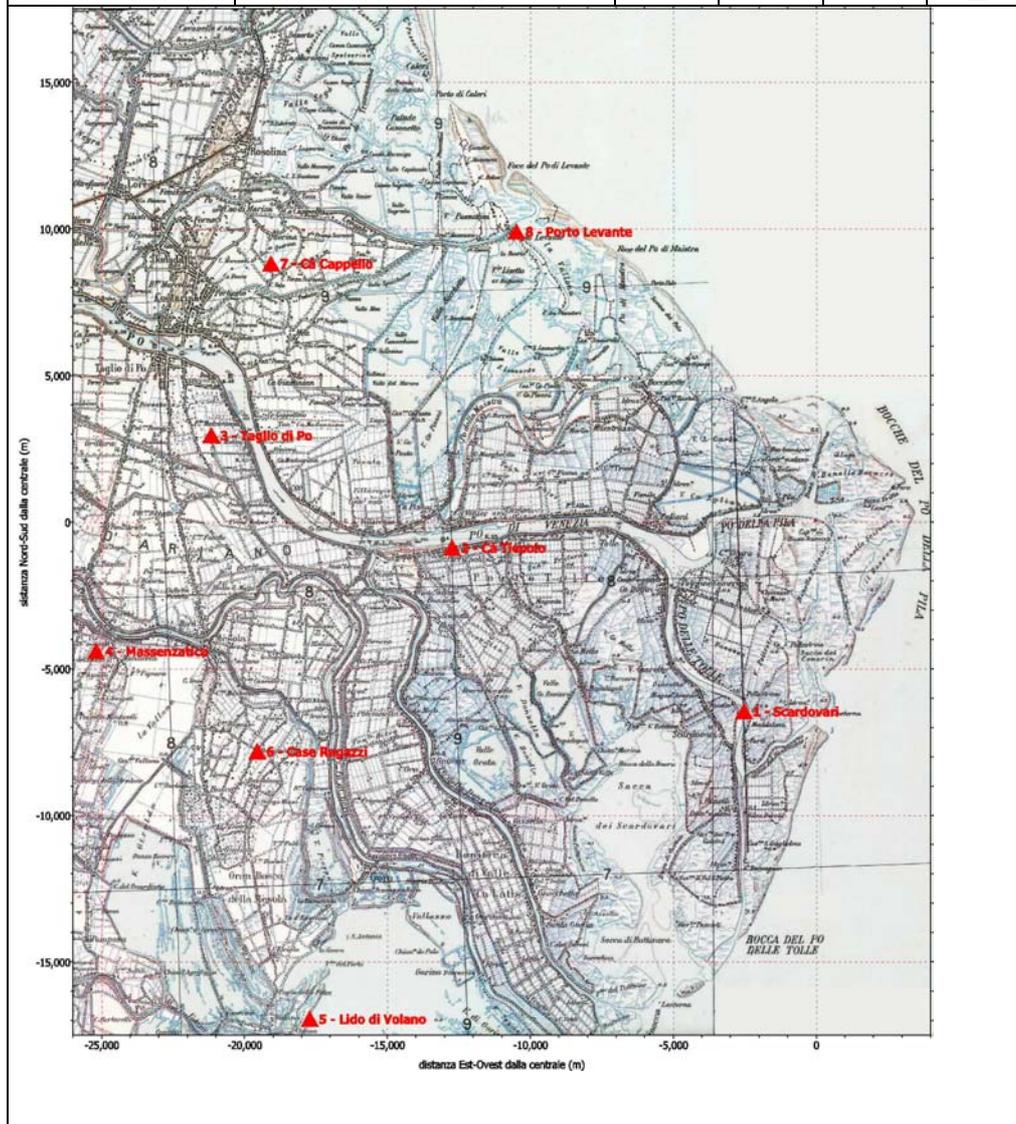


b) Stato attuale della qualità dell'aria

Lo stato attuale della qualità dell'aria nel comprensorio d'interesse è ben descritto dai rilevamenti effettuati nelle stazioni della rete di qualità dell'aria dell'ENEL.

La rete è costituita da 8 postazioni chimiche e da 1 postazione meteorologica (dotata di sensori a 10 e 240 m), la cui collocazione spaziale e dotazione strumentale è indicata nella tabella e nella figura seguenti.

Postazioni		Parametri rilevati			
Numero	Località	SO ₂	Polveri	NOx	Meteo
P1	Scardovari	<input checked="" type="checkbox"/>			
P2	Cà Tiepolo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
P3	Taglio di Po	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
P4	Massenzatica	<input checked="" type="checkbox"/>			
P5	Lido di Volano	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
P6	Case Ragazzi	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
P7	Cà Cappello	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
P8	Porto Levante	<input checked="" type="checkbox"/>			
Meteo di centrale	Centrale di Porto Tolle				<input checked="" type="checkbox"/>



I risultati dei rilevamenti eseguiti, valutati in rapporto agli Standard di Qualità dell'Aria (SQA) fissati dalla normativa vigente, consentono di formulare un giudizio oggettivo sul grado di inquinamento atmosferico del territorio in esame e, quindi, sul contributo globale delle diverse fonti inquinanti insistenti sul territorio stesso, che sono rappresentate principalmente da: traffico veicolare (locale e di lunga percorrenza), riscaldamento, attività agricole ed attività produttive attinenti il settore agricolo ed ittico.

I dati di SO₂, NO₂ e polveri sono stati analizzati per il periodo 1995-2005 al fine del confronto con gli SQA vigenti e la verifica degli andamenti storici. Per l'analisi di dettaglio dei dati e il confronto con la nuova normativa è stato utilizzato il periodo 2000-2004.

Nel seguito, dopo aver richiamato gli aspetti normativi di riferimento, si presentano i dati per i diversi composti.

Biossido di zolfo - SO₂

La normativa vigente è stata aggiornata con il Decreto 2 aprile 2002, n. 60 considerando transitori i limiti del 98° percentile e della mediana delle medie di 24 ore e prevedendo due nuovi riferimenti legati sia al valore orario che a quello giornaliero. Questi nuovi riferimenti, validi su tutto il territorio nazionale, sono riportati nella tabella seguente.

Parametro	Riferimenti normativi DM 60/2002 (µg/m ³)	
	Limite transitorio	Limite finale e data di raggiungimento
98° percentile delle medie di 24 ore	250	-
Mediana delle medie di 24 ore	80	-
Mediana invernale	130	-
Media	-	20 al 19.7.2001
Valore orario da non superare più di 24 volte per anno	-	350 al 1.1.2005
Valore giornaliero da non superare più di 3 volte per anno	-	125 al 1.1.2005

Il limite sulla media pari a 20 µg/m³ è valido dal 2001, come pure quello sul valore medio giornaliero (125 µg/m³); quello sul valore orario, invece, decresce, a partire da 500 µg/m³ nel 2000, di 30 µg/m³ all'anno fino ad arrivare ai 350 µg/m³ nel 2005.

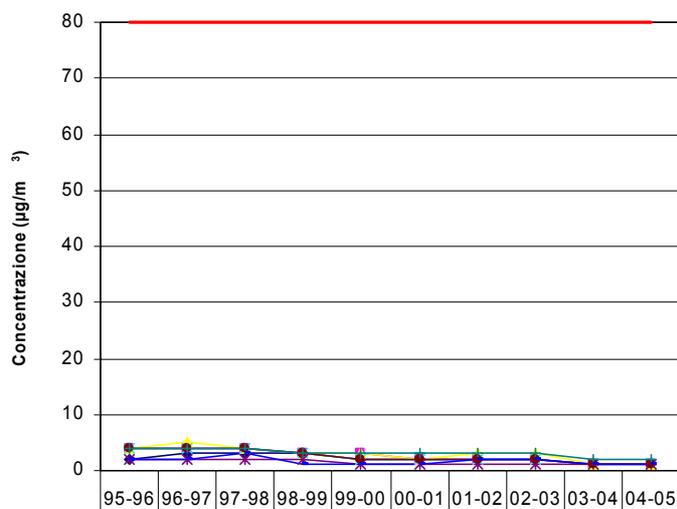
I valori calcolati degli indici di riferimento per il confronto con i valori limite nelle diverse postazioni è riportato nelle tabelle e figure seguenti. Per completezza sono riportati sia gli andamenti degli indici statistici relativi al periodo transitorio sia quelli che sono in vigore dal 1 gennaio 2005.

I valori rilevati per mediana e 98° percentile delle medie giornaliere sono estremamente bassi e mostrano un ampio rispetto dei limiti in tutte le postazioni della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA) della Centrale di Porto Tolle. Si rileva anche una distribuzione spaziale e temporale uniforme con variazioni minime tra postazione e postazione e tra un anno e l'altro. E' comunque evidente una progressiva diminuzione delle concentrazioni rilevate.



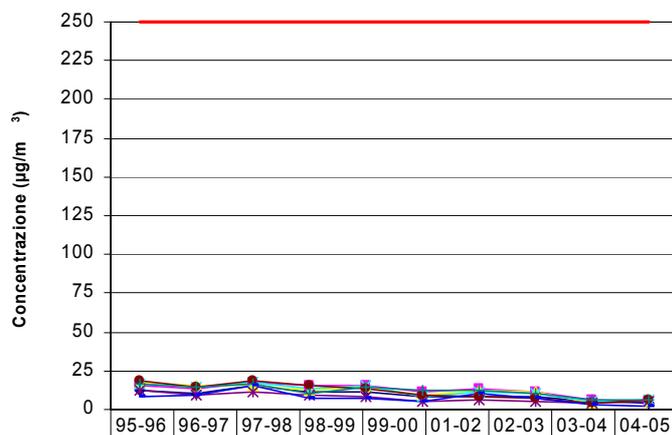


SO₂ - Mediana delle medie di 24 ore (anni 1995 - 2005)



	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05
◆ P1 - SCARDOVARI	2	3	3	3	2	2	2	2	1	1
■ P2 - CA TIEPOLO	4	4	4	3	3	2	2	2	1	1
▲ P3 - TAGLIO DI PO	4	5	4	3	3	2	3	3	1	1
✕ P4 - MASSENZATICA	4	4	4	3	2	2	2	2	1	1
✱ P5 - LIDO DI VOLANO	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
● P6 - CASE RAGAZZI	4	4	4	3	2	2	2	2	1	1
+ P7 - CA CAPPELLO	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2
— P8 - PORTO LEVANTE	2	2	3	1	1	1	2	2	1	1
— Limite transitorio	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

SO₂ - 98° Percentile Medie 24 ore (anni 1995 - 2005)

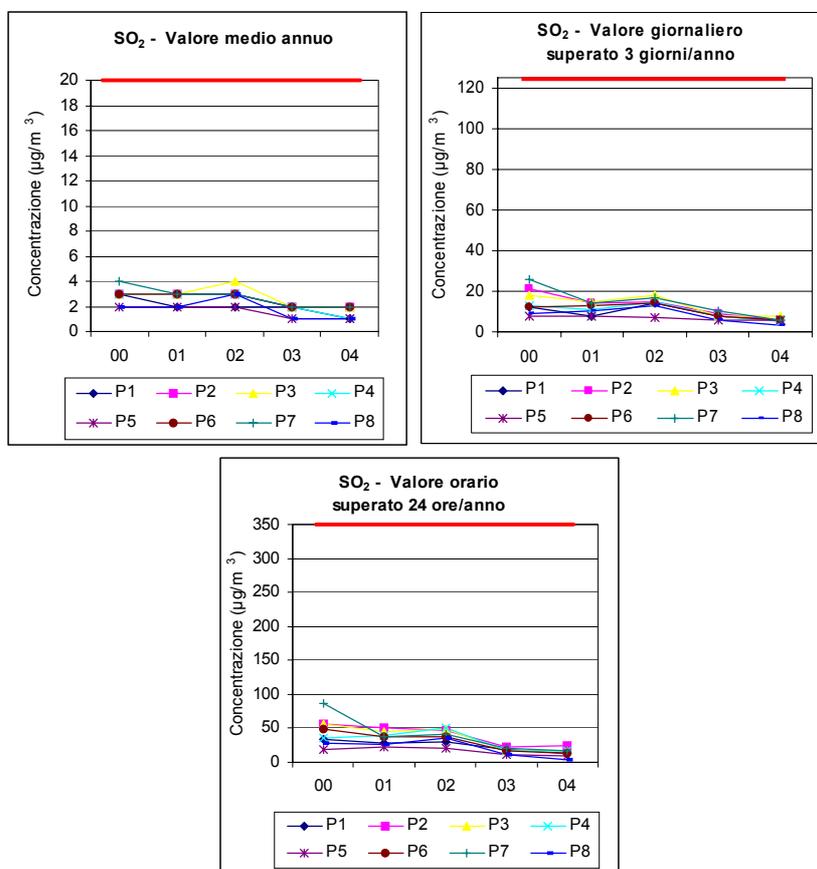


	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	01-02	02-03	03-04	04-05
◆ P1 - SCARDOVARI	12	10	16	11	11	8	8	5	4
■ P2 - CA TIEPOLO	16	13	18	15	16	13	11	6	5
▲ P3 - TAGLIO DI PO	18	15	16	12	14	12	11	4	5
✕ P4 - MASSENZATICA	17	14	18	13	15	11	10	5	6
✱ P5 - LIDO DI VOLANO	12	9	11	9	8	6	5	4	5
● P6 - CASE RAGAZZI	19	14	19	15	13	8	7	4	6
+ P7 - CA CAPPELLO	17	14	17	10	14	12	10	6	6
— P8 - PORTO LEVANTE	8	9	15	7	7	10	7	3	2
— Limite transitorio	250	250	250	250	250	250	250	250	250

Nel seguito sono riportati, in forma tabellare e grafica, i parametri statistici relativi ai nuovi limiti normativi calcolati per il periodo 2000-2004. Negli andamenti grafici si riportano le scale riferite ai valori limite finali.

Periodo	Postazioni							
	SCARDOVARI	CA TIEPOLO	TAGLIO DI PO	MASSENZATICA	LIDO DI VOLANO	CASE RAGAZZI	CA CAPPELLO	PORTO LEVANTE
SO₂ - Concentrazione media nel periodo (valore limite 20 g/m³)								
1.1.00 ÷ 31.12.00	3	3	3	3	2	3	4	2
1.1.01 ÷ 31.12.01	2	3	3	3	2	3	3	2
1.1.02 ÷ 31.12.02	2	3	4	3	2	3	3	3
1.1.03 ÷ 31.12.03	2	2	2	2	1	2	2	1
1.1.04 ÷ 31.12.04	1	2	2	1	1	2	2	1
SO₂ - Valore medio giornaliero superato 3 giorni/anno (valore limite 125 g/m³)								
1.1.00 ÷ 31.12.00	12	21	18	13	8	12	26	9
1.1.01 ÷ 31.12.01	8	14	15	11	8	13	14	10
1.1.02 ÷ 31.12.02	14	15	18	15	7	14	17	13
1.1.03 ÷ 31.12.03	8	9	8	8	6	8	10	6
1.1.04 ÷ 31.12.04	6	6	8	5	6	6	6	3
SO₂ - Valore orario superato 24 ore/anno (valore limite 350 g/m³)								
1.1.00 ÷ 31.12.00	34	57	57	36	19	48	86	28
1.1.01 ÷ 31.12.01	29	50	45	39	22	38	37	27
1.1.02 ÷ 31.12.02	31	47	48	50	21	37	41	35
1.1.03 ÷ 31.12.03	19	22	17	17	12	17	20	12
1.1.04 ÷ 31.12.04	13	24	17	16	9	14	16	4

Anni 2000÷2004

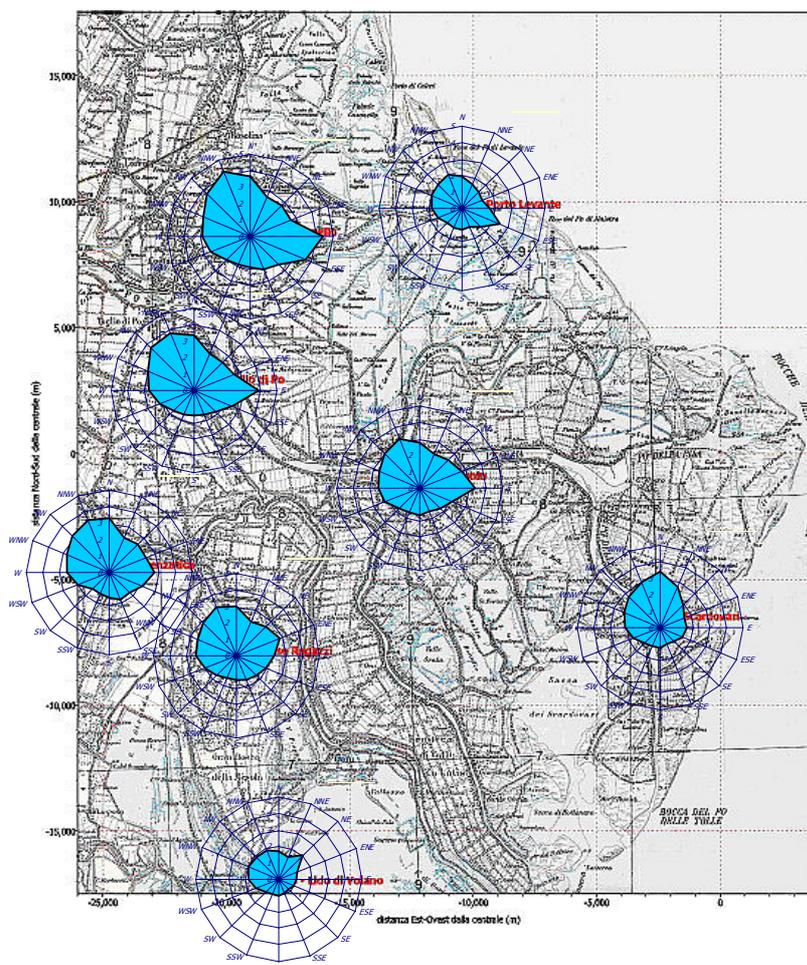
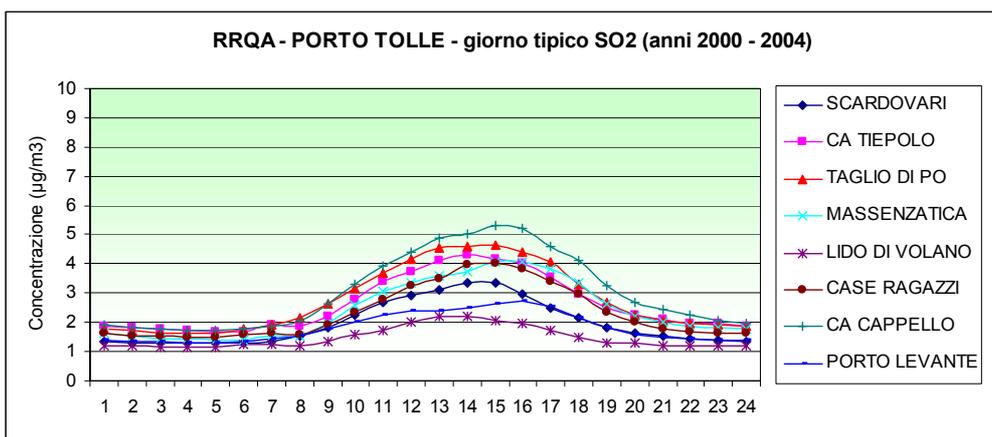


Centrale termoelettrica di Porto Tolle



Per tutti i parametri si riscontra un ampio rispetto dei limiti con un'evidente tendenza alla diminuzione accentuata negli ultimi due anni.

Per una migliore interpretazione dei dati, nel seguito si riportano le figure contenenti le elaborazioni relative al "giorno tipico" (media delle concentrazioni per ora del giorno) e alle rose di vento-concentrazione (media delle concentrazioni rilevate per direzione di provenienza del vento) elaborate per gli anni 2000÷2004 e per il vento al suolo (anemometro a 10m).



Rose di vento – concentrazione nelle postazioni delle RRQA



L'andamento giornaliero delle concentrazioni presenta uno schema tipico di questo parametro, con rialzi nel periodo centrale del giorno (dalle 10 alle 17 circa) e minimi notturni. Questo è ascrivibile alle condizioni meteorologiche e al tipo di sorgenti che influenzano in misura maggiore le concentrazioni al suolo di SO₂. Infatti i rialzi avvengono nelle ore in cui è più forte la turbolenza atmosferica per cui le masse d'aria che si trovano in quota vengono rimescolate e riportate verso il suolo. Le sorgenti di SO₂ maggiormente interessate sono quelle che emettono in quota, con un'incidenza prevalente delle sorgenti locali, ma anche con possibili apporti da lunga distanza.

L'analisi delle rose di vento-concentrazione mostra un andamento polarizzato da direzioni diverse nelle diverse postazioni.

- La postazione 1 (Scardovari) è collocata a circa 6,9 km in direzione SSW rispetto alla Centrale di Porto Tolle. È quindi sottovento per venti che spirano dal settore di NNE. Dalla figura si nota una polarizzazione più accentuata con venti settentrionali, potenzialmente attribuibili al funzionamento dell'impianto, ma si notano anche valori mediamente più elevati dai quadranti occidentali, rispetto a quelli provenienti dai quadranti orientali, che denotano anche un fenomeno di trasporto dall'entroterra.
- La postazione 2 (Cà Tiepolo) è collocata a circa 12,8 km in direzione W rispetto alla Centrale di Porto Tolle. È quindi sottovento per venti che spirano dal settore E. Dalla figura si osserva una polarizzazione per i venti dai quadranti orientali, potenzialmente attribuibile alla centrale. È però evidente anche una polarizzazione per venti da NW, che, come per la postazione 1, può indicare trasporto dall'entroterra.
- La postazione 3 (Taglio di Po) è collocata a circa 21,4 km in direzione W-WNW rispetto alla Centrale di Porto Tolle. È quindi sottovento per venti che spirano dal settore E-ESE. Dalla figura è nettamente evidente una polarizzazione per i venti dai quadranti orientali (E, ESE), potenzialmente attribuibile alla centrale. Anche in questo caso risulta evidente un incremento delle concentrazioni per i venti da NW.
- La postazione 4 (Massenzatica) è collocata a circa 25,6 km in direzione W-WSW rispetto alla Centrale di Porto Tolle. È quindi sottovento per venti che spirano dal settore E-ENE. Dalla figura si osserva come la rosa di vento-concentrazione sia poco polarizzate sul settore orientale ma mantenga ancora un incremento per le provenienze nordoccidentali. Questa postazione appare pertanto molto poco influenzata dalle emissioni della centrale.
- La postazione 5 (Lido di Volano) è collocata a circa 24,5 km in direzione SW rispetto alla Centrale di Porto Tolle. È quindi sottovento per venti che spirano dal settore NE. I valori più elevati si riscontrano per direzioni da NE, quindi potenzialmente attribuibili alla centrale, e dai quadranti nordoccidentali (provenienze dall'entroterra).





- La postazione 6 (Case Ragazzi) è collocata a circa 21 km in direzione WSW rispetto alla Centrale di Porto Tolle. È quindi sottovento per venti che spirano dal settore ENE. Come per la postazione 4 si riscontrano deboli polarizzazioni con prevalenza dai quadranti nordoccidentali (provenienze dall'entroterra). E' presente un secondo massimo da ENE, con un contributo potenzialmente attribuibile all'impianto.
- La postazione 7 (Cà Cappello) è collocata a circa 21 km in direzione WNW rispetto alla Centrale di Porto Tolle. È quindi sottovento per venti che spirano dal settore ESE. Dalla figura è nettamente evidente una polarizzazione, potenzialmente attribuibile alla centrale, per i venti dai quadranti orientali, con prevalenza tra E e ESE. Come per le altre postazioni si evidenziano apporti dall'entroterra (quadrante nordoccidentale)
- La postazione 8 (Porto Levante) è collocata a circa 14,4 km in direzione NW rispetto alla Centrale di Porto Tolle. È quindi sottovento per venti che spirano dal settore SE. Dalle figure sopra esposte è nettamente evidente una polarizzazione, potenzialmente attribuibile alla centrale, per i venti da ESE. Permangono apporti dall'entroterra (quadranti occidentali e nordoccidentali) anche se di minore intensità rispetto alle altre postazioni.

Biossido di azoto – NO₂

La normativa vigente per questo inquinante (DM 60/2002) prevede valori limite sia per l'NO₂ che per l'NO_x con un margine di tolleranza che viene ridotto a determinati intervalli di tempo. I limiti del DPCM 28 marzo 1983 e DPR 203/88 restano come limiti transitori fino alla data di raggiungimento del limite finale. Nella tabella seguente sono riassunti i nuovi riferimenti validi su tutto il territorio nazionale.

Parametro	Riferimenti normativi DM 60/2002 (µg/m ³)		
	Limite transitorio	Limite finale e data di raggiungimento	Limite al 1.1.2005
NO ₂ : 98° percentile delle medie di 1 ora rilevate nell'arco di un anno	200	-	-
NO ₂ : Valore orario da non superare più di 18 volte per anno civile	-	200 al 1.1.2010	250
NO ₂ : Media annuale (valore limite per la protezione della salute umana)	-	40 al 1.1.2010	50
NO _x : Media annuale (valore limite per la protezione della vegetazione)	-	30 al 19.7.2001	30

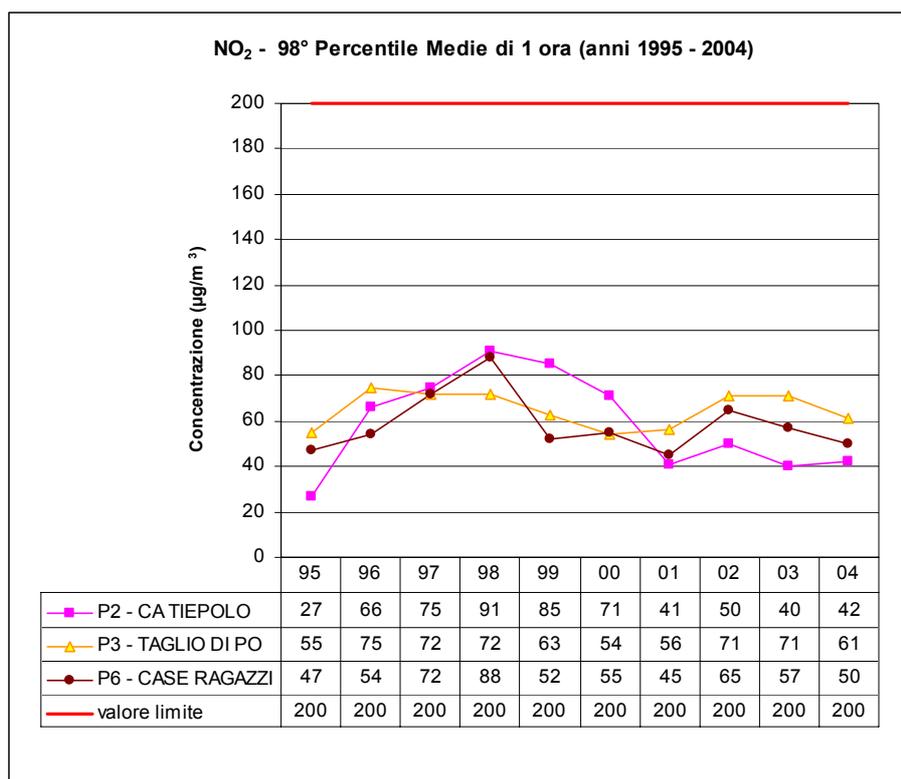
Il limite sul valore orario decresce, a partire da 300 µg/m³ nel 2000, di 10 µg/m³ all'anno fino ad arrivare ai 250 µg/m³ nel 2005 e ai 200 µg/m³ nel 2010.

Il limite sulla media decresce, a partire da 60 µg/m³ nel 2000, di 2 µg/m³ all'anno fino ad arrivare ai 50 µg/m³ nel 2005 e ai 40 µg/m³ nel 2010.

Il valore limite per la Media di NO_x è già in vigore dal 2001.

Nella tabelle e nei grafici seguenti sono riportati gli andamenti dei valori annuali di riferimento per il limite transitorio e per i nuovi limiti nelle diverse postazioni della RRQA che prevedono la misura di questo parametro: Cà Tiepolo (P2), Taglio di Po (P3) e Case Ragazzi (P6).,

Per il 98° percentile delle concentrazioni di 1 ora di NO₂, si evidenzia come il limite sia sempre ampiamente rispettato e sia presente un primo progressivo aumento dei valori dal '95 al '98, e una successiva diminuzione dopo il 2000 raggiungendo valori che restano pressoché stabili fino al 2004.

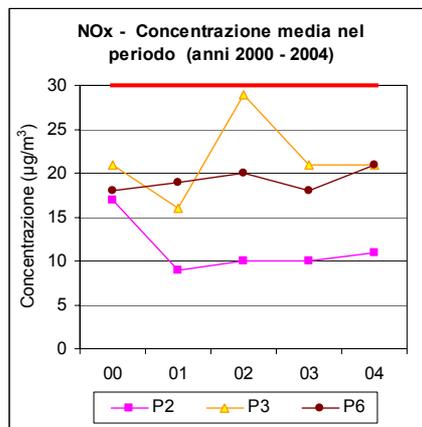
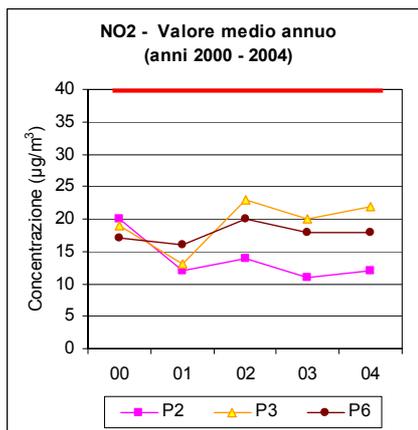
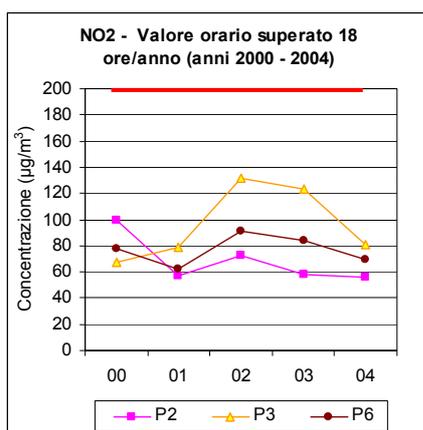


Periodo	Postazioni		
	CA TIEPOLO	TAGLIO DI PO	CASE RAGAZZI
NO₂ – Valore superato 18 ore/anno (valore limite 200 g/m³)			
1.1.00 ÷ 31.12.00	99	67	78
1.1.01 ÷ 31.12.01	57	79	62
1.1.02 ÷ 31.12.02	73	132	91
1.1.03 ÷ 31.12.03	58	123	84
1.1.04 ÷ 31.12.04	56	81	69

Periodo	Postazioni		
	CA TIEPOLO	TAGLIO DI PO	CASE RAGAZZI
NO₂ – Concentrazione media nel periodo (valore limite finale 40 g/m³)			
1.1.00 ÷ 31.12.00	20	19	17
1.1.01 ÷ 31.12.01	12	13	16
1.1.02 ÷ 31.12.02	14	23	20
1.1.03 ÷ 31.12.03	11	20	18
1.1.04 ÷ 31.12.04	12	22	18



Periodo	Postazioni		
	Ca Tiepolo	Taglio di po	Case Ragazzi
NO_x – Concentrazione media nel periodo (valore limite protezione vegetazione 30 g/m3)			
1.1.00 ÷ 31.12.00	17	21	18
1.1.01 ÷ 31.12.01	9	16	19
1.1.02 ÷ 31.12.02	10	29	20
1.1.03 ÷ 31.12.03	10	21	18
1.1.04 ÷ 31.12.04	11	21	21

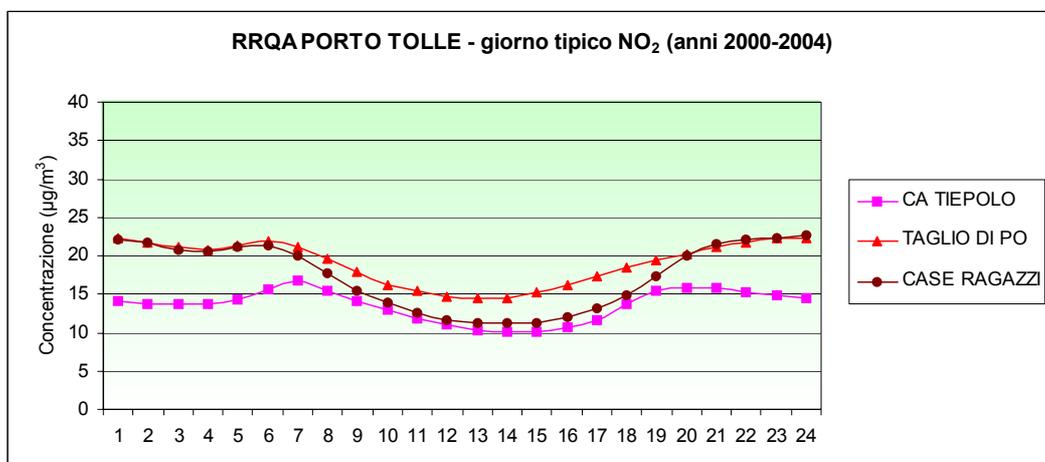


Per tutte le postazioni si ha il pieno rispetto anche di questi nuovi limiti normativi che si presentano più restrittivi. In particolare si osserva un trend migliorativo, per tutte le postazioni, negli ultimi due anni, nei quali il rispetto dei nuovi vincoli normativi è garantito con un margine superiore al 50%. Solo per il valore medio dell'NO_x si è raggiunto nel 2002 un valore prossimo al limite per poi ritornare ai valori precedenti negli anni successivi. La postazione con i valori più elevati è la P3 – Taglio di Po che si presenta prossima alla Strada Romea e più vicina alle aree maggiormente industrializzate dell'entroterra.

Come per la SO₂, al fine di una migliore interpretazione dei dati, nel seguito si riportano le elaborazioni relative al "giorno tipico" (media delle concentrazioni per ora del giorno) e alle rose di vento-concentrazione (media



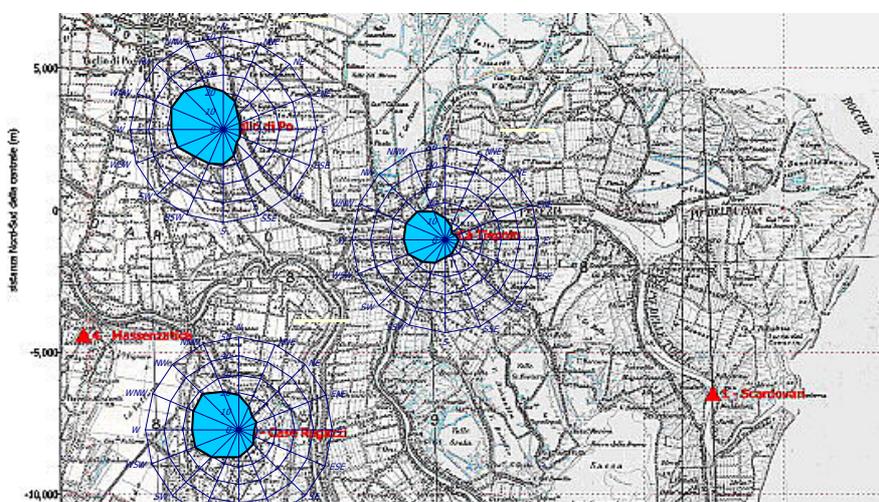
delle concentrazioni rilevate per direzione di provenienza del vento) elaborate per gli anni 2000÷2004 e per il vento al suolo (anemometro a 10m).



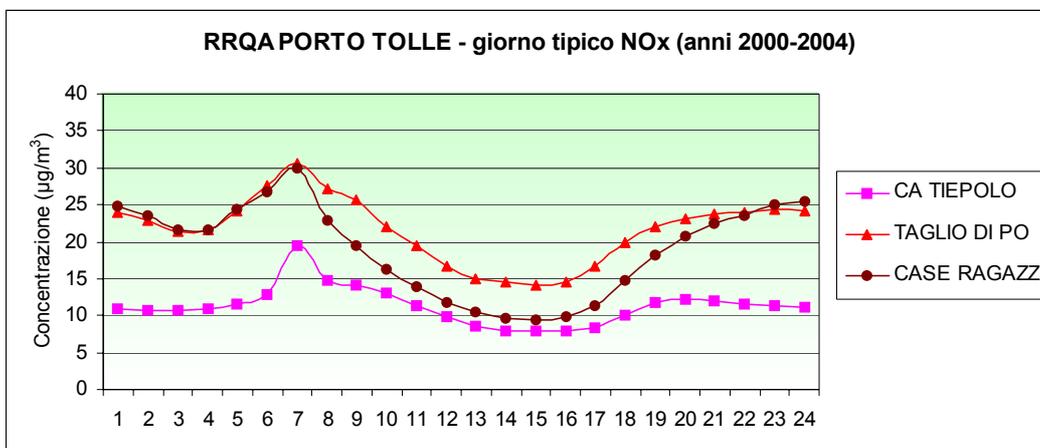
L'andamento giornaliero delle concentrazioni rilevate dalle tre postazioni mostra uno schema tipico di inquinanti emessi a bassa quota da sorgenti diffuse, con minimi nelle ore centrali della giornata, quando cioè la maggiore instabilità e turbolenza atmosferica provoca una diluizione dell'aria negli strati più bassi dell'atmosfera, e massimi nelle ore serali, notturne e mattutine, dovuti a fenomeni di accumulo. Alle variazioni di concentrazione dovute alle condizioni meteorologiche si sovrappone il fattore legato alla ciclicità delle emissioni con i massimi localizzati in corrispondenza delle ore di punta del traffico.

Il tratto essenziale che accomuna le tre rose vento-concentrazione è che la provenienza dell'inquinamento da biossido di azoto è legata ai venti occidentali in genere, cioè a fonti collocate nell'entroterra, la principale delle quali è sicuramente costituita dal traffico della Statale Romea. L'apporto della centrale appare in tutte le postazioni trascurabile.

Rose di vento – concentrazione nelle postazioni delle RRQA

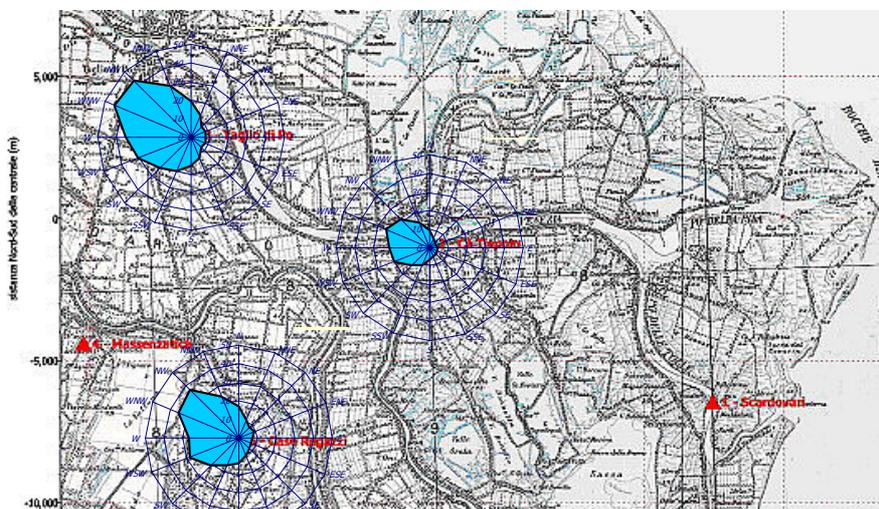


L'andamento del giorno tipico dell'NOx, rappresentato in figura, mostra la presenza di NO in concomitanza dei rialzi mattutino e serale legati cioè a sorgenti non distanti e quindi al traffico presente nelle strade vicine nei momenti di spostamento verso e dai luoghi di lavoro.



Ciò è confermato anche dall'andamento delle rose di vento-concentrazione che mostrano un incremento dell'NOx e quindi, anche dell'NO, per le provenienze da NW in corrispondenza della Statale Romea.

Rose di vento – concentrazione nelle postazioni delle RRQA



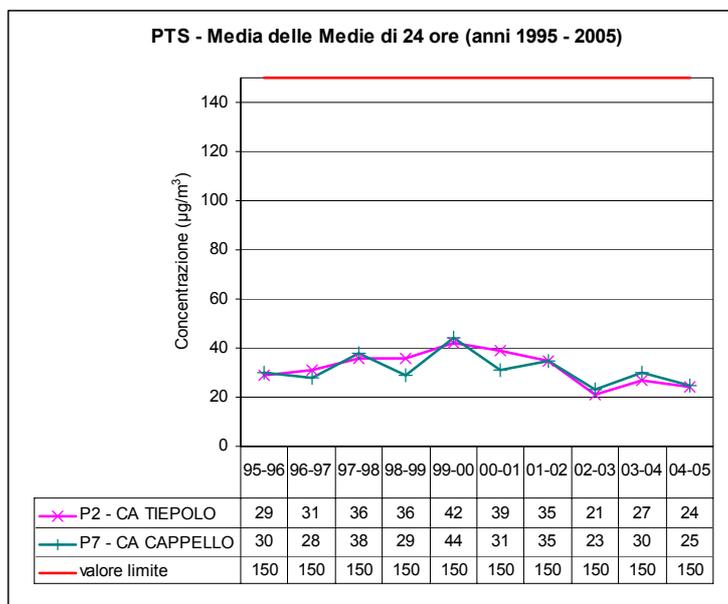
Particolato totale aerodisperso

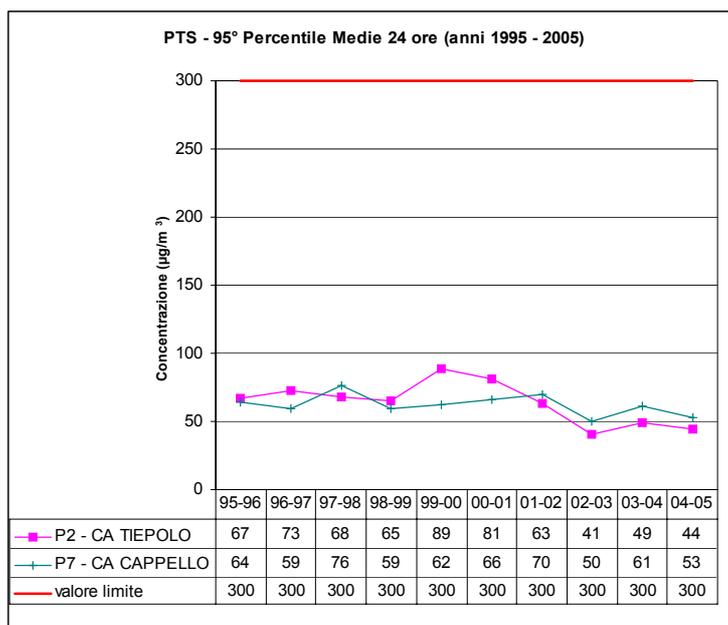
Per il particolato atmosferico la normativa è in evoluzione e l'attenzione è passata progressivamente, sia a livello comunitario che nazionale, dal particolato "totale" (PTS) al particolato fine PM10 e PM2,5 (particolato per il quale il 50% delle particelle ha un diametro aerodinamico inferiore rispettivamente a 10 µm e a 2,5 µm). Il DM 60/2002 prevede, infatti, limiti alle concentrazioni nell'aria ambiente sia per il PM10, ai fini della protezione della salute umana, sia per le PTS (solo in via transitoria) secondo quanto illustrato nella tabella seguente.

Indice statistico	Limite transitorio (PTS -µg/m ³)	Limite finale e data di raggiungimento (PM10 -µg/m ³)
95° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore	300	
Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore	150	
Media annuale		40 al 1.1.2005
Valore giornaliero da non superare più di 35 volte per anno		50 al 1.1.2005

L'OMS nelle Linee Guida per la Qualità dell'Aria per l'Europa non fissa dei valori di soglia per il particolato, in quanto non è stata individuata una soglia minima al disotto della quale non siano riscontrati effetti dannosi sulla salute umana.

Le figure seguenti mostrano gli andamenti del 95° percentile e della media delle medie di 24 ore per le due postazioni che misurano questo parametro: Cà Tiepolo (P2) e Cà Cappello (P7).





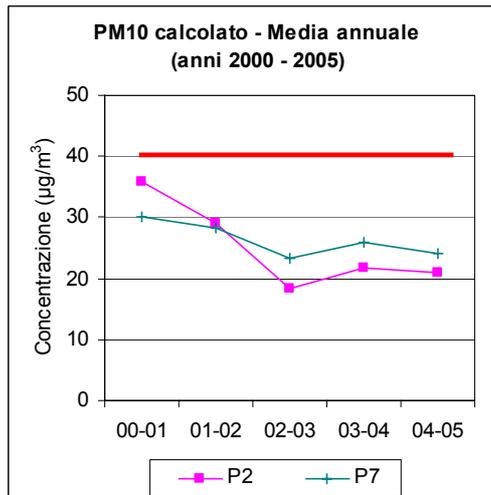
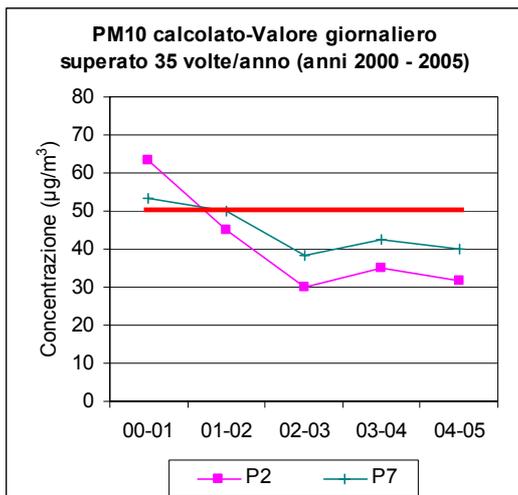
I valori limite sono sempre ampiamente rispettati rimanendo al di sotto del 25% sia per il 95°percentile che per la media.

Il confronto con la nuova normativa prevede però la misura del PM10. Al fine di valutare il rispetto della normativa si è quindi proceduto sia all'esecuzione di misure sperimentali nel corso della primavera 2005 (e di cui si riportano i risultati nel paragrafo successivo) sia al calcolo, secondo quanto indicato dal DM 60/2002, dei parametri previsti per il PM10 a partire dalle misure di PTS ($PM10=PTS/1,2$). Nella tabella e nella figura seguenti si riportano i risultati ottenuti con questa elaborazione.

Periodo	Postazioni	
	CA TIEPOLO	TAGLIO DI PO
PM10 calcolato – Media annuale (valore limite 40 µg/m³)		
1.1.00 ÷ 31.12.00	43	36
1.1.01 ÷ 31.12.01	35	34
1.1.02 ÷ 31.12.02	22	28
1.1.03 ÷ 31.12.03	26	31
1.1.04 ÷ 31.12.04	25	29

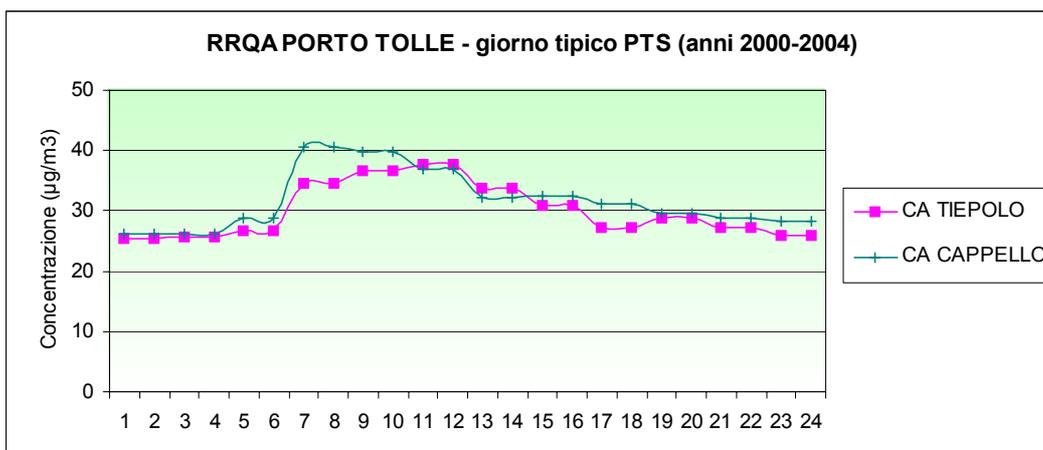
Periodo	Postazioni	
	CA TIEPOLO	TAGLIO DI PO
PM10 calcolato – Valore giornaliero da non superare più di 35 volte per anno (valore limite 50 µg/m³)		
1.1.00 ÷ 31.12.00	63	53
1.1.01 ÷ 31.12.01	45	50
1.1.02 ÷ 31.12.02	30	38
1.1.03 ÷ 31.12.03	35	43
1.1.04 ÷ 31.12.04	32	40





I valori così calcolati mostrano un buon rispetto della normativa vigente.

La figura seguente presenta l'andamento giornaliero delle concentrazioni di Particolato Totale Sospeso.

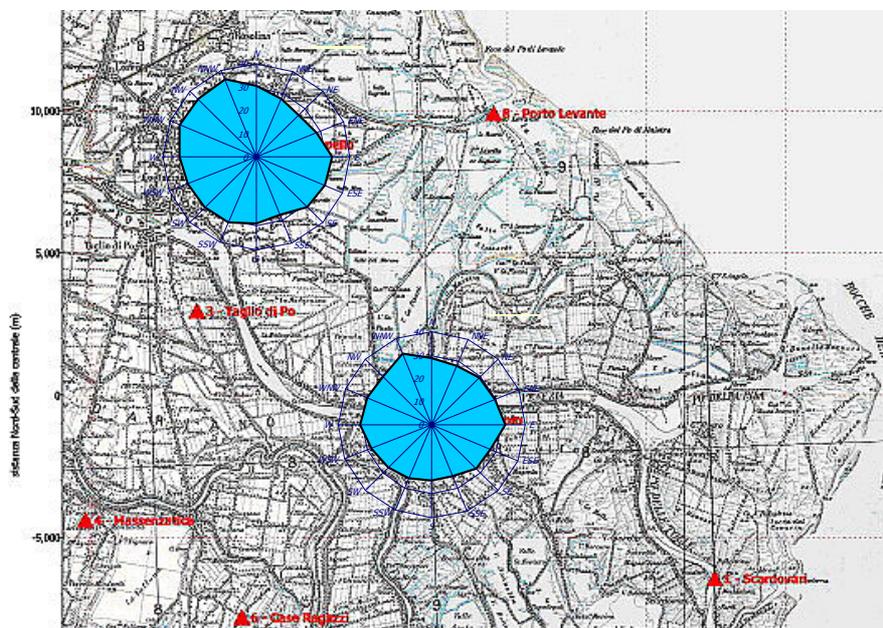


Si osserva per entrambe le postazioni che i valori più bassi si hanno nelle ore notturne e serali, mentre i valori più elevati si riscontrano tra le 7 e le 18, con un incremento rapido alle ore 7 e il massimo tra le 7 e le 8, per la postazione Ca Cappello, e tra le 11 e le 12, per la postazione Ca Tiepolo.

La variazione appare legata, oltre che ad attività antropiche locali, alle condizioni meteorologiche, con valori più elevati durante le condizioni di maggiore ventosità e turbolenza atmosferica, quando il particolato viene trasportato e/o risospeso per azione del vento.



Le rose vento-concentrazione per questo parametro risultano omogeneamente distribuite.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



La campagna di indagine specifica

Al fine di caratterizzare i livelli di concentrazione dei principali microinquinanti aerodispersi è stata realizzata un'indagine specifica nel comprensorio della Centrale termoelettrica di Porto Tolle. In particolare gli inquinanti misurati sono stati il particolato fine (PM10) e ultrafine (PM2,5), per i quali sono stati stabiliti limiti normativi con il decreto 60/2002, i composti IPA e diossine (PCDD/PCDF) ed i microinquinanti metallici. La durata di tale indagine è stata di un mese con campionamento automatico e/o manuale su 5 postazioni.

Le postazioni di misura sono state scelte in modo da consentire la caratterizzazione dell'inquinamento aerodisperso nelle diverse direttrici e nelle quattro postazioni più prossime alla centrale (Scardovari, Ca Tiepolo, Case Ragazzi, Porto Levante) oltre ad una postazione aggiuntiva (Boccasette) collocata nell'area di massima ricaduta delle emissioni della centrale.

In tali postazioni si è proceduto alla determinazione delle concentrazioni giornaliere di polvere fine (PM10) e, in tre postazioni, anche del particolato ultrafine (PM2,5 e PM1).

La determinazione dei microinquinanti è stata effettuata in quattro delle postazioni sopra descritte (ad eccezione di Porto Levante che risulta sulla medesima direttrice di Boccasette). In particolare sono state determinate le concentrazioni giornaliere di IPA, Diossine (PCDD/PCDF) e metalli (As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, Sb, Se, Sn, Te, Ti, Tl, V, Zn) su 6 campioni.

I campionamenti di polvere fine e ultrafine sono stati eseguiti giornalmente per l'intero periodo, mentre gli altri parametri sono stati determinati in corrispondenza di sei giornate selezionate sulla base delle previsioni delle condizioni meteorologiche valutate secondo la classificazione dei tipi di tempo di Borghi e Giuliacci. Il dettaglio dei parametri misurati in ciascuna postazione è riportato nella tabella seguente.

Postazioni		Parametri rilevati				
Numero	Località	PM10	PM _{2,5} PM ₁	Metalli su PM ₁₀	IPA	PCDD/P CDF
P1	Scardovari	◆	◆	◆	◆	◆
P2	Cà Tiepolo	◆		◆	◆	◆
P6	Case Ragazzi	◆		◆	◆	◆
P8	Porto Levante	◆	◆			
- -	Boccasette	◆	◆	◆	◆	◆

I tipi di tempo rappresentano schematizzazioni delle circolazioni ricorrenti, a livello sinottico, derivate dalle carte isobariche a 850 hPa, cui sono state assegnate, attraverso un esame empirico su un periodo pluriennale, le frequenze di occorrenza. Ciascun tipo di tempo induce sul sito determinati andamenti delle circolazioni locali e delle strutture verticali dell'atmosfera, che governano la dispersione degli effluenti emessi dal camino e che possono essere descritti mediante apposite campagne sperimentali. La classificazione a cui si fa riferimento è stata inizialmente elaborata da Borghi nel 1990, che ha sintetizzato in 10 tipi di tempo le circolazioni a 850 hPa sull'area europea adiacente all'Italia e in particolare modo relativa alle regioni centro-



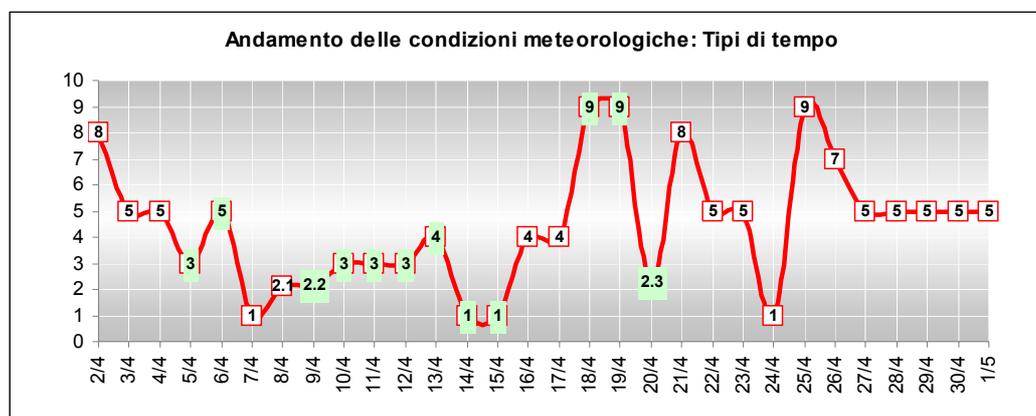
settentrionali del nostro Paese. Essa è stata effettuata mediante l'analisi delle situazioni bariche giornaliere relative al quinquennio 1984-1989. Tale classificazione è stata rielaborata da Giuliacci in occasione delle campagne estiva e invernale svolte sul sito di Porto Tolle. In questi rapporti, pur mantenendo pressoché invariati i 10 tipi di tempo in questione, Giuliacci ha riesaminato tutte le situazioni estive e invernali del quinquennio citato, onde mettere in risalto le caratteristiche locali della circolazione a 850 hPa anche sull'Italia Settentrionale. Questa rielaborazione ha portato alla separazione del solo tipo 2 in tre sottotipi per cui si può ritenere che la classificazione è rimasta praticamente inalterata. Il tipo 2 avrà pertanto una denominazione a due cifre: 2a, 2b e 2c.

Con riferimento all'inquadramento meteorologico locale e alla classificazione di Borghi e Giuliacci sono analizzate le condizioni meteorologiche che presentano caratteristiche di criticità o per la loro elevata frequenza di occorrenza o per l'effettiva ridotta capacità di dispersione degli inquinanti emessi in atmosfera. Tra le prime si considerano le condizioni di brezza e quelle di scirocco, tra le seconde, le condizioni di calma di vento e di forte inversione notturna che sono presenti in situazioni di debole circolazione e alta pressione livellata. Queste ultime situazioni sono in genere di breve durata e si presentano anche nelle giornate con circolazione di brezza.

I tipi di tempo di interesse quindi sono quelli relativi alle seguenti condizioni meteorologiche:

- condizioni meteo prevalenti e più significative della circolazione atmosferica del sito:
 - presenza di una circolazione di brezza ben sviluppata (tipi di tempo 1, 5 e 7);
 - presenza di vento di scirocco (tipi di tempo 2a, 2b, 3, 4 e 9 con caratteristiche cicloniche);
- condizioni meteo meno frequenti, ma comunque possibili:
 - presenza di condizioni di vento dai quadranti nordorientali (tipi di tempo 8 e 10), che comportano venti forti e freddi generalmente secchi.

L'andamento dei tipi di tempo nel periodo di indagine è riportato nella figura seguente dove sono evidenziate in verde le giornate in cui si sono effettuati i campionamenti di IPA e diossine e le giornate scelte per l'effettuazione delle analisi dei metalli.



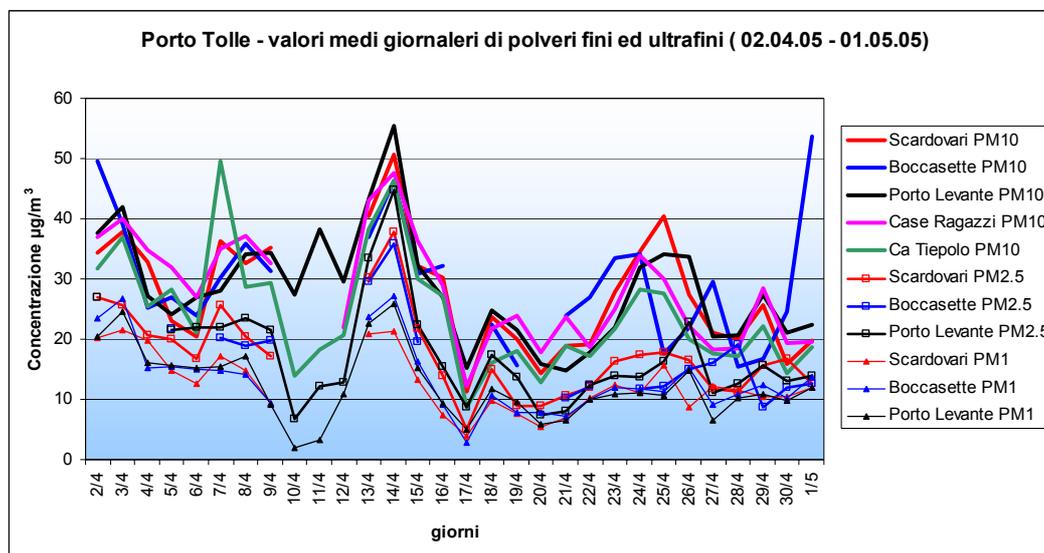
I campionamenti hanno coperto entrambe le prime due tipologie di tempo significativo. Le condizioni di vento dai quadranti nordorientali si sono verificate invece per periodi temporali molto brevi che ne hanno impedito la caratterizzazione sperimentale.

Particolato fine e ultrafine

I riferimenti normativi sono già stati presentati in precedenza nel paragrafo relativo all'analisi del particolato totale, evidenziando la necessità di misure effettive di particolato fine PM10. Si ripropone comunque la tabella di riferimento.

Indice statistico	Limite transitorio (PTS - $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Limite finale e data di raggiungimento (PM10 - $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
95° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore	300	
Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore	150	
Media annuale		40 al 1.1.2005
Valore giornaliero da non superare più di 35 volte per anno		50 al 1.1.2005

Si riportano di seguito i risultati ottenuti nel periodo primaverile 2005, relativamente alle concentrazioni in aria delle diverse frazioni del particolato atmosferico.



Dall'andamento grafico è possibile osservare una notevole variabilità dei livelli di polverosità ed un sostanziale rispetto dei vincoli normativi previsti per il PM10. Per una più corretta valutazione del rispetto dei limiti, nella tabella seguente si riportano i parametri statistici di riferimento che, anche se relativi ad un periodo limitato, possono essere comunque significativi.

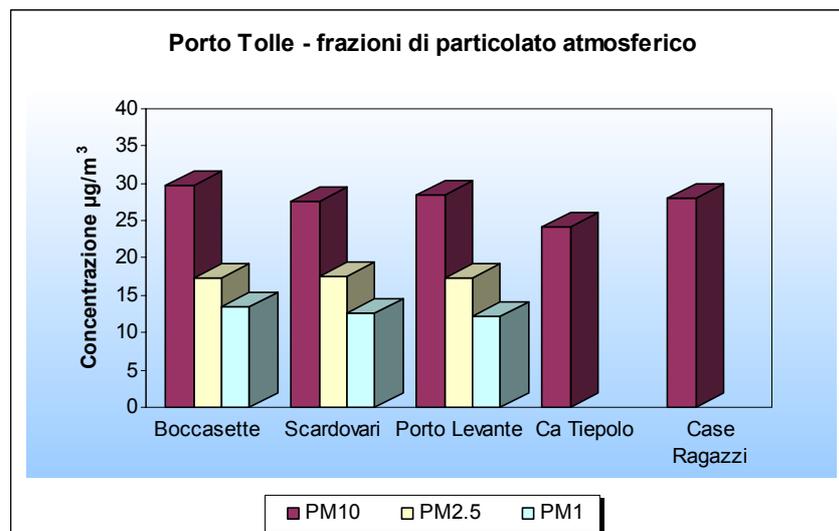


Parametro	Scardovari	Boccasette	Porto Levante	Ca Tiepolo	Case Ragazzi
n° valori giornalieri	28	23	30	30	28
Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	27	31	28	26	28
Valore massimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	51	54	55	54	48
Valore superato 35 gg/anno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	39	43	39	41	38
Nr giorni con $\text{PM}_{10} \geq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1	2	1	2	0

In tutte le postazioni il valore medio e il valore da non superare più di 35 giorni all'anno è inferiore ai valori limite, mentre i valori massimi giornalieri superano talvolta tali limiti.

L'andamento delle frazioni più fini, mostrato nella tabella e nella figura seguenti, è simile nelle tre postazioni. Il $\text{PM}_{2,5}$ è pari al 60% del PM_{10} e il PM_1 è pari al 44% sempre del PM_{10} .

Parametro	Scardovari		Boccasette		Porto Levante	
	$\text{PM}_{2.5}$	PM_1	$\text{PM}_{2.5}$	PM_1	$\text{PM}_{2.5}$	PM_1
n° valori giornalieri	27	25	20	28	28	30
Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	12	18	13	17	12
Massimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	38	21	39	27	45	26

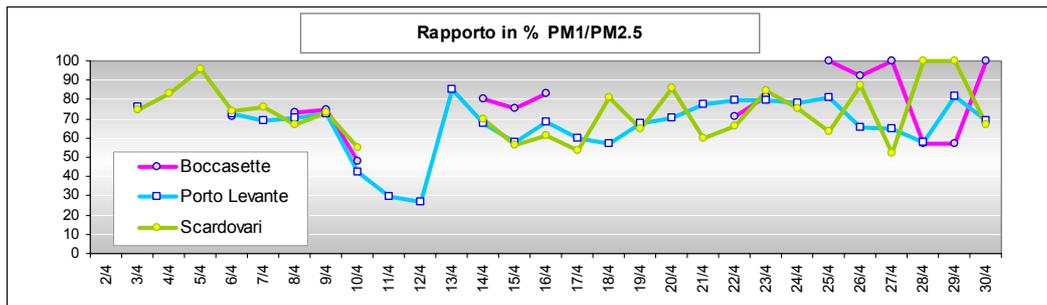
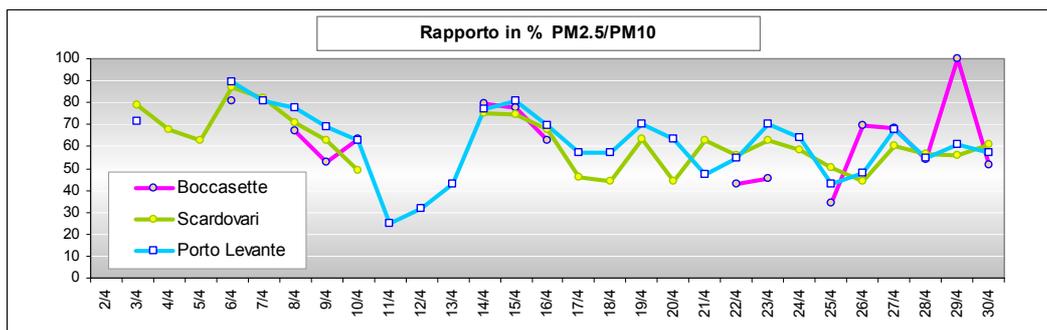


Si osserva infine che il particolato ultrafine è costituito per la maggior parte da PM_1 , come si deduce dal rapporto percentuale tra PM_1 e $\text{PM}_{2,5}$ che è pari al 72%.

La variabilità della distribuzione granulometrica del particolato atmosferico locale è molto contenuta, se si escludono alcune particolari giornate corrispondenti a specifiche condizioni meteorologiche.

Nelle figure seguenti sono mostrati gli andamenti giornalieri dei rapporti $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{10}$ e $\text{PM}_1/\text{PM}_{10}$ nelle tre postazioni di misura.





Metalli pesanti nel particolato fine

Per quanto riguarda il confronto con valori limite si ricorda che la normativa nazionale vigente (decreto 60/2002) prevede un limite esclusivamente per il Piombo pari a $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le Linee Guida per la Qualità dell'Aria pubblicate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità prendono in considerazione alcuni metalli con effetti dannosi sulla salute. Per alcuni metalli viene definita una unità di rischio, che rappresenta l'incremento del rischio di contrarre cancro da parte di una popolazione esposta per tutta la vita ad una concentrazione di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$: per l'Arsenico tale unità di rischio è fissata in $1,5 \times 10^{-3}$, per il Cromo esavalente in 4×10^{-2} e per il Nichel in 4×10^{-4} . Va rimarcato che il rischio associato al Cromo è limitato alla sola forma esavalente.

Per altri metalli viene indicato il valore limite riportato nella seguente tabella.

Sostanza	Periodo di osservazione	Valore limite
Pb - Piombo	Anno	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Mn - Manganese	Anno	$0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Hg - Mercurio	Anno	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
V - Vanadio	24 ore	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Per alcuni metalli (Arsenico, Cadmio e Mercurio) è stata emanata la Direttiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio in cui sono fissati valori obiettivo onde evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana e l'ambiente nel suo complesso e che dovranno essere raggiunti, per quanto possibile, entro la fine del 2012.



Sostanza	Periodo di osservazione	Valore obiettivo
As – Arsenico	Anno	6 ng/m ³
Cd -Cadmio	Anno	5 ng/m ³
Ni – Nichel	Anno	20 ng/m ³

Per il Berillio è disponibile un riferimento normativo US-EPA, che lo ha classificato nel Gruppo B2 come "*probable human carcinogen of medium carcinogenic hazard*", associando una stima dell'unità di rischio per inalazione pari a $2,4 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$.

Per molti dei metalli normati alle emissioni, sono anche disponibili i valori limite per le concentrazioni in aria utilizzati in igiene industriale, che però non possono essere utilizzati per la valutazione del rischio di esposizione di tutta la popolazione all'inquinamento atmosferico. Essi infatti rappresentano concentrazioni in corrispondenza delle quali non sono stati osservati effetti negativi sui lavoratori a seguito di esposizioni di 8 ore al giorno per 40 ore settimanali (TLV-TWA).

D'altra parte, al fine di una valutazione oggettiva dei risultati delle campagne di indagine, si ritiene di poter definire per questi composti, un valore di soglia indicativo per l'aria ambiente, ottenuto dal TLV-TWA, attraverso l'applicazione di un opportuno coefficiente correttivo. Questo "*coefficiente correttivo*" può essere ottenuto, per alcuni composti, dal confronto tra il valore limite di soglia degli igienisti industriali e il valore limite definito dalle Linee guida WHO, come segue:

$$\text{Coefficiente Correttivo} = \frac{(\text{Valore TLV - TWA})_{ACHGIH}}{(\text{Valore limite})_{\text{Linee Guida WHO}}}$$

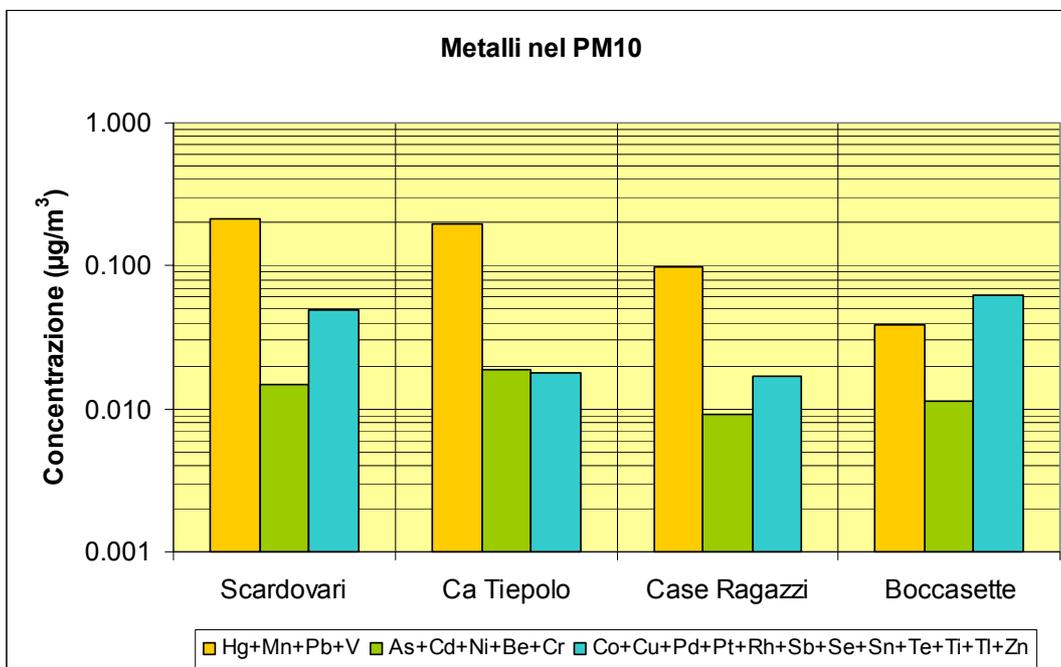
Poiché questo non è disponibile per tutti gli elementi ed è molto variabile in funzione della pericolosità dell'elemento stesso, in via cautelativa, si è ritenuto di applicare agli elementi in questione, quello massimo, ottenuto per il Cadmio, che è pari a 2000. I valori di riferimento ottenuti dividendo il TLV-TWA per il fattore correttivo 2000 sono riportati nella seguente tabella.

Sostanza	Valori limite per ambienti di lavoro (TLV-TWA) (mg/m ³)	Valori di riferimento ottenuti applicando il coefficiente correttivo (Vrif = TLV-TWA / 2000) (µg/m ³)
Cobalto	0,1	0,05
Rame	0,2	0,1
Rodio	0,01	0,005
Antimonio	0,5	0,25
Selenio	0,2	0,1
Stagno	0,1	0,05
Tellurio	0,1	0,05
Tallio	0,1	0,05

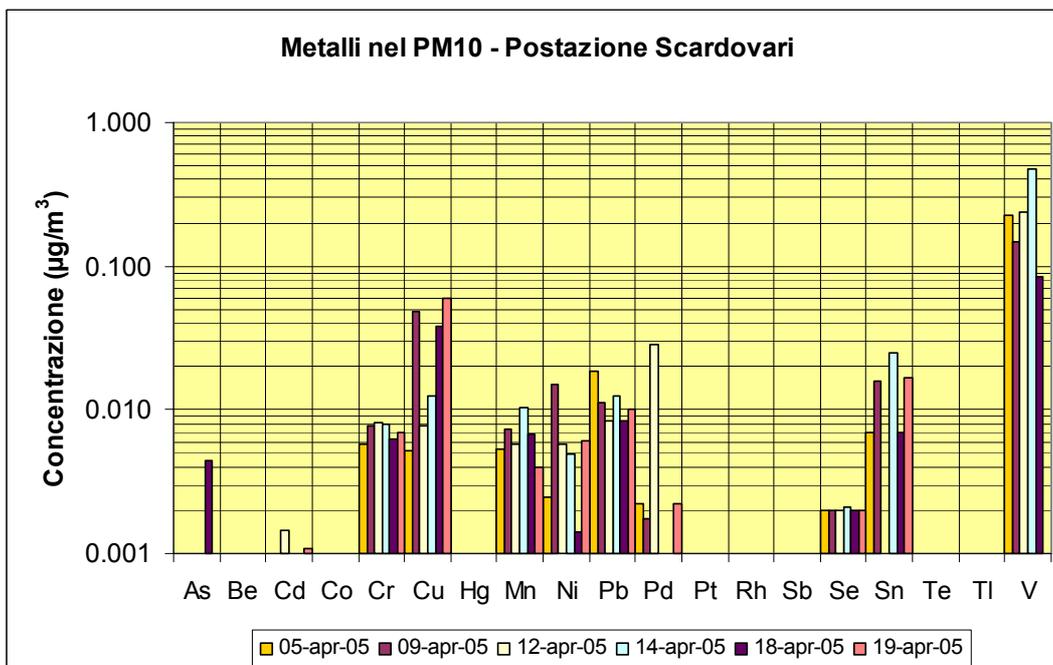
Metalli – Valori di riferimento ricavati da TLV-TWA.



Nella seguente figura sono riportati i valori medi del periodo di indagine (media dei 6 campionamenti giornalieri) raggruppati per le tre differenti tipologie di valori limite e/o di riferimento.

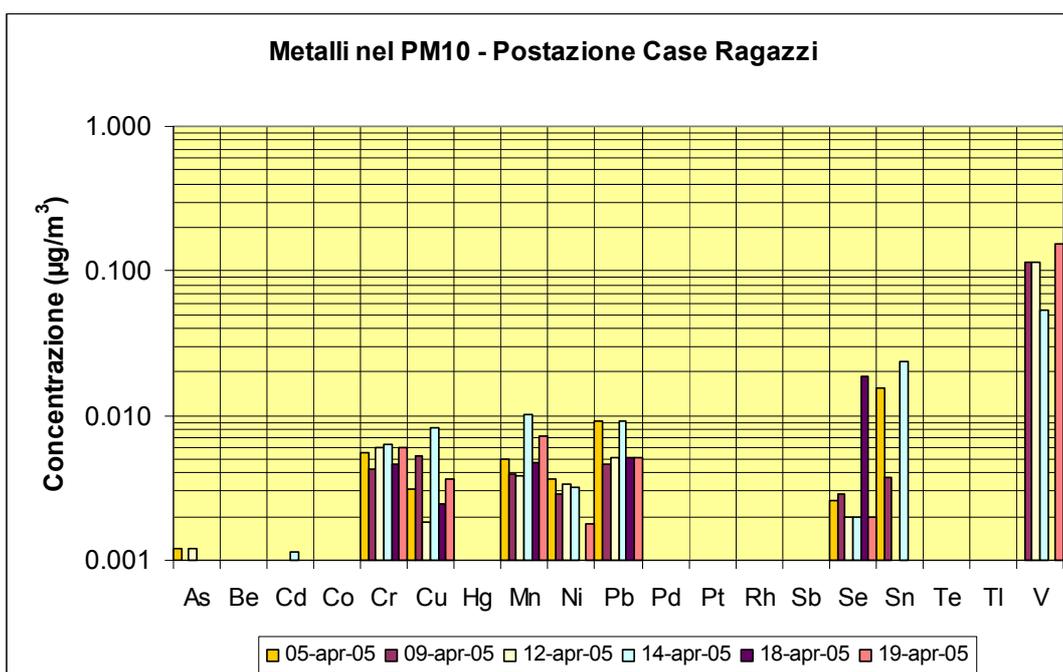
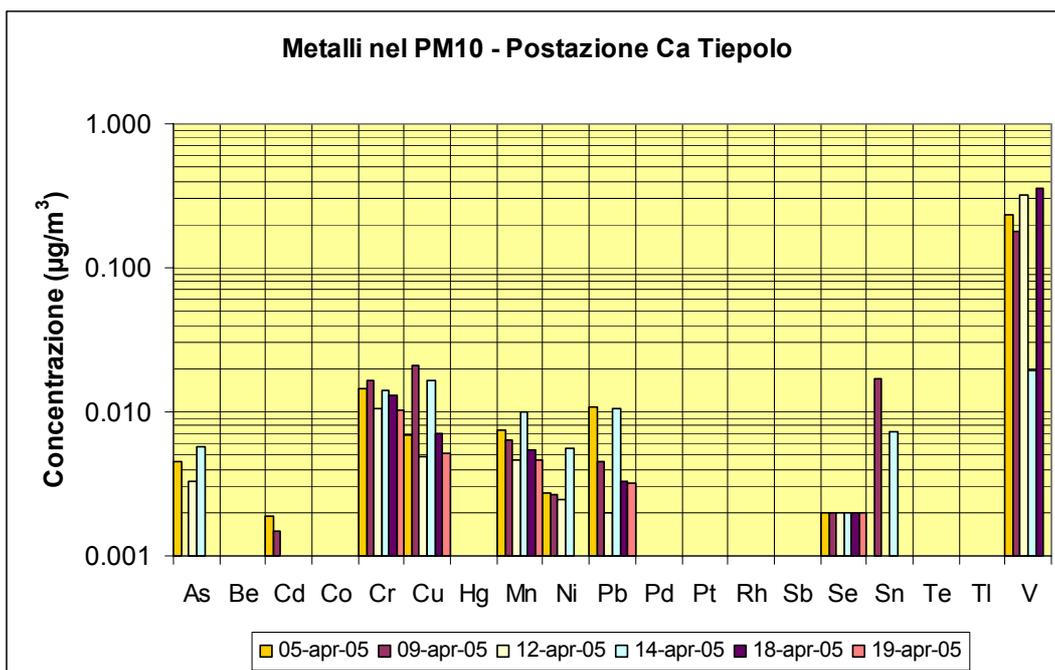


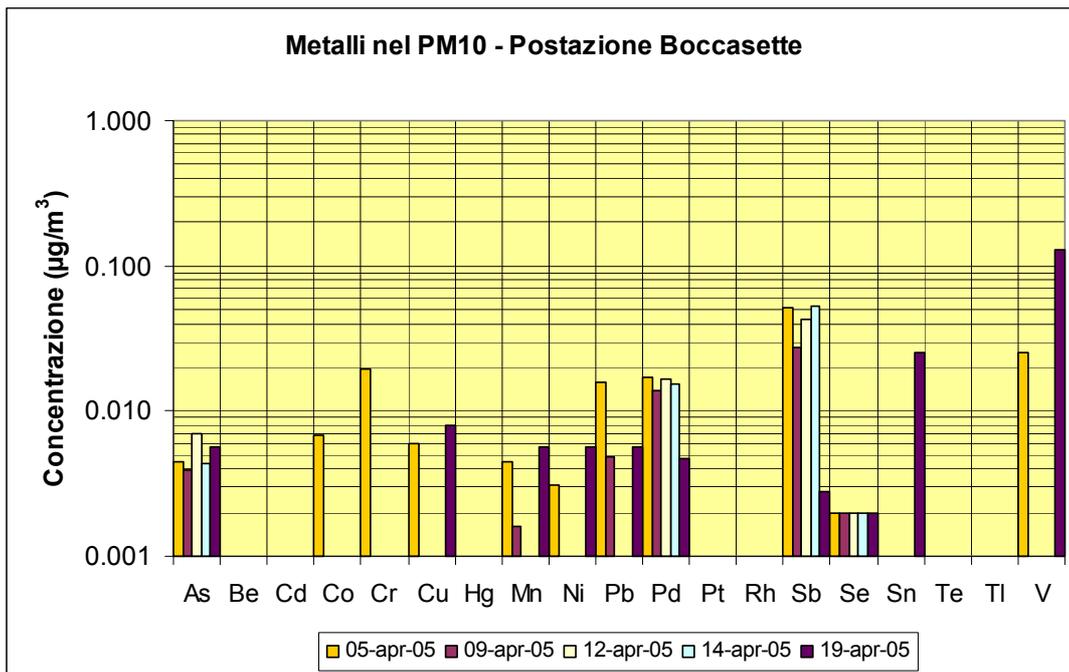
I grafici successivi mostrano gli andamenti di dettaglio dei valori misurati per tutti i metalli.





Centrale termoelettrica
di Porto Tolle





L'analisi dei dati permette di formulare le seguenti considerazioni:

- Piombo (unico metallo indicato dalla normativa nazionale)

Tutti i valori misurati di Piombo sono risultati inferiori al limite indicato dalla normativa nazionale ed europea ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). I valori più elevati sono stati riscontrati presso la postazione Scardovari; in tutti i casi anche il valore massimo ($0,018 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è comunque ampiamente al di sotto del limite annuale.

- Mercurio, Manganese e Vanadio (metalli per i quali le Linee Guida dell'OMS indicano valori limite)

Le concentrazioni sono risultate sempre inferiori ai valori limite previsti dalle Linee Guida. Le massime concentrazioni di Vanadio, sempre inferiori ai limiti, sono riscontrate in corrispondenza della postazione Scardovari e Ca Tiepolo.

- Arsenico, Cadmio e Nichel (metalli inseriti nella direttiva comunitaria 2004/107/CE)

Si riscontra un unico caso di superamento (per l'Arsenico a Boccasette) dei valori obiettivo proposti nella direttiva comunitaria.

Essendo però tali valore di soglia riferiti alla media annuale, risulta più corretto, ai fini del confronto, considerare il valor medio delle concentrazioni rilevate in queste postazioni, nel qual caso i limiti annuali risultano essere ampiamente rispettati.

- Berillio e Cromo (metalli per i quali è disponibile solo un'indicazione di fattore di rischio)

Le concentrazioni di Berillio sono sempre inferiori al limite di rilevabilità analitica mentre per il Cromo le concentrazioni medie variano tra i 4 e i $13 \text{ ng}/\text{m}^3$ nelle varie postazioni risultando quindi prossime al limite inferiore dell'intervallo di variabilità ($5 \div 200 \text{ ng}/\text{m}^3$) delle concentrazioni ambientali riportato dall'OMS.

- Cobalto, Rame, Rodio, Antimonio, Selenio, Stagno, Tellurio e Tallio (metalli non normati per i quali è stato elaborato un valore di riferimento indicativo a partire dai TLV/TWA)

Le concentrazioni di tutti questi metalli risultano sempre inferiori ai valori di riferimento stabiliti in precedenza e spesso inferiori anche al limite di rilevabilità strumentale.

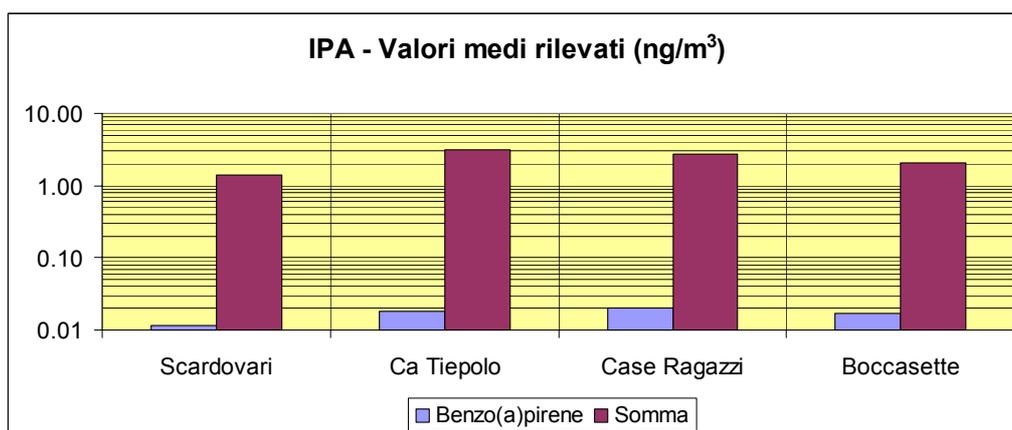
Le concentrazioni più elevate sono state riscontrate per il Rame e lo Stagno a Scardovari e per l'Antimonio a Boccasette.

- Palladio e Platino (metalli indicati dalla normativa delle emissioni aerodisperse per i quali non sono individuati riferimenti in ambiente esterno)

La concentrazione di Platino è sempre inferiore al limite di rilevabilità (pari a circa $0,2 \text{ ng/m}^3$). I valori di Palladio sono sempre inferiori al limite di rilevabilità a Ca' Tiepolo e Case Ragazzi mentre a Boccasette e Scardovari i valori massimi misurati sono rispettivamente pari a 17 e 29 ng/m^3 .

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

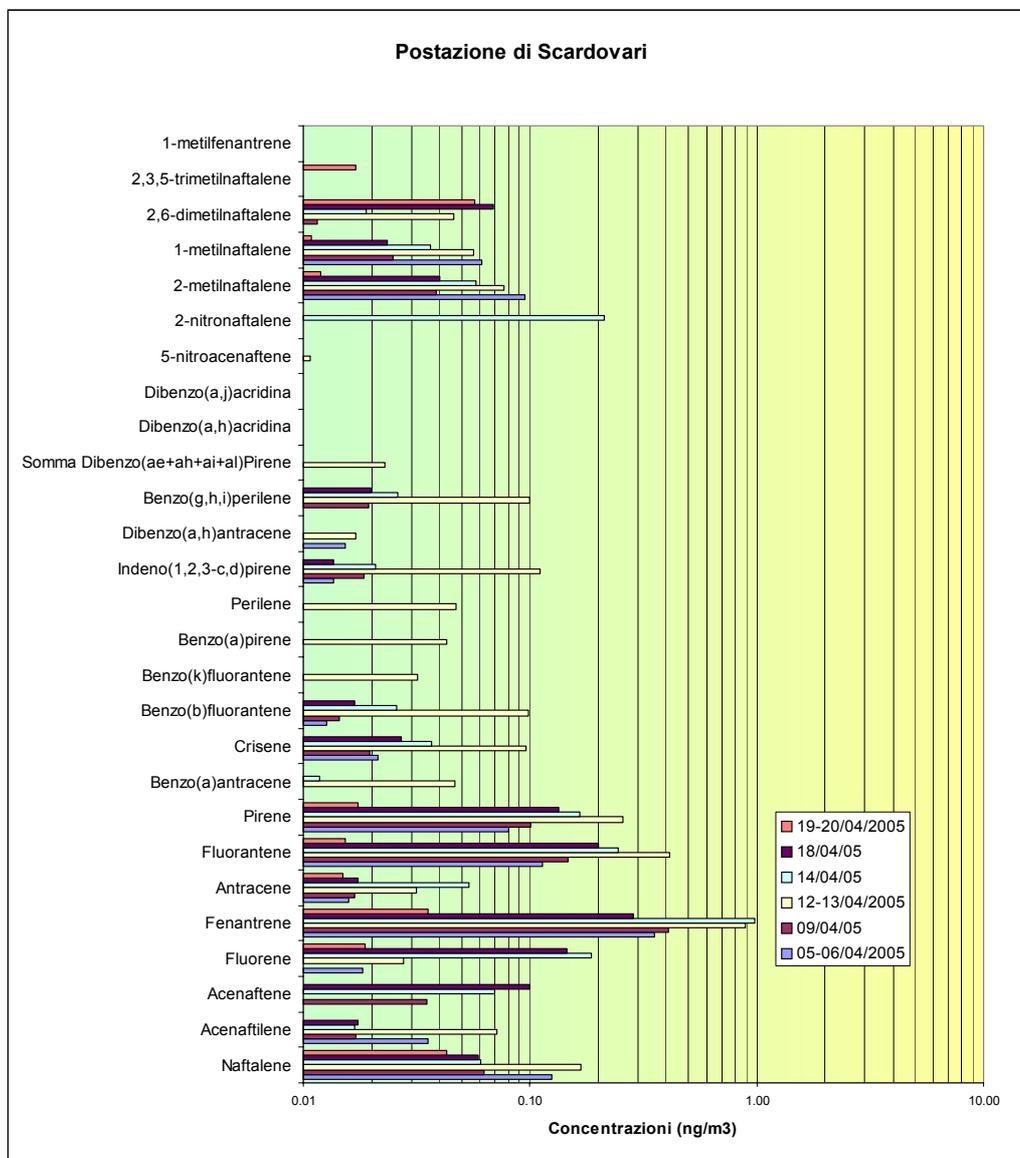
Il decreto 25 novembre 1994 prevede un obiettivo di qualità dell'aria pari ad 1 ng/m^3 su base annua, prendendo a riferimento le concentrazioni di Benzo(a)pirene (BaP). Tale limite è inoltre confermato come valore obiettivo dalla Direttiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio. Nel corso della campagna di indagine sono stati rilevati, oltre al Benzo(a)pirene, anche i principali composti IPA, includendo la lista indicata nel documento ISTISAN 97/35, ovvero i 16 IPA previsti nell'elenco US-EPA, integrato con alcuni composti considerati da ACGIH (*"American Conference of Governmental Industrial Hygienists"*), al fine di valutare la presenza di tutti quelli ritenuti più pericolosi. Nella seguente figura sono riportate, oltre alle concentrazioni del Benzo(a)Pirene, quelle di tutti i singoli composti rilevati e la loro somma.

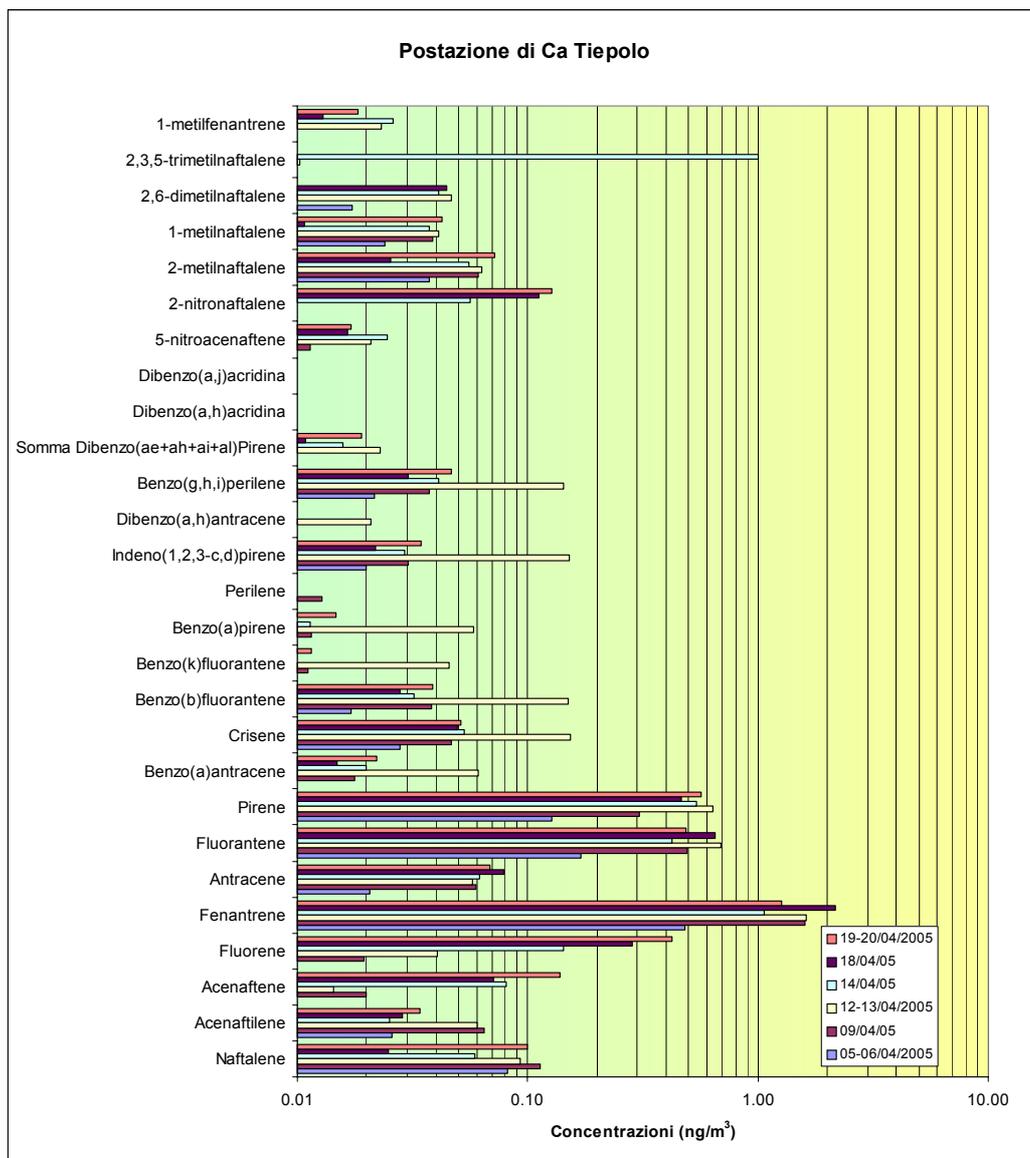


Le concentrazioni sono ampiamente inferiori ai limiti applicabili in tutte le postazioni. I valori più elevati si registrano a Case Ragazzi, postazione più prossima alle principali arterie stradali, e a Ca Tiepolo, in prossimità del paese, mentre le due postazioni limitrofe alla centrale (Scardovari e Boccasette) mostrano i valori inferiori.

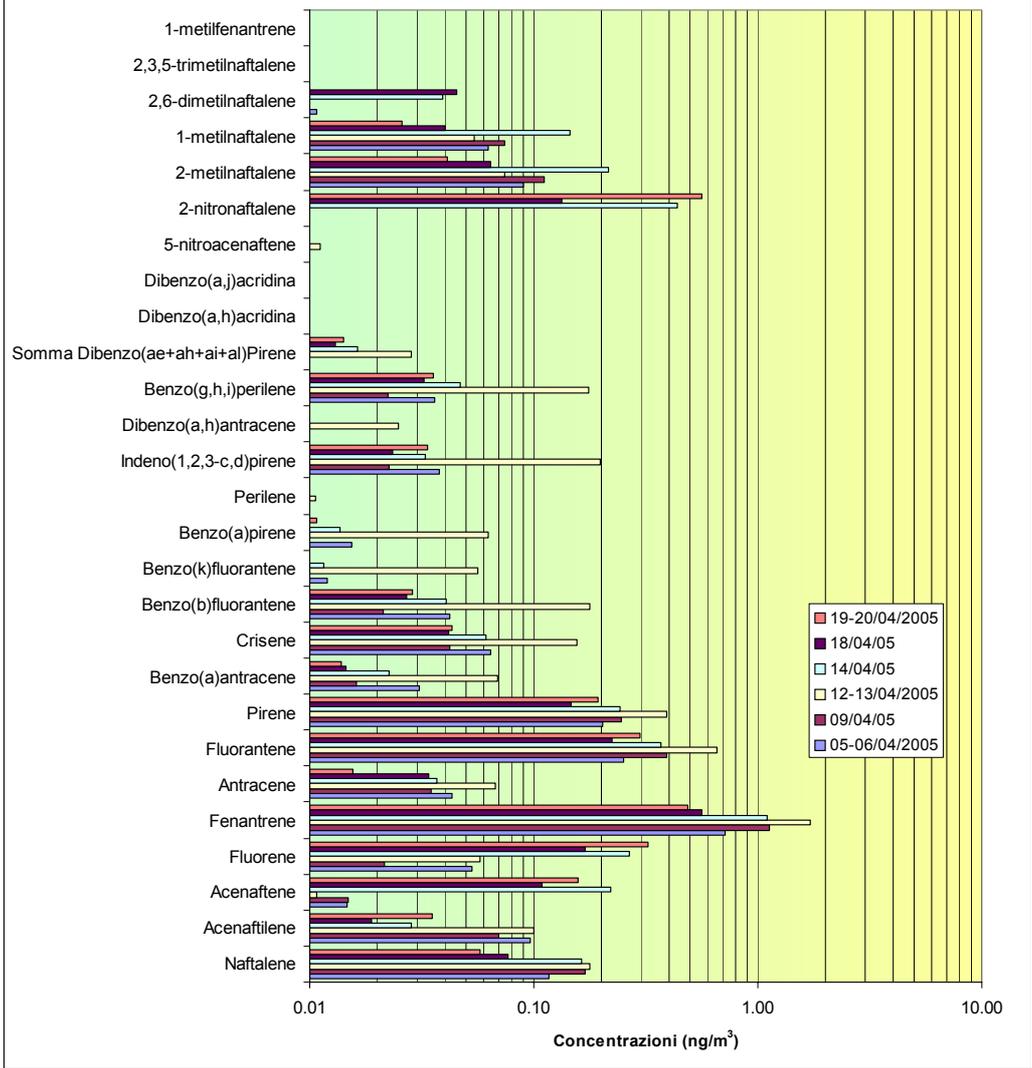


Nelle seguenti figure si riporta il dettaglio delle misure effettuate.



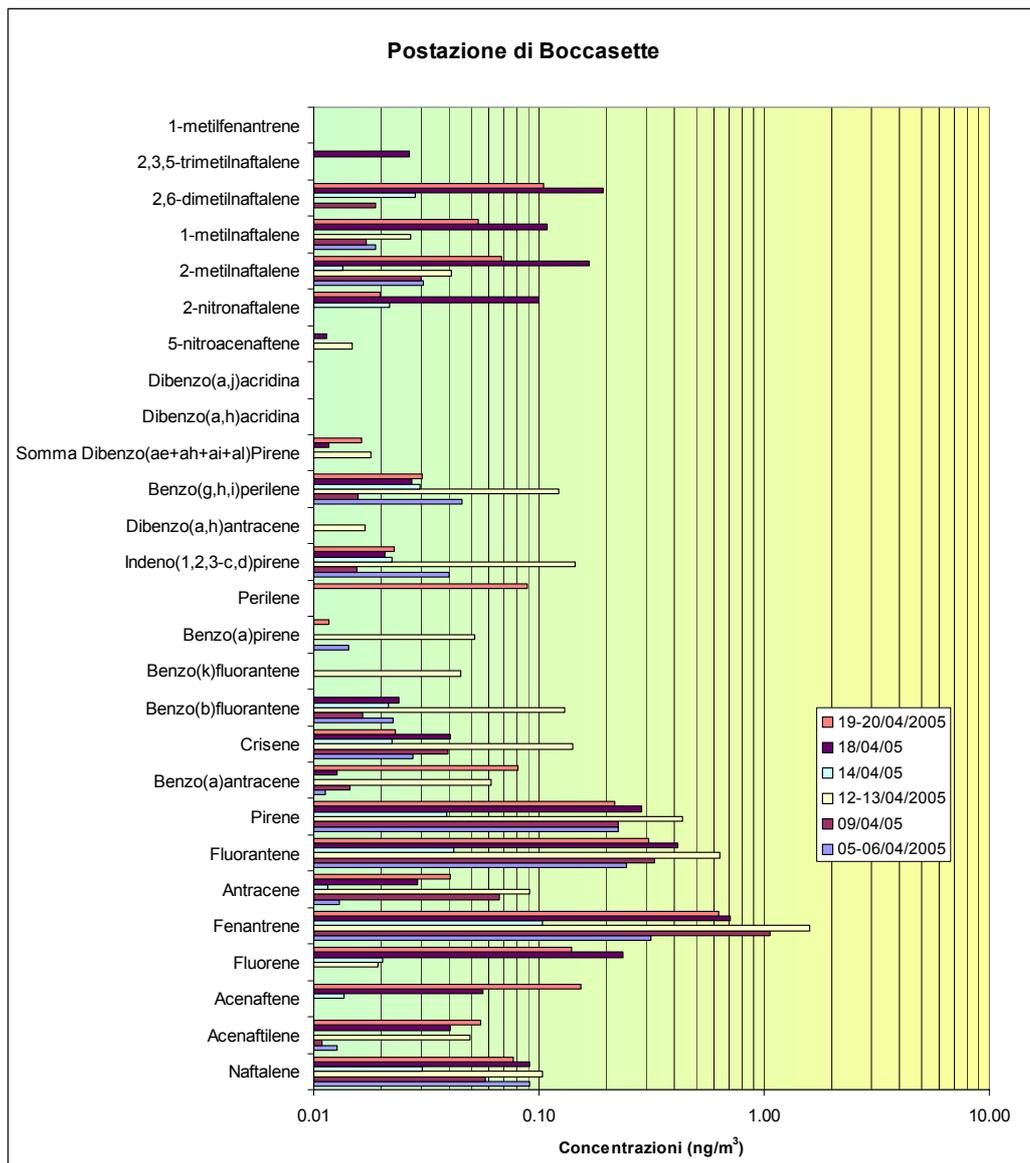


Postazione di Case Ragazzi



Centrale termoelettrica di Porto Tolle





Centrale termoelettrica di Porto Tolle



Policlorodibenzodiossine/Policlorodibenzofurani - (PCDD/PCDF) Diossine

Nel corso della campagna di indagine sono stati rilevati i 17 insiemi individuati tra il TetraCloroDiBenzoDiossina+TetraCloroDiBenzoFurano e l'OctaCloroDiBenzoDiossina+OctaCloro DiBenzoFurano.

L'OMS, nelle Linee Guida per la Qualità dell'Aria, non indica valori guida applicabili ai PCDD/PCDF in quanto l'inalazione costituisce una piccola porzione dell'esposizione totale (valutata inferiore al 5% dell'ingestione tramite la catena alimentare). Pur tuttavia la determinazione di PCDD e PCDF in aria ambiente viene effettuata per determinare la presenza di sorgenti emissive di diossine che possono contaminare la catena alimentare.

I risultati delle analisi chimiche hanno confermato che i valori in aria in tutte le postazioni risultano estremamente bassi ed ampiamente inferiori a 0,3 pg/m³, "valore soglia" indicato dalle Linee Guida dell'OMS al di sotto del quale si può escludere la presenza di una sorgente emissiva nel territorio.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.2.1.2. Analisi dell'impatto con la trasformazione dell'impianto

Approccio metodologico

La scelta del modello di calcolo da utilizzare nello studio della dispersione degli inquinanti emessi dal camino è principalmente condizionata dalle caratteristiche del periodo temporale di simulazione da assumere per verificare la rispondenza ai limiti di legge. L'esigenza di determinare i percentili delle medie orarie delle concentrazioni di inquinanti al suolo richiede l'adozione di un modello di tipo "short-term", che consenta di valutare i valori medi orari delle concentrazioni.

Tra i diversi modelli disponibili è stato scelto il modello ISCST3 (Industrial Source Complex Short Term), che risulta conforme alle caratteristiche richieste dall'applicazione in esame ed è uno dei modelli raccomandati dall'"Environmental Protection Agency" degli Stati Uniti. Il modello ISCST3 è classificato dall'EPA come "preferred" per una svariata tipologia di sorgenti e per siti ad orografia piana o leggermente ondulata e, come tecnica di "screening", per siti ad orografia complessa.

A livello nazionale l'utilizzo dei modelli EPA è stato consigliato dal Gruppo di Lavoro "Reti di rilevamento per il controllo della qualità dell'aria" dell'Istituto Superiore di Sanità (ISTISAN, 1990). Sempre a livello nazionale l'utilizzo dei modelli EPA è stato recentemente consigliato anche da APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici, 2000).

Il modello ISCST utilizza un'equazione di tipo gaussiano stazionario (stazionarietà dei parametri meteorologici e di emissione) per la simulazione della diffusione del pennacchio emesso dalla sorgente ed è in grado di calcolare sia le concentrazioni che le deposizioni degli inquinanti. Il sovrinnalzamento del pennacchio, definito con il termine "plume rise", è calcolato con le formule di Briggs (Briggs, 1969, 1974, 1975). La velocità del vento, necessaria al calcolo di questo parametro, è estrapolata alla quota di emissione con una legge di potenza. Per il calcolo dei parametri di diffusione, sia orizzontale (σ_y) che verticale (σ_z), possono essere utilizzate le curve di Pasquill-Gifford, valide per siti rurali, o le funzioni di Briggs-urban, per siti urbani.

Il modello ISCST è in grado di considerare contemporaneamente un numero illimitato di sorgenti di tipo puntuali, areali, e di volume; può quindi essere impiegato per la stima del contributo all'inquinamento atmosferico di sorgenti con caratteristiche fisiche differenti. Sorgenti di tipo lineare possono essere modellate come caso particolare delle sorgenti areali.

Inoltre il modello ISCST è in grado di considerare effetti di scia dovuti al camino e a edifici situati in prossimità della sorgente di emissione. Nel primo caso ("stack-tip downwash"), condizioni meteorologiche caratterizzate da venti tesi possono portare al suolo pennacchi dotati di una debole spinta dinamica. Nel secondo caso ("building wake effects"), viene considerato invece l'effetto di distorsione del flusso causato dalla presenza di edifici di notevoli dimensioni e la possibilità che tale distorsione trascini il pennacchio al suolo.

Il codice, essendo di tipo "short-term", calcola le concentrazioni medie orarie e consente, disponendo di serie temporali meteorologiche adeguate, la stima



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



dei percentili delle concentrazioni medie orarie e giornaliere per il confronto con i valori limite espressi dalla normativa vigente

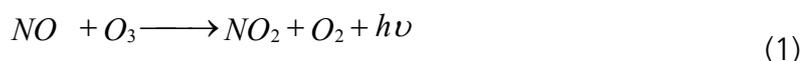
Bisogna inoltre osservare che, per le caratteristiche del modello utilizzato, gli inquinanti considerati sono diversificati solo dal differente rateo di emissione, in quanto il modello trascura le possibili reazioni chimiche subite in atmosfera dal singolo inquinante gassoso. In particolare, per quanto riguarda gli ossidi di azoto, le simulazioni modellistiche consentono la stima delle concentrazioni di NO_x , mentre la legislazione pone limiti, oltre che su gli ossidi di azoto totali, anche per le concentrazioni di biossido di azoto (NO_2). All'atto dell'emissione, generalmente l' NO_2 costituisce una frazione limitata (qualche per cento) degli NO_x , costituiti principalmente da NO: l' NO_2 si forma, a partire dall'NO, attraverso reazioni chimiche che dipendono fortemente sia dalle condizioni meteorologiche sia dalle concentrazioni di ozono (O_3) e degli idrocarburi presenti in atmosfera. È stata pertanto eseguita la valutazione dell'entità della trasformazione del monossido di azoto emesso (NO) in biossido di azoto (NO_2), utilizzando un opportuno codice di calcolo, ampiamente sperimentato per applicazioni di questo tipo, basato sugli equilibri di ossidazione e fotodissociazione che coinvolgono ossidi di azoto, ozono e radiazione solare UV. Tale codice opera sui singoli valori orari e per ogni punto ricettore.

Formazione del biossido di azoto e valutazione della sua concentrazione al suolo

Le emissioni di impianti di combustione contengono principalmente ossido di azoto NO, mentre l'emissione primaria di NO_2 è limitata a qualche per cento del totale degli NO_x .

Poiché gli standard di qualità dell'aria riguardano sia l' NO_x che il solo NO_2 è necessario fornire una valutazione dell'entità della formazione di quest'ultimo nelle zone circostanti l'impianto.

Le principali reazioni chimiche interessanti gli ossidi di azoto all'interno del pennacchio sono le seguenti:



A titolo conservativo, si può assumere che le reazioni citate pervengano entro il pennacchio istante per istante all'equilibrio fotostazionario (cioè la velocità di formazione del NO_2 è pari a quella di fotodissociazione):

$$\frac{d[NO_2]}{dt} = 0, \text{ cioè } \frac{k[NO][O_3]}{J[NO_2]} = 1 \quad (3)$$

(concentrazioni in volume)



Il valore della costante cinetica k di ossidazione di NO da parte dell'ozono è fornito dalla seguente espressione (Stevens C.S., Atm.Env. Vol.21, n°4, pp.799÷805 -1987):

$$k = 22,5 + 0,2 (t-21,5) \text{ ppm}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

dove t = temperatura dell'aria in °C.

Il valore della costante cinetica di fotodissociazione, J , è calcolabile dalla:

$$J = J_{\text{teor}} \cdot \text{Reffettiva} / R_{\text{massima}}$$

dove:

$$J_{\text{teor}} = 0,01305 \cdot 60 \cdot \exp\left[-0,360 \cdot \frac{1}{\cos \alpha}\right] F(\alpha) \quad \text{in min}^{-1}.$$

(D.D.Parrish et al., Atm.Env. Vol 17, n°7, pp1365÷1379 - 1983)

$$\cos(\alpha) = \sin \lambda \cdot \sin \beta + \cos \lambda \cdot \cos \beta \cos [\pi (h-12)/12]$$

$F(\alpha)$ = fattore di correzione per l'elevazione, assunto pari a 1 in quanto l'errore sistematico indotto è piccolo rispetto ad altre fonti di errore

α = angolo del sole rispetto allo zenit

λ = latitudine

β = declinazione solare = $23 \sin [2\pi /365(g-82)]$ (gradi sessagesimali)

g = giorno dell'anno contato dal 1 gennaio (giorno giuliano)

h = ora locale

R_{eff} = radiazione effettiva, cioè quella misurata localmente

R_{max} = radiazione massima, per la stessa ora del giorno, corrispondente a cielo sereno.

Il rapporto J/k varia quindi in funzione dell'ora del giorno, per la variazione di K con la temperatura e di J con l'intensità della radiazione ultravioletta (nell'intervallo di lunghezza d'onda 290÷420 nm).

Assumendo che l'ozono venga prodotto e consumato solo dalle reazioni sopra indicate, vale la relazione (bilancio dell'ossidante durante la diluizione del pennacchio):

$$\{[\text{NO}_2] + [\text{O}_3]\}_{\text{pennacchio}} = \{[\text{NO}_2] + [\text{O}_3]\}_{\text{aria diluizione}} + p[\text{NO}_x] \quad (4)$$

dove p è uguale al rapporto $[\text{NO}_2]/[\text{NO}_x]$ all'emissione; tale valore nelle emissioni dell'impianto considerato è variabile intorno a qualche percento ed è qui assunto pari al 2%. Si pone inoltre per definizione:

$$[\text{NO}_x] = [\text{NO}] + [\text{NO}_2] \quad (5)$$

Con queste ipotesi, assumendo di conoscere dal modello di dispersione la concentrazione di $[\text{NO}_x]$ nel pennacchio e da misure sperimentali la concentrazione $\{[\text{NO}_2] + [\text{O}_3]\}$ nell'aria di diluizione, si può calcolare in ogni punto del pennacchio, e in particolare nelle zone di ricaduta, il rapporto considerando trascurabile la presenza di NO_2 nell'aria di diluizione:



$$f = \frac{[NO_2]}{[NO_x]}$$

cioè la frazione di NO₂ sul totale degli NO_x
 Infatti, risolvendo il sistema formato dalle equazioni (3), (4) e (5), si ha:

$$f = \frac{1}{2} \left[b - \sqrt{b^2 - 4(p+r)} \right] \quad (6)$$

dove:

$$b = \frac{J}{k[NO_x]} + p + r + 1$$

$$p = \frac{[NO_2]_{\text{emissione}}}{[NO_x]_{\text{emissione}}}$$

$$r = \frac{[O_3]_{\text{aria diluizione}}}{[NO_x]}$$

La stima così ottenuta è conservativa in quanto sia il non raggiungimento della fotostazionarietà, sia l'ulteriore ossidazione di NO₂ in HNO₃, tendono a far diminuire la concentrazione di NO₂.
 Di notte si ha J=0, per cui è attiva la sola reazione di ossidazione di NO ad NO₂, che porta alla sparizione dell'NO o dell'O₃ a seconda delle concentrazioni relative; la (6) risulta pertanto così semplificata:

$$\begin{aligned} f &= p + r & \text{se } p + r &\leq 1 \\ f &= 1 & \text{se } p + r &> 1 \end{aligned} \quad (7)$$

A partire dal calcolo modellistico di [NO_x] è stata quindi calcolata, per ogni ora e per ogni punto ricettore, la concentrazione di NO₂ dalla:

$$[NO_2]_{\text{ricettore}} = f_{\text{ricettore}} \cdot [NO_x]_{\text{ricettore}}$$

dove il fattore di trasformazione $f_{\text{ricettore}}$ è calcolato secondo la (6) o la (7) in funzione del giorno e dell'ora corrispondente all'input meteorologico orario al modello ISC3, ed in funzione della concentrazione [NO_x]_{ricettore} ottenuta in output dal modello stesso per quell'ora e quel ricettore.



Approfondimento modellistico

Le caratteristiche dell'area di indagine e, in particolare, la presenza di una disomogeneità superficiale quale l'interfaccia terra-mare e il possibile verificarsi di condizioni meteorologiche caratterizzate da regimi di brezza hanno indirizzato l'esecuzione di uno studio di approfondimento con un modello lagrangiano a particelle adatto a trattare situazioni meteorologiche quali quelle citate. Questa tipologia di modelli richiede tempi di calcolo decisamente superiori rispetto a quelli necessari per i modelli gaussiani e quindi con essi non è possibile effettuare simulazioni di lungo periodo finalizzate al calcolo ad esempio dei percentili annuali. Questi modelli, sfruttando una ricostruzione tridimensionale del campo di vento e di turbolenza atmosferica, sono però in grado di studiare con maggiore accuratezza la diffusione degli inquinanti in condizioni meteorologiche critiche, ad esempio l'interazione con l'orografia, situazioni di brezza, situazioni di calma di vento e accumulo degli inquinanti.

Nel nostro caso è stato scelto di effettuare questi approfondimenti con il modello lagrangiano a particelle SPRAY. Tale codice, sviluppato da ENEL-Ricerca (ora CESI) e validato in numerose situazioni (si veda Tinarelli et al. 1994), è stato recentemente consigliato anche da APAT nella guida alla scelta dei modelli di dispersione nella valutazione della qualità dell'aria¹¹.

Nei modelli di questo tipo, la dispersione di una sostanza inquinante aeriforme è simulata attraverso il moto di un opportuno numero di pseudo-particelle, ognuna delle quali rappresenta una determinata porzione in massa della quantità emessa da una sorgente. La posizione di ogni particella nello spazio tridimensionale, rappresentata dalle coordinate X, Y e Z rispetto ad un sistema di riferimento cartesiano, viene definita integrando ad ogni passo temporale di discretizzazione (Δt modello) le seguenti equazioni:

$$X(t + \Delta t) = X(t) + U_x(t)\Delta t$$

$$Y(t + \Delta t) = Y(t) + U_y(t)\Delta t$$

$$Z(t + \Delta t) = Z(t) + U_z(t)\Delta t$$

Dove U_x , U_y e U_z sono le componenti cartesiane della velocità, date dalla somma di un valore medio ed una fluttuazione:

$$U_i(t) = \overline{U_i(t)} + U'_i(t) \quad \text{con } i = x, y, z$$

In questo modo viene simulato il moto in un flusso atmosferico, dovuto sia ad una velocità di trasporto $\overline{U_i(t)}$, il cosiddetto vento medio, che ad una ulteriore componente casuale $U'_i(t)$ in grado di riprodurre la dispersione determinata dal carattere statistico della turbolenza.

¹¹ <http://www.sinanet.anpa.it/aree/atmosfera/qaria/Progetti/GuidaWEB/home.htm>



La concentrazione della sostanza emessa può essere calcolata attraverso il conteggio delle particelle in celle di un grigliato tridimensionale, definito in maniera appropriata per la simulazione. Ogni conteggio, effettuato ad istanti prefissati, costituisce un campionamento all'interno di un intervallo temporale, al termine del quale i diversi campionamenti vengono mediati per dare origine al valore di concentrazione in ogni cella.

Per quanto riguarda le fonti di emissione, non esistono limitazioni di principio nella struttura geometrica delle stesse gestite dal modello, rappresentate dalle regioni dello spazio dove vengono generate le particelle. Possono essere di tipo puntuale (ad esempio ciminiere), areali (superfici industriali od urbane) oppure lineari (tratti di strade), con dimensioni e localizzazione estremamente precise, libere da vincoli legati a strutture di grigliato come avviene ad esempio nei modelli di tipo Euleriano

Il modello SPRAY necessita dei seguenti input per pilotare una simulazione di dispersione:

- campi tridimensionali di vento. Sono forniti da un modello meteorologico e vengono utilizzati per simulare il trasporto medio delle particelle. Ogni particella viene spostata con un vento medio determinato dall'interpolazione spazio-temporale effettuata nell'istante e nel punto dove si viene a trovare. La regione tridimensionale dello spazio dove sono definiti questi campi costituisce il dominio di calcolo della simulazione;
- dati di turbolenza atmosferica. Sono forniti dal codice TURKEY con frequenza temporale opportuna sul grigliato di interesse e vengono utilizzati per simulare la componente di moto casuale per la diffusione delle particelle. Ogni particella viene spostata in funzione della dispersione turbolenta presente nell'istante e nel punto dove si viene a trovare. Oltre a questi dati, il modello necessita di una matrice di dati di uso del suolo, su un grigliato orizzontale corrispondente a quello dei dati di vento, in grado di descrivere la non omogeneità orizzontale del terreno nella risposta alla forzante radiativa solare e la conseguente disomogeneità nei campi di turbolenza che si vengono a determinare;
- dati relativi alle emissioni, costituiti da una sequenza di informazioni sulla loro geometria e localizzazione spaziale, sulle quantità in massa emesse per ciascuna delle specie inquinanti prese in considerazione nella simulazione e sul numero di particelle da utilizzare. Ad ogni particella viene attribuita una massa per ogni specie, dipendente dalle caratteristiche della sorgente nel momento in cui viene emessa, simulando in questo modo condizioni non stazionarie. Le particelle vengono emesse con una frequenza determinata (Δt emissione) non necessariamente identica al passo temporale del modello con il quale vengono integrate le equazioni di moto;
- parametri di 'run' in grado di pilotare la simulazione. Tra i principali vi sono l'intervallo di tempo della simulazione, la durata degli step temporali, la frequenza di salvataggio delle particelle, le caratteristiche del grigliato di concentrazioni e le modalità per il calcolo e il salvataggio di queste ultime.



I risultati della applicazione del modello lagrangiano a particelle SPRAY sono illustrati nel rapporto CESI A5023405 (**Allegato 4.2.1.2/I**).

Analisi previsiva senza intervento

Con la mancata realizzazione del progetto di conversione a carbone della Centrale di Porto Tolle, nell'ipotesi di un futuro esercizio della centrale simile a quello attualmente autorizzato, si può considerare che l'impatto sulla qualità dell'aria resterà verosimilmente immutato, ad eccezione di eventuali adeguamenti ambientali dovuti all'evoluzione della normativa di riferimento.

Analisi previsiva con intervento

L'impatto sulla qualità dell'aria delle attività caratteristiche della fase di costruzione del progetto di conversione a carbone della Centrale di Porto Tolle consiste essenzialmente in un aumento della polverosità di natura sedimentabile nelle immediate vicinanze del cantiere. Tale aumento di polverosità è dovuto soprattutto alla dispersione di particolato grossolano causata dalle operazioni delle macchine di movimentazione della terra e dalla risospensione di polvere da piazzali e strade non pavimentati, dovuta al movimento dei mezzi di cantiere. Si tratta di un impatto temporaneo e del tutto reversibile.

Comunque, come risulta dall'esperienza di altri cantieri anche di maggiori dimensioni, non sono mai sorti né sono prevedibili particolari problemi, come anche si è dedotto dall'osservazione della vegetazione presente nell'area circostante i cantieri stessi. La soddisfacente situazione rappresenta anche il risultato degli accorgimenti messi in atto ai fini della salvaguardia dell'ambiente di lavoro (bagnatura frequente dei tratti sterrati, limitazione di velocità dei mezzi, etc.).

Nella fase di esercizio, l'impatto sulla qualità dell'aria della Centrale di Porto Tolle deriva dalle emissioni dei prodotti della combustione attraverso il camino. La valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria è illustrata nel seguito attraverso una analisi comparativa delle ricadute al suolo indotte dall'impianto nell'assetto attuale ed in quello futuro dopo la sua conversione a carbone.

La Centrale di Porto Tolle nel suo assetto attuale è costituita da 4 gruppi termoelettrici da 660 MW funzionanti a olio combustibile denso. I prodotti della combustione delle 4 sezioni sono scaricati in atmosfera attraverso una ciminiera multiflusso di 250 metri di altezza. Le caratteristiche geometriche della ciminiera sono riportate nel prospetto seguente.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Situazione attuale

Sezione	Camino		Fumi		Emissioni mg/Nm ³ (*)		
	H (m)	d (m)	Portata tal quali (Nm ³ /h)	Temp. (°C)	SO ₂	NO _x	Polveri
PO1-4	250	4 X 5,8	4 X 2.000.000	140	400	200	50

(*) Valori riferiti ai fumi secchi e ad un tenore di ossigeno del 3%

Il progetto di conversione a carbone della centrale prevede l'installazione di quattro caldaie ultra supercritiche da 660 MW i cui prodotti della combustione verranno scaricati in atmosfera attraverso l'esistente ciminiera multiflusso. Il quadro emissivo della configurazione futura è riassunto nella tabella seguente.

Situazione futura

Sezione	Camino		Fumi		Emissioni mg/Nm ³ (*)		
	H (m)	d (m)	Portata tal quali (Nm ³ /h)	Temp. (°C)	SO ₂	NO _x	Polveri
PO1-4	250	4 X 5,8	4 X 2.100.000	90	200	100	30

(*) Valori riferiti ai fumi secchi e ad un tenore di ossigeno del 6%

Oltre ai dati caratterizzanti le emissioni, l'input del modello di calcolo è completato dalla definizione del dominio di calcolo e dei dati meteorologici.

Il dominio di calcolo, scelto in base alle caratteristiche del sito e al tipo di emissione, è costituito da un'area di lato pari a 25 km in direzione E-O e 25 km in direzione N-S. La disposizione del dominio di calcolo, e quindi delle figure contenenti i risultati delle simulazioni, è tale da far coincidere il nord geografico con la direzione verticale. La centrale è posta al centro rispetto alla verticale, mentre sull'asse orizzontale l'area considerata si estende per 20 km verso Ovest e 5 km verso Est dell'impianto per tener conto della conformazione della terraferma. I punti ricettori sono stati disposti su una griglia a maglie regolari con passo 500 metri.

I dati meteorologici richiesti in input dal modello sono stati definiti utilizzando i dati rilevati presso la stazione meteorologica della Centrale di Porto Tolle. Dai rilevamenti eseguiti nel periodo compreso tra il 1993 e il 2004, sono stati estratti 1932 giorni completi di dati (corrispondenti a 46368 record orari). I dati degli anni 1999 e 2002 non sono stati utilizzati in quanto troppo incompleti. I giorni estratti nel periodo considerato sono equamente ripartiti tra i vari mesi dell'anno al fine di fornire una statistica attendibile delle diverse condizioni meteo possibili durante gli anni. L'altezza dello strato rimescolato è stata assunta pari a 10.000 m.

Nelle simulazioni l'impianto è stato considerato funzionante in continuo, cioè per 8760 ore/anno, alla potenza nominale, mentre il funzionamento realmente previsto è di circa 7000 ore/anno. Questa ipotesi cautelativa è stata adottata per coerenza con la formulazione degli standard di qualità dell'aria fissati dalla normativa vigente (DM 60/2002 e DPR 203/1988).



Tali decreti fissano infatti valori limite dei percentili delle concentrazioni medie orarie o giornaliere per i diversi inquinanti, cioè stabiliscono il numero massimo di ore o giorni durante i quali le concentrazioni in aria possono superare determinati valori di soglia.

Nel caso in esame, i contributi dell'impianto ai suddetti parametri statistici dovrebbero essere determinati in base alle condizioni meteorologiche coincidenti con l'effettivo periodo di funzionamento. Non potendo però predeterminare tale periodo, l'assunzione di una emissione continua è necessaria, in quanto non si può escludere a priori che l'effettivo funzionamento dell'impianto coincida con le condizioni meteorologiche più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti, tra quelle che potrebbero verificarsi nel corso dell'anno, naturalmente questa ipotesi risulta conservativa.

Sulla base delle suddette informazioni, sono state condotte le valutazioni modellistiche della dispersione al suolo di SO₂, NO₂ e Polveri calcolando per ciascun inquinante la distribuzione al suolo delle concentrazioni riferite agli indici statistici previsti dalla normativa vigente in materia di limiti sulla qualità dell'aria.

Biossido di zolfo - SO₂

Il futuro assetto di funzionamento della Centrale di Porto Tolle prevede una diminuzione del 50% della concentrazione di SO₂ nei fumi di scarico che passa dagli attuali 400 mg/Nm³ ai previsti 200 mg/Nm³. Considerato che la portata volumetrica dell'assetto futuro aumenta lievemente rispetto alla configurazione attuale passando da 8000000 Nm³/ora a 8400000 Nm³/ora, in termini di rateo emissivo (massa di inquinante emessa nell'unità di tempo) l'emissione di SO₂ nell'assetto proposto a carbone scende a circa il 60% del rateo di emissione attuale. Questa diminuzione delle emissioni di SO₂ porta quindi ad una complessiva diminuzione di tutti gli indici statistici di qualità dell'aria definiti dalla normativa vigente. Nella tabella seguente vengono riportati i valori massimi dei parametri statistici calcolati dal modello sull'intera griglia di calcolo e relativi ai due differenti assetti di funzionamento.

SO₂ Confronto del limite di legge con i valori massimi calcolati dal modello

Biossido di zolfo (SO ₂)		Limite	Attuale	Futuro
Normativa	Parametro	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)
DPR 203/88	50 percentile giornaliero	80	0,00	0,00
DPR 203/88	98 percentile giornaliero	250	5,20	4,60
DM 60/2002	Media annuale (Protezione ecosistemi)	20	0,43	0,39
DM 60/2002	Concentrazione superata per 3g/anno	125	7,20	6,60
DM 60/2002	Concentrazione superata per 24h/anno	350	52,00	44,00



Nel seguito vengono confrontate le mappe di isoconcentrazione corrispondenti ai due assetti studiati (attuale e futuro) per i parametri statistici normati dal DM 60/2002.

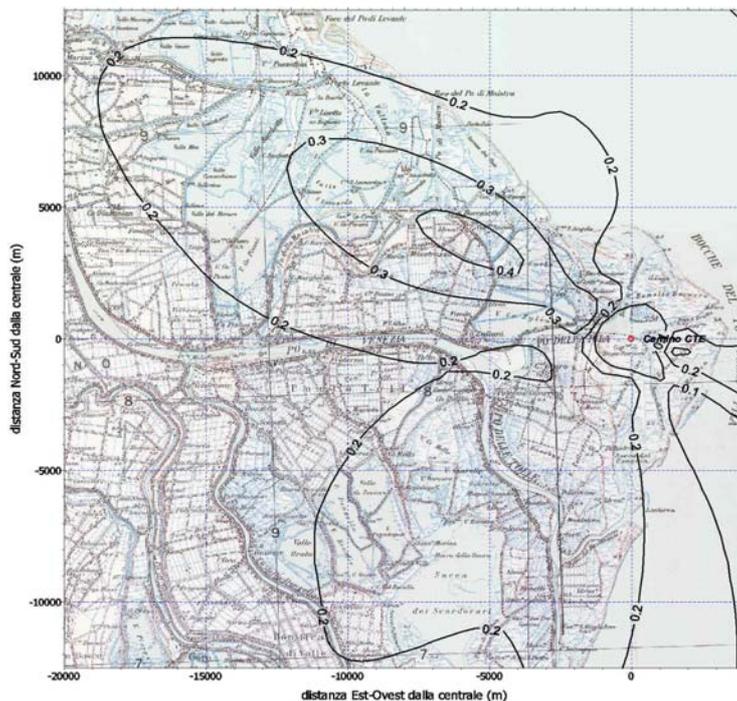
La media annuale delle concentrazioni di biossido di zolfo nella situazione attuale (Figura 4.2.1.2-I) mostra aree di massima ricaduta a nord-ovest ed a sud-est dell'impianto, il valore massimo è ubicato a nord-ovest a circa 7 km dalla centrale e assume un valore pari a $0.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella configurazione attuale e $0,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella configurazione futura.

Le concentrazioni massime dei valori medi giornalieri del biossido di zolfo che non devono essere superati per più di 3 volte l'anno rispettano i limiti definiti dalla normativa vigente. Le aree di massima ricaduta sono ubicate a nord-ovest ed a sud-est dell'impianto e il massimo assoluto per questo parametro risulta pari a $7,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella situazione attuale e pari a $6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella situazione futura (Figura 4.2.1.2-II).

I valori massimi del 99,7° percentile delle concentrazioni medie orarie del biossido di zolfo, ovvero i valori che non devono essere superati per più di 24 volte l'anno, rispettano i limiti definiti dalla normativa vigente. Le aree di massima ricaduta sono ubicate a nord-ovest ed a sud-est dell'impianto e il massimo assoluto per questo parametro risulta pari a $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella situazione attuale e pari a $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella situazione futura (Figura 4.2.1.2-III).

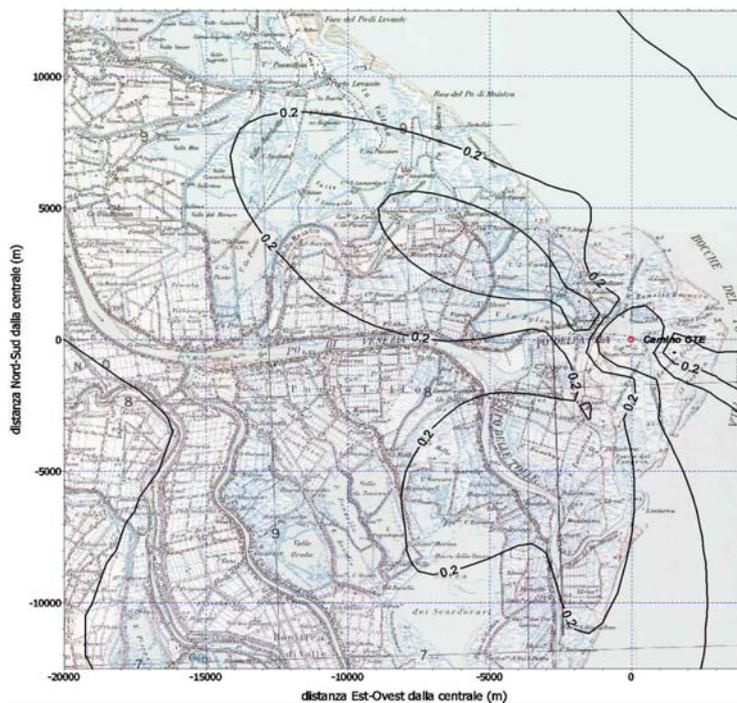


Porto Tolle - caso attuale
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 SO₂ - Concentrazione media (µg/m³)
 Valore massimo = 0.43 (µg/m³)



(assetto attuale)

Porto Tolle - caso futuro
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 SO₂ - Concentrazione media (µg/m³)
 Valore massimo = 0.39 (µg/m³)



(assetto futuro)

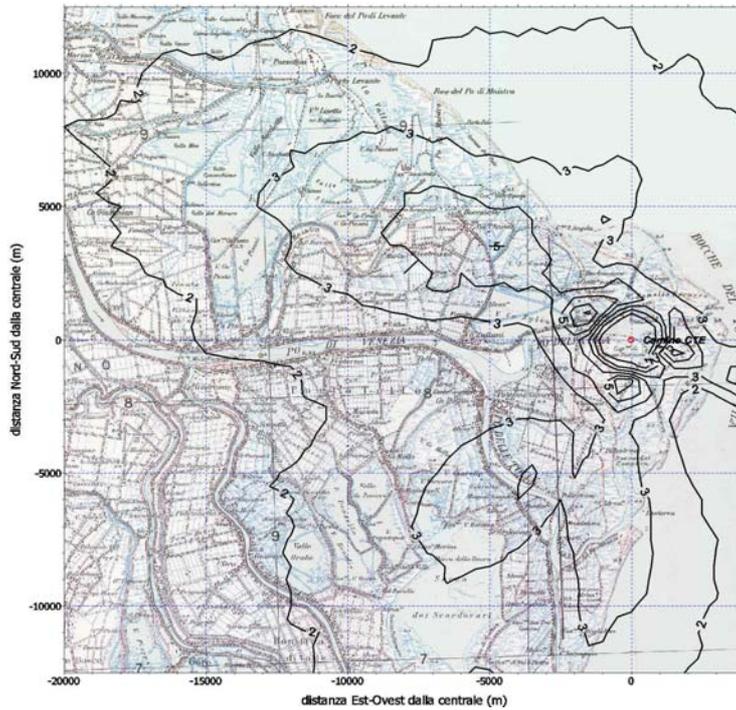
Figura 4.2.1.2-I - Concentrazione media annuale di SO₂



Centrale termoelettrica
 di Porto Tolle

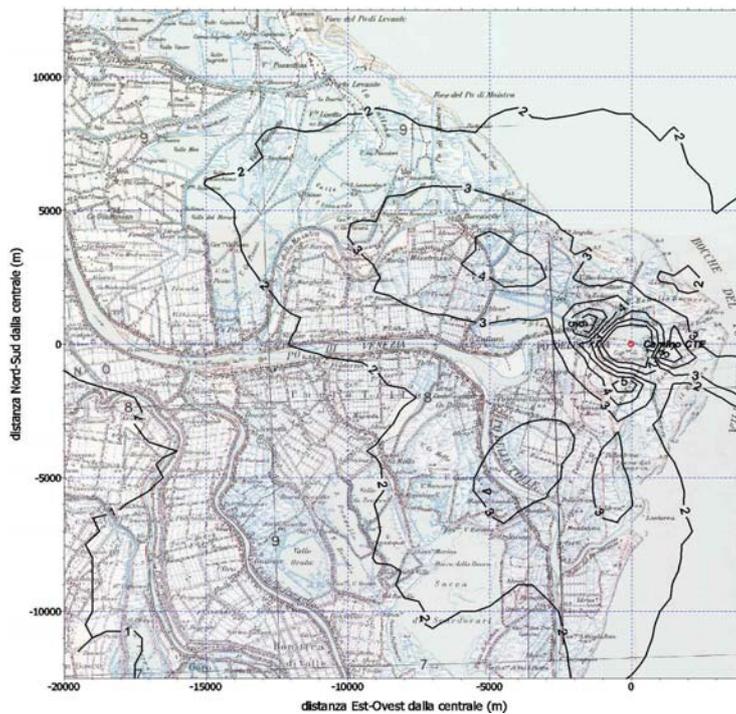


Porto Tolle - caso attuale
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 SO₂ - 99.2 percentile giornaliero (µg/m³)
 Valore massimo = 7.2 (µg/m³)



(assetto attuale)

Porto Tolle - caso futuro
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 SO₂ - 99.2 percentile giornaliero (µg/m³)
 Valore massimo = 6.6 (µg/m³)



(assetto futuro)

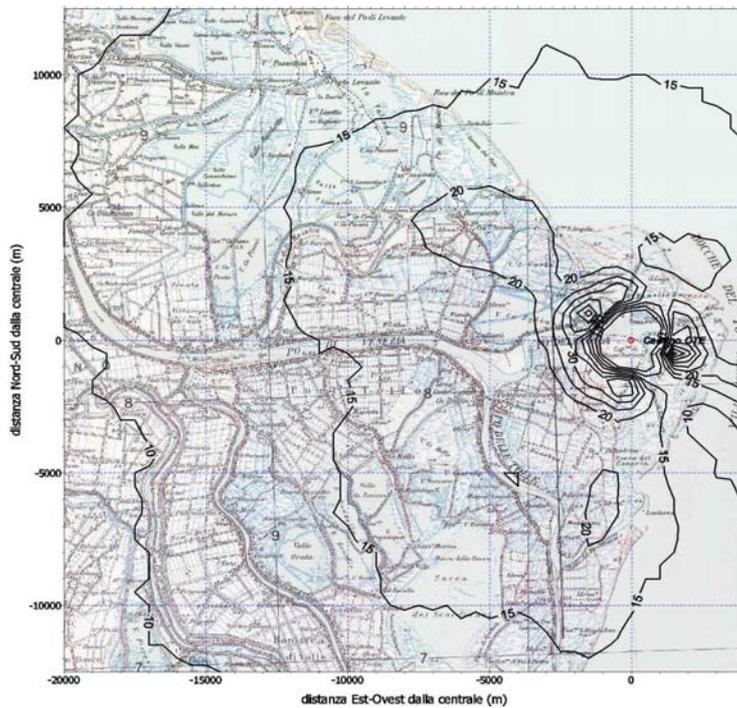
Figura 4.2.1.2-II - Concentrazione media giornaliera di SO₂ superata per 3 giorni/anno (99.2 percentile)



Centrale termoelettrica
 di Porto Tolle

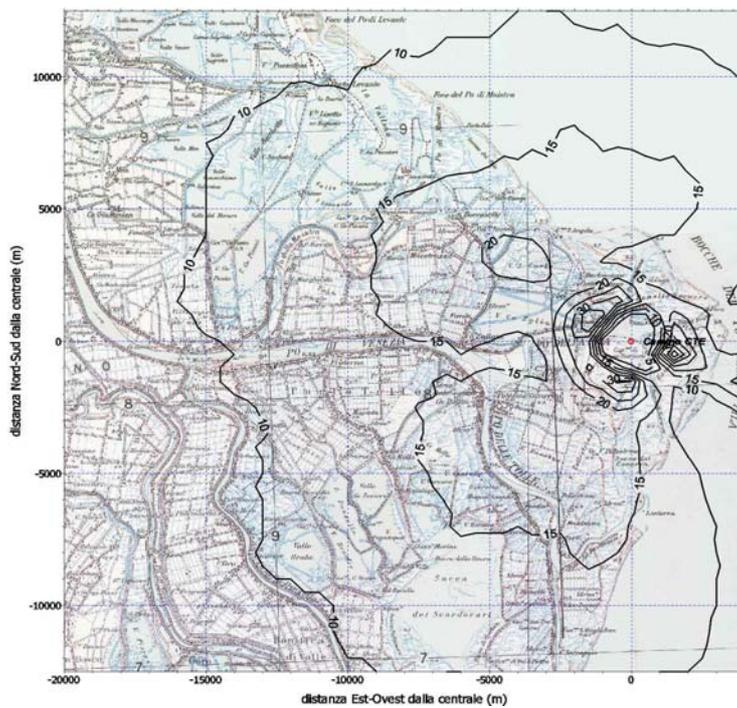


Porto Tolle - caso attuale
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 SO₂ - 99.7 percentile orario (µg/m³)
 Valore massimo = 52 (µg/m³)



(assetto attuale)

Porto Tolle - caso futuro
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 SO₂ - 99.7 percentile orario (µg/m³)
 Valore massimo = 44 (µg/m³)



(assetto futuro)

Figura 4.2.1.2-III - Concentrazione media oraria di SO₂ superata per 24 ore/anno (99.7 percentile)



Centrale termoelettrica
 di Porto Tolle



Ossidi di azoto – NO_x-NO₂

Anche per gli ossidi di azoto l'assetto di funzionamento futuro prevede una riduzione del 50% della concentrazione di NO_x nei fumi di scarico che passa dagli attuali 200 mg/Nm³ ai previsti 100 mg/Nm³. In termini di rateo emissivo, dato il lieve aumento della portata volumetrica nell'assetto futuro, l'emissione di NO_x scende a circa il 60% del rateo di emissione attuale. Questa diminuzione delle emissioni si traduce in una complessiva diminuzione degli indici statistici di qualità dell'aria definiti dalla normativa vigente. Nella tabella riportata nel seguito si illustrano i valori massimi dei parametri statistici calcolati dal modello sull'intera griglia di calcolo e relativi ai due differenti assetti di funzionamento.

Biossido di azoto (NO ₂)		Limite	Attuale	Futuro
Normativa	Parametro	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)
DPR 203/88	50 percentile orario	50	0,0	0,0
DPR 203/88	98 percentile orario	200	3,50	3,00
DM 60/2002	Media annuale	40	0,16	0,15
DM 60/2002	Concentrazione superata per 18h/anno	200	20,00	16,70
Ossidi di azoto totali (NO _x)				
DM 60/2002	Media annuale (Protezione vegetazione)	30	0,21	0,20

NO_x / NO₂ Confronto del limite di legge con i valori massimi calcolati dal modello

Nel seguito vengono confrontate le mappe di isoconcentrazione corrispondenti agli assetti attuale e futuro per i parametri statistici normati dal DM 60/2002.

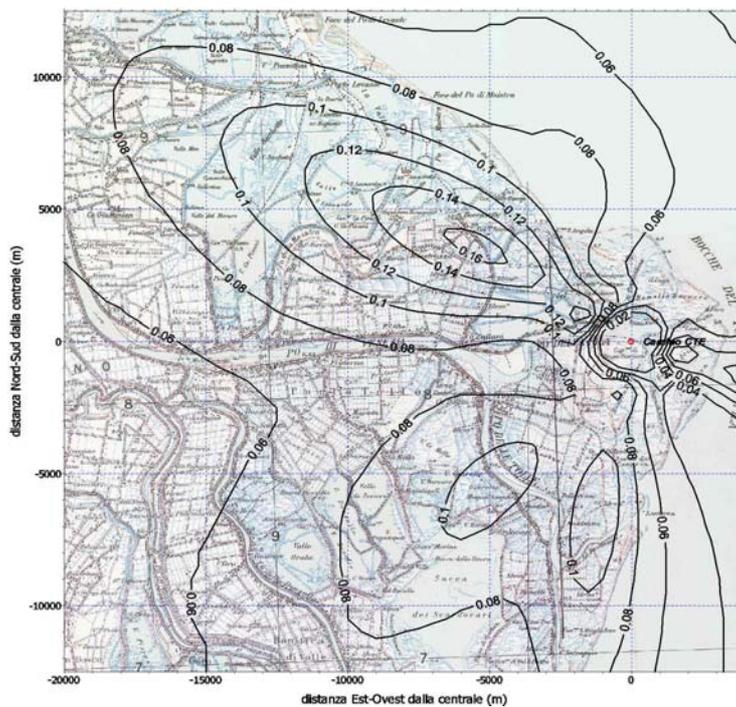
Il valore medio annuale delle concentrazioni di biossido di azoto nella situazione attuale (Figura 4.2.1.2-IV) evidenzia aree di massima ricaduta a nord-ovest e a sud-ovest dell'impianto, il valore massimo si verifica a nord-ovest ed assume un valore pari a 1,16 µg/m³; la riduzione di inquinante emesso associata alla situazione futura produce una leggera diminuzione del valore dell'indice statistico.

Le concentrazioni massime dei valori medi orari del biossido di azoto che non devono essere superati per più di 18 volte l'anno (99,8° percentile) rispettano ampiamente i limiti definiti dalla normativa vigente. Nell'assetto attuale le aree di massima ricaduta sono ubicate nord-ovest e ad est a breve distanza dell'impianto. Il valore massimo si trova ad est dell'impianto e risulta pari a 20 µg/m³ nella configurazione attuale e pari a 16,7 µg/m³ in quella futura (Figura 4.2.1.2-V).

Il valore medio annuale delle concentrazioni degli ossidi di azoto nella situazione attuale (Figura 4.2.1.2-VI) evidenzia aree di massima ricaduta a nord-ovest ed a sud-ovest dell'impianto, il valore massimo, ubicato a nord-ovest, assume un valore pari a 0,21 µg/m³. La riduzione di inquinante emesso associata all'assetto futuro produce una lieve diminuzione del valore di questo indice statistico (0,20 µg/m³)

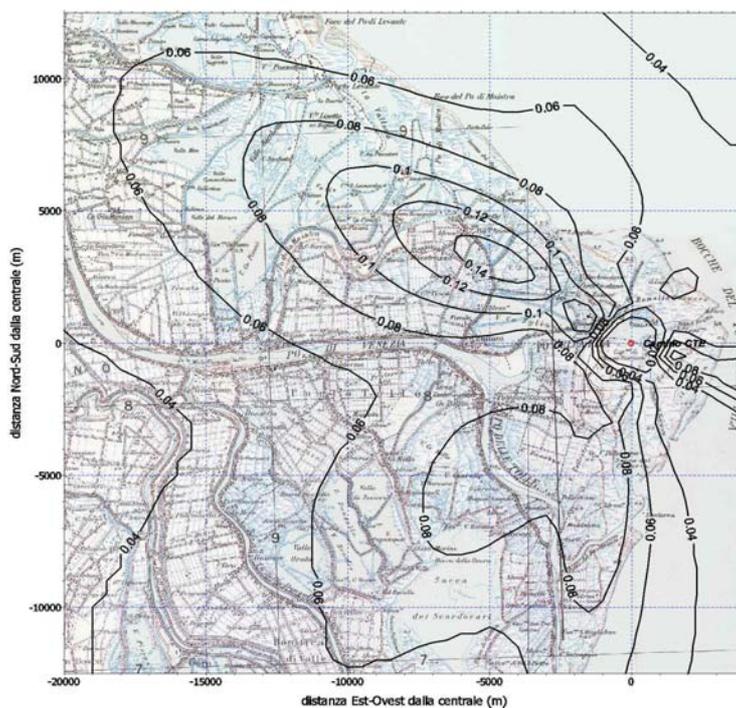


Porto Tolle - caso attuale
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 NO₂ - Concentrazione media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 Valore massimo = 0.16 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



(assetto attuale)

Porto Tolle - caso futuro
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 NO₂ - Concentrazione media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 Valore massimo = 0.15 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



(assetto futuro)

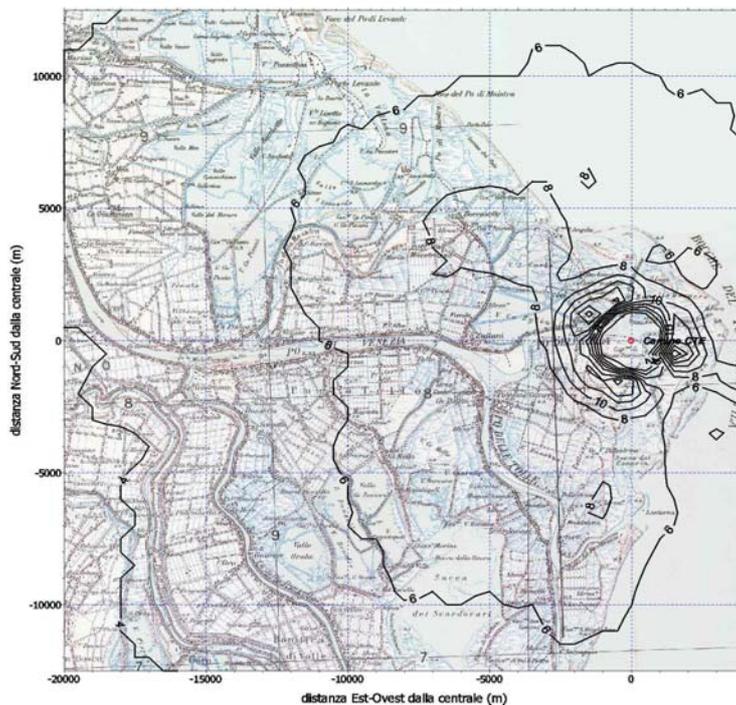
Figura 4.2.1.2-IV- Concentrazione media annuale di NO₂



Centrale termoelettrica
 di Porto Tolle

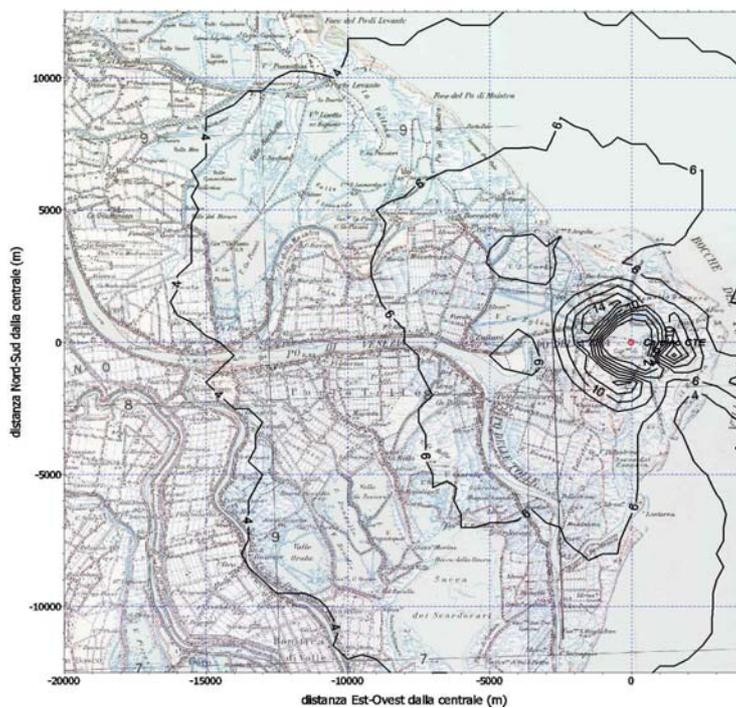


Porto Tolle - caso attuale
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 NO₂ - 99.8 percentile orario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 Valore massimo = 20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



(assetto attuale)

Porto Tolle - caso futuro
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 NO₂ - 99.8 percentile orario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 Valore massimo = 16.7 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



(assetto futuro)

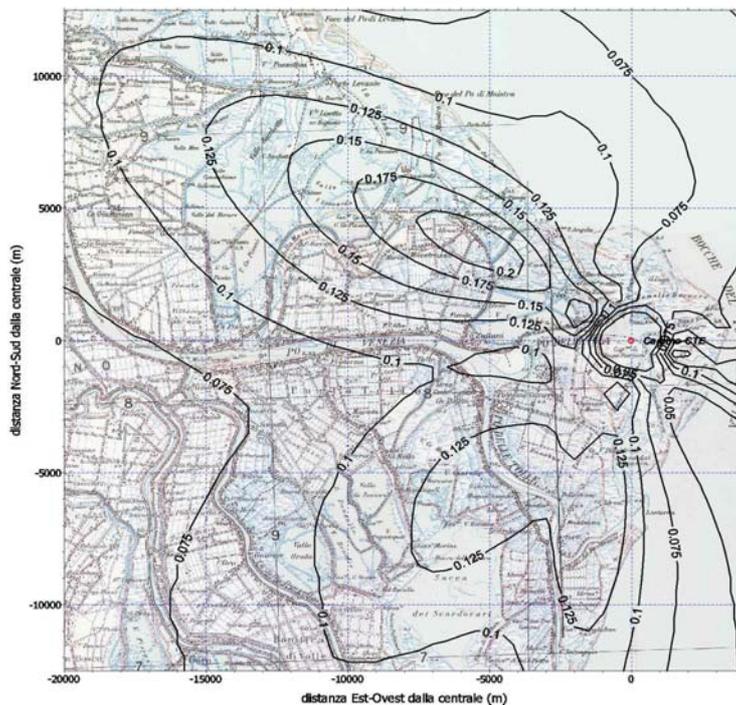
Figura 4.2.1.2-V- Concentrazione media oraria di NO₂ superata per 18 ore/anno anno (99.8 percentile)



Centrale termoelettrica
 di Porto Tolle

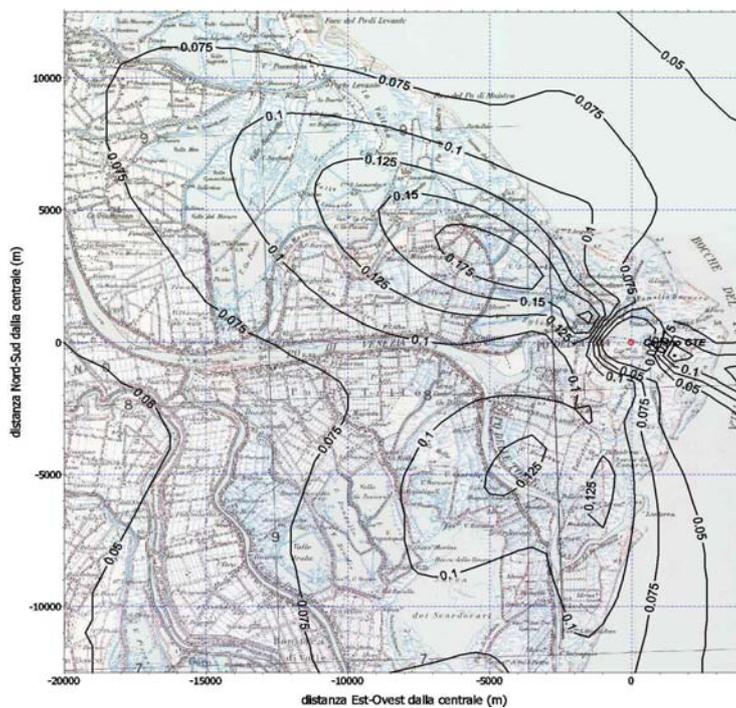


Porto Tolle - caso attuale
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 NO_x - Concentrazione media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 Valore massimo = 0.21 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



(assetto attuale)

Porto Tolle - caso futuro
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 NO_x - Concentrazione media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 Valore massimo = 0.2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



(assetto futuro)

Figura 4.2.1.2-VI - Concentrazione media annuale di NO_x



Centrale termoelettrica
 di Porto Tolle



Particolato

Il futuro assetto prevede una riduzione del 40% delle concentrazioni del particolato nei fumi emessi (assetto attuale 50 mg/Nm³; assetto futuro 30 mg/Nm³).

Tenendo conto della differente portata dell'assetto futuro rispetto quello attuale, il rateo di emissione (massa per unità di tempo) dell'assetto futuro risulta ridotto del 30% rispetto alla configurazione attuale.

Considerando che la centrale è dotata di sistemi di abbattimento delle polveri in grado di eliminare la quasi totalità delle polveri di dimensioni maggiori di 10 µm, nelle simulazioni condotte, a livello cautelativo, tutto il particolato emesso è stato considerato come PM₁₀.

Nella tabella seguente vengono confrontati gli indici statistici normati per legge calcolati dai risultati ottenuti dall'impiego del modello. Si osserva come la riduzione del rateo di emissione produca un miglioramento, seppur lieve, dei diversi indici statistici.

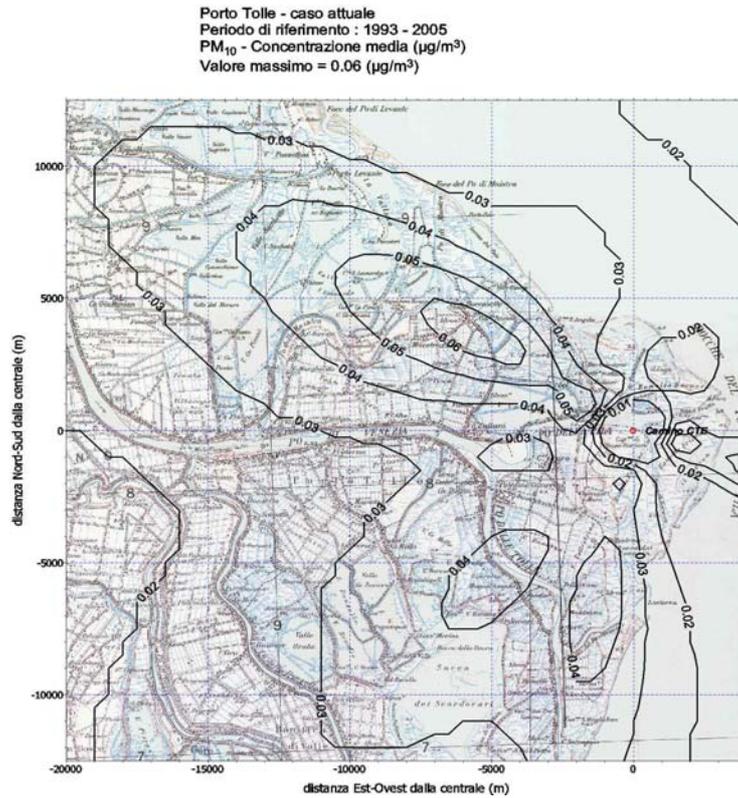
Particolato fine (PM10)		Limite	Attuale	Futuro
Normativa	Parametro	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)
DM 60/2002	Media annuale - Fase1	40	0,06	0,06
DM 60/2002	Media annuale - Fase2	20	0,06	0,06
DM 60/2002	Concentrazione superata per 35g/anno – Fase 1	50	0,24	0,22
DM 60/2002	Concentrazione superata per 7g/anno – Fase 2	50	0,81	0,69
Particolato Totale Sospeso (PTS)				
DPR 203/88	95° percentile giornaliero	300	0,43	0,40

La media annuale delle concentrazioni di PM₁₀ nella situazione attuale (Figura 4.2.1.2-VII) evidenzia aree di massima ricaduta a nord-ovest dell'impianto, il valore massimo assume il valore di 0,06 µg/m³ per la configurazione attuale. Nell'assetto futuro il valore massimo è lievemente inferiore (0,059 µg/m³).

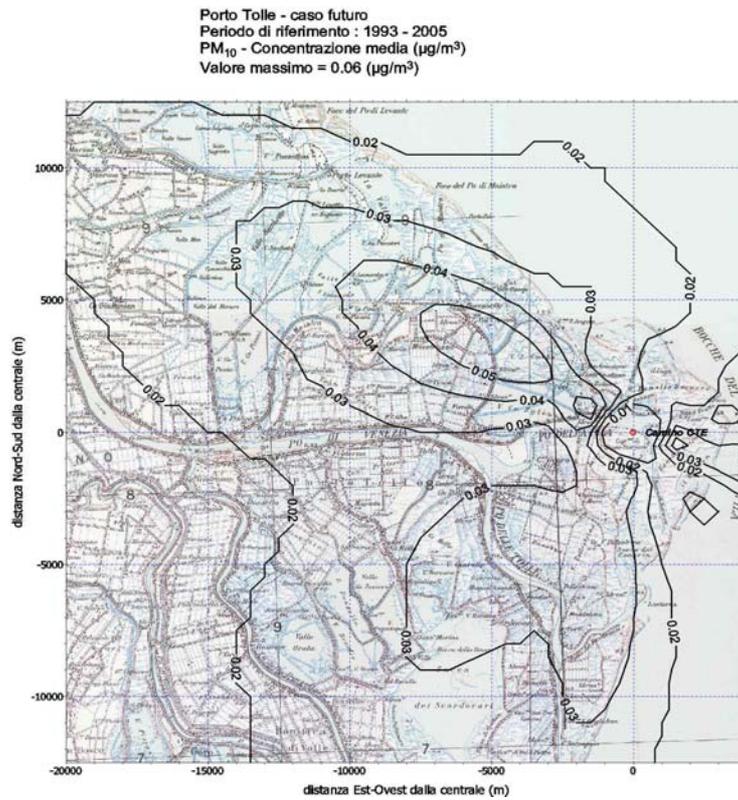
Le concentrazioni massime dei valori medi giornalieri del PM10 che non devono essere superati per più di 35 volte l'anno (90,4° percentile) rispettano ampiamente i limiti definiti dalla normativa vigente (Figura 4.2.1.2-VIII). Nella configurazione attuale l'area di massima ricaduta è situata a nord-ovest dell'impianto e il valore massimo risulta pari a 0,24 µg/m³. Nell'assetto futuro il valore del massimo è pari a 0,22 µg/m³.

Le concentrazioni massime dei valori medi giornalieri del PM10 che non devono essere superati per più di 7 volte l'anno (98,1° percentile) rispettano ampiamente i limiti definiti dalla normativa vigente (Figura 4.2.1.2-IX). Nella situazione attuale le aree di massima ricaduta sono ubicate a nord-ovest dell'impianto e il valore massimo risulta pari a 0,81 µg/m³. Nella situazione futura il valore del massimo è pari a circa 0,69 µg/m³.





(assetto attuale)



(assetto futuro)

Figura 4.2.1.2-VII- Concentrazione media annuale di PM₁₀



Centrale termoelettrica
 di Porto Tolle

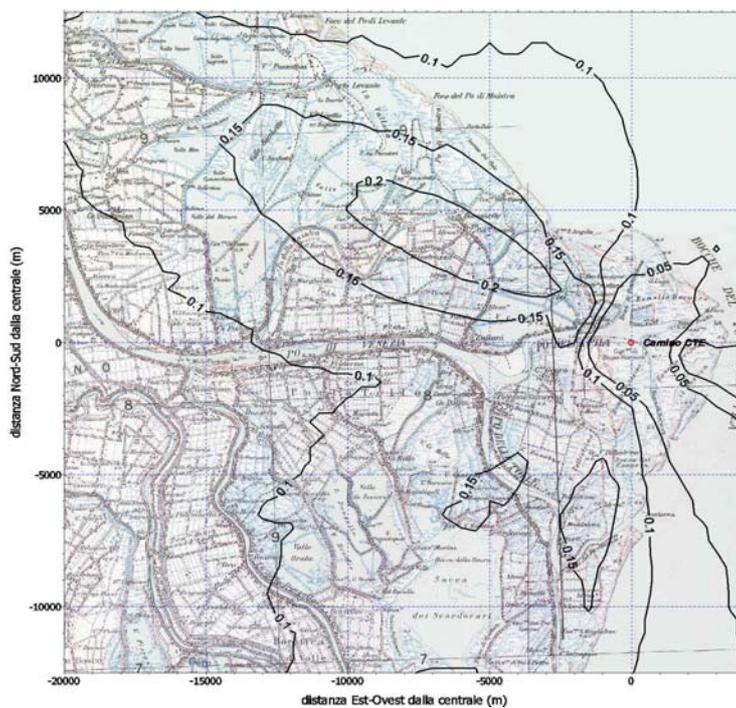




Centrale termoelettrica
di Porto Tolle

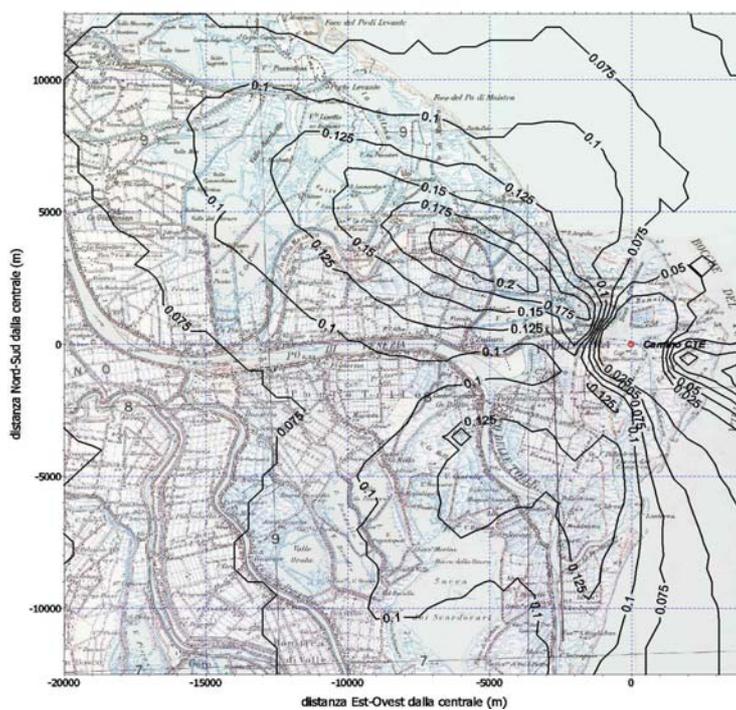


Porto Tolle - caso attuale
Periodo di riferimento : 1993 - 2005
PM₁₀ - 90.4 percentile giornaliero (µg/m³)
Valore massimo = 0.24 (µg/m³)



(assetto attuale)

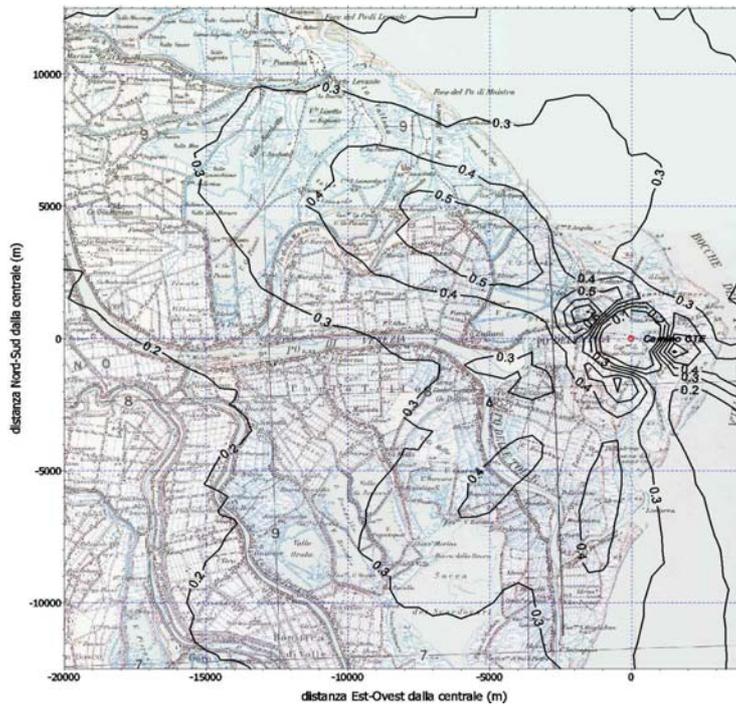
Porto Tolle - caso futuro
Periodo di riferimento : 1993 - 2005
PM₁₀ - 90.4 percentile giornaliero (µg/m³)
Valore massimo = 0.22 (µg/m³)



(assetto futuro)

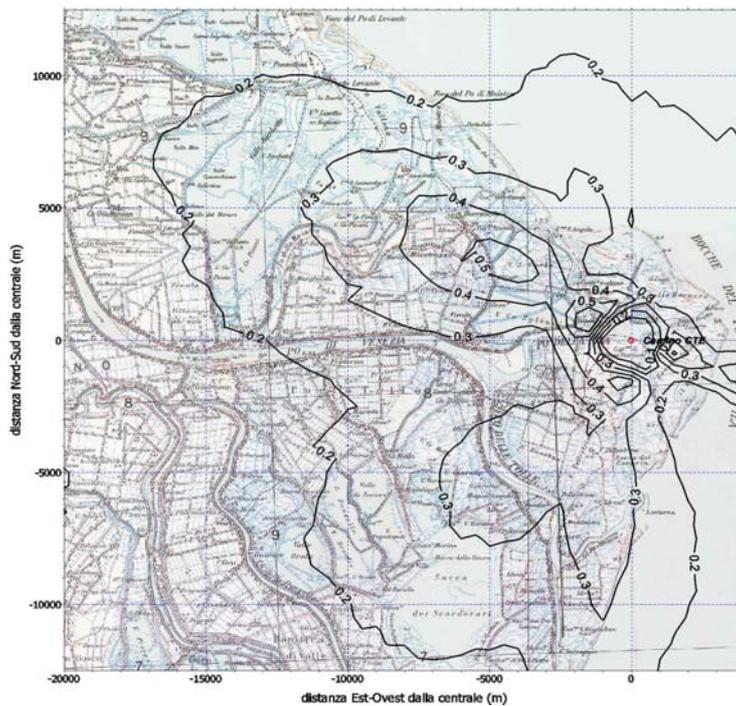
Figura 4.2.1.2-VIII - Concentrazione media giornaliera di PM₁₀ superata per 35 giorni/anno
anno (90.4 percentile)

Porto Tolle - caso attuale
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 PM₁₀ - 98.1 percentile giornaliero (µg/m³)
 Valore massimo = 0.81 (µg/m³)



(assetto attuale)

Porto Tolle - caso futuro
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 PM₁₀ - 98.1 percentile giornaliero (µg/m³)
 Valore massimo = 0.69 (µg/m³)



(assetto futuro)

Figura 4.2.1.2-IX - Concentrazione media giornaliera di PM₁₀ superata per 7 giorni/anno
 anno (98.1 percentile) –



Centrale termoelettrica
 di Porto Tolle



4.2.1.3. Deposizioni e accumulo di macroinquinanti al suolo

Il modello di dispersione atmosferica US-EPA ISCST3, descritto in precedenza, consente, oltre al calcolo delle concentrazioni in aria, anche quello delle deposizioni al suolo.

Per il calcolo delle deposizioni totali (seche e umide), sono necessarie una serie di informazioni aggiuntive rispetto a quelle necessarie per il solo calcolo della concentrazione. Tali informazioni sono sia di tipo micro-meteorologico ("*friction velocità*" e "*lunghezza di Monin Obukov*"), che chimico fisiche, ad esempio la velocità di deposizione e i fattori di "*scavenging*" per gli inquinanti gassosi, mentre occorrono una serie di informazioni sulla distribuzione granulometrica per il particolato.

Considerazioni generali

La deposizione al suolo degli inquinanti atmosferici primari e secondari segue due vie principali, quella "secca" e quella "umida". La prima rappresenta un processo di trasferimento diretto dall'aria al suolo ed è assunta proporzionale (con costanti di proporzionalità funzione della specie chimica, della natura del terreno e delle condizioni meteorologiche) alle concentrazioni in aria al suolo. La seconda implica la precipitazione o, almeno, la presenza di acqua nello stato liquido o solido. L'importanza relativa dei due flussi varia fortemente nel tempo e nello spazio.

La deposizione al suolo di inquinanti gassosi e di particolato fine può avvenire fondamentalmente per tre vie, quella secca, sempre presente e legata ai cicli giornalieri e stagionali per mezzo della velocità di deposizione, quella umida presente durante i fenomeni meteorici e legati ai fattori di "*scavenging*" e quella occulta presente solamente durante i fenomeni di nebbia, foschia o nubi basse legata soprattutto alla capacità di cattura da parte delle goccioline d'acqua presenti in atmosfera e del successivo impatto delle stesse con la superficie dovuto alla deposizione per via gravitazionale. Il computo della deposizione totale avviene quindi effettuando la somma delle deposizioni che avvengono sotto queste tre forme. L'importanza relativa dei flussi per via secca e umida varia fortemente nel tempo e nello spazio. Nei climi secchi o in aree forestali in cui la chioma degli alberi cattura efficacemente gas e aerosoli, predomina la deposizione secca che può influenzare sia aree vicine alle sorgenti di emissione che aree a distanze molto lunghe. La deposizione umida prevale invece nei climi umidi ed in regioni remote, ed ha un'influenza molto maggiore nelle immediate vicinanze dei punti di emissione. In un clima di tipo temperato, quale il nostro, al di là delle differenze legate alla specificità dell'inquinante, la deposizione secca e quella umida rivestono in generale un'importanza paragonabile, la prima soprattutto per la persistenza del fenomeno e la seconda per l'intensità; viene considerata invece trascurabile la deposizione per via occulta, in quanto tali fenomeni sono sempre eventi percentualmente poco rilevanti.

Il modello di dispersione atmosferica US-EPA ISCST3, utilizzato per il calcolo delle concentrazioni in aria, consente anche la valutazione delle deposizioni al suolo. In particolare, il modello è in grado di considerare la deposizione, secca ed umida, per i gas e per il particolato. Per quest'ultimo il calcolo delle deposizioni seche, umide e totali al suolo, è possibile sulla base di una serie



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



di informazioni sulla distribuzione granulometrica e di informazioni meteorologiche aggiuntive rispetto a quelle necessarie per le concentrazioni. Il modello per la valutazione della deposizione secca si basa sull'assunzione che il flusso di deposizione sia funzione lineare della concentrazione in aria a livello del suolo, secondo la seguente espressione:

$$F = V_d \cdot C$$

dove:

F	=	Flusso di deposizione secca ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$)
Vd	=	Velocità di deposizione (m/s)
C	=	Concentrazione al suolo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

La velocità di deposizione per i gas è fornita in input al modello ISCST3 mentre, per il particolato è calcolata dal modello in funzione della distribuzione granulometrica del particolato emesso.

Il modello di deposizione umida adottato dal codice ISCST3 si basa sull'approccio di "scavenging", secondo il quale il flusso di gas e/o di particelle al suolo, F_w , dovuto alla rimozione umida è dato dal prodotto tra il rapporto di scavenging Λ e la concentrazione χ , integrato sulla verticale (U.S. EPA, 1995):

$$F_w = \int \Lambda \chi(x, y, z) dz$$

Il rapporto di "scavenging" (Λ) è dato dal prodotto tra il coefficiente di "scavenging" (λ) e il rateo di precipitazione (R) (Scire et al., 1990). Il coefficiente di "scavenging" dipende dalle caratteristiche dell'inquinante (solubilità, reattività dei gas, distribuzione in ampiezza delle particelle) e dalla natura della precipitazione (liquida o solida). Tutti i parametri indicati sono assegnati in fase di input al modello, per ogni singola classe dimensionale delle particelle o per il gas.

Nei modelli di deposizione gli effetti della precipitazione sono supposti iniziare sopra alla quota del pennacchio e sono efficaci anche quando il pennacchio supera l'altezza di mescolamento. Il flusso totale alla superficie deve venire bilanciato dalla perdita di massa del pennacchio

Nelle valutazioni presentate nei paragrafi successivi, il calcolo delle deposizioni è stato eseguito fornendo in input un set di dati meteorologici composto da 46368 record orari corrispondenti a 1932 giorni completi, equamente ripartiti tra i vari mesi, estratti dai rilevamenti eseguiti dalla stazione meteorologica della centrale nel periodo compreso tra il 1993 ed il 2004, in modo da coprire in modo rappresentativo tutte le condizioni meteorologiche stagionali. Per la stima delle deposizioni su base annua, i risultati sono quindi stati riferiti al periodo di funzionamento della centrale, corrispondente a 7000 ore/anno

Deposizioni di macroinquinanti (ossidi di zolfo, ossidi di azoto e particolato)

Nel seguito si presentano i risultati delle simulazioni eseguite per la valutazione delle deposizioni totali annue (secche + umide) derivanti dal funzionamento della centrale nell'assetto autorizzato e in quello futuro; in



entrambi i casi è stato considerato un funzionamento a pieno carico per 7000 ore/anno.

Le valutazioni sono state condotte per biossido di zolfo (SO₂), gli ossidi di azoto (considerando l'emissione come NO₂) e particolato totale. Per l'SO₂ e il particolato, le mappe di deposizione totale ottenute sono frutto della sovrapposizione delle mappe di deposizione secca e umida, mentre per l'NO₂, la deposizione totale equivale a quella secca, in quanto i fattori di "scavenging" per questo inquinante sono da considerarsi trascurabili (Scire et al., 1990).

Le mappe su base annuale di seguito riportate, prendono in considerazione che l'apporto alla deposizione totale per via umida e via secca ha caratteristiche diverse e riveste un'importanza differente in funzione dell'inquinante in esame. La deposizione umida essendo fortemente legata ad eventi episodici, quali le precipitazioni, mostra un "pattern" uniformemente distribuito intorno al luogo di emissione con i massimi delle ricadute nelle immediate vicinanze dell'impianto a causa dei fenomeni di dilavamento del pennacchio. Al contrario le deposizioni secche sono nulle intorno all'impianto e mostrano un "pattern" legato alla distribuzione delle concentrazioni e i suoi massimi vengono riscontrati più o meno in corrispondenza dei massimi di concentrazione in aria al suolo.

La seguente tabella riassume i valori massimi di deposizione totale annuale, calcolati nei punti di massima ricaduta, espressi in g/m²/anno. I valori di deposizione sia umida che secca sono stati espressi in unità di zolfo. per quanto riguarda le emissioni di biossido di zolfo, e in unità di azoto, per quanto riguarda le emissioni di ossidi di azoto.

COMPOSTO	ATTUALE g/m ² /anno	FUTURA g/m ² /anno
Ossidi di zolfo (espressi come S equivalente)	1,6	1,0
Particolato	3,9	2,4
Ossidi di azoto (espressi come N equivalente)	0,01	0,01

Valori massimi di deposizione totale annuale

L'influenza relativa delle due forme di deposizione è differente tra gli inquinanti, gli ossidi di azoto non hanno deposizione umida, mentre per l'SO₂ e le polveri si ha un'influenza predominante della deposizione umida nei dintorni dell'impianto. I valori massimi di deposizione coincidono per l'SO₂ e le polveri con i massimi di deposizione umida, e si riscontrano nelle immediate vicinanze dell'impianto, con valori rispettivamente di:

- assetto attuale: 1,6 g/m²/anno di zolfo e 3,9 g/m²/anno per il particolato;
- assetto futuro: 1,0 g/m²/anno di zolfo e 2,4 g/m²/anno per il particolato.

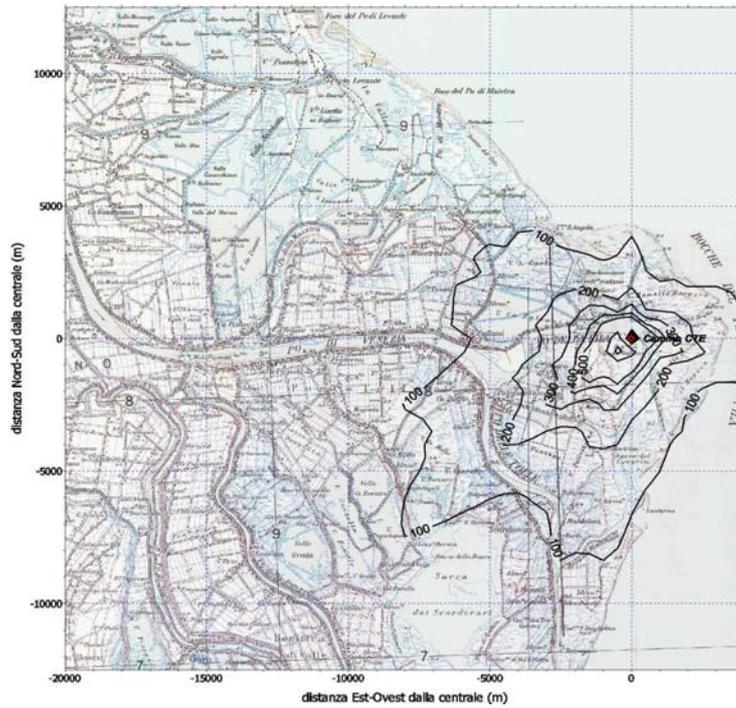
I massimi di deposizione per gli ossidi di azoto, riguardano la deposizione secca e si riscontrano a circa 7 chilometri a nord-ovest dell'impianto con valori pari a:

- assetto attuale: 0,0078 g/m²/anno di azoto;
- assetto futuro : 0,0071 g/m²/anno di azoto.

Nel seguito sono illustrate le mappe di deposizione totale annua per SO₂, particolato totale e NO_x (Figura 4.2.1.3-I, Figura 4.2.1.3-II, Figura 4.2.1.3-III).

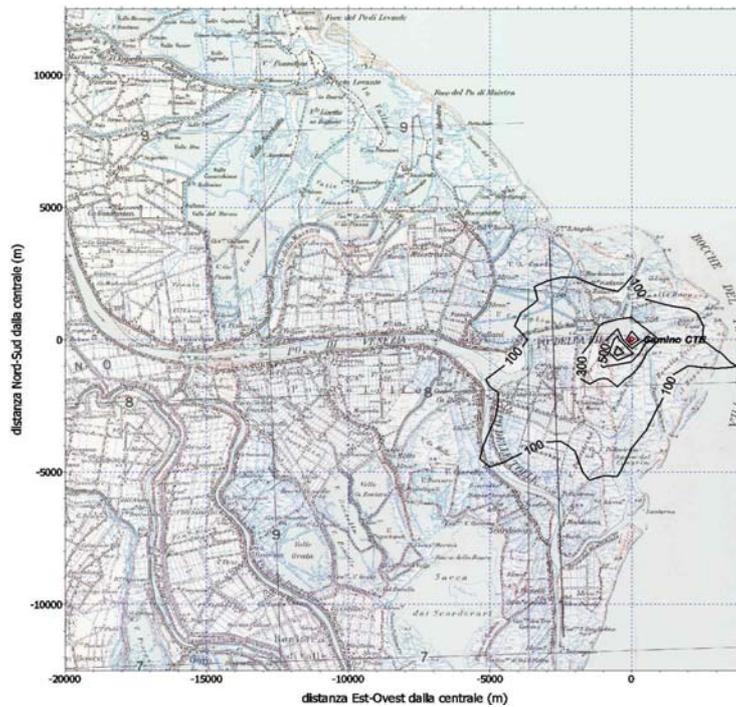


Porto Tolle - caso attuale
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 SO₂ - Deposizioni totali (mg/m²/anno)
 Valore massimo = 1630 (mg/m²/anno)



(assetto attuale)

Porto Tolle - caso futuro
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 SO₂ - Deposizioni totali (mg/m²/anno)
 Valore massimo = 1012 (mg/m²/anno)



(assetto futuro)

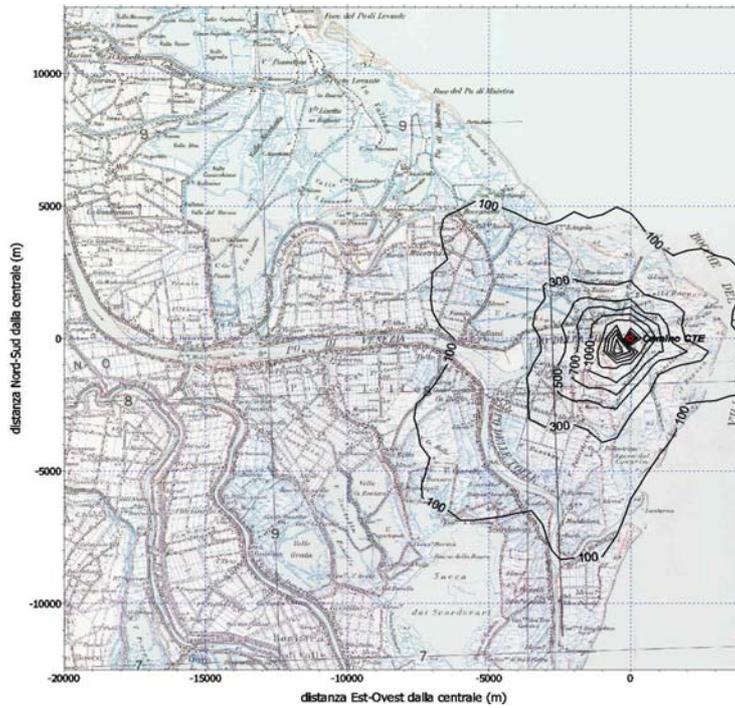
Figura 4.2.1.3-I - Deposizioni totali di SO₂ – Valori espressi in mg/m²/anno come Zolfo equivalente



Centrale termoelettrica
 di Porto Tolle

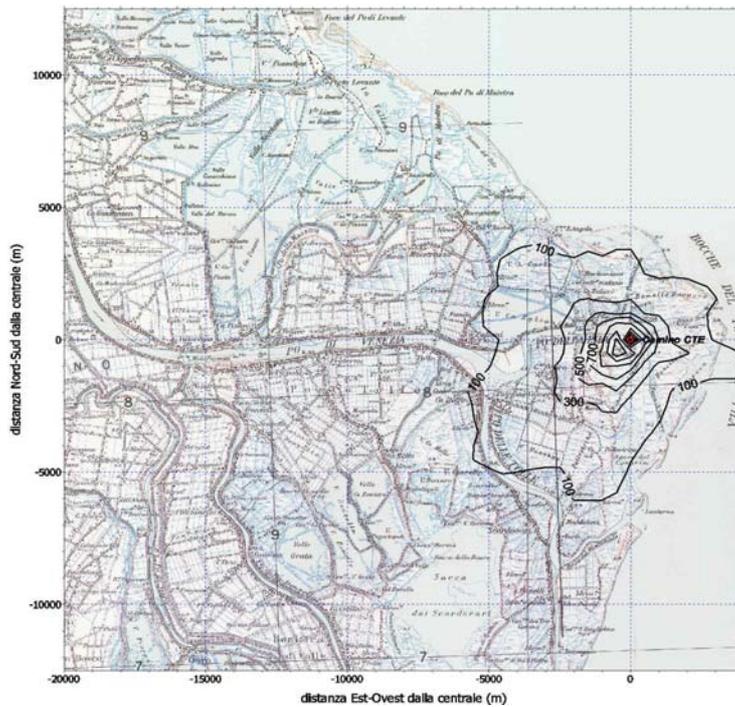


Porto Tolle - caso attuale
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 PTS - Deposizioni totali (mg/m²/anno)
 Valore massimo = 3914 (mg/m²/anno)



(assetto attuale)

Porto Tolle - caso futuro
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 PTS - Deposizioni totali (mg/m²/anno)
 Valore massimo = 2393 (mg/m²/anno)



(assetto futuro)

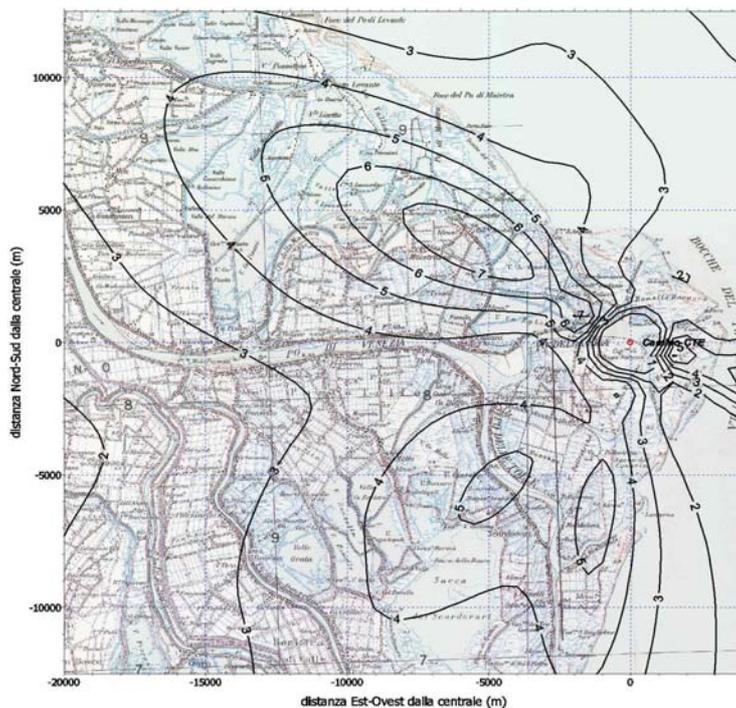
Figura 4.2.1.3-II - Deposizioni totali di PTS – Valori espressi in mg/m²/anno



Centrale termoelettrica
 di Porto Tolle

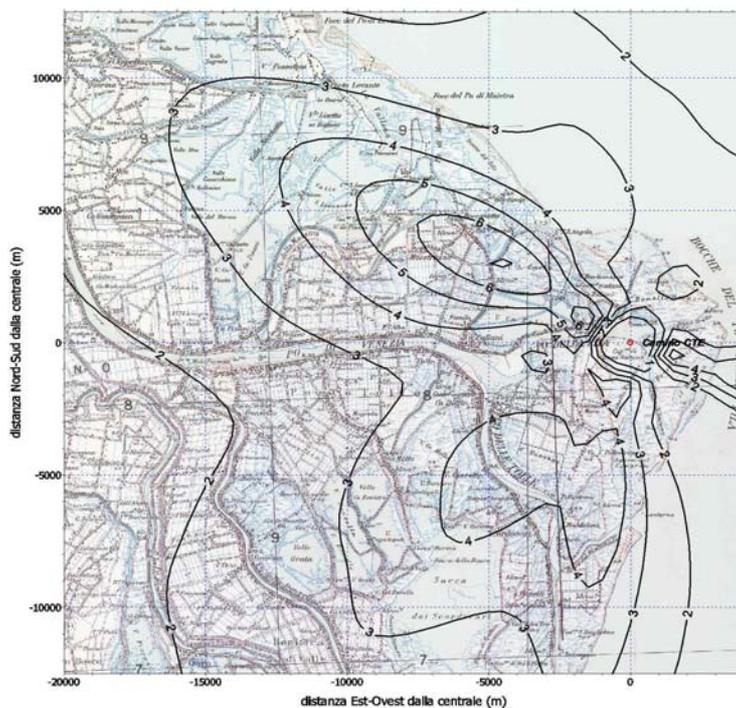


Porto Tolle - caso attuale
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 NOX - Deposizioni totali (mg/m²/anno)
 Valore massimo = 7.8 (mg/m²/anno)



(assetto attuale)

Porto Tolle - caso futuro
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 NOX - Deposizioni totali (mg/m²/anno)
 Valore massimo = 7.1 (mg/m²/anno)



(assetto futuro)

Figura 4.2.1.3-III - Deposizioni totali di NO_x – Valori espressi in mg/m²/anno –



Centrale termoelettrica
 di Porto Tolle



4.2.1.4. Deposizioni e accumulo di microinquinanti al suolo

La valutazione delle ricadute dei microinquinanti, in termini sia di concentrazione in aria sia di deposizione al suolo, è stata effettuata partendo dalla caratterizzazione delle concentrazioni medie dei microinquinanti in emissione sia per l'assetto attuale sia per quello futuro di progetto. Tali valori derivano da misure specifiche effettuate su gruppi termoelettrici simili a quelli oggetto di studio¹².

Emissioni massicche microinquinanti

IPA

Si riportano i flussi di massa delle emissioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici, calcolati sulla base delle concentrazioni medie in emissioni misurate rispettivamente su impianti alimentati ad olio combustibile dotati di precipitatori elettrostatici e impianti alimentati a carbone dotati di filtri a manica e sistemi di desolforazione dei fumi. I valori indicati si riferiscono alla somma degli IPA elencati nella tabella 1 dell'allegato 3 al decreto 28 agosto 2000:

Benzo(a)antracene
Benzo(j)fluorantene
Benzo(b)fluorantene
Benzo(k)fluorantene
Benzo(a)pirene
Indeno(1,2,3-c,d)pirene
Dibenzo(a,h)antracene
Dibenzo(a,l)pirene
Dibenzo(a,e)pirene
Dibenzo(a,i)pirene
Dibenzo(a,h)pirene

Emissioni IPA per un funzionamento a pieno carico per 7000 ore/anno

Tipo Impianto	Emissione IPA kg/anno
Situazione attuale 4 unità da 640 MW alimentate a olio combustibile e dotate di precipitatori elettrostatici	1,09
Situazione futura 4 unità da 660 MW alimentate a carbone, dotate di impianti di abbattimento degli inquinanti.	0,76

¹² Enel Produzione, Relazione sul rispetto dei limiti di emissione dei microinquinanti per le sezioni termoelettriche di Enel Produzione (**Allegato 4.2.1.4/I**)



PCDD/PCDF

È ampiamente dimostrato in letteratura che questi inquinanti non sono presenti in misura rilevabile nelle emissioni da impianti termoelettrici come quelli qui considerati.

Diverse misure di PCDD/PCDF sono state recentemente effettuate nelle emissioni di centrali termoelettriche e confermano che le concentrazioni sono sempre al di sotto del limite di rilevabilità che è compreso, in relazione al volume campionato, tra 0,5 e 5 ng/Nm³. Tale limite di rilevabilità, sebbene in termini assoluti possa essere considerato "alto", in rapporto al limite previsto dal decreto 12 luglio 1990 per questo tipo di impianti è ampiamente cautelativo, il limite è infatti pari a 10000 ng/Nm³.

Nel 2000 è stata peraltro condotta un'indagine dal Ministero dell'Ambiente che ha affidato al CNR di misurare le emissioni di PCDD/PCDF presso un impianto dell'Enel con unità da 660 MW alimentate a carbone, olio combustibile ed orimulsion, dotate di impianto DeSOx. Le misure sono state condotte affinando i limiti di rilevabilità; i valori di concentrazione rilevati sono pari a 0,00216 ng/Nm³.

Questo è quindi il valore preso a riferimento per il calcolo dei flussi di massa

Emissioni PCDD/PCDF per un funzionamento a pieno carico per 7000 ore/anno

Tipo Impianto	Emissione PCDD/PCDF g/anno
Situazione attuale 4 unità da 660 MW alimentate a olio combustibile e dotate di precipitatori elettrostatici	0,1
Situazione futura 4 unità da 660 MW alimentate a carbone, dotate di impianti di abbattimento degli inquinanti	0,1

Metalli

La tabella seguente presenta i valori di emissione in kg/anno stimati per la Centrale di Porto Tolle nella configurazione attuale a olio combustibile e le emissioni attese per le unità da 660 MW alimentate a carbone, dotate di impianto DeSOx, rappresentative della situazione futura. La tabella presenta l'emissione totale annua nella configurazione attuale e futura e per un funzionamento a pieno carico per 7000 ore/anno.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Emissioni di metalli per un funzionamento a pieno carico per 7000 ore/anno

Composto	Situazione attuale 4 unità da 660 MW alimentate a olio combustibile e dotate di precipitatori elettrostatici	Situazione futura 4 unità da 660 MW alimentate a carbone, dotate di impianti di abbattimento degli inquinanti
	kg/anno	kg/anno
As	124,8	421,2
Be	22,4	16,8
Cd	22,8	7,3
Co	207,3	26,4
Cr	767,8	533,1
Cu	769,2	141,9
Hg	126,4	43,1
Mn	1956,4	197,2
Ni	4628,6	335,0
Pb	408,2	232,9
Pd	24,3	15,5
Pt	13,1	5,9
Rh	5,0	6,1
Sb	15,3	14,6
Se	167,3	231,1
Sn	255,5	233,0
Te	10,7	20,1
Tl	7,4	5,4
V	1687,4	1762,7

L'esame della tabella evidenzia una diversa distribuzione dei metalli, il progetto di trasformazione della centrale comporta un aumento contenuto dell'emissione di alcuni metalli (As, Se e V) e una notevole diminuzione di altri (Mn, Ni, Pb, Co, Cr, Cu e Hg).

Concentrazioni di microinquinanti al suolo

IPA

I valori misurati nelle emissioni di impianti termoelettrici sono sempre estremamente bassi indipendentemente dalle caratteristiche dell'impianto e il valore di picco rilevato tra tutti gli impianti (98° percentile) risulta essere inferiore ad un millesimo del limite¹³.

Per le tipologie di impianti qui considerati, le concentrazioni medie in emissione di IPA (somma degli IPA elencati nella tabella 1 dell'allegato 3 al decreto 28 agosto 2000) sono le seguenti:

¹³ Enel Produzione, Relazione sul rispetto dei limiti di emissione dei microinquinanti per le sezioni termoelettriche di Enel Produzione.



Tipo Impianto	Emissione IPA mg/Nm ³
Situazione attuale Unità alimentate a olio combustibile e dotate di precipitatori elettrostatici	2,35 x 10 ⁻⁰⁵
Situazione futura Unità da 660 MW alimentate a carbone, dotate di impianti di abbattimento degli inquinanti	1,36 x 10 ⁻⁰⁵

Applicando il modello di dispersione atmosferica sul dominio di calcolo, si ottengono, nei due scenari (attuale e futuro), per le concentrazioni medie annuali i seguenti valori massimi pari a 0,02 pg/m³

In termini di Benzo(a)Pirene, che attualmente è il riferimento normativo per le concentrazioni in aria ambiente (1 ng/m³), le emissioni da centrali termoelettriche sono dello stesso ordine di grandezza di quelle presenti in aria ambiente, vale a dire nell'intorno del ng/m³. Considerando che il fattore di diluizione, per un sito come quello in esame, è intorno a circa 1:1.000.000, il contributo alle concentrazioni al suolo derivante da un impianto termoelettrico come quello in esame, nei punti di massima ricaduta, risulta circa un milionesimo del limite applicabile, ed è anche ampiamente sotto la soglia di rilevabilità dei metodi di misura.

PCDD/PCDF

Come già descritto in precedenza, le emissioni di PCDD/PCDF non sono caratteristiche delle centrali termoelettriche. Considerando una concentrazione in emissione pari a 2,16 x 10⁻³ ng/Nm³ e un fattore di diluizione che, come già detto in precedenza, nel punto di massima ricaduta è dell'ordine di 1:1.000.000, si ottengono concentrazioni massime al suolo nell'intorno dei 2-4 x 10⁻⁵ pg/m³.

Metalli

Se si considerano gli inquinanti metallici precedentemente elencati, le simulazioni modellistiche delle ricadute al suolo dei vari microinquinanti inorganici, mostrano, per l'area in esame, i seguenti valori massimi calcolati per le medie annuali:



Microinquinanti inorganici

Prospetto di riepilogo dei valori massimi calcolati per la media annuale
Valori in ng/m³ (nanogrammi/metro cubo)

Composto	Situazione attuale	Situazione futura
As	0,0026	0,0138
Be	0,0005	0,0006
Cd	0,0005	0,0002
Co	0,0043	0,0009
Cr	0,0158	0,0175
Cu	0,0158	0,0047
Hg	0,0026	0,0014
Mn	0,0403	0,0065
Ni	0,0952	0,0110
Pb	0,0084	0,0077
Pd	0,0005	0,0005
Pt	0,0003	0,0002
Rh	0,0001	0,0002
Sb	0,0003	0,0005
Se	0,0034	0,0076
Sn	0,0053	0,0077
Te	0,0002	0,0007
Tl	0,0002	0,0002
V	0,0347	0,0579

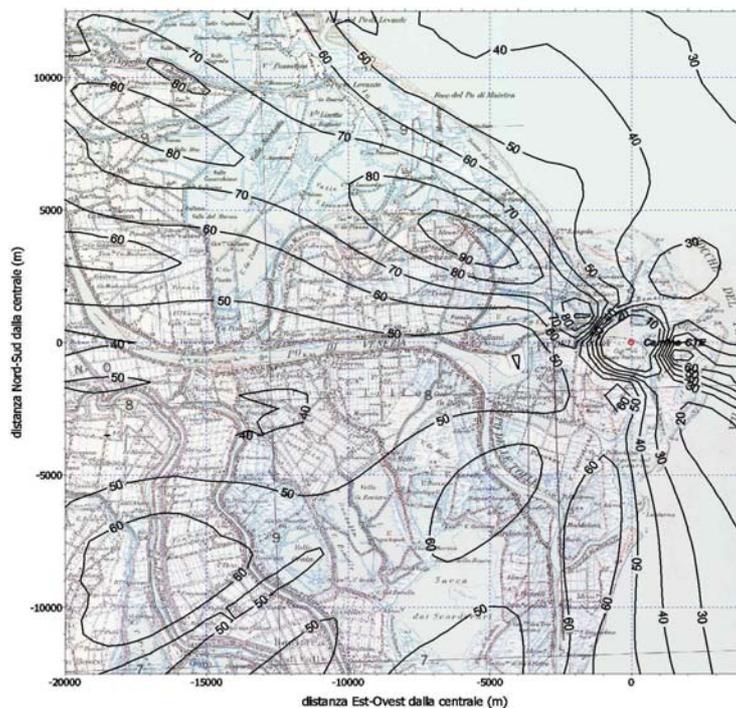
Come esempio della distribuzione delle concentrazioni medie annuali sono rappresentate le mappe riferite al Nichel, sia per l'attuale situazione impiantistica, sia per la futura configurazione (Figura 4.2.1.4-I).

L'area di massima di ricaduta nella situazione attuale è ubicata a circa 5 km a nord-ovest dell'impianto. Sono altresì presenti aree di ricaduta inferiori site a sud ed a sud-est dell'impianto. Nella situazione impiantistica futura le aree di massima ricaduta delle concentrazioni medie annuali di Nickel risultano meno estese e con valori massimi decisamente inferiori; il valore massimo delle concentrazioni diminuisce, passa da 95 pg/m³, nella situazione attuale a 11 pg/m³, in quella futura; l'ubicazione del punto di massima ricaduta è a sud dell'impianto in entrambe le situazioni, attuale e futura.



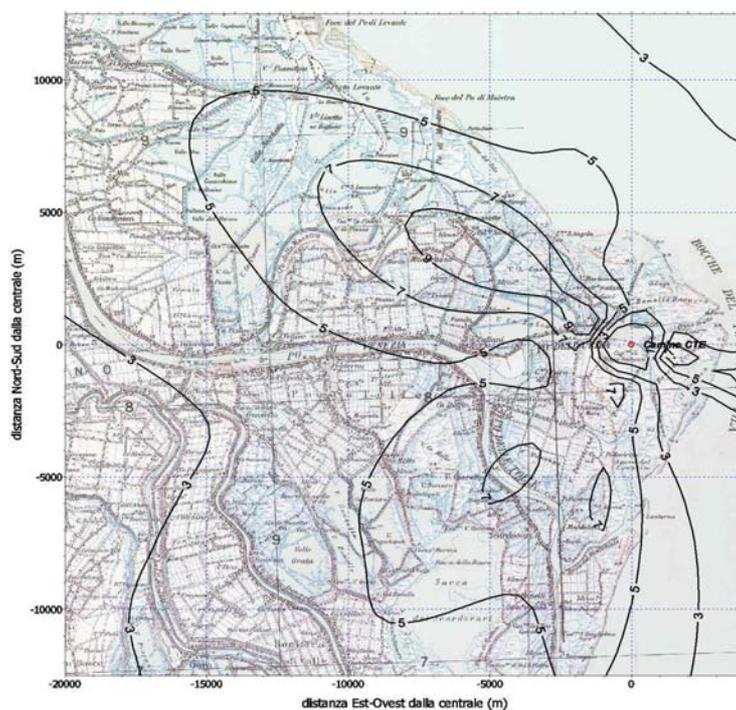


Porto Tolle - caso attuale
Periodo di riferimento : 1993 - 2005
Ni - Concentrazione media (pg/m^3)
Valore massimo = 95 (pg/m^3)



(assetto attuale)

Porto Tolle - caso futuro
Periodo di riferimento : 1993 - 2005
Ni - Concentrazione media (pg/m^3)
Valore massimo = 11 (pg/m^3)



(assetto futuro)

Figura 4.2.1.4-I - Concentrazione media annuale di Ni – Valori espressi in pg/m^3

Poiché i processi di dispersione sono gli stessi, la distribuzione spaziale delle concentrazioni degli altri inquinanti può essere ottenuta moltiplicando i valori delle curve per il rapporto tra la concentrazione massima per l'inquinante di interesse e quella del Nickel indicata nella tabella precedente. I fattori che si ottengono per gli inquinanti inorganici sono presentati nella seguente tabella.

Fattori moltiplicativi da applicare ai valori delle curve delle mappe relative al Nickel, per ottenere i valori corrispondenti del composto di interesse

Composto	Situazione attuale	Situazione futura
As	0,027	1,257
Be	0,005	0,050
Cd	0,005	0,022
Co	0,045	0,079
Cr	0,166	1,591
Cu	0,166	0,424
Hg	0,027	0,129
Mn	0,423	0,589
Ni	1,000	1,000
Pb	0,088	0,695
Pd	0,005	0,046
Pt	0,003	0,018
Sb	0,003	0,043
Se	0,036	0,690
Sn	0,055	0,696
Tl	0,002	0,016
V	0,365	5,261

Deposizioni di microinquinanti e accumulo nei suoli

Al fine delle valutazioni oggetto del presente documento, i microinquinanti emessi dall'impianto si possono considerare, in via cautelativa, associati al particolato. Nel seguito si presentano i risultati delle simulazioni eseguite per i diversi parametri per il calcolo delle deposizioni totali annue (secche + umide) derivanti dal funzionamento a pieno carico dei gruppi della centrale per 7000 ore/anno.

Sono inoltre riportate considerazioni sui tempi di accumulo dei diversi microinquinanti considerati, nei suoli circostanti l'impianto. A questo scopo le valutazioni sono state condotte considerando un terreno caratterizzato da coltivazioni di tipo seminativo.

Il volume di terreno coinvolto nel processo di accumulo in aree con seminativo per 1 m² di superficie è di 400.000 cm³ (10.000 cm² x 40 cm di profondità di lavorazione del terreno). La densità apparente per un terreno di questo tipo è pari a circa 1,3 g/cm³: il peso di terreno in cui si miscelano le deposizioni calcolate per m² è quindi di 520 kg.



Per ogni inquinante, sulla base del contenuto tipico nei suoli, viene calcolato il tempo necessario affinché si accumuli un valore equivalente a quello già presente nel suolo.

Questa stima viene eseguita, in via cautelativa, considerando un accumulo progressivo nel terreno, senza tener conto delle asportazioni e delle trasformazioni a cui i composti vanno incontro.

IPA

I risultati delle simulazioni mostrano che l'entità maggiore delle deposizioni si colloca nelle vicinanze dell'impianto, con un valore massimo, per l'impianto nell'assetto futuro a carbone, pari a $1,08 \times 10^{-3}$ mg/m²/anno (1,08 µg/m²/anno), mentre per l'assetto attuale è pari a $1,84 \times 10^{-3}$ mg/m²/anno (1,84 µg/m²/anno). La riduzione attesa delle deposizioni derivante dal progetto di conversione a carbone della Centrale di Porto Tolle è quindi pari a circa il 40% delle deposizioni stimate per la situazione attuale.

Se si considera che il contenuto di IPA nei suoli si aggira mediamente intorno ai 90 ppb (0,090 mg/kg), eseguendo una stima nei termini precedentemente indicati, si possono definire i seguenti tempi di accumulo:

Tempi di accumulo in anni	Coltivazioni a seminativo
Situazione attuale	25436
Situazione futura	43141

PCDD/PCDF

Considerando i valori alle emissioni (circa 2 pg/Nm³), si ottengono valori di deposizione totale di circa 170 pg/m²/anno indicativi degli assetti attuale e futuro.

I valori di PCDD/PCDF nei terreni variano da 10 a 50 pg/g, Prendendo cautelativamente a riferimento il valore più basso, si stimano tempi di accumulo di circa 30000 anni.

Metalli

I metalli emessi dall'impianto sono stati considerati, in via cautelativa, associati al particolato fornendo al modello di calcolo la distribuzione granulometrica del particolato emesso: per la centrale nell'assetto attuale si è considerata una distribuzione per impianti dotati di precipitatori elettrostatici, mentre, nella configurazione futura si è considerata una distribuzione relativa a impianti dotati di filtri a manica. Ciò porta, nella situazione futura ad una distribuzione del particolato emesso più fine e che deposita al suolo in misura inferiore rispetto al caso definito per l'assetto attuale.

Nel prospetto seguente sono indicati i tassi di deposizione totali nei punti di massima ricaduta, calcolati per le due situazioni impiantistiche considerate (attuale e futura).



Deposizioni di metalli per un funzionamento a pieno carico per 7000 ore/anno

Composto	SITUAZIONE ATTUALE Unità alimentate a olio combustibile e dotate di precipitatori elettrostatici mg/m²/anno	SITUAZIONE FUTURA Unità alimentate a carbone, dotate di impianti di abbattimento mg/m²/anno
As	0,21	0,60
Be	0,04	0,02
Cd	0,04	0,01
Co	0,35	0,04
Cr	1,30	0,76
Cu	1,30	0,20
Hg	0,21	0,06
Mn	3,32	0,28
Ni	7,84	0,48
Pb	0,69	0,33
Pd	0,04	0,02
Pt	0,02	0,01
Rh	0,01	0,01
Sb	0,03	0,02
Se	0,28	0,33
Sn	0,43	0,33
Te	0,02	0,03
Tl	0,01	0,01
V	2,86	2,51

Dall'esame della tabella si nota come il progetto di trasformazione della centrale produce deposizioni totali annue al suolo generalmente inferiori rispetto all'assetto autorizzato (Mn, Ni, Pb, Cu, Cr e Hg). Solo per l'arsenico si stimano valori maggiori rispetto a quelli della situazione attuale, mentre per altri metalli (Be, Pd, Se, Sn e V) le stime di deposizione rimangono sostanzialmente invariate. Come esempio della distribuzione delle deposizioni totali sono rappresentate le mappe riferite al Nickel, sia per la situazione impiantistica attuale, sia per quella futura (Figura 4.2.1.4-II). Per gli altri elementi basta moltiplicare il valore sulle curve per il rapporto tra tasso di deposizione dell'elemento di interesse e quello del Nickel riportati nella precedente tabella contenente i valori massimi di deposizione.

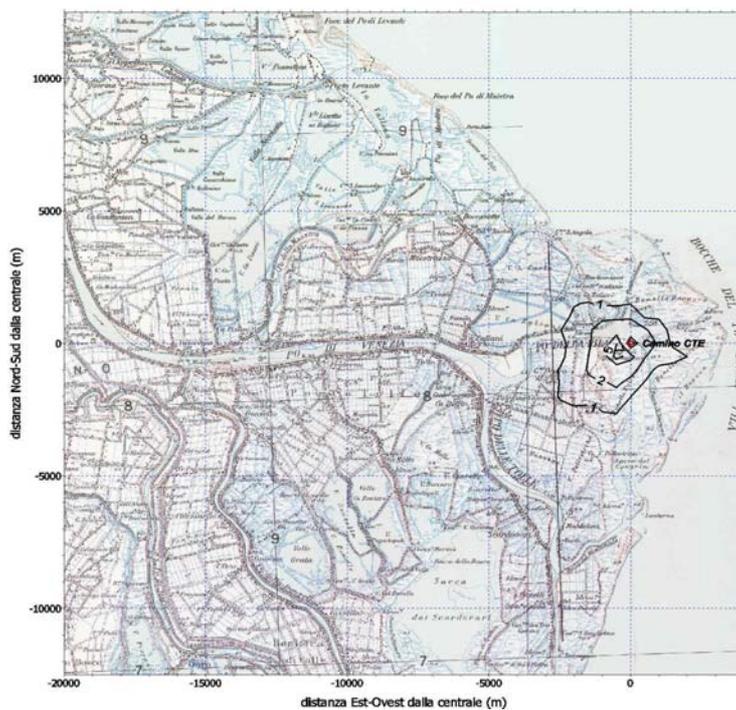
Le aree di massima di ricaduta nelle due situazioni esaminate, attuale e futura, sono ubicate nelle immediate vicinanze dell'impianto. Nella situazione impiantistica futura le aree di massima ricaduta delle concentrazioni medie annuali di Nickel risultano meno estese e con valori di deposizione decisamente inferiori, in particolare i massimi passano dai 7,8 mg/m²/anno, nella situazione attuale, a 0,48 mg/m²/anno, nella situazione futura.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle

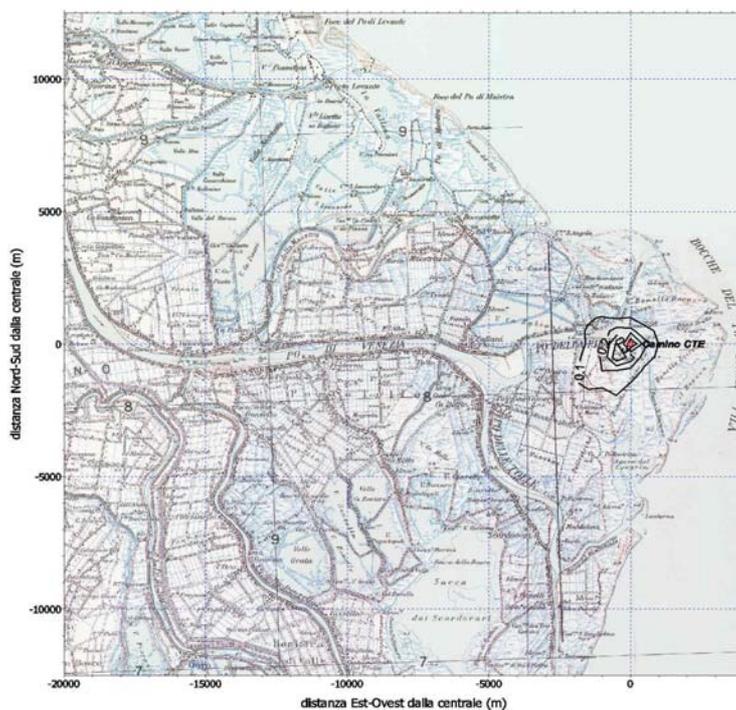


Porto Tolle - caso attuale
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 Ni - Deposizione media (mg/m²/anno)
 Valore massimo = 7.8 (mg/m²/anno)



(assetto attuale)

Porto Tolle - caso futuro
 Periodo di riferimento : 1993 - 2005
 Ni - Deposizione media (mg/m²/anno)
 Valore massimo = 0.48 (mg/m²/anno)



(assetto futuro)

Figura 4.2.1.4-II - Deposizioni totali di Ni – Valori espressi in mg/m²/anno



Centrale termoelettrica
 di Porto Tolle



In analogia a quanto già fatto per gli altri microinquinanti, anche per i metalli sono stati valutati i tempi di accumulo, assumendo che le deposizioni coinvolgano lo strato superficiale dei terreni (40 cm, come profondità di lavorazione del terreno) e considerando un accumulo progressivo nel terreno, senza tener conto delle asportazioni e delle trasformazioni a cui i composti vanno incontro. Il contenuto medio dei metalli nel suolo deriva da rilievi sperimentali condotti nell'area circostante la centrale (Rapporto CESI, A2/036137 in **allegato 4.2.1.4/II**).

Per i metalli per i quali non è disponibile un dato specifico dell'area di indagine si sono adottati valori medi di riferimento.

Nel seguente prospetto vengono indicati i tempi necessari affinché, per effetto delle deposizioni dei metalli emessi dall'impianto, le concentrazioni nel terreno raggiungano un valore equivalente a quello già presente. Non è stato possibile effettuare questa valutazione per Rh e Te in quanto non si dispone del valore di fondo di riferimento nei suoli.

Tempi di accumulo (anni)

Composto	Contenuto medio del suolo (mg/kg)	Assetto autorizzato Unità a olio combustibile dotate di precipitatori elettrostatici	Assetto futuro Unità da 660 MW a carbone dotate di impianto di abbattimento
As	5,8	14299	5039
Be	0,9*	12342	19508
Cd	0,16	2154	7997
Co	8*	11844	110775
Cr	132	52663	90253
Cu	19	7490	48305
Hg	0,078	188	658
Mn	682	106907	1261874
Ni	84	5543	91113
Pb	15	11334	23635
Pd	0,015*	190	354
Pt	0,01*	234	616
Rh	N.D.	N.D.	N.D.
Sb	3*	60167	75196
Se	0,107	196	169
Sn	2,30	2764	3606
Te	N.D.	N.D.	N.D.
Tl	0,49*	20204	33364
V	75	13720	15627

* contenuto medio di riferimento dei suoli



4.2.1.5. Emissioni fuggitive da operazioni di carico e scarico di materiale granulato

Per la stima delle "emissioni fuggitive" di polveri dovute ad operazioni di movimentazione di materiale granulato sono stati individuati alcuni documenti riportanti le metodologie consigliate da US-EPA¹⁴.

Nel seguito si descrivono alcuni aspetti relativi alle fenomenologie di generazione delle "emissioni fuggitive" unitamente alle formule impiegate per la stima delle stesse.

La generazione di polveri è causata principalmente da due fenomeni fisici:

- la polverizzazione e l'abrasione di materiale superficiale dovuta all'applicazione di forza meccanica mediante utensili (ad esempio ruote e lame);
- la sospensione di particolato dovuto all'erosione del vento su superfici esposte.

La distanza percorsa dal particolato trasportato dal vento dipende dall'altezza iniziale dell'emissione, dalla velocità di sedimentazione delle particelle e dall'intensità della turbolenza atmosferica.

Studi sulla distanza percorsa da "emissioni fuggitive" indicano che per emissioni a livello stradale, con una velocità del vento di 16 km/h, particelle di dimensioni maggiori di 100 µm si depositano ad una distanza tra 6 e 9 m dal punto di emissione. Le particelle di dimensioni comprese tra 30 e 100 µm si depositano, in dipendenza dall'intensità della turbolenza atmosferica, entro qualche centinaio di metri dal punto di emissione. Le particelle più fini hanno una deposizione molto rallentata e dipendente dalla turbolenza atmosferica.

I metodi impiegati per la riduzione delle "emissioni fuggitive" di polveri si basano, generalmente, sulla bagnatura, sulla stabilizzazione mediante l'impiego di sostanze chimiche e sulla riduzione dell'esposizione al vento mediante barriere o costruzioni. La bagnatura è il metodo meno costoso sebbene fornisca una protezione solo a breve termine. L'impiego di sostanze chimiche per trattare le superfici esposte ha un risultato più duraturo nel controllo delle emissioni. Questo metodo può però essere costoso e contaminare il materiale trattato. L'uso di barriere o costruzioni è spesso impraticabile a causa delle dimensioni delle sorgenti di "emissioni fuggitive".

Stima delle emissioni da movimentazione di inerti

In generale, le emissioni di polveri dovute alla movimentazione di materiale granulato sono dovute a diverse attività:

- il caricamento del cumulo (in modo continuo o discreto);
- la movimentazione dei mezzi nell'area di lavoro;
- l'erosione del vento sulla superficie dei cumuli e sull'area di lavoro;
- lo scaricamento del cumulo (in modo continuo o discreto).

Nell'impianto oggetto di studio, sia i depositi di materiale sia i sistemi per la loro movimentazione risultano essere progettati operanti in depressione (carbone, calcare e gesso) o in pressione (ceneri). Di conseguenza, le sole

¹⁴ US-EPA, 2001. AP-42, Volume I, Fifth Edition. Office of Air Quality Planning and Standards, United States Environmental Protection Agency, Washington.



operazioni ad "emissione fugitiva" non nulla sono quelle di conferimento di carbone e calcare dalla nave alla banchina e di gesso dalla banchina alla nave. Tali operazioni sono sorgenti di "emissioni fuggitive" stimabili per eccesso mediante la seguente formula valida per operazioni di carico/scarico sia "batch" sia in continuo (US-EPA, AP-42):

$$E = k(0.0016) \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} (Kg / Ton) \quad (1)$$

ove

E= fattore di emissione (kg di polvere per tonnellata di materiale movimentato);

k= parametro dipendente dalla dimensione delle particelle;

U= velocità media del vento (m/s);

M= percentuale di umidità del materiale (in peso).

Il seguente prospetto riporta i valori del parametro k in funzione della dimensione delle particelle:

Valore del parametro k in funzione della dimensione delle particelle				
<30 µm	<15 µm	<10 µm	<5 µm	<2.5 µm
0.74	0.48	0.35	0.20	0.11

Si fa notare che la formula sopra riportata risulta del tutto generica e non prende in considerazione l'ottimizzazione progettuale del macchinario ai fini di limitare la fuoriuscita di polveri.

Nel successivo prospetto si riportano i valori delle caratteristiche fisiche dei materiali movimentati unitamente ai fattori di emissione per tonnellata di materiale movimentato.

Stima delle emissioni da operazioni di carico/scarico				
	carbone	calcare	gesso	ceneri
Quantità movimentate (Mg)	5.000.000	180.000	300.000	550.000
Umidità (%)	4,5	3,0	10	50
Velocità vento (m/s)	3,0	3,0	3,0	3,0
Fattori di emissione				
g PM _{2,5} /ton	0,08	0,15	0,03	0,00
g PM ₅ /ton	0,15	0,27	0,05	0,01
g PM ₁₀ /ton	0,27	0,48	0,09	0,01
g PM ₁₅ /ton	0,37	0,65	0,13	0,02
g PM ₃₀ /ton	0,57	1,00	0,20	0,03
g TSP /ton	0,77	1,36	0,26	0,04

Per il carbone, al dato di umidità di progetto (8%) è stato preferito quello di letteratura (4,5%, fonte US-EPA AP-42) in quanto ciò consente una stima cautelativa delle emissioni. I dati relativi a calcare, gesso e ceneri sono quelli



illustrati nel presente studio. Le stime delle emissioni dovute alle operazioni di movimentazione di gesso e ceneri sono da considerarsi particolarmente cautelative, in quanto il sistema pneumatico di movimentazione delle ceneri da un lato e l'elevata umidità dei gessi (palabili) dall'altro, dovrebbero essere sufficienti a garantirne l'assenza (JRC, 2001).

La velocità media del vento al suolo è stata assunta pari a 3 m/s, in base alle indicazioni fornite dalle misurazioni meteorologiche disponibili in sito.

Per la movimentazione del carbone si può ipotizzare una movimentazione discontinua (benne) o continua (nastri). Entrambi questi sistemi presentano caratteristiche simili, in particolare:

- entrambe le tipologie, discontinua e continua, sono ampiamente collaudate, hanno la stessa maturità industriale e offrono le migliori garanzie dal punto di vista dell'affidabilità, delle prestazioni, della sicurezza e della salvaguardia dell'ambiente;
- entrambe le tipologie, discontinua e continua, presentano sistemi di abbattimento e contenimento delle polveri idonei a prevenirne il rilascio in atmosfera tenendo conto che il materiale solido trasportato è completamente confinato all'interno del sistema di trasporto durante la fase di trasferimento dalla stiva al nastro di banchina. Quindi, dal punto di vista della protezione dell'ambiente circostante, si può affermare che gli scaricatori discontinui risultano equivalenti agli scaricatori continui.

Nel prosieguo delle analisi si è ipotizzato lo scaricamento tramite benna che, sulla base delle considerazioni sopra esposte, può considerarsi equivalente agli scaricatori continui.

Per la Centrale di Porto Tolle, il trasporto dei materiali granulati avviene tramite chiatte fluvio-marine che è previsto attraccino alla darsena sita nei pressi della centrale.

Le operazioni di carico/scarico delle chiatte saranno svolte presso i tre punti di ormeggio predisposti e dotati di due nastri trasportatori aventi una portata massima pari a circa 1.250 tonnellate/ora l'uno, per il trasferimento di carbone e calcare, ed un terzo nastro da 800 tonnellate/ora, per il trasferimento di gessi e ceneri.

Presso la centrale l'approvvigionamento annuale di carbone avverrà mediante circa 1600 viaggi delle chiatte fluvio-marine da 3000 tonnellate ciascuna. L'operazione di scarico, condotta mediante nastro da 1.250 tonnellate/ora, avrà durata di poco meno di 3 ore per singola chiatta.

L'approvvigionamento annuale di calcare avverrà mediante circa 60 viaggi delle chiatte fluvio-marine. L'operazione di scarico, condotta mediante nastro da 1.250 tonnellate/ora, avrà durata di poco meno di 3 ore.

Il gesso e le ceneri saranno invece caricati sulle chiatte fluvio-marine nastro e sistema pneumatico. Il primo sarà imbarcato su circa 100 chiatte, mentre le seconde saranno trasportate da circa 180 chiatte.



Movimentazione	carbone	calcare	gesso	ceneri
Tipologia	nastro	nastro	nastro	nastro
Capacità max t/ora	1.250	1.250	800	800
n° nastri	2	1	1	1
n° chiatte/anno	1600	60	100	180
Capacità di carico chiatte	3.000	3.000	3.000	3.000
Ore di carico/scarico chiatte	3	3	4	4

Stima delle concentrazioni in atmosfera

E' stata condotta una simulazione modellistica con il modello ISCST, per la valutazione delle concentrazioni in aria di polveri dovute alla dispersione in atmosfera di quelle emesse durante le operazioni di carico e scarico di materiale particolato. Tali operazioni saranno caratterizzate dall'essere discontinue nel tempo e saranno svolte complessivamente per 300 giorni all'anno. Ai fini della valutazione dei parametri statistici definiti dalla normativa vigente e, non potendo determinare a priori in quali giorni avverranno effettivamente le attività di imbarco e sbarco, si è cautelativamente assunto, dal punto di vista modellistico di considerare lo scaricamento per ogni giorno dell'anno di sei chiatte al giorno dedicate a carbone/calcare e di una chiatte al giorno dedicata a gesso/ceneri. Nella simulazione il particolato emesso complessivamente su base annuale è pari a 7,36 tonnellate di polveri totali contro le sole 4,20 tonnellate di polveri totali che si stima saranno effettivamente emesse dall'insieme delle operazioni di carico/scarico. Questa assunzione consente di valutare i percentili definiti dalla normativa vigente nelle condizioni meteorologiche più sfavorevoli alla dispersione del particolato emesso. Un ulteriore elemento di cautela è costituito dal fatto che la stima è relativa all'emissione di particolato sospeso totale, di cui solo circa il 35% è in realtà costituito da particolato fine (PM₁₀) inquinante cui fa riferimento la normativa inerente la qualità dell'aria.

La Figura 4.2.1.5-I presenta la mappa delle concentrazioni medie annuali di particolato totale ed evidenzia come l'area interessata dalle ricadute delle emissioni fugitive, in termini di concentrazione, sia d'ampiezza limitata ad un intorno di pochi km dal luogo di emissione, con valori massimi delle concentrazioni medie annue di 6,5 µg/m³.

La Figura 4.2.1.5-II presenta la mappa delle concentrazioni medie giornaliere superate per 35 giorni all'anno (decreto 60/2002), corrispondenti al 90,4° percentile delle concentrazioni medie giornaliere. Per questo parametro il valore massimo stimato, con assunzioni estremamente cautelative, si ha nei pressi del luogo di emissione ed è pari 18 µg/m³, nell'immediato intorno del luogo di emissione, a circa 250 metri, tale parametro scende a valori di circa 5 µg/m³.



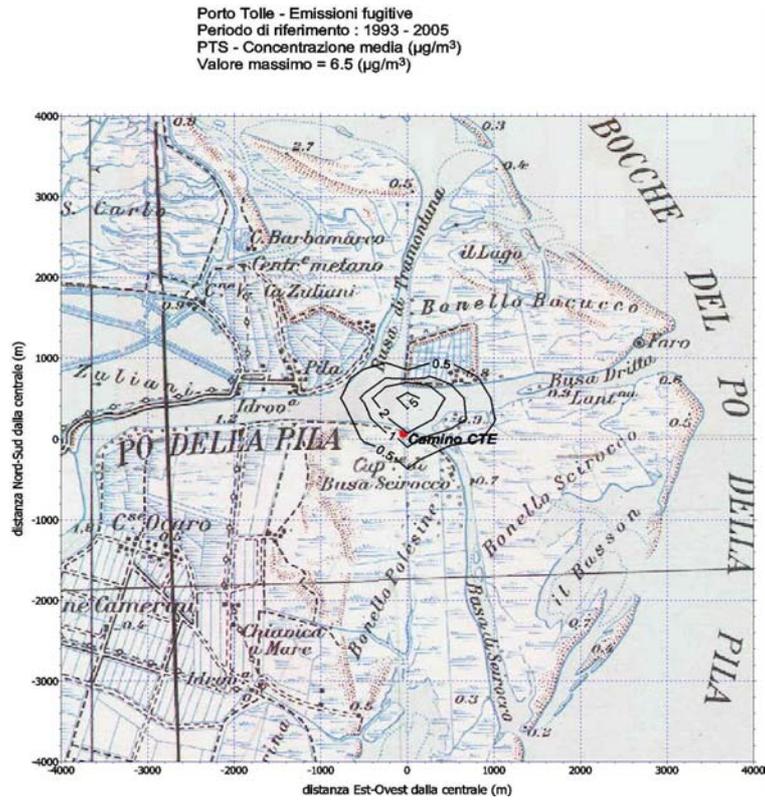


Figura 4.2.1.5-I - Concentrazioni medie annuali di polveri da operazioni di movimentazione del materiale granulato

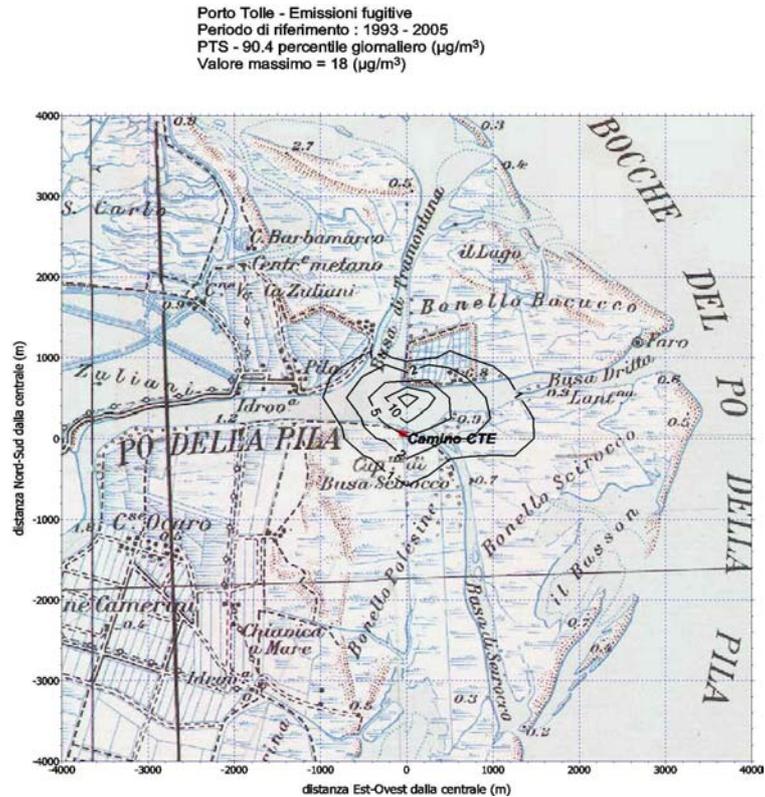


Figura 4.2.1.5-II - Concentrazioni medie giornaliere di polveri da operazioni di movimentazione materiale granulato. Concentrazione superata per 35 giorni all'anno



Centrale termoelettrica
 di Porto Tolle



4.2.2. Ambiente idrico

4.2.2.1. Situazione ambientale attuale

Idrologia

Il reticolo idrografico del delta padano è caratterizzato dai rami in cui si ripartisce il fiume Po nell'area di foce e da una fitta rete di canali di bonifica necessari per convogliare a mare le acque drenate dalle terre coltivate del Polesine nella Provincia di Rovigo.

In prossimità della Centrale di Porto Tolle, il reticolo idrografico è formato dal fiume Po con il ramo principale di Pila e con i rami secondari Po di Maistra e Busa di Tramontana a Nord, Po della Donzella o di Gnocca, Po di Tolle e Busa di Scirocco a Sud.

La Centrale termoelettrica di Porto Tolle interagisce con il reticolo idrografico locale in quanto utilizza per il raffreddamento dei condensatori l'acqua prelevata e scaricata sia in fiume che in mare.

La caratterizzazione del regime idrologico del fiume Po è stata effettuata utilizzando come portate di riferimento quelle rilevate alla sezione di Pontelagoscuro, i cui dati dal 1918 sono stati oggetto di pubblicazione da parte dell'Ufficio Idrografico del Po di Parma. In particolare, la portata media a Pontelagoscuro è di 1540 m³/s, mentre quella di magra equivalente, superata per 340 giorni nell'anno medio, è di 400 m³/s. Le sezioni liquide nelle condizioni di magra equivalente hanno superfici variabili tra 900 e 1200 m². Le velocità della corrente sono inferiori a 2 m/s durante le piene e si aggirano su valori di 0,4-0,6 m/s durante le magre.

Di seguito (Tabella 4.2.2.1-I) è riportata la statistica delle portate medie mensili rilevate dagli Annali Idrologici per il periodo 1918÷1989, anno in cui tale ufficio ne ha cessato le pubblicazioni.

Tabella 4.2.2.1-I - Po a Pontelagoscuro - Portate medie mensili (m³/s)

(Ufficio Idrografico del Po. Dati 1918-1989)

Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Media	1.208	1.294	1.570	1.641	1.988	1.861	1.202	963	1.312	1.688	1.849	1.417
Min	424	540	698	444	365	401	350	330	473	518	548	467
Max	3.030	3.140	3.410	3.260	4.850	3.870	2.600	2.690	3.090	4.630	5.180	4.850

L'analisi delle portate rivela, rispetto al valore di 1.540 m³/s, molto prossimo alla portata media annua del periodo 1918÷1989:

- un surplus primaverile prolungato sino a giugno, che si ripete nel corso degli anni;
- un surplus autunnale, localizzato nei mesi di ottobre e novembre, discontinuo nel corso degli anni, e con frequenti assenze nel periodo più recente (1980÷1989);



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



- un deficit estivo (luglio, agosto e settembre) e un deficit invernale (dicembre e gennaio), molto frequente nel periodo più recente (1980÷1989).

In particolare, si segnala che l'ultimo decennio di cui si dispongono i dati (1980÷1989) è stato alquanto diverso dal precedente per quanto riguarda le portate di magra.

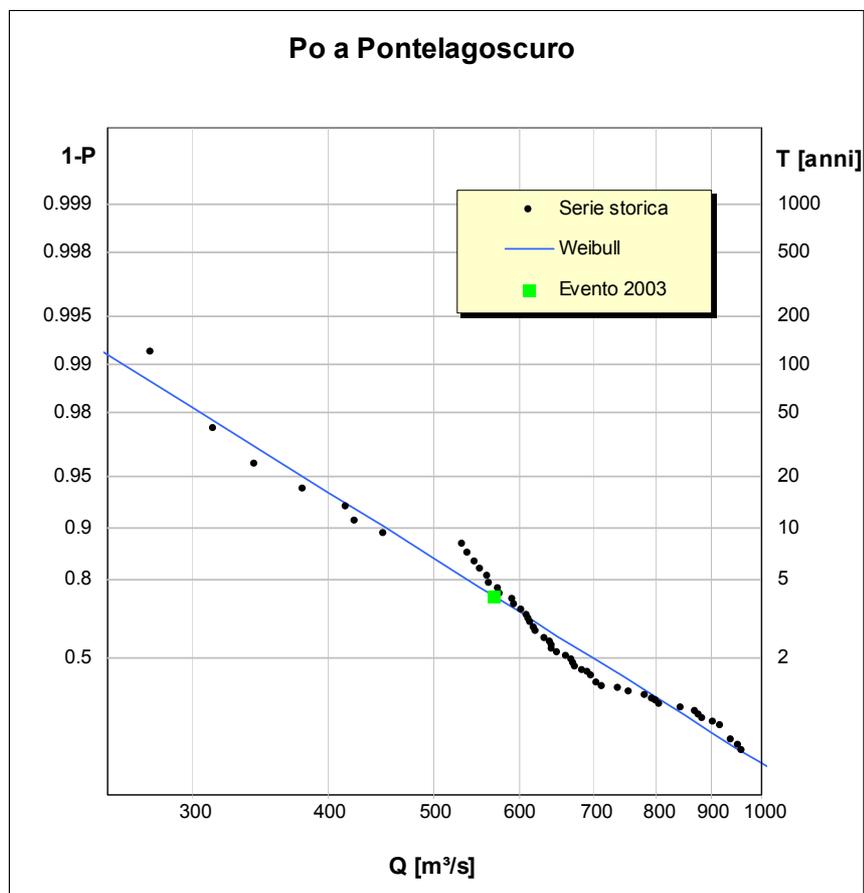
Si nota infatti che le magre estive (mesi di luglio e agosto) sono state molto meno gravi nel decennio '80÷'89 rispetto al '70÷'79. Se infatti si toglie il 1977, noto per le sue eccezionali portate manifestatesi per tutto l'anno, si vede che la media delle portate minime giornaliere di luglio passa da 603 m³/s nel decennio '70÷'79 a 711 m³/s nel decennio '80÷'89 (100 m³/s in più) e quella di agosto da 849 m³/s a 1.003 m³/s (150 m³/s in più). Ciò nonostante, il decennio 1980÷1989 è stato caratterizzato da un deflusso globalmente minore (circa il 12%) rispetto al precedente, in quanto negli ultimi anni sono mancate le piene autunnali e si sono avute eccezionali magre invernali, con valori giornalieri e decadici più bassi di quelli estivi.

Questo comportamento si è tipicamente conservato anche nel decennio successivo, con una comparsa però più frequente di magre primaverili, come risulta dal monitoraggio effettuato dal Servizio Idro Meteorologico dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente dell'Emilia-Romagna, cui il D.Lgs. 112/98 ha trasferito le competenze dell'Ufficio Idrografico del Po. In particolare, nell'anno 2003, a seguito del valore eccezionale di magra verificatosi a partire dalla primavera e proseguito per tutta l'estate, con valori di magra primaverile prossimi a quelli già verificatesi nel 1997, è stata effettuata una analisi statistica per il periodo inverno-primavera volta a valutare la ricorrenza degli eventi di magra in tale periodo dell'anno, estendendo l'analisi alle serie storiche aggiornate al 2003, e il conseguente impatto sulle attività per le quali una lenta e progressiva riduzione delle portate desta maggior preoccupazione (navigazione interna, derivazioni per usi irrigui, raffreddamento di impianti termoelettrici, etc.).

Di seguito si riporta (Figura 4.2.2.1-I) l'andamento della distribuzione di probabilità del Po a Pontelagoscuro nel periodo inverno-primavera, da cui è evidente che si sono avute in passato portate di magra anche più severe; va inoltre considerato che a Pontelagoscuro la stima dei tempi di ritorno delle magre primaverili risulta di quattro anni.



Figura 4.2.2.1-I - Distribuzione di probabilità del fiume Po a Pontelagoscuro nel periodo inverno-primavera



Nell'analisi del regime idrologico del fiume risultano inoltre di particolare interesse la ripartizione della portata del fiume Po tra i vari rami del delta e la presenza di un cuneo salino che risale per vari chilometri il letto fluviale. La determinazione del tasso di ripartizione delle portate nei vari rami del delta è utile per valutare l'efficienza relativa di deflusso e dell'eventuale sua variazione nel tempo, nonché le variazioni di portata in ciascun ramo in relazione alle variazioni del livello di marea. Dalla sintesi dei risultati delle indagini condotte in passato dall'Ufficio Idrologico del Po e di quelli attuali, relativi a rilievi Enel, si può affermare che le misure effettuate nel periodo 1970÷1989 hanno confermato l'aumento di attività nel Po di Goro e di Maistra e la riduzione di quella del Po di Pila (tendenza già in atto nel periodo precedente [1959÷1960]); per il Po di Gnocca sono stati confermati i valori del periodo 1958÷1960, almeno per le portate medio basse. Per il Po di Tolle, che aveva visto ridursi la sua efficienza dal 1926 al 1958, le indagini svolte nel periodo 1970÷1981 hanno evidenziato un recupero di attività del ramo.

Nella Tabella 4.2.2.1-II sono riportati i valori medi percentuali di ripartizione delle portate del Po tra i vari rami del delta nel periodo 1970÷1983.



Tabella 4.2.2.1-II - Ripartizione percentuale della portata del fiume Po nei rami del delta (Dati Ufficio Idrologico del Po ed Enel)

Po di Goro	Gnocca	Maistra	Tolle	Pila
10.6 %	16.3 %	4.4 %	19.3 %	49.4 %

Il progressivo abbassamento dell'alveo fluviale del fiume Po, da attribuire al fenomeno della subsidenza, comporta come conseguenza una aumentata intrusione del cuneo salino rispetto al passato.

I rilievi sperimentali effettuati dal 1973 al 1975 e nel 1981 hanno permesso di individuare il comportamento della risalita del cuneo salino lungo le tre Buse del Po di Pila (Tramontana, Dritta e Scirocco), lungo il Po di Pila stesso e lungo il Po di Gnocca. Il cuneo salino si è presentato normalmente ben stratificato, talvolta parzialmente mescolato e raramente, solo in occasione di accentuate magre, totalmente mescolato.

Carattere di eccezionalità ha avuto l'evento di risalita del cuneo salino del luglio 1976 quando la portata del Po a Pontelagoscuro, scesa a soli 350 m³/s, ha favorito un'intrusione salina per circa 17 km misurati a partire dal faro di Punta Maistra.

I risultati delle indagini Enel confrontati con quelli degli anni 1931÷1934 e 1958÷1968, hanno dimostrato che il fenomeno dell'intrusione del cuneo salino ha assunto proporzioni molto più estese rispetto al passato, a causa dell'abbassamento, per subsidenza, dell'area deltizia.

L'aggiornamento dei dati di intrusione salina, sulla base di misure eseguite da Enel nel 1990, ha consentito di arrivare alle seguenti conclusioni:

- per portate del Po a Pontelagoscuro inferiori a 1.500 m³/s, il cuneo salino si insinua all'interno del delta (con portate inferiori ai 400 m³/s la risalita può superare i 15 km);
- per portate superiori a un valore di soglia stimato intorno a 1.500 m³/s, la salinità risulta praticamente assente nei diversi tronchi fluviali;
- per portate comprese tra 600 e 1.100 m³/s, la testa del cuneo salino nel momento di massima marea verrebbe a trovarsi tra la Busa Dritta e l'abitato di Case Ocaro.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.2.2.2. Qualità delle acque

Dispersione delle acque di raffreddamento della centrale

Un fattore che può influire sulla qualità delle acque del fiume Po è costituito dallo scarico degli effluenti connessi con il raffreddamento dell'impianto.

La condensazione del vapore nel ciclo termico di produzione dell'energia elettrica richiede un opportuno sistema di refrigerazione. Il raffreddamento dell'impianto in esame (sistema con circuito aperto) prevede che esso venga effettuato prelevando acqua dal fiume Po o dal mare a seconda della configurazione di scarico adottata (fiume-fiume, mare-mare), facendola passare attraverso uno scambiatore di calore destinato a indurre la condensazione del vapore esausto e reimmettendola nel fiume poco più a valle o a mare (attraverso un canale di collegamento) a una temperatura superiore a quella di prelievo.

La portata d'acqua attualmente necessaria per lo svolgimento di questo processo è di circa 80 m³/s (circa 20 m³/s per gruppo) con un incremento termico di impianto (valore interno tra ingresso e uscita del condensatore) pari a circa 8,5°C.

Regime termico del reticolo idrografico locale

L'analisi del regime termico del reticolo idrografico locale deve tenere conto delle forti correnti mareali che riescono a creare, in condizioni di marea montante, correnti di risalita verso monte dei deflussi del fiume Po, nonché della diversificazione dei punti di presa e scarico dell'acqua di raffreddamento della centrale (fiume o mare).

L'analisi viene pertanto eseguita sulla base di dati di rilievi termici eseguiti nel corso degli anni da Enel nelle diverse condizioni di funzionamento dell'impianto (carico e modalità di presa/scarico) e nelle diverse condizioni meteomarine, con particolare riferimento alle diverse situazioni mareali (sizigia e quadratura).

Inoltre, proprio per le diverse configurazioni di presa e scarico (presa dei 4 gruppi in fiume con scarico in fiume, presa dei 4 gruppi in mare con scarico in mare, assetto misto con 2 gruppi in configurazione fiume-fiume e 2 gruppi in configurazione mare-mare), è necessario, per le valutazioni sul rispetto dei limiti di legge, applicare due diverse metodologie di verifica in ragione del tipo di scarico attuato: quando la centrale attiva lo scarico diretto in mare, trovano applicazione le disposizioni che riguardano gli scarichi termici in mare; nei periodi in cui si scarica in fiume, valgono invece le prescrizioni relative agli scarichi termici fluviali.

Valutazioni sul rispetto del limite di legge per lo scarico termico in mare

Dovendo scaricare in mare un effluente a temperatura più elevata di quella di ingresso, è necessario verificare che lo smaltimento avvenga in osservanza della normativa sugli scarichi termici. In materia è vigente il decreto legislativo 152/99 (modificato e integrato dal decreto legislativo 258/00), che, nell'Allegato 5 (Limiti di emissione degli scarichi idrici), punto 1 (Scarichi in



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



corpi d'acqua superficiali), tabella 3 (Valori limite di emissione in acque superficiali e in fognatura), parametro 2 (temperatura), nota 1, recita, tra l'altro:

"Per il mare la temperatura dello scarico non deve superare i 35°C e l'incremento di temperatura del corpo recipiente non deve in nessun caso superare i 3°C oltre i 1.000 metri di distanza dal punto di immissione".

Le misure per la verifica del rispetto di tali limiti per il primo punto (35°C quale massima temperatura di scarico) possono essere effettuate in modo diretto, mentre il controllo dell'osservanza del secondo limite (+3°C a 1.000 m dal punto di scarico) implica la necessità di individuare l'andamento della temperatura lungo un reticolo di punti disposti a semicerchio attorno al punto di scarico.

La verifica del rispetto dei limiti di legge da parte della centrale funzionante nell'assetto attuale è stata eseguita sperimentalmente da Enel nel corso di diverse campagne di misura della perturbazione termica, nel corso delle quali gli incrementi termici massimi riscontrati sono risultati sempre al di sotto dei vigenti limiti di legge anche al mutare dei diversi fattori influenzanti (carico della centrale, marea, portata di scarico e portata fluviale).

In proposito si veda l'**allegato 4.2.2.2/I** Enel - PIN/SPL - Laboratorio di Piacenza - PT00312TSIPE678 *"Verifica della perturbazione termica in mare con 4 gruppi a pieno carico, con diverso assetto delle opere di presa e scarico"* - Gennaio e Febbraio 1997.

Valutazioni sul rispetto del limite di legge per lo scarico termico in fiume

Per quanto riguarda lo scarico diretto nel fiume Po delle acque di raffreddamento del condensatore, l'analisi degli incrementi termici indotti in fiume deve tenere conto dall'eventuale presenza di forti correnti mareali che tendono anche a far risalire il pennacchio termico verso monte.

Dovendo scaricare in fiume un effluente a temperatura più elevata di quella di ingresso, è necessario verificare che lo smaltimento avvenga in osservanza della normativa sugli scarichi termici. In materia è vigente il decreto legislativo 152/99 (modificato e integrato dal decreto legislativo 258/00), che, nell'Allegato 5 (Limiti di emissione degli scarichi idrici), punto 1 (Scarichi in corpi d'acqua superficiali), tabella 3 (Valori limite di emissione in acque superficiali e in fognatura), parametro 2 (temperatura), nota 1, recita, tra l'altro:

"Per i corsi d'acqua la variazione massima tra temperature medie di qualsiasi sezione del corso d'acqua a monte e a valle del punto di immissione non deve superare i 3°C. Su almeno metà di qualsiasi sezione a valle tale variazione non deve superare 1°C".

Dato che la verifica di tali limiti richiede misure dirette su un reticolo di punti dell'alveo fluviale, sono stati analizzati i dati di 8 campagne di misura di caratterizzazione eseguite nel fiume Po dal 1989 al 1991, in vari periodi dell'anno, in diverse condizioni idrologiche e mareali e con diversi assetti di funzionamento della centrale.

In proposito si veda l'**allegato 4.2.2.2/II** - Enel - DCO - Laboratorio di Piacenza - PT00311TSIPE024 *"Caratterizzazione della perturbazione termica"*



con sistema di raffreddamento in assetto fiume-fiume. Sintesi di 8 campagne di misure" - Gennaio 1993.

L'analisi dei dati delle diverse campagne di misura ha permesso di evidenziare che, anche scaricando in fiume, gli incrementi termici massimi riscontrati sono risultati sempre al di sotto dei previsti limiti di legge, anche al mutare dei diversi fattori influenzanti (carico della centrale, marea, portata di scarico e portata fluviale). In particolari condizioni di portata e di marea si può innescare tuttavia il fenomeno del ricircolo tra presa e scarico. Difatti, con portata del Po a Pontelagoscuro inferiore a $900 \div 1000 \text{ m}^3/\text{s}$, in corrispondenza dei massimi di marea sizigiale, il cuneo salino raggiunge e supera la sezione fluviale corrispondente allo scarico. In conseguenza di questo, in superficie l'acqua calda e salmastra proveniente dallo scarico della centrale interessa sia le sezioni fluviali a monte dello scarico che il canale di presa, dando luogo al ricircolo (per periodi di tempo limitati a 4-5 ore per ogni ciclo mareale).

Idrochimica

La caratterizzazione chimico-fisica delle acque del fiume Po nel tratto terminale (Po di Pila), negli ambienti lagunari e nel tratto di mare antistante il sito di centrale è stata effettuata sulla base dei risultati di parecchi anni di indagini presentati nel seminario di studi tenuto a Parma nel 1985 sull'ecologia del Delta del Po (Bartoletti et al., 1985; Bellelli et al., 1985) e nella sessione scientifica sullo stesso argomento tenuta ad Albarella nel 1990 (Bertonati e Ioannilli, 1991; Sansebastiano et al., 1991).

La qualità chimica delle acque può essere analizzata suddividendo l'area in esame in tre ambiti relativamente omogenei:

- tratto terminale del fiume Po (Po di Pila);
- sacca del Canarin;
- tratto di mare antistante il sito di centrale.

1) Tratto terminale del fiume Po (Po di Pila)

In questo ambito, la qualità delle acque ha manifestato gli effetti degli apporti inquinanti del bacino idrografico afferente, soprattutto per quanto riguarda il carico di sostanze nutrienti.

Trasparenza

La trasparenza dell'acqua, in generale, è in funzione prioritaria della portata e in funzione secondaria della stagione. I valori medi riscontrati con il disco Secchi hanno oscillato tra 0,6 e 0,9 metri con valori massimi di 2,4 metri nel periodo invernale 1986/87 con centrale funzionante.

Ossigeno disciolto

I valori misurati di ossigeno disciolto nell'arco di 4 anni di misure si sono attestati generalmente tra 7 e 10 mg/l, con picchi superiori a 10 mg/l e minimi mai inferiori a 6 mg/l; la percentuale di saturazione ha presentato i valori più frequenti tra 75 e 90%.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Nutrienti

La concentrazione di nutrienti dipende dal ciclo stagionale e di conseguenza dalle portate del fiume; i carichi annuali hanno mostrato oscillazioni tra 4.900 e 5.300 tonnellate per anno per il fosforo solubile e tra 93.000 e 94.000 tonnellate per anno per i nitrati. Come valori istantanei, le concentrazioni sono variate tra 0,1 e 0,4 mg/l per il fosforo solubile e tra 1 e 3 mg/l per i nitrati.

Carico organico

Anche per questo gruppo di indicatori di qualità il principale fattore influenzante è costituito dal regime idrologico del fiume. Nel prospetto riportato in Tabella 4.2.2.2-I sono raccolti i valori osservati per i principali parametri, considerando i carichi minimi e massimi annuali e istantanei relativi ad un arco temporale di 12 anni di indagini (1976 - 1988).

Carico totale

Parametro	Minimo	Massimo
BOD ₅ (t/annoO ₂)	118.000	188.880
COD (t/annoO ₂)	627.180	748.700
TOC (t/annoC)	146.310	320.360
Detergenti (mg/l MBAS C ₆ H ₅ OH)	759	1.606

Concentrazioni

Parametro	Minimo	Massimo
BOD ₅ (mg/l O ₂)	2,2	5,70
COD (mg/l O ₂)	7,2	40
TOC (mg/l C)	2,7	14,9
COD (BOD ₅)	2,7	5,60
Azoto organico (mg/l N)	0,13	0,92
Fosforo totale (mg/l P)	0,8	3,20
Idrocarburi (mg/l CH)	<0,05	0,70
Fenoli (mg/l)	<0,001	0,004
Detergenti (mg/l MBAS C ₆ H ₅ OH)	<0,020	0,177

Tabella 4.2.2.2-I Carico organico: valori minimo e massimo del carico totale e delle concentrazioni rilevate nel Po della Pila tra il 1976 ed il 1988

Metalli pesanti

La concentrazione dei metalli pesanti è risultata correlata negativamente con la trasparenza dell'acqua; le concentrazioni più elevate si sono presentate durante i periodi di piena. Le stime dei carichi per i metalli pesanti sono riportate nel prospetto di Tabella 4.2.2.2-II in cui sono evidenziati i valori dei carichi minimi e massimi annuali e istantanei relativi ad un arco temporale di 12 anni di indagini (1976 - 1988).





Carico totale

Parametro	Minimo	Massimo
Rame (t/anno)	596	1.305
Nichel (t/anno)	475	1.460
Zinco (t/anno)	1.710	4.860
Piombo (t/anno)	280	1.070

Concentrazioni

Parametro	Minimo	Massimo
Rame (mg/l)	0,009	0,033
Nichel (mg/l)	0,011	0,043
Zinco (mg/l)	0,017	0,146
Piombo (mg/l)	0,005	0,030
Manganese solubile (mg/l)	0,003	0,065
Ferro solubile (mg/l)	0,008	0,15
Cromo (mg/l)	0,002	0,011
Arsenico (mg/l)	0,002	0,005
Cadmio (mg/l)	<0,001	0,002
Mercurio (mg/l)	<0,001	<0,001

Tabella 4.2.2.2-II Metalli pesanti: valori minimo e massimo del carico totale e delle concentrazioni rilevate nel Po della Pila tra il 1976 ed il 1988

Indicatori microbiologici

La carica batterica totale a 20°C ha mostrato valori oscillanti tra 20.000 e 50.000 in millilitro, mentre la carica batterica totale a 37°C ha mostrato valori tra 6.000 e 10.000 in millilitro. I coliformi totali sono variati da 7.000 a 17.000 in millilitro; mentre i coliformi fecali tra 900 e 2.600 in millilitro. Gli streptococchi fecali hanno seguito l'andamento dei coliformi fecali e i clostridi solforiduttori hanno mostrato concentrazioni più elevate nei mesi di fine primavera e inizio autunno. Per quanto riguarda le Salmonelle e i virus citopatogeni si sono rilevati dei picchi saltuari di positività.

2) Sacca del Canarin

La Sacca del Canarin è un ambiente soggetto ad una continua evoluzione morfologica, che, in questa fase della sua dinamica, tende a limitare progressivamente gli scambi diretti della laguna con il fiume, mantenendo invece quelli con il mare. La Sacca del Canarin è, comunque, caratterizzata da una relativa omogeneità interna.

I valori dei parametri riscontrati nel corso delle indagini effettuate individuano uno stato di trofia generalmente elevato. L'ossigeno disciolto nello strato superficiale ha presentato le concentrazioni più basse (intorno a 6 mg/l) nei periodi autunnali, le concentrazioni più alte (12 - 14 mg/l) nel periodo estivo.

La percentuale di saturazione, negli strati superficiali è risultata nei periodi più freddi intorno a 70 - 90%, in quelli più caldi intorno a 140 - 200%. Lo strato profondo delle acque presenta generalmente gli stessi valori, ad esclusione dei periodi più caldi dell'anno, durante i quali si evidenziano livelli di poco inferiori, a causa del consumo esercitato da parte del sedimento. Le concentrazioni dei principali

nutrienti hanno presentato minimi estivi (a causa della loro assunzione da parte del fitoplancton) e massimi nei periodi invernali; nel prospetto di Tabella 4.2.2-II sono riportati i valori registrati in 12 anni di indagini (1976 - 1988), unitamente a quelli relativi ai metalli pesanti.

Nutrienti inorganici

Parametri	Minimo	Massimo
Azoto ammoniacale (mg/l)	0,030	1,81
Azoto nitroso (mg/l)	0,012	0,06
Azoto nitrico (mg/l)	0,02	2,6
Ortofosfato solubile (mg/l)	0,002	0,20
Silice solubile (mg/l)	0,30	8,30

Metalli pesanti

Parametri	Minimo	Massimo
Rame (mg/l)	0,002	0,060
Nichel (mg/l)	0,003	0,038
Zinco (mg/l)	0,004	0,110
Piombo (mg/l)	0,0007	0,019
Ferro (mg/l)	0,100	4,10
Cadmio (mg/l)	<0,001	0,002

Tabella 4.2.2-III Nutrienti inorganici e metalli pesanti: valori minimo e massimo delle concentrazioni rilevate nella Sacca del Canarin tra il 1976 ed il 1988

Indicatori microbiologici

La carica batterica totale a 20°C ha mostrato valori oscillanti tra 15.000 e 17.000 in millilitro, mentre la carica batterica totale a 37°C ha mostrato valori tra 600 e 2.400 in millilitro. I coliformi totali hanno evidenziato un chiaro trend stagionale, con valori più elevati nel periodo invernale. I coliformi fecali hanno seguito in linea di massima il trend dei coliformi totali.

Gli streptococchi fecali hanno dimostrato di essere meno influenzati dal ciclo stagionale in confronto ai coliformi totali; comunque i valori più elevati si presentano nella stagione più fredda.

Per quanto riguarda le Salmonelle si sono rilevati dei picchi saltuari di positività, con concentrazioni decisamente più basse rispetto a quanto osservato sul fiume; i cito-patogeni sono risultati generalmente assenti; sono stati isolati solo due polivirus di tipo 1.

3) Tratto di mare antistante il sito di centrale

La qualità delle acque di questa zona risente chiaramente degli apporti provenienti dal fiume ed è governata in gran parte dall'andamento del suo regime idrologico.

Nel corso delle indagini effettuate sul sito, la salinità è risultata molto variabile in superficie (da 7 a 32‰), in funzione del regime idrologico e degli apporti di acqua dolce del fiume, e relativamente stabile sul fondo (da 31 a 36‰); le differenze di salinità più evidenti tra superficie e fondo si sono riscontrate in concomitanza con le alte portate del fiume.



L'ossigeno disciolto, nello strato superficiale, ha presentato valori in concentrazione variabili, da 6 mg/l nell'autunno a 11 mg/l in estate. La percentuale di saturazione ha presentato minimi intorno a 70% e massimi intorno a 150%.

I nutrienti hanno presentato andamenti stagionali con minimi estivi; nel prospetto di Tabella 4.2.2.2-IV sono riportati i valori minimi e massimi registrati in 12 anni di indagini (1976 - 1988). Rispetto alla Sacca del Canarin, in mare si sono registrati valori di concentrazione inferiori. Il fattore stagionale è risultato quello che ha esercitato il maggior peso nel determinare il livello dei nutrienti inorganici.

I metalli pesanti risultano in concentrazione mediamente inferiore a quella rilevata nella Sacca del Canarin stessa.

Nutrienti inorganici

Parametri	Minimo	Massimo
Azoto ammoniacale (mg/l)	<0,005	0,37
Azoto nitroso (mg/l)	0,004	0,06
Azoto nitrico (mg/l)	0,02	2,10
Ortofosfato solubile (mg/l)	0,005	0,12
Silice solubile (mg/l)	0,04	5,9

Tabella 4.2.2.2-IV Nutrienti inorganici: valori minimo e massimo delle concentrazioni rilevate nel tratto di mare antistante il sito tra il 1976 ed il 1988

Indicatori microbiologici

Nel mare è stata evidenziata un'elevata variabilità per quanto riguarda la microbiologia: i valori massimi dei diversi parametri hanno presentato comunque concentrazioni decisamente inferiori rispetto a quanto rilevato in acqua dolce.

I valori relativi alla Salmonella ed ai citopatogeni hanno presentato livelli molto bassi, tipici di acque marine.

Conclusioni

I dati raccolti nel corso delle numerose indagini effettuate sulle acque superficiali del sito mostrano che l'andamento della loro qualità, determinata in primo luogo dal carico inquinante proveniente dal bacino idrografico retrostante, è governato soprattutto da fattori legati al ciclo stagionale e a quello idrologico del fiume.

Regimi di magra del fiume comportano spesso valori elevati dei parametri legati al carico organico, dei detergenti e dei nutrienti inorganici, sostanzialmente per la scarsa diluizione degli apporti da monte. Le punte massime istantanee degli indici di inquinamento (carico organico, deficit di ossigeno e metalli) si verificano, tuttavia, soprattutto in condizioni di piena incipiente, principalmente per il meccanismo della risospensione dei sedimenti fluviali. Gli ambienti confinati manifestano in modo più evidente gli effetti del carico inquinante proveniente da monte; nella Sacca del Canarin, ad esempio, in alcuni momenti particolarmente critici del periodo estivo, l'elevato livello di trofia può generare situazioni di anossia.

Il regime idrologico risulta essere il fattore che influenza maggiormente le concentrazioni dei parametri batteriologici; anche la stagionalità influisce sull'abbondanza della flora microbica, sia pure in maniera meno evidente. Sia



per quanto riguarda il mare antistante il delta così come per il Po e per la Sacca del Canarin si rileva una correlazione significativa tra la portata e la densità della componente batteriologica. Gli indicatori di contaminazione fecale mostrano, come atteso, una lieve diminuzione immediatamente a valle della centrale, in quanto l'aumento della temperatura è critico per la sopravvivenza di questi batteri enterici, che non si replicano in ambiente acquatico esterno e in questi range di temperatura vengono sfavoriti nella competizione con la flora saprofitica del fiume. Per i patogeni, le Salmonelle, in genere vengono trattenute nello strato di materiale organico aderente ai diversi substrati presenti nelle acque.

4.2.2.3. Analisi previsiva dell'impatto con la modifica dell'impianto

Idrologia

Il progetto proposto prevede che, nel nuovo assetto a carbone dell'impianto, venga utilizzato l'attuale circuito dell'acqua di raffreddamento dei condensatori, senza alcuna modifica né alle opere di captazione e scarico né alle portate convogliate.

Pertanto l'idrologia dei corpi idrici interessati dalle opere di presa della centrale (Po di Pila e Sacca del Canarin) non subisce modifiche per effetto della modifica dell'impianto.

Qualità delle acque

Temperatura

Il progetto di modifica della centrale per il funzionamento a carbone prevede la conversione degli attuali gruppi con un aumento dei rendimenti energetici e una conseguente riduzione della potenza dissipata dal circuito di raffreddamento dagli attuali 3120 MW a 2650 MW, e quindi con una riduzione della quantità di calore smaltito nei corpi idrici ricettori pari al 15%. Tale riduzione avviene in presenza di una portata di acqua di raffreddamento pari al valore attuale di 80 m³/s e in assenza di modifiche alle strutture di restituzione; di conseguenza le condizioni di miscelamento turbolento rimangono immutate, ma essendo minore il calore immesso nel corpo ricevente, si vengono a determinare condizioni di campo termico migliorative rispetto alla situazione attuale, e questo nelle diverse configurazioni di presa e scarico (mare-mare, fiume-fiume e misto). Inoltre è da attendersi un valore minore di ricircolo termico quando se ne verificano le condizioni.

Di conseguenza i limiti previsti dalla normativa per gli scarichi termici, sia a mare che in fiume, già considerati nelle attuali condizioni di esercizio, risultano quindi a maggior ragione rispettati.

Idrochimica

Per la modifica della centrale è stato predisposto il progetto di un nuovo circuito delle acque industriali, basato sulla massimizzazione dei recuperi idrici e sulla minimizzazione dei rilasci di inquinanti, metalli in particolare.



L'attuale impianto di trattamento delle acque reflue (ITAR) sarà oggetto di un adeguamento tramite inserimento di una stazione di finitura con filtri a sabbia e carbone attivo. Per il trattamento degli spurghi dei nuovi impianti di desolfurazione dei fumi, sarà realizzato un cristallizzatore che, attraverso una completa evaporazione dei reflui, consentirà il completo recupero delle acque ad uso industriale.

Come già esplicitato nel capitolo 3, le caratteristiche chimiche delle acque scaricate dalla centrale nel nuovo assetto, pertanto, saranno certamente compatibili con i limiti previsti dalla vigente legislazione in materia di recapito di effluenti liquidi nelle acque superficiali, per cui non si possono prevedere impatti significativi sulla qualità delle acque dei corpi idrici riceventi in conseguenza della realizzazione del progetto di modifica dell'impianto.

4.2.2.4. Impatto della movimentazione di materiali e combustibili sul traffico per acqua

Per l'approvvigionamento del combustibile necessario all'alimentazione della centrale e il trasporto, ai fini dello smaltimento, dei materiali resi dal ciclo produttivo, è previsto un sistema di trasporto che sfrutti in modo combinato le vie d'acqua marina e fluviale. Il Mare Adriatico e i primi tratti della rete di trasporto fluviale padano-veneta costituiranno, dunque, le reti viarie considerate.

Traffico marittimo

Il Mare Adriatico è interessato da un traffico principalmente commerciale e legato alle attività della pesca e, in minor misura, legato al trasporto di passeggeri. Dai dati ISTAT dell'anno 2003 si rileva infatti che circa un terzo del traffico merci e solo il 15% circa del traffico passeggeri transitano su questo specchio di mare.

Argomenti	Totale nazionale	Mare Adriatico
Numero di navi transitate	557.283	115.903
Traffico merci internazionale	341.393	121.904
Traffico merci cabotaggio	135.635	27.420
Traffico merci totale (migliaia di tonnellate)	477.028	160.365
Traffico passeggeri internazionale	5.694	2.065
Traffico passeggeri cabotaggio	76.882	1.274
Traffico passeggeri totale (Migliaia)	82.576	5.036

Tabella 4.2.2.4-I Comparazione dei dati di traffico su scala nazionale e nel Mare Adriatico (fonte ISTAT).

Se si esclude il Porto di Taranto (che assorbe da solo l'8% circa del traffico merci nazionale occupando la terza posizione, dopo Genova e Trieste, nella graduatoria dei porti italiani per il questo tipo di traffico), la maggior parte del traffico commerciale in Adriatico si dirige verso i porti settentrionali,



attraversando tutto il bacino. I porti maggiormente interessati da questi flussi sono infatti Ravenna, Trieste e Venezia. Secondo i dati ISTAT relativi all'anno 2003, della quantità totale di merci trasportate in Adriatico, il 58,8% fa riferimento a questi tre scali.

La maggior vocazione turistica spetta ad Ancona, Venezia e Bari, che garantiscono i collegamenti con i paesi affacciati sulla costa orientale, in particolar modo Croazia e Grecia. Si tratta di una mole di traffico limitata rispetto al totale registrato a livello nazionale, tuttavia occorre sottolineare che in Adriatico non sono presenti quelle linee brevi e molto frequentate (come quelle che interessano lo Stretto di Messina o i collegamenti con le isole del Golfo di Napoli), che da sole costituiscono una cospicua parte del dato globale.

Il traffico riguardante invece le rotte medio lunghe, pur essendo inferiore rispetto al Mar Tirreno, non si discosta molto da quello legato al traffico passeggeri. I porti dove si rileva il maggior traffico passeggeri sono Messina (9833 migliaia di passeggeri l'anno), Reggio Calabria (9698), Napoli (6811) e Capri (4749). I dati riguardanti i porti di Ancona (1223), Venezia (1107) e Bari (1100), infatti, riferiscono di un movimento inferiore, ma non drasticamente diverso, da quelli di Genova (2961), Olbia (2764) o Civitavecchia (1932), riferimenti tradizionali per rotte a medio lungo raggio.

L'Adriatico è uno bacini più pescosi di tutto il Mediterraneo e questo ha favorito lo sviluppo di una cospicua flotta peschereccia distribuita uniformemente su tutta la costa, con punte di alta concentrazione in Puglia e nella parte più settentrionale, queste ultime particolarmente per le attività di acquacoltura. L'uniforme distribuzione è tipica di tutto il territorio costiero italiano (con la sola esclusione di Sicilia e Puglia, infatti, la flotta risulta polverizzata lungo le coste italiane). Sicilia e Puglia rappresentano insieme il 36,6% dei battelli e il 49% del tonnellaggio complessivo, mentre nelle altre regioni è presente una concentrazione di battelli in tutti i casi inferiore al 10%)¹⁵. Ciò fa sì che non vi siano punti di particolare concentrazione dell'attività peschereccia.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



¹⁵ VI Piano triennale per la pesca e l'acquacoltura. G.U n.172 del 25 luglio 2000

Tabella 4.2.2.4-II- Comparazione fra le maggiori flotte pescherecce nei mari italiani (Fonte Mareinitaly.it, sito realizzato in collaborazione con il Ministero delle Politiche Agricole).

	Porti	Flotta peschereccia (unità)
Mare Adriatico	Chioggia	450
	Goro	1750
	Ancona	385
	S.Benedetto del Tronto	310
	Manfredonia	510
Mare Tirreno	Livorno	155
	Viareggio	70
	Terracina	80
	Anzio	65
	Napoli	283
	Mazara del Vallo	486
Mare Ligure	Camogli	41
	S.Margherita Ligure	44
Mare Ionio	Crotone	100
	Corigliano Calabro	45
	Gallipoli	184

Per quanto concerne le relazioni fra le attività di pesca e le possibili interferenze con il transito delle navi carboniere, occorre altresì notare che *"..in tutte le regioni italiane, prevale l'incidenza di battelli che utilizzano attrezzi passivi di dimensioni medie non elevate; è la piccola e piccolissima pesca costiera a rappresentare la componente più numerosa e a determinare gli apporti produttivi di maggior valore unitario, anche se non in termini di quantità prodotta in assoluto... i battelli con tsl inferiore alle 10 tonnellate sono circa l'83% del totale... I pescherecci di grandi dimensioni superiori alle 100 tonnellate rappresentano appena il 2% dei battelli totali,...il 55% di tutti i battelli con tonnellaggio superiore alle 100 tonnellate è dislocato in Sicilia; un altro 13% di battelli aventi tsl medio superiore alle 100 tonnellate è iscritto nelle Marche"*.

Considerando che il codice della navigazione e il regolamento per la navigazione marittima prevedono che la *"Pesca costiera"*, distinta in *"Pesca locale"* e *"Pesca ravvicinata"*, possa essere esercitata in un ambito variabile fra le 6 e le 40 miglia marine a seconda del tonnellaggio (DPR 1639/68), si deduce che, nell'ambito territoriale considerato. Non ci saranno interferenze significative fra pescherecci e imbarcazioni funzionali all'esercizio della centrale.



4.2.3. Suolo e sottosuolo

4.2.3.1. Caratterizzazione delle componenti

Il sito d'indagine è ubicato in un ambiente di transizione deltizio (Delta del Po), che costituisce il raccordo tra l'ambiente continentale alluvionale (Pianura Padana) e quello marino (Mare Adriatico). Da ciò risultano complesse associazioni di facies che riflettono a loro volta un complicato quadro paleogeografico, nel quale i processi marini e fluviali hanno controllato, in maniera combinata, la dispersione dei diversi tipi di sedimento (sabbie, argille, etc.). I materiali e i caratteri deposizionali del sistema deltizio sono quindi il risultato dell'interazione continua dei processi legati agli ambienti circostanti (fluviali, glaciali, marini, etc.), che a sua volta si riflette anche sulla componente ambientale del suolo, poiché questo rappresenta un sistema fisico-chimico aperto, con continui interscambi di materia con i sistemi adiacenti e trasformazioni al suo interno. Nella sua accezione più ampia, il termine suolo comprende tutto ciò che supporta, alimenta e orienta quello che viene definito ecosistema.

Per quanto concerne il suolo, le tipologie di questa componente ambientale maggiormente presenti nelle aree limitrofe di Porto Tolle (Mancini, 1966), si rinvengono nelle seguenti associazioni:

- Suoli alluvionali idromorfi: serie diversificata di suoli minerali idromorfi, impostata su alluvioni recenti o attuali. Si tratta anche di terreni che furono idromorfi in un passato recente e che attualmente presentano un buon drenaggio, grazie ad evoluzioni naturali e/o ad interventi di bonifica.
- Regosuoli e suoli alluvionali idromorfi: presenti in prevalenza nelle fasce costiere del delta, corrispondono alle formazioni dunali recenti, comunque oloceniche, su cui si rinvengono regosuoli sabbiosi, che raramente presentano un orizzonte superficiale, tendente al colore bruno per arricchimenti di materia organica. La continuità delle dune è interrotta da aree pianeggianti in cui l'idromorfia è assai sensibile, mentre dietro i cordoni dunali si riscontrano spesso estesi suoli alluvionali a granulometria fine, limosi-argillosi o argillosi, poco o per nulla drenanti.
- Suoli torbosi e suoli organici: rinvenibili nelle aree nei pressi del Po di Goro. Oltre ai suoli torbosi (generalmente torba di canne e cannuce, quindi mesotrofica), tale associazione include anche suoli sensibilmente organici caratterizzati da una percentuale di humus maggiore del 10%. Tale componente non risulta però di tipo torboso. Nella maggior parte dei casi si tratta di "anmoor", cioè di una sostanza organica a non largo rapporto C/N, sulla quale per un certo periodo dell'anno si svolge un'intensa attività biologica, mentre nell'epoca più piovosa prevale l'idromorfia.

L'associazione dei suoli alluvionali idromorfi risulta essere prevalente rispetto alle altre, che comunque, talvolta, caratterizzano aree più che considerevoli.

Dal punto di vista chimico fisico si dispone di uno studio relativo al contenuto di elementi in traccia e di alcuni microinquinanti organici (IPA, PCDD e PCDF)



nei terreni superficiali di un'ampia area circostante il sito considerato (Rapporto CESI A2/036137 nel già richiamato **allegato 4.2.1.4/II**).

In generale si rileva una distribuzione piuttosto omogenea della maggior parte degli elementi indagati, evidenziata dalla bassa variabilità spaziale, ad esclusione di Hg e Se che mostrano una variabilità più elevata probabilmente legata alle loro caratteristiche chimico – fisiche.

I microinquinanti organici (IPA e PCDD/PCDF) mostrano valori di concentrazione ampiamente rientranti negli intervalli di fondo dei suoli agrari disponibili in letteratura.

4.2.3.2. Analisi prima e dopo l'intervento

Relativamente alla valutazione di impatto ambientale sul suolo e sottosuolo non si ritiene siano prevedibili influenze significative su queste componenti, in conseguenza delle modifiche proposte alla Centrale di Porto Tolle, nel suo esercizio nel nuovo assetto, poiché:

- gli interventi di scavo e/o movimento terra utili alle fasi di costruzione sono relativamente modesti;
- le opere di modifica insistono unicamente sulle aree di proprietà, già precedentemente interessate per l'insediamento dell'impianto esistente e idonee ad ospitare un impianto industriale del tipo di quello in progetto.

Per quanto concerne il rischio idraulico del sito in esame, in attesa dell'entrata in vigore del PAI Delta, la Delibera di adozione prevede l'imposizione di misure temporanee di salvaguardia che attualmente risultano in scadenza.

Allo stato attuale delle conoscenze e sulla base di quanto riportato nel precedente SIA per la trasformazione della centrale ad orimulsion, accompagnato da apposito studio idraulico, si può evidenziare che nel PAI l'intera area del Delta del Po, e dunque il sito della Centrale di Porto Tolle, è esclusa da prescrizioni e vincoli in attesa di una specifica separata deliberazione.

Per quanto riguarda la fase di esercizio, per verificare gli eventuali effetti sulla qualità del suolo della deposizione del particolato emesso dal camino è stata effettuata una stima dell'incremento dei valori di fondo di riferimento dei microinquinanti più significativi (c.f.r. 4.2.1.2).

Al fine di analizzare quanto stimato, occorre, però, considerare che:

- i valori massimi di accumulo nei terreni sono stati calcolati adottando l'ipotesi maggiormente cautelativa dal punto di vista ambientale (c.f.r. 4.2.1.2), senza considerare, quindi, i fenomeni naturali di asportazione (es. dilavamento),
- i valori massimi di deposizione sul suolo sono previsti in una piccola area all'interno dell'impianto, dove, nella maggior parte dei casi, il particolato deposto non entra in contatto diretto con il terreno,
- il dilavamento da pioggia del particolato deposto sui manufatti o sull'asfalto non determina necessariamente l'immissione



nell'ambiente poiché le acque di prima pioggia vengono trattate prima dello scarico,

- i calcoli di incremento della concentrazione considerano l'area di massima deposizione, ubicata all'interno dell'impianto, come un terreno coltivato a seminativo, al fine di simulare un ipotetico accumulo in un suolo in condizioni simili a quelli circostanti l'impianto (situazione simulata),
- i valori di deposizione che interessano le aree immediatamente circostanti l'impianto, che ospitano seminativi, risultano decisamente inferiori ai valori massimi.

Alla luce di queste considerazioni e dei risultati riportati si può sostenere che l'influenza di questa immissione sia trascurabile. Infatti, la deposizione massima di microinquinanti avviene su manufatti o superfici asfaltate ubicate all'interno di un impianto che raccoglie le acque di pioggia e le tratta. Inoltre, considerando i valori di deposizione modellati sulle superfici dei terreni immediatamente circostanti l'impianto, si può affermare che il fenomeno considerato sia difficilmente misurabile.

Non sono, quindi, prevedibili influenze significative su questa componente ambientale in conseguenza della modifica impiantistica proposta.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



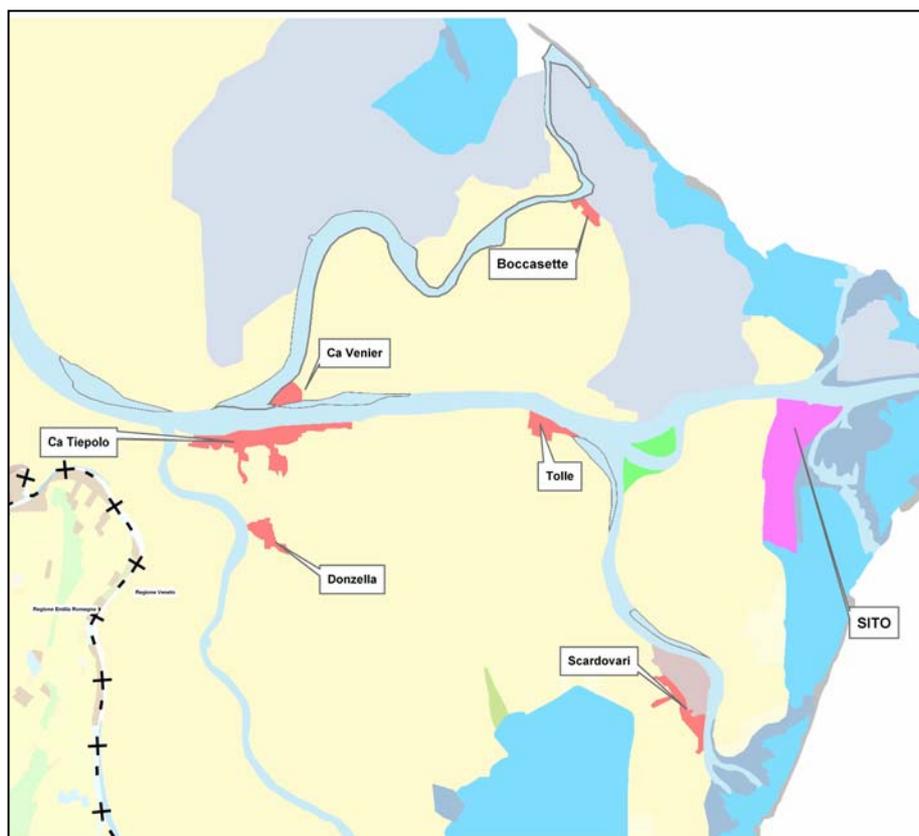
4.2.4. Vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi

4.2.4.1. Situazione ambientale attuale

Area d'indagine

L'area di studio considerata per la caratterizzazione delle componenti naturalistiche si estende per una superficie di circa 24x25 km intorno al sito della centrale (Figura 4.2.4.1-I).

Figura 4.2.4.1-I Area d'indagine per la descrizione delle componenti naturalistiche



Ambiente terrestre

Flora e vegetazione

L'inquadramento bioclimatico del Tommaselli et al. (1973) indica che l'area in esame appartiene alla regione mesaxerica, sottoregione ipomesaxerica di tipo B con temperatura media del mese più freddo compresa tra 0 e 10°C, con piovosità compresa tra 700 e 1.000 mm e con un periodo di concentrazione delle precipitazioni prevalentemente autunnale.

Questa situazione bioclimatica è tipica per lo sviluppo di una vegetazione potenziale appartenente al climax del frassino, del carpino e della farnia, con una particolare potenzialità per le formazioni a dominanza di farnia, con presenza di fitocenosi ripariali a pioppo, salici e ontani (Tommaselli, 1973).



Lo stato attuale della vegetazione e della flora è stato definito utilizzando dati desunti dalla letteratura, dall'analisi del materiale aerofotografico (Istituto Geografico Militare volo 2000 a scala 1:33.000 e ortofoto dai voli 1998-99 del Programma "it 2000"), dal materiale cartografico tematico (cartografia di uso del suolo 1996-1997 della Regione Emilia Romagna in scala 1:25.000 e uso del suolo "Corine Land Cover" 1992 della Regione Veneto) e da sopralluoghi di aggiornamento per le aree di maggiore interesse. Sulla base di questa documentazione, è stato possibile individuare 8 unità ambientali vegetazionali, facendo riferimento alle classi di uso del suolo:

- A. Spiagge con vegetazione della serie psammofila (Sp)
- B. Barene con vegetazione alofila (Vs)
- C. Barene con vegetazione moderatamente alofila (Vs)
- D. Vegetazione ripariale igrofila delle acque interne (Zp, Zs)
- E. Boschi ripariali (B)
- F. Boschi di latifoglie caducifoglie (B)
- G. Boschi di latifoglie sclerofille (B)
- H. Colture specializzate a netta prevalenza di seminativi (S, Cp, Zs)

Le corrispondenze tra le unità vegetazionali e le classi di uso del suolo sono schematizzate come segue:

Unità ambientale vegetazionale	Codice E.R.	Codice CLC Veneto
Spiagge con vegetazione della serie psammofila	Sp	331
Barene con vegetazione alofila	Vs	421
Barene con vegetazione moderatamente alofila	Vs	411, 421
Vegetazione ripariale igrofila delle acque interne	Zp, Zs	411
Boschi ripariali	B	324, 311
Boschi di latifoglie caducifoglie	B	311
Boschi di latifoglie sclerofille	B	311
Colture specializzate a netta prevalenza di seminativi	S, Cp, Zs	211, 213, 243

Di seguito viene riportata la descrizione delle principali tipologie di vegetazione in relazione alle unità ambientali individuate, effettuata sulla base di letteratura scientifica generale, regionale e delle osservazioni raccolte durante i sopralluoghi.

A. Spiagge con vegetazione della serie psammofila.

Le spiagge, soprattutto quelle isolate dall'entroterra, hanno una loro importanza dal punto di vista della naturalità, poiché rimangono per buona parte dell'anno indisturbate.

La serie vegetazionale è quella comune sulla costa adriatica settentrionale (Lorenzoni, 1985) con qualche variazione a seconda dei venti e delle correnti marine che si vengono a formare con l'uscita dei vari rami del Po.

Dalla sabbia nuda si passa ai primi insediamenti di *Cakile maritima* (*Cakileto-Xanthietum italicum*), quindi alla fascia più o meno continua di *Agropyretum boreoatlanticum subass. boreoadriaticum*, poi al *Medicaginetum-Ammophiletum*. Fino a quest'ultima associazione la serie si sviluppa in modo regolare, le uniche variazioni possono essere date da una diminuzione dell'*Agropyretum* verso il mare, a causa di venti troppo intensi, o da una sua



ripetizione in posizione più protetta a riparo delle dune, o dalla frammentazione della vegetazione che si risolve in piccoli popolamenti quasi puri.

Con l'ammofileto possono cominciare le variazioni. Innanzitutto compare, mista all'Ammophila, un'entità dall'ecologia complessa e poco distinta, *Spartina stricta* (Aiton) Roth (=S.versicolor Fabre). Questa specie normalmente a carattere igrofilo-alofilo costituisce qui uno "*spartineto*" ricco di elementi degli Ammophiletalia nettamente psammofilo, non certo igrofilo.

Questa cenosi che si insedia con l'ammofileto sulla parte più alta delle dune, scende anche negli avvallamenti interdunali ove predomina, però, il Tortuleto-Scabiosetum con la subassociazione fumanetosum.

Negli avvallamenti con substrato sabbioso che inaridisce completamente durante il periodo estivo, è diffusa una vegetazione che pur presentando elementi del Tortuleto-Scabiosetum, e delle altre cenosi psammofile, è caratterizzata dalla dominanza di *Ambrosia maritima* L. che forma un tappeto quasi continuo. In queste situazioni spesso compaiono specie pioniere, della macchia mediterranea che potrebbero chiudere la serie quali *Asparagus acutifolius* L., *Lonicera etrusca* Santi, *L. caprifolium* L., *Clematis vitalba* L., *C.viticella* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Juniperus communis* L., *Teucrium polium* L., *T.chamaedrys* L., come avviene nella zona di Volano e Rosolina. Nelle località dove questa seriazione termina effettivamente con una macchia o una lecceta, compaiono plantule o piccoli arbusti contorti di *Quercus ilex* L.. Nei punti più bassi degli avvallamenti dove una certa esopercolazione assicura un discreto approvvigionamento idrico, compaiono tratti di Schoeneto-Erianthetum e popolamenti dominati da *Carex extensa* Good. riferibili al ciclo dei Caricetalia extencae, ma non inquadrabili momentaneamente in associazioni già istituite.

Questa unità ambientale, data la sua limitata estensione, non rappresenta l'elemento dominante della zona del delta.

B. Barene con vegetazione alofila

La serie alofila di barena presenta un'estensione piuttosto limitata, soprattutto nel settore veneto. Le opere di bonifica, infatti, hanno comportato la modifica degli habitat di barena con una riduzione della salinità delle acque causata dall'aumento della quantità di acqua dolce convogliata. Le cenosi alofile in senso stretto si possono, quindi, trovare in qualche tratto delle sacche a mare, sugli arginelli di alcune valli da pesca ed anche nei ristagni all'interno delle bonifiche.

Tra queste cenosi va ricordato il Limonietum venetum con le sue varie manifestazioni, che tende a trasformarsi poi, a seconda dell'incidenza delle specie caratteristiche, nel Salicornietum.

Negli ambienti più ricchi d'acqua, sempre marina, ma a regime incostante, si rileva il Salicornietum herbaceae, che è costituito da popolamenti quasi monospecifici

Interessante dal punto di vista applicativo è l'associazione ad *Atriplex tatarica* (*Atriplicetum tatarici*) presente negli ambienti lagunari di bonifica ed interrimento tipici del delta.



Ai bordi dei salicornieti e soprattutto lungo gli argini ed arginelli, d'estate e d'autunno compaiono numerose associazioni a carattere stagionale, quali ad esempio, il Suaedetum maritimae ed il Salsoletum sodae.

Interessante pure il popolamento a *Spartina stricta* (Aiton) Roth (= *S. versicolor* Fabre), che si inserisce tra le più spiccate associazioni alofile ed i fragmiteti, analogamente a quanto avviene in altre parti d'Italia come ad esempio in Sardegna e in Sicilia; può essere attribuito all'associazione Spartino-Juncetum maritimi.

Affine a questa associazione è lo Juncetum maritimi, che forma qua e là fasce che bordano le zone lagunari con acqua non completamente salata.

C. Barene con vegetazione moderatamente alofila

Dove l'acqua marina si mescola ad abbondante acqua dolce, come alla foce del fiume Po, nei vari canali e nelle sacche, si creano situazioni di salinità variabile, che permettono lo sviluppo di cenosi particolari o di aspetti moderatamente alofili di altre fitocenosi che normalmente presentano caratteri estremi.

Tra queste, molto diffuso è il *Phragmitetum communis* subass. *halophyllum* che comprende i canneti diffusissimi nella zona deltizia prossima al mare.

Altra associazione tipicamente presente in situazioni analoghe, è lo *Scirpetum maritimi* che tende a formare una fascia più o meno continua a ridosso dei fragmiteti.

In zone a substrato affiorante, anche periodicamente sommerso, si manifesta una complessa cenosi a *Molinia litoralis* con elementi alo-igrofilo assieme a elementi psammofili.

Inoltre, a margine di queste cenosi più diffuse, possono comparire popolamenti di limitata estensione di *Typhetum angustifoliae* e di *Scirpetum lacustris*.

D. Vegetazione ripariale igrofila delle acque interne

Lungo le rive di ambienti più o meno lenticoli, si registra la presenza del *Phragmitetum communis*, che costituisce una fascia quasi continua, delle chiazze di *Typhetum angustifoliae* e di *Scirpetum lacustris*. Inoltre, allontanandosi dall'acqua, la serie igrofila continua con il cariceto, che rappresenta la normale evoluzione del fragmiteto, inteso come *Magnocaricetalia - Magnocaricion elatae*, che troverebbe maggiore espansione se non fossero intervenute bonifiche e arginature.

E. Boschi ripariali

Lungo le sponde dei corsi d'acqua interni, la vegetazione arborea è costituita prevalentemente dalle fasce a salici (*Salix purpurea* L., *S. alba* L., *S. caprea* L., ecc.), pioppi (*Populus alba* L., *P. nigra* L.) e pioppi ibridi euro-americani. Non manca anche l'ontano nero (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner). Si tratta di una cenosi frequente anche nelle depressioni un po' lontane dall'acqua libera ma sempre con una notevole disponibilità idrica. Si può pensare che una cenosi di questo tipo sia stata particolarmente diffusa nella pianura padana come variante ecologica della foresta planiziale.



F. Boschi di latifoglie caducifoglie

Come conclusione delle serie che portano all'interramento delle zone che possiamo genericamente indicare come paludose, si giunge al bosco di quercia caducifolia. La specie caratteristica è la farnia, *Quercus robur* L. ssp. *robur* a carattere mesofilo, che nella Padania appartiene a cenosi fondamentalmente riferibili al *Querco-Carpinetum boreoitalicum*.

G. Boschi di latifoglie sclerofille

Dall'evoluzione della serie psammofila si può giungere alla lecceta, elemento termo-xerofilo. La lecceta della Mesola come pure quella del Bosco Nordio, è stata attribuita all'*Orno-Quercetum ilicis* (Lorenzoni, 1985), sia pure in una forma planiziaria su substrato sabbioso contrariamente a quanto avviene in Istria e sul Monte Conero dove si sviluppa su substrato roccioso.

In questi boschi e sulle dune, spesso si incontrano pinete di varia età e costituite da varie specie di pino, o addirittura da diverse cultivar di origine antropica. I migliori esempi sono quello del Bosco Nordio, quello del Boscone della Mesola, mentre resti minori si rilevano a Rosolina Mare, a Donada e a Contarina, località dove sono in via di smantellamento. Si può tuttavia riscontrare una certa differenza tra i due boschi maggiori, poichè la lecceta del Bosco della Mesola è relativamente recente in quanto insediatasi su dune formate in epoca storica.

H. Colture specializzate a netta prevalenza di seminativi

L'area di interesse è caratterizzata dalla prevalenza dei coltivi. Le opere di bonifica estese e ripetute non hanno lasciato molto spazio alla vegetazione spontanea che, comunque, ricompare con elementi della serie igrofila o alofila nei canaletti o nei collettori. L'estensione delle coltivazioni di mais, di frumento, di barbabietola da zucchero e dei pioppeti è considerevole. Anche le risaie contribuiscono a ridurre lo spazio disponibile e l'allevamento del bestiame ha portato all'introduzione di ampie superfici ad erba medica.

Nelle colture stagionali si nota una forte incidenza di vegetazione infestante abbastanza specializzata: nelle colture di frumento predomina l'associazione *Alchemilleteo-Matricarietum chamomillae* con la subass. *alopeuretosum*, e in quelle di mais e barbabietola, l'associazione *Panico-Potygonetum persicariae*.

I pioppeti, costituiti da pioppi ibridi americani, forniscono al naturalista un interessante parametro per valutare la potenzialità dell'ambiente di evolversi verso situazioni naturali. Infatti, se il pioppeto non viene "coltivato", cioè non viene ripulito ripetutamente, compaiono specie erbacee ed arbustive caratteristiche delle formazioni naturali e gli arbusti tendono a formare un sottobosco che, lasciato espandersi potrebbe portare alla formazione di una boscaglia riferibile ad una serie di ricostituzione del bosco.

Fauna

I dati sulla fauna sono stati acquisiti mediante ricerca bibliografica su anfibi, rettili, uccelli e mammiferi del Delta del Po e osservazioni e censimenti speditivi sul campo.

Per semplificare la descrizione del territorio compreso nell'area di studio e per inquadrarne la fauna in modo più preciso, sono state individuate 5 principali unità ambientali faunistiche:



- A. Dune (D)
- B. Barene (BMA e BA)
- C. Vegetazione ripariale delle acque interne (VR)
- D. Aree boscate (BR, BLC e BLS)
- E. Ambiente agrario (C e AE)

Le Tabelle 4.2.4.1/ I-VI riportano le informazioni raccolte sulla distribuzione della fauna locale tra le varie unità ambientali, nonché alcune indicazioni circa i siti di segnalazione.

Ognuna di queste tipologie ambientali è caratterizzata da una propria struttura della vegetazione e, di conseguenza, da differenti rispettive popolazioni di vertebrati. Naturalmente non è possibile fornire una precisa linea di demarcazione fra le diverse unità ambientali, soprattutto per quelle specie che necessitano di ecosistemi complessi; tuttavia di seguito è riportata una descrizione dei lineamenti fondamentali di queste unità ambientali che permetta di inquadrare in modo sintetico ogni categoria. Per un'analisi più dettagliata della distribuzione della fauna presente nell'area di studio si rimanda alle Tabelle 4.2.4.1/I-VI.

A. Dune (D)

Generalmente gli ambienti dunosi si sviluppano lungo il litorale, tuttavia esistono nell'area del Delta del Po alcuni tratti di dune molto più arretrate. Queste particolari formazioni sono state modellate dal progressivo avanzamento verso est del fiume e dai suoi cambiamenti morfologici. Le più antiche di queste formazioni sono oggi per lo più scomparse per fenomeni di subsidenza o per l'interramento delle paludi circostanti, ma soprattutto per la massiccia opera di spianamento delle dune per utilizzarne le sabbie e recuperare ulteriori superfici coltivabili.

Cakileto: le dune sono inizialmente poco stabili poiché soggette all'azione delle maree, delle correnti e dei venti marini, ma vengono ben presto colonizzate da piante pioniere in grado di consolidare i nuovi terreni. La formazione vegetale caratteristica è il "cakileto" che prende il nome dalla pianta più caratteristica di questa associazione, la cakile, specie a ciclo annuale, accanto alla quale crescono: la Cakile marittima, che ha un fusto carnoso per trattenere l'acqua dolce, la soldanella, un'altra piccola pianta a portamento strisciante con fiori rosa a campanula, e la salsola.

Vi si segnalano almeno 64 specie di uccelli.

Sui lati delle dune esposti all'azione erosiva del vento il gruccione costruisce il proprio nido scavando una profonda galleria nella sabbia; anche la beccaccia di mare nidifica sulle dune. Un altro uccello che è possibile incontrare in questi ambienti è l'upupa, che si nutre di insetti catturati sul terreno.

Agropireto: spostandosi di pochi metri verso terra, la vegetazione cambia e compaiono piante con spine e foglie carnose come l'eringio marittimo, il finocchio delle spiagge e graminacee come l'agropiro. Questa associazione ha un ruolo primario nel trattenere la sabbia trasportata dal vento.



Fra questi cespugli radi, bassi e spinosi vivono: l'averla piccola, che nasconde le sue prede infilandole nelle spine, il saltimpalo, il beccamoschino e l'usignolo.

Ammofileto: ancora più arretrata rispetto la costa, questa associazione prende il nome dall'ammofila, una graminacea molto importante grazie al robusto apparato radicale. Accanto ad essa crescono: il finocchio litorale, l'eringio, l'oenothera, il senecio e l'erba medica marina.

Per quanto riguarda i mammiferi, presso le dune possiamo incontrare piccoli predatori come la donnola e raramente la faina; il riccio invece è un insettivoro che si adatta bene ad alimentarsi di molluschi, come le lumache. Fra i rettili è segnalata la presenza del ramarro, della lucertola muraiola e del biacco.

B. Barene (BMA, BA)

Le barene sono degli isolotti fangoso-limosi che rimangono generalmente emersi e possono essere inondate occasionalmente durante le alte maree. Anche se apparentemente piatte, queste aree mostrano situazioni molto diversificate, non solo per quanto riguarda la frequenza e la durata della sommersione, ma soprattutto per la salinità delle acque che le inondano.

L'incontro delle acque dolci del fiume Po con l'acqua salata del Mare Adriatico genera un gradiente che, dall'acqua dolce del fiume, arriva fino a quella salata del mare. Gli ambienti salmastri sono molto diffusi nel Delta del Po e costituiscono una delle maggiori ricchezze, dal punto di vista della biodiversità. Possiedono, infatti, caratteristiche uniche che costituiscono un ambiente ideale per numerose specie. Le acque sono riparate dal moto ondosso e dalle correnti che invece troviamo in mare, la profondità è di norma contenuta e permette alla luce di penetrare fino ai fondali, riscaldando così l'acqua molto più facilmente di aree a maggiore profondità, i processi biologici sono più rapidi e le sostanze nutritive portate dai fiumi rimangono all'interno delle lagune in quanto gli scambi col mare sono minimi. Infine, la salinità interna è di norma inferiore a quella del mare aperto, grazie ad un apporto costante d'acqua dolce; questo fattore permette a diverse specie vegetali di sopravvivere adattandosi alla salinità dell'acqua e del suolo.

Le condizioni di vita nelle barene sono fortemente influenzate dalla salinità dell'acqua che raggiunge livelli minimi in prossimità delle foci, per aumentare considerevolmente vicino alle bocche ed in periodi di siccità. Possiamo quindi distinguere zone più interne con una vegetazione moderatamente alofila e zone decisamente alofile.

- Barene con vegetazione moderatamente alofila (BMA)

I canali, i laghetti interni caratterizzati da acque poco profonde e i terreni umidi e melmosi di queste zone sono caratterizzati da una formazione vegetale in cui domina la canna di palude, talvolta associata, soprattutto ai margini, a specie come la tifa o lo scirpo marittimo e raramente anche l'iris d'acqua dolce. Nelle zone meno profonde si possono trovare anche degli arbusti come il salice bianco e l'amorfa fruticosa.



Questi ambienti sono importanti per molti uccelli acquatici, sia come siti di riproduzione, sia come luogo di rifugio. Vi si segnalano almeno 59 specie ornitiche.

Fra le anatre in particolare nidificano: il germano reale, il porciglione, lo svasso maggiore e il tuffetto, ma si possono incontrare anche specie svernanti come l'alzavola, la marzaiola, la canapiglia e, talvolta, la moretta tabellaccata. Questi fitti canneti ospitano anche diversi ardeidi che possono nidificare in colonie, come l'airone rosso, oppure isolatamente come nel caso del tarabuso. La folaga, durante l'inverno, si raduna in grandi stormi negli ampi specchi d'acqua, mentre d'estate costruisce un nido galleggiante nascosto fra la vegetazione acquatica.

Grazie all'abbondanza di insetti e di siti adatti per la riproduzione, sono presenti anche molti piccoli uccelli insettivori: l'usignolo di fiume, il cannareccione, la cannaiola e il basettino. Fra i rapaci possiamo ricordare il falco di palude, specializzato a predare nelle zone umide.

- Barene con vegetazione alofila (BA)

Questo ambiente, particolarmente ricco di vita e importante per numerose specie di uccelli, è poco rappresentato e ha subito notevoli interventi da parte dell'uomo.

Sui bassi fondali, che emergono regolarmente durante la fase di bassa marea, cresce un'alga chiamata zosteria, che forma delle fitte praterie sommerse, usate dagli organismi acquatici come nascondiglio o come area di nutrimento. La salicornia veneta, invece, è una pianta endemica che si stabellailisce sulle sponde fangose delle lagune nell'Alto Adriatico.

La prima fascia di piante che si insedia vicino all'acqua è costituita dalla spartina marittima e dallo stivice, accompagnate dalla puccinellia palustre e dall'astro marittimo; quando la distanza dall'acqua aumenta, troviamo invece la salicornia perenne, l'astro, la puccinellia e l'enula.

Vi si segnalano almeno 54 specie di uccelli.

L'avifauna annovera molte presenze interessanti fra quelle che frequentano le lagune: i gabbiani e le sterne come nidificanti, numerosi anatidi fra gli svernanti (germano reale, fischione, mestolone, codone, alzavola, volpoca, moriglione, svasso maggiore), gli aironi (garzetta, airone cinerino, airone bianco, airone guardabuoi), i limicoli (chiurlo, pittima reale, totano moro, pettegola, avocetta, cavaliere d'Italia) e molte altre specie, fra cui folti stormi di cormorani e da qualche anno anche un discreto numero di fenicotteri rosa.

C. Vegetazione ripariale delle acque interne (VR)

Le anse del fiume, in prossimità della foce, sono ricche di stagni e di zone dove il flusso della corrente si fa meno intenso. Qui troviamo la caratteristica vegetazione ripariale dominata, secondo la profondità dell'acqua, dalla cannuccia di palude, dalle tife, dai giunchi o dai carici. Le zone che rimangono sempre sommerse sono colonizzate dalle piante radicate al fondale.

La fauna che è possibile rinvenire è varia ed abbondante: pozze e piccoli stagni costituiscono un'indispensabile risorsa per la riproduzione di diverse specie di anfibi (la rana esculenta, la raganella, il tritone crestato, il rospo smeraldino e il rospo comune). I rettili legati ad ambienti umidi sono



principalmente: la biscia d'acqua e la testuggine palustre, predatori carnivori di piccoli pesci, rane e girini. Fra i micromammiferi le specie che prediligono la presenza dell'acqua sono il toporagno acquatico di Miller e l'arvicola terrestre. Le specie esotiche non mancano, essendo le condizioni ambientali favorevoli all'introduzione e alla proliferazione della nutria e della *Pseudemys scripta*.

I canneti ospitano anche un'interessante ornitofauna, assimilabile a quella trattata precedentemente per gli ambienti salmastri (almeno 46 specie).

D. Aree boscate (BR, BLC, BLS)

E' possibile distinguere tre differenti tipi di bosco che si differenziano per le associazioni vegetali:

- boschi ripariali;
- boschi di latifoglie caducifoglie;
- boschi di latifoglie sclerofille.

Le differenze ecologiche che hanno permesso lo sviluppo di questa notevole biodiversità sono da ricercare essenzialmente nelle differenti caratteristiche del terreno. I boschi igrofilo, infatti, ospitano piante adatte a vivere anche con le radici sommerse dall'acqua, i boschi di latifoglie caducifoglie sono caratterizzati da terreni umidi e ricchi di humus, mentre la lecceta, caratteristica delle regioni mediterranee, tollera terreni particolarmente aridi.

Boschi ripariali (BR)

Nelle immediate vicinanze del fiume, dei canali e degli stagni, quando il canneto ha consolidato a sufficienza il terreno, crescono specie arboree che necessitano di terreni estremamente umidi e che possono tollerare anche periodici allagamenti dovuti alle piene del fiume. Il bosco igrofilo è essenzialmente composto da: pioppo bianco, pioppo nero, ontano nero, salicome e salice bianco.

In questi boschi, nel bacino del Delta del Po, sono presenti numerose garzaie, di varie specie di aironi e in particolare la garzetta, associata spesso alla nitticora ed alla sgarza ciuffetto, l'airone cinerino e l'airone guardabuoi. Vi si segnalano almeno 63 specie di uccelli.

Boschi di latifoglie caducifoglie (BLC)

Il terreno di questi boschi è più asciutto rispetto ai boschi ripariali, ma è comunque caratterizzato da un notevole strato di humus. Gli alberi più caratteristici sono la quercia e il carpino, ma sono spesso presenti anche specie alloctone come la robinia. Numerosi arbusti come il nocciolo, il biancospino e il sambuco costituiscono un importante strato arbustivo.

I boschi sono ambienti estremamente importanti per arricchire la biodiversità del territorio, soprattutto quando a dominare il paesaggio sono i coltivi e le aree antropizzate; essi infatti offrono rifugio, risorse alimentari e siti di nidificazione indispensabili per molte specie.

Vi si segnalano almeno 47 specie ornitiche.

Fra gli uccelli che si riproducono in zone boscate o perlomeno alberate, troviamo: l'usignolo, le cince, la capinera, il cuculo, il fringuello, i picchi, il rigogolo, la cornacchia e molti rapaci sia notturni che diurni. I mammiferi che



scavano la loro tana in prossimità dei boschi sono: la volpe, il tasso, la donnola, la puzzola e la faina.

Boschi di latifoglie sclerofille (BLS)

I rari boschi litoranei conservati nel delta annoverano specie termofile, come il leccio o la roverella, accanto ad elementi propri della pianura e a specie introdotte dall'uomo. Il leccio tollera condizioni di aridità molto spinte ed è poco esigente nei confronti di luce e temperatura, dando origine alla formazione arborea più caratteristica del Mediterraneo.

Specie ornitiche esclusive di questi boschi sono lo zigolo giallo, lo zigolo nero e l'assiolo; l'erpetofauna invece è caratterizzata da lucertola muraiola, lucertola campestre e biacco. In totale vi si segnalano almeno 46 specie di uccelli.

E. Ambiente agrario (C, AE)

L'ambiente agricolo è l'elemento predominante all'interno dell'area di studio e possiamo suddividerlo in due unità principali:

- i coltivi;
- le aree edificate.

I coltivi (C)

La campagna circostante il Delta del Po presenta alcuni aspetti naturali interessanti; anche se molti elementi caratterizzanti del paesaggio agricolo stanno scomparendo a causa della meccanizzazione e di un'agricoltura intensiva.

La ricchezza della campagna consiste nella sua possibilità di differenziarsi attraverso la presenza di strutture come siepi, filari, stagni e canali; dove questi elementi sono stati tutelati, si riscontrano importanti presenze floristiche e faunistiche.

Gli alberi e gli arbusti più utilizzati per realizzare siepi e filari sono: l'olmo, l'acero campestre, il frassino, la robinia, la farnia, il sambuco, il biancospino, il sanguinello e il prugnolo. Spesso si possono osservare anche il salice ed il gelso, coltivati a capitozza per ottenere pali da sostegno.

In totale, vi si segnalano almeno 65 specie ornitiche.

Gli uccelli che meglio si adattano a colonizzare coltivi e giardini sono: la capinera, il merlo, l'averla piccola e l'usignolo che frequentano le siepi, comuni sono anche la cinciallegra e la cinciarella, il pigliamosche e, nei campi con colture basse o nei prati a regime arido, il saltimpalo, l'allodola e il beccamoschino. Anche alcuni rapaci frequentano le campagne meglio conservate: la poiana, ad esempio, il gheppio e più raramente l'albanella minore.

Alcuni uccelli come le gazze e le cornacchie grigie sono attualmente in espansione perchè hanno saputo adattarsi con plasticità ai mutamenti dell'ambiente agricolo.

Diversi sono i micromammiferi che popolano i coltivi: le crocidure, il riccio, il mustiolo, la talpa e alcuni roditori come il topolino delle risaie, l'arvicola campestre e i ratti. Anche la lepore comune frequenta campi, pascoli e radure.



Aree edificate (AE)

Nell'area di studio non sono presenti importanti città o aree urbanizzate di grande estensione, bensì nuclei abitativi di dimensioni ridotte. Gli edifici, soprattutto quelli tradizionali degli ambienti agricoli, offrono un'importante funzione di rifugio per diverse specie di uccelli e mammiferi. Fra quelle più strettamente antropofile spicca il topolino delle case, così come i rapaci notturni e i chiroteri che hanno saputo adattarsi ai vantaggi offerti dall'intervento dell'uomo. Così soffitte, portici e costruzioni abbandonate diventano posatoi, luoghi adatti alla nidificazione e siti di svernamento, mimando gli ambienti naturali in cui ha avuto origine l'ecologia della specie. In questa unità ambientale si segnalano almeno 12 specie ornitiche.

Tabella 4.2.4.1/I Legenda per le specie riportate nelle tabelle b. 4.2.4.1/II-III

Sigla	Unità ambientale
D	Dune
BMA	Barene moderatamente alofile
BA	Barene alofile
VR	Vegetazione ripariale
BR	Boschi ripariali
BLC	Boschi di latifoglie caducifoglie
BLS	Boschi di latifoglie sclerofille
C	Coltivi
AE	Aree edificate

Allegato IV = Direttiva Habitat 92/43/CEE: "Specie di interesse comunitario che richiedono una protezione rigorosa".

Allegato II = Direttiva Habitat 92/43/CEE: "Specie animale di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione".



Tabella 4.2.4.1/II Anfibi osservati nell'area di studio

Nome comune	Nome scientifico	Unità ambientali frequentate	Zona di segnalazione	Status
Rospo comune	<i>Bufo bufo</i>	VR BR BLC BLS C	Porto Tolle	
Rospo smeraldino	<i>Bufo viridis viridis</i>	BR BLS AE	Porto Tolle Bocche Po e Pila Scardovari	ALLEGATO IV
Raganella	<i>Hyla arborea</i>	VR BLC BLS	Porto Tolle Bocche Po e Pila Scardovari	
Rana agile	<i>Rana dalmatina</i>	VR BLC C	Porto Tolle	ALLEGATO IV
Rana verde	<i>Rana esculenta</i>	VR BR C AE	Porto Tolle Scardovari	

Tabella 4.2.4.1/III Rettili osservati nell'area di studio

Nome comune	Nome scientifico	Unità ambientali frequentate	Zona di segnalazione	Status
Testuggine palustre	<i>Emys orbicularis</i>	VR Paludi, piccoli stagni, acque ferme	Porto Tolle	ALLEGATO IV ALLEGATO II
Ramarro	<i>Lacerta viridis</i>	D BLC BLS	Porto Tolle Bocche Po e Pila	ALLEGATO IV
Lucertola muraiola	<i>Podarcis muralis</i>	D BLC BLS C AE	Porto Tolle Bocche Po e Pila	ALLEGATO IV
Lucertola campestre	<i>Podarcis sicula</i>	C BLS	Bocche Po e Pila	ALLEGATO IV
Biacco	<i>Coluber viridiflavus</i>	D BLC BLS C	Porto Tolle Bocche Po e Pila Scardovari	ALLEGATO IV
Natrice dal collare	<i>Natrix natrix natrix</i>	VR BR BLC AE C	Porto Tolle Bocche Po e Pila	
Natrice tassellata	<i>Natrix tessellata</i>	VR BR BLC C	Porto Tolle	ALLEGATO IV



Tabella 4.2.4.1/IV Ornitofauna presente nell'area di studio

LEGENDA

PRESENZA

Sigla	
N	Nidificante
S	Svernante
E	Estivante
M	Migratore, di passo

UNITA' AMBIENTALI TERRESTRI E ACQUATICHE

Sigla	
D	Dune
BMA	Barene moderatamente alofile
BA	Barene alofile
VR	Vegetazione ripariale
BR	Foreste riparali
BLC	Foreste di latifoglie caducifoglie
BLS	Foreste di latifoglie sclerofille
C	Coltivi
AE	Aree edificate
AACL	Acque aperte costiere e lagunari
VP	Valli da pesca
AARF	Acque aperte di rami fluviali

STATUS DI CONSERVAZIONE

Sigla	
SPEC 1	Specie presente solo in Europa, la cui conservazione è di interesse mondiale perché globalmente minacciata
SPEC 2	Specie presente principalmente in Europa (>50% della popolazione) e che ha uno stato di conservazione sfavorevole
SPEC 3	Specie la cui popolazione globale non è concentrata in Europa, ma che ha uno stato di conservazione sfavorevole in Europa
SPEC 4	Specie la cui popolazione globale è concentrata in Europa con uno stato di conservazione favorevole



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



CIBO

Sigla	
P	pesci
M	mammiferi
R	rettili
A	anfibi
U	uccelli
I	invertebrati
RI	rifiuti
UO	uova
F	BRutti e bacche
V	vegetali
S	semi

CONSISTENZA DELLE SPECIE NIDIFICANTI – PASSERIFORMI

Sigla	
R	raro ed irregolare
S	regolare ma scarso
C	regolare e comune

CONSISTENZA DELLE SPECIE NIDIFICANTI – NON PASSERIFORMI

Sigla	
R	raro ed irregolare
1-10	regolare con un numero di coppie compreso tra 1 e 10
11-100	regolare con un numero di coppie compreso tra 11 e 100
101-1000	regolare con un numero di coppie compreso tra 101 e 1000

CONSISTENZE DELLE SPECIE SVERNANTI

Sigla	
1-10	Specie acquatiche svernanti con un numero di individui compreso tra 1 e 10
11-50	Specie acquatiche svernanti con un numero di individui compreso tra 11 e 50
51-100	Specie acquatiche svernanti con un numero di individui compreso tra 51 e 100
101-500	Specie acquatiche svernanti con un numero di individui compreso tra 101 e 500
501-1000	Specie acquatiche svernanti con un numero di individui compreso tra 501 e 1000
1001-2000	Specie acquatiche svernanti con un numero di individui compreso tra 1001 e 2000
2001-5000	Specie acquatiche svernanti con un numero di individui compreso tra 2001 e 5000



NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	UNITA' AMBIENTALI FREQUENTATE	TIPO DI PRESENZA	CIBO	CONSISTENZA	STATUS
Strolaga minore	<i>Gavia stellata</i>	AACL	S	P	1-10	
Strolaga mezzana	<i>Gavia arctica</i>	AACL	S	P	1-10	
Tuffetto	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	VR AACL VP AARF	N S	P	R 101-500	
Svasso maggiore	<i>Podiceps cristatus</i>	VR AACL VP AARF	N S	P	1-10 101-500	
Svasso collaroso	<i>Podiceps grisegena</i>	AACL	S	P I	1-10	
Svasso piccolo	<i>Podiceps nigricollis</i>	AACL VP AARF	S E	P I	101-1	
Cormorano	<i>Phalacrocorax carbo</i>	BR AACL VP AARF	S E	P	501-1000	
Tarabuso	<i>Botaurus stellaris</i>	BMA VR	S	P M	1-10	SPEC 3
Tarabusino	<i>Ixobrychus minutus</i>	BMA VR	N M	P A I	1-10	SPEC 3
Nitticora	<i>Nycticorax nycticorax</i>	BMA BA VR BR	N S	P A I	11-100 51-100	SPEC 3
Sgarza ciuffetto	<i>Ardeola ralloides</i>	BMA VR BR	N M	P A I	11-100	SPEC 3
Airone guardabuoi	<i>Bubulcus ibis</i>	VR BR C	N S	I	11-100 11-50	
Garzetta	<i>Egretta garzetta</i>	BMA BR BA C VR VP	N S	P I	11-100 101-500	
Airone bianco maggiore	<i>Egretta alba</i>	BMA BR BA VP VR	N S	P R M	R 51-100	
Airone cenerino	<i>Ardea cinerea</i>	BMA BR BA VR C VP	N S	P M	1-10 101-500	
Airone rosso	<i>Ardea purpurea</i>	BMA BR C VP	N	P I	11-100	SPEC 3
Mignattaio	<i>Plegadis falcinellus</i>	BMA BR BA C VR VP	M	I		SPEC 3
Spatola	<i>Platalea leucorodia</i>	BMA BR BA C VR VP	M	P I		SPEC 2
Fenicottero	<i>Phoenicopterus roseus</i>	VP	S	I	11-50	SPEC 3



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	UNITA' AMBIENTALI FREQUENTATE	TIPO DI PRESENZA	CIBO	CONSISTENZA	STATUS
Cigno reale	<i>Cygnus olor</i>	AACL VP AARF	S	V		
Oca selvatica	<i>Anser anser</i>	C AACL VP AARF	S	V		
Volpoca	<i>Tadorna tadorna</i>	D AACL VP	N S	I	11-100 1-10	
Fischione	<i>Anas penelope</i>	AACL VP	S	V	2001-5000	
Canapiglia	<i>Anas strepera</i>	BMA VP VR AARF AACL	N S	V	R 101-500	SPEC 3
Alzavola	<i>Anas crecca</i>	BMA VR AACL VP AARF	S	S V I	1001-2000	
Germano reale	<i>Anas platyrhynchos</i>	D BR BMA BA VR C AACL VP AARF	N S	V I	11-100 2001-5000	
Codone	<i>Anas acuta</i>	BMA VP VR AARF AACL	S	V S I	101-500	SPEC 3
Mestolone	<i>Anas clypeata</i>	BMA VR AACL VP AARF	N S	I S	R 501-1000	
Moriglione	<i>Aythya ferina</i>	BMA VP VR AARF AACL	N S	V I	R 501-1000	SPEC 4
Moretta tabellaaccata	<i>Aythya nyroca</i>	VR BR AARF	M	V I		SPEC 1
Moretta	<i>Aythya fuligula</i>	BMA VR AACL AARF	S	V I	1-10	
Moretta grigia	<i>Aythya marila</i>	AACL VP	S	I V	1-10	SPEC 3
Moretta codona	<i>Clangula hyemalis</i>	AACL	M	I		
Orchetto marino	<i>Melanitta nigra</i>	AACL	M	I		
Orco marino	<i>Melanitta fusca</i>	AACL	S	I	1-10	SPEC 3
Quattrocchi	<i>Bucephala clangula</i>	AACL	S	I	1-10	
Pesciaiola	<i>Mergus albellus</i>	AACL	S	P I		SPEC 3
Smergo minore	<i>Mergus serrator</i>	AACL VP	S	P	1-10	
Falco pecchiaiolo	<i>Pernis apivorus</i>	BLS	M	I M		SPEC 4



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	UNITA' AMBIENTALI FREQUENTATE	TIPO DI PRESENZA	CIBO	CONSISTENZA	STATUS
Nibbio bruno	<i>Milvus migrans</i>	D ARF BMA VP BA AACL VR C BLC BLS	M	P M R RI		SPEC 3
Falco di palude	<i>Circus aeruginosus</i>	VR C	N S	M U	1-10 11-50	
Albanella reale	<i>Circus cyaneus</i>	D C BMA VP BA VR	S	M U	1-10	SPEC 3
Albanella minore	<i>Circus pygargus</i>	D BA C VP	N M	M R U I	1-10	SPEC 4
Sparviere	<i>Accipiter nisus</i>	D BLS BR VP BLC C	S	U		
Poiana	<i>Buteo buteo</i>	BR VP BLC C BLS	S	M R		
Falco pescatore	<i>Pandion haliaetus</i>	AACL VP AARF	M	P		SPEC 3
Gheppio	<i>Falco tinnunculus</i>	C	N	M I	1-10	SPEC 3
Falco cuculo	<i>Falco vespertinus</i>	C	M	I		SPEC 3
Smeriglio	<i>Falco columbarius</i>	D BA C VP	S	U		
Lodolaio	<i>Falco subbuteo</i>	BR BLC C	N M	I U	R	
Falco pellegrino	<i>Falco peregrinus</i>	D BR BMA VP BA C VR BLC	N S	U		SPEC 3
Quaglia	<i>Coturnix coturnix</i>	C	N M	S I	1-10	SPEC 3
Fagiano	<i>Phasianus colchicus</i>	BLC BLS C	N	V S I	1-10	
Porciglione	<i>Rallus aquaticus</i>	BMA VR	N S	I V	R 11-50	
Voltolino	<i>Porzana porzana</i>	BMA VR	M	I V		SPEC 4
Gallinella d'acqua	<i>Gallinula chloropus</i>	BMA VP VR AARF C	N S	V I	11-100 51-100	



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	UNITA' AMBIENTALI FREQUENTATE	TIPO DI PRESENZA	CIBO	CONSISTENZA	STATUS
Folaga	<i>Fulica atra</i>	BMA VR AACL VP	N S	V	1-10 2001-5000	
Beccaccia di mare	<i>Haematopus ostralegus</i>	D BA VP	N M	I	11-100	
Cavaliere d'Italia	<i>Himantopus himantopus</i>	BA VP	N M	I	1-10	
Avocetta	<i>Recurvirostra avocetta</i>	BA VP	N S	I	1-10 11-50	SPEC 4
Corriere piccolo	<i>Charadrius dubius</i>	BA VP	S	I	11-50	
Corriere grosso	<i>Charadrius hiaticula</i>	BA	M	I		
Fratino	<i>Charadrius alexandrinus</i>	D BA	N S	I	1-10 1-10	SPEC 3
Piviere dorato	<i>Pluvialis apricaria</i>	C	S	I V		SPEC 4
Pivieressa	<i>Pluvialis squatarola</i>	BA VP	S E	I	1-10	
Pavoncella	<i>Vanellus vanellus</i>	BA C VP	S	I	101-500	
Piovanello maggiore	<i>Calidris canutus</i>	BA VP	M	I		SPEC 3
Piovanello tridattilo	<i>Calidris alba</i>	D BA	M	I		
Gambecchio	<i>Calidris minuta</i>	BA VP	S	I	11-50	
Gambecchio nano	<i>Calidris temminckii</i>	BA VP	M	I		
Piovanello	<i>Calidris ferruginea</i>	BA VP	M	I		
Piovanello pancianera	<i>Calidris alpina</i>	D BA VP	S	I	501-1000	SPEC 3
Gambecchio frullino	<i>Limicola falcinellus</i>	BA VP	M	I S		SPEC 3
Combattente	<i>Philomachus pugnax</i>	BA C VP	M	I V		SPEC 4
Frullino	<i>Lymnocyptes minimus</i>	BA VR VP	M	I S		SPEC 3
Beccaccino	<i>Gallinago gallinago</i>	BA VR VP	S	I	51-100	
Beccaccia	<i>Scolopax rusticola</i>	BR BLC BLS	M	I		SPEC 3
Pittima reale	<i>Limosa limosa</i>	BA VP	S	I	1-10	SPEC 2
Pittima minore	<i>Limosa lapponica</i>	D BA VP	M	I		SPEC 3
Chiarlo piccolo	<i>Numenius phaeopus</i>	BA VP	M	I		SPEC 4
Chiarlo maggiore	<i>Numenius arquata</i>	BA C VP	S	I	1-10	SPEC 3
Totano moro	<i>Tringa erythropus</i>	BA VP	S	I	1-10	
Pettegola	<i>Tringa totanus</i>	BA VP	N S	I	1-10 1-10	SPEC 2
Albastrello	<i>Tringa stagnatilis</i>	BA	M	I		



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	UNITA' AMBIENTALI FREQUENTATE	TIPO DI PRESENZA	CIBO	CONSISTENZA	STATUS
Pantana	<i>Tringa nebularia</i>	BA VR VP	S	I	1-10	
Piro piro culbianco	<i>Tringa ochropus</i>	BA VR VP	S	I		
Piro piro boschereccio	<i>Tringa glareola</i>	BA VP	M	I		SPEC 3
Piro piro piccolo	<i>Actitis hypoleucos</i>	D AACL BA VP VR	S	I	1-10	
Voltapietre	<i>Arenaria interpres</i>	D BA VP	M	I		
Stercorario mezzano	<i>Stercorarius pomarinus</i>	AACL VP AARF	M	M P		
Labbo	<i>Stercorarius parasiticus</i>	AACL VP AARF	M	M U I		
Gabbiano corallino	<i>Larus melanocephalus</i>	D VP C AARF AACL	S	I P	1-10	SPEC 4
Gabbianello	<i>Larus minutus</i>	D AACL VP AARF	E	I		SPEC 3
Gabbiano comune	<i>Larus ridibundus</i>	D VP C AARF AACL	S	I P	2001-5000	
Gavina	<i>Larus canus</i>	D VP C AARF AACL	S	P I	1-10	SPEC 2
Zafferano	<i>Larus fuscus</i>	D VP C AARF AACL	S	P R		SPEC 4
Gabbiano reale	<i>Larus michahellis</i>	D AACL BLS VP C AARF	N S	P R	101-1000 1001-2000	
Mugnaiaccio	<i>Larus marinus</i>	D AACL VP AARF	S	R M U		SPEC 4
Gabbiano tridattilo	<i>Rissa tridactyla</i>	AACL	M	P I		
Sterna zampanere	<i>Sterna nilotica</i>	C AACL VP AARF	M	I R		SPEC 3
Sterna maggiore	<i>Sterna caspia</i>	AACL VP AARF	M	P		SPEC 3
Beccapesci	<i>Sterna sandvicensis</i>	AACL VP	M	P		SPEC 2



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	UNITA' AMBIENTALI FREQUENTATE	TIPO DI PRESENZA	CIBO	CONSISTENZA	STATUS
Sterna comune	<i>Sterna hirundo</i>	AACL AARF VP	N M	P	11-100	
Fraticello	<i>Sterna albifrons</i>	AACL VP AARF	N M	P	101-1000	SPEC 3
Mignattino piombato	<i>Chlidonias hybridus</i>	VP AARF	M	I P		SPEC 3
Mignattino	<i>Chlidonias niger</i>	AACL VP AARF	M	I P		SPEC 3
Mignattino alibianche	<i>Chlidonias leucopterus</i>	VP AARF	M	I P		
Piccione domestico	<i>Columba livia domestica</i>	C AE	N	S V	11-100	
Colombella	<i>Columba oenas</i>	BR BLC BLS C	M	V S		SPEC 4
Colombaccio	<i>Columba palumbus</i>	BR BLC BLS C	S	V S		SPEC 4
Tortora dal collare	<i>Streptopelia decaocto</i>	BR BLC BLS C AE	N	V S	11-100	
Tortora	<i>Streptopelia turtur</i>	BR BLC BLS	N M	V S	11-100	SPEC 3
Cuculo	<i>Cuculus canorus</i>	BMA BLC VR BLS BR C	N M	I	11-100	
Barbagianni	<i>Tyto alba</i>	D VP BMA C BA AE VR	N	M	1-10	SPEC 3
Assiolo	<i>Otus scops</i>	BLS	M	I		SPEC 2
Civetta	<i>Athene noctua</i>	C AE	N	I	1-10	SPEC 3
Gufo comune	<i>Asio otus</i>	BR BLC BLS	N M	M U	1-10	
Gufo di palude	<i>Asio flammeus</i>	D VR BMA C BA VP	S	M		SPEC 3
Succiacapre	<i>Caprimulgus europaeus</i>	D BLC BLS C	M	I		SPEC 2
Rondone	<i>Apus apus</i>	D C BMA AE BA	N M	I	11-100	
Martin pescatore	<i>Alcedo atthis</i>	VR VP	N	P	1-10	



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	UNITA' AMBIENTALI FREQUENTATE	TIPO DI PRESENZA	CIBO	CONSISTENZA	STATUS
Gruccione	<i>Merops apiaster</i>	D C BA VP VR	N M	I	R	SPEC 3
Ghiandaia marina	<i>Coracias garrulus</i>	VR BLC BLS C	M	I R		SPEC 2
Upupa	<i>Upupa epops</i>	BLS C VP	M	I R		
Torricollo	<i>Jynx torquilla</i>	BMA BLC BLS C	N	I	1-10	SPEC 3
Picchio rosso maggiore	<i>Dendrocopos major</i>	BR BLC BLS	N	I S	R	
Calandra	<i>Melanocorypha calandra</i>	D VP	M	I S		SPEC 3
Calandrella	<i>Calandrella brachydactyla</i>	D C	M	I S		SPEC 3
Cappellaccia	<i>Galerida cristata</i>	C	N	I S	S	SPEC 3
Tottavilla	<i>Lullula arborea</i>	C	M	I S		SPEC 2
Allodola	<i>Alauda arvensis</i>	C	N	I S	S	SPEC 3
Topino	<i>Riparia riparia</i>	BMA VR	N M	I	S	SPEC 3
Rondine	<i>Hirundo rustica</i>	C AE	N M	I	C	SPEC 3
Balestruccio	<i>Delichon urbica</i>	C AE	N M	I	S	
Prispolone	<i>Anthus trivialis</i>	D BR BA BLS VR BLC	M	I S		
Pispola	<i>Anthus pratensis</i>	D C BA VP VR	S	I S		SPEC 4
Pispola golarossa	<i>Anthus cervinus</i>	D C BA VP VR	M	I S		
Spioncello	<i>Anthus spinoletta</i>	D C BA VP VR	S	I S		
Cutrettola	<i>Motacilla flava</i>	D BMA VR C	N M	I S	C	
Ballerina gialla	<i>Motacilla cinerea</i>	BA VR C VP	S	I		
Ballerina bianca	<i>Motacilla alba alba</i>	D C BA VP VR	N	I S	S	



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	UNITA' AMBIENTALI FREQUENTATE	TIPO DI PRESENZA	CIBO	CONSISTENZA	STATUS
Scricciolo	<i>Troglodytes troglodytes</i>	D BLC BMA BLS VR AE BR VP	S	I		
Passera scopaiola	<i>Prunella modularis</i>	D BR BMA BLC VR AE BLS	S	I S		SPEC 4
Pettiroso	<i>Erithacus rubecula</i>	D VP BMA AE VR C BR BLS BLC	S	I S		SPEC 4
Usignolo	<i>Luscinia megarhynchos</i>	D BR BLC BLS	N M	I F	C	SPEC 4
Pettazzurro	<i>Luscinia svecica</i>	D BMA VR	S	I S		
Codirosso spazzacamino	<i>Phoenicurus ochruros</i>	D BA C AE	S	I F		
Codirosso	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	D C BR AE BLC	M	I		SPEC 2
Stiaccino	<i>Saxicola rubetra</i>	D C BMA BLS BA	M	I		SPEC 4
Saltimpalo	<i>Saxicola torquata</i>	BMA VR C	N	I	C	SPEC 3
Culbianco	<i>Oenanthe oenanthe</i>	D C	M	I		
Merlo	<i>Turdus merula</i>	D AE BMA C BR BLS BLC	N	I F	C	SPEC 4
Cesena	<i>Turdus pilaris</i>	BR BLC BLS C	S	I F		SPEC 4
Tordo bottaccio	<i>Turdus philomelos</i>	BR BLC BLS C	M	I B		SPEC 4
Tordo sassello	<i>Turdus iliacus</i>	BR BLC BLS C	M	I B		SPEC 4



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	UNITA' AMBIENTALI FREQUENTATE	TIPO DI PRESENZA	CIBO	CONSISTENZA	STATUS
Tordela	<i>Turdus viscivorus</i>	BR BLC BLS C	M	I B		SPEC 4
Usignolo di fiume	<i>Cettia cetti</i>	VR BR BLC	N	I	C	
Beccamoschino	<i>Cisticola juncidis</i>	D BMA C	N	I	C	
Forapaglie macchiettato	<i>Locustella naevia</i>	BMA BA VR	M	I		SPEC 4
Salciaiola	<i>Locustella luscinioides</i>	BMA VR	M	I		SPEC 4
Forapaglie castagnolo	<i>Acrocephalus melanopogon</i>	BMA VR	S	I		
Forapaglie	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	BMA VR	M	I		SPEC 4
Cannaiola verdognola	<i>Acrocephalus palustris</i>	BMA VR	N M	I	S	
Cannaiola	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	BMA VR	N M	I	C	SPEC 4
Cannareccione	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	BMA VR	N M	I	C	
Canapino maggiore	<i>Hippolais icterina</i>	D BLC BMA BLS BR	M	I		
Canapino	<i>Hippolais polyglotta</i>	D BLS VP	N M	I	R	SPEC 4
Sterpazzolina	<i>Sylvia cantillans</i>	BR BLC BLS AE	M	I		SPEC 4
Occhiocotto	<i>Sylvia melanocephala</i>	D BLS	N	I F	R	SPEC 4
Bigiarella Lesser	<i>Sylvia curruca</i>	BR BLC BLS	M	I		
Sterpazzola	<i>Sylvia communis</i>	VR C	N M	I F	R	SPEC 4
Beccafico	<i>Sylvia borin</i>	BMA BR BLC BLS	M	I F		SPEC 4
Capinera	<i>Sylvia atricapilla</i>	BR BLC BLS AE	N	I F	C	SPEC 4
Lui verde	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	BR BLC BLS AE	M	I		SPEC 4
Lui piccolo	<i>Phylloscopus collybita</i>	D BR BMA AE BA C VR BLS BLC	S	I		



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	UNITA' AMBIENTALI FREQUENTATE	TIPO DI PRESENZA	CIBO	CONSISTENZA	STATUS
Lui grosso	<i>Phylloscopus trochilus</i>	BMA AE VR BLS BR BLC	M	I		
Regolo	<i>Regulus regulus</i>	BR BLC BLS AE	S	I		SPEC 4
Fiorrancino	<i>Regulus ignicapillus</i>	BR BLC BLS AE	S	I		SPEC 4
Pigliamosche	<i>Muscicapa striata</i>	BR VP BLC AE BLS C	N M	I	R	SPEC 3
Balia nera	<i>Ficedula hypoleuca</i>	BR C BLC AE BLS	M	I		SPEC 4
Basettino	<i>Panurus biarmicus</i>	BMA VR VP	N	I S	S	
Codibugnolo	<i>Aegithalos caudatus</i>	BR BLC BLS	N	I	R	
Cincia mora	<i>Parus ater</i>	BR BLC BLS AE	S	I S		
Cinciarella	<i>Parus caeruleus</i>	BMA BLC VR BLS BR AE	S	I S		SPEC 4
Cinciallegra	<i>Parus major</i>	VR BLS BR AE BLC	N		S	
Pendolino	<i>Remiz pendulinus</i>	BMA VR BR	N	I S	S	
Rigogolo	<i>Oriolus oriolus</i>	BR BLC BLS	N M	I F	S	
Averla piccola	<i>Lanius collurio</i>	C VP	N M	I U	R	SPEC 3
Ghiandaia	<i>Garrulus glandarius</i>	BR BLC BLS C	N	I S U	S	
Gazza	<i>Pica pica</i>	BLC C	N	I F S	C	
Taccola	<i>Corvus monedula</i>	BR C AE	N	I UO	S	SPEC 4
Corvo	<i>Corvus frugilegus</i>	BR C	M	I S		



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	UNITA' AMBIENTALI FREQUENTATE	TIPO DI PRESENZA	CIBO	CONSISTENZA	STATUS
Cornacchia grigia	<i>Corvus corone cornix</i>	D BLC BA BLS BR VP C	N	I S U UO	C	
Storno	<i>Sturnus vulgaris</i>	BMA BLS BR C BLC AE	N	I	C	
Passera d'Italia	<i>Passer domesticus italiae</i>	D BMA C AE	N	I S	C	
Passera mattugia	<i>Passer montanus</i>	D BMA C AE	N	I S	C	
Fringuello	<i>Fringilla coelebs</i>	D BLS BR C BLC AE	S	I S		SPEC 4
Peppola	<i>Fringilla montifringilla</i>	D BLS BR C BLC	S	I S		
Verzellino	<i>Serinus serinus</i>	D BLS BR C BLC AE	S	I S		SPEC 4
Verdone	<i>Carduelis chloris</i>	D BLC BMA BR C BLS AE	N	S	S	SPEC 4
Cardellino	<i>Carduelis carduelis</i>	D BLS BMA BR BLC C AE	N	S	S	
Lucherino	<i>Carduelis spinu</i>	D C BR BLS BLC	S	I S		
Fanello	<i>Carduelis cannabina</i>	D C	S	S		
Ciuffolotto	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	BR BLC BLS AE	M	S V		
Frosone	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	BR BLC BLS AE	S	S		
Zigolo delle nevi	<i>Plectrophenax nivalis</i>	D	S	S I		



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	UNITA' AMBIENTALI FREQUENTATE	TIPO DI PRESENZA	CIBO	CONSISTENZA	STATUS
Zigolo giallo	<i>Emberiza citrinella</i>	D BLS	M	S I		SPEC 4
Zigolo nero	<i>Emberiza cirlus</i>	D BLS	M	S I		SPEC 4
Ortolano	<i>Emberiza hortulana</i>	C	M	S I		SPEC 2
Migliarino di palude	<i>Emberiza schoeniclus</i>	D VR BMA C BA VP	N	S I		
Strillozzo	<i>Miliaria calandra</i>	C	N	S I	R	SPEC 4



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Tabella 4.2.4.1/V Lista degli uccelli osservati nel delta padano, per sito di segnalazione.

Sito di segnalazione	Specie segnalata
Po di Pila	Airone bianco maggiore, Airone cenerino, Corriere grosso, Falco di palude, Fenicottero, Fischione, Gabbiano comune, Gabbiano reale, Gamberchio, Germano reale, Mestolone, Nitticora, Piovanello tridattilo, Pivieressa, Strolaga minore
Delta di Maistra	Airone bianco maggiore, Airone cenerino, Corriere grosso, Falco di palude, Fischione, Fraticello, Gabbiano comune, Gabbiano reale, Gamberchio, Germano reale, Guardabuoi, Mestolone, Nitticora, Piovanello tridattilo, Pivieressa, Strolaga minore, Volpoca
Busa del Canarin	Airone cenerino, Airone rosso, Albanella minore, Allodola, Alzavola, Averla piccola, Balestruccio, Ballerina bianca, Ballerina gialla, Basettino, Beccaccia di mare, Beccaccino, Beccamoschino, Calandrella, Canapiglia, Cannaiola, Cannareccione, Cardellino, Cinciallegra, Codirosso, Codirosso spazzacamino, Colombaccio, Combattente, Cormorano, Cuculo, Cutrettola, Fagiano, Falco di palude, Fanello, Folaga, Fratino, Fringuello, Gabbianello, Gabbiano comune, Gabbiano reale, Gallinella, Gamberchio frullino, Garzetta, Germano reale, Lui grande, Lui piccolo, Lui verde, Merlo, Mestolone, Migliarino di palude, Nitticora, Pantana, Peppola, Pesciaiola, Pettazzurro, Pettegola, Pettiroso, Piovanello pancianera, Piro piro boschereccio, Piro piro culbianco, Pittima reale, Piviere tortolino, Pivieressa, Porciglione, Quaglia, Rondine, Saltimpalo Sgarza ciuffetto, Smergo maggiore, Smergo minore, Stiaccino, Svasso coloroso, Svasso maggiore, Tarabusino, Topino, Tortora, Totano moro, Tuffetto, Upupa, Usignolo, Usignolo di fiume
Busa Basson	Airone cenerino, Airone rosso, Albanella minore, Allodola, Alzavola, Averla piccola, Balestruccio, Ballerina bianca, Ballerina gialla, Basettino, Beccaccia di mare, Beccaccino, Beccamoschino, Calandrella, Canapiglia, Cannaiola, Cannareccione, Cardellino, Cinciallegra, Codirosso, Codirosso spazzacamino, Colombaccio, Combattente, Cormorano, Cuculo, Cutrettola, Fagiano, Falco di palude, Fanello, Folaga, Fratino, Fringuello, Gabbianello, Gabbiano comune, Gabbiano reale, Gallinella, Gamberchio frullino, Garzetta, Germano reale, Lui grande, Lui piccolo, Lui verde, Merlo, Mestolone, Migliarino di palude, Nitticora, Pantana, Peppola, Pesciaiola, Pettazzurro, Pettegola, Pettiroso, Piovanello pancianera, Piro piro boschereccio, Piro piro culbianco, Pittima reale, Piviere tortolino, Pivieressa, Porciglione, Quaglia, Rondine, Saltimpalo, Sgarza ciuffetto, Smergo maggiore, Smergo minore, Stiaccino, Svasso coloroso, Svasso maggiore, Tarabusino, Topino, Tortora, Totano moro, Tuffetto, Upupa, Usignolo, Usignolo di fiume
Busa di Scirocco	Airone cenerino, Airone rosso, Albanella minore, Allodola, Alzavola, Averla piccola, Balestruccio, Ballerina bianca, Ballerina gialla, Basettino, Beccaccia di mare, Beccaccino, Beccamoschino, Calandrella, Canapiglia, Cannaiola, Cannareccione, Cardellino, Cinciallegra, Codirosso, Codirosso spazzacamino, Colombaccio, Combattente, Cormorano, Cuculo, Cutrettola, Fagiano, Falco di palude, Fanello, Folaga, Fratino, Fringuello, Gabbianello, Gabbiano comune, Gabbiano reale, Gallinella, Gamberchio frullino, Garzetta, Germano reale, Lui grande, Lui piccolo, Lui verde, Merlo, Mestolone, Migliarino di palude, Nitticora, Pantana, Peppola, Pesciaiola, Pettazzurro, Pettegola, Pettiroso, Piovanello pancianera, Piro piro boschereccio, Piro piro culbianco, Pittima reale, Piviere tortolino, Pivieressa, Porciglione, Quaglia, Rondine, Saltimpalo, Sgarza ciuffetto, Smergo maggiore, Smergo minore, Stiaccino, Svasso coloroso, Svasso maggiore, Tarabusino, Topino, Tortora, Totano moro, Tuffetto, Upupa, usignolo, Usignolo di fiume
Ca' Zuliani	Airone cenerino, Airone rosso, Albanella minore, Allodola, Alzavola, Averla piccola, Balestruccio, Ballerina bianca, Ballerina gialla, Basettino, Beccaccia di mare, Beccaccino, Beccamoschino, Calandrella, Canapiglia, Cannaiola, Cannareccione, Cardellino, Chiurlo maggiore, Cinciallegra, Codirosso, Codirosso spazzacamino, Colombaccio, Combattente, Cormorano, Cuculo, Cutrettola, Fagiano, Falco di palude, Fanello, Fenicottero, Fenicottero, Folaga, Fratino, Fringuello, Gabbianello, Gabbiano comune, Gabbiano reale, Gallinella, Gamberchio frullino, Garzetta, Germano reale, Guardabuoi, Lui grande, Lui piccolo, Lui verde, Merlo, Mestolone, Migliarino di palude, Mignattaio, Nitticora, Orco marino, Pantana, Peppola, Pesciaiola, Pettazzurro, Pettegola, Pettiroso, Piovanello pancianera, Piro piro boschereccio, Piro piro culbianco, Pittima reale, Piviere tortolino, Pivieressa, Porciglione, Quaglia, Rondine, Saltimpalo, Sgarza ciuffetto, Smergo maggiore, Smergo minore, Sterna comune, Stiaccino, Svasso coloroso, Svasso maggiore, Tarabusino, Topino, Tortora, Totano moro, Tuffetto, Upupa, Usignolo, Usignolo di fiume
Po di Tolle	Cormorano, Falco di palude, Fratino, Gabbiano reale, Gavina, Guardabuoi, Moretta grigia, Pavoncella, Piviere dorato, Pivieressa, Smergo minore, Strolaga mezzana, Svasso maggiore, Svasso piccolo
Il Basson	Corriere grosso, Fraticello, Fratino, Piovanello pancianera, Piovanello tridattilo, Pivieressa, Gabbiano comune, Gabbiano reale, Sterna comune
Bonello Bacucco	Fraticello, Gabbiano comune, Gabbiano reale, Sterna comune
Busa dritta	Fenicottero
Valle Nova Boccassette	Sterna comune
Centrale Termoelettrica di Polesine Camerini	Pellegrino
Polesine Camerini	Garzetta
Valle Nova Valle S. Carlo	Gabbiano reale
Foce	Airone bianco maggiore



Centrale termoelettrica di Porto Tolle



Tabella 4.2.4.1/VI Mammiferi osservati nel Delta del Po

Ordine	Nome comune	Nome scientifico	Unità ambientali frequentate	Status / Lista rossa (IUCN)
Insettivori	Crocidura ventre bianco	<i>Crocidura leucodon</i>	C AE	Poco diffusa
Insettivori	Crocidura rossiccia	<i>Crocidura russula</i>	BLC BLS C	Diffusa
Insettivori	Crocidura minore	<i>Crocidura suaveolens</i>	BLC BLS C AE	Diffusa
Insettivori	Riccio europeo occidentale	<i>Erinaceus europaeus</i>	D BLC BLS C AE	Diffuso
Insettivori	Toporagno acquatico di Miller	<i>Neomys anomalus</i>	VR BLC	localizzato
Insettivori	Toporagno comune	<i>Sorex araneus</i>	D BLC BLS C AE	Diffuso
Insettivori	Mustiolo	<i>Suncus etruscus</i>	C AE	Poco segnalato
Insettivori	Talpa europea	<i>Talpa europea</i>	BLC C	Diffusa
Lagomorfi	Lepre comune	<i>Lepus europaeus</i>	C	Diffusa
Roditori	Topo selvatico	<i>Apodemus sp.</i>	BLC C AE	Ampiamente diffuso
Roditori	Arvicola terrestre	<i>Arvicola terrestris</i>	VR	
Roditori	Topolino delle risaie	<i>Micromys minutus</i>	C	Localizzato / vulnerabile
Roditori	Arvicola campestre	<i>Microtus arvalis</i>	C	Localizzata nelle regioni nord-orientali
Roditori	Arvicola di Savi	<i>Microtus savii</i>	BLC	Diffusa
Roditori	Topolino delle case	<i>Mus musculus</i>	AE	Diffuso
Roditori	Surmolotto	<i>Rattus norvegicus</i>	C AE	Ubiquitario
Roditori	Ratto nero	<i>Rattus rattus</i>	C AE	Ubiquitario
Carnivori	Faina	<i>Martes foina</i>	D BLC	Diffusa
Carnivori	Tasso	<i>Meles meles</i>	BLC	In espansione
Carnivori	Donnola	<i>Mustela nivalis</i>	D BLC C	Diffusa
Carnivori	Puzzola	<i>Mustela putorius</i>	BLC	Rara / carenza di informazioni
Carnivori	Volpe	<i>Vulpes vulpes</i>	BLC C AE	Comune



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Ambiente acquatico

Flora e vegetazione

Vegetazione igrofila delle acque interne

Il corso dei vari rami del Po, le rive dei canali, i canaletti interni delle bonifiche, ospitano tutta una serie di aspetti igrofili sia ancorati al fondo che fluitanti, quali soprattutto, per il primo tipo, la diffusissima subassociazione *typicum* del *Phragmitetum communis* che costituisce una fascia quasi continua lungo le rive e le chiazze di *Typhetum angustifoliae* e di *Scirpetum lacustris*.

La vegetazione galleggiante, il lamineto, è comune sia nei canali ad acqua lentamente fluente, sia nelle sacche, nelle anse del fiume e dei canali principali. Essa può essere attribuita al *Myriophylleto-Nupharetum*. Questa associazione, alla quale possono essere ricondotte tutte le cenosi di acque lente o stagnanti della pianura veneta, può presentarsi sia nella facies tipica che in quella a *Ranunculus trichophyllus*; inoltre si possono osservare facies a *Nymphaea*, facies a *Nuphar luteum* ed infine una facies a *Trapa natans* L. var. *verbanensis* vicariante della facies a *Trapa natans* L. del Lago di Fimon (Vicenza). Sulle acque più lente o relativamente stagnanti si insediano in certi periodi dell'anno popolamenti di *Lemna minor* e spesso di *Azolla filiculoides* Lam. (Lorenzoni, 1985).

Vegetazione delle acque salse o moderatamente salate

Il fondo delle sacche, delle valli, e a tratti anche delle foci, ospita "praterie" sommerse che si diversificano a seconda delle condizioni ecologiche. Si possono rilevare chiazze di *Zosteretum marinae* che predilige acque aperte, e di *Zosteretum nanae*, esclusivo dell'ambiente lagunare. Un altro popolamento interessante è quello a *Cymodocea nodosa*, che risulta molto più comune di quanto non sia stato ritenuto in passato e forma ampi popolamenti. È pure presente il *Ruppium maritima*, anche in zone dove, durante le basse maree eccezionali, il fondo rimane scoperto (Lorenzoni, 1985).

Tra le macroalghe la più comune risulta essere *Ulva rigida*, che nella seconda metà degli anni '80 si è espansa fino a formare spesse ed estese coperture, che possono aver costituito una delle cause della osservata diminuzione di densità planctonica del periodo. Tale copertura è andata progressivamente rarefacendosi, come rilevato nel periodo di osservazione '90-'93. Altri popolamenti ad alghe verdi sono *Enteromorpha intestinalis*, *Cladophora* spp. e *Bryopsis* spp. Frequente risulta la *Gracilaria confervoides*. Sono altresì presenti le alghe rosse come la *Polysiphonia* spp e *Callithamnion* spp.

Fitoplancton

La dinamica dei popolamenti fitoplanctonici del tratto terminale del delta del fiume Po è condizionata principalmente dall'interazione mare/fiume e dall'alternarsi delle stagioni (Solazzi e Marzocchi, 1985; Solazzi et. al., 1991). Generalmente i periodi con i popolamenti più densi coincidono con l'estate mentre quelli a minor densità con l'inverno. Le Diatomee sono la classe dominante, sia come numero di individui che come numero di specie;



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



accanto a queste, nelle stagioni calde, si trova una consistente presenza di Cloroficee e Cianoficee.

Nel tratto di fiume considerato si raggiungono concentrazioni molto variabili, con punte massime di 40.000 cellule/ml e minime di poche centinaia di cellule/ml. Nella Sacca del Canarin le densità riscontrate oscillano da un minimo di poche centinaia al ml ad un massimo di 70.000 cellule/ml. In quest'area sono state evidenziate oscillazioni di densità dei popolamenti fitoplanctonici inversamente correlabili alle variazioni di estensione della copertura macroalgale ad Ulva.

Nell'ambiente marino antistante il sito, il fitoplancton risente delle esportazioni a mare della biomassa prodotta all'interno delle sacche e generalmente non si superano le 30.000 cellule/ml.

Zooplancton

La comunità zooplanctonica è caratterizzata da un'elevata produzione documentata sia nei tratti terminali del fiume, durante i periodi di magra estivi, che nelle aree lagunari in tutte le stagioni di crescita dei popolamenti fitoplanctonici (Ferrari e Mazzocchi, 1985; Ferrari e Rossetti, 1991).

Nel tronco terminale del Po di Pila si può rilevare una certa disomogeneità spaziale zooplanctonica indotta dalla risalita del cuneo salino; si osserva altresì una differenza di densità dello zooplancton a monte e a valle dello scarico della centrale, imputabile a un certo effetto di "entrainment" da parte dei circuiti di raffreddamento.

Nelle sacche più ampie è riconoscibile un gradiente caratteristico di composizione dello zooplancton dalle zone soggette a consistenti apporti di acque dolci fino al mare. Nelle aree più interne, dove il ricambio d'acqua è più lento, c'è un abbondantissimo zooplancton autoctono caratterizzato da organismi per lo più di piccola taglia con un rapporto molto elevato produzione/biomassa. L'elevata produzione dello zooplancton autoctono è evidente espressione dell'elevato grado di trofia delle lagune. Lo zooplancton del delta è caratterizzato principalmente dal copepode calanoide del genere *Acartia*; è da segnalare la specie *A. tonsa* largamente diffusa in ambienti lagunari e portuali ad alto trofismo, e che costituisce la specie dominante nei popolamenti zooplanctonici delle aree lagunari limitrofe (Sei et al., 1998). Nel corso delle indagini ambientali, condotte dopo l'entrata in funzione della Centrale di Porto Tolle, è stata osservata negli ultimi anni una riduzione di densità del popolamento zooplanctonico della sacca legata ai meccanismi di trasformazione e di disturbo degli ambienti lagunari che possono interferire con il consolidamento della comunità zooplanctonica autoctona nella sacca.

Dall'esame del pattern generale di scambi di biomasse planctoniche tra gli ambienti dulciacquicoli e marini contigui del delta è emersa l'importanza dell'esportazione a mare dello zooplancton autoctono della Sacca del Canarin.

Macrobenthos dei fondi incoerenti

Le specie lagunari del macrobenthos sono per lo più eurieche ed i loro tratti morfologici e funzionali sono la taglia ridotta, il metabolismo accelerato ed il basso grado di specializzazione trofica. Le popolazioni locali sono caratterizzate da elevati tassi di crescita e da tempi di generazione brevi, per



cui, di conseguenza, sono buone colonizzatrici di ambienti defaunati in seguito a stress ambientali di varia natura (come le crisi anossiche). La composizione della comunità macrobentonica dell'area lagunare è caratterizzata da un insieme di specie a presenza costante e da un rapido turnover di specie introdotte occasionalmente con gli apporti di acque marine. Si evidenzia anche una caratteristica stagionalità dei popolamenti, con diminuzione della ricchezza specifica nel periodo autunnale e primaverile, correlabile alla diminuzione di salinità legata all'incremento degli apporti di acque dolci.

Da un punto di vista biogeografico, in letteratura si sottolinea sia l'affinità tra queste aree deltizie con gli ambienti salmastri nord europei, sia la loro ricettività rispetto all'insediamento di specie esotiche invasive, quali *Scapharca inaequivalvis*, *Rapana venosa* e *Tapes philippinarum*.

Nella Sacca del Canarin, nel determinare la struttura attuale della cenosi macrobentonica, sembra essere importante l'effetto delle alterazioni morfologiche naturali e artificiali che hanno determinato l'attuale assetto idraulico della laguna.

L'aspetto di maggiore evidenza è comunque la colonizzazione dell'area lagunare da parte del mollusco bivalve *Tapes philippinarum*, specie alloctona di origine indo-pacifica. In quest'area, com'è accaduto anche per le altre lagune del Delta del Po, a partire dal 1987, si è assistito ad una intensa e continua espansione di *Tapes philippinarum*; introdotta inizialmente a scopo di molluschicoltura, le favorevoli condizioni ambientali della zona deltizia ne hanno poi permesso il massiccio reclutamento di popolazioni naturali, particolarmente evidenti all'interno della Sacca del Canarin. Come riportato da Parisi, 1993, *Tapes philippinarum* ha raggiunto biomasse enormi con densità sino a 3.700 individui /m². Lo sviluppo di *Tapes* ha comportato la contrazione delle altre specie bentoniche, per l'intensa attività di filtrazione che questo mollusco può esercitare, inducendo un effetto selettivo sull'insediamento delle altre forme bentoniche.

In mare si individuano bene i cicli stagionali, che si ripetono nei diversi anni con relativa regolarità. Gli eventi anomali riscontrati sono legati ad interferenze nei meccanismi di dinamica di popolazione riferibili a fenomeni di elevata trofia (Parisi et. al., 1985; Parisi et al., 1991).

Macrobenthos di substrati duri

Il macrobenthos di substrato duro dell'area deltizia e in particolare nella Sacca del Canarin è caratterizzato dalla povertà di taxa, essendo composto da poche specie con un gran numero di individui. Solo due specie di Ulvacee, due specie di Balanidi, un Serpulide, un Ostreide e il mitilo (*Mytilus galloprovincialis*) costituiscono più del 95% della biomassa. Una certa stabilità nel tempo delle popolazioni sembra essere raggiunta con la dominanza del Mitilo (40-80 kg/m²). Questa situazione è da ricollegarsi ai recenti cambiamenti morfologico-idraulici subiti dalla laguna ed al suo progressivo interrimento, soprattutto nella parte settentrionale. La diminuita dissalazione ha reso le comunità della Sacca del Canarin più simili a quelle della Sacca di Scardovari e della zona di mare antistante, ambienti nei quali i Mitili sono la specie dominante (Relini et. al., 1985; Relini e Fasciana, 1991).





Ittiofauna

Il Delta del Po è interessato dalla presenza, continua, periodica o saltuaria, di almeno una sessantina di specie ittiche (Tabella 4.2.4.1/VII) (Gandolfi et al., 1985; Vitali e Gandolfi, 1991), tra cui sono comprese:

- specie dulcicole che saltuariamente possono spingersi ai margini delle acque salmastre sia nelle sacche che nelle zone estuariali;
- specie eurialine che compiono l'intero ciclo vitale nelle acque salmastre;
- specie marine litorali che in certe occasioni penetrano occasionalmente o stagionalmente nelle sacche;
- specie migratrici.

Il popolamento della parte più interna del delta corrisponde a quello rilevabile nel tratto medio inferiore del Po. Le specie che lo caratterizzano sono abbastanza nettamente separate da quelle degli ambienti salmastri circostanti, almeno in condizioni normali di portata. Queste ultime, al contrario, si sovrappongono nelle parti più aperte delle sacche con le specie dell'ambiente litorale marino, mostrando una ripartizione meno netta tra questi comparti biocenotici.

Nell'insieme delle acque del delta le associazioni ittiche risultano molto complesse e stagionalmente variabili, essendo influenzate dalla variazione di portata del fiume e dai flussi di marea. Per quanto riguarda il comportamento delle principali specie migratrici, si può osservare che la migrazione riproduttiva della Cheppia (*Alosa fallax nilotica*) si svolge prevalentemente attraverso il ramo del Po di Levante, mentre le giovani anguille si distribuiscono in modo molto più uniforme tra i diversi rami del fiume.

Tabella 4.2.4.1/VII Ittiofauna osservata nel Delta del Po.

FAMIGLIA E SPECIE	Fiume Po	Sacca del Canarin	Mare
CLUPEIDAE			
<i>Sprattus sprattus</i>		===	+++++
<i>Sardina pilchardus</i>		===	+++++
<i>Alosa fallax nilotica</i>	(r)+++++ +	+++++	+++++(t)
ENGRAULIDAE			
<i>Engraulis encrasicolus</i>		===	+++++
ESOCIDAE			
<i>Esox lucius</i>	+++++	=	
ICTALURIDAE			
<i>Ictalurus melas</i>	+++++	===	
SILURIDAE			
<i>Silurus glanis</i>	+++++		
CYPRINIDAE			
<i>Rutilus erythrophthalmus</i>	+++++		
<i>Leuciscus cephalus cabeda</i>	+++++	===	
<i>Chondrostoma soetta</i>	+++++		
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	+++++	===	
<i>Alburnus alburnus alborella</i>	+++++	===	
<i>Tinca tinca</i>	+++++		
<i>Cyprinus carpio</i>	+++++	===	
<i>Carassius carassius</i>	+++++	===	

FAMIGLIA E SPECIE	Fiume Po	Sacca del Canarin	Mare
ANGUILLIDAE			
Anguilla anguilla	(t)+++++++ +	+++++++	+++++++ (r)
GADIDAE			
Odontogadus merlangus euxinus		===	+++++++
GASTEROSTEIDAE			
Gasterosteus aculeatus	=====+	+++++	
SYNGNATHIDAE			
Syngnathus acus rubescens		+++++	+++++
Syngnathus abaster	==	+++++++	+++
CYPRINODONTIDAE			
Aphanius fasciatus		+++++++	
POECILIIDAE			
Gambusia affinis holbroocki	=====+	+++	
ATHERINIDAE			
Atherina boyeri		+++++++	+++++++ (r)
MUGILIDAE			
Mugil cephalus		(t)++++	+++++ (r,s)
Liza aurata		(t)++++	+++++ (r,s)
Liza ramada	(t)+++++++ +	+++++++	+++++ (r,s)
Liza saliens	(t)++	+++++++	+++++ (r,s)
Chelon labrosus		(t)+++++++ +	+++++ (r,s)
CENTRARCHIDAE			
Lepomis gibbosus	+++++++		
Micropterus salmoides	+++++++		
SERRANIDAE			
Dicentrarchus labrax		(t)++	+++++(r,s)
SCIAENIDAE			
Umbrina cirrosa		+++	+++++++

Note:

+: presenza costante

=: presenza occasionale

(r): specie in migrazione riproduttiva

(t): specie in migrazione trofica

(s): specie in migrazione per svernamento

Sottosistemi ecologici terrestri

Dall'analisi delle informazioni riportate nei paragrafi relativi a vegetazione, flora e fauna, al quale si rimanda per dati di maggior dettaglio su singole componenti ecosistemiche e per la relativa cartografia tematica, è possibile effettuare una lettura del territorio dal punto di vista ecosistemico.

La classificazione delle tipologie ecosistemiche terrestri è stata effettuata su base essenzialmente vegetazionale; la vegetazione costituisce, infatti, l'elemento ambientale che più si presta a fornire un quadro ecologico sinottico, grazie al ruolo di interconnessione ecologica che svolge il mondo vegetale fra la componente abiotica degli ecosistemi e le altre componenti biocenotiche.

Sulla base di questo criterio, nell'area di studio si possono riconoscere le seguenti tipologie ecologiche terrestri:



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Sottosistema delle aree urbanizzate

E' rappresentato dagli ambienti urbani, con particolare riferimento agli insediamenti di media e piccola estensione, distribuiti nel tratto di pianura considerato. Essi offrono possibilità di habitat, in genere marginali, a specie in grado di tollerare il disturbo causato dalla presenza dell'uomo e di utilizzare le particolari opportunità di questo tipo di ambienti (risorse alimentari, rifugio in strutture abbandonate, vantaggio nella competizione con le specie meno antropofile, etc.).

Si tratta di un sottosistema estremamente ridotto poiché nell'area sono presenti pochi centri abitati, la cui estensione, peraltro, è piuttosto contenuta.

Sottosistema delle aree coltivate

E' costituito da:

- Sottosistema erbaceo a maggiore artificializzazione (seminativi)

Costituisce l'ecosistema dominante nell'area di studio; il suo grado di antropizzazione piuttosto elevato relega nelle aree marginali (siepi, bordi di canali di irrigazione, soluzioni di continuità tra aree coltivate) i pochi residui di naturalità. Esso svolge in prevalenza funzioni trofiche per una fauna estremamente adattata alle attività dell'uomo.

- Sottosistema arboreo artificiale (pioppeti)

Si tratta di un ecosistema che, grazie al lungo ciclo di coltura ed alle ridotte lavorazioni agronomiche, permette l'esistenza di comunità vegetali e animali generalmente più complesse rispetto alle aree utilizzate per le colture annuali. Inoltre esso svolge un ruolo di connettività (corridoio di passaggio per la fauna) tra le aree a maggiore naturalità (incolti, formazioni ripariali).

- Sottosistema delle aree boscate

Questo sottosistema è costituito in buona parte da formazioni arboree ripariali e zone umide associate (ambienti forestali della pianura). Trovandosi prevalentemente ai margini di zone fluviali, esse sono caratterizzate da biocenosi ricche di specie tipiche delle zone umide.

Le biocenosi che costituiscono questo sottosistema sono essenzialmente legate agli ambienti ripariali e ai relitti di boschi planiziali, in parte rimaneggiati dall'uomo. Le zoocenosi presenti in questi habitat rappresentano un contributo alla biodiversità del territorio, prevalentemente influenzato dalla monospecificità dei sottosistemi agrari.

- Sottosistema delle lagune e delle sacche

Le sacche e le lagune si formano in corrispondenza della foce del fiume per la deposizione dei detriti portati dal corso d'acqua a seguito della diminuzione della spinta della corrente fluviale. Questi detriti vengono quindi ridistribuiti dall'idrodinamismo marino in linea parallela alla costa, sotto forma di "barre di foce". Le dimensioni delle barre crescono col passare del tempo, fino ad isolare dal mare aperto alcuni specchi di acqua, che risultano salmastri per l'apporto continuo d'acqua dolce fluviale e per l'ingresso di acqua salata dalle bocche rimaste aperte verso il mare. Vengono chiamate sacche gli specchi d'acqua che mantengono di norma una sola bocca in aperto contatto col



mare. Le lagune, invece, sono separate dal mare dagli "scanni", o barre di foce, e mantengono numerosi contatti con il fronte marino.

La salinità interna di questo sottosistema è di norma inferiore, in condizioni normali, a quella del mare aperto, dato che questi ambienti sono soggetti ad un apporto d'acqua dolce costante, anche se variabile.

Le lagune sono ambienti estremamente ricchi dal punto di vista biologico, poichè al loro interno sono presenti caratteristiche di interfaccia tra il sistema delle acque interne e quello marino e, quindi, risultano aperte alle biocenosi di entrambi i comparti.

In questo sottosistema, l'ambiente terrestre risulta di estensione piuttosto ridotta, con un'elevata dipendenza da quello acquatico. Dal punto di vista terrestre, il sottosistema è identificabile con la vegetazione delle serie psammofile (spiagge) e con gli ambienti a vegetazione alofila e moderatamente alofila (barene), nei quali si sviluppano zoocenosi costituite da numerose specie di uccelli, rettili (ramarro, lucertola muraiola e biacco) e piccoli mammiferi, sia predatori che insettivori.

Oltre ai sottosistemi sopra descritti, nell'area in esame si possono riconoscere anche fasce ecotonali a rapida evoluzione, che svolgono funzioni di transizione tra vari habitat tra loro confinanti.

Comprendono formazioni vegetali artificiali o spontanee a varia struttura (da "filari" piantumati, stretti e monostratificati, di basso livello di naturalità, a formazioni spontanee più larghe e polistratificate) e con ricchezza di specie variabile (oltre alle eventuali entità vegetali impiantate dall'uomo, ospitano anche taxa animali che trovano in questi ambienti possibilità di rifugio e sopravvivenza altrimenti non garantite dagli agroecosistemi).

Si tratta in prevalenza di formazioni instabili che, nell'ambito strettamente terrestre, se non disturbate, tendono ad evolvere verso forme più complesse, para-forestali; nel caso degli ecotoni che caratterizzano gli alvei, l'instabilità è dovuta alle rapide variazioni delle condizioni abiotiche in rapporto alla dinamica idrologica del corpo idrico.

Le siepi e gli incolti, in particolare, svolgono una funzione di conservazione della biodiversità locale, di rifugio, di alimentazione e di corridoio di connessione, all'interno di un ecosistema poco differenziato, dove prevalgono i sottosistemi di tipo antropico (sottosistema delle aree urbanizzate e sottosistema delle aree coltivate).

Sottosistemi ecologici acquatici

Ecosistemi naturali ad acque lotiche

Sono rappresentati dai bracci terminali del fiume Po, che si diversificano tra di loro soprattutto per l'entità delle rispettive portate e per l'estensione della risalita del cuneo salino. A questi ambienti si possono associare le residue raccolte di acque lentiche dolci o debolmente salate e i canali di collegamento tra i vari rami fluviali. In particolare negli ultimi anni si registra la sempre più frequente ingressione marina nel tratto terminale del Po di Pila dovuta alla ridotta efficienza del sistema deltizio e alla riduzione delle portate (Della Puppa & Grego, 1994).



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



I tratti fluviali e i canali presentano segni degli effetti delle attività antropiche che si svolgono nei loro bacini idrografici; le indagini effettuate nel tempo per la qualità delle acque hanno sempre evidenziato l'elevata trofia dei corpi idrici esaminati. La comunità biologica presente è chiaramente adattata al carico di inquinanti che vi affluisce.

Questa tipologia ecosistemica, in prossimità del sito di Porto Tolle, è rappresentata dal tratto terminale del Po di Pila, che è stato ampiamente studiato durante l'esercizio della centrale esistente.

Ecosistemi naturali ad acque lagunari/lentiche

Sono rappresentati da lanche fluviali, stagni e paludi. Le lagune sono separate dal mare da barre sabbiose costituite da materiale trasportato dal fiume e ridistribuito dalle correnti. Hanno una diversa storia geologica e sono sottoposti ad afflussi di acque dolci e marine di entità molto diversa. Mostrano una spiccata individualità e sono soggetti a variazioni nel tempo della loro fisiografia. Relativamente alle tipologie naturali citate, si può ricordare che alcuni di questi ambienti, dotati di sistemi idraulici in grado di essere alimentati da acqua dolce e marina, hanno un ruolo di habitat per idrofite e sono utilizzati per l'allevamento estensivo di pesci e molluschi. In prossimità della Centrale di Porto Tolle, questo tipo di sottosistema è rappresentato dalla Sacca del Canarin, che si estende ad Est e Sud Est del sito dell'impianto, costeggiandone il perimetro.

Quest'area lagunare, di estensione pari a circa 1000 ettari, è ritenuta di grande interesse naturalistico e valenza ecologica.

Come tutte le aree deltizie e lagunari, è un ambiente morfologicamente ed ecologicamente instabile, essendo largamente esposta agli effetti contrastanti degli apporti fluviali e dell'azione di venti e correnti marine. A queste pressioni naturali si sono sovrapposte nel tempo le modificazioni antropiche, che si configurano essenzialmente in interventi di sistemazione idraulica dei canali di acqua dolce e delle bocche di sfogo in mare. L'evoluzione ecologica e funzionale di questo ecosistema è stata seguita nel corso di un'indagine pluridecennale condotta da Enel per il controllo del transitorio temporale relativo all'entrata in funzione della Centrale di Porto Tolle. Più recenti osservazioni provengono dalle locali associazioni dei pescatori, interessate al mantenimento della qualità ambientale della sacca.

I dati raccolti testimoniano dagli anni settanta ad oggi un generale aumento della salinità (processo di salinizzazione indotto dai ridotti apporti di acque interne), una riduzione degli scambi con le acque aperte (indotte dalla parziale chiusura delle bocche di mare) e una contrazione dell'estensione areale e volumetrica (determinata dall'incremento dei processi di sedimentazione interni alla laguna). Alla fine degli anni '70, alla chiusura della Busa Bonifazi e alla conseguente riduzione degli apporti fluviali e dell'effetto destabilizzante del Po, ha fatto seguito un generale incremento di trofia della laguna, l'aumento di densità e di diversità dei popolamenti planctonici e bentonici e la loro organizzazione in comunità stabili con elevata autonomia funzionale. Dalla fine degli anni '80, l'aumento di trofia e lo scarso idrodinamismo delle acque lagunari, legato anche alla progressiva occlusione delle bocche di mare, segna l'inizio di una fase di caduta funzionale dell'ecosistema e di squilibrio biologico. Soprattutto nei periodi



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



più caldi e con scarse precipitazioni, si comincia ad assistere al verificarsi di anossie prolungate, a volte devastanti per le comunità biologiche ospitate. Nel periodo di monitoraggio '90-'93 si rileva tuttavia una sorta di ripresa, associata ad una più intensa vivificazione marina, che testimonia la grande instabilità ecosistemica della laguna.

L'aspetto di maggior rilievo del decennio '90-'00 è legato allo sviluppo dell'attività di semina del mollusco *Tapes philippinarum* (vongola verace filippina). Nei primi anni '90 l'innalzamento esponenziale della produzione di *Tapes* sembra aver influito sulla comunità macrobentonica della sacca, riducendone in modo sostanziale sia la ricchezza in specie, sia la densità, probabilmente per il meccanismo di selezione esercitato da questi organismi, forti filtratori, sulle forme macrobentoniche larvali. Tuttavia, dopo l'iniziale esplosione produttiva, la presenza di *Tapes* è andata via via calando, forse per il disturbo causato dalla elevata sedimentazione di particolato fine, anche di origine autoctona, permesso dallo scarso idrodinamismo della laguna. Alcuni episodi di estesa anossia (estati 1994 e 2003) hanno ulteriormente contribuito a mettere in crisi la locale molluschicoltura.

L'evoluzione trofica testimoniata nella Sacca del Canarin è una realtà comune a molte aree lagunari e vallive della costa. Gli interventi di sistemazione idraulica, quali dragaggi dei canali e opere di protezione delle bocche di mare, possono contrastare la naturale evoluzione morfologica e trofica delle lagune, migliorando il regime delle correnti di marea e il ricambio idrico interno. Alcuni interventi di vivificazione sono stati operati in aree lagunari limitrofe e la loro efficacia è stata testimoniata dal miglioramento della qualità delle acque e dall'incremento della fauna ittica, della biodiversità, nonché delle aree adatte alla molluschicoltura (Tosini 1995).

Ecosistemi naturali ad acque marine prospicienti il delta

Il tratto di mare prospiciente il delta ha caratteristiche ecologiche e biocenosi fortemente influenzate dal regime idrologico del fiume.

Può essere pertanto considerato parte integrante del delta, sia dal punto di vista geologico che biologico, anche se il suo assetto è dipendente in modo imprescindibile dagli scambi con l'ambiente marino circostante.

Elementi ecosistemici di rilevanza

Il Delta del Po presenta diverse peculiarità dal punto di vista ecosistemico, specialmente in quelle aree dove l'intervento antropico è assente o ridotto.

In particolare gli ambiti di maggiore interesse naturalistico sono:

- La fascia degli scanni e delle dune. Sono il prodotto recente dell'attività costruttrice determinata dall'apporto solido dei bracci del Po e del mare e sono soggetti a continui e ripetuti fenomeni di erosione e trasformazione. La vegetazione pioniera inizia dopo la prima fascia di battigia.
- I bonelli. Costituiscono la naturale evoluzione degli scanni e rappresentano elementi importantissimi in quanto assumono il ruolo di stabellailizzatori delle vaste superfici di sedimenti assai mobili, altrimenti soggette all'erosione. Si tratta di ambienti peculiari, localizzati nella sola zona delle foci del Po.



- Le sacche e la laguna viva. Sono rappresentate dagli specchi acquei salsi o salmastri compresi entro gli scanni e i bonelli, aventi comunicazioni col mare attraverso vaste aperture e presentano una profondità relativamente elevata.
- Le zone di barena, le velme e le valli. La barena si presenta, con raggruppamenti più o meno vasti soprattutto all'interno delle aree vallive, mentre nelle zone esterne è limitata a poche fasce, dove è caratterizzata, tra le associazioni alofile, innanzitutto dallo *Spartinetum maritimae*.
- Le velme rappresentano un'importante area di sosta e alimentazione per gli uccelli acquatici, in particolare per i caradriformi.
- Nelle valli, più salmastre di quelle della Laguna di Venezia, la vegetazione sommersa più frequente è il *Rupietum*, molto diffuso sui substrati limoso-argillosi.
- Verso gli argini si rinvergono popolamenti quasi monospecifici di *Puccinellia palustris*, mentre nelle parti più elevate si insedia la *Salicornia fruticosa*, seguita nelle porzioni più alte principalmente da *Agropyrum litorale* ed *Inula crithmoides*.
- Gli alvei senili. In alcuni tratti di alveo, in particolare nei bracci morti, nelle anse fluviali d'acqua stagnante e nelle zone di lama, si rinvergono vasti tratti di vegetazione idrofita.
- Nei tratti più eutrofici si rinviene la castagna d'acqua e la felce acquatica. Le sponde di questi ambienti sono ricoperte da una fascia quasi continua di fragmiteto; spesso a contatto con l'acqua è presente una macchia igrofila.
- Le dune fossili. Rappresentano le vestigia degli antichi cordoni litoranei del Po che si sono formati dal periodo greco al 1600; stanno sempre più riducendosi, soprattutto per le intense attività estrattive, per i livellamenti, la messa a coltura e l'invasiva attività edificatoria degli ultimi anni. Nei cordoni dunosi residui si conservano ancora, parzialmente, le specie vegetali legate alle distruzioni costiere, mentre in alcuni casi si evidenzia più spiccatamente il popolamento termofilo.
- Nelle dune maggiormente interessate da vegetazione boschiva predomina il Leccio, accompagnato da Roverella e da Orniello e, sebbene di recente impianto, dai Pini.

Nel Delta del Po sostano e nidificano molte specie ornitiche della fauna acquatica europea.

Si ricordano tra gli altri la beccaccia di mare, il fratino, il porciglione, la folaga, il germano reale, la marzaiola, molte specie di ardeidi (airone rosso, airone cenerino, tarabuso, garzetta e nitticora), il falco di palude, il moriglione, l'alzavola e recentemente anche la spatola (*Platalea leucorodia*) (Chiodetti, 1992).

Le aree soggette a tutela sono essenzialmente presenti all'interno del Parco del Delta del Po, che si estende per circa 12.000 ettari dal ramo del Po di Goro, a sud, fino alla foce dell'Adige, a nord, comprende:



- il corso principale del Po (Po di Venezia e Po di Pila);
- le dune di Ariano Polesine (Dune di San Basilio) e di Porto Viro;
- il 50% dell'estensione delle valli del Delta del Po;
- l'area a sud del Po di Pila, esclusa la laguna del Basson;
- l'oasi di Ca' Mello e il biotopo Bonelli;
- l'area del Bacucco confinante con la Provincia di Ferrara;
- l'area degli Scanni, escludendo la fascia perimetrale per una larghezza di 30 metri.

All'interno del parco sono presenti numerose aree protette in zone di particolare pregio naturalistico; alcune delle quali sono comprese nell'area di studio e sono:

- Riserve naturali statali
- "Bocche di Po"
- Siti di Importanza Comunitaria (SIC)
 - Delta del Po: lagune e valli fra il Po di Levante e il Po di Venezia (IT3270009)
 - Delta del Po: lagune e valli arginate fra Adige e Po di Levante (IT3270008)
 - Delta del Po: scanni fra il Po di Maistra e il Po di Goro (IT3270002)
 - Delta del Po: rami fluviali (IT3270012)
 - Delta del Po: sacche e bonelli fra il Po di Maistra e di Tolle (IT3270010)
 - Delta del Po: sacca degli Scardovari e Foce del Po di Gnocca.(IT3270011)
- Zone a Protezione Speciale (ZPS)
 - Delta del Po: rami fluviali e scanni (IT3270016)
- Zone Umide (Ramsar)
 - Delta del Po - Ambiti del Delta del Po
 - Delta del Po - Valle San Carlo
 - Delta del Po - Ca` Zuliani
 - Delta del Po - Valle Ripiego
 - Delta del Po - sacca di Scardovari e Bottonera
 - Delta del Po - Valli Ca` Pisani, Ca` Pasta
 - Delta del Po - Valle San Leonardo
 - Delta del Po - Valle Bagliona
 - Delta del Po - Valle Sacchetta
 - Delta del Po - Valli Moraro Cannocchione



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.2.4.2. Analisi previsiva dell'impatto con la modifica dell'impianto

L'azione combinata delle forze naturali e antropiche rende l'ambiente deltizio piuttosto instabile e sottoposto a continue trasformazioni. Nel medio termine temporale, comunque, tale tendenza viene limitata, per la parte antropica, dalla pianificazione delle attività nelle aree appartenenti al Parco del Delta del Po. Per quanto riguarda gli agenti naturali, d'altra parte, ci si può attendere che le modificazioni significative si svolgano nell'arco di tempi relativamente lunghi.

Pertanto la previsione di impatto per il progetto di modifica in esame può basarsi su di uno scenario futuro, per il medio periodo, sostanzialmente simile a quello attuale.

Per effettuare l'analisi previsiva relativa alle eventuali influenze indotte dal progetto sulle componenti floro-faunistiche locali, occorre considerare le fasi principali in cui si svilupperanno le azioni connesse con la modifica e il funzionamento degli impianti: la fase di costruzione e la fase di esercizio.

Per quanto riguarda l'influenza della fase di costruzione sulle componenti floro-faunistiche, si deve considerare essenzialmente l'incremento del livello sonoro determinato dall'utilizzo di macchinari di cantiere e automezzi per il trasporto dei materiali. Tale perturbazione si sviluppa sia lungo l'attuale via di accesso al sito sia nell'ambito del cantiere, all'interno della proprietà Enel.

La strada che raggiunge la Centrale di Porto Tolle attraversa un'area antropizzata, che ospita prevalentemente agroecosistemi ad elevata artificializzazione (seminativi di pianura), frequentati generalmente da fauna antropofila, molto tollerante. L'interesse naturalistico dell'area coinvolta risulta pertanto basso. L'impatto derivante dal temporaneo incremento del traffico, quindi, oltre che essere reversibile, non costituisce un elemento di pregiudizio per il valore faunistico locale.

La perturbazione sonora prodotta dalle attività di modifica è circoscritta ad un'area che si estende nelle immediate vicinanze del cantiere (entro qualche centinaio di metri dai confini di proprietà) e si sviluppa prevalentemente durante il periodo diurno. L'ambito spazio-temporale interessato dall'incremento del livello sonoro risulta quindi piuttosto limitato, mentre, almeno per le aree a S ed a W del sito, i popolamenti animali coinvolti sono caratterizzati da un comportamento decisamente tollerante.

Per quanto riguarda l'influenza della fase di esercizio su flora e fauna, occorre considerare le seguenti azioni interferenti:

- A. emissione di effluenti gassosi prodotti dalla combustione;
- B. emissione di rumore dovuto al funzionamento degli impianti;
- C. dispersione dei reflui liquidi (termici e chimici) in ambiente acquatico.

Per valutare gli effetti ecotossici dei contributi aerodispersi al suolo derivanti dalle emissioni degli effluenti gassosi nella situazione futura, si può fare riferimento ai livelli critici raccomandati dalla WHO (World Health Organization, 1995) per la protezione della vegetazione e a quelli indicati nella direttiva comunitaria 1999/30/CE recepita con il decreto 2 aprile 2002, n.60.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



SO₂

WHO

10 µg/m³ come media annuale, per la tutela delle specie vegetali più sensibili (licheni);

20 µg/m³ come media annuale ed invernale (ottobre – marzo), per la tutela di foreste e vegetazione spontanea;

30 µg/m³ come media annuale ed invernale (ottobre – marzo), per la tutela delle coltivazioni.

UE e decreto 60/2002

20 µg/m³ come media annuale (anno civile e inverno dal 1° ottobre al 31 marzo), valore limite per la protezione degli ecosistemi.

NO_x

WHO

30 µg/m³ come media annuale di NO_x (somma NO+NO₂ espressa come µg/m³ di NO₂), per la tutela di tutte le specie vegetali.

UE e decreto n.60 2002

30 µg/m³ come media annuale (anno civile) di NO_x (somma NO+NO₂ espressa come µg/m³ di NO₂), valore limite per la protezione degli ecosistemi.

Gli effluenti gassosi emessi dalla centrale nel nuovo assetto sono caratterizzati dalla presenza di SO₂ e NO_x, che sulla base della modellazione delle immissioni tendono a distribuirsi sul territorio come indicato al paragrafo 4.2.1. Le concentrazioni dei contributi al suolo nella situazione futura sono inferiori o simili a quelle calcolate dal modello con le condizioni di esercizio attuali.

I contributi di SO₂ previsti al suolo raggiungono il valore massimo della media annuale a circa 5,5 km dall'impianto in direzione nord-ovest.

I contributi di NO_x previsti al suolo raggiungono il livello massimo della media nella stessa area indicata per SO₂.

Le concentrazioni massime puntiformi, previste dalla modellazione, sono le seguenti:

- SO₂: 0,39 µg/m³ come media annuale delle medie di 24 ore;
- NO_x: 0,2 µg/m³ come media annuale delle medie orarie (somma NO+NO₂ espressa come µg/m³ di NO₂).

Il confronto dei valori massimi previsti dalla modellazione con i valori di livello critico raccomandati da WHO, dalla direttiva comunitaria e dal decreto 60/2002 mostra che la situazione futura è caratterizzata da concentrazioni dei contributi di SO₂ e di NO_x decisamente inferiori ai limiti consigliati per la protezione della vegetazione, anche la più sensibile, e tali da non determinare un incremento significativo del livello di fondo locale, anche nel punto di massima ricaduta.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Sulla base quindi delle stime modellistiche effettuate, non si possono ipotizzare effetti negativi sulla vegetazione connessi con le emissioni in atmosfera dell'impianto modificato.

La distribuzione spaziale della perturbazione sonora dovuta all'esercizio dell'impianto esaurisce i suoi effetti più significativi entro alcune centinaia di metri dalle sorgenti e, comunque, all'interno del perimetro industriale. L'area interessata è frequentata da fauna già adattata che potrebbe, nell'ipotesi più pessimistica, ridurre la propria frequentazione in questo ambito a scopo riproduttivo, mantenendo invece quella a scopo trofico. I naturali meccanismi di assuefazione di cui essa è dotata possono comunque consentirle di recuperare e mantenere anche l'uso a scopo riproduttivo dell'area interessata dai livelli di rumorosità stimati, specialmente considerando il fatto che essi sono di tipo continuo e costante.

Per quanto riguarda i potenziali effetti sull'ambiente acquatico derivanti dallo smaltimento del calore di raffreddamento e dei reflui liquidi, per la situazione di esercizio futura, si osserva quanto segue:

- A seguito della modifica dei gruppi prevista dal progetto, ci si attende una riduzione delle quantità di calore smaltite verso i corpi idrici recettori e dunque un miglioramento del campo termico rispetto all'attuale assetto impiantistico. Conseguentemente è prevedibile anche un effetto positivo sulle biocenosi dei corpi idrici interessati dagli scarichi termici e una riduzione dell'occorrenza di criticità legate agli episodi di siccità eccessiva.
- Per quanto riguarda gli scarichi chimici il progetto di modifica della centrale predispone la realizzazione di un nuovo circuito per le acque industriali, basato sulla massimizzazione dei recuperi idrici e sulla minimizzazione dei rilasci di inquinanti (metalli in particolare). Il nuovo assetto prevede sostanzialmente che in Po vengano rilasciate solo le salamoie derivanti dai sistemi di dissalazione e gli effluenti neutralizzati derivanti dalla rigenerazione degli impianti di demineralizzazione. Le acque scaricate avranno caratteristiche chimiche compatibili con i limiti previsti dalla normativa vigente in materia di scarichi in acque superficiali e non sono pertanto attesi effetti sulle biocenosi ospitate nei corpi idrici recettori.
- Le modifiche in progetto non prevedono variazioni dei quantitativi idrici prelevati per il raffreddamento, rispetto alla situazione attuale. I flussi idrici e l'idrodinamismo dei corpi idrici interessati dai prelievi resteranno invariati e non si prevedono pertanto effetti sulle biocenosi locali.

Con questi presupposti, pertanto, e considerando anche la situazione rilevata dai numerosi studi effettuati nel corso del funzionamento pluridecennale dell'esistente centrale, si può ritenere che l'esercizio dell'impianto futuro non comporti elementi di preoccupazione per la vita degli ambienti acquatici interessati dai reflui liquidi. Ci si può al contrario attendere che le modifiche impiantistiche previste (specificatamente la riduzione di potenza e la realizzazione del nuovo circuito delle acque industriali), possano costituire un elemento positivo per la loro tutela e il loro miglioramento.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.2.5. Stato sanitario della popolazione

4.2.5.1. Situazione statistico-sanitaria della popolazione

I lineamenti di base del quadro statistico-sanitario della popolazione degli ambiti provinciali e regionali circostanti il sito è stato definito sulla base dei dati ISTAT; le cause di morte prese in esame sono quelle codificate secondo le classificazioni internazionali considerando tutte le classi di età.

I dati sono stati estratti dal data-base ISTAT relativo a indicatori sul sistema sanitario e sulla salute in Italia, grazie al software "Health For All – Italia "; fornito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità e adattato alle esigenze nazionali (aggiornato al dicembre 2004).

Il periodo di osservazione riguarda il 2001, che rappresenta l'ultimo anno disponibile; come indicatore statistico è stato preso in esame il tasso standardizzato di mortalità, suddiviso per sesso e per causa di morte, delle Province di Rovigo e Ferrara, delle Regioni Veneto ed Emilia Romagna e, per confronto, anche dell'area del Nord-Est e di tutta l'Italia (tabelle 4.2.5.1/I –IV). L'analisi del tasso standardizzato di mortalità mostra che la situazione sanitaria degli ambiti territoriali considerati presenta, almeno per le cause di morte principali, una distribuzione dei valori tra le varie patologie analoga nei vari gruppi esaminati.

Le cause di mortalità che incidono maggiormente in tutte le serie di dati sono le malattie del sistema circolatorio, seguite, ad una certa distanza, dai tumori; percentuali molto inferiori riguardano, in successione, le malattie dell'apparato respiratorio, i traumatismi e le malattie dell'apparato digerente. Si può comunque notare che la mortalità complessiva nelle Province di Rovigo e Ferrara risulta più elevata di quelle degli ambiti spaziali più estesi presi come riferimento. Lo stesso si può rilevare anche disaggregando i dati relativi alle principali cause di morte, con maggiore evidenza per la popolazione maschile. D'altra parte, la Provincia di Rovigo (51 comuni) ha una conformazione spaziale molto allargata e comprende le zone industriali del Comune di Rovigo e del territorio circostante; inoltre la sua popolazione presenta una distribuzione piuttosto eccentrica, collocandosi in maggioranza nella parte centro-occidentale del territorio provinciale.

Pertanto si può ritenere che il "baricentro" delle statistiche sanitarie provinciali sia piuttosto lontano dal Polesine e che la situazione sopra delineata non sia propriamente applicabile al Delta del Po.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Tabella 4.2.5.1/I - Tassi standardizzati di mortalità (per 10000 abitanti) della provincia di Rovigo, della regione Veneto, dell'area del Nord-Est e di tutta l'Italia. Anno 2001 – popolazione maschile

Cause di morte	Rovigo	Veneto	Nord - Est	Italia
Tutte le cause	107,84	98,16	97,22	99,99
Malattie infettive e parassitarie	0,45	0,68	0,67	0,65
Tubercolosi	0,08	0,09	0,07	0,09
AIDS	0,17	0,13	0,19	0,23
Tumori	37,86	35,59	34,71	33,46
Tumori maligni dell'apparato digerente e del peritoneo	11	12,11	12,08	11,11
Tumori maligni dello stomaco	1,87	1,91	2,49	2,3
Tumori maligni del colon, del retto, della giunzione rettosigmoidea e dell'ano	3,46	3,47	3,52	3,2
Tumori maligni dell'apparato respiratorio e degli organi	14,67	11,13	10,41	10,03
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni	13,51	10,08	9,4	9,05
Tumori maligni della prostata	1,96	2,37	2,46	2,61
Tumori maligni dei tessuti linfatico ed	2,59	2,47	2,39	2,47
Malattie delle ghiandole endocrine, della nutrizione e del metabolismo	2,57	2,38	2,25	2,89
Diabete mellito	2,15	1,93	1,82	2,5
Malattie del sangue, degli organi ematopoietici e disturbi immunitari	0,43	0,39	0,48	0,62
Disturbi psichici	1,93	1,91	1,67	1,32
Malattie del sistema nervoso e degli organi	2,02	1,95	2,06	2,22
Malattie del sistema circolatorio	42,09	35,67	35,82	38,12
Malattie ischemiche del cuore	15,65	13,77	14,47	13,66
Disturbi circolatori dell'encefalo	9,33	7,01	7,19	9,69
Malattie dell'apparato respiratorio	6,7	7,05	6,81	7,32
Polmonite ed influenza	1,82	2,29	2,14	1,51
Malattie polmonari croniche ostruttive	3,49	3,3	3,42	4,24
Malattie dell'apparato digerente	5,16	4,54	4,34	4,62
Cirrosi e altre malattie croniche del fegato	2,48	2,22	2,12	2,34
Malattie dell'apparato genito-urinario	1,14	1,03	1,1	1,43
Malattie della pelle e del tessuto	0,05	0,09	0,09	0,07
Malattie del sistema muscolare e del tessuto connettivo	0,19	0,13	0,15	0,18
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	0,33	0,4	0,53	1,02
Traumatismi e avvelenamenti	6,44	6,08	6,19	5,54
Accidenti da mezzi di trasporto	3,17	2,56	2,67	2,05
Suicidio e autolesione	1,08	1,24	1,3	1,05



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Tabella 4.2.5.1/II - Tassi standardizzati di mortalità (per 10000 abitanti) della provincia di Ferrara, della regione Emilia Romagna, dell'area del Nord-Est e di tutta l'Italia. Anno 2001– popolazione maschile

Cause di morte	Ferrara	Emilia Romagna	Nord-Est	Italia
Tutte le cause	105,49	94,04	97,22	99,99
Malattie infettive e parassitarie	0,65	0,62	0,67	0,65
Tubercolosi	0,08	0,6	0,07	0,09
AIDS	0,44	0,29	0,19	0,23
Tumori	36,2	33,04	34,71	33,46
Tumori maligni dell'apparato digerente e del peritoneo	12,56	11,63	12,08	11,11
Tumori maligni dello stomaco	2,44	2,96	2,49	2,3
Tumori maligni del colon, del retto, della giunzione rettosigmoidea e dell'ano	4,15	3,44	3,52	3,2
Tumori maligni dell'apparato respiratorio e degli organi	11,15	9,89	10,41	10,03
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni	10,16	9,09	9,4	9,05
Tumori maligni della prostata	2,39	2,23	2,46	2,61
Tumori maligni dei tessuti linfatico ed ematopoietico	2,85	2,31	2,39	2,47
Malattie delle ghiandole endocrine, della nutrizione e del metabolismo	3,12	2,18	2,25	2,89
Diabete mellito	2,53	1,82	1,82	2,5
Malattie del sangue, degli organi ematopoietici e disturbi immunitari	0,83	0,6	0,48	0,62
Disturbi psichici	1,68	1,72	1,67	1,32
Malattie del sistema nervoso e degli organi dei sensi	2,7	2,3	2,06	2,22
Malattie del sistema circolatorio	38,77	35,03	35,82	38,12
Malattie ischemiche del cuore	16,7	14,69	14,47	13,66
Disturbi circolatori dell'encefalo	9,14	7,38	7,19	9,69
Malattie dell'apparato respiratorio	6,32	6,42	6,81	7,32
Polmonite ed influenza	1,97	1,68	2,14	1,51
Malattie polmonari croniche ostruttive	3,36	3,56	3,42	4,24
Malattie dell'apparato digerente	4,33	3,71	4,34	4,62
Cirrosi e altre malattie croniche del fegato	1,74	1,66	2,12	2,34
Malattie dell'apparato genito-urinario	1,13	1,08	1,1	1,43
Malattie della pelle e del tessuto	0,09	0,11	0,09	0,07
Malattie del sistema muscolare e del tessuto connettivo	0,27	0,17	0,15	0,18
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	1,79	0,56	0,53	1,02
Traumatismi e avvelenamenti	7,27	5,99	6,19	5,54
Accidenti da mezzi di trasporto	3,45	2,84	2,67	2,05
Suicidio e autolesione	1,23	1,24	1,3	1,05



Tabella 4.2.5.1/III - Tassi standardizzati di mortalità (per 10000 abitanti) della provincia di Rovigo, della regione Veneto, dell'area del Nord-Est e di tutta l'Italia. Anno 2001 – popolazione femminile

Cause di morte	Rovigo	Veneto	Nord-Est	Italia
Tutte le cause	60,37	54,53	55,18	59,14
Malattie infettive e parassitarie	0,4	0,43	0,46	0,44
Tubercolosi	0,03	0,04	0,03	0,04
AIDS	0,04	0,05	0,07	0,06
Tumori	17,54	17,42	17,94	17,26
Tumori maligni dell'apparato digerente e del	6,37	5,96	6,30	6,14
Tumori maligni dello stomaco	0,74	0,87	1,09	1,06
Tumori maligni del colon, del retto, della	2,04	1,81	2,01	1,9
Tumori maligni dell'apparato respiratorio e degli	1,74	2,12	2,06	1,76
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei	1,5	1,98	1,9	1,58
Tumori maligni della mammella	3,44	3,15	3,19	3,02
Tumori maligni dell'utero	0,66	0,55	0,64	0,69
Tumori maligni dei tessuti linfatico ed	1,45	1,5	1,55	1,54
Malattie delle ghiandole endocrine, della nutrizione e del metabolismo	1,99	2	1,87	2,71
Diabete mellito	1,65	1,62	1,49	2,35
Malattie del sangue, degli organi ematopoietici e disturbi immunitari	0,27	0,27	0,29	0,33
Disturbi psichici	1,86	1,5	1,39	1,19
Malattie del sistema nervoso e degli organi dei	1,56	1,5	1,53	1,75
Malattie del sistema circolatorio	26,11	21,91	22,29	25,32
Malattie ischemiche del cuore	7,37	6,59	7,05	6,91
Disturbi circolatori dell'encefalo	6,19	5,37	5,57	7,56
Malattie dell'apparato respiratorio	3,1	2,91	2,81	2,71
Polmonite ed influenza	1,27	1,23	1,12	0,84
Malattie polmonari croniche ostruttive	1,18	1,1	1,11	1,18
Malattie dell'apparato digerente	3,04	2,59	2,47	2,67
Cirrosi e altre malattie croniche del fegato	1,37	1,14	0,99	1,15
Malattie dell'apparato genito-urinario	0,79	0,6	0,61	0,83
Complicazioni della gravidanza, del parto e del	0	0	0	0,01
Malattie della pelle e del tessuto sottocutaneo	0,14	0,11	0,12	0,1
Malattie del sistema muscolare e del tessuto	0,45	0,3	0,3	0,33
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	0,3	0,34	0,4	0,68
Traumatismi e avvelenamenti	2,64	2,37	2,37	2,37
Accidenti da mezzi di trasporto	0,92	0,72	0,76	0,52
Suicidio e autolesione	0,51	0,36	0,35	0,29



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Tabella 4.2.5.1/IV - Tassi standardizzati di mortalità (per 10000 abitanti) della provincia di Ferrara, della regione Emilia Romagna, dell'area del Nord-Est e di tutta l'Italia. Anno 2001 – popolazione femminile

Cause di morte	Ferrara	Emilia Romagna	Nord-Est	Italia
Tutte le cause	62,51	55,74	55,18	59,14
Malattie infettive e parassitarie	0,38	0,44	0,46	0,44
Tubercolosi	0,06	0,01	0,03	0,04
AIDS	0,02	0,09	0,07	0,06
Tumori	18,77	18,4	17,94	17,26
Tumori maligni dell'apparato digerente e del	6,59	6,56	6,30	6,14
Tumori maligni dello stomaco	0,99	1,35	1,09	1,06
Tumori maligni del colon, del retto, della giunzione rettosigmoidea e dell'ano	2,58	2,06	2,01	1,9
Tumori maligni dell'apparato respiratorio e degli	2,25	2,09	2,06	1,76
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei	2,06	1,93	1,9	1,58
Tumori maligni della mammella	3,64	3,16	3,19	3,02
Tumori maligni dell'utero	0,67	0,74	0,64	0,69
Tumori maligni dei tessuti linfatico ed	1,64	1,57	1,55	1,54
Malattie delle ghiandole endocrine, della nutrizione e del metabolismo	2,59	0,85	1,87	2,71
Diabete mellito	2,08	1,45	1,49	2,35
Malattie del sangue, degli organi ematopoietici e disturbi immunitari	0,28	0,34	0,29	0,33
Disturbi psichici	1,63	1,52	1,39	1,19
Malattie del sistema nervoso e degli organi dei	1,91	1,59	1,53	1,75
Malattie del sistema circolatorio	26,19	22,33	22,29	25,32
Malattie ischemiche del cuore	8,6	7,18	7,05	6,91
Disturbi circolatori dell'encefalo	7,68	5,95	5,57	7,56
Malattie dell'apparato respiratorio	2,6	2,61	2,81	2,71
Polmonite ed influenza	1,14	0,87	1,12	0,84
Malattie polmonari croniche ostruttive	1,02	1,16	1,11	1,18
Malattie dell'apparato digerente	2,74	2,18	2,47	2,67
Cirrosi e altre malattie croniche del fegato	1,01	0,81	0,99	1,15
Malattie dell'apparato genito-urinario	0,65	0,62	0,61	0,83
Complicazioni della gravidanza, del parto e del	0	0	0	0,01
Malattie della pelle e del tessuto sottocutaneo	0,09	0,14	0,12	0,1
Malattie del sistema muscolare e del tessuto	0,44	0,33	0,3	0,33
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	0,71	0,47	0,4	0,68
Traumatismi e avvelenamenti	3,2	2,53	2,37	2,37
Accidenti da mezzi di trasporto	1,02	0,92	0,76	0,52
Suicidio e autolesione	0,51	0,31	0,35	0,29



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Per una valutazione effettivamente sito-specifica, in passato erano già stati effettuati studi epidemiologici nell'area di Porto Tolle per valutare le potenziali interazioni della centrale con la salute delle popolazioni locali. Le indagini, che hanno riguardato il periodo 1980-1993, sono state impostate su diverse linee di ricerca, che prevedevano la verifica degli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana nell'ambiente esterno e negli ambienti confinati. I dati ottenuti indicano, in ogni caso, come non sia possibile ipotizzare effetti in generale o, nello specifico, a carico dell'apparato respiratorio, collegabili alla qualità dell'aria dell'area esaminata.

Per una più estesa trattazione delle problematiche riguardanti la salute pubblica e le indagini epidemiologiche del delta, si rimanda al rapporto *"Valutazioni circa i possibili effetti sulla salute delle popolazioni limitrofe alla Centrale Enel di Porto Tolle (Ro) in rapporto alla sua trasformazione con configurazione ad Orimulsion"* (**allegato 4.2.5/I**), del quale si espongono di seguito le principali conclusioni:

- la situazione sanitaria di questa zona, per quanto attiene alla prevalenza di sintomi di malattie respiratorie, è risultata migliore di quella descritta per altre zone nella letteratura epidemiologica sia prima sia dopo l'avvio della centrale;
- non è stata rilevata alcuna correlazione tra lo stato degli indicatori sanitari locali e l'impatto sulla qualità dell'aria indotto dalla centrale termoelettrica nella configurazione attuale con alimentazione ad olio combustibile.

In particolare si può notare, per quanto riguarda i risultati dell'analisi effettuata sulla popolazione maschile relativamente agli anni 1990-1994:

- una bassa mortalità per patologie respiratorie non tumorali, in particolare nel Comune di Porto Tolle;
- la mortalità per tumori immunoproliferativi è inferiore ai valori medi della Provincia di Rovigo;
- i dati sull'asma presentano valori assoluti irrilevanti.

Per quanto riguarda la popolazione femminile nello stesso periodo, si può riassumere che:

- la mortalità generale, e in particolare quella per tutti i tipi di tumore, risulta, nel Comune di Porto Tolle, inferiore a quanto riscontrabile nell'intera Provincia di Rovigo;
- la mortalità per patologie respiratorie non tumorali risulta bassa, in particolare nel Comune di Porto Tolle;
- come per la popolazione maschile, la mortalità per tumori immunoproliferativi è inferiore ai valori medi della provincia e i dati sull'asma presentano valori assoluti irrilevanti.



In conclusione, i dati di mortalità presentati nel suddetto rapporto confermano quanto già affermato da OMS in merito alla non plausibilità dell'esistenza di una correlazione tra il pattern di mortalità nell'area di Porto Tolle e l'attività della centrale termoelettrica.

Ciò è supportato anche dalla letteratura scientifica sull'argomento e dai report delle principali agenzie ambientali internazionali, che portano ad esprimere un giudizio di basso rischio per la salute umana in presenza dell'attività di centrali termoelettriche, in particolare se configurate secondo innovative metodologie di esercizio.

4.2.5.2. Esame delle previsioni di impatto sulla qualità dell'aria sotto l'aspetto igienico sanitario

Dai dati sanitari raccolti e passati in rassegna per delineare lo stato attuale della salute pubblica locale risulta chiaramente che nel Delta il quadro delle patologie collegabili ad effetti mediati dalla qualità dell'aria è migliore di quello riscontrabile negli ambiti spaziali circostanti.

Le numerose indagini svolte in loco in un arco temporale piuttosto ampio e con un *corpus* di osservazioni molto abbondante, inoltre, dimostrano che non si possono stabilire correlazioni tra la distribuzione della mortalità nell'area di Porto Tolle e l'esercizio della centrale esistente, non ostante il fatto che la vita dell'impianto abbia ormai raggiunto alcuni decenni di estensione.

Le simulazioni modellistiche condotte nel presente SIA per identificare il pattern di dispersione delle emissioni atmosferiche della centrale futura allo scopo di confrontarlo con quello attuale indicano, inoltre, che l'esercizio nel nuovo assetto consentirà, oltre che il pieno rispetto dei requisiti di legge vigenti in materia di salvaguardia della salute umana, un miglioramento dei parametri indicatori di qualità dell'aria collegabili con la produzione termoelettrica.

Sulla base di queste considerazioni e degli elementi conoscitivi acquisiti a loro supporto quindi si può concludere che alla trasformazione dell'impianto secondo il progetto proposto non si possono associare motivi di preoccupazione dal punto di vista della tutela dello stato sanitario della popolazione.



4.2.6. Rumore e vibrazioni

Il progetto di trasformazione a carbone della centrale prevede:

- la demolizione delle quattro caldaie da 660 MWe ad olio combustibile, dei DeNOx, dei P.E., dei condotti fumi;
- l'installazione di quattro caldaie ultrasupercritiche da 660 MWe, i cui prodotti della combustione verranno scaricati in atmosfera utilizzando la ciminiera esistente;
- la realizzazione di impianti di ambientalizzazione (desolfurazione, depolverazione e denitrificazione dei fumi) per ciascuna caldaia;
- la realizzazione di impianti di movimentazione e stoccaggio di carbone, calcare, cenere e gesso, nastri di trasporto, sistemi per la messa a parco, ripresa e macinazione del materiale.

4.2.6.1. Approccio metodologico

La stima dell'impatto acustico della nuova opera¹⁶, in accordo con la norma UNI 11143¹⁷ è stata condotta in due fasi:

- caratterizzazione acustica della situazione ante operam sulla base dei dati sperimentali disponibili e di simulazioni modellistiche;
- stima previsionale dei livelli sonori dopo la realizzazione della nuove opere (situazione post operam).

La caratterizzazione acustica ante operam è avvenuta mediante l'impiego di un modello matematico, opportunamente tarato e verificato, per interpolare o estrapolare in tutto il territorio circostante i livelli di emissione/immissione acustica misurati nel corso di campagne sperimentali condotte sul sito.

Lo stesso modello, modificato nei termini di sorgente, è stato applicato successivamente per la stima previsionale post operam dei livelli sonori. I valori delle potenze acustiche delle nuove sorgenti sono stati forniti da Enel ed integrati, ove necessario, con dati ottenuti da misure su sorgenti analoghe¹⁸.

Quadro normativo di riferimento

La legge quadro sull'inquinamento acustico 26 ottobre 1995, n. 447 prevede l'applicazione di limiti massimi assoluti per il rumore nell'ambiente esterno. Detti limiti derivano dalla zonizzazione acustica, cioè dalla suddivisione del territorio in sei classi rappresentative di altrettanti livelli di accettabilità dell'inquinamento acustico, che ogni comune dovrebbe attuare. I valori dei limiti sono definiti, per ogni classe, nell'Allegato al DPCM 14 novembre 1997: in tabella B sono riportati i valori da non superare per le "emissioni", cioè per

¹⁶ Per "nuova opera" si intende una nuova realizzazione o la modifica di un'opera esistente

¹⁷ Norma 11143: 2005 Acustica – Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti – Parte 1: Generalità, Parte 5: Rumore da insediamenti produttivi

¹⁸ Una sorgente sonora si definisce analoga a quelle che verranno installate nella nuova opera quando presenta forti similitudini nella tipologia, tecnologia costruttiva, potenzialità e dimensioni.



il rumore prodotto da ogni singola "sorgente"¹⁹ presente sul territorio, mentre in tabella C sono riportati i valori limite da non superare per le "immissioni", per il rumore cioè determinato dall'insieme di tutte le sorgenti presenti nel sito. In Tabella 4.2.6.1/I e in Tabella 4.2.6.1/II sono riportati sinteticamente tali valori limite, espressi come livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A relativo al tempo di riferimento diurno o notturno ($L_{Aeq,TR}$).

Tabella 4.2.6.1/I - DPCM 14 novembre 1997: valori limite di emissione (tabella B)

Leq in dBA

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00÷22.00)	Notturmo (22.00÷06.00)
I - aree particolarmente protette	45	35
II - aree prevalentemente residenziali	50	40
III - aree di tipo misto	55	45
IV - aree di intensa attività umana	60	50
V - aree prevalentemente industriali	65	55
VI - aree esclusivamente industriali	65	65

Tabella 4.2.6.1/II - DPCM 14 novembre 1997: valori limite assoluti di immissione (tabella C) –
Leq in dBA

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00÷22.00)	Notturmo (22.00÷06.00)
I - aree particolarmente protette	50	40
II - aree prevalentemente residenziali	55	45
III - aree di tipo misto	60	50
IV - aree di intensa attività umana	65	55
V - aree prevalentemente industriali	70	60
VI - aree esclusivamente industriali	70	70

Nella Tabella 4.2.6.1/III, tratta dall'allegato al DPCM 14 novembre 1997, viene riportata la caratterizzazione in termini descrittivi delle classi acustiche.

¹⁹ Per "sorgente" si intende anche un insieme di sorgenti acustiche purché appartenenti allo stesso processo produttivo o funzionale



Tabella 4.2.6.1/III - DPCM 14 novembre 1997: descrizione delle classi acustiche (tabella A)

Classe I	Aree particolarmente protette: aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere scolastiche aree destinate al riposo ed allo svago aree residenziali rurali aree di particolare interesse urbanistico parchi pubblici ecc.
Classe II	Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale con bassa densità di popolazione con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali.
Classe III	Aree di tipo misto: aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento con media densità di popolazione con presenza di attività commerciali uffici con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.
Classe IV	Aree di intensa attività umana: aree urbane interessate da intenso traffico veicolare con alta densità di popolazione con elevata presenza di attività commerciali ed uffici con presenza di attività artigianali le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie le aree portuali le aree con limitata presenza di piccole industrie.
Classe V	Aree prevalentemente industriali: aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.
Classe VI	Aree esclusivamente industriali: aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

Con riferimento ai limiti di emissione il decreto stabilisce che *“i rilevamenti e le verifiche sono effettuati in corrispondenza degli spazi utilizzati da persone e comunità”*. Le verifiche del rispetto dei limiti di emissione, quindi, dovendo essere effettuate in spazi utilizzati da persone e nello stesso tempo nelle immediate vicinanze della sorgente sonora, si intendono riferite unicamente a punti ubicati sul confine di proprietà degli impianti.

Indipendentemente dalla presenza di zonizzazione la legge prevede inoltre, per ogni singola sorgente che concorre alla determinazione delle immissioni, la verifica del rumore introdotto all'interno degli ambienti abitativi adottando il criterio differenziale. La differenza aritmetica tra i livelli sonori che si instaurano all'interno degli ambienti abitativi tra la condizione in cui la sorgente in esame risulta attiva e quella in cui viene disattivata, non deve superare i 5 dB(A) in periodo diurno e 3 dB(A) in quello notturno. La verifica di questo limite risulta assai problematica dal punto di vista sperimentale in quanto, a differenza del rumore in ambiente esterno, la modellazione matematica può fornire indicazioni di massima, ma le verifiche devono essere attuate esclusivamente per mezzo di misura diretta all'interno delle abitazioni private, con conseguenti problemi autorizzativi.

Il decreto 11 dicembre 1996 esonera le centrali in esercizio dalla verifica del rispetto del criterio differenziale, a patto che siano rispettati i valori assoluti d'immissione. Gli impianti di nuova costruzione, invece, debbono essere sottoposti a tale verifica.



Nel settembre 2004 il Ministero dell'Ambiente ha emanato una circolare²⁰ che fornisce chiarimenti su alcuni aspetti legati alla applicazione del criterio differenziale, anche per gli impianti a ciclo produttivo continuo, quali appunto le centrali elettriche. Nel testo si precisa che, nel caso di impianto esistente oggetto di modifica (ampliamento, adeguamento ambientale, etc.), situazione questa non espressamente contemplata dall'art. 3 del decreto 11 dicembre 1996, l'interpretazione corrente della norma si traduce nell'applicabilità del criterio differenziale limitatamente ai nuovi impianti che costituiscono la modifica.

Il decreto 16 marzo 1998 infine definisce le tecniche di rilevamento da adottare per la misurazione dei livelli di emissione ed immissione acustica, della impulsività dell'evento, della presenza di componenti tonali e/o di bassa frequenza.

Stato di attuazione della zonizzazione acustica comunale

Il Comune di Porto Tolle non ha ancora provveduto alla predisposizione del piano di zonizzazione acustica del proprio territorio ai sensi del DPCM 14 novembre 1997. In tal caso, ai sensi dell'art. 8 dello stesso DPCM, si applicano i limiti di cui all'art. 6, comma 1 del 1° marzo 1991.

L'area su cui è edificato l'impianto rientra in quelle definite dal DPCM 1° marzo 1991 "*Zone esclusivamente industriali*" con limite di accettabilità diurno e notturno di 70 dB(A); l'area circostante rientra invece nella tipologia di zone definita "*tutto il territorio nazionale*" con limite diurno di 70 dB(A) e limite notturno di 60 dB(A).

Nell'ipotesi che in futuro il Comune di Porto Tolle approvi una zonizzazione acustica del territorio è ragionevole ipotizzare che l'area dell'impianto verrà allocata in classe VI (aree industriali) e l'area circostante nella classe III (area di tipo misto), con l'eventuale interposizione di due fasce di classe V e IV, per evitare il contatto diretto di aree i cui valori limite si discostino in misura superiore a 5 dB(A). L'abitato di Pila verrà presumibilmente assegnato alla classe III (aree di tipo misto).

4.2.6.2. Effetti della centrale nell'assetto attuale

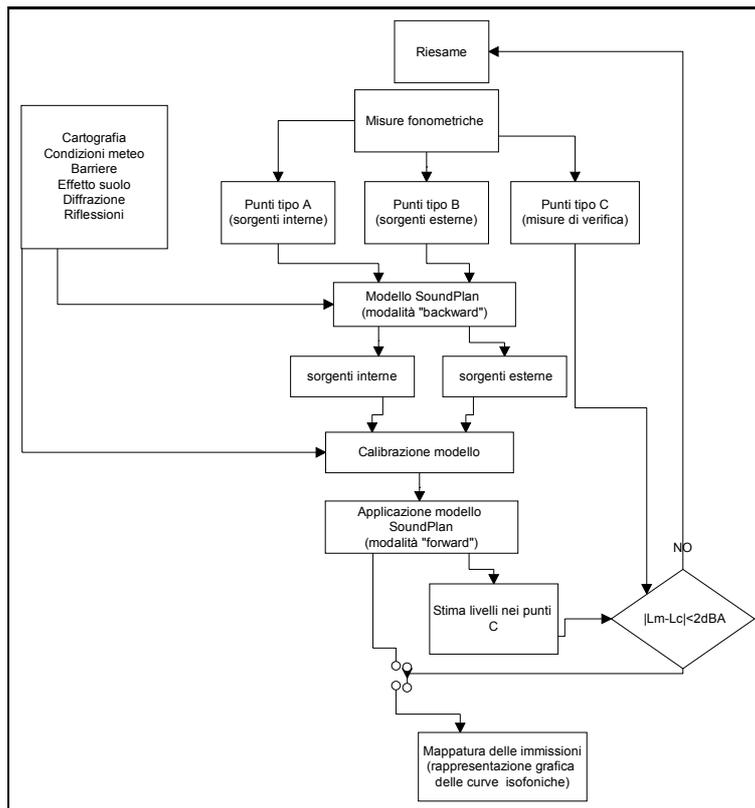
La situazione ante operam è stata caratterizzata mediante l'applicazione di un modello matematico, utilizzato per interpolare/estrapolare a distanza i dati di emissione acustica, calibrato e verificato sulla base di rilievi sperimentali.

Le modalità di calibrazione e applicazione del modello matematico e i criteri di verifica della correttezza dei risultati sono definiti nella metodologia messa a punto dall'Università di Perugia e approvata dal Ministero dell'Ambiente con lettera del 15 settembre 1998. Le principali fasi previste sono rappresentate e descritte nel seguito.

Essa si articola in cinque fasi (vedi diagramma di flusso seguente):

²⁰ Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - circolare 6 settembre 2004 - Interpretazione in materia di inquinamento acustico: criterio differenziale e applicabilità dei valori limite differenziali.





1. effettuazione di rilievi sperimentali volti a caratterizzare la rumorosità ambientale e le emissioni acustiche delle singole sorgenti;
2. analisi ed elaborazione dei dati per stimare le potenze acustiche delle sorgenti individuate (calibrazione del modello);
3. applicazione del modello matematico calibrato, per calcolare le immissioni acustiche in tutto il territorio circostante;
4. verifica della corretta applicazione della metodologia mediante confronto tra livelli di rumore misurati durante le campagne e livelli calcolati dal modello in un certo numero di punti di controllo non utilizzati in fase di calibrazione del modello stesso;
5. rappresentazione cartografica delle immissioni acustiche della centrale mediante mappe isofoniche sovrapposte alla planimetria del territorio.

Descrizione del modello matematico utilizzato

Le simulazioni acustiche sono state eseguite mediante un modello matematico previsionale, in grado di ricostruire, a partire da dati di potenza acustica, espressi in banda d'ottava o di terzi d'ottava, la propagazione sonora in ambiente esterno e calcolare il livello di pressione sonora sia presso singoli punti recettori che in tutta l'area circostante. Vengono prese in considerazione le attenuazioni prodotte dall'ambiente stesso per mezzo dell'orografia, delle qualità acustiche del terreno, della presenza di ostacoli e/o barriere schermanti. Nella presente applicazione è stato utilizzato il modello matematico SoundPlan ver. 6.2, sviluppato dalla Braunstein+B Berndt, GmbH, che appartiene alla categoria dei modelli basati sul metodo di calcolo "ray-tracing" e permette di effettuare il calcolo delle attenuazioni secondo le diverse normative nazionali ed internazionali. Per l'applicazione in oggetto, il



calcolo è stato effettuato in conformità alla norma ISO 9613-2. In linea con tale standard, il modello SoundPlan non tiene conto dei fenomeni di meteorologia locale, ma calcola i livelli di immissione in condizioni leggermente favorevoli alla propagazione in modo da avere una stima conservativa della rumorosità ambientale.

Campagne di misura

I dati utilizzati per la calibrazione e la verifica del modello matematico sono stati ottenuti nel corso di due campagne di misura effettuate negli anni 2000 e 2001.

La prima campagna è stata effettuata nel periodo 28÷29 giugno 2000, con i soli gruppi 3 e 4 in servizio a pieno carico, mentre i gruppi 1 e 2 erano fuori servizio. Sono state effettuate misure a breve termine in 19 punti di tipo A ubicati nelle immediate vicinanze delle principali sorgenti e in 9 punti tipo C, tutti ubicati sul confine dell'impianto. Dato che le immissioni sonore sono dovute esclusivamente all'impianto e quindi stazionarie nel tempo, tutte le misure sono relative a tempi di misura di alcuni minuti (misure a breve termine), ad eccezione delle misure effettuate nel punto I1, estese all'arco delle 24 ore.

La seconda campagna di misure è stata effettuata nel periodo 24÷26 settembre 2001, con centrale funzionante a pieno carico (quattro gruppi in servizio). Nel corso di quest'ultima campagna sono state effettuate misure in alcuni punti tipo C ubicati oltre il confine dell'impianto in prossimità delle prime abitazioni.

I risultati dettagliati delle due campagne di misura sono riportati rispettivamente nei rapporti di prova Enel – Laboratorio di Piacenza n° 700E500119 (**allegato 4.2.6/I**) e n° 700E500183 (**allegato 4.2.6/II**)

Nel periodo 19÷27 aprile 2005 è stata effettuata una ulteriore campagna di misura, durante il fuori servizio dell'impianto, presso 3 ricettori abitativi situati nell'intorno della centrale per la caratterizzazione del rumore residuo. I risultati di tale attività saranno oggetto di un rapporto dettagliato.

Punti di tipo A per la calibrazione delle sorgenti ENEL

Nella Tabella 4.2.6.2/I si riportano sinteticamente i risultati globali (livello equivalente L_{Aeq} e livello corrispondente al 95° percentile della distribuzione retrocumulata dei livelli sonori L_{A95}) delle misure eseguite nei punti di tipo A (Figura 4.2.6.2-I). L'altezza microfonica, salvo ove diversamente specificato, è stata posta pari a circa 1,5 m dal suolo.

Tabella 4.2.6.2/I - Livelli globali rilevati nei punti di tipo A

Punto	L_{Aeq}	L_{A95}
A01	64.2	62.6
A02	66.1	64.4
A03	70.5	69.6
A04	63.2	62.3
A05	64.4	62.8





Punto	L_{Aeq}	L_{A95}
A06	57.0	55.1
A07	58.1	57.2
A08	64.3	63.2
A09	74.6	73.7
A10	64.7	63.3
A11	57.8	56.6
A12	72.0	71.8
A13	62.9	62.3
A14	67.1	66.6
A15	60.4	59.2
A16	70.6	69.2
A17	64.4	63.1
A18	68.8	67.9
A19	62.3	61.6

Punti di tipo B per la calibrazione di sorgenti non ENEL

Nel caso in esame, non sono presenti nell'area di interesse altre sorgenti acustiche importanti diverse da quelle dell'impianto Enel.

Punti di tipo C per la verifica del modello matematico

Nella Tabella 4.2.6.2/II sono riportati i livelli globali rilevati nei punti tipo C (denominati E01÷E08 ed I01 sono rappresentati in Figura 4.2.6.2-I e i punti C50, C51, C52 sono rappresentati nelle Figura 4.2.6.2-II, III e IV). L'altezza microfonica è da intendersi pari a 1,5 m, salvo ove diversamente specificato. Nei punti denominati con la lettera E e nei punti C51 e C52 sono state effettuate misure a breve termine (tempo di misura di 5 minuti), mentre nel punto I1 e nel punto C50 sono state effettuate misure nell'arco delle 24 ore (i livelli equivalenti riportati si riferiscono ad uno o più periodi di riferimento diurni e notturni).

Tabella 4.2.6.2/II – Livelli globali rilevati nei punti di tipo C

Punto	Diurno(*)		Notturno	
	L_{Aeq}	L_{A95}	L_{Aeq}	L_{A95}
E1	47.4	44.6	49.8	48.7
E2	44.2	41.6	48.9	48.3
E3	47.0	45.4	46.5	44.1
E4	48.7	46.2	44.6	41.1
E5	57.7	56.4	56.1	53.8
E6	51.2	48.6	50.6	48.7
E7	64.8	62.5	62.3	59.8
E8	49.2	46.3	52.8	51.3

(*) Nel corso dei rilievi diurni è stata registrato uno sfiato di vapore da una valvola ubicata sulla sommità della caldaia del Gr. 3.

Punto	Diurno		Notturno	
	L_{Aeq}	L_{A95}	L_{Aeq}	L_{A95}
C50	56.7	43.7	47.3	38.3
C51	56.3	32.4	41.6	32.0
C52	49.9	39.9	39.5	34.4

Punto	Diurno		Notturno	
	L_{Aeq}	L_{A95}	L_{Aeq}	L_{A95}
I1	51.3(**)	46.3	50.4	46.2

(**) Dato relativo al periodo diurno del giorno 29/06

Rilievi di rumore residuo

Durante un periodo di fuori servizio delle centrale, sono stati effettuati rilievi in automatico del livello equivalente e della distribuzione statistica del livello sonoro in termini globali e spettrali per tempi di osservazione di circa sette giorni presso 3 postazioni denominate P.to 01, P.to 02 e P.to 03, ubicate rispettivamente in Via Ciro Menotti ai numeri 42 e 12 e in località Pila in Via Zanellato (Figura 4.2.6.2-II, Figura 4.2.6.2-III, Figura 4.2.6.2-IV).

Sono stati acquisiti i parametri acustici di livello equivalente (L_{Aeq}) e percentili della distribuzione statistica del livello sonoro (L_N) in termini globali e spettrali mediante memorizzazione automatica. È stato acquisito anche lo spettro acustico in bande di 1/3 d'ottava nel range 12,5 Hz ÷ 20 kHz.

Nella Tabella 4.2.6.2/III si riportano sinteticamente i risultati globali sui tempi di riferimento diurno (h. 6.00÷22.00) e notturno (h. 22.00÷6.00) espressi attraverso il livello equivalente $L_{Aeq,TL}$ e, tra parentesi, gli $L_{Aeq,TR}$ minimo e massimo rilevati in periodo diurno e notturno. L'elaborazione dei dati è stata effettuata mediante il software B&K 7820 "Evaluator". Sulla base dei dati meteo disponibili, gli intervalli temporali caratterizzati da condizioni meteorologiche non compatibili con l'effettuazione dei rilievi (vento forte e/o pioggia) sono stati selezionati e scartati dal calcolo, in fase di elaborazione.

Tabella 4.2.6.2/III – Risultati dei rilievi di rumore residuo

Punti	$L_{Aeq,TL}$ ($L_{Aeq,TR min} \div L_{Aeq,TR max}$)	
	TR Diurno	TR Notturno
01	42.4 40.3÷44.4	38.3 35.4÷43.1
02	51.7 50.2÷54.0	43.0 40.7÷46.2
03	43.5 40.3÷46.4	35.7 31.0÷37.4



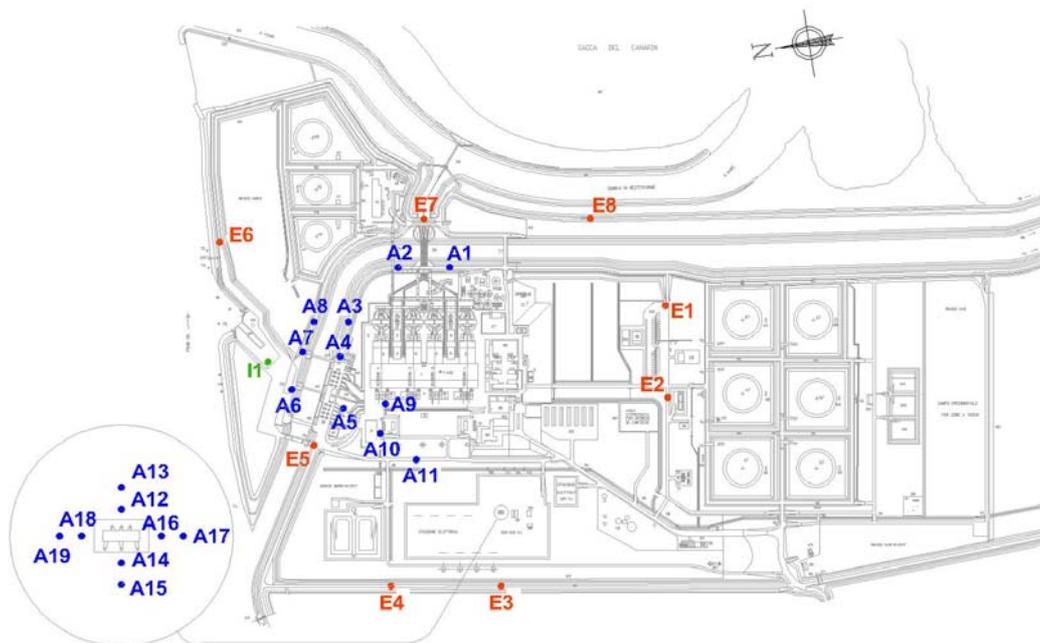


Figura 4.2.6.2-I - Centrale di Porto Tolle: ubicazione dei punti di misura relativi alla campagna del giugno 2000

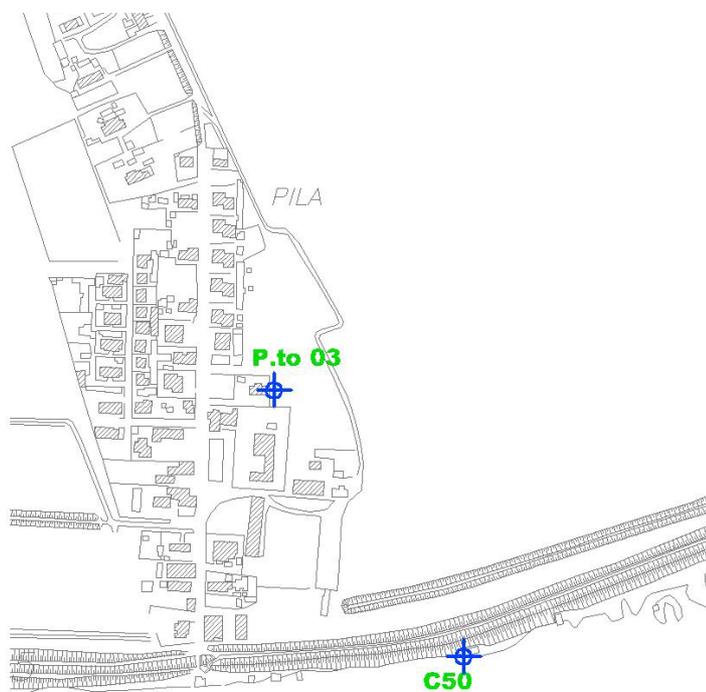


Figura 4.2.6.2-II - Centrale di Porto Tolle: ubicazione dei punti di misura delle campagne 2001 e 2005
Abitato di Pila



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle





Figura 4.2.6.2-III - Centrale di Porto Tolle: ubicazione dei punti di misura delle campagne 2001 e 2005
Zona ad Ovest dell'impianto



Figura 4.2.6.2-IV - Centrale di Porto Tolle: ubicazione dei punti di misura delle campagne 2001 e 2005
Zona a Sud Ovest dell'impianto



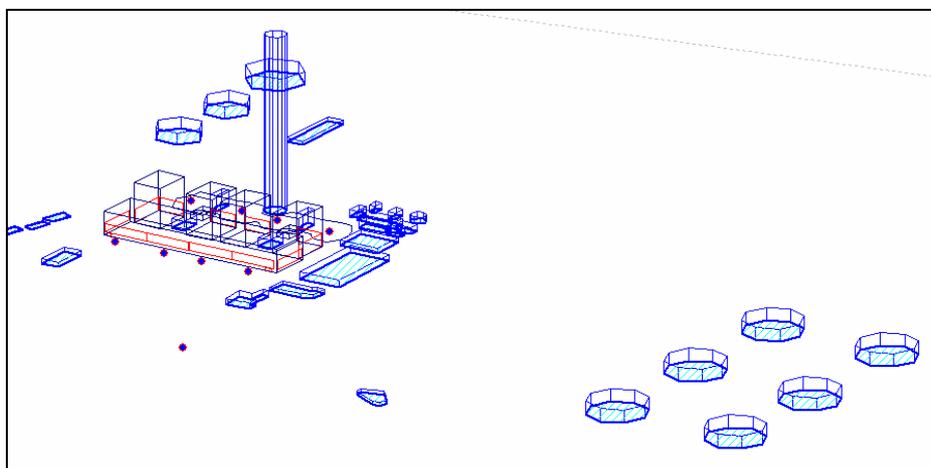
Dati di input al modello

Orografia e rappresentazione delle sorgenti

La cartografia utilizzata è costituita da:

- planimetrie generali e viste laterali dell'impianto negli assetti attuale e futuro;
- planimetria dell'area circostante ricavata da rilievi aerofotogrammetrici.

Il file di mappa tridimensionale ottenuto dall'elaborazione del suddetto materiale cartografico contiene l'orografia del sito, gli ingombri delle principali sorgenti, degli edifici, le informazioni sulla tipologia di "ground" e l'ubicazione dei ricettori, per un'area di oltre 10 km². Nella seguente immagine, estratta dal modulo "Geo-database" del software Soundplan, viene rappresentato il modello tridimensionale dell'impianto nell'assetto attuale.



Definizione delle sorgenti principali

Le sorgenti acustiche dell'impianto (sorgenti interne) considerate principali e il cui livello di potenza viene calcolato in fase di calibrazione sono costituite da:

- fronte sala macchine gruppi 1, 2, 3, 4;
- facce laterali sala macchine (lato Nord e lato Sud);
- trasformatori principali gruppi 1, 2, 3, 4;
- caldaia gruppo 4 lato Nord;
- caldaia gruppo 1 lato Sud;
- caldaie gruppi 1, 2, 3, 4 lato Est;
- edificio compressori gruppi 1, 2 e captatori;
- edificio compressori gruppi 3, 4 e captatori;
- autotrasformatore di stazione.

Nello sviluppo della modellazione sono state adottate le seguenti scelte operative:

- alcune sorgenti rappresentative di superfici estese sono state suddivise in più sub-sorgenti di tipo planare aventi potenza complessiva pari a quella totale della relativa parete;



- tutte le sorgenti sono considerate ad emissione isotropa;
- l'emissione acustica delle caldaie dei gruppi 1 e 2, prive di pannellatura, è stata considerata superiore a quella delle caldaie dei gruppi 3 e 4 di circa 1,5 dB.

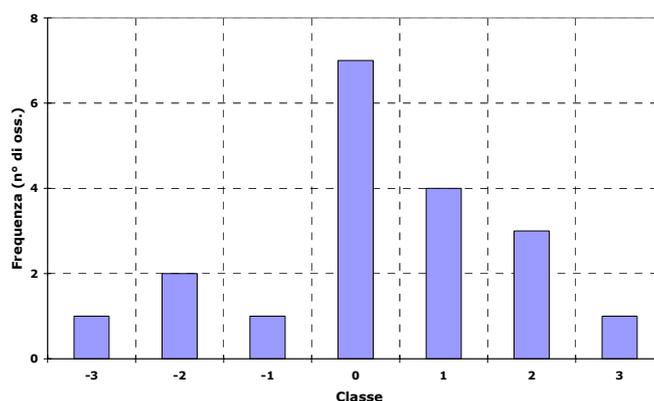
Calibrazione del modello matematico

Per "calibrazione" di un modello matematico del rumore ambientale si intende la determinazione degli spettri di potenza acustica da associare alle varie sorgenti considerate, a partire da dati rilevati sperimentalmente. Altri parametri in input al modello (quali in particolare il tipo di terreno e le condizioni atmosferiche di propagazione) sono determinabili a priori.

Per la determinazione della potenza acustica delle sorgenti interne alla centrale sono state utilizzate le immissioni nei punti A corrispondenti ai valori del percentile L_{A95} del periodo diurno, previa verifica della rappresentatività di ciascun rilievo ai fini della calibrazione, ossia dell'assenza di sorgenti locali di rumorosità non ritenute principali. A supporto della fase di attribuzione della potenza acustica alle varie sorgenti è stata utilizzata una routine, che consente di ottenere, una volta introdotti i coefficienti di attenuazione di ciascun punto di calibrazione rispetto a ciascuna delle sorgenti da stimare, i valori di potenza acustica.

Il calcolo per la calibrazione delle sorgenti è stato effettuato per bande di 1/3 d'ottava nel campo 25-20000 Hz, adottando in input i parametri rappresentativi delle condizioni meteo presenti al momento dei rilievi.

Si riporta di seguito l'istogramma delle differenze tra i valori misurati e quelli calcolati dal modello sui punti di calibrazione, suddivisi in classi identificate dal limite superiore: come si può osservare il classico andamento gaussiano presenta la moda in corrispondenza di differenze lievemente negative, ad indicare un approccio corretto e cautelativo.



Gli spettri di emissione utilizzati nella fase di calibrazione della situazione attuale sono indicati nella successiva tabella, ove è riportato l'elenco dettagliato delle sorgenti di rumore con i relativi livelli spettrali di potenza acustica in bande di 1/3 d'ottava ed il corrispondente livello globale dB(A).

Tutte le sorgenti considerate sono state rappresentate ad emissione isotropa.



Tabella 4.2.6.2/IV - Spettri di potenza acustica in banda di 1/3 d'ottava delle sorgenti calibrate

Sorgente (rappresentazione modellistica)	Livello globale di potenza acustica dB(A)	Frequenza (Hz) Valori in dBL									
		31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
ATR Stazione (n°1 sorgente puntuale)	95.5	51.6	68.6	81.6	84.6	90.6	84.6	82.6	76.6	62.6	45.6
		51.6	68.6	81.6	84.6	90.6	84.6	82.6	76.6	62.6	45.6
		51.6	68.6	81.6	84.6	90.6	84.6	82.6	76.6	62.6	45.6
Trasformatore principale Gr. 4 (n°1 sorgente puntuale)	100.1	94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
Trasformatore principale Gr. 3 (n°1 sorgente puntuale)	100.1	94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
Fronte Sala macchine gr. 3 e 4 (n°3 sorgenti planari)	109.7	116.2	111.2	102.2	103.8	101.4	101.2	101.2	102.0	92.2	85.2
		116.2	111.2	102.2	103.8	101.4	101.2	101.2	102.0	92.2	85.2
		116.2	111.2	102.2	103.8	101.4	101.2	101.2	102.0	92.2	85.2
Sala Macch. lato N (n°1 sorgente planare)	104.9	108.4	103.4	94.4	96.0	93.6	93.4	93.4	94.2	84.4	77.4
		108.4	103.4	94.4	96.0	93.6	93.4	93.4	94.2	84.4	77.4
		108.4	103.4	94.4	96.0	93.6	93.4	93.4	94.2	84.4	77.4
Caldaia gruppo 4 lato Nord (n°1 sorgente planare)	109.8	113.4	108.4	99.4	101.0	98.6	98.4	98.0	99.2	89.4	82.4
		113.4	108.4	99.4	101.0	98.6	98.4	98.0	99.2	89.4	82.4
		113.4	108.4	99.4	101.0	98.6	98.4	98.0	99.2	89.4	82.4
Caldaia gruppo 4 lato Est (n°1 sorgente planare)	115.5	116.6	110.6	101.6	102.6	104.4	104.2	105.0	104.2	90.6	90.6
		116.6	110.6	101.6	102.6	104.4	104.2	105.0	104.2	90.6	90.6
		116.6	110.6	101.6	102.6	104.4	104.2	105.0	104.2	90.6	90.6
Caldaia gruppo 3 lato Est con sfiato vapore (n°1 sorgente planare, n° 1 sorgente puntuale)	120.7	116.6	110.6	101.6	102.6	104.4	104.4	112.7	107.5	94.2	90.7
		116.6	110.6	101.6	102.6	104.4	104.4	113.6	107.0	94.2	90.7
		116.6	110.6	101.6	102.6	104.4	106.1	113.4	106.1	94.2	90.7
Edificio compressori gruppi 3, 4 e captatori	106.9	108.5	101.5	102.5	93.5	95.5	95.5	96.5	95.5	80.5	80.5
		108.5	101.5	102.5	93.5	95.5	95.5	96.5	95.5	80.5	80.5
		108.5	101.5	102.5	93.5	95.5	95.5	96.5	95.5	80.5	80.5



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Verifica della calibrazione

Nella Tabella 4.2.6.2/V sono riportati (seconda colonna) i valori di immissione misurati nei punti C a fronte dei risultati finali della modellazione (terza colonna) ottenuta con il modello SoundPlan.

Nella quarta colonna sono riportati gli scostamenti tra i valori calcolati e i valori di L_{Aeq} misurati nei punti C (valori positivi indicano un livello misurato superiore al calcolato).

Tabella 4.2.6.2/V - Punti C: comparazione tra valori misurati e calcolati [dB(A)]

Punto	Livello misurato L_{Aeq}	Livello Calcolato	Differenza (Mis. - Calc.)
E01	47.4	45.5	1.9
E02	44.2	45.7	-1.5
E03	47.0	47.7	-0.7
E04	48.7	48.0	0.7
E05	57.7	56.2	1.5
E06	51.2	54.9	-3.7
E07	64.8	60.9	3.9
E08	49.2	49.8	-0.6
I01	52.2(*)	52.5	-0.3

(*) Livello equivalente relativo al giorno 29 giugno 2000

L'analisi della tabella mostra che vi sono scostamenti misurato/calcolato compresi tra ± 2 dBA in almeno cinque punti di verifica. L'applicazione risulta quindi verificata secondo quanto previsto nella metodologia validata dall'Università di Perugia.

Applicazione del modello calibrato alla situazione attuale

Disponendo a questo punto del modello calibrato e verificato è possibile stimare i livelli di immissione acustica dovuti alla centrale nella situazione attuale, in tutto il territorio circostante, con tutti i 4 gruppi in servizio.

Gli spettri di emissione utilizzati nella modellazione della situazione attuale sono indicati nella successiva tabella, ove è riportato l'elenco dettagliato delle sorgenti di rumore con i relativi livelli spettrali di potenza acustica in bande di 1/3 d'ottava e il corrispondente livello globale dB(A).

Tutte le sorgenti considerate sono state rappresentate ad emissione isotropa.



Tabella 4.2.6.2/MI - Spettri di potenza acustica in banda di 1/3 d'ottava delle sorgenti impiegate nella modellazione della situazione attuale

Sorgente (rappresentazione modellistica)	Livello globale di potenza acustica dB(A)	Frequenza (Hz) Valori in dBL									
		31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
ATR Stazione (n°1 sorgente puntuale)	95.5	51.6	68.6	81.6	84.6	90.6	84.6	82.6	76.6	62.6	45.6
		51.6	68.6	81.6	84.6	90.6	84.6	82.6	76.6	62.6	45.6
		51.6	68.6	81.6	84.6	90.6	84.6	82.6	76.6	62.6	45.6
Trasformatore principale Gr. 1 (n°1 sorgente puntuale)	100.1	94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
Trasformatore principale Gr. 2 (n°1 sorgente puntuale)	100.1	94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
Trasformatore principale Gr. 3 (n°1 sorgente puntuale)	100.1	94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
Trasformatore principale Gr. 4 (n°1 sorgente puntuale)	100.1	94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
Fronte Sala macchine gr. 1 e 2 (n°3 sorgenti planari)	109.7	116.2	111.2	102.2	103.8	101.4	101.2	101.2	102.0	92.2	85.2
		116.2	111.2	102.2	103.8	101.4	101.2	101.2	102.0	92.2	85.2
		116.2	111.2	102.2	103.8	101.4	101.2	101.2	102.0	92.2	85.2
Fronte Sala macchine gr. 3 e 4 (n°3 sorgenti planari)	109.7	116.2	111.2	102.2	103.8	101.4	101.2	101.2	102.0	92.2	85.2
		116.2	111.2	102.2	103.8	101.4	101.2	101.2	102.0	92.2	85.2
		116.2	111.2	102.2	103.8	101.4	101.2	101.2	102.0	92.2	85.2
Sala Macch. lato N (n°1 sorgente planare)	104.9	108.4	103.4	94.4	96.0	93.6	93.4	93.4	94.2	84.4	77.4
		108.4	103.4	94.4	96.0	93.6	93.4	93.4	94.2	84.4	77.4
		108.4	103.4	94.4	96.0	93.6	93.4	93.4	94.2	84.4	77.4
Sala Macch. lato S (n°1 sorgente planare)	104.9	108.4	103.4	94.4	96.0	93.6	93.4	93.4	94.2	84.4	77.4
		108.4	103.4	94.4	96.0	93.6	93.4	93.4	94.2	84.4	77.4
		108.4	103.4	94.4	96.0	93.6	93.4	93.4	94.2	84.4	77.4
Caldaia gruppo 4 lato Nord (n°1 sorgente planare)	109.8	113.4	108.4	99.4	101.0	98.6	98.4	98.0	99.2	89.4	82.4
		113.4	108.4	99.4	101.0	98.6	98.4	98.0	99.2	89.4	82.4
		113.4	108.4	99.4	101.0	98.6	98.4	98.0	99.2	89.4	82.4



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Sorgente (rappresentazione modellistica)	Livello globale di potenza acustica dB(A)	Frequenza (Hz) Valori in dBL									
		31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
Caldaia gruppo 1 lato Sud (n°1 sorgente planare)	109.8	113.4	108.4	99.4	101.0	98.6	98.4	98.0	99.2	89.4	82.4
		113.4	108.4	99.4	101.0	98.6	98.4	98.0	99.2	89.4	82.4
		113.4	108.4	99.4	101.0	98.6	98.4	98.0	99.2	89.4	82.4
Caldaia gruppo 1 lato Est (n°1 sorgente planare)	117.0	118.1	112.1	103.1	104.1	105.9	105.7	106.5	105.7	92.1	92.1
		118.1	112.1	103.1	104.1	105.9	105.7	106.5	105.7	92.1	92.1
		118.1	112.1	103.1	104.1	105.9	105.7	106.5	105.7	92.1	92.1
Caldaia gruppo 2 lato Est (n°1 sorgente planare)	117.0	118.1	112.1	103.1	104.1	105.9	105.7	106.5	105.7	92.1	92.1
		118.1	112.1	103.1	104.1	105.9	105.7	106.5	105.7	92.1	92.1
		118.1	112.1	103.1	104.1	105.9	105.7	106.5	105.7	92.1	92.1
Caldaia gruppo 3 lato Est (n°1 sorgente planare)	115.5	116.6	110.6	101.6	102.6	104.4	104.2	105.0	104.2	90.6	90.6
		116.6	110.6	101.6	102.6	104.4	104.2	105.0	104.2	90.6	90.6
		116.6	110.6	101.6	102.6	104.4	104.2	105.0	104.2	90.6	90.6
Caldaia gruppo 4 lato Est (n°1 sorgente planare)	115.5	116.6	110.6	101.6	102.6	104.4	104.2	105.0	104.2	90.6	90.6
		116.6	110.6	101.6	102.6	104.4	104.2	105.0	104.2	90.6	90.6
		116.6	110.6	101.6	102.6	104.4	104.2	105.0	104.2	90.6	90.6
Edificio compressori gruppi 1, 2 e captatori (n°2 sorgenti puntuali)	106.9	108.5	101.5	102.5	93.5	95.5	95.5	96.5	95.5	80.5	80.5
		108.5	101.5	102.5	93.5	95.5	95.5	96.5	95.5	80.5	80.5
		108.5	101.5	102.5	93.5	95.5	95.5	96.5	95.5	80.5	80.5
Edificio compressori gruppi 3, 4 e captatori (n°2 sorgenti puntuali)	106.9	108.5	101.5	102.5	93.5	95.5	95.5	96.5	95.5	80.5	80.5
		108.5	101.5	102.5	93.5	95.5	95.5	96.5	95.5	80.5	80.5
		108.5	101.5	102.5	93.5	95.5	95.5	96.5	95.5	80.5	80.5

Nella Tabella 4.2.6.2/II sono riportati (a titolo di ulteriore verifica) i livelli misurati in 3 punti ubicati in corrispondenza dei recettori sensibili più vicini all'impianto: l'abitato di Pila e due gruppi di case ubicate lungo la strada di accesso alla centrale (Figura 4.2.6.2-II, Figura 4.2.6.2-III, Figura 4.2.6.2-IV).

La rumorosità rilevata presso tali postazioni risente, oltre che del funzionamento della centrale, di fenomeni locali quali l'attività antropica, il transito sporadico di veicoli e di imbarcazioni. Il contributo alla rumorosità ambientale dovuto all'impianto, che è dotato di macchinari aventi emissione stazionaria nel tempo, può tuttavia essere descritto, per i punti più prossimi alla centrale, dal percentile $L_{A95,r}$ pari al livello sonoro superato per il 95% del tempo di misura; il confronto viene effettuato utilizzando il valore di L_{A95} rilevato in periodo diurno.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Tabella 4.2.6.2/VI - Punti C50÷C52: Comparazione tra valori misurati e calcolati [dB(A)]

Punto di Misura	L_{A95} Misurato notturno/diurno	Livello calcolato
C50	43.7	45.6
C51	32.8	< 30
C52	39.9	40.5

Il confronto mostra un buon accordo tra i valori calcolati dal modello e i valori di L_{A95} rilevati, ancorché in presenza di una leggera sovrastima dei livelli misurati presso le postazioni C50 e C52. Presso la postazione C51, situata ad oltre 2 km di distanza dall'impianto, il confronto si conferma meno significativo, poiché il livello misurato risente di altre fonti di rumore ad emissione costante non provenienti dall'impianto.

Calcolo dei livelli sonori – Situazione ante operam

Mappe isofoniche

Per una rappresentazione delle immissioni specifiche dell'impianto in tutto il territorio circostante, sono state prodotte le mappe isofoniche. Il calcolo è stato eseguito ad una altezza dal suolo di 4 m, su griglia avente passo 10 m. Le curve calcolate (da 35 a 65 dB(A), con passo 5 dB(A)) sono sovrapposte alla planimetria del sito.

Le mappe delle immissioni acustiche dovute alla centrale sono state ottenute con il programma Soundplan; il calcolo è stato effettuato con i parametri di Tabella 4.2.6.2/VIII:

Tabella 4.2.6.2/VIII - Parametri di calcolo utilizzati da SoundPlan per la generazione delle mappe isofoniche

Parametro	Valore
Dimensione griglia:	20.00 m
Altezza sul terreno (p.d.c.):	4.000 m
Griglia di interpolazione:	
dimensione campo	3x3
Min/Max =	10,0 dB
Differenza =	0,5 dB

Nella Tabella 4.2.6.2/IX sono riassunti i parametri di calcolo utilizzati da SoundPlan per le simulazioni, relativamente sia all'assetto attuale che a quello futuro.



Tabella 4.2.6.2/IX - Parametri di calcolo utilizzati da SoundPlan per le simulazioni

Parametro	Valore
Temperatura (°C)	10
Umidità relativa (%)	70
Pressione atmosferica (mbar)	1013
Standard di riferimento per sorgenti industriali	ISO 9613-2 : 1996
Standard di riferimento per l'assorbimento dell'aria	ISO 9613-1
Numero delle riflessioni:	1
Ponderazione:	dB(A)
Incremento angolare:	1,00 °
Grado di riflessione	0
Side Screening	Abilitato
Meteo. Corr. C0	0,0 dB

Nella Figura 4.2.6.2-V è riportata la mappa delle isofone di immissione specifica dell'impianto nell'area circostante, relativamente alla situazione "ante operam".

Nella modellazione è stata inserita anche, come ulteriore sorgente sonora, la strada di accesso all'impianto attribuendole una intensità di traffico di circa 400 veicoli al giorno (2.5 % di traffico pesante), dovuto quasi unicamente al transito dei veicoli del personale addetto all'impianto. Il calcolo delle emissioni acustiche è stato effettuato dal modello Soundplan applicando con gli algoritmi RLS-90.



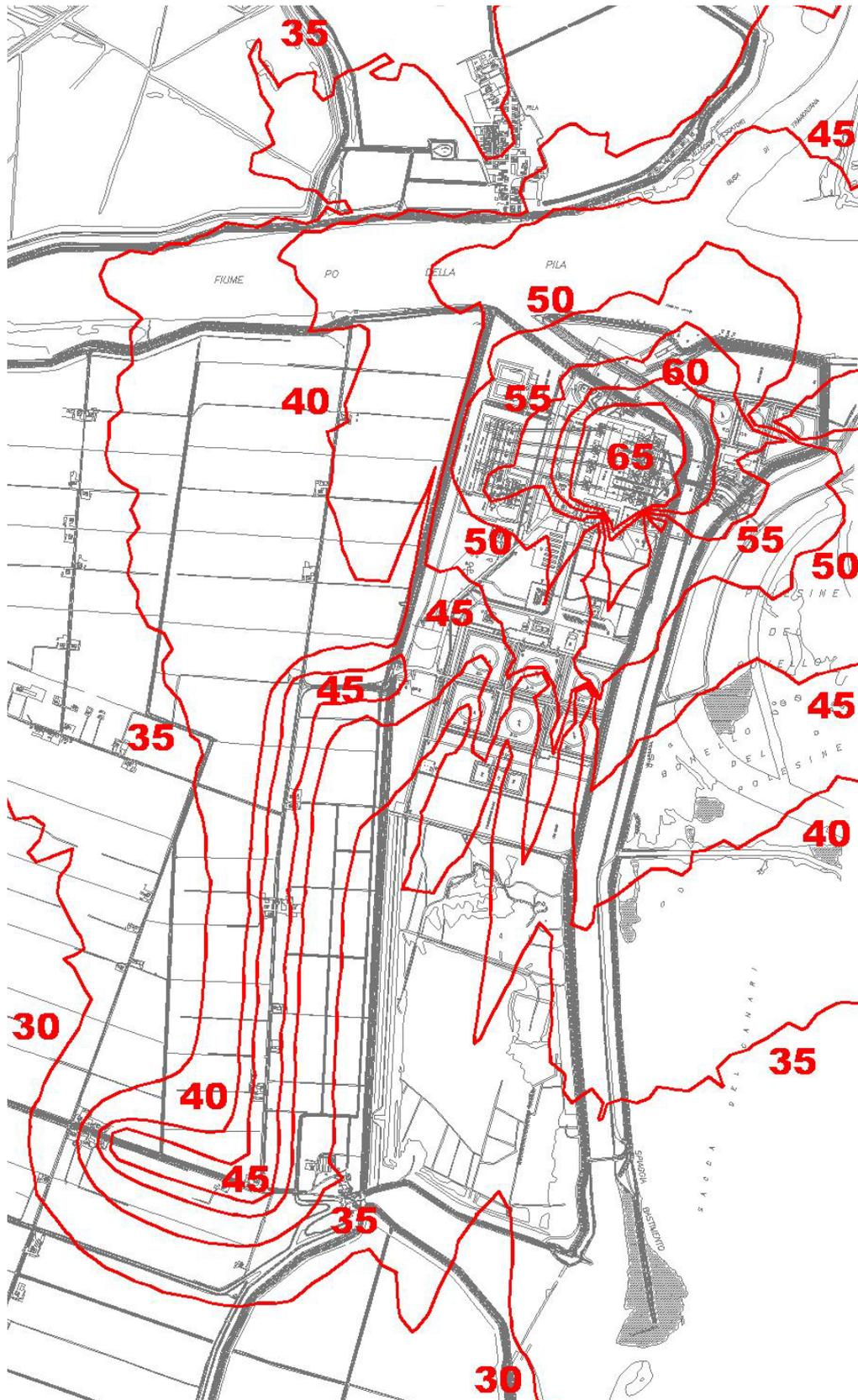


Figura 4.2.6.2-V - Centrale di Porto Tolle: curve isofoniche di immissione specifica dell'impianto nella condizione ante operam



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Calcolo puntuale

È stato calcolato il contributo acustico della centrale in facciata ad alcuni ricettori localizzati presso l'abitato di Pila (postazioni R01÷R07), presso le abitazioni rurali situate lungo Via C. Menotti (postazioni R08÷R22) e presso il Villaggio Pescatori (postazioni R23÷R24). Il calcolo è stato effettuato in corrispondenza di ciascuno dei piani delle abitazioni. L'ubicazione dei punti di misura è riportata in Figura 4.2.6.2-VI, Figura 4.2.6.2-VII, Figura 4.2.6.2-VIII e Figura 4.2.6.2-IX; i punti sono indicati in colore rosso.

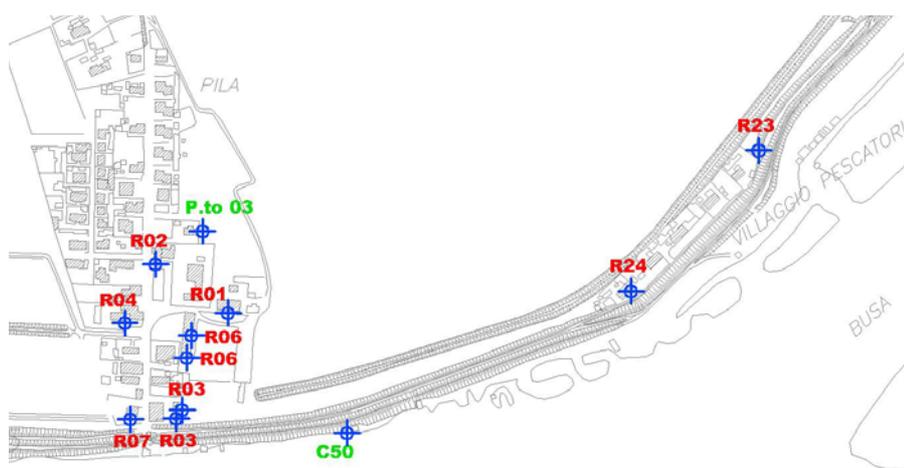


Figura 4.2.6.2-VI - Centrale di Porto Tolle: ubicazione dei punti di calcolo presso l'abitato di Pila

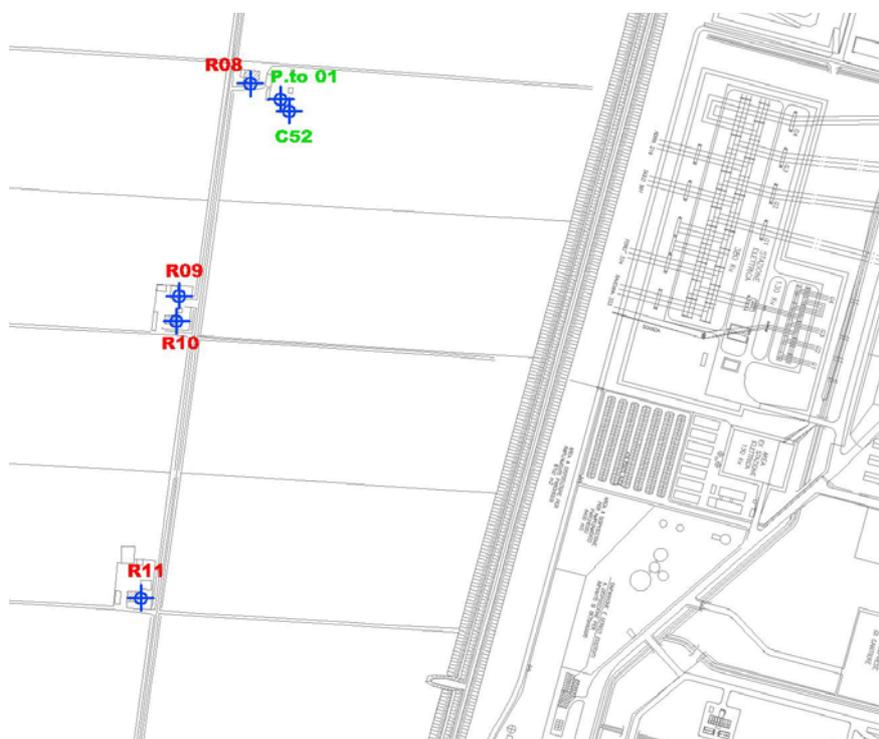


Figura 4.2.6.2-VII - Centrale di Porto Tolle: ubicazione dei punti di calcolo ad Ovest dell'impianto



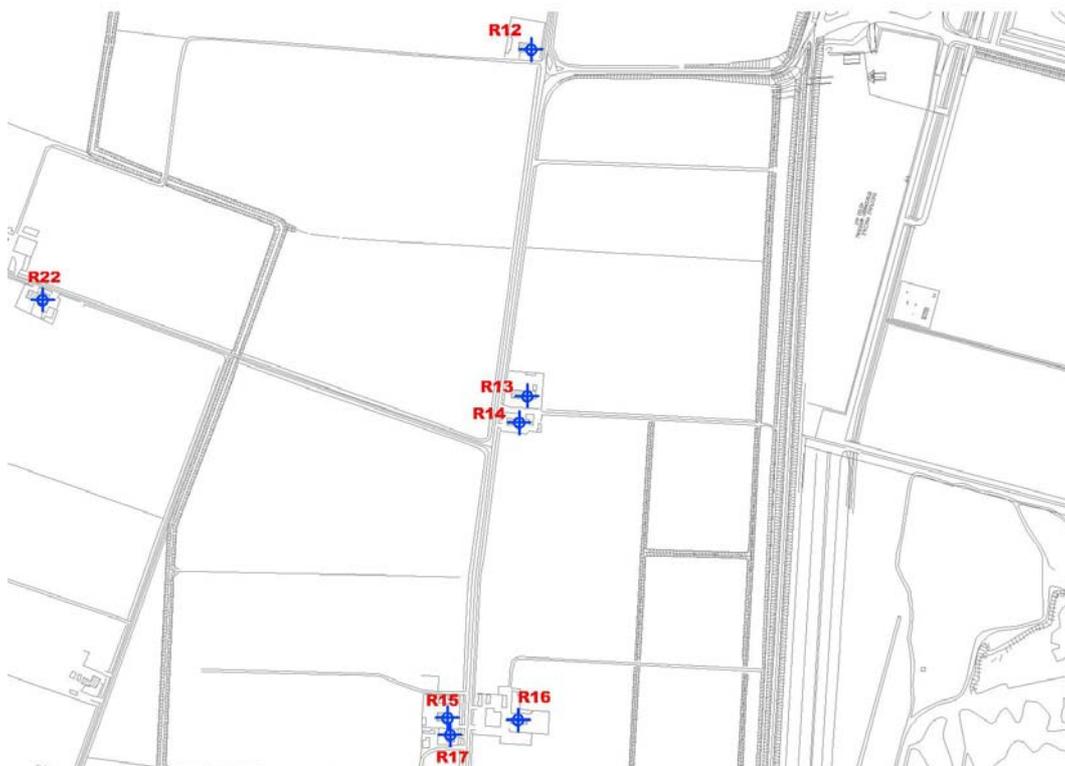


Figura 4.2.6.2-VIII - Centrale di Porto Tolle: ubicazione dei punti di calcolo a Sud Ovest dell'impianto

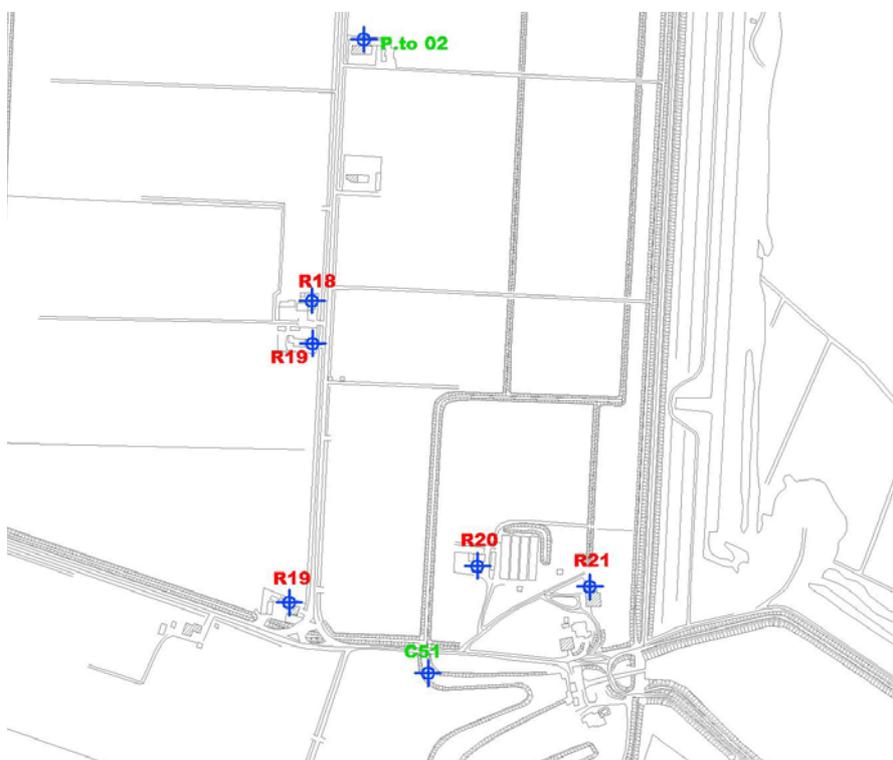


Figura 4.2.6.2-IX - Centrale di Porto Tolle: ubicazione dei punti di calcolo a Sud dell'impianto



Nella Tabella 4.2.6.2/X sono riportati i risultati del calcolo puntuale operato dal modello, relativamente al solo contributo dell'impianto.

Tabella 4.2.6.2/X - Livelli di immissione specifica (contributo acustico dell'impianto ENEL) in condizione ante operam calcolati dal modello presso punti esterni – Valori in dB(A)

Punto	Piano	Direz.	Livello calcolato
R01	1	S	35.9
	2	S	42.1
	3	S	42.7
R02	1	S	34.2
	2	S	35.9
	3	S	37.2
R03	1	S	35.6
	2	S	41.0
	3	S	44.1
	1	E	36.6
	2	E	42.2
	3	E	44.3
R04	1	S	34.1
	2	S	35.6
	3	S	37.4
R06	1	S	36.4
	2	S	42.3
	3	S	43.2
	1	E	36.3
	2	E	42.3
	3	E	42.9
	3	E	42.9
R07	1	S	36.1
	2	S	41.6
	3	S	43.6
R08	1	S	35.4
	2	S	38.7
	1	E	28.7
	2	E	34.1
R09	1	E	38.8
	2	E	41.8
R10	1	E	38.8
	2	E	42
R11	1	E	36.8
	2	E	39.7
R12	1	E	33.4

Punto	Piano	Direz.	Livello calcolato
R12	2	E	34.8
R13	1	E	30.9
	2	E	32.1
R14	1	E	31
	2	E	32.3
R15	1	E	29.7
	2	E	30.9
R16	1	N	28.6
	2	N	30
R17	1	N	28.4
	2	N	29.7
R18	1	E	24.4
	2	E	25.1
	3	E	25.4
R19	1	E	24.3
	2	E	25
	3	E	25.4
	1	N	21.7
	2	N	22.5
	3	N	22.8
R20	1	N	24.4
	2	N	26.6
	3	N	26.8
R21	1	N	25.9
	2	N	27.3
	3	N	27.7
R22	1	E	28.8
	2	E	31.4
	3	E	31.7
R23	-		40.2
R24	-		42.6
P.to 01	-		39.3
P.to 02	-		25.5
P.to 03	-		35.8



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.2.6.3. Analisi dell'impatto acustico dopo l'intervento

La trasformazione proposta comporterà, come precedentemente evidenziato:

- la demolizione delle attuali quattro caldaie da 660 MW ad olio combustibile, dei DeNOx, dei P.E., e dei condotti fumi;
- l'installazione di quattro caldaie ultrasupercritiche da 660 MWe i cui prodotti della combustione verranno scaricati in atmosfera utilizzando la ciminiera esistente;
- la realizzazione di impianti di ambientizzazione (desolforazione, depolverazione e denitrificazione dei fumi) per ciascuna caldaia;
- la realizzazione di impianti di movimentazione e stoccaggio di carbone, calcare, gesso e ceneri.

Verrà anche realizzato un deposito di biomasse vegetali che verranno utilizzate come combustibile nella percentuale 0÷5% in energia in co-combustione su due gruppi a carbone; il materiale verrà approvvigionato localmente (a mezzo camion), movimentato e messo a parco in un piazzale attrezzato sotto forma di cippato.

Per la dislocazione dei macchinari e per la definizione degli ingombri si è fatto riferimento all'elaborato grafico **doc. n° PO00000DIAATSV404 rev. 0.**

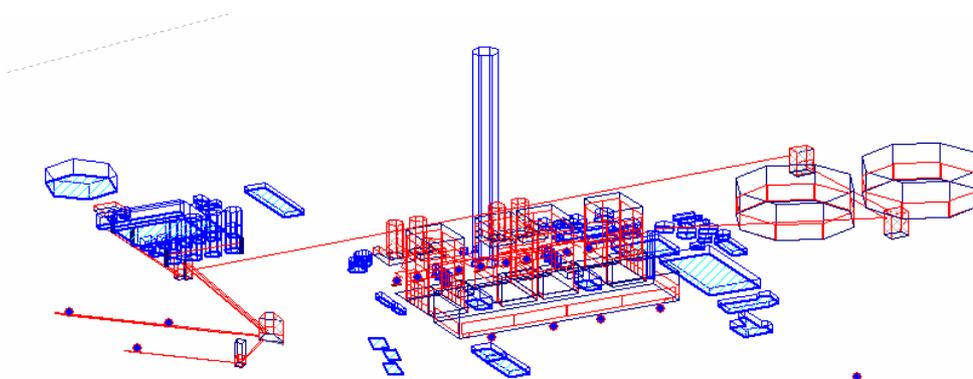
La stima previsionale dei livelli dovuti alla nuova opera passa quindi attraverso l'attribuzione dei livelli di potenza acustica alle nuove sorgenti e alle sorgenti preesistenti che verranno modificate nella trasformazione dell'impianto.

In linea con la proposta di norma UNI già citata, la stima delle potenze acustiche delle nuove sorgenti è stata effettuata attraverso:

- dati ottenuti da misure su sorgenti analoghe;
- dati di specifica dei singoli componenti/apparecchiature;
- dati reperiti in bibliografia.

Dal punto di vista modellistico la situazione post operam è stata ottenuta aggiungendo alle sorgenti inalterate, relative alla situazione ante operam, le sorgenti di nuova installazione e rimuovendo le sorgenti eliminate.

Nella seguente immagine, estratta dal modulo "Geo-database" del software Soundplan viene rappresentato il modello tridimensionale dell'impianto nell'assetto futuro.



Input di sorgente

La trasformazione a carbone comporterà una radicale trasformazione dell'impianto: la demolizione di alcune opere, la ricollocazione di altre e l'installazione di nuovo macchinario.

Per poter valutare l'impatto acustico nel nuovo assetto è prima di tutto necessario individuare e caratterizzare le principali sorgenti acustiche in gioco dopo la trasformazione.

Blocco centrale (sala macchine e caldaie)

La sorgente costituita dalla sala macchine e dagli antistanti trasformatori principali è stata mantenuta inalterata nel modello rispetto alla situazione attuale, fatta eccezione per una riduzione di circa 1.5 dB(A) nella potenza acustica attribuita alla Sala Macchine per tenere conto della sostituzione delle turbine a vapore con un nuovo macchinario ad alto rendimento, di recente concezione, meno rumoroso di quello attuale, ormai datato.

La potenza acustica delle caldaie ultrasupercritiche è stata ottenuta dai dati di specifica definiti per un impianto analogo²¹, che impongono, come limite alla media logaritmica delle pressioni acustiche misurate ad un metro dal parallelepipedo costruito intorno alla caldaia alle altezze di 1,5 e 5 m dal suolo, il valore di 74 dB(A).

Impianto DeSOx

I dati utilizzati per la modellazione acustica dell'impianto DeSOx sono gli stessi utilizzati nel recente passato per analoghi studi di impatto ambientale²². Essi sono stati ricavati da misure sperimentali effettuate nell'aprile 2002 presso la Centrale di La Spezia su impianto di taglia analoga²³. La potenza acustica di ciascun impianto DeSOx include i tratti prossimali delle relative condotte fumi, la cui rumorosità, per motivi di fattibilità sperimentale, non può essere discriminata da quella dell'impianto stesso.

Pertanto, la rappresentazione modellistica di ciascun impianto DeSOx consta di:

- n° 2 sorgenti puntuali rappresentative dei ventilatori indotti;
- n° 5 sorgenti planari rappresentative dell'edificio servizi assorbimento;
- n° 7 sorgenti planari rappresentative di ciascun assorbitore;
- n° 3 sorgenti lineari rappresentative dei tratti intermedi dei condotti fumi.

²¹ Specifica tecnica di acquisizione delle caldaie per l'impianto di Torvaldaliga Nord (doc. Enelpower "Purchase technical specification" P12TN.03000 REV. n° 0 - 5.3.9 Noise emission, pag. 61/160)

²² Rapporto CESI - A4/510821 - Centrale di Torvaldaliga Nord – Trasformazione a carbone - Valutazioni modellistiche relative al progetto finalizzato al contenimento dei livelli sonori, in adempimento al DEC/IA/2003/0680, come recepito nel decreto MAP n. 55/02/2003 del 24 dicembre 2003

²³ Rapporto CESI A2/025548 - Centrale di La Spezia - Caratterizzazione acustica del territorio dopo gli interventi di ambientalizzazione e verifica del rispetto dei limiti di legge



Impianto movimentazione carbone

I dati utilizzati per la modellazione acustica dell'impianto di movimentazione e messa a parco del carbone sono gli stessi utilizzati nel recente passato per studi di impatto per impianti analoghi a quello in progetto (conversione a carbone delle Centrali di Torvaldaliga Nord e Rossano Calabro).

La rappresentazione modellistica adottata per il presente progetto consta di:

- n° 2 sorgenti puntuali e n° 2 sorgenti lineari rappresentative dei sistemi di scaricamento del del carbone dislocati presso la darsena e dei relativi nastri di trasporto fino alla torre n° 1. Per stimare la potenza acustica associata all'attività di scarico carbone dalle navi, sono stati utilizzati dati sperimentali ottenuti da un'indagine effettuata nel 1996 nell'ambiente circostante il molo Enel di La Spezia²⁴;
- n° 16 sorgenti planari rappresentative dei quattro lati di ciascuna delle torri principali (T1÷T4). La conformazione spettrale dell'emissione acustica delle torri è stata ricavata da rilievi effettuati sul nastro trasportatore della centrale di Brindisi Sud²⁵;
- n° 5 sorgenti lineari rappresentative dei nastri dalla torre n° 1 ai bunker. Anche in questo caso la potenza acustica è stata ricavata da rilievi pregressi effettuati da CESI. Sono stati inseriti anche i due nastri di collegamento dalla torre n° 4 ai "domes";
- n° 2 sorgenti puntuali rappresentative delle macchine combinate per la messa a parco e ripresa del carbone. La potenza acustica di ciascuna di tali apparecchiature è stata ricavata da rilievi sperimentali condotti presso la Centrale di Vado Ligure²⁶. Tali sorgenti sono racchiuse da una struttura metallica le cui caratteristiche acustiche sono state ricavate da bibliografia;
- n° 2 sorgenti planari, rappresentative dei mulini macinazione carbone. La forma spettrale dell'emissione acustica è stata ricavata da rilievi pregressi.

Impianti movimentazione calcare, gesso e ceneri

L'impianto di movimentazione del calcare è stato rappresentato mediante:

- n° 1 sorgente puntuale rappresentativa del sistema di scaricamento;
- n° 4 sorgenti lineari rappresentative dei nastri dalla darsena all'edificio di stoccaggio;
- n° 4 sorgenti planari rappresentative delle facce laterali di ciascuna delle principali torri;
- n° 4 sorgenti planari rappresentative dell'edificio di macinazione calcare, per il quale sono stati assunti i dati già utilizzati nell'ambito di studi pregressi²⁷. Dai dati dimensionali (superfici di riferimento/misura) e acustici

²⁴ Relazione Tecnica Enel SP00040TSIPE622

²⁵ Rapporto di Prova Enel 700E500059

²⁶ Relazione Tecnica Enel Laboratorio di Piacenza Documento n° 212VL11220 "Centrale di Vado Ligure - Caratterizzazione della rumorosità ambientale nel territorio : calibrazione ed applicazione dei modelli matematici ENM e Soundplan - Confronto con i dati sperimentali"

²⁷ Doc. CESI A2/037900 Centrale di Porto Tolle - Precisazioni richieste durante la riunione della Commissione VIA tenutasi in data 13 novembre.2002



forniti dal costruttore per impianti di taglia analoga, è stata calcolata la potenza acustica del mulino, pari a 111 dB(A); tale sorgente sarà collocata all'interno di un edificio che eserciterà una notevole azione schermante verso l'esterno.

Per quanto attiene alla movimentazione del gesso e delle ceneri nel modello sono stati introdotti, come sorgenti lineari, i nastri e, come sorgenti planari, le facce laterali delle principali torri.

Traffico di automezzi pesanti

In fase di esercizio, il traffico di mezzi pesanti da e per il sito riguarderà essenzialmente l'approvvigionamento di biomasse vegetali (circa 40 trasporti al giorno per 300 giorni all'anno) e la gestione di fanghi e sali. Quest'ultima componente può ritenersi assolutamente trascurabile, essendo pari, mediamente, ad un trasporto ogni 2,5 giorni.

Spettri sonori delle sorgenti utilizzate

Gli spettri di emissione utilizzati nella modellazione della situazione attuale sono indicati nella Tabella 4.2.6.3/I, ove è riportato l'elenco dettagliato delle sorgenti di rumore con i relativi livelli spettrali di potenza acustica in bande di 1/3 d'ottava e il corrispondente livello globale dB(A).

Tutte le sorgenti considerate sono state rappresentate ad emissione isotropa.

Tabella 4.2.6.3/I – Spettri di potenza acustica in banda di 1/3 d'ottava delle sorgenti utilizzate per la modellazione dell'assetto "post operam"

Sorgente (rappresentazione modellistica)	Livello Globale di potenza acustica [dB(A)]	Frequenza (Hz) Valori in dBL									
		31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
ATR Stazione (n°1 sorgente puntuale)	95.5	51.6	68.6	81.6	84.6	90.6	84.6	82.6	76.6	62.6	45.6
		51.6	68.6	81.6	84.6	90.6	84.6	82.6	76.6	62.6	45.6
		51.6	68.6	81.6	84.6	90.6	84.6	82.6	76.6	62.6	45.6
Trasformatore principale Gr. 1 (n°1 sorgente puntuale)	100.1	94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
Trasformatore principale Gr. 2 (n°1 sorgente puntuale)	100.1	94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
Trasformatore principale Gr. 3 (n°1 sorgente puntuale)	100.1	94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
Trasformatore principale Gr. 4 (n°1 sorgente puntuale)	100.1	94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
		94.0	97.0	100.0	95.0	96.0	86.0	83.0	77.0	66.0	54.0
Fronte Sala macchine (n°6 sorgenti planari)	111.5	115.0	110.0	101.0	102.6	100.2	100.0	100.0	100.8	91.0	84.0
		115.0	110.0	101.0	102.6	100.2	100.0	100.0	100.8	91.0	84.0
		115.0	110.0	101.0	102.6	100.2	100.0	100.0	100.8	91.0	84.0
Sala Macchine lato N	103.4	106.9	101.9	92.9	94.5	92.1	91.9	91.9	92.7	82.9	75.9
		106.9	101.9	92.9	94.5	92.1	91.9	91.9	92.7	82.9	75.9



Sorgente (rappresentazione modellistica)	Livello Globale di potenza acustica [dB(A)]	Frequenza (Hz) Valori in dBL									
		31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
(n°1 sorgente planare)		106.9	101.9	92.9	94.5	92.1	91.9	91.9	92.7	82.9	75.9
Sala Macchine lato Sud (n°1 sorgente planare)	103.4	106.9	101.9	92.9	94.5	92.1	91.9	91.9	92.7	82.9	75.9
		106.9	101.9	92.9	94.5	92.1	91.9	91.9	92.7	82.9	75.9
		106.9	101.9	92.9	94.5	92.1	91.9	91.9	92.7	82.9	75.9
Caldaia ultrasupercritica Lato Ovest (n°4 sorg. planari, n° 1 sorg. lineare)	100.1	104.6	105.1	98.5	93.6	93.4	90.2	89.6	84.2	78.4	67.8
		105.8	102.4	98.7	92.6	90.6	91.6	88.2	85.7	73.5	62.4
		103.5	101.4	95.1	92.4	89.6	89.5	85.7	82.6	69.6	55.9
Caldaia ultrasupercritica Lato Nord (n°19 sorgenti planari)	105.5	112.1	114.6	100.9	99.7	82.7	82.3	97.3	83.2	23.9	22.7
		114.8	111.4	84.4	97.7	97.4	99.9	96.1	76.9	23.9	22.7
		101.9	108.6	100.2	97.4	92.2	94.8	85.2	88.2	24	22.8
Caldaia ultrasupercritica Lato Est (n°11 sorgenti planari)	104.7	111.3	113.8	100.1	98.9	81.9	81.5	96.5	82.4	23.3	22.2
		114.0	110.6	83.6	96.9	96.6	99.1	95.3	76.1	23.2	22.2
		101.1	107.8	99.4	96.6	91.4	94.0	84.4	87.4	23.3	22.2
Caldaia ultrasupercritica Lato Sud (n°19 sorgenti planari)	105.5	112.1	114.6	100.9	99.7	82.7	82.3	97.3	83.2	23.9	22.7
		114.8	111.4	84.4	97.7	97.4	99.9	96.1	76.9	23.9	22.7
		101.9	108.6	100.2	97.4	92.2	94.8	85.2	88.2	24	22.8
Torre n°1 (n°4 sorgenti planari)	105.1	106.3	107.3	105.3	99.3	97.3	95.3	92.3	83.3	70.3	60.3
		106.3	107.3	105.3	99.3	97.3	95.3	92.3	83.3	70.3	60.3
		106.3	107.3	105.3	99.3	97.3	95.3	92.3	83.3	70.3	60.3
Torre n°2 (n°4 sorgenti planari)	106.7	107.9	108.9	106.9	100.9	98.9	96.9	93.9	84.9	71.9	61.9
		107.9	108.9	106.9	100.9	98.9	96.9	93.9	84.9	71.9	61.9
		107.9	108.9	106.9	100.9	98.9	96.9	93.9	84.9	71.9	61.9
Torre n°3 (n°4 sorgenti planari)	105.6	106.8	107.8	105.8	99.8	97.8	95.8	92.8	83.8	70.8	60.8
		106.8	107.8	105.8	99.8	97.8	95.8	92.8	83.8	70.8	60.8
		106.8	107.8	105.8	99.8	97.8	95.8	92.8	83.8	70.8	60.8
Torre n°4 (n°4 sorgenti planari)	105.6	106.8	107.8	105.8	99.8	97.8	95.8	92.8	83.8	70.8	60.8
		106.8	107.8	105.8	99.8	97.8	95.8	92.8	83.8	70.8	60.8
		106.8	107.8	105.8	99.8	97.8	95.8	92.8	83.8	70.8	60.8
Torre n°6 (n°4 sorgenti planari)	97.0	98.2	99.2	97.2	91.2	89.2	87.2	84.2	75.2	62.2	52.2
		98.2	99.2	97.2	91.2	89.2	87.2	84.2	75.2	62.2	52.2
		98.2	99.2	97.2	91.2	89.2	87.2	84.2	75.2	62.2	52.2
Coppia di nastri carbone su banchina (n°2 sorgenti lineari)	101.6	102.7	92.8	98.8	95.0	98.3	93.6	85.6	78.6	66.6	52.8
		92.8	91.0	101.7	94.8	96.8	92.7	84.6	74.7	63.0	57.8
		92.8	98.2	95.3	97.4	94.5	87.5	82.6	68.5	62.8	52.8
Coppia di nastri su banchina gesso e ceneri (n°2 sorgenti lineari)	94.1	95.2	85.3	91.3	87.5	90.8	86.1	78.1	71.1	59.1	45.3
		85.3	83.5	94.2	87.3	89.3	85.2	77.1	67.2	55.5	50.3
		85.3	90.7	87.8	89.9	87.0	80.0	75.1	61.0	55.3	45.3
Coppia di scaricatori carbone (n°2 sorgenti puntuali)	100.3	96.3	88.7	86.2	89.5	93.1	90.4	87.5	81.1	76.5	70.6
		88.7	102.0	91.7	90.8	98.7	90.6	86.7	79.6	75.0	70.1
		88.7	98.0	88.0	89.5	92.5	87.6	84.1	78.4	74.0	40.7
Nastri da Torre n°1 a Torre n°2 (n°4 sorgenti lineari)	98.9	100.0	90.1	96.1	92.3	95.6	90.9	82.9	75.9	63.9	50.1
		90.1	88.3	99.0	92.1	94.1	90.0	81.9	72.0	60.3	55.1
		90.1	95.5	92.6	94.7	91.8	84.8	79.9	65.8	60.1	50.1



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Sorgente (rappresentazione modellistica)	Livello Globale di potenza acustica [dB(A)]	Frequenza (Hz) Valori in dBL									
		31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
Nastro da Torre n°2 a Torre n°3 (n°1 sorgente lineare)	103.6	104.7	94.8	100.8	97.0	100.3	95.6	87.6	80.6	68.6	54.8
		94.8	93.0	103.7	96.8	98.8	94.7	86.6	76.7	65.0	59.8
		94.8	100.2	97.3	99.4	96.5	89.5	84.6	70.5	64.8	54.8
Nastro da Torre n°3 a Torre n°4 (n°1 sorgente lineare)	93.2	94.3	84.4	90.4	86.6	89.9	85.2	77.2	70.2	58.2	44.4
		84.4	82.6	93.3	86.4	88.4	84.3	76.2	66.3	54.6	49.4
		84.4	89.8	86.9	89.0	86.1	79.1	74.2	60.1	54.4	44.4
Nastro da Torre n°4 a Torre n°5 (n°1 sorgente lineare)	94.5	95.6	85.7	91.7	87.9	91.2	86.5	78.5	71.5	59.5	45.7
		85.7	83.9	94.6	87.7	89.7	85.6	77.5	67.6	55.9	50.7
		85.7	91.1	88.2	90.3	87.4	80.4	75.5	61.4	55.7	45.7
Nastro da Torre n°4 a Dome (n°1 sorgente lineare)	89.5	90.6	80.7	86.7	82.9	86.2	81.5	73.5	66.5	54.5	40.7
		80.7	78.9	89.6	82.7	84.7	80.6	72.5	62.6	50.9	45.7
		80.7	86.1	83.2	85.3	82.4	75.4	70.5	56.4	50.7	40.7
Macchine combinate, all'interno dei dome (n°2 sorgenti puntuali)	105.0 cad.	100,0	117,8	98,2	95,8	97,8	96,5	92,8	87,7	50,0	35,0
		101,3	108,3	98,4	99,9	97,8	95,0	92,4	85,8	45,0	30,0
		106,3	98,7	103,8	97,7	100,1	89,3	88,7	55,0	40,0	25,0
Nastro da Torre n°5 a fine tratta (n°1 sorgente lineare)	91.2	92.3	82.4	88.4	84.6	87.9	83.2	75.2	68.2	56.2	42.4
		82.4	80.6	91.3	84.4	86.4	82.3	74.2	64.3	52.6	47.4
		82.4	87.8	84.9	87.0	84.1	77.1	72.2	58.1	52.4	42.4
Nastro calcare su banchina (n°1 sorgente lineare)	98.7	99.8	89.9	95.9	92.1	95.4	90.7	82.7	75.7	63.7	49.9
		89.9	88.1	98.8	91.9	93.9	89.8	81.7	71.8	60.1	54.9
		89.9	95.3	92.4	94.5	91.6	84.6	79.7	65.6	59.9	49.9
Scaricatore calcare (n°1 sorgente puntuale)	95.3	91.3	83.7	81.2	84.5	88.1	85.4	82.5	76.1	71.5	65.6
		83.7	97.0	86.7	85.8	93.7	85.6	81.7	74.6	70.0	65.1
		83.7	93.0	83.0	84.5	87.5	82.6	79.1	73.4	69.0	35.7
Nastri da Torre n°6 a Torre n° 1 (n°2 sorgenti lineari)	92.0	93.1	83.2	89.2	85.4	88.7	84.0	76.0	69.0	57.0	43.2
		83.2	81.4	92.1	85.2	87.2	83.1	75.0	65.1	53.4	48.2
		83.2	88.6	85.7	87.8	84.9	77.9	73.0	58.9	53.2	43.2
Nastro da Torre n°2 a Torre n°7 (n°1 sorgente lineare)	90.4	91.5	81.6	87.6	83.8	87.1	82.4	74.4	67.4	55.4	41.6
		81.6	79.8	90.5	83.6	85.6	81.5	73.4	63.5	51.8	46.6
		81.6	87.0	84.1	86.2	83.3	76.3	71.4	57.3	51.6	41.6
Nastro da Torre n°2 a Torre n°8 (n°1 sorgente lineare)	92.4	93.5	83.6	89.6	85.8	89.1	84.4	76.4	69.4	57.4	43.6
		83.6	81.8	92.5	85.6	87.6	83.5	75.4	65.5	53.8	48.6
		83.6	89.0	86.1	88.2	85.3	78.3	73.4	59.3	53.6	43.6
Nastro da Torre n°2 a Torre n°9 (n°1 sorgente lineare)	90.4	91.5	81.6	87.6	83.8	87.1	82.4	74.4	67.4	55.4	41.6
		81.6	79.8	90.5	83.6	85.6	81.5	73.4	63.5	51.8	46.6
		81.6	87.0	84.1	86.2	83.3	76.3	71.4	57.3	51.6	41.6
Nastro da Torre n°7 a Torre n°8 (n°1 sorgente lineare)	81.4	82.5	72.6	78.6	74.8	78.1	73.4	65.4	58.4	46.4	32.6
		72.6	70.8	81.5	74.6	76.6	72.5	64.4	54.5	42.8	37.6
		72.6	78.0	75.1	77.2	74.3	67.3	62.4	48.3	42.6	32.6
Nastro da Torre n°9 a Torre n°10 (n°1 sorgente lineare)	94.5	95.5	85.6	91.6	87.8	91.1	86.4	78.4	71.4	59.4	45.6
		85.6	83.8	94.5	87.6	89.6	85.5	77.4	67.5	55.8	50.6
		85.6	91.0	88.1	90.2	87.3	80.3	75.4	61.3	55.6	45.6
Edificio mulini macinazione calcare	96.7	114.7	110.7	100.7	92.2	89.4	80.9	74.1	64.5	45.8	24.3
		114.7	110.7	100.7	92.2	89.4	80.9	74.1	64.5	45.8	24.3



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Sorgente (rappresentazione modellistica)	Livello Globale di potenza acustica [dB(A)]	Frequenza (Hz) Valori in dBL									
		31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
(n°4 sorgenti planari)		114.7	110.7	100.7	92.2	89.4	80.9	74.1	64.5	45.8	24.3
Coppia di ventilatori indotti DeSOx (n°2 sorgenti puntuali)	105.8	115.9	111.3	106.4	100.7	96.2	95.2	95.5	90.2	87.1	77.9
		113.3	110.1	101.9	97.1	97.6	96.9	93.5	88.5	83.0	74.3
		109.7	106.4	99.1	96.3	96.1	97.4	91.6	86.9	81.2	70.0
Assorbitore (n°7 sorgenti planari)	103.0	118.8	107.6	105.0	96.2	92.2	94.1	93.5	87.7	79.8	56.4
		116.5	104.5	104.0	96.0	92.9	92.0	91.9	85.1	75.9	56.4
		107.8	103.2	99.5	94.3	90.3	94.2	90.9	82.5	70.0	56.4
Edificio servizi ausiliari assorbimento (n°5 sorgenti planari)	107.2	117.6	111.6	106.2	104.4	98.1	95.8	92.2	81.8	72.2	67.3
		114.6	109.2	103.7	104.6	100.4	98.0	92.1	77.0	67.3	67.3
		110.7	108.3	111.0	100.8	99.6	97.7	90.6	73.4	67.3	67.3
Condotti fumi di una sezione (n°3 sorgenti lineari)	101.6	114.7	106.3	106.6	102.2	92.7	89.9	89.3	86.3	83.5	76.0
		109.5	105.3	105.5	95.7	91.4	90.5	87.9	85.0	82.0	69.9
		106.3	106.5	101.6	93.6	90.9	90.2	87.2	84.4	79.6	54.2
Mulini carbone di n° 1 sezione (n°2 sorgenti planare)	105.0	108.6	107.2	103.9	98.3	99.5	96.2	93.5	90.1	84.4	73.8
		108.6	105.1	104.8	97.6	95.0	95.0	91.9	91.8	79.5	68.5
		109.4	105.7	100.1	97.5	95.1	94.5	91.5	87.5	75.7	62.0

Tempi di funzionamento previsti

Il funzionamento dell'impianto di movimentazione carbone dai sistemi si scaricamento ai depositi (dome) non sarà continuativo durante l'esercizio dell'impianto, ma avrà luogo solo per gli effettivi tempi di permanenza delle chiatte; le operazioni di scarico avranno luogo senza interruzione, sia in periodo diurno che notturno.

Su base annuale, a fronte delle circa 7000 ore di funzionamento previste per i gruppi, si avrà scarico di carbone, e quindi funzionamento delle relative apparecchiature, per circa 1800 ore.

Similmente, anche gli impianti di movimentazione di calcare, gesso e ceneri avranno funzionamento sporadico, pari ad alcune centinaia di ore/anno.

Calcolo dei livelli sonori – Situazione post operam

Calcolo puntuale

Il modello è stato alimentato con i parametri di sorgente sopra riportati ed è stata effettuata la proiezione delle emissioni sia nei punti posti lungo la recinzione, indicati con E03÷E15 (Figura 4.2.6.3-I) che nei punti situati presso potenziali ricettori abitativi (R01÷R24), già utilizzati in fase ante operam.

I risultati del calcolo sono riportati rispettivamente in Tabella 4.2.6.3/II e in Tabella 4.2.6.3/III.



Le valutazioni effettuate non tengono conto dei periodi di inattività dell'impianto di movimentazione carbone (dalla banchina ai dome), calcare, gesso e ceneri; i risultati ottenuti sono quindi da intendersi ampiamente cautelativi se riferiti al tempo a lungo termine.

I valori calcolati lungo la recinzione sono confrontati con il limite transitorio di accettabilità (art. 6 del DPCM 1 marzo 1991), valido per le aree industriali, pari a 70 dB(A). Viene anche riportato il confronto il limite di emissione relativo alla classe VI, a cui appartiene l'impianto nella ipotesi di zonizzazione formulata, pari a 65 dB(A), sia in periodo diurno che notturno.

I livelli sonori calcolati presso i punti esterni sono confrontati sia con i limiti transitori di accettabilità, sia con i limiti di immissione delle classi di appartenenza di ogni postazione, relativi al periodo notturno, che ha valori più restrittivi, secondo l'ipotesi di zonizzazione formulata.

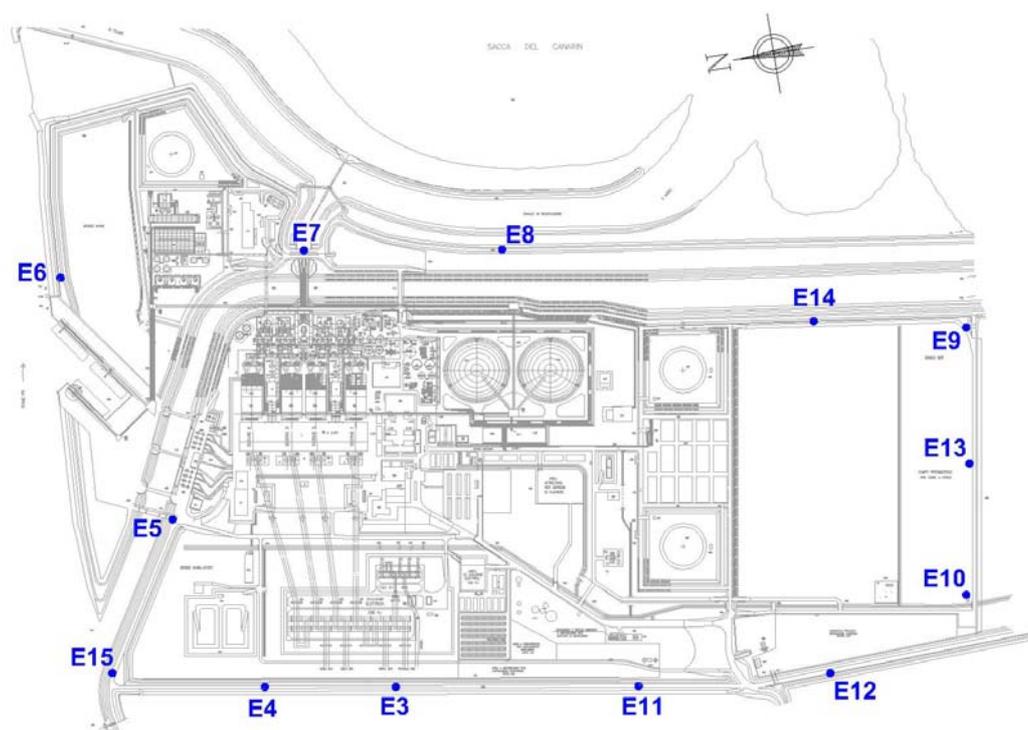


Figura 4.2.6.3-I - Centrale di Porto Tolle: ubicazione dei punti di calcolo E03÷E15 situati lungo la recinzione



Tabella 4.2.6.3/II – Livelli sonori di immissione specifica dell'impianto in condizione post operam calcolati dal modello lungo la recinzione – Valori in dB(A)

Punto	Livello calcolato	Limite di accettabilità (art. 6 D.P.C.M. 1.3.91)	Valore limite di emissione (art. 2 D.P.C.M. 14.11.97)
E03	50.4	70 (limiti transitori - zona esclusivamente industriale)	65 (Classe VI – Zone esclusivamente industriali)
E04	50.5		
E05	55.4		
E06	56.5		
E07	60.4		
E08	54.2		
E09	37.5		
E10	36.1		
E11	44.0		
E12	39.1		
E13	39.3		
E14	39.3		
E15	48.5		

L'esame della Tabella 4.2.6.3/II mostra che, nei punti individuati, il contributo acustico dell'impianto risulta ovunque inferiore al limite di emissione della classe VI, pari a 65 dB(A) e pertanto anche al limite transitorio di accettabilità, pari a 70 dB(A), entrambi validi sia in periodo diurno che notturno.

Tabella 4.2.6.3/III - Livelli di immissione specifica (contributo acustico dell'impianto ENEL) in condizione ante post calcolati dal modello presso punti esterni – Valori in dB(A)

Punto	Piano	Direz.	Livello calcolato	Limite di accettabilità (art. 6 D.P.C.M. 1.3.91)	Valore limite assoluto di immissione (art. 2 D.P.C.M. 14.11.97)
R01	1	S	38.0	50 (limiti transitori – zona B - notturno)	50 (Classe III – notturno)
	2	S	43.6		
	3	S	44.0		
R02	1	S	36.1	50 (limiti transitori – zona B - notturno)	50 (Classe III – notturno)
	2	S	38.5		
	3	S	39.4		
R03	1	S	36.7	50 (limiti transitori – zona B - notturno)	50 (Classe III – notturno)
	2	S	42.2		
	3	S	45.2		
	1	E	37.4		
	2	E	42.8		
	3	E	45.1		



Punto	Piano	Direz.	Livello calcolato	Limite di accettabilità (art. 6 D.P.C.M. 1.3.91)	Valore limite assoluto di immissione (art. 2 D.P.C.M. 14.11.97)
R04	1	S	35.9	50 (limiti transitori – zona B - notturno)	50 (Classe III – notturno)
	2	S	37.5		
	3	S	39.5		
R06	1	S	38.1	50 (limiti transitori – zona B - notturno)	50 (Classe III – notturno)
	2	S	43.7		
	3	S	44.0		
	1	E	38.0		
	2	E	43.3		
	3	E	43.8		
R07	1	S	37.1	50 (limiti transitori – zona B – notturno)	50 (Classe III – notturno)
	2	S	42.5		
	3	S	44.8		
R08	1	S	37.4	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
	2	S	40.3		
	1	E	31.1		
	2	E	36.3		
R09	1	E	40.2	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
	2	E	43.1		
R10	1	E	40.2	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
	2	E	43.2		
R11	1	E	38.3	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
	2	E	41		
R12	1	E	35.9	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
	2	E	37.6		
R13	1	E	33.3	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
	2	E	34.5		
R14	1	E	33	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
	2	E	34.2		
R15	1	E	32.2	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
	2	E	33.4		
R16	1	N	31.5	60	50



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Punto	Piano	Direz.	Livello calcolato	Limite di accettabilità (art. 6 D.P.C.M. 1.3.91)	Valore limite assoluto di immissione (art. 2 D.P.C.M. 14.11.97)
	2	N	32.9	(limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	(Classe III – notturno)
R17	1	N	31.4	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
	2	N	32.7		
R18	1	E	28	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
	2	E	28.9		
	3	E	29.5		
R19	1	E	27.7	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
	2	E	28.8		
	3	E	29.4		
	1	N	24.4		
	2	N	25.6		
	3	N	26.1		
R20	1	N	27.1	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
	2	N	28.8		
	3	N	29		
R21	1	N	28.5	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
	2	N	29.9		
	3	N	30.2		
R22	1	E	31.4	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
	2	E	33.3		
	3	E	33.6		
R23	-		42.8	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
R24	-		45.3	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
P.to 01	-		40.7	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
P.to 02	-		30.6	60 (limiti transitori – tutto il territorio nazionale)	50 (Classe III – notturno)
P.to 03	-		38.4	50 (limiti transitori – zona B - notturno)	50 (Classe III – notturno)



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Come si può notare, i livelli di immissione calcolati dal modello nei punti situati in corrispondenza di potenziali ricettori risultano ovunque inferiori sia ai limiti transitori di cui al DPCM 1 marzo 1991, che ai valori limite assoluti di immissione di cui al DPCM 14 novembre 1997, relativamente al tempo di riferimento notturno.

Per quanto concerne le componenti impulsive, queste sono da escludere durante l'esercizio dell'impianto, poiché la rumorosità prodotta dal funzionamento di un impianto termoelettrico è determinata da sorgenti la cui emissione acustica è di tipo stazionario nel tempo. Relativamente alle componenti tonali occorre osservare che la verifica della loro eventuale presenza, secondo le modalità indicate dal decreto 16 marzo 1998, deve avvenire, presso i ricettori identificati, mediante misure sperimentali del rumore ambientale derivante dal contributo di tutte le sorgenti presenti sul territorio (immissione). In particolare la rumorosità prodotta da impianti a ciclo combinato non presenta, in generale, componenti tonali a distanza. Infatti, pur potendosi presentare caratterizzazioni in frequenza nelle immediate vicinanze di alcune sorgenti, a distanza il loro contributo è mascherato dal rumore a banda larga dovuto al complesso delle altre sorgenti. Quindi i fattori correttivi K_r , K_r , K_B (All. A punto 15 decreto 16 marzo 1998) sono tutti uguali a zero.

Nella Tabella 4.2.6.3/IV vengono confrontati i valori calcolati dal modello nei punti situati presso i potenziali ricettori abitativi e gli scostamenti puntuali tra le situazioni attuale e futura, limitatamente ai casi in cui il contributo dell'impianto in facciata agli edifici nella situazione futura risulti superiore a 30 dB(A).

Viene anche riportato il valore medio logaritmico dei livelli calcolati nelle due situazioni.



Tabella 4.2.6.3/IV - Confronto tra i livelli sonori calcolati presso punti esterni – Valori in dB(A)

Punto	Piano	Direz.	Livelli di rumore calcolati dal modello (contributo acustico dell'impianto)		
			Situaz. attuale (A)	Situaz. futura (B)	Differenza (B)-(A)
R01	1	S	35.9	38.0	2.1
	2	S	42.1	43.6	1.5
	3	S	42.7	44.0	1.3
R02	1	S	34.2	36.1	1.9
	2	S	35.9	38.5	2.6
	3	S	37.2	39.4	2.2
R03	1	S	35.6	36.7	1.1
	2	S	41	42.2	1.2
	3	S	44.1	45.2	1.1
	1	E	36.6	37.4	0.8
	2	E	42.2	42.8	0.6
	3	E	44.3	45.1	0.8
R04	1	S	34.1	35.9	1.8
	2	S	35.6	37.5	1.9
	3	S	37.4	39.5	2.1
R06	1	S	36.4	38.1	1.7
	2	S	42.3	43.7	1.4
	3	S	43.2	44	0.8
	1	E	36.3	38	1.7
	2	E	42.3	43.3	1.0
	3	E	42.9	43.8	0.9
R07	1	S	36.1	37.1	1.0
	2	S	41.6	42.5	0.9
	3	S	43.6	44.8	1.2
R08	1	S	35.4	37.4	2.0
	2	S	38.7	40.3	1.6
	1	E	28.7	31.1	2.4
	2	E	34.1	36.3	2.2
R09	1	E	38.8	40.2	1.4
	2	E	41.8	43.1	1.3
R10	1	E	38.8	40.2	1.4
	2	E	42.0	43.2	1.2
R11	1	E	36.8	38.3	1.5
	2	E	39.7	41.0	1.3
R12	1	E	33.4	35.9	2.5
	2	E	34.8	37.6	2.8
R13	1	E	30.9	33.3	2.4
	2	E	32.1	34.5	2.4



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Punto	Piano	Direz.	Livelli di rumore calcolati dal modello (contributo acustico dell'impianto)		
			Situaz. attuale (A)	Situaz. futura (B)	Differenza (B)-(A)
R14	1	E	31.0	33.0	2.0
	2	E	32.3	34.2	1.9
R15	1	E	29.7	32.2	2.5
	2	E	30.9	33.4	2.5
R16	1	N	28.6	31.5	2.9
	2	N	30	32.9	2.9
R17	1	N	28.4	31.4	3.0
	2	N	29.7	32.7	3.0
R21	3	N	27.7	30.2	2.5
R22	1	E	28.8	31.4	2.6
	2	E	31.4	33.3	1.9
	3	E	31.7	33.6	1.9
R23	-		40.2	42.8	2.6
R24	-		42.6	45.3	2.7
P.to 01	-		39.3	40.7	1.4
P.to 02	-		25.5	30.6	5.1
P.to 03	-		35.8	38.4	2.6
Media			37.8	39.3	1.5

Dall'osservazione della tabella emerge che, a seguito degli interventi previsti, la rumorosità specifica della centrale, anche nell'ipotesi ampiamente cautelativa di funzionamento continuativo dei sistemi di movimentazione di carbone, calcare gesso e ceneri, subirà un incremento generalizzato in tutte le direzioni, contenuto mediamente, entro 1.5 dB(A).

Si evidenzia inoltre come nel calcolo non sia stato considerato il rumore residuo del sito, legato alle sorgenti estranee all'impianto ENEL, che invece contribuisce al rumore ambientale e deve essere considerato ai fini del criterio differenziale.

Sui singoli ricettori tale incremento risulterà ovunque minore o, al più, uguale al valore del limite più restrittivo per il criterio differenziale, pari a 3 dB(A), fatta eccezione per il punto 02, ove, peraltro, il contributo dell'impianto è inferiore di oltre 10 dB(A) rispetto al residuo notturno e perciò assolutamente trascurabile, come evidenziato nel seguito.

Calcolo delle immissioni (impianto e altre sorgenti)

Grazie alla disponibilità di rilievi di rumore residuo, è possibile, limitatamente ad alcuni ricettori, il calcolo del livello di immissione e delle differenze tra la situazione attuale e futura. La caratterizzazione delle immissioni²⁸ è stata

²⁸ Per "immissione acustica" si intende il rumore che si misura in un determinato punto dell'ambiente quando tutte le sorgenti di rumore del luogo sono attive.



effettuata sommando al rumore residuo²⁹ $L_{Aeq,RES}$, ottenuto dai rilievi sperimentali presso le postazioni P.to 01, 02, 03, il contributo dell'impianto calcolato con il modello (L_{mod}), alimentato con le sorgenti relative alla situazione attuale e futura, mediante la seguente relazione:

$$L_{Aeq,TR} = 10 \cdot \log \cdot (10^{0.1 \cdot L_{Aeq,RES}} + 10^{0.1 \cdot L_{mod}})$$

dove $L_{Aeq,TR}$ rappresenta il valore delle immissioni.

Nella seguente tabella sono riassunti il livello di rumore residuo, il contributo dell'impianto e il livello di immissione acustica nelle situazioni attuale e futura, per il periodo diurno e notturno. Sono stati indicati come "Non apprezzabili" scostamenti minori di ± 0.5 dB(A), valore ampiamente inferiore alla minima differenza di energia sonora che può venire percepita dall'orecchio umano.

Tabella 4.2.6.3/V - Livelli sonori previsti nei punti 01, 02, 03 nella situazione attuale e futura - Calcolo del livello di immissione – Valori in dB(A)

Periodo	Punto	$L_{Aeq,RES}$ impianto fermo	Situazione attuale		Situazione futura		Delta (B) – (A)
			L_{mod} attuale solo impianto	$L_{Aeq,TR}$ -attuale ad impianto funzionante (A)	L_{mod} futuro solo impianto	$L_{Aeq,TR}$ -futuro ad impianto funzionante (B)	
DIURNO	01	42.4	39.3	44.1	40.7	44.6	0.5
	02	51.7	25.5	51.7	30.6	51.7	Non apprezzabile
	03	43.5	35.8	44.2	38.4	44.7	0.5
NOTTURNO	01	38.3	39.3	41.8	40.7	42.7	0.9
	02	43.0	25.5	43.1	30.6	43.2	Non apprezzabile
	03	35.7	35.8	38.8	38.4	40.3	1.5

Come si può osservare dalla tabella, i livelli di rumore ambientale previsti presso i ricettori abitativi più prossimi all'impianto nella situazione futura resteranno sostanzialmente inalterati o presenteranno incrementi, rispetto alla situazione attuale, contenuti entro 1.5 dB(A)

Per una rappresentazione delle immissioni specifiche dell'impianto in tutto il territorio circostante, sono state prodotte le mappe delle curve isofoniche. Il calcolo è stato eseguito ad una altezza dal suolo di 4 m, con i parametri già precedentemente indicati. Le curve calcolate (da 30 a 65 dB(A), con passo 5 dB(A)) sono rappresentate, sulle planimetrie di sito, nella Figura 4.2.6.3-II. Nel calcolo delle mappe è stata considerata anche la viabilità di accesso all'impianto, includendo il traffico pesante legato all'approvvigionamento delle biomasse vegetali.

²⁹ Il rumore residuo è quello che si misura in un punto quando la sorgente specifica in esame è disattivata.



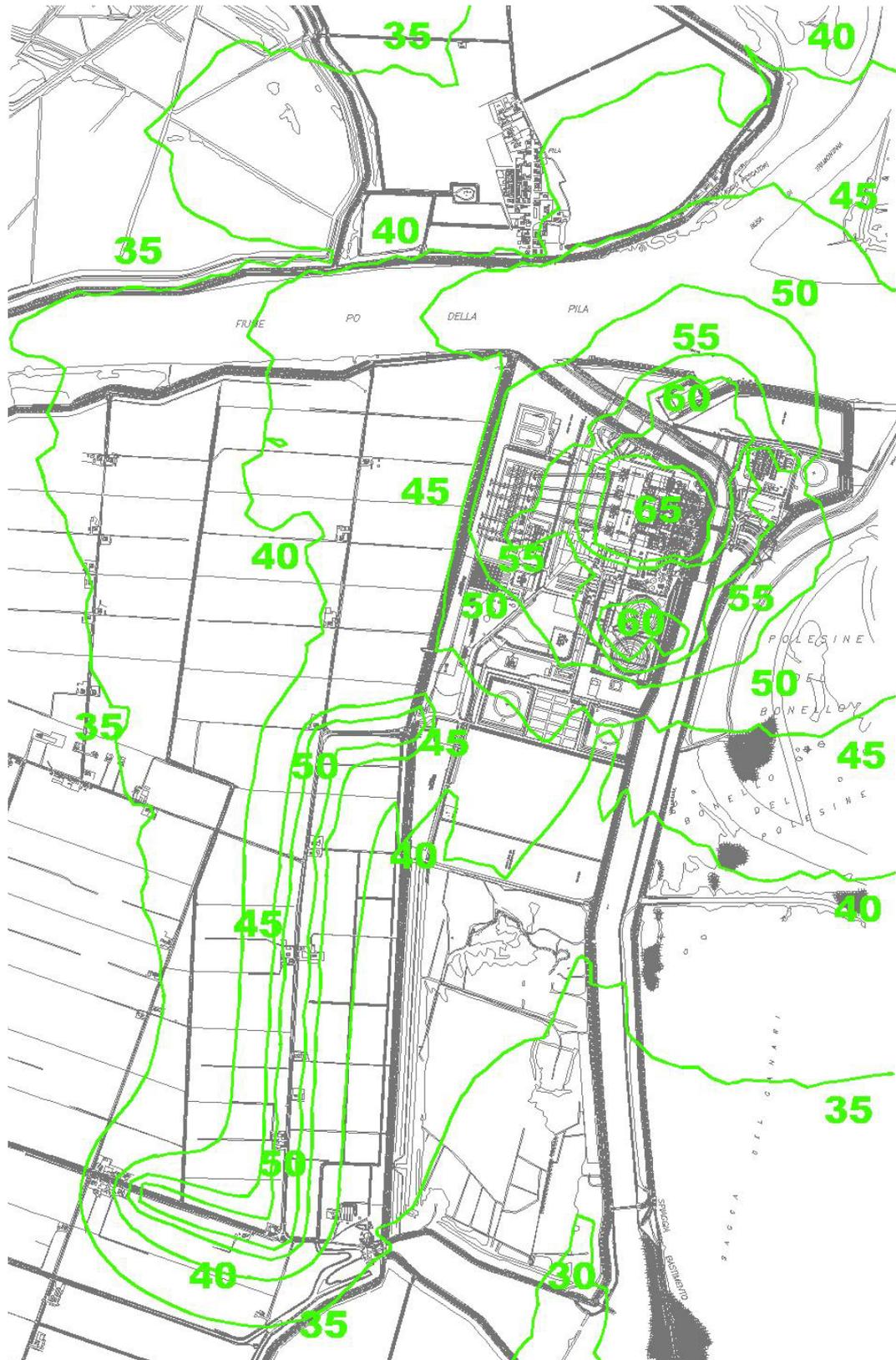


Figura 4.2.6.3-II - Centrale di Porto Tolle: curve isofoniche di immissione specifica dell'impianto nella condizione futura



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Le isofone corrispondenti a livelli di immissione di 65 e 60 dB(A) rimarranno contenute all'interno dall'area dell'impianto, assimilabile alle "zone esclusivamente industriali" secondo il DPCM 1 marzo 1991 o, nell'ipotesi di zonizzazione formulata, alla classe VI (limite di immissione notturno 70 dBA) secondo il DPCM 14 novembre 1997.

Anche l'isofona corrispondente a livelli di immissione di 55 dBA resterà inclusa, per la quasi totalità, nell'area di impianto e non andrà ad interessare aree abitate.

L'isofona corrispondente a 50 dB(A) non andrà ad interessare aree di classe III, per cui i limiti notturni di immissione di tale classe, pari appunto a 50 dB(A), risultano rispettati.

Conclusioni

In carenza di una zonizzazione acustica approvata dal Comune di Porto Tolle, ai sensi dell'art. 8 del DPCM 14 novembre 1997 si applicano i limiti transitori di cui all'art. 6, comma 1 del DPCM 1 marzo 1991.

L'area su cui è edificato l'impianto rientra in quelle definite dal DPCM 1 marzo 1991 "zone esclusivamente industriali" con limite di accettabilità diurno e notturno di 70 dB(A); l'area circostante rientra invece nella tipologia di zone definita "tutto il territorio nazionale" con limite diurno di 70 dB(A) e limite notturno di 60 dB(A). L'abitato di Pila è stato inserito nella zona B di cui al DPCM 1 marzo 1991 con limite diurno di 60 dB(A) e limite notturno di 50 dB(A). I limiti suddetti risultano ovunque rispettati.

Le valutazioni effettuate non tengono conto dei periodi di inattività dell'impianto di movimentazione carbone, calcare, gesso e ceneri; i risultati ottenuti sono quindi da intendersi ampiamente cautelativi se riferiti al tempo a lungo termine. Nell'ipotesi che in futuro il Comune di Porto Tolle approvi una zonizzazione acustica del territorio è ragionevole ipotizzare che collocherà l'area dell'impianto nella classe VI (aree industriali) di cui alla tabella A del DPCM 14 novembre 1997 e l'area circostante nella classe III (area di tipo misto), con l'eventuale interposizione di due fasce di classe V e IV. L'abitato di Pila verrà presumibilmente assegnato alla classe III (aree di tipo misto). I livelli di immissione specifici dell'impianto previsti dal modello nell'assetto futuro presso i potenziali ricettori abitativi sono risultati minori dei corrispondenti limiti notturni di zona. Inoltre che il contributo acustico dell'impianto lungo la recinzione risulta ovunque inferiore al limite di emissione della classe VI, pari a 65 dB(A), valido sia in periodo diurno che notturno. Gli incrementi dell'immissione specifica dell'impianto, calcolati con il modello matematico all'esterno dei ricettori ubicati nell'intorno della centrale, che costituiscono una stima, ancorché a titolo indicativo, del valore del livello differenziale di immissione, non superano mai il valore del limite più restrittivo, pari a 3 dB(A).

4.2.6.4. Analisi dell'impatto acustico in fase di cantiere

Generalità

Il rumore di un'area di cantiere per la realizzazione/modifica/ampliamento di un impianto termoelettrico è generato prevalentemente dai macchinari utilizzati per le diverse attività e dal traffico costituito sia dai veicoli pesanti,



adibiti al trasporto del materiale, sia dai veicoli leggeri, utilizzati per il trasporto delle maestranze.

Nell'evoluzione di un cantiere si possono distinguere, da un punto di vista della tipologia delle emissioni acustiche, 5 diverse fasi:

- preparazione del sito;
- lavori di scavo;
- lavori di fondazione;
- lavori di edificazione dei fabbricati e montaggi;
- finiture, pavimentazione e pulizia.

Nelle prime due fasi il macchinario utilizzato è composto quasi esclusivamente da macchine movimento terra (scavatrici, trattori, ruspe, rulli compressori, etc.) e da autocarri.

Nelle fasi successive intervengono nel cantiere macchine movimento materiali (gru e gru semoventi), macchine stazionarie (pompe, generatori e compressori) e macchine varie (seghe, trapani, imbullonatrici, martelli pneumatici, etc.). Il rumore emesso da dette macchine differisce da modello a modello ed è funzione del tipo di attività che viene svolta.

Il rumore complessivo generato da un cantiere dipende quindi dal numero e dalla tipologia delle macchine in funzione in un determinato momento e dal tipo di attività svolta e risulta quindi molto variabile nell'arco delle 24 ore, con massimi nel periodo di riferimento diurno e minimo in quello notturno.

Stima della potenza acustica emessa

Una stima della potenza acustica emessa dal cantiere potrebbe essere effettuata utilizzando dati bibliografici sul macchinario impiegato e ipotizzando cicli di funzionamento nell'arco del giorno e nelle diverse fasi costruttive.

Al fine di operare una stima più realistica, si è preferito utilizzare dati di rumorosità ambientale rilevati su cantieri di costruzione di altri impianti termoelettrici Enel. In particolare sono stati impiegati dati relativi al cantiere di Montalto di Castro³⁰ che, per dimensioni, numero di persone impiegate e tipologia di attività, è da ritenersi certamente più "importante" del cantiere di Porto Tolle.

Dalle misure di rumore effettuate nell'ambiente circostante il cantiere della Centrale di Montalto di Castro nelle fasi costruttive di "preparazione del sito" e di "edificazione e montaggi", è stato stimato un livello di potenza acustica "virtuale" (riferita cioè a sorgente puntiforme ubicata nel baricentro dell'area di cantiere) pari a circa 127 dBA, che tiene conto anche della rumorosità indotta dall'aumento di traffico pesante e leggero. A parità di livello globale ponderato A, sono state ottenute dai dati due diverse distribuzioni spettrali: nella fase di edificazione e montaggi i livelli associati alle bande spettrali di bassa frequenza sono risultati significativamente più alti dei livelli corrispondenti rilevati nella fase di preparazione del sito, come si può notare dalle Tabella 4.2.6.4/I e Tabella 4.2.6.4/II

³⁰ Relazione tecnica Enel PSI Laboratorio di Piacenza n°. MC00040TSIPE167



Tabella 4.2.6.4/I – Spettri di potenza acustica (cantiere della Centrale di Montalto di Castro) – Fase di preparazione del sito, valori in dB

Bande di frequenza 1/3 di ottava (Hz)									
31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
119,9	121,3	116,2	115,2	121,7	111,1	114,4	115,8	98,2	87,4
119,5	121,6	115,2	121,0	116,7	112,2	116,2	114,8	98,4	86,8
120,9	121,4	113,0	123,3	111,6	118,2	117,5	115,8	94,4	

Tabella 4.2.6.4/II – Spettri di potenza acustica (cantiere della Centrale di Montalto di Castro) – Fase di edificazione e montaggi, valori in dB

Bande di frequenza 1/3 di ottava (Hz)									
31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
123,6	124,8	138,4	109,5	109,8	111,8	111,6	114,0	100,2	86,9
122,8	127,5	126,4	111,4	113,6	112,5	115,2	118,4	100,2	84,8
123,6	130,1	115,5	121,0	110,1	114,0	113,8	121,8	95,3	

Stima della rumorosità indotta dal cantiere nell'area circostante

La rumorosità dovuta al cantiere nell'area circostante, nelle due fasi citate di "preparazione del sito" e di "edificazione e montaggi", è stata quindi calcolata utilizzando lo stesso modello matematico di propagazione sonora applicato alla fase di esercizio e attribuendo ai livelli di potenza acustica i valori stimati per la Centrale di Montalto di Castro.

In particolare si può ipotizzare che, per quanto riguarda la fase di preparazione del sito, i principali interventi di cantiere abbiano luogo nell'area ove verranno realizzate le quattro nuove caldaie e i relativi impianti di desolfurazione, l'area stoccaggio carbone e l'area ove saranno realizzati gli impianti di gestione del calcare e del gesso. La sorgente rappresentativa del cantiere è stata quindi suddivisa in 6 parti, localizzate rispettivamente in posizione baricentrica rispetto a ciascuna area di intervento. Per quanto attiene invece alla fase di edificazione e montaggio, la localizzazione delle sorgenti è stata effettuata nelle seguenti dieci aree di intervento: deposito carbone Sud, deposito carbone Nord, area stoccaggio gesso e gestione calcare, caldaia gruppo 1, caldaia gruppo 2, caldaia gruppo 3 caldaia gruppo 4, impianti DeSOx gruppi 1-2, impianti DeSOx gruppi 3-4, darsena.

Nella Figura 4.2.6.4-I e Figura 4.2.6.4-II sono riportate sulla planimetria del sito le curve di isoimmisione acustica dovute al cantiere nelle fasi di "preparazione del sito" ed "edificazione e montaggi". I livelli associati alle curve isofoniche tracciate tengono già conto del periodo di attività del cantiere, limitato al normale orario di lavoro all'interno del tempo di riferimento diurno; nella restante parte del periodo diurno e nel tempo di riferimento notturno (dalle 22 alle 6) la rumorosità prodotta dal cantiere è trascurabile.

Con riferimento sia ai limiti transitori di cui al DPCM 1 marzo 1991 che all'ipotesi di zonizzazione formulata, risulta che in tutte le aree circostanti il cantiere, i limiti diurni sono sempre ampiamente rispettati.



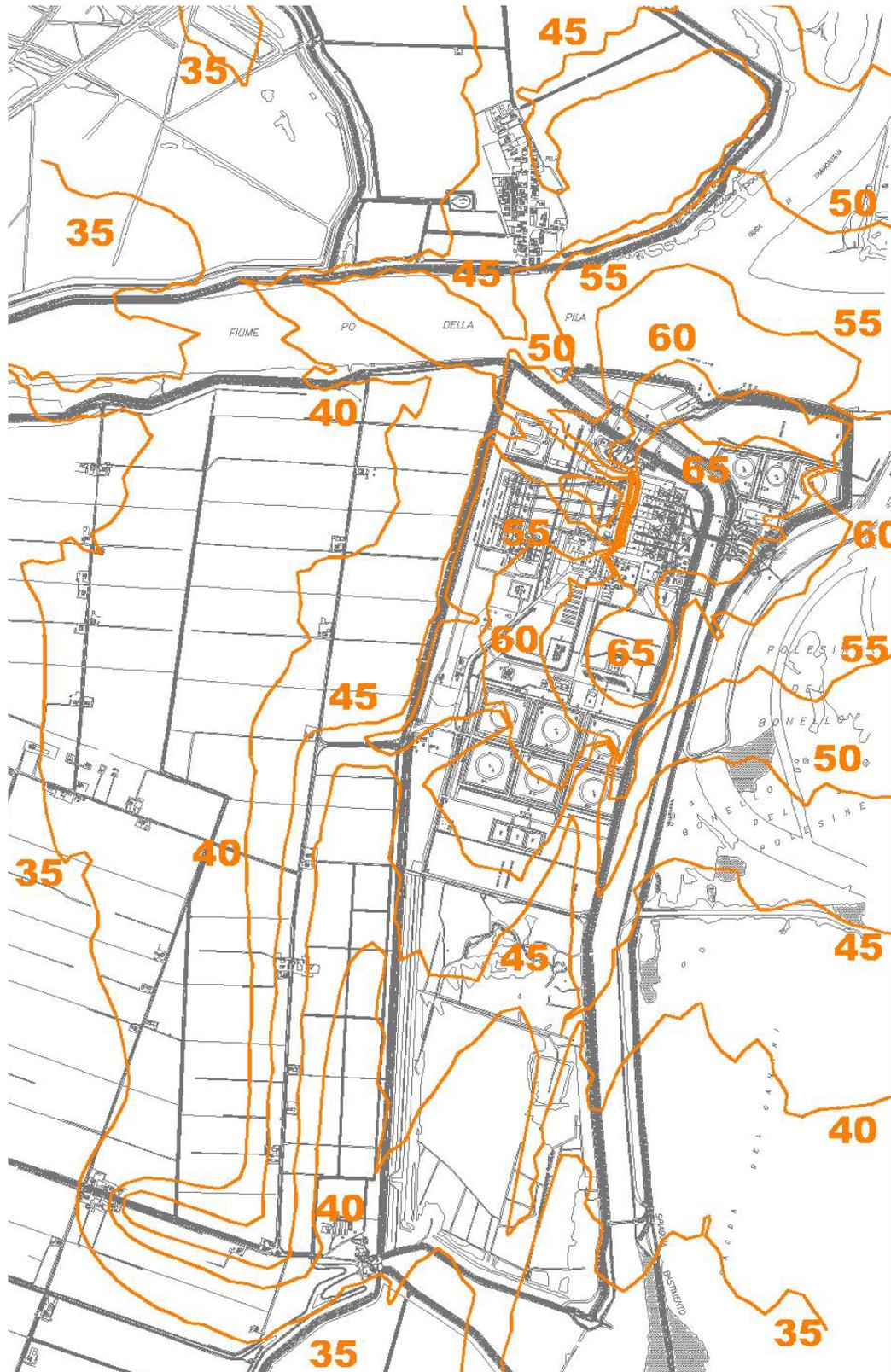


Figura 4.2.6.4-I - Centrale di Porto Tolle: curve isofoniche di immissione specifica del cantiere nella fase "preparazione del sito"



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



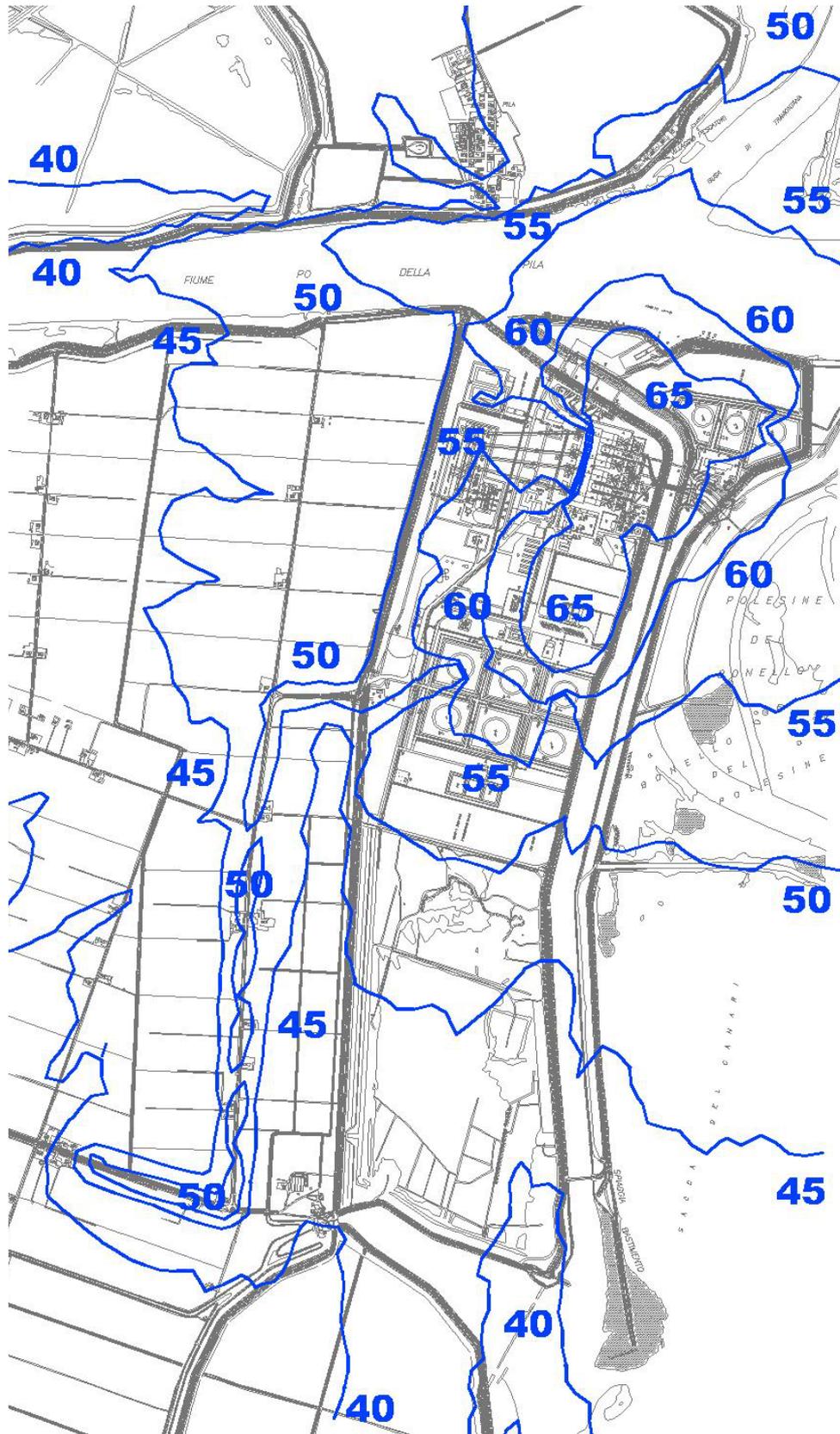


Figura 4.2.6.4-II - Centrale di Porto Tolle: curve isofoniche di immissione specifica del cantiere nella fase "edificazione e montaggi"



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.2.7. Effetti dell'esercizio dell'impianto sulle vibrazioni

La necessità di garantire il corretto funzionamento del macchinario d'impianto impone uno stretto controllo delle vibrazioni alla sorgente e pertanto non è ipotizzabile una perturbazione significativa nell'ambiente circostante: i livelli di accelerazione attesi risulteranno al di sotto delle soglie di normale avvertibilità indicate nella norma ISO 2631.

La limitazione dell'impatto sulla componente vibrazioni è un'esigenza che nasce già dalla necessità di garantire il corretto funzionamento del macchinario d'impianto attraverso uno stretto controllo delle vibrazioni alla sorgente. Ne consegue pertanto una trascurabile perturbazione nell'ambiente circostante, con livelli di accelerazione attesi molto al di sotto delle soglie di normale avvertibilità indicate nella norma UNI 9614 .

In particolare, con riferimento alla norma VDI 2056, le vibrazioni prodotte dal macchinario rotante dell'impianto (tipologie di macchinario gruppi G e T – grandi macchine rotanti) presenteranno velocità, in valore efficace, sempre inferiori al livello di circa 7 mm/s, classificato come "accettabile" per il macchinario stesso. Tali valori risultano confermati dallo standard ISO 10816-1 - Annex B tab. B.1, per macchinari di classe IV (a cui appartengono i grandi turbogeneratori), zona B.

Tenuto conto inoltre dell'attenuazione legata ai fenomeni di propagazione (distanza e smorzamento dovuto al terreno), le vibrazioni rilevabili all'interno delle abitazioni circostanti, saranno certamente molto inferiori ai valori indicati dalla norma UNI 9916, come velocità massime ammissibili per la stabilità degli edifici (5 mm/s), e ai valori limite suggeriti dalla norma UNI 9614 pari a 5 mm/s² (asse z, abitazioni in periodo notturno, accelerazioni complessive ponderate in frequenza nell'intervallo 1÷80 Hz).



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.2.8. Paesaggio

4.2.8.1. Situazione ambientale attuale

Il paesaggio, e in particolar modo quello italiano, è frutto di un delicato equilibrio di elementi naturali e elementi "costruiti", in cui alla morfologia dei luoghi e alle loro caratteristiche ambientali si sono sovrapposti i segni che l'uomo vi ha lasciato nel corso dei secoli, quali testimonianza degli usi e delle attività che vi ha svolto, in relazione all'assetto sociale, economico e culturale delle diverse epoche.

Per questo stretto legame con l'organizzazione che l'uomo imprime al territorio per soddisfare i propri bisogni di vita e relazione, il paesaggio è una realtà in continua evoluzione, lenta o repentina a seconda delle forze e degli equilibri che si determinano.

Proprio per questo motivo una corretta lettura del paesaggio non solo deve riuscire a individuare le permanenze che ne testimoniano l'evoluzione storica, ma deve altresì riuscire a delineare quali siano le tendenze evolutive, per poter controllare la qualità delle trasformazioni in atto, affinché i nuovi segni, che verranno a sovrapporsi sul territorio, non introducano elementi di degrado, ma si inseriscano in modo coerente con l'intorno.

Le centrali termoelettriche, per il loro carattere fortemente tecnologico e lo sviluppo prevalentemente verticale dei corpi caldaia e delle ciminiere devono necessariamente costituirsi come parte del paesaggio in cui sono inserite, risultando impossibili e anche inopportuni interventi di mimetismo, soprattutto in contesti aperti, in cui prevale la dimensione orizzontale del paesaggio, come nel caso di un'area deltizia.

Trattandosi, in questo caso, della trasformazione di un impianto già esistente l'impatto generato sulla componente del paesaggio, benché da verificare, è comunque attenuato dal fatto che il manufatto è assorbito nell'immagine collettiva di quel paesaggio.

L'impatto che l'inserimento dei nuovi elementi produrrà all'interno del sistema territoriale sarà, comunque, più o meno consistente in funzione, oltre che dell'entità delle trasformazioni previste, della maggiore o minore capacità del paesaggio di assorbire nuove variazioni, in funzione della sua vulnerabilità.

E' quindi necessario, per cogliere le potenziali interazioni e le conseguenze che una nuova opera può introdurre dal punto di vista paesaggistico, individuare gli elementi caratteristici dell'assetto attuale del paesaggio, riconoscerne le relazioni, le qualità e gli equilibri, nonché verificare i modi di fruizione e di percezione da parte di chi vive all'interno di quel determinato ambito territoriale o lo percorre.

In funzione di quest'ultimo obiettivo è necessario delimitare il campo di indagine in funzione delle caratteristiche dimensionali e qualitative dell'opera da realizzare individuando le aree interessate dalle potenziali interazioni percettive. Nel caso in esame, l'orografia del territorio è tale per cui la centrale è visibile anche da lunghe distanze, configurandosi come un punto di riferimento nell'orientamento sia sulla terraferma che in mare.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Figura 4.2.8.1/I Centrale di Polesine Camerini vista dal Bonello del Polesine e dalle Bocche del Po di Pila



Come definito precedentemente, il paesaggio costituisce una rappresentazione sintetica e complessa del territorio, se quindi è possibile e utile procedere strumentalmente alla sua analisi, attraverso metodi scompositivi di settore, è necessario che questi siano riconducibili a sintesi in grado di ricomporlo.

Vanno, quindi, effettuate indagini di tipo descrittivo e percettivo.

Le indagini di tipo descrittivo indagano i sistemi di segni del territorio dal punto di vista naturale, antropico e storico-culturale. Quelle di tipo percettivo verificano le condizioni visuali esistenti.

L'indagine descrittiva si articola in tre momenti consequenziali:

- l'individuazione e la rappresentazione degli elementi strutturanti il paesaggio;
- la definizione delle Unità di Paesaggio;
- la valutazione della sensibilità del paesaggio.

La lettura iniziale del paesaggio parte dall'individuazione e dalla rappresentazione dei segni strutturali della morfologia (componenti fisiche), del sistema dei segni naturali (coperture vegetali) e di quelli antropici presenti nell'area vasta di studio.

Gli elementi per l'analisi del paesaggio sono stati ricavati principalmente dai dati forniti dal documento preliminare per il Piano Territoriale della Provincia di Rovigo (PTP), dal Piano di Area del Delta del Po, da dati d'archivio, da dati di letteratura ricavati da internet e da dati cartografici.

La sovrapposizione dei diversi tematismi e la loro lettura incrociata generalmente consentono di individuare le aree che presentano caratteri di omogeneità, sia per morfologia sia per organizzazione funzionale, definite come Unità di Paesaggio (UP). In questo caso, le Unità di Paesaggio individuate sono state ricavate dal confronto tra gli ambiti di interesse paesaggistico, individuati dalla bozza di PTP della Provincia di Rovigo, e l'uso del suolo ricavato dal "Corine Land Cover". Le UP individuate sono descritte nel dettaglio nel § 4.2.8.4 e cartografate nella **Tavola 4.2.8.3/I**

Individuate le Unità di Paesaggio, si è proceduto alla valutazione della loro qualità paesaggistica, intesa come sintesi dei sistemi sopra indicati, cioè quello morfologico, quello naturalistico, quello antropico e quello storico-culturale.

La sensibilità di un paesaggio può essere ricondotta a tre livelli: alta, media e bassa.



Sensibilità alta: si ha quando, nell'ambito in esame, la qualità è elevata e l'equilibrio fra le componenti, che costituiscono il paesaggio, può essere compromesso significativamente da interventi antropici contraddittori con esso; la sensibilità è alta anche in ambiti di qualità media dove la riconoscibilità tipologica del paesaggio, già in parte compromessa da altri interventi, può andare definitivamente perduta.

Sensibilità media: si verifica in ambiti di media qualità, dove la riconoscibilità tipologica del paesaggio è diffusa, anche se vi è la presenza di elementi contraddittori, nei quali l'inserimento di ulteriori episodi non ne compromette in modo pregiudizievole la chiarezza; si può determinare anche in ambiti di elevata qualità dove la strutturazione tipologica è talmente forte da poter sostenere l'inserimento di nuovi elementi con relativa perdita di chiarezza tipologica.

Sensibilità bassa: si realizza in ambiti paesistici dotati prevalentemente di scarso pregio, in cui gli elementi strutturanti il paesaggio sono poco o nulla riconoscibili anche quando non siano presenti episodi specifici di elevato disturbo.

Definite le caratteristiche e la sensibilità del paesaggio, le indagini di tipo percettivo sono volte a valutare la visibilità dell'opera.

Dopo una prima verifica di tipo geometrico degli ambiti di intervisibilità, si cercano di cogliere le relazioni tra i vari elementi esistenti e individuare i canali di massima fruizione del paesaggio (punti e percorsi privilegiati), dai quali indagare le principali visuali dell'opera in progetto, ricorrendo a fotosimulazioni dell'intervento previsto.

A questo punto il livello qualitativo degli impatti, stimato come alterazione dei rapporti percettivi tra le componenti costitutive del paesaggio, viene determinato dalla connessione fra la qualità/sensibilità del paesaggio interessato dall'opera e la visibilità di quest'ultima.

4.2.8.2. Caratterizzazione paesaggistica dell'area del Delta del Po

Disegnata nei secoli dagli andamenti del Po, ma anche dal quotidiano e paziente lavoro dell'uomo, l'area del delta padano è uno dei più significativi complessi europei fluvio-lagunari, che costituiscono i capisaldi di sistemi di aree protette (l'estuario del Guadalquivir in Andalusia, le bocche del Rodano in Camargue, le bocche del Reno in Olanda e il delta del Danubio in Romania).

Anche nel caso del Delta del Po le organizzazioni protezionistiche, le Regioni, il Governo centrale e la popolazione si sono adoperati per una efficace tutela. L'avvio lo diede Italia Nostra con un convegno nell'ottobre 1968 a Pomposa. Tale stimolo venne poi raccolto dalla Regione Emilia Romagna che nel 1988 approvò l'istituzione di un parco regionale. Naufragata successivamente l'idea di un'intesa tra Veneto ed Emilia Romagna per la realizzazione di un parco interregionale e l'iniziativa del Ministero dell'Ambiente per l'istituzione di un parco nazionale in attuazione alla delibera Cipe dell'agosto 1988, con legge regionale 8 settembre 1997, n. 36 anche la Regione Veneto ha istituito il Parco Regionale del Delta del Po.



La porzione di delta, che ricade nel parco emiliano, è stata inserita nella lista del patrimonio mondiale stilata dall'Unesco, durante la sessione dell'apposito Comitato tenutosi a Marrakech in data 2 dicembre 1999; al nuovo sito è stata attribuita la denominazione "*Ferrara, Città del Rinascimento, e il suo Delta del Po*", in quanto costituisce un'integrazione del sito della città estense, già presente nella lista dal 1995. Nella motivazione il Comitato esalta il pregio di un ecosistema naturale straordinario, strettamente collegato dall'uomo alla città fra il XIV e il XVI secolo.

Inoltre, su iniziativa del Parco Delta del Po dell'Emilia-Romagna, il 6 settembre 2002 si è costituita l'Associazione internazionale dei parchi deltizi "*Delta chiama Delta*", che rappresenta il primo network internazionale di zone tutelate dalla Convenzione di Ramsar. Lo statuto, che gode del patrocinio del Ramsar Bureau, è stato siglato dal Parco Regionale della Brière (Francia), dal Parco Delta del Po dell'Emilia Romagna, dall'Ente Parco Regionale Veneto del Delta del Po, dalla Riserva Naturale della Biosfera del Delta del Danubio (Romania) e dal Parco Naturale Delta dell'Ebro (Spagna).

L'Associazione è nata per promuovere la salvaguardia e la valorizzazione delle aree costiere e deltizie in un contesto internazionale, mediante progetti di interesse comune e occasioni di incontro e confronto permanenti, quali "*Ramsar Cop 8 – Conference of the Contracties Parties*" svoltasi a Valencia, "*Mediterre*", la prima Fiera dei Parchi del Mediterraneo, organizzata da Federparchi a Bari, "*MedCoast*" Workshop Internazionale tenutosi a Ravenna; nel contesto del quale, nell'edizione 2003, si è svolto a Comacchio il Convegno dal titolo "*Cambiamenti Climatici e impatti prevedibili nei delta: una nuova sfida per la conservazione delle aree protette*". In questa occasione l'Associazione "*Delta chiama Delta*" ha presentato ufficialmente la Carta di Comacchio, approvata dal proprio Consiglio Direttivo.

Nel suo complesso, l'area del Delta del Po, è una delle più ricche dal punto di vista ecologico. I molteplici livelli dell'acqua e il diverso grado di salinità consentono lo sviluppo, l'uno accanto all'altro, di ambienti molto differenti come la duna e il fiume, il bosco e il canneto, la palude d'acqua dolce e la laguna salmastra o le barene: habitat ideale per le più svariate forme di vita.

Parte integrante di questo paesaggio sono anche i segni lasciati dalla presenza umana, a partire dalla fine dell'età del bronzo, attraverso gli Etruschi di Spina, i Romani, la Repubblica Serenissima, a nord, il Ducato degli Estensi a sud, fino ai nostri giorni.

Molti aspetti peculiari del delta padano sono stati oggetto di studi specialistici nel corso degli anni.

In particolare, si possono distinguere i seguenti ambienti:

- Delta Attivo e Delta Fossile
- Campagna
- Dune fossili
- Argini
- Golene
- Valli da pesca
- Lagune e sacche
- Scanni



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Delta Attivo e Delta Fossile

Il delta viene generalmente suddiviso in due parti che corrispondono alla sua parte più giovane, detta "*Delta Attivo*", e a quella più antica, detta "*Delta Fossile*".

Il "*Delta Attivo*" è il risultato dello scorrere del fiume a partire dal 1604, da quando cioè i veneziani praticarono il Taglio di Porto Viro, l'opera idraulica di deviazione del corso del Po verso sud. L'opera fu realizzata dove ora sorge Taglio di Po, paese che porta nel nome il ricordo di quell'intervento.

Il "*Delta Attivo*" è dunque il territorio più recente del Po, quello che interessa il parco regionale del Veneto e si compone di cinque rami principali e altri rami minori.

Dal Po Grande o di Venezia si dirama a nord il Po di Maistra (il Po di Levante, essendo regolamentato dalla chiusa di Volta Grimana, non può più dirsi veramente ramo attivo); a sud si diramano il Po Piccolo o di Goro, il Po della Donzella o Gnocca e il Po delle Tolle. Nella parte terminale il Po di Venezia viene chiamato Po di Pila che a sua volta si divide in Busa di Tramontana a nord e in Busa di Scirocco a sud; nella cuspide verso il mare il Po si chiama Busa Dritta e sfocia a Punta Maistra, dove c'è il Faro di Pila.

Il "*Delta Fossile*" inizia a sud del Po di Volano, dove si trovava il Delta del Po in epoca medievale. Quest'area non è più attraversata da rami attivi del fiume e conserva alcune aree umide quali le valli Bertuzzi e di Comacchio, che sono quanto resta oggi degli immensi acquitrini, che coprivano l'intero territorio fino al secolo scorso.

Campagna

E' l'ambiente del delta più distante dal mare ed è caratterizzato da assenza di dislivelli visibili, da un terreno uniforme e dalla forma regolare della rete dei canali di scolo. Non si percepisce subito la differenza tra la campagna del delta e quella padana, a parte una certa rarefazione di alberi e pioppeti e argini più imponenti. Visibili anche i paleoalvei, antichi alvei abbandonati, un complesso di segni sul territorio lasciato dall'attività dei fiumi. Si configurano come lunghe serie di dossi, larghi anche qualche centinaio di metri, rilevati di 1-2 metri sul piano campagna. La campagna del delta è una terra di bonifica formatasi col prosciugamento di grandi specchi d'acqua vallivi ed è fertilissima, utilizzata interamente per l'attività agricola ed orticola. Man mano che ci si avvicina al mare il terreno modifica la sua conformazione e passa da torboso a sabbioso. Anche i colori si modificano e fanno intuire la giovinezza della terra, passando da un grigio scurissimo, quasi nero, ad un grigio perla.

Dune fossili

Le dune sono corpi sabbiosi di origine eolica, cioè si formano per l'azione del vento a contatto con il terreno. La loro forma, l'altezza e l'estensione dipendono dalla direzione del vento, dal rifornimento di sabbia e dalla vegetazione. Infatti, questa ha lo scopo di intrappolare il sedimento e impedire l'avanzamento della duna verso l'entroterra.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Le dune sono corpi mobili, che subiscono spostamenti lenti mano a mano che il vento spinge la sabbia in salita fino alla cresta. In questo modo il lato sopravvento subisce un effetto di deflazione, mentre il lato sottovento, su cui la sabbia ricade per gravità, si accresce.

Gran parte di queste morfologie riconoscibili nel territorio deltizio, sono considerate fossili, sono cioè imputabili a fenomeni già completamente conclusi nel tempo. Esse costituiscono perciò delle "istantanee storiche" insostituibili per la comprensione dell'evoluzione del delta. Le dune fossili rappresentano, infatti, l'antico confine tra la terra e il mare, prima che il Po, con il trasporto dei detriti verso la foce, costituisse le attuali terre deltizie, spostando in questo modo molto più avanti la linea di costa.

Grazie alle fonti storiche e ai numerosi reperti archeologici ritrovati nel corso di varie campagne di scavo, è stata resa possibile la loro datazione.

Si sono in questo modo riconosciuti ben otto cordoni costieri più o meno conservati, che, per quanto detto, rappresentano otto periodi storici: dal più antico e quindi il più occidentale, di età pre-etrusca (circa 3000 anni fa) rinvenibile nei pressi delle località di Loreo e Tombine (in quest'ultima località le dune fossili raggiungono un'altezza massima di 2 m s.l.m.) al più recente che si estende nella direttrice Fossone (S. Anna) – Caleri, fin quasi al Po di Levante con un'altezza massima di 7 m s.l.m. e con un'età posteriore al 1600 d.C.

Molto spesso questi cordoni non sono più visibili a causa della degradazione naturale (fenomeni alluvionali e subsidenza) o a causa di fenomeni antropici (utilizzo agricolo o estrazioni di sabbia).

Oggi, si possono ammirare relitti dunosi alle spalle dei paesi di Rosolina, Porto Viro (Donada) e Ariano nel Polesine.

Argini

Gli argini sono spesso il punto più alto del paesaggio, ottimi punti di osservazione dell'ambiente sottostante. Separano il mondo del fiume da quello dell'uomo e hanno modificato il profilo del delta: i delta antichi, infatti, erano di forma arrotondata ed avanzavano lentamente; il delta attuale è a punta, detta cuspidè deltizia, e avanza velocemente nel centro, perchè gli argini concentrano i depositi sabbiosi nelle bocche più attive del fiume.

Golene

All'interno degli argini troviamo l'ambiente golenale, ricco di vegetazione e rifugio per numerose specie di uccelli. Le golene sono formate da zone umide, boschi ripariali e perfino piccole isole. Hanno varie origini: alcune sono cave abbandonate, altre sono lanche, anse del Po dove la corrente arriva solo durante le piene, altre ancora sono casse di espansione, cioè aree di sfogo per le piene più grandi. L'ambiente golenale ha un'alta capacità di assorbimento delle sostanze organiche dell'acqua, pertanto contribuisce a ridurre l'inquinamento del fiume.

Valli da pesca

La valle da pesca è un ambiente salmastro dove l'afflusso di acqua dolce e salata è regolato artificialmente da chiaviche (chiusure). Opera dell'uomo, la



valle da pesca è un allevamento di pesca estensivo, dove il pesce si accresce in modo naturale nell'arco di tre, quattro anni. La parola "valle" deriva dal latino "vallum", gli argini costruiti per delimitare queste aree. Per catturare il pesce da immettere in valle si attende il periodo della "montata", quando d'estate il pesce novello entra dal mare nelle lagune, perchè vi trova maggiore nutrimento e acque più calde. Reti poste nei punti di passaggio consentono ottime catture, un sistema già sfruttato dai Romani, che chiamavano le valli "piscinae piscariae". Oltre che per la bellezza del paesaggio, l'ambiente vallivo si caratterizza per le tipiche costruzioni: il "cason de vale", con il grande camino semicircolare, dimora del proprietario e ricovero dei guardiani; il "casonetto", locale adibito al ricovero degli attrezzi e la "cavana", luogo coperto dove si ormeggiano le barche. Nel delta vi sono 24 valli da pesca, che occupano 3.000 ettari nel Comune di Rosolina, 3.500 in quello di Porto Viro e 1.650 a Porto Tolle.

Lagune e sacche

La laguna è un bacino di acqua salmastra, in alcuni punti profondi solo pochi centimetri, delimitato verso il mare da cordoni di dune sabbiose o scanni e, dalla parte del fiume, da barene, banchi di limo o sabbia sommersi periodicamente dalle maree, e da bonelli, isolotti fangosi di origine sedimentaria. Nei punti dove il mare riesce a penetrare con le sue onde si formano le sacche, uniformi distese d'acqua salata a fondale basso delimitate da bracci di fiume. Sia nelle lagune, che nelle sacche si allevano cozze e vongole, si pratica la pesca in genere e si cattura il "novellame", il piccolo pesce che viene allevato in valle. Le lagune del Delta del Po sono 7: Caleri, Vallona, Barbamarco, Batteria, Burcio, Basson e Bonelli Levante; le sacche 2: Sacca del Canarin e Sacca degli Scardovari.

Scanni

Sono isole o penisole, larghe da qualche decina a qualche centinaio di metri e lunghe a volte chilometri, formate dalla sabbia portata in mare dai fiumi e modellata dal vento e dalle onde. Proteggono le lagune dalla potenza del mare, consentendone la sopravvivenza e sono davvero suggestivi: dal lato verso il mare sono spiagge battute dalle onde, dalla parte interna, invece, sono ricoperte da vegetazione alofila, che tollera le acque salmastre e da canneti che si immergono nella laguna. Alcuni di questi scanni, i più grandi, sono spiagge attrezzate per la balneazione (Rosolina Mare, a nord dell'area di studio, Boccasette e Barricata).

Aspetti storici

La particolare dinamicità del territorio del delta ha sempre impegnato l'uomo nel corso dei secoli in interventi per il controllo e il contenimento delle acque; la consapevolezza, inoltre, che le opere eseguite andavano a beneficio dell'intera collettività ha spinto gli abitanti di questa regione a tessere sin dal Medio Evo una rete organizzativa (consorzi, casse rurali, etc.) che non trova riscontro in nessun'altra parte d'Italia.

I più antichi resti archeologici nella zona del delta risalgono alla tarda Età del Bronzo (X sec. a.C.) e sono stati ritrovati lungo l'antico ramo del Po di Adria. Quattro secoli dopo, ristabilitesi nuovamente le condizioni climatiche



favorevoli alla vita umana, venne fondata dagli Etruschi la città di Adria, che divenne un importante porto per il commercio nell'Adriatico settentrionale, e Spina, importante emporio greco-etrusco e centro di distribuzione delle ceramiche attiche nell'Etruria padana.

L'età romana fu caratterizzata da un ulteriore miglioramento del clima e delle condizioni di abitabilità del territorio.

Tutto il periodo etrusco-romano divenne particolarmente favorevole per l'area del delta: l'economia era basata sul commercio, l'artigianato e la pesca; gli interventi idraulici si limitavano al contenimento dei fiumi nei rispettivi alvei e allo scolo dei terreni coltivati, mentre venivano mantenuti i boschi e le paludi.

Con le invasioni barbariche vennero, invece, a mancare tutti gli interventi di controllo idraulico prima effettuati. Le intense piogge di quel periodo aggravarono ulteriormente la situazione idraulica, per cui si modificò anche l'assetto idrografico.

Attorno al X secolo si formò un nuovo delta ad oriente dell'Abbazia di Pomposa e Ferrara assunse un'importanza strategica, venendosi a trovare alla biforcazione dei rami del Po di Volano e il Primaro.

Figura 4.2.8.2/I Abbazia di Pomposa



Dopo il Mille si ebbe una ripresa demografica che rilanciò l'attività agricola. L'offerta di contratti di enfiteusi di lunghissima durata favorì nuovamente da parte dei singoli tutte le pratiche di controllo delle acque, anche per ampliare gli spazi culturali.

Nel Medio Evo l'assetto idrografico del delta poggiava sulle direttrici longitudinali (Po e Adige) e trasversali (fosse e canali).

Con gli sconvolgimenti idrografici dei secoli XII-XV, le popolazioni locali si resero definitivamente conto che il controllo del territorio e delle acque era un problema dell'intera comunità e che era quindi necessaria una responsabilità collettiva. Molti comuni imposero così ai propri cittadini degli oneri per la difesa idraulica: ogni proprietario doveva inviare uno o due operai che, assieme ad altri, partecipassero a turno alla guardia dei fiumi e alla manutenzione degli argini.



Vennero poi istituite magistrature preposte al controllo dei fiumi che successivamente divennero dei veri organi di gestione idraulica, dotati di apparati amministrativi e di poteri di tipo fiscale.

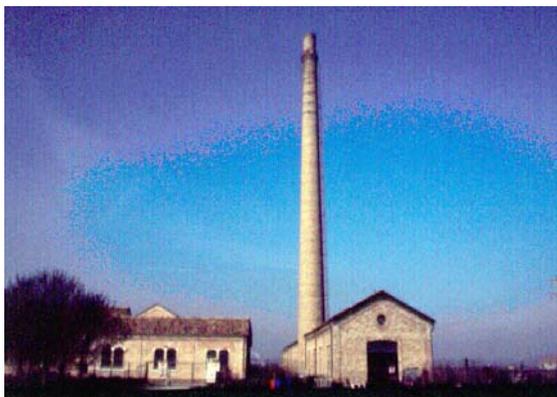
A partire dal XVI-XVII secolo i profondi mutamenti idrografici del delta furono prodotti dall'opera umana e dettati da motivi economici, politici e militari; di conseguenza Ferrara, per l'interrimento del Po omonimo e il taglio di Porto Viro, perse la sua importanza.

A partire dalla metà del XV secolo, comunque, passata la peste nera, nel Basso Polesine riprese l'interesse da parte della Repubblica di Venezia per la bonifica delle terre.

I proprietari per la gestione degli interessi idraulici si riunirono in consorzi (consortes), per cui la bonifica divenne un'attività socialmente organizzata. A questo fatto, sicuramente positivo, fa riscontro tuttavia il fenomeno della concentrazione fondiaria, che cominciò a diffondersi proprio a partire da quel periodo.

Alla metà del secolo XIX, l'introduzione della macchina idrovora a vapore permise in breve tempo il prosciugamento di piccoli e grandi bacini depressi, privi di scolo naturale. Attratti dall'acquisto di nuove terre gli "*imprenditori della bonifica*"³¹; muniti di capitali, intrapresero pertanto colossali opere di risanamento per poi praticare un'attività agraria di tipo capitalistico.

Figura 4.2.8.2/II Idrovora di Ca' Vendramin e Idrovora Paltanara presso la Sacca Scardovari



Successivamente, quando fu riconosciuto che le opere di bonifica avevano anche un interesse pubblico, in quanto contribuivano alla lotta contro la malaria, anche lo Stato intervenne nella bonifica, finanziando la trasformazione fondiaria delle aree umide della bassa valle del Po.

Le grandi opere di bonifica intraprese fino al primo Novecento consentirono alla Bassa Padana di arrivare ai vertici della produzione agraria: Ferrara conquistò il primato della produzione unitaria di grano e Rovigo il quarto posto. Significativi, inoltre, i progressi nel settore delle colture industriali (canapa, barbabietola e frutteti specializzati), il cui sviluppo è un chiaro segno della diffusione di tecniche agricole moderne e di un'attività agraria di tipo capitalistico.

³¹ Figura esistente fin dal XV-XVI secolo. Si trattava di imprenditori che ottenevano in concessione dal principe o dall'autorità statale la facoltà di delimitare alcune aree, di bonificare e a proprie spese, in cambio di una, di solito la metà, delle terre prosciugate.



L'opera di bonifica e di privatizzazione delle terre eliminò però gli usi civici vigenti nelle aree del delta da tempi immemorabili. Fu così abolito, primo fra tutti, il diritto vagantivo che consentiva l'accesso nelle terre di proprietà per poter raccogliere le canne ed altre erbe palustri, rappresentanti per molte famiglie della zona un'importante fonte integrativa sia alimentare che di reddito.

L'opera di bonifica creò anche una rottura negli equilibri socio-economici preesistenti. I lavori di prosciugamento richiamarono, infatti, ingenti forze lavorative (lavorieri e scariolanti) che, però, terminata la bonifica non vennero assorbite dalle imprese agricole costituite. Si creò così una classe di braccianti, non ancorata alla terra, che condusse fino agli anni '50 un livello di vita al limite della sopravvivenza.

La bonifica, infatti, non fu accompagnata da interventi di trasformazione fondiaria, agraria e sociale come sarebbe stato necessario.

La zona del delta fu, pertanto, scenario di lotte contadine fintanto che il DPR 17 novembre 1947 impose l'assunzione obbligatoria dei braccianti da parte delle aziende agricole e venne attuata la legge sulla riforma agraria del 1950.

Attualmente, quindi, nel delta convivono due ambienti completamente diversi e tra i quali non c'è alcun tipo di forma intermedia. Si tratta dell'ambiente coltivato e dell'ambiente vallivo-lagunare, che non è stato "bonificato".

La Centrale di Porto Tolle

La particolarità paesaggistica del contesto in cui è inserita la Centrale di Porto Tolle deriva dalla sua collocazione all'estremità di una delle bocche principali del Delta del Po, ovvero il Po di Venezia, che proprio in corrispondenza della centrale si dirama nei due rami del delta, denominati Po della Pila e Po di Tolle.

Più in generale, la peculiarità del paesaggio del delta padano, già di fatto caratterizzato nella sua specificità dalla costituzione del Parco del Delta, travalica però la sua singolare, in quanto unica nel panorama italiano, bellezza fisica per connotarsi, anche grazie alle abbondanti descrizioni fatte sia in letteratura che attraverso la cinematografia, come paesaggio culturale di forte spessore.

Questo spessore è dato non solo dalla forte caratterizzazione naturale derivante dal contrasto tra natura selvaggia e natura addomesticata dall'uomo, che da secoli cerca in quei luoghi di recuperare materialmente terreno, ma anche dalla stessa forte vocazione produttiva, sia d'acqua (coltivazione di mitili) che di terra (coltivazioni agricole).

Gli argini innalzati lungo i corsi d'acqua tentano di dare spessore ad un suolo che, invece, spessore non ha perché costretto alla quota zero o addirittura inferiore al mare stesso. Persino l'aria, che è l'immateriale per definizione, acquista in questi luoghi lo spessore visibile della nebbia.

In un contesto così definito, la realtà della presenza della centrale acquista un valore del tutto particolare. Infatti, pur configurandosi come elemento estraneo al contesto prevalentemente naturale ed agricolo del territorio circostante, la sua presenza negli anni è stata assorbita nell'immagine



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



collettiva di quel paesaggio, fino a rappresentare un punto di riferimento nell'orientamento sia sulla terraferma che in mare.

Nella dimensione orizzontale prevalente del paesaggio del delta la dimensione verticale della macchina per la produzione di energia non può e non deve cercare impossibili mimetismi, bensì deve necessariamente costituirsi come parte stessa di questo paesaggio culturale e non sottrarsi al necessario confronto con il paesaggio naturale. Una volta garantiti i parametri fisici entro i quali viene preservata la qualità ambientale più generale, la centrale deve mostrarsi nella sua essenza e costituire essa stessa paesaggio senza creare recinti, ma permettendo agli elementi naturali e ai percorsi dell'uomo di attraversare il proprio territorio. Solo in questo modo la temporanea presenza della "macchina", perché i tempi comunque lunghi della presenza di una centrale sul territorio sono in fondo brevi se rapportati alla vita del territorio stesso, può divenire parte integrante del paesaggio ed entrare nel normale e ciclico processo di trasformazione del paesaggio stesso. In questo senso le recenti esperienze europee, soprattutto tedesche, (e che in Italia solo in tempi recentissimi come, ad esempio, a Milano-Ansaldo e Napoli-Italsider, si stanno avviando) di rinaturalizzazione di grandi impianti industriali vanno in questa direzione, che vede non già la demolizione del manufatto-macchina una volta dismesso ma, al contrario, nella sua confusione con il paesaggio circostante, il suo riutilizzo come percorso della memoria.

Ciò che sembrava estraneo è diventato, invece, perché di fatto entrato nella memoria collettiva, parte del paesaggio-contesto fisico.

4.2.8.3. Analisi evolutiva del paesaggio

Principali dinamiche paesistiche

La bozza di Piano Paesistico della Provincia di Rovigo valuta come prioritaria la necessità di individuare per l'area basso-polesana le linee di sviluppo specialistiche che facciano riferimento, in modo esclusivo, alle realtà presenti e operanti sul territorio. In particolare, le realtà su cui puntare per innovare e innescare lo sviluppo dell'area così da formare un polo di specializzazione sono individuate come segue:

- l'area turistico - balneare lungo la fascia costiera del Comune di Rosolina;
- l'area di Polesine Camerini in Comune di Porto Tolle con l'insediamento della centrale termoelettrica, le relative attrezzature di servizio e le attività indotte;
- l'area della Sacca di Scardovari, delle lagune e delle valli per la pesca, con l'itticoltura e la trasformazione agroindustriale.

In particolare, per quanto riguarda il polo energetico, l'area interessata dalla centrale termoelettrica e dalle relative attrezzature di servizio e attività indotte dislocate nel Comune di Porto Tolle, assume un'importante valenza tecnologica per la presenza di impianti produttivi di rilevante peso economico, con riflessi positivi su tutta la comunità nazionale.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Nel contesto delle attività produttive principali ed indotte della centrale termoelettrica la proposta di PTP propone l'organizzazione di un polo energetico entro il quale, d'intesa con le amministrazioni comunali e le autorità interessate, incentivare e promuovere l'esercizio di tutte quelle attività di tipo agricolo, di allevamento e di trasformazione agroindustriale in grado di inserirsi correttamente nel ciclo produttivo della centrale termoelettrica, e delle attività collaterali.

Nel quadro degli obiettivi di miglioramento ambientale e di differenziazione dell'utilizzo del territorio, dovranno, comunque, essere definite le operazioni più opportune per ridurre l'impatto creato da tutti quegli elementi detrattori dell'ambiente, dall'inquinamento delle acque, dell'aria e del rumore.

4.2.8.4. Unità di Paesaggio

La sovrapposizione dei diversi tematismi e la loro lettura incrociata generalmente consentono di individuare le aree che presentano caratteri di omogeneità, sia per morfologia sia per organizzazione funzionale, definite come Unità di Paesaggio (UP). In questo caso, le Unità di Paesaggio individuate sono state ricavate dal confronto tra gli ambiti di interesse paesaggistico, individuati dal PTP della Provincia di Rovigo e l'uso del suolo ricavato dal "Corine Land Cover". Le UP individuate sono cartografate nella **Tavola 4.2.8.3/I**.

Nell'ambito delle UP trovano posto i diversi elementi caratterizzanti il paesaggio nel contesto di indagine precedente descritti.

Le Unità di paesaggio individuate sono:

- - UP1: Corso attuale del fiume Po;
- - UP2: Aree palustri, paleoalvei e saline;
- - UP3: Aree agricole deltizie;
- - UP4: Aree urbanizzate.

UP1: Corso attuale del fiume Po³²

Limiti: UP costituita dalle zone d'alveo (corso attuale del fiume Po, nel suo tratto terminale) e dalle aree golenali ad esso connesse. Il corso del Po è composto dai rami del Po di Venezia, Po della Pila e Po delle Tolle.

Elementi caratterizzanti: alveo, "Delta Attivo", argini e golene.

Morfologia: pianura

Paesaggio: il tratto terminale del Po ha le caratteristiche tipiche dei corsi d'acqua di pianura, con acque poco profonde, calde e un paesaggio in continua trasformazione, dalla tipica forma lobata per l'accumulo dei sedimenti che trasporta.

Sensibilità: alta. L'asta del Po e le sue aree golenali rappresentano un ecosistema ricco e in continua evoluzione e un patrimonio di elevato valore naturalistico.

Elementi di disturbo: il fiume convive con una costante, se non crescente, attività antropica, che genera un continuo degrado dell'habitat fluviale.

³² Cfr. anche TAVOLA 4.2.8.4/I Foto 1





Foto descrittive dell'UP1



Ortofoto dove si evidenzia la UP1

UP2: Aree palustri, paleoalvei e saline³³

Limiti: UP costituita dalle aree occupate dalle acque interne del delta (lagune, mortizze, scanni, saline, etc.). Le lagune del Delta del Po sono 7: Caleri, Vallona, Barbamarco, Batteria, Burcio, Basson e Bonelli Levante; le sacche 2: Sacca del Canarin e Sacca degli Scardovari. Fa parte di questa UP anche il Po di Maistra, anticamente ramo principale, oggi ridotto a lanca, è ritenuto il ramo del Po più spettacolare del delta per la ricchezza e la varietà dell'avifauna che lo popola, oltre che per la presenza di un patrimonio arboreo ripariale notevole.

Elementi caratterizzanti: lagune, sacche, scanni, valli da pesca e dune.

Morfologia: pianura.

Paesaggio: la laguna è un bacino di acqua salmastra, in alcuni punti profondi solo pochi centimetri, delimitato verso il mare da cordoni di dune sabbiose o scanni e, dalla parte del fiume, da barene, banchi di limo o sabbia sommersi periodicamente dalle maree, e da bonelli, isolotti fangosi di origine sedimentaria. Nei punti dove il mare riesce a penetrare con le sue onde si

³³ Cfr. anche TAVOLA 4.2.8.4/I Foto 2



formano le sacche, uniformi distese d'acqua salata a fondale basso delimitate da bracci di fiume. La continua evoluzione della morfologia di queste aree, legate alle mareggiate e alle piene del Po, rende unico il loro contesto paesaggistico.

Sensibilità: alta. Le aree paludose, lagunari e salmastre rappresentano ecosistemi molto ricchi e dall'equilibrio spesso delicato che va tutelato. In tale ambito, infatti, si collocano le principali aree protette.

Elementi di disturbo: l'area occupata dalle acque interne convive con le attività antropiche legate alla presenza delle idrovie e all'attività della pesca.



Foto descrittive dell'UP2



Ortofoto dove si evidenzia la UP2



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle





Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



UP3: Aree agricole deltizie³⁴

Limiti: UP costituita dalle aree agricole più interne del delta, area agricola del Basso Polesine.

Elementi caratterizzanti: campagna, risaie, tenute e strade interpoderali.

Morfologia: pianura.

Paesaggio: campagna coltivata, soggetta in passato a bonifica, che ha mantenuto nei suoi tratti principali il disegno reticolare di strade interpoderali e corsi d'acqua artificializzati con la dominante rappresentata dai rami secondari del fiume Po.

Sensibilità: media. La tessitura del terreno agrario risulta un elemento particolarmente caratterizzante dell'area; la salvaguardia delle attività agricole è, inoltre, uno degli obiettivi degli strumenti di pianificazione che agiscono su tale contesto.

Elementi di disturbo: sono scarsi gli elementi di disturbo, sostanzialmente rappresentati dagli eventi alluvionali del fiume Po.



Foto descrittive dell'UP3

³⁴ Cfr. anche TAVOLA 4.2.8.4/I Foto 3



Ortofoto dove si evidenzia la UP3

UP4: Aree urbanizzate³⁵

Limiti: UP costituita dalle aree urbanizzate compatte e rade dell'area del delta. Nell'ambito in esame i principali centri urbanizzati (piccoli centri) sono le seguenti frazioni del Comune di Porto Tolle: Cà Tiepolo, Donzella, Scardivari, Cà Zuliani e Boccasette. In questo ambito trova posto anche la Centrale di Porto Tolle.

Elementi caratterizzanti: nuclei urbanizzati di media-piccola dimensione, dai piccoli nuclei rurali e dall'abitato rado e di frangia lungo le direttrici stradali principali.

Morfologia: pianura.

Paesaggio: si tratta di ambiti urbani agricoli, sviluppatasi soprattutto nel dopoguerra, dominati dalla costante presenza delle acque. Presenza di numerose cascate ed edifici d'epoca e, più raramente, di capannoni di tipo industriale. Elemento caratterizzante è la Centrale di Porto Tolle, struttura industriale con caratteristiche di unicità paesistica per questo ambito; da un certo punto di vista, essa rappresenta un'indubbia peculiarità del paesaggio urbano del delta.

Sensibilità: media. Data la natura del territorio, i contesti urbani non possono subire particolari evoluzioni urbanistiche; infatti, lo stesso sviluppo urbanistico del Comune di Porto Tolle è avvenuto tramite la frammentazione degli abitati in piccoli nuclei (frazioni). Questo tipo di sviluppo rende l'ambito urbanizzato del delta particolare e quindi degno di specifici accorgimenti di tutela nella loro evoluzione urbanistica e industriale.

Elementi di disturbo: i principali elementi di disturbo sono sostanzialmente rappresentati dagli eventi alluvionali del fiume Po.

³⁵ Cfr. anche TAVOLA 4.2.8.4/I Foto 4

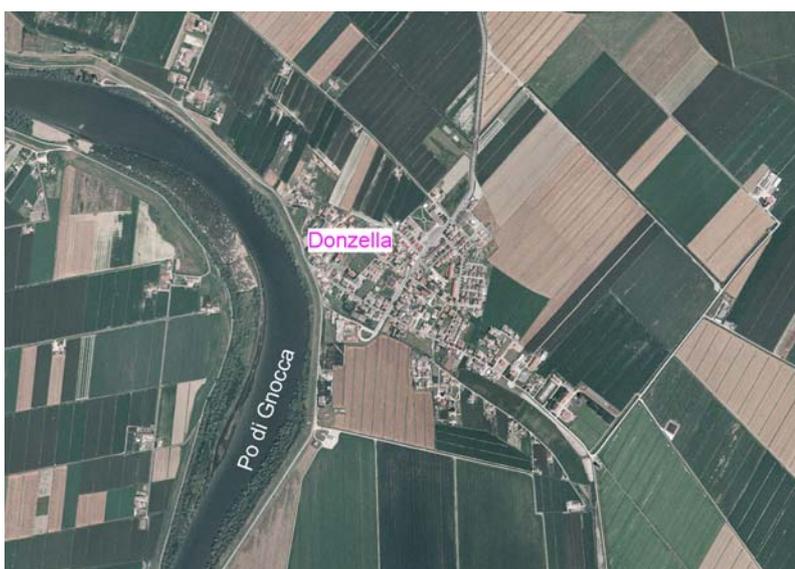


Centrale termoelettrica
di Porto Tolle





Foto descrittive dell'UP3



Ortofoto dove si evidenzia la UP4

I principali elementi che caratterizzano il paesaggio naturale e antropico dell'area analizzata, che costituiscono gli elementi descrittivi delle Unità di Paesaggio sopra citate, sono stati raggruppati nella **Tavola 4.2.8.3/II**.

4.2.8.5. Definizione dell'ambito territoriale potenzialmente impattato

Nello studio dell'impatto visivo e dell'impatto sul paesaggio di un impianto tecnologico, quale quello in progetto, occorre definire un ambito di intervisibilità tra le volumetrie edificate e il territorio circostante, in base al principio della *"reciprocità della visione"* (bacino visuale).

L'analisi viene condotta sulle caratteristiche del paesaggio e sulle caratteristiche tipologiche-strutturali del progetto. I settori principali d'indagine previsti sul paesaggio sono:

- la nitidezza della visibilità dei *"bacini visuali"* (bassa, media e alta), che viene commisurata alla distanza dell'impianto rispetto al punto o al percorso di osservazione;
- l'intensità della visione (bassa, media e alta), che viene stimata in rapporto ai seguenti fattori:



- l'esposizione degli edifici rispetto all'illuminazione naturale, tenuto conto della posizione dell'osservatore;
- la riflessione della luce rispetto ai materiali utilizzati per i prospetti degli edifici;
- il colore dei materiali utilizzati per i prospetti e il contrasto con l'ambiente visivo naturale;
- i materiali utilizzati per i prospetti;
- la tipologia costruttiva;
- la frequenza della visione, che è legata al numero di osservatori che frequentano il luogo dal quale avviene l'osservazione e, se si tratta di percorsi dinamici ripetitivi, panoramici, etc e/o punti di visione statici (punti panoramici);
- la rilevanza della visione rispetto alla qualità e alla integrità del luogo sulla base dei seguenti fattori:
 - posizione dell'edificio rispetto al quadro visivo (marginale, laterale e centrale);
 - giacitura del piano di costruzione dell'edificio rispetto alla posizione dell'osservatore;
 - contrasto di forma degli edifici nei confronti della morfologia naturale;
 - contrasto di forma e dimensioni degli edifici rispetto allo "skyline" delle costruzioni esistenti;
- l'attività indotta (traffico, rumore, emissioni, etc.).

Al fine di semplificare l'analisi si fa riferimento a studi e ricerche secondo i quali la visione umana mette a fuoco solo la porzione centrale del campo visivo, mentre i contorni più periferici ci appaiono sfumati. In particolare, si è constatato che la percezione si può distinguere in:

- "cono di alta percezione", concentrato principalmente nei 40°-45° centrali, quello che si percepisce senza distogliere lo sguardo dall'asse centrale di visione;
- "cono di media percezione", definito da un angolo di 90°, quello che si percepisce ruotando leggermente gli occhi rispetto l'asse centrale di visione;
- "cono di bassa percezione", definito da un angolo di 180°, quello che si percepisce solo distogliendo lo sguardo dall'asse centrale di visione.

Su queste basi teoriche è stata condotta l'analisi degli impatti per l'impianto in progetto.

Data la tipologia di opera e il territorio di analisi, non è significativo costruire il bacino visuale su basi morfologiche, ma è stata considerata un'area sufficientemente ampia nell'ambito della quale l'impianto è potenzialmente visibile, secondo diversi gradi di percezione. La **Tavola 4.2.8.4/I** riporta, infatti, la carta dell'"intervisibilità" costruita in base al grado di "percezione" dello stesso.

Per quanto concerne il grado di visibilità, si precisa che, nell'ambito considerato nella carta di intervisibilità, si ritiene che l'impianto sia sempre



visibile, dato che non sono presenti barriere, né naturali né antropiche, in grado di nascondere, anche solo parzialmente, l'impianto.

Sono stati selezionati i quattro punti di vista più significativi, uno per ciascuna Unità di Paesaggio (UP). Nella già citata **Tavola 4.2.8.4/I** la corrispondenza tra i punti di vista considerati e le UP è la seguente:

- foto 1 ricade nella UP1
- foto 2 ricade nella UP2
- foto 3 ricade nella UP3
- foto 4 ricade nella UP4

L'ambito individuato nella tavola è da intendersi come l'area vasta di indagine per la componente paesaggio, entro la quale sono da considerarsi fondamentali la struttura del paesaggio e la presenza di elementi a peculiare valore storico ambientale e ad elevata frequentazione, quali soggetti "sensibili" e quindi potenzialmente più impattati. Oltre a tale ambito l'impatto dell'impianto sulla componente paesaggio si intende talmente basso da poter essere considerato nullo.

I gradi di percezione definiti sono distinti in funzione della distanza tra potenziale punto di vista e impianto; si distingue quindi, il grado di percezione:

- "massimo": nell'areale circoscritto nell'ambito dei 5 km di distanza dall'impianto;
- "medio": nell'areale circoscritto nell'ambito degli 8 km di distanza dall'impianto;
- "minimo/nullo": nell'areale circoscritto nell'ambito dei 12 km di distanza dall'impianto.

Come ultima precisazione si ricorda che i diversi gradi di percezione sono da ritenersi "potenziali", non è detto cioè che da tutti punti di vista (statici o dinamici che siano) l'impianto sia effettivamente percepibile. Lo stesso discorso, a maggior ragione, è attribuibile a quanto detto per la visibilità, ritenuta *potenzialmente* assoluta in tutto l'ambito considerato; tuttavia, è possibile che in alcuni punti statici e/o dinamici l'impianto non sia visibile. Ad esempio negli ambiti urbanizzati, la presenza di altre case in primo piano potrebbe limitarne o ostruire del tutto la visibilità dell'impianto.

In questo contesto, sono stati poi inseriti gli elementi di potenziale visibilità lineare (punti di vista dinamici) e puntuali (punti di vista statici).

4.2.8.6. Confronto tra lo stato attuale e quello dopo gli interventi di adeguamento dell'impianto

Nell'ottica definita nei precedenti paragrafi, e vista anche la natura volumetrica dei nuovi interventi che si accostano alle strutture esistenti e tendono a concentrarsi nel sedime interno della centrale, le trasformazioni proposte non alterano il contesto territoriale di inserimento del manufatto, ma sono occasione per un progetto di riqualificazione architettonica dell'impianto.

L'analisi paesaggistica condotta nelle aree circostanti l'impianto, caratterizzate da potenziale fruizione visiva delle opere, ha permesso di



selezionare i punti di vista ritenuti maggiormente rappresentativi delle situazioni di visibilità della centrale, riferibili alla fascia territoriale della breve-media distanza. Questo ambito di territorio rappresenta, infatti, l'insieme dei punti di vista che inseriscono l'oggetto in un suo rapporto pieno con l'assetto paesaggistico locale: a distanze inferiori la struttura viene percepita nelle sue singole componenti formali-architettoniche, mentre a distanze superiori si perde nelle vedute di sfondo e diventa più complesso il riconoscimento del suo specifico contributo alla modificazione del contesto visuale di cui fa parte.

All'interno dei punti di vista analizzati sono stati, quindi, selezionati quattro punti di vista, uno per ciascuna unità di paesaggio individuata, ritenuti più significativi per la percezione dell'impianto nel suo assetto futuro e per questi sono state realizzate delle simulazioni di inserimento paesaggistico (**Tavola PO0.0000.DIA.ATSV.P410** e **Tavole PO0.0000.DIA.ATSV.P415÷P418**), che riportano la situazione iniziale e la situazione finale, dopo la realizzazione del progetto.

In particolare, i punti di vista prescelti come peculiari sono:

- Punto di vista 1: vista della centrale dalla confluenza del Po di Venezia nel Po della Pila (*UP1: Corso attuale del fiume*). Rappresenta uno dei punti di vista privilegiati per chi raggiunge il Delta del Po lungo il fiume, con un'alta percentuale di fruizione turistica.
- Punto di vista 2: vista della centrale dallo sbocco in mare della Busa di Scirocco nei pressi del confine settentrionale della Sacca del Canarin (assimilabile ad un punto di vista dall'UP2). Questo rappresenta probabilmente il punto di vista di maggior frequentazione, principalmente nel periodo estivo, quando il braccio di mare antistante il delta è attraversato non solo dai pescherecci e delle navi mercantili, ma anche dalla navigazione da diporto.
- Punto di vista 3: vista della centrale dalla zona agricola di Pila, posta alle spalle del Villaggio dei Pescatori (*UP3: Aree agricole deltizie*). Rappresenta il punto di vista fruito prevalentemente dagli addetti del settore primario e da chi percorre le zone emerse del delta per spostamenti interni. L'area, infatti, non è attraversata da strade ad alta percorrenza.
- Punto di vista 4: vista dall'abitato di Polesine Camerini (*UP4: Aree urbanizzate*). Rappresenta il punto di vista fruito prevalentemente dalle zone residenziali dell'area del delta.

Nelle **Tavole PO0.0000.DIA.ATSV.P419÷P421** si illustrano le viste in pianta e assonometriche delle strutture della nuova configurazione.

Dall'analisi condotta, si ritiene che la trasformazione proposta non comporti una modificazione significativa per quanto riguarda la percezione nell'ambito del paesaggio analizzato, in quanto gli interventi sono interni al perimetro attuale della centrale e consistono in una ridefinizione di volumi di carattere industriale, simili quindi come tipologie agli attuali; questi ultimi risultano inoltre degradati dall'usura del tempo.

La mancanza di aree urbanizzate nell'immediato intorno della centrale e la prevalenza di elementi naturalistici connotati dalla dimensione orizzontale,



non consentirà di apprezzare, non avendo termini volumetrici di confronto, il reale incremento dei volumi realizzati già alla media distanza.

Date le dimensioni e il carattere tecnologico degli elementi, di cui è prevista la costruzione, risulta inefficace, quando non anche inopportuno, pensare ad elementi di mimetismo, quali quinte arboree o movimenti di terra a mascheramento delle nuove opere. Al contrario, proprio per il contesto ambientale, in cui si opera, prevalentemente di tipo naturalistico, con presenza di vegetazione palustre e l'assenza di elementi a sviluppo verticale, appare più significativo dal punto di vista paesaggistico curare il layout d'impianto, in modo che esso possa essere il più lineare ed ordinato possibile. I volumi di nuova costruzione saranno valorizzati con il ricorso preferibilmente ad un colore unico, uniforme e tecnologico, che verrà sfumato, con tonalità più chiare, verso l'alto, con la finalità di dare una sensazione di radicamento degli stessi alla terra, mentre si protendono verso il cielo.

Come intervento di compensazione ai residui impatti paesaggistici viene proposto l'intervento di riqualificazione dell'Oasi di Albanella (vedi capitolo 5).

Tale area risulta limitrofa al sedime vero e proprio della centrale e di proprietà di Enel stessa; essa pur rimanendo inalterata nelle sue qualità morfologiche e naturali sarà inserita in un percorso integrato con l'area della centrale, che creerà, anche attraverso possibili eventi descritti in altre parti di questo studio, una tensione vitale nell'area.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.2.9. Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti

4.2.9.1. Radiazioni ionizzanti

Per quanto riguarda la radioattività del carbone e delle ceneri è bene dapprima puntualizzare che gli isotopi radioattivi possono essere suddivisi in due diverse categorie:

- radionuclidi naturali: costituiti dagli isotopi delle serie radioattive naturali dell'Uranio e del Torio (tra questi il Radon), dal ^{40}K e dai radionuclidi cosmogenici come il Trizio (^3H) e il ^{14}C ;
- radionuclidi artificiali: costituiti da isotopi prodotti all'interno di reattori nucleari per la produzione di energia (prodotti di fissione o di attivazione), come il ^{137}Cs o il ^{90}Sr , o prodotti per l'utilizzo in diagnostica o terapia medica, come ad esempio il ^{131}I .

La protezione del pubblico e dei lavoratori dall'esposizione a sorgenti di radiazioni ionizzanti è regolato dal decreto legislativo 230/95 integrato dai decreti legislativi 241/00 e dai decreti legislativi 257/01. Il quadro normativo di riferimento ha preso in considerazione oltre all'esposizione a sorgenti artificiali, anche l'esposizione al Radon e ad altri materiali radioattivi naturali (NORM: Naturally Occurring Radioactive Materials).

L'indicatore utilizzato per la valutazione dell'esposizione a radiazioni ionizzanti è la dose efficace espressa in mSv/anno. Il limite di esposizione per gli elementi della popolazione è di 1 mSv/anno, per i lavoratori classificati di categoria B il limite è di 6 mSv/anno, mentre per i lavoratori di categoria A il limite è di 20 mSv/anno.

Il carbone contiene il ^{40}K e gli elementi naturali appartenenti alle famiglie dell'Uranio e del Torio. A seguito del processo di combustione in una centrale termoelettrica, gli elementi chimici che compongono le catene delle famiglie radioattive si distribuiscono secondo la loro volatilità tra i gas che sfuggono dal camino (ad es. ^{222}Rn), le particelle di ceneri leggere (es. ^{210}Pb , ^{210}Po) e le particelle di ceneri pesanti (ad es. ^{40}K , ^{232}Th). Il ^{210}Pb è scelto come rappresentativo delle emissioni della centrale perché volatilizza durante la combustione del carbone e si associa alle particelle di ceneri volanti, parte delle quali sfugge agli elettrofiltri (APAT, 2002).

D'altra parte quella della radioattività è comunque un problema secondario; infatti i livelli di concentrazione degli elementi radioattivi nelle ceneri è spesso inferiore a quello di alcuni terreni (10-30 Bq/kg di Uranio e Torio nelle ceneri contro valori di oltre i 1000 Bq/kg in alcuni terreni agricoli del Lazio e della Campania o nei centri pozzolanici) (Regione Lombardia, 2004).

Nel 2001, l'ARPA Toscana ha effettuato nel 2001 una prima valutazione dell'impatto radiologico sull'ambiente causato dalle centrali a carbone (APAT, 2002). L'obiettivo del lavoro è stata la messa a punto di una metodologia di valutazione di tipo modellistico e la raccolta dei dati e degli strumenti necessari ad applicarla alla realtà italiana.



Nella tabella seguente si riportano i dati di dettaglio, relativi al 2001 ed alle centrali termoelettriche a carbone dell'allora Gruppo ENEL.

Tabella 4.2.9.1/I Elenco centrali a carbone funzionanti al 2001

Denominazione	Comune	Produzione lorda di energia elettrica da carbone (GWh)	Consumo carbone (10 ³ t)
Bastardo	Gualdo Cattaneo (PG)	1131	417
Brindisi Nord	Brindisi (BR)	1576	672
Brindisi Sud	Brindisi (BR)	9300	3340
Fusina	Malcontenta (VE)	6038	2114
Genova	Genova	2097	826
La Spezia	La Spezia	1683	591
Monfalcone	Monfalcone (GO)	2414	861
Pietrafitta	Panicale (PG)	0	0
Porto Marghera	Venezia (VE)	889	376
Santa Barbara	Cavriglia (AR)	0	0
Santa Gilla	Cagliari (CA)	0	0
Sulcis	Portoscuso (CA)	1635	649
Vado Ligure	Valeggia di Quigliano (SV)	4202	1440
TOTALE		30965	11286

La valutazione d'impatto è stata effettuata su 6 centrali per le quali è stato possibile utilizzare le griglie di distribuzione della popolazione e della produzione agricola: Brindisi Sud, Fusina, Vado Ligure, Porto Marghera, Genova e La Spezia.

La dose individuale è stata calcolata per gli adulti residenti a tre diverse distanze dall'impianto: 500 m, 5 km e 10 km. La tabella riassume i risultati delle stime di dose individuale e collettiva, che appaiono modeste.

Tabella 4.2.9.1/II Stime di dose individuale e collettiva da rilascio di ceneri di centrali a carbone (APAT 2002)

	Valore massimo	Radionuclidi significativi	Vie di esposizione significative	Valore minimo
Dose individuale*	0.42 µSv	²¹⁰ Pb, ²¹⁰ Po	Ingestione di cibi contaminati	< 0.1 µSv (90%)
Dose collettiva	0.055 Sv-persona	²¹⁰ Pb, ²¹⁰ Po	Inalazione da nube	0.013 man Sv (45%)

* calcolata a 500 m dall'impianto

Sulla base delle considerazioni sopra esposte si può quindi affermare che l'impatto radiologico della nuova centrale a carbone sia trascurabile.



Centrale termoelettrica di Porto Tolle



4.2.9.2. Radiazioni non ionizzanti

A seguito della modifica dell'impianto, il collegamento alla esistente rete elettrica nazionale avviene senza rilevanti modifiche all'attuale sistema. Adiacenti la sala macchine sono installati i trasformatori principali, collegati alla vicina stazione elettrica a 380 kV dalla quale derivano le linee elettriche. In generale, il campo elettromagnetico indotto da una linea elettrica ad alta tensione presenta valori non trascurabili in un'area limitata a qualche decina di metri dall'asse della linea dell'elettrodotto.

I valori attualmente connessi al trasporto dell'energia prodotta dalla centrale, peraltro, non vengono modificati dai proposti interventi, non essendo previste variazioni nelle tensioni, nelle intensità di corrente, nelle frequenze di esercizio delle linee e nella struttura e nel posizionamento dei conduttori.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.3. Impatto sul sistema ambientale complessivo, aspetti migliorativi rispetto alle condizioni attuali

Per definire il quadro complessivo dell'impatto, sul sistema ambientale locale, connesso con la realizzazione del progetto, si è proceduto, in primo luogo, all'analisi delle perturbazioni chimiche e fisiche, derivanti per via diretta dalla costruzione e dall'esercizio del nuovo assetto impiantistico, tenendo conto anche delle loro interrelazioni. A valle di questo procedimento, sono stati poi considerati gli impatti indiretti, mediati e trasferiti da questa prima serie di effetti verso le altre componenti del sistema ambientale locale.

I risultati degli studi settoriali di analisi e previsione degli effetti della realizzazione del progetto sull'ambito territoriale potenzialmente interessato, (presentati in dettaglio nel paragrafo 4.2), consentono di pervenire alle considerazioni conclusive sintetizzate di seguito.

Atmosfera

La modellazione dei contributi al suolo di inquinanti aerodispersi, attribuibili al funzionamento della centrale nel nuovo assetto, porta a delineare un quadro di qualità dell'aria locale più favorevole rispetto alla situazione con l'impianto esistente.

La diminuzione delle emissioni di SO₂, NO_x e polveri porta ad una complessiva diminuzione di tutti gli indici statistici di qualità dell'aria definiti dalla normativa vigente.

Ci si attende una sensibile riduzione dei valori misurati di SO₂ che sono già ampiamente entro tutti gli standard previsti dalle norme vigenti e future, mentre tale riduzione non sarà così evidente per NO_x e polveri, in quanto questi inquinanti risultano fortemente influenzati da altre sorgenti.

Ambiente idrico

Relativamente all'ambiente idrico sono state svolte valutazioni sui differenti aspetti che lo caratterizzano.

Temperatura dell'acqua

Per quanto riguarda le condizioni delle acque di raffreddamento allo scarico, va considerato che l'aumentato rendimento termico comporta una riduzione del calore scaricato attraverso le acque di raffreddamento, riduzione che si può valutare dell'ordine del 15%. Poiché la portata di raffreddamento rimane immutata e pari a 20 m³/s per ciascuna sezione, le condizioni di diluizione risultano favorite dalla trasformazione a carbone e quindi anche le condizioni di dispersione termica, risultano migliorative rispetto all'assetto attuale.

Tali considerazioni, verificate da modellazioni matematiche, confermano che la trasformazione a carbone della Centrale Porto Tolle porta, in generale, ad una riduzione dell'impatto sulla dispersione termica in mare e in fiume delle acque di raffreddamento in ogni condizione di funzionamento.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Idrochimica

Per la modifica della centrale è stato predisposto il progetto di un nuovo circuito delle acque industriali, basato sulla massimizzazione dei recuperi idrici e sulla minimizzazione dei rilasci di inquinanti, metalli in particolare.

L'attuale impianto di trattamento delle acque reflue (ITAR) sarà oggetto di un adeguamento tramite inserimento di una stazione di finitura con filtri a sabbia e carbone attivo. Per il trattamento degli spurghi dei nuovi impianti di desolfurazione dei fumi, sarà realizzato un cristallizzatore che, attraverso una completa evaporazione dei reflui, consentirà il completo recupero delle acque ad uso industriale.

Le caratteristiche chimiche dell'acqua scaricata dalla centrale nel nuovo assetto, migliorative rispetto allo stato attuale, sono certamente compatibili con i limiti previsti dalla vigente legislazione in materia di recapito di effluenti liquidi nelle acque superficiali, per cui non si possono prevedere impatti significativi sulla qualità dell'acqua dei corpi idrici riceventi in conseguenza della realizzazione del progetto di modifica dell'impianto.

Suolo e sottosuolo

Per quanto riguarda la realizzazione del progetto in esame, gli interventi di scavo o movimento terra necessari nella fase di costruzione sono relativamente modesti. Le opere previste per la trasformazione della centrale interesseranno l'area di proprietà dell'Enel e si andranno a inserire su superfici che sono già state precedentemente modificate per l'insediamento dell'impianto esistente e hanno già le caratteristiche idonee per ospitare un impianto industriale del tipo di quello proposto.

Questa componente ambientale pertanto non è interessata dalla realizzazione del progetto. L'assetto geologico e quello geomorfologico dell'area non subiranno pertanto alcuna variazione per effetto della modifica dell'impianto e del suo esercizio nel nuovo assetto.

Vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi

L'analisi dei vari impatti ipotizzabili porta a concludere che, data la complessiva riduzione, rispetto alla situazione attuale, delle perturbazioni previste verso l'ambiente atmosferico e verso quello acquatico, gli effetti attesi non comportano problemi per queste componenti ambientali.

Salute pubblica

Eventuali riflessi della realizzazione del progetto di trasformazione sulla salute pubblica potrebbero essere ricondotti agli effetti sulla qualità dell'aria.

Questo aspetto è stato perciò considerato e la modellazione dei contributi al suolo degli inquinanti aerodispersi attribuibili al funzionamento della centrale nel nuovo assetto porta a definire un futuro quadro di qualità dell'aria locale assolutamente tranquillizzante.

Il livello dei contributi atmosferici previsto è largamente compatibile con gli standard di qualità prescritti dalle normative vigenti in campo nazionale e comunitario in materia di tutela della qualità dell'aria.

Si può quindi concludere che alla modifica della centrale non si possono associare motivi di preoccupazione nel campo della salute pubblica.



Rumore e vibrazioni

La previsione modellistica effettuata tenendo conto di tutte le nuove componenti impiantistiche indica incrementi del valore del livello differenziale di immissione dell'impianto che non supera 1,5 dB(A).

La necessità di garantire il corretto funzionamento del macchinario d'impianto impone uno stretto controllo delle vibrazioni alla sorgente e pertanto non è ipotizzabile una perturbazione significativa dell'ambiente circostante sotto questo aspetto, in quanto i livelli di accelerazione attesi sono molto al di sotto delle soglie di normale avvertibilità.

Paesaggio

Trattandosi, in questo caso, della trasformazione di un impianto già esistente l'impatto generato sulla componente del paesaggio è comunque attenuato dal fatto che il manufatto è assorbito nell'immagine collettiva di quel paesaggio.

L'impatto che l'inserimento dei nuovi elementi produrrà all'interno del sistema territoriale sarà, comunque, più o meno consistente in funzione, oltre che dell'entità delle trasformazioni previste, della maggiore o minore capacità del paesaggio di assorbire nuove variazioni, in funzione della sua vulnerabilità.



4.4. Sistema di approvvigionamento del carbone

Ai sensi della normativa concernente le sostanze pericolose per la salute e l'ambiente, il carbone è escluso dalla classificazione; a paragone con altri combustibili il carbone non è infatti infiammabile, non è esplosivo e non è cancerogeno.

Il rischio è associato esclusivamente alla produzione di polveri fini, con conseguenze per le vie respiratorie in caso di inalazione: la prevenzione totale di tale rischio nella movimentazione del carbone presso la Centrale di Porto Tolle sarà assicurata mediante modalità di scarico in sicurezza e trasferimento in ambiente chiuso mantenuto in depressione, come descritto nel Quadro di Riferimento Progettuale.

Nel rifornimento di olio combustibile denso un eventuale incidente nel corso della navigazione, un rilascio accidentale al terminale o una rottura dei collettori di caricamento comporterebbe la dispersione di idrocarburi, tossici per l'ecosistema acquatico e la formazione della classica chiazza oleosa, dalle note conseguenze.

Il carbone, invece, come evidenziano i test di cessione a medio e breve termine, non rilascia sostanze solubili in acqua e non rappresenta un pericolo per l'ecosistema marino in caso di accidentale sversamento.

I risultati della ricerca effettuata dal *"International Marine Centre"* di Oristano dimostrano che *"il carbone non altera il contenuto di Carbonio Organico Disciolto nell'acqua di mare"*, riscontrandosi concentrazioni sostanzialmente stabili nel periodo di osservazione di tre settimane.

Del resto le volumetrie di carbone rilasciate da aperture nello scafo di un cargo causate da collisioni, trattandosi di materiale solido, sono evidentemente limitate rispetto al caso di combustibili liquidi.

Per tali caratteristiche la *"International Maritime Organization"* (IMO), Agenzia dell'ONU specializzata nello sviluppo della sicurezza e nella prevenzione dell'inquinamento in mare, che emana indicazioni tecniche e prescrizioni operative relative alla navigazione ed agli ambiti ad esso connessi, ha sancito l'esclusione del carbone fossile dall'elenco delle sostanze pericolose per il trasporto navale.

Il carbone ha un peso specifico superiore all'acqua (circa 1,3 g / cm³) e un comportamento idraulico simile a materiale inerte di analoga pezzatura, pertanto uno sversamento accidentale di carbone in mare comporterebbe la deposizione sui fondali, dopo eventuale limitata dispersione della frazione a granulometria minore, dovuta esclusivamente all'effetto delle correnti locali sulla massa solida.

L'impatto ambientale è dunque puramente meccanico, dovuto all'affondamento di carbone in pezzatura, e resta circoscritto all'area interessata dall'accumulo che si può prevedere a poche decine di metri dal luogo dell'incidente, limitata superficialmente, senza danni agli ecosistemi costieri.

I bassi tassi di deposizione di granuli e polvere di carbone a seguito della dispersione ad opera delle correnti, riscontrati anche sperimentalmente, fanno escludere un rilevante impatto sugli ecosistemi bentonici mediterranei,



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



in grado di sostenere tassi di deposizione dei sedimenti dell'ordine di cm / anno (circa 10 kg / m²).

In ogni caso, anche il danno arrecabile dal ricoprimento di biocenosi bentoniche (riduzione o impedimento degli scambi gassosi e della penetrazione della luce e alterazione delle caratteristiche tessiture dei sedimenti) verrebbe ad essere limitato da un tempestivo intervento di rimozione condotto con semplici mezzi aspiranti.

Il carbone, per le sue proprietà e caratteristiche, è escluso dai materiali considerati pericolosi dall'International Maritime Organization (IMO) secondo la codifica dello *"International Maritime Dangerous Goods"* (IMDG code), lista aggiornata dal comitato *"Dangerous Goods, Solid Cargoes and Containers"* dell'IMO. Ciò comporta l'esclusione del trasporto di carbone dalla regolamentazione tipicamente applicabile ai prodotti petroliferi, SOLAS 74 (*"International Convention for the Safety of Life at Sea"* - capitolo VII *"Carriage of dangerous goods"*) e MARPOL 73/78 (*"International Convention for the Prevention of Pollution from Ships - Annex III - Regulation for harmful substances"*).

Nel codice IMDG il carbone è peraltro citato tra i *"non-classified materials"* (Volume I, General Introduction - Section 24), materiali che sono considerati rischiosi in condizioni di stiva, *"Material Hazardous Only in Bulk"* (MHB).

Il trasporto sarà pertanto sempre effettuato in ottemperanza alle procedure di sicurezza indicate nel 'code of safe practice for solid Bulk Cargoes' (BC Code – Appendix B).

Per il carbone i suddetti rischi sono dovuti alla possibile formazione di metano e anidride carbonica, a eventuali focolai di combustione spontanea per eccessivo surriscaldamento in stiva, nonché a reazioni acide con acqua.

Per il trasporto via mare verranno utilizzate carboniere con cisterne coperte compartimentate che godano dei requisiti di sicurezza richiesti dai citati codici internazionali della navigazione. In particolare, così come richiesto dalle procedure del *"BC Code"*, si disporrà di navi progettate con spazi cargo isolati idraulicamente, pareti resistenti al fuoco e in grado di prevenire fenomeni corrosivi alle pareti.

Le navi saranno attrezzate con adeguata strumentazione di monitoraggio della concentrazione di metano, monossido di carbonio ed ossigeno nella stiva e negli ambienti di lavoro chiusi, di rilevamento in automatico della temperatura del carico e del pH delle acque di sentina.

Saranno garantite le opportune accortezze nei comportamenti a rischio per l'innescio di fenomeni di combustione e nella sistemazione del carico in stiva. Dovrà essere consentita esclusivamente la minima aerazione dell'ammasso, la circolazione d'aria dovrà essere limitata a quanto necessario alla rimozione dei gas sviluppati.

Al proposito, al comandante è sempre richiesto di ricevere dal fornitore, al porto di imbarco, la scheda tecnica di caratterizzazione del carbone imbarcato, finalizzata alla migliore prevenzione e gestione dei rischi. L'affidabilità in tal senso sarà garantita anche nella scelta dell'armatore e del mezzo da parte di Enel.

Oltre alle assicurazioni richieste per il transito in acque territoriali italiane (Blue Card), i contratti di trasporto stipulati per la fornitura di carbone a Porto



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Tolle, secondo gli abituali standard, comporteranno una dichiarazione dell'armatore riguardo:

- la copertura assicurativa del mezzo "hull & machinery";
- la copertura assicurativa per danni verso terzi e ambientali, come richiesta dal "International P. & I. Group";
- l'età del mezzo inferiore a 15 anni;
- le caratteristiche rispondenti alle norme e codici IMO sopra citati;
- la certificazione da parte di società accreditate IACS, in classe Lloyd 100A.1 o equivalente.

La suddetta certificazione e la conseguente classifica comportano la verifica della congruenza con i regolamenti e gli standard internazionali durante la progettazione, la costruzione e l'esercizio; per le navi in esercizio sono previste ispezioni e controlli annuali, intermedi e di rinnovo per il mantenimento del certificato di classe e ispezioni per il mantenimento e il rinnovo dei certificati governativi, secondo i regolamenti e la normativa vigente sulla propria bandiera.

L'armatore dovrà garantire altresì il pieno rispetto dei requisiti richiesti dalle norme internazionali per la gestione in sicurezza delle operazioni a bordo e la prevenzione dell'inquinamento ("International Safety Management" - ISM Code), con la fornitura del "Safety Management Certificate".

Al comandante saranno poi fornite precise istruzioni da seguire in crociera e nei riguardi dei porti di destinazione e lo stesso, quotidianamente, oltre alla posizione ed alle condizioni meteorologiche, dovrà trasmettere un rapporto di conferma dello stato di funzionamento dei sistemi di controllo, contenete i dati del sistema di monitoraggio delle concentrazioni in stiva di monossido di carbonio, metano, ossigeno e della temperatura del carico.

I sistemi di scarico in banchina saranno gestiti con modalità operative che garantiscano la migliore prevenzione dall'emissione di polveri in atmosfera e da sversamenti in mare; saranno formalmente definite le procedure operative per gli interventi di emergenza da predisporre in caso di incidente, le misure adottate per un rapido recupero del materiale sversato, al fine di evitare danni agli ecosistemi bentonici.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



4.5. Riferimenti normativi e fonti

A.A., 1994 – “*Appennino Tosco-Emiliano*”. In Società Geologica Italiana (a cura di): Guide Geologiche Regionali, N° 4, BE-MA editrice.

AA.VV. (1985). “*Ecologia del Delta del Po. Atti del Seminario di studi. Università di Parma. 11-12/4/1895*”. Nova Thalassia, Vol. 7 1985, suppl. 2.

AA.VV. (1986). Distribuzione e popolazione dei Laridi e Sternidi nidificanti in Italia. Supplemento alle ricerche di biologia della selvaggina. Istituto Nazionale di Biologia della Selvaggina. Bologna: 11.

AA.VV. (1990). “*Ecologia del Delta del Po. Convegno Enel - SIBM. Albarella 16-18/9/1990*” Enel -CRTN E4/91/02/MI.

Agenzia Regionale Prevenzione ed Ambiente dell’Emilia-Romagna. Servizio IdroMeteo. Area Idrologia. Le campagne di misura di portata del fiume Po (2004)

Agenzia Regionale Prevenzione ed Ambiente dell’Emilia-Romagna. Servizio IdroMeteo. Area Idrologia. La magra primaverile del fiume Po nell’anno 2003 (2004)

APAT (2002): “*Annuario dei dati ambientali*”. Edizione 2002. Stato dell’ambiente 7.

Baccetti N., Serra L., Tinarelli R., Utmar P., Cherubini G., Kravos K. & Casini L. 1992. Nuovi conteggi di Limicoli costieri svernanti nelle zone umide adriatiche. Riv. Ital. Orn. 62:3-12.

Bartoletti C., Bertoni M., Ioannilli E. (1985) “*Qualità delle acque del Delta del Po: aspetti chimici Atti del Seminario di studi sull'ecologia del Delta del Po. Università di Parma. 11-12/4/1895*”. Nova Thalassia, Vol. 7 1985, suppl. 2.

Bellelli E., Bracchi U., Sansebastiano G., Tanzi M.L. (1985) “*Qualità delle acque del Delta del Po: aspetti microbiologici e virologici*” Atti del Seminario di studi sull'ecologia del Delta del Po. Università di Parma. 11-12/4/1895. Nova Thalassia, Vol. 7 1985, suppl. 2.

Benà M. & Boschetti E. 1999. Osservazioni ornitologiche in Polesine e nel Delta del Po (Provincia di Rovigo). Lav. Soc. Ven. Sc. Nat. 24:131-132.

Bertazzini M., Sala B. & Scarpante L. 1990. I micromammiferi del Delta del Po (Mammalia: Insectivora, Rodentia). Studi trent. Sci. Nat. 66: 187-203.

Bertonati M., Ioannilli E. (1991) “*Qualità delle acque in rapporto al funzionamento della centrale di Porto Tolle*” Convegno Enel-SIBM sull'ecologia del Delta del Po. Albarella 16-18/9/1990. ENEL-CRTN E4/91/02/MI

Bogliani G. 1982. Censimento dei Laridi nel Delta del Po. Atti I Seminario Italiano sui Censimenti Faunistici pp. 220-221.

Bon M., Cherubini G. 1993. I censimenti degli uccelli acquatici svernanti in Laguna di Venezia: risvolti gestionali. Atti I Convegno Faunisti Veneti. Museo Civico di Storia e Scienze Naturali. Montebelluna: 37-43.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Bondesan M., Favero V. & Vignals M. J., 1995 – “*New evidence on the evolution of the Po-delta coastal plain during the Holocene*”. Quaternary International, 29/30, pp. 105-110.

Borgoni N., Richard J., Semenzato M. 1993. Il Progetto Atlante degli Anfibi e Rettili del Veneto: risultati di due anni di attività. Atti I Convegno Faunisti Veneti. Museo Civico di Storia e Scienze Naturali. Montebelluna: 37-43.

Bosellini A., Mutti E. & Ricci Lucchi F., 1994 – “*Rocce e successioni sedimentarie*”. UTET, Torino.

Calvario E., Sarrocco S., (Eds.), 1997. Lista Rossa dei Vertebrati italiani. WWF Italia. Settore Diversità Biologica. Serie Ecosistema Italia. DB6.

Cassano E., Anelli L., Fichera R. & Capelli V., 1986 – “*Pianura Padana, interpretazione integrata di dati geofisici e geologici*”. 73° Congr. Soc. Geol. It., Roma, AGIP, pp. 27.

Castellarin A., Eva C. Giglia G. & Vai G. B., 1986 – “*Analisi strutturale del Fronte Appenninico-padano*”. Giornale di Geologia, v. 47, pp. 47-75.

CESI, 2002. Indagine sulla presenza di microinquinanti nel suolo superficiale intorno al sito termoelettrico di Porto Tolle. Rapporto A2/036137 del 14/11/2002.

Chiodetti M., 1992. Dopo due secoli le spatole sono tornate . Airone Supplemento al numero 137. Settembre 1992.

Della Puppa & Grego, 1994. Ricerche naturalistiche a Porto Tolle. 1. Idrologia. Rapp. int. ENEL (GBA, 1994, Relazioni E4/94/04,06,15)

Direttiva 1999/30/CE del 22 aprile 1999. Direttiva del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo.

Direttiva Habitat 92/43/CEE pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 248 del 23 ottobre 1997

Enel E4/94/15 (1994): Ricerche naturalistiche a Porto Tolle. Monitoraggio degli ambienti acquatici. Stato di avanzamento annuale Luglio 1992-Luglio 1993.

Fasola M., Bogliani G., Saino N., Canova L. 1989. Foraging, feeding and time-activity niches of eight species of breeding seabirds in the coastal wetlands of the Adriatic sea. Boll. Zool. 56: 61-72.

Fasola M., Canova L. 1995. Ecologia e conservazione degli uccelli acquatici coloniali nel comprensorio del delta del Po. Quad. Staz. Ecol. civ. Mus. St. nat. Ferrara 9:321-325.

Fasola M., Saino N., Canova L., Bogliani G. 1989. Breeding and summering populations of gulls and terns in coastal wetlands on the Adriatic sea. Le Gerfaut 79: 177-184.

Ferrari I., Mazzocchi M.G. (1985) “*Composizione, dinamica e ruolo trofico dello zooplancton nel Delta del Po*”. Atti del Seminario di studi sull'ecologia



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



del Delta del Po. Università di Parma. 11-12/4/1895. Nova Thalassia, Vol. 7 1985, suppl. 2.

Ferrari I., Rossetti G. (1991) *"Lo zooplancton nel Delta del Po (Po di Pila, Sacca del Canarin e mare antistante): sintesi dei risultati di ricerche condotte dal 1977 al 1988."* Convegno Enel-SIBM sull'ecologia del Delta del Po. Albarella 16-18/9/1990. ENEL-CRTN E4/91/02/M

Frugis S. 1973. Primi dati di un "survey" ornitologico del Delta padano. Ateneo Parmense 9:419-437.

Gandolfi G., Ioannilli E., Vitali R. 1985) *"Caratteristiche biologiche delle comunità ittiche, studi sulle migrazioni e aspetti quantitativi delle attività alieutiche nel Delta del Po"* Atti del Seminario di studi sull'ecologia del Delta del Po. Università di Parma. 11-12/4/1895". Nova Thalassia, Vol. 7 1985, suppl. 2.

Gariboldi A., Rizzi V., Casale F. 2000. Aree importanti per l'avifauna in Italia. LIPU pp.528.

ISTAT - Bilancio demografico per l'anno 2003 (demo.istat.it)

ISTAT, 1991. Popolazione e abitazioni – Emilia Romagna

ISTAT, 1991. Popolazione e abitazioni – Ferrara

ISTAT, 1991. Popolazione e abitazioni – Italia

ISTAT, 1991. Popolazione e abitazioni – Rovigo

ISTAT, 1991. Popolazione e abitazioni – Veneto

ISTAT, 2001. 8° Censimento dell'industria e dei servizi

ISTAT, 2003 Stime occupati e disoccupati nei Sistemi Locali del Lavoro – Anno 2001

IUCN (1994) "The IUCN Mammal Red data book".

Jamiolkowski M. & Bogetti F. (1975). *"Costruzioni su argille tenere. Caratteristiche geotecniche dell' argilla di Porto Tolle"*. XII Convegno di Geotecnica A.G.I., Cosenza, Italy. Specialty sess. Discussion

Jamiolkowski M., Lancellotta R. & Tordella M.L. (1980). *"Geotechnical properties of Porto Tolle N.C. silty clay"*. VI Danube-European Conf. on S.M.F.E., Varna, Bulgaria.

Lorenzoni G.G., 1985. *"Flora e vegetazione del Delta del Po"*. Nova Thalassia, vol. 7 suppl. 2: pp. 365 - 383.

M.U.R.S.T., 1997 – *"Carta Geomorfologica della Pianura Padana alla scala 1:250.000"*. Coord. Castiglioni G.B., S.EL.CA., Firenze. PIERI M. & GROPPI G. (1981)-Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy. C.N.R., pubbl. 414 Prog. Fin. geodinamica, sottoprog. Modello Strutturale, 13, 7, Roma, pp. 1-11.

Mancini F., 1966 – *"Breve commento alla carta dei suoli d'Italia"*. In scala 1:100.000. Comitato per la carta dei suoli.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



Paolucci P. 1993. Stato delle conoscenze sulla teriofauna regionale e Progetto Atlante Mammiferi del Veneto. Atti I Convegno Faunisti Veneti. Museo Civico di Storia e Scienze Naturali. Montebelluna: 139-144.

Parisi V., Ambrigi R., Bedulli D., Mazzadri M.G., Poli P. (1985) *“Struttura e dinamica dei popolamenti bentonici negli ambienti sedimentari del delta padano”*. Atti del seminario di studi sull'ecologia del Delta del Po. Università di Parma. 11-12/4/1895. Nova Thalassia, Vol. 7 1985, suppl. 2.

Parisi V., Ambrogio R., Bedulli D., Mezzadri M.G. (1991) *“Il macrobenthos dei fondi incoerenti: sintesi di una esperienza pluriennale (1972-1989) nel Delta del Po”*. Convegno Enel-SIBM sull'ecologia del Delta del Po. Albarella 16-18/9/1990. ENEL-CRTN E4/91/02/MI.

Passarella M. 1995. Nuove conoscenze sulla distribuzione di alcune specie ornitiche nel Delta del Po. Quad. Staz. Ecol. civ. Mus. St. nat. Ferrara 9:313-320.

Passarella M., Altieri E., Benà M., Boschetti E., Tenan S. & Verza E. 1999. Zone umide minori di importanza nazionale per lo svernamento degli Ardeidi delle popolazioni nord-adriatiche Avocetta 23:58.

Rallo G., 1999 – *“Ambienti naturali del Delta del Po della Regione del Veneto”*. In: INTERREG II C – CADSES, 1997/1999.

Regione Emilia Romagna, 2000. Uso del suolo 1.25.000. Direzione Generale Sistemi informativi geografici. Edizione 2000.

Regione Lombardia (2004): *“Relazione tecnico scientifica sull'emissione di inquinanti dalla combustione in impianti termici civili”*. Allegato alla Deliberazione della Giunta Regionale 17 maggio 2004 – N. 7/17533. Bollettino Ufficiale Regione Lombardia 2° Supplemento Straordinario, 27 maggio 2004.

Regione Veneto, 1992. Corine Land Cover. www.regione.veneto.it/Economia/Agricoltura+e+Foreste/Foreste+ed+Economia+Montana/Area+download+e+normativa+di+settore/SIF.htm

Relini G., Fasciana C. (1991) *“Macrobenthos di substrato duro nell'area deltizia padana”* Convegno Enel-SIBM sull'ecologia del Delta del Po. Albarella 16-18/9/1990. ENEL-CRTN E4/91/02/MI.

Relini G., Matricardi G., Bianchi C.N., Diviacco G., Morri C., Pisano E. *“Il macrobenthos di substrato duro nella Sacca del Canarin”*. Atti del Seminario di studi sull'ecologia del Delta del Po. Università di Parma. 11-12/4/1895. Nova Thalassia, Vol. 7 1985, suppl. 2.

Sansebastiano G., Bellelli E., Bracchi U., Tanzi M.L., Rebizzi V., Affanni P. (1991) *“Qualità delle acque in rapporto al funzionamento della centrale di Porto Tolle. Parte II: aspetti microbiologici”* Convegno Enel-SIBM sull'ecologia del Delta del Po. Albarella 16-18/9/1990. ENEL-CRTN E4/91/02/MI

Sei S., I. Ferrari, F. Ghion, 1998. Laguna suppl. 5/98. pp 28-35.

Serra L., Magnani A., Dall'Antonia P., Baccetti N. 1997. Biologia e conservazione della fauna - risultati dei censimenti degli uccelli acquatici



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle



svernanti in Italia, 1991-1995. Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica. Ozzano dell'Emilia (Bologna).

Simeoni, 2004 – *“Tavola 31: Il Delta del Po”*. In Istituto Geografico Militare (a cura di): Italia dei tipi geografici.

Solazzi A., Marzocchi M. (1985) *“Dinamica dei popolamenti fitoplanctonici nell'area del Delta del Po”*. Atti del Seminario di studi sull'ecologia del Delta del Po. Università di Parma. 11-12/4/1895”. Nova Thalassia, Vol. 7 1985, suppl. 2.

Solazzi A., Marzocchi M., Cavolo F. (1991) *“Popolamenti fitoplanctonici dell'area del delta padano interessata dalla centrale termoelettrica di Porto Tolle”* Convegno Enel-SIBM sull'ecologia del Delta del Po. Albarella 16-18/9/1990. ENEL-CRTN E4/91/02/MI

Spegnesi M. 1978. Profilo dell'ornitomammalofauna del Delta del Po. Boll. Mus. Civ. Stor. Nat. Venezia Suppl. 29:111-124.

Tommaselli R., 1973. *“La vegetazione forestale d'Italia”* Collana Verde n. 33 . Ministero Agricoltura e Foreste.

Tommaselli R., Balduzzi A., Filipello S., 1973 *“Carta bioclimatica d'Italia”*. Collana Verde n. 33 . Ministero Agricoltura e Foreste.

Tosini L, 1995. Un laboratorio permanente. Le lagune del Delta del Po. Quaderni Trimestrali, Consorzio Venezia Nuova, maggio 1995.

Tucker G.M., Heath M.F., 1994. Birds in Europe: their conservation status. Ed. BirdLife International. Cambridge.

Valle R., Vettorel M. & D'Este A. 1995. Status and breeding biology of the Kentish Plover (*Charadrius alexandrinus*) along the Northern Adriatic coastline (NE Italy). *Gerfaut* 85:37-40

Viegi G., Paoletti P., Di Pede F., Prediletto R., Carrozzi L., Pistelli G., Giuntini C. (1988) et al. Prevalence of respiratory symptoms in an unpolluted area of north Italy. *Eur. Resp. J.* 1:311-318,1988.

Vitali R., Gandolfi G. (1991) *“Ittiofauna migratrice e pesca nelle aree del delta del Po interessate dalla centrale termoelettrica di Porto Tolle”*. Convegno Enel-SIBM sull'ecologia del Delta del Po. Albarella 16-18/9/1990. ENEL-CRTN E4/91/02/MI.

World Health Organisation - Regional Office for Europe , 2000. Air Quality Guidelines for Europe - Second Edition.



Centrale termoelettrica
di Porto Tolle

