

Perrone Raffaele



Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Direzione Generale Valutazioni Ambientali

E. prot DVA-2013-0014885 del 26/06/2013

Da: solvay.rosignano@pec.it
Inviato: giovedì 20 giugno 2013 11.23
A: aia@PEC.minambiente.it; dva-IV@minambiente.it
Cc: francesco.posar@solvay.com; roberta.nigro@isprambiente.it
Oggetto: Invio documenti come da richiesta CIPPC-00_2013-0000895 del 14 giugno 2013 - invio 3 di 5
Allegati: Allegato 6 - Studio diffusionale polveri parte A - 10 giugno 2013.pdf

Il sottoscritto, per conto del Gestore Solvay Chimica Italia S.p.A. di cui Rappresentante Legale l'ing. Davide Papavero, invia ufficialmente la documentazione richiesta dal Gruppo Istruttore Commissione IPPC (CIPPC-00_2013-0000895 del 14 giugno 2013) in merito al procedimento di rinnovo di AIA e unificazione (ID 434) per l'istruttoria "Solvay Chimica Italia S.p.A.", documentazione già consegnata al gruppo Istruttore stesso nel corso della riunione di Roma del giorno 10 giugno u.s.

La documentazione prodotta si compone di 8 files, di cui (in previsione) uno di questi suddiviso in 3 parti data la dimensione dello stesso, inviati con 5 messaggi differenti.

Cordiali saluti.

Il Referente Controlli AIA
Francesco Posar

Dr. Francesco Posar
Solvay Essential Chemicals
Responsabile HSE e RSPP di Stabilimento, Cantieri,
Sol.Mare, SOLVAL e SIS - Referente controlli A.I.A.

T: +39 0586 721184 - M: +39 345 4887682
Solvay Chimica Italia S.p.A.
Stabilimento di Rosignano
Via Piave, 6
57016 Rosignano M.mo fraz. Rosignano Solvay (LI)
ITALY
www.solvay.com



ALLEGATO 6

Studio diffusionale polveri



SOLVAY CHIMICA ITALIA

Stabilimento di Rosignano Marittimo

Via Piave, 6

STUDIO DIFFUSIONALE POLVERI
Unità Produttiva Sodiera e Cloruro di Calcio
e contributo dell'impianto Percarbonato di Sodio

Ing. Filippo Bozzi



Data: Giugno 2013

File rif.: Studio Diffusionale Polveri UP Sodiera e PCS.doc



INDICE

| | |
|---|-----------|
| PREMESSA..... | 3 |
| 1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE..... | 4 |
| 2. DESCRIZIONE DEL CICLO PRODUTTIVO | 5 |
| 2.1. Ricevimento e stoccaggio materie prime | 10 |
| 2.1.1. <i>Gestione e scarico delle principali materie prime.....</i> | <i>10</i> |
| 2.1.2. <i>Manutenzione e gestione del raccordo ferroviario.....</i> | <i>11</i> |
| 2.1.3. <i>Gestione, manutenzione e collaudi dei vagoni</i> | <i>11</i> |
| 2.2. Unità Produttiva Sodiera | 13 |
| 2.2.1. <i>Depurazione salamoia (ES) ed impianto Fenice.....</i> | <i>13</i> |
| 2.2.2. <i>Produzione di carbonato di sodio Na₂CO₃</i> | <i>15</i> |
| 2.2.3. <i>Produzione di bicarbonato di sodio NaHCO₃.....</i> | <i>26</i> |
| 2.3. Unità Produttiva Cloruro di Calcio – Servizi Generali | 31 |
| 2.3.1. <i>Impianto di produzione cloruro di calcio tradizionale</i> | <i>31</i> |
| 2.3.2. <i>Impianto di produzione cloruro di calcio in granuli al 96% (PASTA).....</i> | <i>33</i> |
| 2.4. Carico alla rinfusa da sacconi con coclea multi prodotto..... | 34 |
| 2.5. Produzione Lettiere | 35 |
| 3. MODELLISTICA DIFFUSIONALE | 36 |
| 3.1. Approccio metodologico | 36 |
| 4. AREA DI STUDIO | 38 |
| 5. METEOROLOGIA | 40 |
| 5.1. Stazioni di Misura | 40 |
| 5.1.1. <i>Stazione di qualità dell'aria di Via Veneto.....</i> | <i>40</i> |
| 5.1.2. <i>Stazione mareografica IDROMARE di Livorno.....</i> | <i>41</i> |
| 5.1.3. <i>Stazione meteorologica Rosignano Meteo</i> | <i>41</i> |
| 5.1.4. <i>Stazione meteorologica Solvay chimica SpA.....</i> | <i>42</i> |
| 5.1.5. <i>Stazione meteorologica virtuale.....</i> | <i>43</i> |
| 5.1.6. <i>Selezione della stazione</i> | <i>44</i> |
| 5.1.7. <i>I semestre 2009.....</i> | <i>45</i> |
| 5.2. Caratterizzazione meteoclimatica..... | 46 |
| 5.2.1. <i>Regime anemologico.....</i> | <i>46</i> |
| 5.2.2. <i>Parametri meteorologici</i> | <i>48</i> |
| 5.3. Calcolo dei parametri micrometeorologici per la dispersione..... | 60 |
| 5.3.1. <i>Metodologia</i> | <i>60</i> |
| 5.3.2. <i>Risultati.....</i> | <i>61</i> |
| 5.3.3. <i>Confronto con dati del modello LAMA-CALMET.....</i> | <i>61</i> |
| 5.3.4. <i>Analisi meteorologica anno solare 2011.....</i> | <i>64</i> |

| | |
|---|------------|
| 6. SCENARIO EMISSIVO | 66 |
| 6.1.1. Emissioni convogliate | 67 |
| 6.1.2. Emissioni da depositi a cielo aperto..... | 83 |
| 6.1.3. Emissioni Diffuse totali | 97 |
| Di seguito si riportano i valori totali di emissione da cumuli derivanti sia dall'effetto dell'erosione del vento che dalla movimentazione. | 97 |
| 7. CONFIGURAZIONE DEL CODICE..... | 98 |
| 7.1.1. Orografia..... | 101 |
| 7.1.2. Effetto edificio..... | 102 |
| 7.1.3. Recettori discreti | 103 |
| 7.1.4. Griglia di calcolo..... | 104 |
| 8. RISULTATI..... | 105 |
| 8.1. Recettori Discreti concentrazioni..... | 106 |
| 8.1.1. Emissioni convogliate..... | 106 |
| 8.1.2. Emissioni diffuse | 109 |
| 8.1.3. Emissioni totali..... | 111 |
| 8.1.4. Recettori Grigliati – Mappe di Isoconcentrazione..... | 118 |
| 8.1.5. Confronto con dati di qualità dell'aria | 135 |
| 8.2. Valutazione delle caratteristiche tossicologiche delle polveri | 137 |
| 8.3. Miglioramenti attuati dall'azienda | 142 |
| 8.3.1. Miglioramenti gestionali..... | 142 |
| 8.3.2. Miglioramenti impiantistici | 142 |
| 9. CONCLUSIONI | 144 |

PREMESSA

La presente relazione tecnica è stata redatta per la valutazione della ricaduta delle polveri generate dalle Unità Produttive Sodiera e Cloruro di Calcio presenti all'interno dello stabilimento Solvay Chimica Italia S.p.A., ubicato in Rosignano Marittimo (LI).

Tale studio è stato richiesto nell'ambito della procedura di Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) rilasciata con atto dirigenziale n. 271 del 30 ottobre 2007 in particolare per la parte dell'Allegato Tecnico 1 - adeguamento dell'impianto alle MTD/BAT. Infatti, con esplicita indicazione *"viene richiesta l'effettuazione dello studio sulle ricadute ambientali e sanitarie di tutte le emissioni prodotte dall'impianto, in accordo con ARPAT, entro un anno dal rilascio della presente autorizzazione"*.

In particolare, le modalità di sviluppo e presentazione dello studio diffusionale sono state definite nella riunione effettuata presso ARPAT - Dipartimento Provinciale di Livorno il 3 marzo 2009, il cui oggetto è stato *"Applicazione di un modello diffusionale alle emissioni in atmosfera dell'Azienda Solvay Chimica Italia S.p.A. stabilimento in Comune di Rosignano M.mo - Prescrizione di cui al paragrafo "Adeguamento impianto alle MTD/BAT" dell'AIA n.271 del 30 ottobre 2007"*.

Nel corso degli anni, inoltre, sono state progettate delle modifiche all'impianto che hanno comportato variazioni nel quadro emissivo di stabilimento.

Sulla base, quindi, del quadro emissivo riportato in sede di rinnovo di Autorizzazione Integrata Ambientale, dei dati di autocontrollo e dei dati meteorologici relativi al 2011, sono state aggiornate le simulazioni effettuate in precedenza.

Il presente documento riporta, quindi, le simulazioni sviluppate sulla base dei dati di emissione autorizzati dall'attuale atto AIA, dei risultati delle campagne di monitoraggio del 2008 e degli autocontrolli del 2011; i risultati vengono infine confrontati con i dati di qualità dell'aria del Comune di Rosignano Marittimo.

Inoltre, come richiesto al punto 23 della richiesta di integrazioni presentata dal Gruppo Istruttore con nota prot. CIPPC-00_2013-0000895 del 14/05/2013, secondo i chiarimenti forniti dal medesimo Gruppo Istruttore nella riunione tenutasi presso lo stabilimento Solvay in data 30 maggio 2013, viene espressa una valutazione del contributo alle emissioni dell'unità perossidati relativamente all'impianto percarbonato.

Si fornisce, infine, la descrizione dei miglioramenti implementati o da implementare all'interno dell'Unità Produttiva Sodiera e Cloruro di Calcio oltre che la valutazione delle caratteristiche tossicologiche delle polveri.

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Lo stabilimento della Solvay Chimica Italia SpA è ubicato nel comune di Rosignano Marittimo (LI) in località Rosignano Solvay. Nella figura seguente si riporta il perimetro dello stabilimento della Solvay Chimica Italia SpA con indicazione dell'area occupata dalle Unità Produttive Sodiera e Cloruro di Calcio.



Figura 1 – Aerofotogramma area di indagine

2. DESCRIZIONE DEL CICLO PRODUTTIVO

L'impianto industriale Solvay risulta ubicato nel comune di Rosignano Marittimo in provincia di Livorno.

L'area produttiva è insediata in prossimità della frazione di Rosignano Solvay, nata e cresciuta, nel corso degli anni, parallelamente all'impianto produttivo.

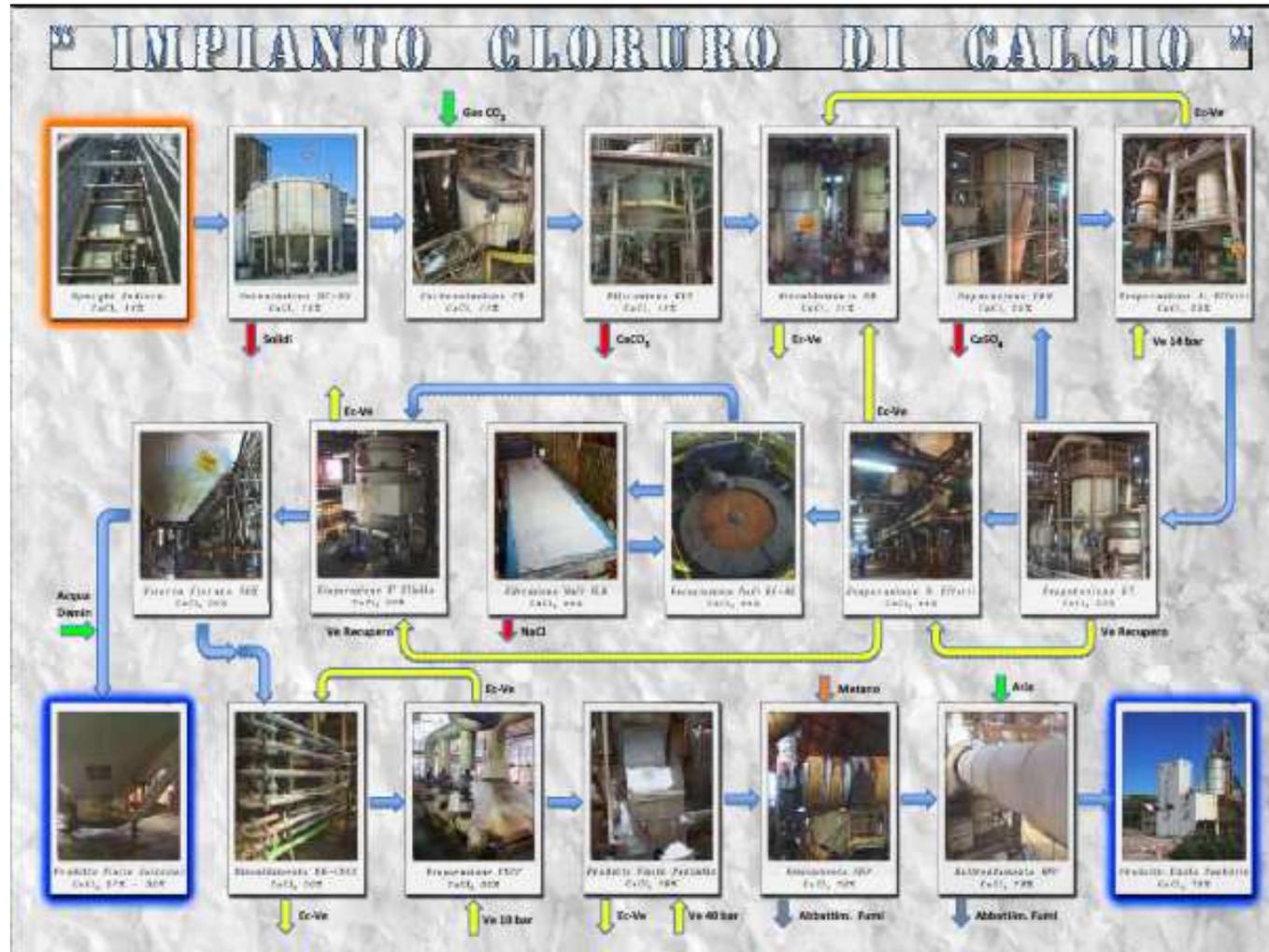
Lo stabilimento produce essenzialmente i seguenti prodotti chimici:

- SODA e derivati (U.P. SODIERA E CLORURO DI CALCIO)
 - Carbonato di sodio
 - Bicarbonato di sodio
 - Cloruro di calcio
 - Lettiere
- PEROSSIDATI (U.P. PEROSSIDATI)
 - Acqua ossigenata
 - Percarbonato di sodio
- Prodotti da ELETTROLISI e SINTESI ORGANICHE (U.P. ELETTROLISI / PRODOTTI CLORATI)
 - Cloro
 - Acido Cloridrico
 - Soda caustica
 - Ipoclorito di sodio
 - Clorometani

Nello stabilimento di Rosignano si svolge, inoltre, un'intensa attività di ricerca che si affianca all'attività produttiva in senso stretto, allo scopo di mantenere ai massimi livelli il grado di innovazione e competitività della tecnologia e dei prodotti Solvay, nonché di garantire livelli crescenti di compatibilità ambientale.

Unità Produttiva SODIERA e CLORURO DI CALCIO

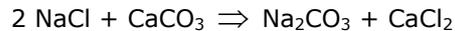
L'impianto produce carbonato di sodio (soda leggera e soda densa), bicarbonato di sodio e cloruro di calcio secondo il processo descritto nei paragrafi seguenti e riportato nelle figure seguenti.



Schema a blocchi - processo di fabbricazione UP Cloruro di Calcio

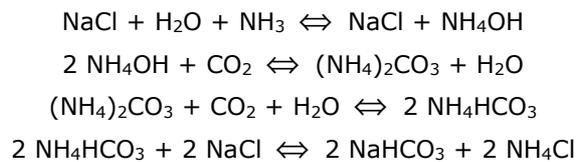
Processo Solvay

Il processo Solvay, relativo alla produzione della soda, può essere riassunto nella seguente equazione teorica generale:



In pratica, però, la via diretta non risulta realizzabile ed occorre la partecipazione di altre sostanze e differenti processi per arrivare al prodotto finale.

Le prime reazioni avvengono nella salamoia; inizialmente si ha l'assorbimento dell'ammoniaca e quindi la reazione della salamoia ammoniacale con l'anidride carbonica per formare i successivi intermedi, carbonato e bicarbonato di ammonio. Proseguendo l'introduzione di anidride carbonica e raffreddando la soluzione si ottiene la precipitazione del bicarbonato di sodio e la formazione del cloruro di ammonio.



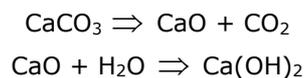
I cristalli di bicarbonato formati vengono separati, mediante filtrazione, dalle acque madri quindi si ha la decomposizione termica in carbonato di sodio, acqua e anidride carbonica.



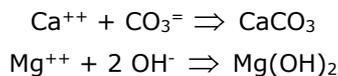
L'anidride carbonica viene recuperata nella fase di carbonatazione mentre le acque madri vengono trattate per il recupero dell'ammoniaca. Il cloruro di ammonio filtrato reagisce con il latte di calce ed i gas vengono separati per il recupero dell'ammoniaca.



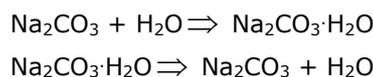
L'ammoniaca viene ricircolata nella fase di assorbimento. L'anidride carbonica e l'idrossido di calcio sono originati dalla calcinazione del calcare secondo la reazione di idratazione dell'ossido di calcio di seguito riportata:



La salamoia deve essere trattata per la rimozione delle impurità presenti, calcio e magnesio, prima della sua introduzione nel processo in modo da evitare la produzione di sali insolubili che contribuirebbero all'incrostazione delle apparecchiature.



Il carbonato di sodio formato è chiamato "soda leggera" a causa della sua densità. L'operazione seguente è quella di densificazione; il prodotto finale viene chiamato "soda densa".

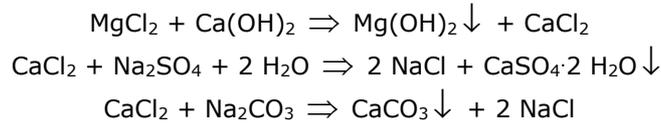


Depurazione della salamoia

La depurazione è effettuata secondo il processo calce-soda secondo le seguenti fasi:

- reazione della salamoia con latte di calce;
- reazione con carbonato di sodio;
- decantazione previa aggiunta di un flocculante (fecola di patate caustificata);
- concentrazione dei fanghi per recupero salamoia.

Le reazioni che si instaurano sono del tipo:



In tale modo la salamoia viene depurata di alcuni sali indesiderati nel ciclo produttivo, in quanto contribuirebbero all'incrostazione delle apparecchiature; in particolare viene ridotta la concentrazione degli ioni solfato, calcio e magnesio.

Calcinazione del calcare

Sono presenti appositi impianti che permettono lo stoccaggio, la ripresa, la vagliatura, il trasporto, il dosaggio ed il caricamento nei forni del calcare, del coke e dell'antracite.

Nei forni a calce avviene la trasformazione del calcare (CaCO_3) in calce (CaO) con sviluppo di anidride carbonica (CO_2). Tale reazione avviene a temperature dell'ordine di 950 - 1100°C. Le calorie necessarie per la trasformazione del calcare vengono ottenute dalla combustione del coke e/o dell'antracite. La calce viene ripresa dai forni ed inviata nelle tramogge che alimentano i dissolutori dove è trattata con acqua per la produzione di latte di calce.

Il gas uscente dalla parte superiore dei forni viene raffreddato in scrubber lavatori ed inviato agli utilizzatori.

Produzione latte di calce

Iidratando la calce prodotta (CaO) nei forni a calce sopra descritti si ottiene il latte di calce [Ca(OH)_2]. La calce viene "spenta" all'interno dei dissolutori.

Questa reazione è altamente esotermica.

Durante l'idratazione il materiale fine inerte contenuto nel calcare (solfati, silicati, argilla, composti silico-alluminati ed altro) può ritrovarsi nel latte di calce; le particelle più grossolane vengono separate mediante filtrazione, lavate e riciclate all'interno del ciclo produttivo.

2.1. RICEVIMENTO E STOCCAGGIO MATERIE PRIME

Le materie prime necessarie ai processi produttivi provengono sia da processi interni allo stabilimento ma esterni all'Unità Produttiva Sodiera e Cloruro di Calcio (acido cloridrico, soda caustica), sia da fornitori esterni.

Le materie prime prodotte internamente allo stabilimento, acido cloridrico e soda caustica, vengono approvvigionate all'unità produttiva mediante tubazione dedicata.

La Solvay Chimica Italia ha in concessione i sondaggi di Ponteginori nei pressi di Montecatini Val di Cecina e Saline di Volterra (PI) per l'approvvigionamento della salamoia, e la cava di San Carlo nei pressi di San Vincenzo (LI) per il calcare.

Il calcare generalmente viene approvvigionato allo stabilimento tramite vagoni ferroviari e bagnato per limitare l'emissione di polvere; ad integrazione del trasporto ferroviario viene utilizzato il trasporto stradale. La salamoia viene approvvigionata tramite condotta e stoccata in riserve interne all'Unità Produttiva.

Il coke e l'antracite vengono approvvigionati tramite trasporto ferroviario e stradale.

Nella scheda D presente in **Allegato 15**, alla tabella D.1 sono riepilogate le materie prime utilizzate, il produttore e la relativa modalità di stoccaggio.

In **Allegato 10** si riporta, invece, una planimetria generale dell'Unità Produttiva con l'indicazione delle aree di stoccaggio relativamente ad ogni sostanza.

2.1.1. Gestione e scarico delle principali materie prime

All'interno dello stabilimento Solvay Chimica Italia S.p.A. è presente l'Unità Servizi Logistica (USLOG) che gestisce le attività di ricevimento materie prime ed invio prodotti finiti per le unità produttive presenti.

2.1.1.1. Scarico coke ed antracite

L'apporto annuale di carbone, di circa 75.000 tonnellate, è garantito da due modalità di trasporto differenti:

- su rotaia 35.000 tonnellate ca;
- su strada 40.000 tonnellate ca.

All'interno dello stabilimento l'antracite viene trasportata via strada; i camion vengono caricati nei depositi marittimi e riforniti periodicamente da navi carboniere. Il coke della cokeria di San Giuseppe di Cairo viene invece trasportato via ferrovia.

Al fine di evitare il mescolamento tra i diversi tipi di carbone, il punto di scarico prevede una fossa a scarico posteriore dedicata all'antracite. Terminate le operazioni di scarico un carroponete, dotato di benna, posiziona i prodotti sui relativi mucchi di stoccaggio.

Per quanto riguarda la ferrovia è previsto mediamente un treno settimanale proveniente dalla cokeria di S. Giuseppe di Cairo in provincia di Savona. Il convoglio è composto da 18-19 carri EANOS singoli. Il carroponete dotato di benna preleva direttamente il coke dai carri e lo deposita sul relativo mucchio.

2.1.1.2. Scarico calcare

Il calcare viene approvvigionato presso lo stabilimento principalmente per mezzo di trasporto ferroviario; viene utilizzato inoltre il trasporto stradale.

La struttura per lo scarico, chiamata piattaforma TPB, è composta da una serie di 16 tramogge vibranti poste al di sotto del binario; due tramogge possono ricevere il calcare sia dai carri ferroviari che dai camion.

Il nastro trasportatore (TPB) raccoglie la pietra scaricata e la trasferisce nell'area adiacente di stoccaggio del calcare. La pietra viene successivamente movimentata fino ai forni a calce mediante un'altra serie di nastri trasportatori posti al di sotto del mucchio.

Il calcare all'interno dei carri viene bagnato prima di essere scaricato.

Lo scarico del calcare avviene per gravità con l'apertura laterale dei portelloni dei carri ferroviari o con l'apertura posteriore dei camion.

Durante lo scarico dei carri è presente un sistema di spruzzatori per contenere le polveri nelle tramogge.

2.1.2. Manutenzione e gestione del raccordo ferroviario

Il raccordo ferroviario si estende in tutto lo stabilimento ed è utilizzato per il trasporto di materie prime, prodotti finiti e prodotti diversi.

La maggior parte della movimentazione è effettuata mediante treni completi; la movimentazione dei vagoni è effettuata a mezzo di locomotori diesel.

Il raccordo ferroviario dello Stabilimento è esercito sulla base di un specifico contratto con la Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (RFI), Contratto 312/03 del 10/12/2003.

I binari sono raccordati alla stazione ferroviaria di Rosignano Solvay, situata a circa 350 m dai cancelli di raccordo dello stabilimento, con tre binari di ingresso/uscita.

Il raccordo si sviluppa in due zone, la zona Solvay e la zona UE; le due zone sono collegate mediante binario di raccordo della lunghezza di circa 1.100 m, che si sviluppa all'interno dello Stabilimento.

I binari della rete ferroviaria interna sono posati su massicciata costituita da pietrisco come previsto dalle specifiche FS.

I binari sono soggetti a collaudo annuale da parte della Società RFI, con la quale sono altresì concordati gli interventi di manutenzione da mettere in atto per il corretto mantenimento della rete ferroviaria interna. Gli obiettivi stabiliti, in termini di manutenzione, sono quindi sottoposti a verifica da parte della stessa RFI in concomitanza con il collaudo annuale.

2.1.3. Gestione, manutenzione e collaudi dei vagoni

La Società Solvay Chimica Italia S.p.A impiega esclusivamente Ferrocisterne e Carri (di seguito chiamati vagoni) noleggiati. I vagoni possono essere noleggiati direttamente o essere inseriti nel relativo contratto di trasporto (c.d. contratti di trasporto "all inclusive").

Il dimensionamento dei vagoni dipende da vari fattori:

- Quantitativo annuo da trasportare;
- Modalità di trasporto (portata treno - frequenza);

- Tempo di round trip;
- Modalità di carico;
- Capacità di stoccaggio;
- Le necessità del cliente.

I requisiti tecnici generali sono prescritti nel RID.

I contratti di noleggio vagoni sono gestiti al livello gruppo Solvay da un team di esperti con particolare attenzione ai requisiti tecnici specifici dei vagoni (sistemi di carico, sistemi di scarico, tipologie valvole, grado di pulizia interna,...) in funzione del prodotto da trasportare.

Ogni anno il proprietario invia il programma di collaudi da eseguire specificando l'officina di destinazione .

Solvay, per mezzo dell'Unità Servizi Logistica, è responsabile per

- Assicurare l'invio del vagone in collaudo nei tempi prestabiliti
- Condizionare il vagone secondo quanto richiesto dal proprietario,

altresì il proprietario è responsabile delle attività di manutenzione sui vagoni. In caso di guasto di un vagone l'Unità Servizi Logistica richiede al proprietario l'autorizzazione a riparare il vagone per iscritto specificando il tipo di guasto.

2.2. UNITÀ PRODUTTIVA SODIERA

L'Unità Produttiva "Sodiera" (UPSO) svolge le attività seguenti:

- Depurazione salamoia di stabilimento (depurazione salamoia e impianto Fenice)
- Produzione di carbonato di sodio Na_2CO_3
- Produzione di bicarbonato di sodio NaHCO_3 (Parte BIR e EOLO)
- Produzione ed erogazione Aria Compressa, Aria Strumentazione e Azoto (Impianto RIVOIRA)
- Filtrazione, pompaggio ed erogazione acqua di mare

In **Allegato 5** si riportano lo schema a blocchi complessivo dell'UP Sodiera e i schemi a blocchi delle varie attività interne all'UP Sodiera.

2.2.1. Depurazione salamoia (ES) ed impianto Fenice

L'impianto depurazione salamoia (ES) tratta la salamoia vergine inviata verso lo stabilimento dai sondaggi Solvay di PONTEGINORI (tramite tubazioni), e consente l'erogazione di salamoia depurata all'impianto Sodiera e all'Unità Produttiva Elettrolisi (UE).

L'Unità Produttiva Elettrolisi rinvia verso l'ES una parte di salamoia per un suo successivo utilizzo in Sodiera. L'impianto Solval S.p.A. invia verso l'ES la salamoia depurata proveniente dal proprio processo che viene utilizzata come materia prima in Sodiera.

L'ES produce granelli CRG, che possono essere usati per la produzione di Lettiere per animali domestici (nell'Unità Produttiva VPS) e/o per la vendita come materia prima per i cementifici.

La parte precipitata dal settore ES viene trattata nell'impianto Fenice: in tale impianto, l'attacco con acido cloridrico HCl produce una soluzione di cloruro di calcio CaCl_2 (utilizzata come materia prima nell'UP Cloruro di Calcio e servizi generali CaCl_2/SGx) e di diossido di carbonio CO_2 utilizzata come materia prima per la produzione di bicarbonato di sodio nell'impianto EOLO. La rimanente parte, così come l'eccesso di solidi principalmente composti da CaCO_3 e $\text{Mg}(\text{OH})_2$, viene scaricata nella rete fognaria.

L'impianto depurazione salamoia (ES) riceve dai sondaggi di PONTEGINORI una salamoia satura di cloruro di sodio (NaCl), contenente in soluzione certe quantità di alcuni sali che, qualora non venissero diminuite, darebbero luogo a notevoli incrostazioni negli apparecchi di Sodiera con grossi inconvenienti alla fabbricazione.

Gli ioni più dannosi sono:

SO_4^{2-} (solfato)

Ca^{2+} (calcio)

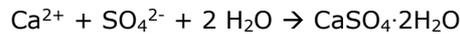
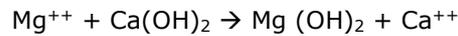
Mg^{2+} (magnesio).

Le loro concentrazioni vengono ridotte in due tempi:

- 1° tempo – misto granulare (CRG) - depurazione SO_4^{2-} e Mg^{2+}
- 2° tempo – ML e DC – depurazione Ca^{2+} e Mg^{2+} .

1° tempo – CRG – depurazione SO_4^{2-} e Mg^{2+}

Nei CRG alla salamoia viene aggiunto vergine del latte di calce (sospensione di $Ca(OH)_2$). La presenza di OH^- consente la precipitazione di $Mg(OH)_2$, mentre l'aumento della concentrazione di Ca consente la precipitazione di gesso $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.



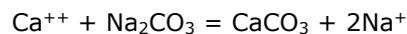
Quest'ultimo precipita sotto forma di granelli (anche con eventuale additivazione di sabbia silicea che funge da germe di cristallizzazione). I granelli sono composti dal gesso di precipitazione, ma contengono anche del $CaCO_3$, del $Ca(OH)_2$ e degli inerti provenienti dal latte di calce e del $Mg(OH)_2$ precipitato nel CRG.

La grande parte del $Mg(OH)_2$ rimane sotto forma di fiocchi bianchi; i quali, non decantando nei CRG, vanno a stramazzo con il liquido verso il secondo tempo.

I granelli vengono estratti dalla base del cristallizzatore CRG e vengono stoccati prima del loro successivo impegno o vendita.

2° tempo – ML e DC – depurazione Ca^{2+} e Mg^{2+}

Nei miscelatori viene aggiunta una soluzione contenente $Na_2CO_3/NaHCO_3$ che permette la precipitazione di $CaCO_3$, secondo la seguente reazione chimica:



Con l'aggiunta di un flocculante preparato a base di fecola di patate e di soda caustica NaOH, i solidi $Mg(OH)_2$ e $CaCO_3$ decantano all'interno dei decantatori.

I fanghi vengono concentrati in un ispessitore (Tasster), in presenza di un flocculante di tipo polimero, al fine di recuperare al massimo la salamoia depurata; in caso di indisponibilità l'ispessitore viene bypassato. La salamoia depurata è stoccata in riserve dedicate, mentre i fanghi ispessiti vengono inviati nell'impianto Fenice o in caso di suo malfunzionamenti verso lo scarico a mare.

Una parte della salamoia depurata viene filtrata con dei filtri a sabbia e dei filtri ad antracite, per diminuirne al massimo il tenore in solidi sospesi, per uso nell'UP Elettrolisi.

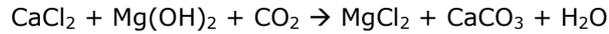
In particolari condizioni ed assetti di impianto le salamoie sopraccitate, non idonee all'alimentazione nel processo produttivo Sodiera, vengono scaricate nel Fosso Bianco, sul quale non hanno alcun effetto considerata la loro natura salina e il fatto che il corpo recettore sia il mare.

Impianto Fenice

L'impianto Fenice consente il trattamento dei fanghi della depurazione salamoia con acido cloridrico, al fine di ridurre la quantità di solidi sospesi scaricati verso il mare, e allo stesso momento consentire il recupero di CO_2 gassosa e di una soluzione concentrata di $CaCl_2$

utilizzata in altri cicli produttivi. Per tali motivi l'impianto può funzionare secondo diverse configurazioni.

I fanghi concentrati provenienti dall'ispessitore vengono carbonatati con della CO₂ in presenza di CaCl₂ in soluzione, al fine di solubilizzare il Mg (convertire il solido Mg(OH)₂ in presenza di CaCl₂ sciolto, in solido CaCO₃ e MgCl₂ disciolto), secondo la reazione globale:



Il gas contenente CO₂ utilizzato per la carbonatazione proviene dai forni a calce; gli inerti e la parte di CO₂ non reagita vengono emessi in aria tramite camino (punto di emissione 1/A-10).

La sospensione ottenuta viene ispessita, poi filtrata, e il liquido chiaro contenente MgCl₂ viene scaricato verso il mare. Il solido recuperato viene attaccato con acido cloridrico HCl, secondo la reazione:



Dopo la neutralizzazione della soluzione acida con latte di calce e chiarificazione, si ottiene una soluzione di CaCl₂ concentrata che viene utilizzata, se idonea, all'interno dell'UP Cloruro di Calcio e servizi generali (CaCl/SGx) per la produzione di CaCl₂. L'attacco acido consente inoltre il recupero di un gas ricco di CO₂, utilizzata all'interno dell'U.P. Sodiera o nell'impianto EOLO di produzione di bicarbonato di sodio NaHCO₃.

All'interno di tale impianto viene inviata anche la soluzione acquosa proveniente dall'impianto percarbonato di sodio (UP Perossidati).

Il rendimento di distruzione dei solidi dei fanghi della depurazione salamoia è variabile secondo gli assetti dell'impianto. Il refluo dell'impianto è convogliato mediante la sopraccitata soluzione acquosa e scaricato a mare.

Si evidenzia come tale impianto sia attivo all'interno dell'UP Sodiera.

2.2.2. Produzione di carbonato di sodio Na₂CO₃

L'impianto Sodiera permette la produzione di 970 kt/anno di bicarbonato greggio, distribuito per la produzione dei prodotti finiti soda leggera (SL), soda densa (SD) e bicarbonato di sodio raffinato (BIR) e per impegni interni (ES).

Il carbonato di sodio Na₂CO₃ (Soda leggera e Soda densa) viene prodotto con processo continuo all'ammoniaca secondo le seguenti fasi principali:

- Assorbimento dell'ammoniaca nella salamoia depurata;
- Precipitazione del bicarbonato di sodio grezzo;
- Filtrazione del bicarbonato di sodio;
- Calcinazione del bicarbonato di sodio;
- Densificazione della soda leggera;
- Recupero dell'ammoniaca – Distillazione – Scarico e Stoccaggio soluzione NH₄OH;
- Calcinazione del calcare;
- Sala macchine – Compressione dei gas CO₂

2.2.2.1. Assorbimento dell'ammoniaca nella salamoia depurata (AB)

La prima tappa del processo Solvay è l'assorbimento di ammoniaca gassosa NH₃ nella salamoia depurata proveniente dall'ES. Quest'assorbimento viene realizzato in 3 tappe successive riportate di seguito.

1° tappa (SE→S1/4A)

La salamoia depurata viene utilizzata per il lavaggio di alcune correnti gassose prima del loro rilascio verso l'atmosfera o utilizzato in riciclo in fabbricazione, in modo da eliminare l'NH₃ in esse presenti. Si tratta di:

- LCL: lavaggio del gas di scarico delle colonne di precipitazione prima del rilascio verso l'atmosfera (punto di emissione 1/A-L4 a 1/A-L7);
- LPV-FL: lavaggio dell'aria aspirata dalle pompe a vuoto dei filtri a banda prima del rilascio verso l'atmosfera (punto di emissione 1/A-1, 1/A-1M, 1/A-1R e 1/A-1U);
- SB-SHT e SB-DCB: lavaggio del gas contenente CO₂ all'uscita dei seccatoi di calcinazione del bicarbonato di sodio, prima del riciclo del gas verso le colonne di carbonatazione.

2° tappa (S1/4A → S1/2A)

La salamoia parzialmente ammoniacale (S1/4A) viene utilizzata per il lavaggio del gas prima delle pompe a vuoto del settore AB/DS (nei LPV ABSB e LPV ABGV) e per l'assorbimento del gas uscita CC in una colonna di assorbimento funzionando a vuoto spinto ABGV.

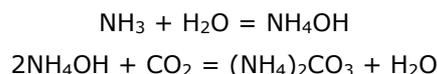
Si aumenta così il titolo in NH₄ della salamoia.

3° tappa (S1/2A → SA)

La salamoia in parte ammoniacale entra all'interno degli assorbitori ABSB, in equicorrente con il gas ammoniacale riciclato dal settore distillazione, opportunamente raffreddato a +/- 50°C.

Gli apparecchi sono sotto vuoto e refrigerati.

In essi avvengono le reazioni:



Quindi si assorbe sia ammoniaca NH₃ che una prima quota parte di CO₂; tale assorbimento è reso possibile dalla presenza di NH₄OH nella soluzione.

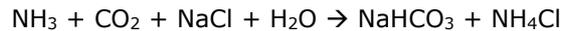
La salamoia ammoniacale in uscita dagli assorbitori viene quindi raccolta nelle apposite riserve RS-SA.

Dopo l'assorbimento, i gas rimanenti vengono lavati con salamoia parzialmente ammoniacale per toglierne le ultime tracce di NH₃ (nei LPV ABSB e LPV ABGV), dopodiché vengono utilizzati nel settore di carbonatazione, in quanto ricchi di CO₂. Esiste anche la possibilità di mandarli verso i LCL per il loro rilascio in atmosfera (punti di emissione 1/A-L4 a 1/A-L7).

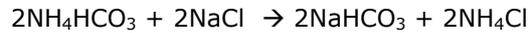
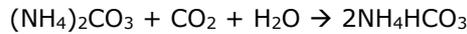
2.2.2.2. Precipitazione del bicarbonato di sodio (CL)

La salamoia ammoniacale viene inviata al settore colonne (CL) dove avviene la sua carbonatazione, così da far precipitare del bicarbonato di sodio NaHCO₃.

La reazione globale è la seguente:



Tale reazione deriva dalle seguenti 3 reazioni successive:



La precipitazione del bicarbonato di sodio avviene nelle colonne di bicarbonatazione CLBI lavorando in continuo. Tale settore colonne (CL) comprende due zone:

- una zona superiore, chiamata *zona di carbonatazione*, nella quale si satura la soluzione in CO_2 e si formano i germi che crescono scendendo con il liquido nella CL;
- una zona inferiore, chiamata *zona di raffreddamento*, nella quale il calore di reazione viene liberato tramite tubi raffreddati con acqua di mare, al fine di massimizzare il rendimento di precipitazione. La temperatura massima nella CL è dell'ordine dei 60-65°C circa; la più bassa, al termine del processo, tra 25 e 30°C.

Il gas viene iniettato in due punti:

- alla base della CL viene iniettato un gas ricco in CO_2 (circa il 70%), miscela di gas proveniente dai forni a calce e recuperato dal settore calcinazione del bicarbonato di sodio;
- a metà altezza della CL viene iniettato del gas dai forni a calce (circa il 40% in CO_2).

La sospensione di NaHCO_3 viene estratta dal piede delle colonne ed inviata alla filtrazione.

La maggior parte del bicarbonato precipita nella massa del liquido; una parte però precipita sulle superfici di raffreddamento incrostando la colonna e riducendo progressivamente la sua capacità. Per questo motivo, dopo una campagna di 4-5 giorni, la colonna di bicarbonatazione deve essere fermata per il suo lavaggio (prende allora il nome di CLCB).

Per il lavaggio delle colonne incrostate si utilizza la salamoia ammoniacale proveniente dal settore assorbimento. Trattandosi di una soluzione ricca di ammoniaca, ha un potere di dissoluzione del bicarbonato di sodio elevato. Anche durante il lavaggio viene iniettato del gas CO_2 dei forni a calce (circa il 40%), per assicurare una turbolenza favorevole al lavaggio. Il lavaggio dura tipicamente un giorno, dopodiché la colonna pulita può essere di nuovo utilizzata per la produzione del precipitato.

Esiste dunque una rotazione delle colonne fra quelle in lavaggio e quelle in fabbricazione, con tipicamente quattro colonne in fabbricazione per una colonna in lavaggio.

Il gas in uscita dalle colonne (sia CLCB che CLB) passa attraverso degli scrubber per ulteriore assorbimento della CO_2 residua. Quindi questo gas viene mandato verso i LCL per eliminare l'ammoniaca prima del rilascio atmosferico degli inerti e della CO_2 non assorbita nel processo (punti di emissione 1/A-L4 a 1/A-L7).

La soluzione ammoniacale proveniente dall'assorbimento passa inizialmente in una colonna per il lavaggio, nella quale si arricchisce in NaHCO_3 sciogliendone le croste (CLCB); subisce

un'ulteriore carbonatazione nei SBCL, viene portata a saturazione ed infine produce bicarbonato di sodio solido nelle CL in fabbricazione (CLBi).

2.2.2.3. Filtrazione del bicarbonato di sodio (FL)

La sospensione in uscita dalle colonne contiene circa il 20-21% in peso di NaHCO_3 , che viene separato dalle acque madri attraverso filtri a banda sotto vuoto (FLB).

Il lavaggio è reso necessario dal contenuto di cloruri (sotto forma di NaCl e NH_4Cl) presente nel bicarbonato greggio e per i quali esiste una specifica del prodotto finito. Per tale lavaggio viene usata prevalentemente un'acqua di processo riciclata, proveniente dal settore distillazione (acqua CC).

I filtri funzionano con un alto vuoto al fine di essiccare al massimo il solido, per limitare l'energia da utilizzare nel settore successivo per la sua evaporazione.

Il bicarbonato di sodio filtrato è inviato nei seccatoi (SHTV-SL) mediante scivoli ed un opportuno sistema di trasporto a nastro.

Le acque madri sono invece inviate alla settore distillazione per il recupero dell'ammoniaca e dell'anidride carbonica in esse contenute.

L'aria aspirata, arricchitasi di NH_3 al contatto delle acque madri, passa attraverso dei lavatori con salamoia fresca depurata (LV PV-FL), prima del rilascio atmosferico (punto di emissione 1/A-1, 1/A-1M, 1/A-1R e 1/A-1U).

2.2.2.4. Calcinazione del bicarbonato di sodio (SH)

Il bicarbonato di sodio greggio viene riscaldato in seccatoi orizzontali giranti a fascio tubiero contenente vapore.

Il processo comporta prima un essiccamento dovuto all'evaporazione dell'acqua e successivamente una decomposizione termica del bicarbonato di sodio in carbonato di sodio, secondo la seguente reazione chimica:



La temperatura di calcinazione è di circa 180°C .

Il gas sviluppato nei seccatoi trascina una discreta quantità di solido (carbonato di sodio) che viene eliminata tramite grossi separatori ritornando negli essiccatori mediante lavaggio con acqua di condensa del gas stesso. Il gas viene raffreddato in scambiatori a fascio tubiero, alimentati con acqua (RGT SHT). Ciò consente la condensazione dell'acqua contenuta nel gas e l'assorbimento del NH_3 nell'acqua stessa. Quindi passa attraverso lavatori (SB SHT) dove le ultime tracce di NH_3 vengono assorbite in salamoia depurata. Dopodiché questo gas, contenente CO_2 a più del 90%, viene riciclato verso il settore CL (dopo diluizione con del gas dei forni a calce, viene iniettato come gas ricco alla base delle CL).

Le condense dei RGT servono per il lavaggio del gas per abbattere le polveri di soda e vengono successivamente inviate verso il settore distillazione per il recupero del NH_3 che contengono.

Il carbonato di sodio ottenuto all'uscita dei seccatoi è la soda leggera (SL), prodotto che presenta una granulometria fine, con d_{50} di circa 100 μm e una densità piuttosto bassa di circa 500kg/m^3 , venduta tal quale sul mercato.

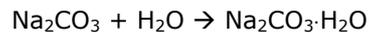
Le diverse manipolazioni legate a questo prodotto finito (trasporto, carico, imballaggio, ecc), sono legate ai punti di emissione (1/A4, 1/A5, 1/A6, 1/A7, 1/A12, 1/A14).

La maggior parte viene però inviata al settore di densificazione.

2.2.2.5. Densificazione della soda leggera (SD)

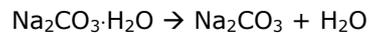
A causa della sua polverosità, la soda leggera presenta molti inconvenienti per certi usi (costo del trasporto, difficoltà di dosaggio, ecc), per cui viene molto più utilizzata la cosiddetta "soda densa", di peso specifico pari a circa il doppio.

Per la produzione di soda densa, viene utilizzata soda leggera e acqua (tramite una soluzione in uscita dalla debicarbonatazione del bicarbonato greggio), miscelate in granulometri rotanti (TGT), nei quali avviene la reazione di ricristallizzazione in monoidrato:



Il monoidrato ha una struttura cristallina più grossa del carbonato anidro.

In seguito il monoidrato passa in seccatoi (SHTV-SD), quasi identici nella costruzione a quelli usati per la calcinazione del bicarbonato greggio, nei quali per riscaldamento perde integralmente il suo contenuto d'acqua.



Il vapore così ottenuto è in grande parte condensato per riciclo dell'acqua. La parte non condensata può essere emessa in atmosfera da dei camini o recuperata verso il processo da un impianto di recupero calore.

Questo prodotto viene quindi vagliato, depolverizzato ed inviato ai silos di stoccaggio (punti di emissione 1/A-2, LUHR1, 1/A-2 LUHR2, 1/A-2 LUHR3, 1/A3, 1/A7, 1/A9, 1/A11, 1/A13, 1/A15).

La soda densa (SD), prodotto che presenta un d_{50} di circa 500 μm e una densità di circa 1000kg/m^3 , è venduta tal quale sul mercato.

2.2.2.6. Debicarbonatazione del bicarbonato greggio (DCB)

Mentre nei seccatoi la debicarbonatazione del bicarbonato greggio è effettuata a secco per la produzione della soda leggera, nei debicarbonatori (DCB) avviene attraverso contatto diretto con vapore di una sospensione di bicarbonato di sodio proveniente dai filtri. La reazione di decomposizione termica del bicarbonato di sodio in carbonato di sodio è la stessa che avviene nel seccatoio



Il prodotto finale è un liquido chiaro contenente sia Na_2CO_3 sia NaHCO_3 che viene utilizzato nei settori:

- BIR, come materia prima per la produzione di bicarbonato di sodio raffinato;
- Densificazione (SD), come liquido di densificazione iniettato nei granulatori giranti (TGT);
- Depurazione salamoia (ES), come fonte di CO_3 per la precipitazione del Ca .

L'operazione è effettuata in grosse colonne a riempimento, dove la sospensione di bicarbonato greggio viene immessa dall'alto e del vapore a bassa pressione iniettato alla base.

Il gas in uscita con tenore alto di CO_2 e contenente NH_3 subisce un trattamento analogo a quello subito dal gas uscente dagli essiccatoi (RGT DCB e SB DCB), e la CO_2 viene infine riciclata verso il settore carbonatazione (CL).

2.2.2.7. Recupero dell'ammoniaca – Distillazione (DS) – Bacino di diversione – Scarico e Stoccaggio soluzione NH_4OH

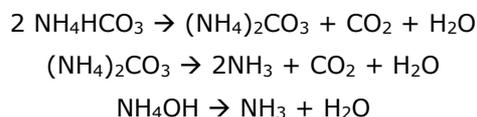
Distillazione

Le acque madri ottenute dopo la filtrazione del bicarbonato greggio contengono l'ammoniaca del processo sotto forma di NH_4OH , NH_4HCO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ e NH_4Cl . Altri liquidi derivanti dalla fabbricazione nei settori assorbimento, colonne, filtri a banda, seccatoi, ecc. contengono ammoniaca. Quest'ultima viene recuperata e riciclata nel processo (ciclo del NH_3).

La distillazione si effettua in 2 tappe principali.

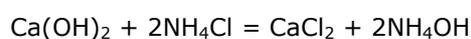
1° tappa – riscaldamento

Al fine di massimizzare i rendimenti dell'impianto, il liquido filtrato viene riscaldato (RHCD) tramite scambiatori di calore e strippato con vapore vivo (RHSB). Ciò consente la decomposizione termica dei composti misti NH_4HCO_3 e $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ e del NH_4OH in NH_3 e CO_2 .



2° tappa – reazione con latte di calce

In un secondo tempo il liquido, contenente NH_4Cl , in uscita dalla prima tappa viene messo in contatto con latte di calce $\text{Ca}(\text{OH})_2$ nel PLM.



L'NH₄OH può successivamente essere strippato con vapore vivo nel DS.

Salvo la debole perdita di ammoniaca dal liquido finale, il gas in uscita dall'insieme di distillazione RHSB/PLM/DS contiene tutta l'ammoniaca introdotta con il liquido; questo gas viene dunque raffreddato da 70°C a 50°C e riciclato al settore assorbimento per ricominciare il ciclo.

Nell'obiettivo di massimizzare i rendimenti termici, esistono diverse linee di distillazione, di cui una lavora a vuoto spinto (-650mbar) mentre le altre lavorano a vuoto normale (-500mbar).

Il liquido in uscita dalla distillazione (DS) passa attraverso una serie di apparecchi dove viene ridotta la pressione per il recupero di vapore a bassa pressione. Ogni linea ne recupera una prima parte per se stessa (DTi) e poi tutti i liquidi vengono collettati: il vapore recuperato in un primo tempo viene usato nella linea di distillazione a vuoto spinto, mentre il vapore da un secondo tempo viene utilizzato nella distillazione (CC). Il liquido in uscita dalla distillazione (DS) è in parte veicolato verso l'impianto di Cloruro di Calcio ed in parte immesso nella rete di scarico dell'Unità Produttiva Sodiera.

Nel settore distillazione è presente anche l'apparecchiatura CC utilizzata per lo stripping delle condense del settore seccatoi e/o di condense fuoriuscite dei diversi scambiatori del settore (RGRH e RHCD), che contengono soltanto ammoniaca libera.

Sistema di scarico del settore distillazione e bacino di diversione

Il liquido DS in uscita dal settore Distillazione è veicolato da un canale di scarico (denominato "cunetta DS") sul quale operano diversi apprestamenti, quali :

- serrande per la sua ripresa totale o parziale,
- pompe di rilancio per la reintroduzione nel processo produttivo.

Il refluo può essere inviato verso una TRG dedicata per il controllo della temperatura o verso un impianto di attacco acido (HCl); può subire un trattamento con un ossidante per ridurre il contenuto di ammoniaca oppure, in caso di malfunzionamento o disservizio del settore distillazione verso il bacino di diversione per il successivo recupero dell'ammoniaca nei distillatori o per il suo scarico in modo controllato nella cunetta DS e, a seguire, nell'effluente Sodiera. Parte di questa corrente di scarico alimenta l'impianto pilota descritto nel paragrafo 7.6.

Sistema scarico ammoniacca e stoccaggio soluzione NH₄OH

Il recupero del NH₃ dal liquido filtrato e al livello delle messe in aria dei gas di processo non può essere del 100% per ragioni di termodinamica ed anche per necessità di sostenibilità economica. Nell'impianto Sodiera sono presenti delle emissioni diffuse, come descritto nel settore filtrazione del bicarbonato di sodio. Questo comporta la perdita globale di circa 0.8-2.1 kg NH₃ a tonnellata di bicarbonato greggio prodotto (espresso come soda) e di conseguenza la necessità di reintegrare dell'ammoniaca nel processo.

L'impianto di scarico e di stoccaggio, ubicato vicino al settore Distillazione, è utilizzato per immettere ammoniacca nel ciclo di fabbricazione. L'ammoniaca viene approvvigionata in soluzione con un titolo <25% in autocisterne. Tale soluzione viene stoccata in un serbatoio della capacità di 250 m³, prima di essere dosata verso il liquido filtrato per entrare nel ciclo produttivo secondo il fabbisogno.

2.2.2.8. Calcinazione del calcare – Idratazione della calce (FCH – DV)

Il calcare viene approvvigionato tramite treni o camion in provenienza dalla cava Solvay, situata sul comune di San Carlo, e sporadicamente da altre fonti di approvvigionamento.

La cottura del calcare fornisce le materie necessarie al processo di produzione della soda:

- anidride carbonica (CO₂), utilizzata nel settore colonne di carbonatazione;
- calce (CaO), che dopo idratazione in Ca(OH)₂ serve nel settore distillazione per il recupero dell'ammoniaca e nel settore depurazione della salamoia.

Il carbonato di calcio presente nel calcare si decompone per cottura secondo la reazione :



L'energia necessaria viene fornita dall'ossidazione di coke e/o di antracite.



I forni a calce (FCH) si presentano come cilindri verticali, in cui viene caricata dall'alto la miscela di pietra di calcare e coke/antracite. Alla base viene introdotta dell'aria che passa attraverso il letto solido e permette la reazione del coke/antracite. Il gas contenente circa il 40% di CO₂, proveniente sia della decomposizione della calcare sia dell'ossidazione del coke / antracite è recuperato in testa al forno. Alla base viene estratta la calce con un sistema di estrazione del tipo chiocciola. La cottura avviene a una temperatura oltre 900°C nella zona centrale dei forni a calce.

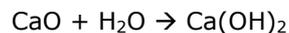
Il gas uscente dalla parte superiore dei forni viene raffreddato e lavato in scrubber lavatori (contatto diretto con acqua di mare), depolverato in un elettrofiltro ed inviato verso la sala macchine per l'utilizzazione.

Le manipolazioni di materiali solidi soggetti ad attrito e cadute (nastri di trasporto, tramogge di stoccaggio, vibranti di dosaggio, ecc) rendono opportuno un impianto di depolverizzazione nella parte alta del settore. Questo impianto crea un'aspirazione in diversi punti

dell'impianto, aspirando l'aria eventualmente polverosa. Dopo depolverizzazione con un filtro a maniche (De Cardenas), l'aria è emessa verso l'atmosfera (punto di emissione 1/F-2).

La marcia del settore dei Forni a calce è regolata sul fabbisogno di calce; la quantità di gas prodotta è maggiore del bisogno degli impianti utilizzatori. Esiste di conseguenza la necessità di emettere l'eccesso di gas in atmosfera. L'impianto ha una messa in aria generale (punto di emissione 1-F3) che serve a questo scopo. D'altra parte, ciascun forno a calce è dotato di un camino individuale di messa in aria di gas situato sopra il forno. Questo camino serve quando l'eccesso di gas prodotto dal forno non può essere messo in aria dalla messa in aria generale, cioè nei casi di indisponibilità dell'impianto di messa in aria generale (ad esempio: rottura meccanica del ventilatore, elettrofiltro isolato, manutenzione o pulizie diverse) o in caso di difficoltà di regolazione delle pressioni nei collettori del gas FCH, dovuto al processo e/o a collettori sporchi.

Il CaO viene ripreso dalla base dei forni e, tramite trasportatori ed elevatori, viene inviato nelle tramogge che alimentano i dissolvitori (DV). Nei dissolvitori il CaO è trattato con acqua per dare l'idrato di calcio:



La sospensione così ottenuta prende il nome di latte di calce.

La parte non cotta delle pietre, i "malcotti", viene recuperata tramite vagliatura in testa ai dissolvitori (DV) e riciclata direttamente verso il carico dei forni a calce. In caso di indisponibilità del circuito (ad esempio interventi di manutenzione), i malcotti vengono stoccati provvisoriamente prima del loro ulteriore riciclo nel processo e/o inviati alla vendita esterna.

L'idratazione della calce grezza in latte di calce è una reazione molto esotermica, all'interno di tali apparecchiature si crea dunque del vapore, risultante del forte riscaldamento. Tale vapore viene emesso in atmosfera dai camini dei dissolvitori o può essere recuperato verso il processo da un impianto di recupero calore.

La movimentazione della calce grezza calda alla base del settore rende opportuno l'uso di un sistema di aspirazione per la depolverizzazione dei trasportatori a scosse. Dopo depolverizzazione, l'aria aspirata viene emessa verso l'atmosfera (punti di emissione 1/F-1dx e 1/F-1sx).

2.2.2.9. Sala macchine – Compressione dei gas CO₂

La sala macchine comprende:

- le macchine che consentono la compressione dei gas CO₂ a diversi titoli e a diversi livelli di pressione per la loro erogazione nei settori di utilizzo. Le macchine sono del tipo turbo soffianti che sfruttano l'energia meccanica del vapore delle caldaie, prima che l'energia termica sia utilizzata a pressione più bassa nei settori distillazione, seccatoi o soda densa. Si trovano anche macchine a motori elettrici.
- le pompe a vuoto usate per il vuoto necessario ai filtri a banda. Anche queste sono a vapore o a motore elettrici.
- diversi compressori per l'aria (impianto RIVOIRA).

- diversi turboalternatori per la produzione di elettricità, a partire di vapore media pressione.

2.2.2.10. Imballaggio, stoccaggio e carico prodotti finiti

Trasferimento del carbonato di sodio leggero dalla produzione al silo di stoccaggio e carico alla rinfusa

Il carbonato di sodio leggero viene convogliato in tre serbatoi di stoccaggio intermedio (EBVR= EmBallage VRac), dai quali viene estratto e trasportato con redler verso l'impianto di vagliatura.

I redler e l'impianto di vagliatura sono in leggera aspirazione; l'aria aspirata viene convogliata attraverso un filtro a maniche verso il camino 1/A-4.

Il carbonato di sodio leggero viene infine convogliato attraverso un trasporto pneumatico al silo 13 per il carico alla rinfusa. In testa al silo 13 l'aria del trasporto pneumatico è filtrata tramite filtro a maniche prima di essere emessa in atmosfera (punto emissione 1/A-5).

L'operazione di carico degli automezzi viene effettuata attraverso caricatori telescopici. Durante il carico la polvere è aspirata verso un filtro a maniche (punto emissione 1/A-6).

Carico alla rinfusa del carbonato di sodio denso

Il carbonato di sodio denso viene stoccato nei silos 11-12-21-22.

L'operazione di carico degli automezzi viene effettuata attraverso caricatori telescopici:

- i cannocchiali relativi ai silos 11 e 12 sono collegati un filtro a maniche (punto emissione 1/A-13);
- i cannocchiali lato monte dei silos 21 e 22 sono collegati allo stesso filtro a maniche (punto emissione 1/A-13);
- i cannocchiali lato mare dei silos 21 e 22 sono collegati al filtro a maniche utilizzato per l'imballaggio dei sacconi lato silo 21 (punto emissione 1/A-9).

Carico alla rinfusa di container con carbonato di sodio

L'operazione di carico dei containers viene attraverso un impianto a trasporto pneumatico.

L'impianto è composto da:

- una tramoggia;
- una valvola stellare;
- una tubazione che convoglia il prodotto e l'aria di trasporto dentro il container;
- una tubazione di aspirazione aria polverosa;
- un filtro depolveratore.

L'aria del trasporto pneumatico viene filtrata tramite filtro a maniche prima di essere emessa in atmosfera (punto emissione 1/A-9).

Imballaggio, stoccaggio del carbonato leggero e denso in sacconi

Sui lati dei silos 21 e 22 sono presenti due impianti manuali di imballaggio sacconi della soda densa, di cui le macchine vengono collegate al filtro a maniche (punto emissione 1/A-9).

Sotto la bocca di carico del silo 13 è installata una macchina insacconatrice collegata al filtro a maniche (punto emissione 1/A-6).

Imballaggio e stoccaggio del carbonato leggero e denso in sacchi

Il carbonato di sodio denso e leggero destinato alla vendita in sacchi viene trasportato via camion dai silos di stoccaggio 11-12-13-21-22 verso i silos 1-SL (Soda Leggera) e 2-SD (Soda Densa) del reparto imballaggio.

Il prodotto viene scaricato nei suddetti silos tramite trasporto pneumatico. Tali silos sono dotati di filtri a maniche che filtrano l'aria di scarico prima dell'emissione in atmosfera; in particolare:

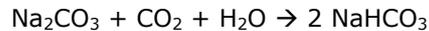
- Al silo 1-SL corrisponde il filtro a maniche e il camino 1/A-14;
- Al silo 2-SD corrisponde il filtro a maniche e il camino 1/A-15.

I due silos di imballaggio sono collegati alla linea di confezionamento sacchi da 25 kg con delle coclee. La macchina insacconatrice è in leggera aspirazione, l'aria aspirata è convogliata attraverso un filtro a maniche verso il camino 1/A-7.

Il prodotto tecnico è stoccato sia all'aperto che in magazzino; quest'ultimi sono a ventilazione naturale.

2.2.3. Produzione di bicarbonato di sodio NaHCO_3

Il principio di produzione del bicarbonato di sodio raffinato NaHCO_3 consiste nel far precipitare il bicarbonato di sodio facendo reagire una soluzione di carbonato di sodio con della CO_2 secondo la reazione:



Il bicarbonato greggio non risulta idoneo per la commercializzazione, in quanto contiene delle impurità (di cui ammoniaca e sale). Per tale motivo una nuova precipitazione di NaHCO_3 , partendo da una soluzione di carbonato, consente la purificazione: l'ammoniaca viene inviata nei seccatoi SH o nei debicarbonatori DCB, il sale rimane disciolto nelle acque madri e viene riciclato dall'impianto BIR verso Sodiera.

Per tale produzione, esistono due impianti distinti:

- l'impianto "BIR", di capacità 155 kt/anno;
- l'impianto "BIR EOLO" di capacità 110kt/anno.

2.2.3.1. Impianto BIR tradizionale

Il procedimento è in continuo e viene realizzato con due linee di produzioni funzionanti in parallelo.

La soluzione di carbonato di sodio è la soluzione in uscita dalla sezione di debicarbonatazione (DCB) proveniente dall'impianto Sodiera. Tale soluzione viene raffreddata tramite scambiatori per portarla alla giusta temperatura per la reazione, e successivamente filtrata prima dell'utilizzo nelle colonne di precipitazione, alla base delle quali viene soffiato del gas CO_2 al 40% proveniente del settore forni a calce dell'impianto Sodiera.

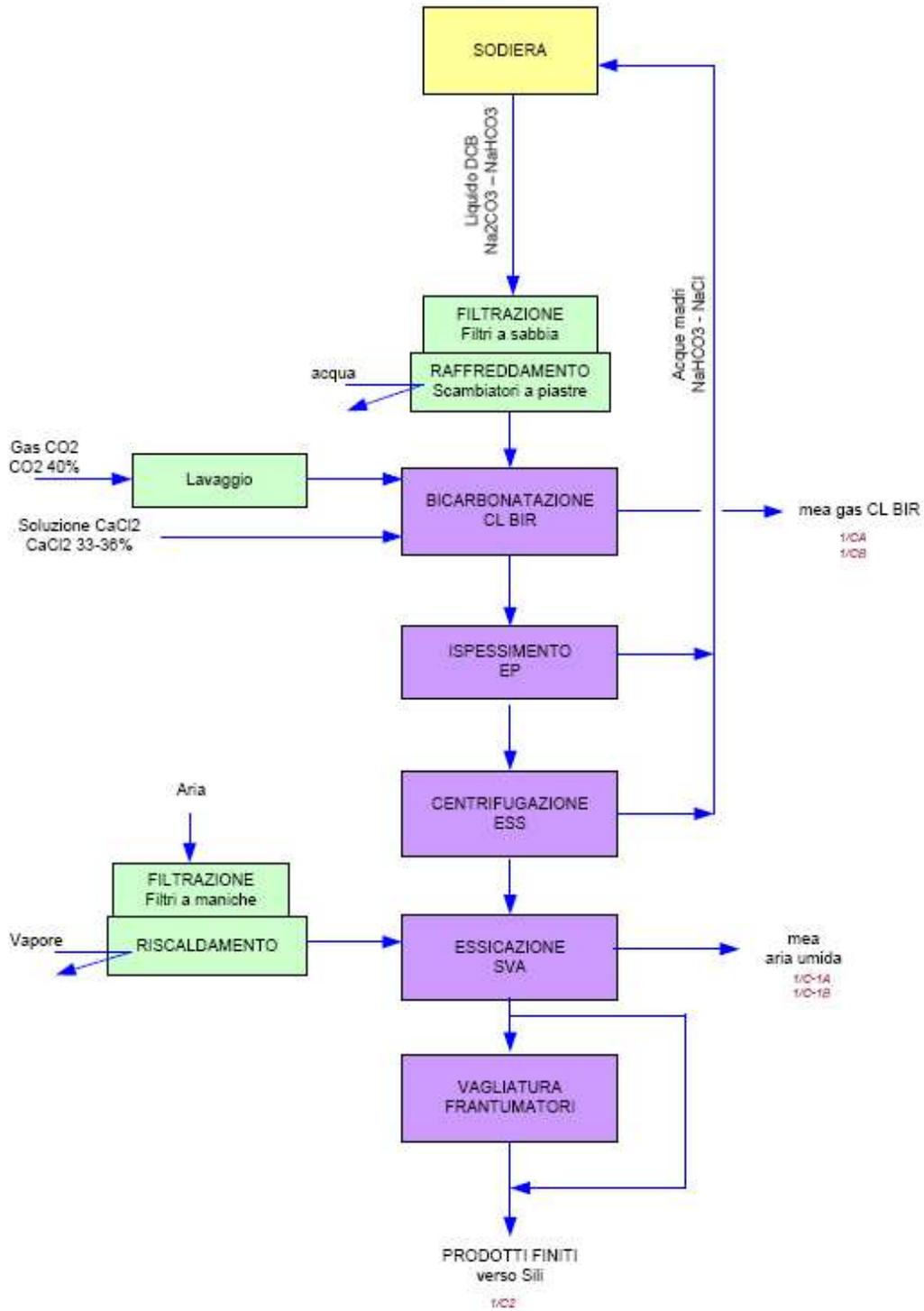
Gli inerti del gas, nonché la parte di CO_2 non assorbita, viene emessa in aria (punti di emissione 1/CA e 1/CB).

La sospensione di bicarbonato di sodio ottenuta viene inviata in un addensatore, per avere uno slurry più denso che viene poi mandato verso una centrifuga, ottenendo il bicarbonato di sodio umido. Le acque madri vengono riciclate verso l'impianto Sodiera per il loro uso nel settore debicarbonatazione (DCB).

Il bicarbonato di sodio umido in uscita dalla centrifuga viene inviato in un essiccatore verticale ad aria calda dove l'acqua evapora. Il tempo di permanenza nell'essiccatore è molto breve (qualche secondo), mentre la temperatura è regolata al fine di evitare la reazione di calcinazione del bicarbonato in carbonato di sodio. Dopo la depolverizzazione, l'aria calda umida ottenuta viene emessa in aria (punto di emissione 1/C-1A e 1/C-1B).

Il bicarbonato di sodio secco si presenta sotto forma di una polvere bianca, che viene depolverizzata, vagliata e/o frantumata secondo le esigenze granulometriche di mercato (punto di emissione 1/C2).

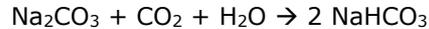
Si riporta di seguito lo schema a blocchi dell'impianto BIR tradizionale.



Schema a blocchi impianto BIR tradizionale

2.2.3.2. Impianto BIR EOLO

Il principio di produzione consiste nella stessa reazione dell'impianto BIR tradizionale, ovvero nel fare precipitare il bicarbonato di sodio facendo reagire una soluzione di carbonato di sodio con della CO₂, secondo la reazione:



La differenza fondamentale è nell'uso di gas CO₂ quasi puro al 100%. Questa CO₂ può avere due fonti:

- prodotto dall'impianto di attacco acido dei fanghi della depurazione salamoia (impianto Fenice), dove viene prodotta sotto forma di gas a temperatura e pressione ambiente. Questo flusso viene pompato e mandato direttamente verso l'impianto EOLO.
- acquistata sotto forma di gas liquefatto. Esistono 2 riserve di 50m³ cad per il ricevimento e lo stoccaggio.

Il procedimento di produzione è continuo e viene realizzato in una linea unica.

In questo impianto la reazione viene realizzata in un cristallizzatore continuo, al fine di massimizzare l'assorbimento della CO₂. Il calore di reazione è in questo caso liberato tramite uno scambiatore a fascio tubiero alimentato con acqua demineralizzata e posto sulla navetta del cristallizzatore.

Nella parte alta il cristallizzatore dispone di un sistema di regolazione della pressione per il rilascio di eventuali inerti presenti nel gas CO₂ utilizzato per la carbonatazione (punto di emissione 1/C5).

Come per l'impianto BIR Tradizionale, la soluzione di carbonato di sodio viene preparata in Sodiera tramite un dissolvitore in continuo, miscelando della soda leggera SL con le acque madri del bicarbonato ed eventualmente aggiungendo acqua demineralizzata (DV SL). Lo scopo di questa operazione è quello di preparare una soluzione a titolo determinato in carbonato per permettere un corretto assorbimento della CO₂ ed una buona precipitazione del grano.

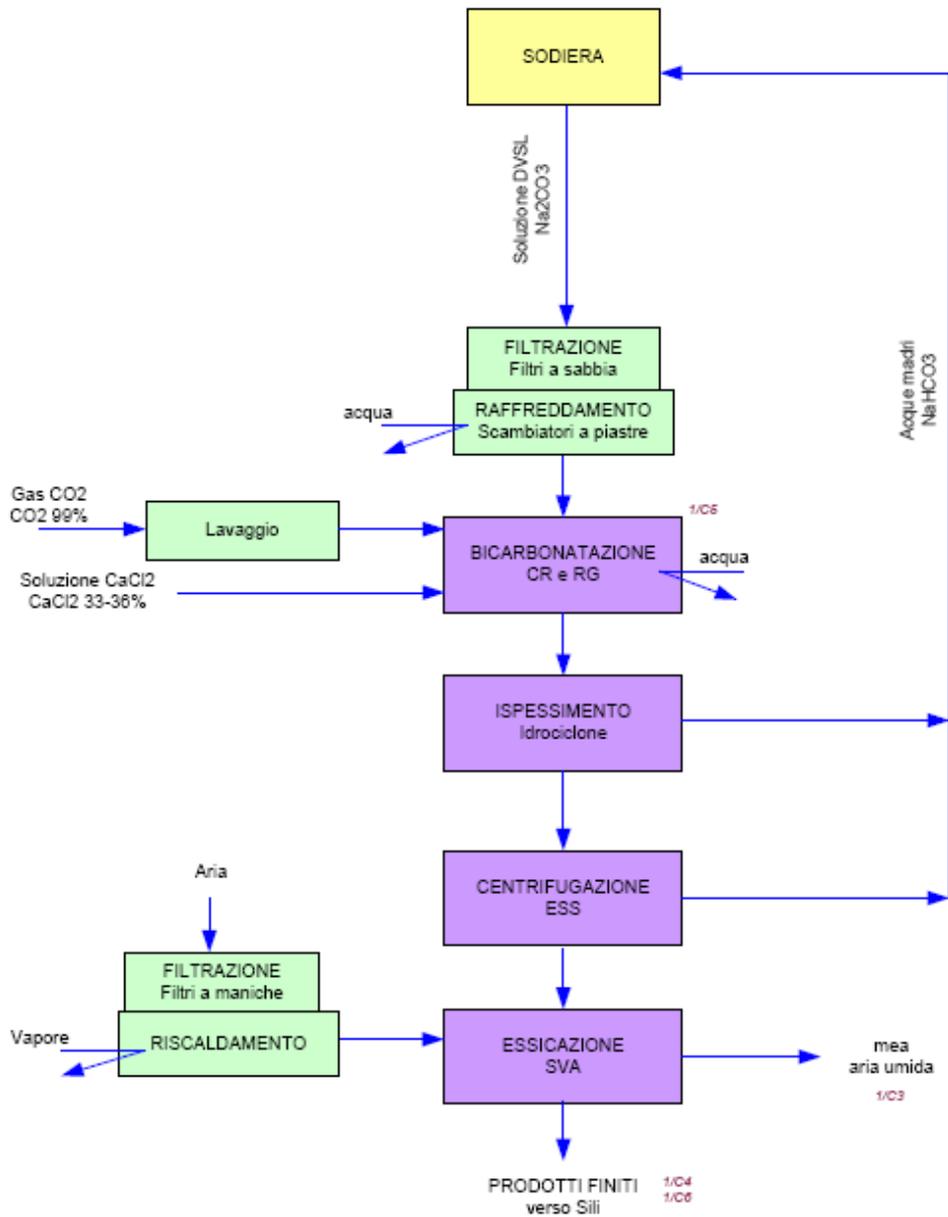
La soluzione prodotta viene inviata all'impianto EOLO, dove viene filtrata con un filtro a sabbia e quindi stoccata in una riserva tampone.

La soluzione filtrata è introdotta sulla navetta del cristallizzatore. Nella parte bassa dell'apparecchiatura viene inviato il gas contenente CO₂. Dal cristallizzatore viene estratta la sospensione di bicarbonato di sodio, che passa attraverso un idrociclone, il quale la densifica prima che sia inviata verso la centrifuga. Le acque madri vengono raccolte in una riserva, prima del loro riciclo verso la Sodiera, mentre il prodotto umido viene inviato verso un essiccatore verticale ad aria calda, con successiva evaporazione dell'acqua.

Dopo la depolverizzazione l'aria calda umida viene emessa in aria (punto di emissione 1/C3).

Il bicarbonato di sodio così prodotto viene depolverizzato ed alimentato ai vari sili di stoccaggio, pronto per la vendita (punto di emissione 1/C4 e 1/C6).

Di seguito si riporta lo schema a blocchi dell'impianto BIR EOLO.



Schema a blocchi - impianto BIR EOLO

2.2.3.3. Imballaggio, stoccaggio e carico bicarbonato di sodio

I sette silos di stoccaggio (da 70 ton ciascuno) della linea tradizionale sono collegati tramite i vari trasportatori e i vagli :

- Alla linea di confezionamento sacchi da 25 kg;
- All'insacconatrice manuale;
- All'impianto di carico di prodotto sfuso.

I due silos di stoccaggio (da 300 ton ciascuno) della linea tradizionale sono collegati tramite i vari trasportatori e i vagli:

- Alla linea di confezionamento sacchi da 25 kg;
- All' insacconatrice semiautomatica;
- All' impianto di carico di prodotto sfuso.

Gli impianti di imballaggio sono in leggera aspirazione.; l'aria di aspirazione viene convogliata attraverso un filtro a maniche verso il camino 1/C-2.

I tre silos di stoccaggio della linea EOLO sono collegati tramite un trasportatore Redler al nuovo impianto di carico di prodotto sfuso.

L' impianto di carico risulta in leggera aspirazione e l'aria di aspirazione viene convogliata attraverso un filtro a maniche verso il camino 1/C-4.

Un elevatore e un trasportatore collegano i tre silos di stoccaggio EOLO al settore di imballaggio della linea tradizionale. Queste due apparecchiature sono collegate alla rete di aspirazione relativa al camino 1/C-4.

Il prodotto tecnico è stoccato sia all'aperto che in magazzino, mentre il prodotto alimentare e zootecnico viene stoccato in un magazzino chiuso. I magazzini di stoccaggio sono a ventilazione naturale.

2.3. UNITÀ PRODUTTIVA CLORURO DI CALCIO – SERVIZI GENERALI

L'Unità Produttiva CaCl₂ SGX gestisce:

- I due impianti per la produzione di cloruro di calcio:
 - Impianto di produzione cloruro di calcio tradizionale;
 - Impianto di produzione cloruro di calcio in granuli al 96% (denominato PASTA);
- I servizi generali, forniti a tutto lo stabilimento, di seguito elencati:
 - Approvvigionamento acqua;
 - Produzione di acqua demineralizzata;
 - Distribuzione del vapore a diversi livelli di pressione;
 - Decompressione e distribuzione metano.

2.3.1. Impianto di produzione cloruro di calcio tradizionale

La produzione del cloruro di calcio è tipicamente di quelle "integrate" con l'Unità Sodiera in quanto utilizza valorizza il cloruro di calcio presente negli scarichi idrici. E' realizzata con un'unica linea di impianto suddivisa in sei settori, funzionanti in serie e parallelo, di seguito elencati:

- depurazione del liquido;
- evaporazione del liquido e separazione del NaCl;
- evaporazione della soluzione CaCl₂ e sua solidificazione in pagliette;
- concentrazione e raffreddamento delle pagliette;
- trasporto - depolverizzazione e condizionamento del prodotto finito in fase solida (pagliette e polvere);
- preparazione e trattamento del prodotto finito in fase liquida 27% e 36%.

L'impianto ha lo scopo di concentrare una soluzione acquosa di CaCl₂ dall'11% al 78% in peso fino a ottenere dei prodotti finiti sia liquidi che solidi:

- soluzione di cloruro di calcio vendibile al 27% e 36%;
- pagliette di cloruro di calcio al 78%;
- polvere di cloruro di calcio all'86%.

Il liquido in uscita dal settore di distillazione sodiera (DS) viene inviato in un ispessitore (DCDS) per la rimozione dei solidi sospesi presenti e l'uso nel processo produttivo della soluzione chiarificata.

Il processo produttivo prevede un'ulteriore depurazione della soluzione iniziale di cloruro di calcio dalle impurezze contenute (quali insolubili, Ca(OH)₂, CaSO₄, NaCl) per non alterare il prodotto finito.

La soluzione viene quindi fatta circolare in evaporatori e vasche dove, con l'uso di vapore a diversi livelli di temperatura e pressione, subisce un processo di evaporazione/concentrazione fino a raggiungere un titolo in CaCl₂ del 73% rimanendo in fase liquida.

Raggiunta tale concentrazione, il prodotto cambia stato fisico grazie all'utilizzo di una ruota tuffante, internamente raffreddata, che, immersa nella soluzione, si riveste di una pellicola pastosa che solidifica sulla ruota stessa per raffreddamento.

Ottenuto il prodotto in pagliette solide al 73%, queste vengono essiccate fino al 78% in un essiccatore percorso da gas caldi.

Il cloruro di calcio essiccato, prima di essere inviato ai silos di stoccaggio per l'imballaggio e la vendita, viene raffreddato in un refrigerante ad aria ambiente, depolverizzato e condizionato in fase di ingresso nel silo a seconda della specifica del prodotto. L'aspetto del prodotto finito è quello di pagliette bianche dello spessore medio di $0.5 \div 1.5$ mm e dalle dimensioni variabili tra 3x3 e 10x10 mm.

Le pagliette di cloruro di calcio prodotte, immesse nei sili, sono esenti dalla polvere che, asportata attraverso il metodo di depolverizzazione, viene recuperata in un dissolvitore e riciclata nel processo produttivo.

Durante il ciclo produttivo, nella sua fase intermedia viene ripresa una parte del CaCl_2 liquido, diluita con acqua demineralizzata, portata al titolo secondo le specifiche di vendita, decantata-filtrata e stoccata in apposite riserve per la vendita come prodotto finito in soluzione acquosa al 27% e 36%.

Il reflujo finale dell'impianto Cloruro di Calcio è convogliato al Fosso Bianco.

2.3.1.1. Imballaggio, stoccaggio e carico di cloruro di calcio (tradizionale)

I due silos di stoccaggio del cloruro di calcio in pagliette vengono collegati tramite vari trasportatori e vagli

- alla linea di confezionamento sacchi da 25 kg;
- all'insacconatrice manuale;
- all'impianto di carico di prodotto sfuso.

La macchina insacconatrice è rinchiusa in un box flussato con aria deumidificata e mantenuto in leggera aspirazione. L'aria aspirata viene convogliata attraverso un filtro scrubber verso il camino 1/D-6.

Nei trasportatori e nell'impianto di vagliatura viene iniettata aria deumidificata. Tali apparecchiature sono mantenute in leggera aspirazione.

L'aria aspirata è convogliata attraverso un filtro scrubber verso il camino 1/D-3.

Il prodotto tecnico è stoccato all'aperto, mentre il prodotto alimentare e zootecnico viene stoccato in un magazzino chiuso a ventilazione naturale.

2.3.1.2. Impianto di cloruro di calcio (carico prodotto finite CaCl_2) – carico liquido

L'impianto di cloruro di calcio liquido ha due sistemi di carico :

- Il primo sistema di carico è costituito da:
 - una pompa dedicata al prodotto;

- tubazioni dedicate al collegamento dalle riserve di stoccaggio e conta litri verso la postazione di carico;
- un braccio di carico a movimento unidirezionale collegato alla bocca del camion.

Gli eventuali sversamenti vengono convogliati verso le cunette della fabbricazione.

- Il secondo sistema di carico è costituito da:
 - Una pompa dedicata al prodotto;
 - Tubazioni di collegamento delle riserve di stoccaggio e conta litri verso la postazione di carico;
 - Un braccio di carico a movimento tridimensionale collegato alla bocca del camion.

Gli eventuali sversamenti vengono convogliati verso le cunette di fabbricazione.

2.3.2. Impianto di produzione cloruro di calcio in granuli al 96% (PASTA)

La produzione di granuli di cloruro di calcio solido al 94÷98% è ottenuta partendo da una soluzione di cloruro di calcio al 35÷37% che, attraverso diverse trasformazioni, si concentra fino a precipitare in un essiccatore verticale a letto fluido mediante gas caldi.

La soluzione acquosa di CaCl_2 di partenza è alimentata a uno scrubber dove entra in contatto con i gas caldi provenienti dall'essiccatore a letto fluido.

Il liquido uscente dallo scrubber è alimentato in una riserva agitata insieme alle polveri di CaCl_2 al 94÷98% contenute nei gas caldi di essiccamento e recuperate tramite un gruppo di cicloni.

La soluzione di CaCl_2 è alimentata dalla riserva all'essiccatore dove viene nebulizzata in goccioline attraverso l'immissione di aria compressa.

L'essiccatore è dunque alimentato nella parte alta dalla soluzione nebulizzata proveniente dalla riserva e nella parte bassa da gas di combustione il cui calore è utilizzato per evaporare l'acqua dalla soluzione e realizzare la cristallizzazione del CaCl_2 dallo stato liquido a quello solido.

Il CaCl_2 solido al 94÷98% in peso, con una forma di granuli sferoidali, si raccoglie nella parte bassa dell'essiccatore e da qui è alimentato a un raffreddatore a letto fluido che utilizza una corrente d'aria a temperatura ambiente per ridurre la temperatura fino ad un valore idoneo per l'imballaggio.

Il prodotto raffreddato è inviato in un vaglio per la separazione di eventuali frazioni fini e grosse, prima di essere trasportato nel silo finale di stoccaggio.

I gas caldi uscenti dal cristallizzatore vengono alimentati ad un gruppo di cicloni per il recupero della maggior parte della polvere di CaCl_2 94÷98% in essi presente e successivamente vengono inviati nello scrubber.

Il gas uscente dallo scrubber risulta depurato dalle polveri di CaCl_2 trascinate dall'essiccatore e può quindi essere inviato al camino dell'impianto.

L'aria utilizzata nel raffreddatore a letto fluido per il raffreddamento del CaCl_2 94÷98% proveniente dall'essiccatore è inviata a un separatore centrifugo per il recupero delle polveri di CaCl_2 trascinate e quindi convogliato nella linea dei gas entranti nello scrubber per l'abbattimento finale del contenuto di polveri di CaCl_2 .

Il processo descritto è formato in parte da due linee produttive operanti in parallelo tra loro, ciascuna costituita da un essiccatore verticale a letto fluido con il relativo impianto termico, una batteria di cicloni, uno scrubber, un ventilatore finale per l'aspirazione dei gas esausti con il relativo camino, in parte da apparecchi comuni alle due linee di cui sopra, rappresentati dalla riserva agitata, dal raffreddatore, dal ciclone, dal vaglio, dal silo del prodotto finito e dall'impianto di imballaggio con il relativo camino del sistema di aspirazione. Il ciclo produttivo è continuo a parte le fermate per manutenzione.

2.3.2.1. Imballaggio e stoccaggio del cloruro di calcio in perle

Il silo di stoccaggio del cloruro di calcio in perle è collegato tramite 2 trasportatori :

- alla linea di confezionamento sacchi da 25 kg;
- all'insacconatrice semiautomatica.

L'insacconatrice semiautomatica è rinchiusa in un box flussato con aria deumidificata e mantenuto in leggera aspirazione.

L'aria aspirata viene convogliata attraverso un filtro scrubber verso il camino 1/D-6.

2.4. CARICO ALLA RINFUSA DA SACCONI CON COCLEA MULTI PRODOTTO

L'impianto di carico alla rinfusa è composto da:

- una tramoggia di volume tale da contenere il prodotto proveniente da un saccone;
- una coclea di estrazione prodotto da tramoggia;
- una coclea di trasporto;
- un canocchiale di carico;
- un ventilatore di aspirazione polveri;
- un filtro a maniche

Il sistema è in leggera aspirazione; l'aria in uscita dal filtro verrà convogliata verso il punto emissione 1/D-7.

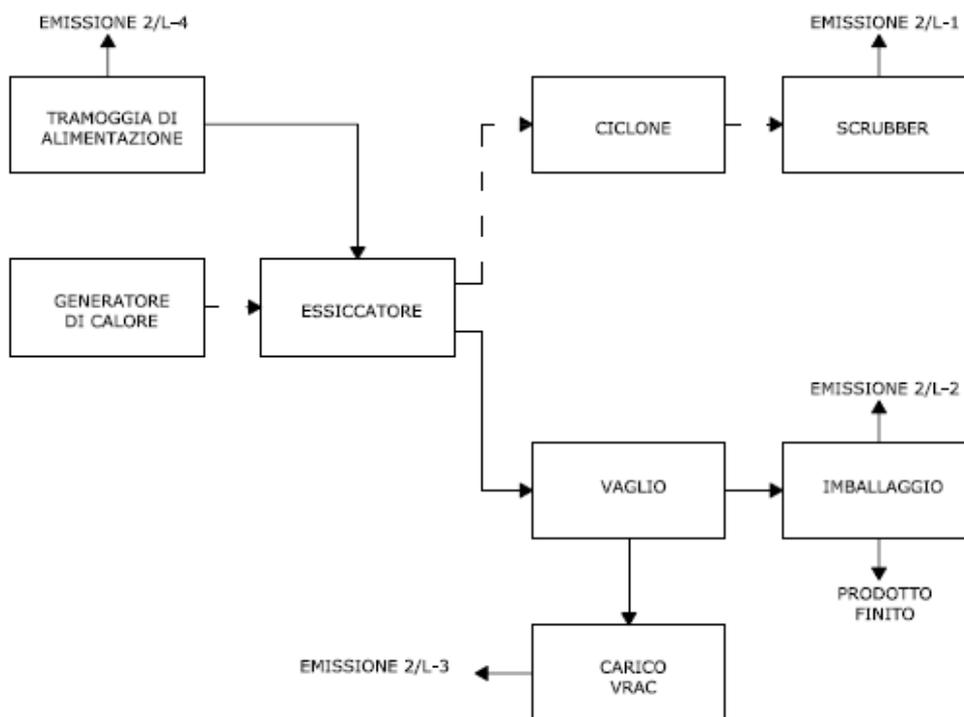
2.5. PRODUZIONE LETTIERE

Nell'ambito degli impegni assunti con l'Accordo di Programma del Luglio 2003 per la riduzione dei solidi sospesi negli scarichi a mare, una parte del solfato di calcio, del carbonato di calcio e dell'idrato di magnesio viene utilizzato per la produzione di lettiere per animali domestici.

Il processo produttivo prevede:

- trasporto del prodotto dal punto di produzione al punto di lavoro tramite uso di cassoni o cassonati; lo scarico è convogliato in apposita tramoggia;
- alimentazione all'essiccatore del prodotto presente nella tramoggia di carico tramite nastri trasportatori (punto di emissione 2/L-4);
- essiccazione ed agglomerazione del prodotto; il riscaldamento dell'aria di processo avviene tramite un forno a metano ;
- classificazione del prodotto in uscita dall'essiccatore tramite vagliatura in un vibrovaglio;
- imballaggio del prodotto (punto di emissione 2/L-2);
- carico VRAC (punto di emissione 2/L-3);
- abbattimento delle polveri realizzato tramite un ciclone ed uno scrubber (punto di emissione 2/L-1); gli scarichi liquidi prodotti sono convogliati tramite pompa verso il "Fosso Bianco".
- Non si origina uno scarico.

Di seguito si riporta lo schema a blocchi del ciclo produttivo.



Schema a blocchi - sezione di produzione lettiere

3. MODELLISTICA DIFFUSIONALE

3.1. APPROCCIO METODOLOGICO

L'attività di supporto specialistico per l'effettuazione dello studio di modellistica diffusionale delle emissioni in atmosfera delle Unità Produttive Sodiera e Cloruro di Calcio ha previsto la valutazione delle ricadute delle emissioni sia convogliate che diffuse delle polveri.

L'obiettivo dello studio è la valutazione, per mezzo dell'applicazione di un opportuno modello diffusionale (UNI 10964:2001 "*Studi di impatto ambientale - Guida alla selezione dei modelli matematici per la previsione di impatto sulla qualità dell'aria*"; UNI 10796:2000 "*Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi - Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici*") della concentrazioni e deposizioni degli inquinanti caratteristici dell'emissione sia sul territorio circostante che in alcuni punti specifici, opportunamente individuati e ritenuti di particolare importanza per il territorio.

Le fasi, secondo cui si è proceduto nell'elaborazione del presente studio, sono:

- 1) Acquisizione ed elaborazione dei dati territoriali (DTM, utilizzo del suolo etc.)
 - a. Il dominio di calcolo è stato individuato facendo riferimento alla localizzazione dell'Unità Produttiva Sodiera e Cloruro di Calcio di Solvay Chimica Italia S.p.A., dei potenziali recettori individuabili sul territorio (abitato urbano, recettori sensibili etc.) e della conformazione orografica e morfologica del territorio.
 - b. L'area, sufficientemente estesa per comprendere sia l'area costiera che entroterra, è stata individuata in un dominio di calcolo stimabile in circa 10 km, direzione W-E, per 10 km direzione N-S.
- 2) Acquisizione ed elaborazione delle informazioni relative all'emissioni convogliate e diffuse.
 - a. I dati per le emissioni convogliate sono stati desunti dal quadro riassuntivo delle emissioni riportato nell'atto dirigenziale n. 271 del 30 ottobre 2007 della Provincia di Livorno Dipartimento Ambiente e Territorio unità Servizio "Tutela dell'Ambiente". I ratei di emissione di polveri totali sono stati considerati sia in base ai valori limite autorizzati che derivanti da autocontrolli relativamente agli anni 2008 e 2011.
 - b. Per le emissioni diffuse sono stati acquisiti tutti i dati necessari al calcolo delle emissioni da depositi a cielo aperto potenzialmente polverulenti. A tale scopo è stata utilizzata la metodologia AP 42 Emission Factor, Volume I, Fifth Edition 13.2.5 Industrial Wind Erosion. Per le altre eventuali emissioni diffuse, valutate significative, sono state opportunamente calcolate le emissioni in base all'attività ed ai quantitativi di materiale trattato (manuale dei fattori di emissioni Inventaria , Guidebook EMEP CORINAIR 2005, AP 42 Emission Factor).
- 3) Acquisizione ed Elaborazione dei dati meteorologici relativi all'anno 2008 e 2011.
 - a. le stazioni meteorologiche presenti nel dominio di calcolo considerato, o in prossimità di questo, sono state selezionate sulla base della rappresentatività spaziale rispetto all'area allo studio ed in base ai parametri meteorologici misurati.

- b. I dati meteorologici sono stati elaborati per predisporre una caratterizzazione meteorologica dell'area in esame relativamente al periodo preso a riferimento.
 - c. I dati meteorologici acquisiti sono stati elaborati per la predisposizione dei file di ingresso al modello di dispersione ed al calcolo dei parametri necessari come: classi di stabilità atmosferica, altezza dello strato di mescolamento etc.
- 4) Applicazione del codice numerico di dispersione degli inquinanti per la valutazione delle concentrazioni e deposizioni delle polveri emissioni dell'Unità Produttiva Sodiera e Cloruro di Calcio di Solvay Chimica Italia SpA per l'anno 2008 e 2011.
- a. Per l'attività, oggetto del presente studio, è stato applicato il codice di dispersione ISC3 per la valutazione delle ricadute delle polveri dalle sorgenti emmissive così come individuate al punto 2.
 - b. Sono stati predisposti i necessari file di input al modello di dispersione per svolgere simulazioni che comprendano come arco temporale un anno di dati meteo come descritto nel punto 3.
 - c. Le simulazioni sono state svolte, per tutte le sorgenti individuate al punto 2, sia con dati di emissione costanti di polveri totali derivanti dai limiti autorizzati, che con dati di emissione costante con dati derivanti da autocontrolli. Per questo secondo caso è stato previsto l'utilizzo di ratei di emissione di polveri che comprendono anche la distinzione in classi dimensionali.
 - d. Le simulazioni forniscono come risultati le concentrazioni ed i ratei di deposizione su tutto il dominio di calcolo selezionato ed in punti recettori opportunamente individuati.
- 5) Risultati
- a. I risultati delle simulazioni sono rappresentati in forma tabellare per i recettori individuati e confrontati con gli i valori limite di qualità dell'aria mentre sono state realizzate mappe di isoconcentrazione e isodeposizione per i recettori su griglia cartesiana.
 - b. I risultati ottenuti sono elaborati e rappresentati utilizzando il principio di sovrapposizione degli effetti, con i dati di qualità dell'aria elaborati per l'area oggetto dello studio.

4. AREA DI STUDIO

Per il calcolo delle ricadute e deposizioni al suolo delle emissioni di polveri delle UP Sodiera e Cloruro di Calcio della Solvay Chimica S.p.A. si è scelto di selezionare un dominio di calcolo comprendente il comune di Rosignano Marittimo ed alcuni comuni limitrofi, come mostrato dal quadrato rosso in figura 11. Il dominio è da ritenersi idoneo alla descrizione della dispersione e deposizione dell'impianto in relazione all'altezza delle emissioni considerate ed alla meteorologia dell'area.



Figura 2 – Area di studio

L'area di studio, così individuata, comprende un territorio pari a 100 km² che ben rappresenta la conformazione orografica e morfologica del territorio e include i potenziali recettori sensibili all'inquinamento (abitato urbano, scuole, centri commerciali etc.). L'area è sufficientemente estesa per comprendere sia l'area costiera che l'entroterra (Rosignano Marittimo) ed è individuata in un dominio di calcolo in 10 km, direzione W-E, per 10 km direzione N-S.

Nelle figure 12 e 13 sono rappresentati i dati di altimetria del territorio selezionato come dominio di calcolo, ricavati dal dataset *USGS GLCC Database* (~1000 m, 30 arc-sec) <http://www.usgs.gov/> interpolati fino a 100 m con programmi di geostatistica ed i dati di classificazione tipologica del territorio secondo la classificazione *Corine land Cover* (2005).

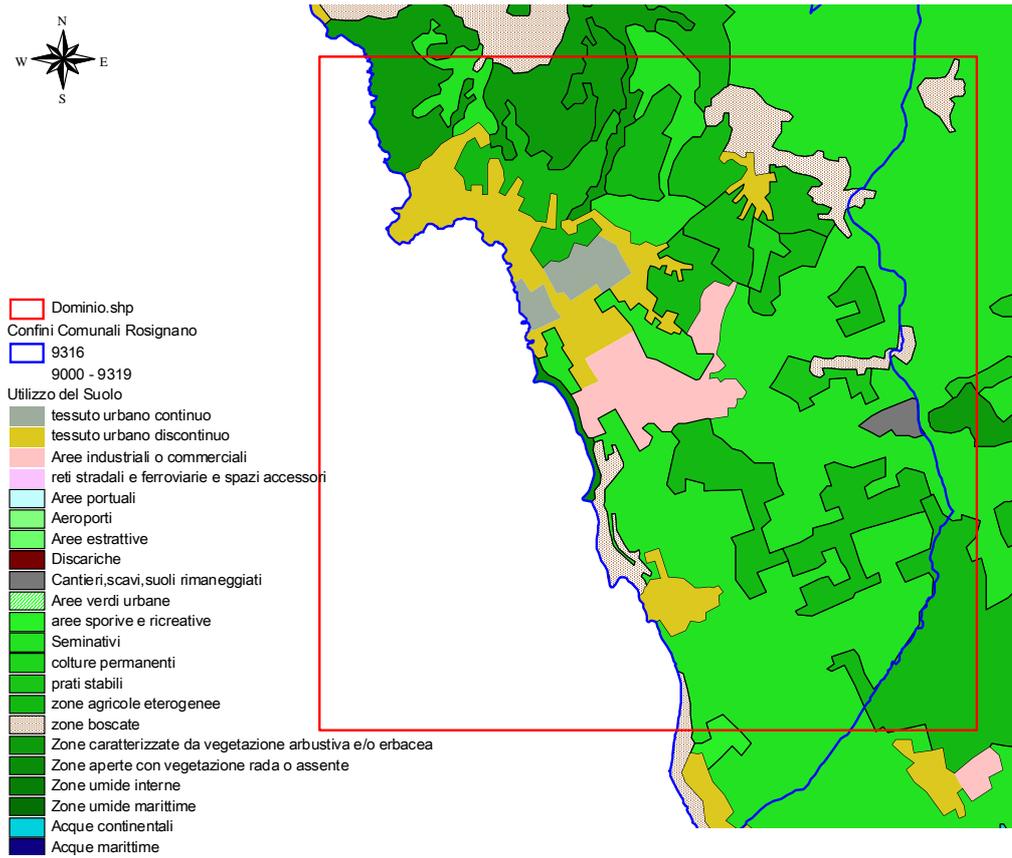


Figura 3 – Area di studio: utilizzo del suolo Corine Land Cover 2005

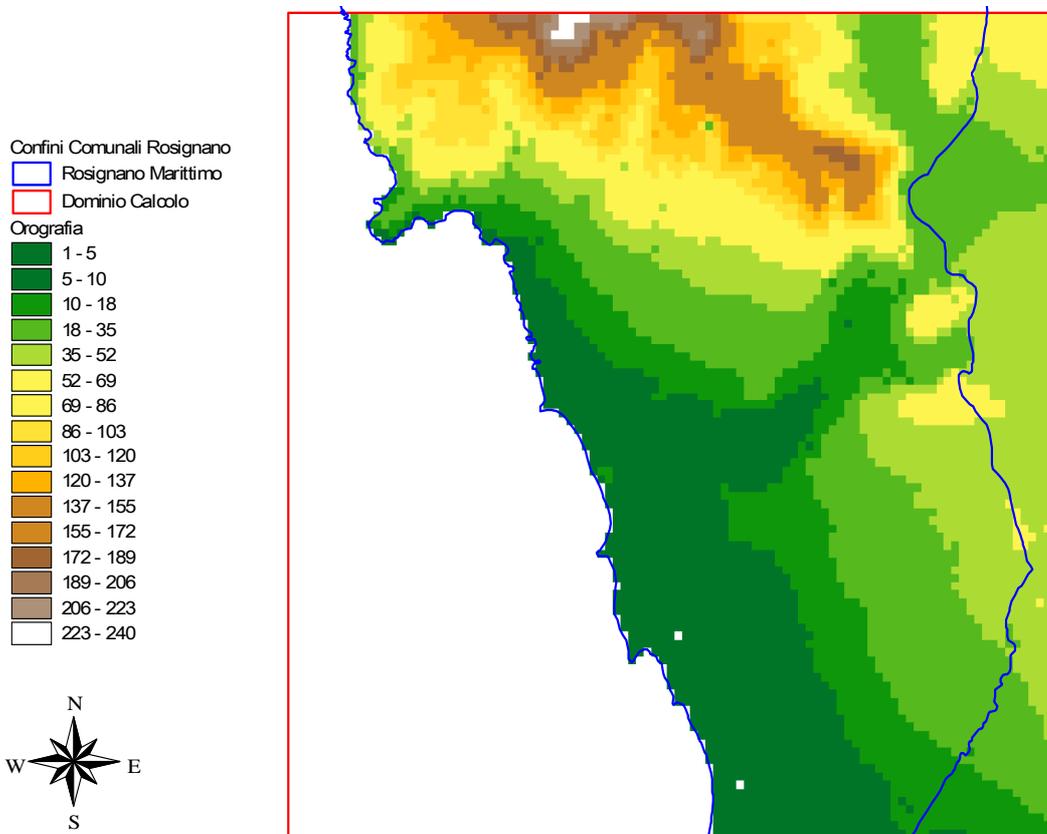


Figura 4 – Area di studio: orografia DTM 100- (m s.l.m.)

5. METEOROLOGIA

In questo paragrafo, per la caratterizzazione meteorologica dell'area allo studio, si discute dapprima la rappresentatività spaziale e temporale dei dati della stazione meteo Solvay, tramite l'elaborazione dei dati dal gennaio 2008 a giugno 2009. Successivamente, si riportano i risultati del confronto con stazioni meteo rappresentative dall'area allo studio per la verifica del corretto funzionamento della stazione di stabilimento della Solvay. Infine, con i dati della stazione ritenuta idonea, la centralina presente all'interno del polo industriale Solvay, vengono elaborati i dati micro - meteorologici per la dispersione (classi di stabilità, altezza strato mescolamento etc.) relativamente all'anno 2008 e 2011.

5.1. STAZIONI DI MISURA

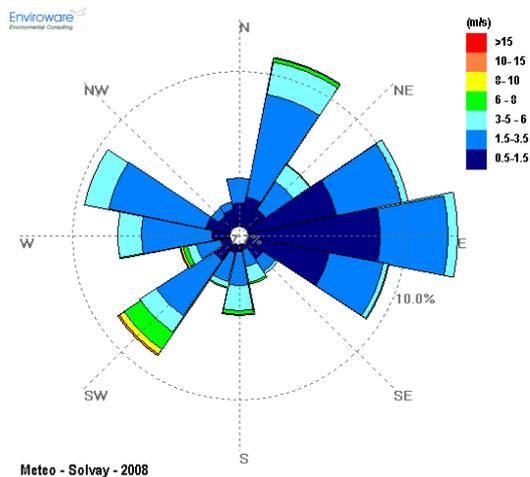
I dati oggetto della discussione nei seguenti paragrafi si riferiscono alle stazioni di misura riportate nella tabella seguente. I parametri studiati in questa fase sono la velocità del vento e la direzione del vento così come vengono registrate dalle stazioni prese a riferimento.

| Stazione meteo | Anemometro |
|-------------------------------|-------------------|
| Via Veneto (ARPAT) | 4 msls |
| Rosignano Meteo (provata) | 25 msls |
| Solvay (Privata) | 10 msls |
| Livorno (rete idromore) | 10 msls |
| CALMET-LAMA archivio ARPA-SIM | 10 msls |

Tabella 1 - anagrafica delle stazioni meteo della zona

5.1.1. Stazione di qualità dell'aria di Via Veneto

I dati ottenuti dalla stazione di Qualità dell'Aria della Provincia di Livorno sono rappresentati in figura 14; le direzioni del vento principali sono due: la direzione ENE e W. Le velocità del vento in media sono inferiori ai 2.5 m/s, seppur con una percentuale di residua di periodi con velocità sostenuta.



Palo a 4 msls

Total data: 8720

Valid data: 8551 (98.06% of total data)

Calms defined as speed ≤ 0.5

Number of calms: 566 (6.62% of valid data)

Figura 5 - rosa dei venti Stazione di Via Veneto per l'anno 2008 e dati statistici

5.1.2. Stazione mareografica IDROMARE di Livorno

I dati ottenuti dalla stazione IDROMARE di Livorno, ubicata nel porto alla base della Darsena Marittima, zona Sud del porto su via del Molo Medico in corrispondenza dell' edificio della Polizia di Stato (ingresso centro velico Benedetto Croce), sono rappresentati in figura 15; le direzioni del vento principali sono due: la direzione ENE e WSW. Le velocità del vento in media sono inferiori ai 4.5 m/s seppur con una percentuale di residua di periodi con velocità sostenuta compresa tra i 5 e 8 m/s. Di seguito è mostrato il riepilogo statistico dei dati del vento elaborati insieme alla rosa dei venti per l'anno solare 2008.

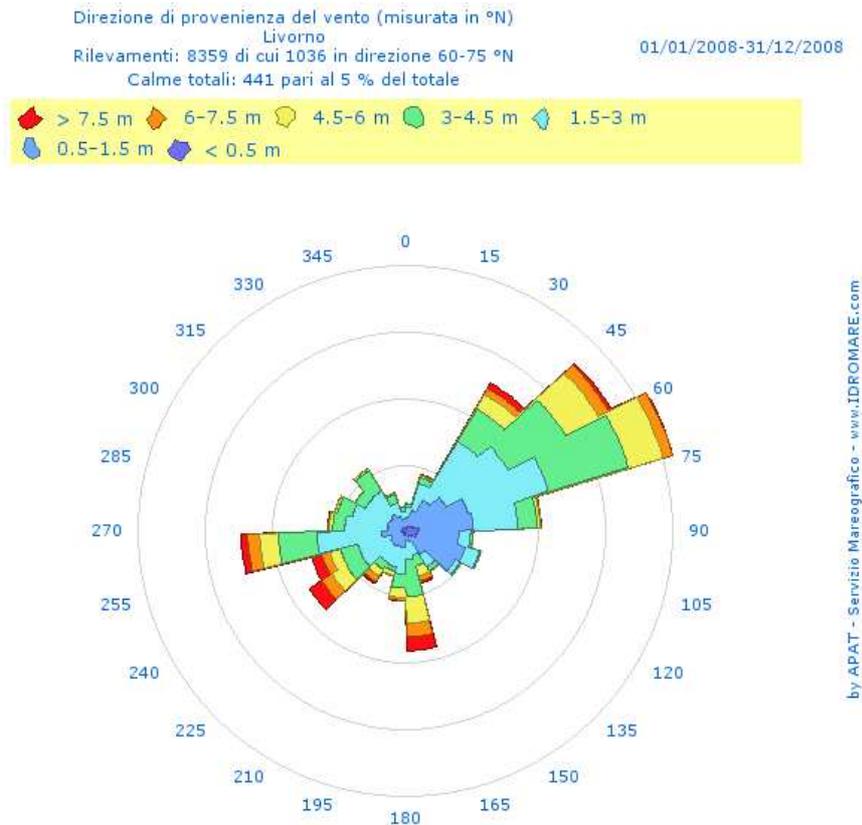
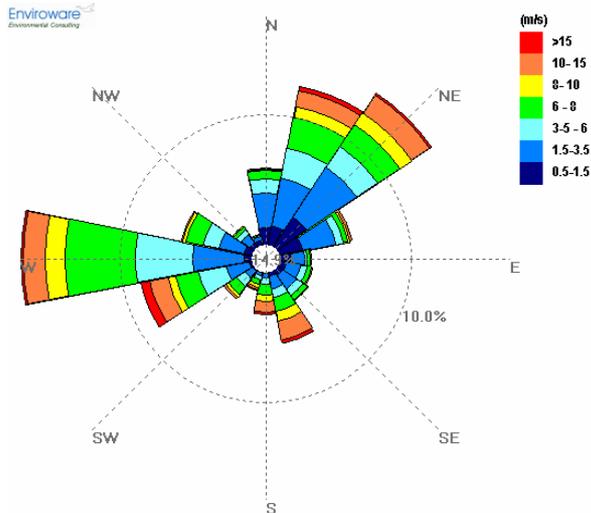


Figura 6 – rosa dei venti Stazione di IDROMARE di Livorno per l'anno 2008 e dati statistici

5.1.3. Stazione meteorologica Rosignano Meteo

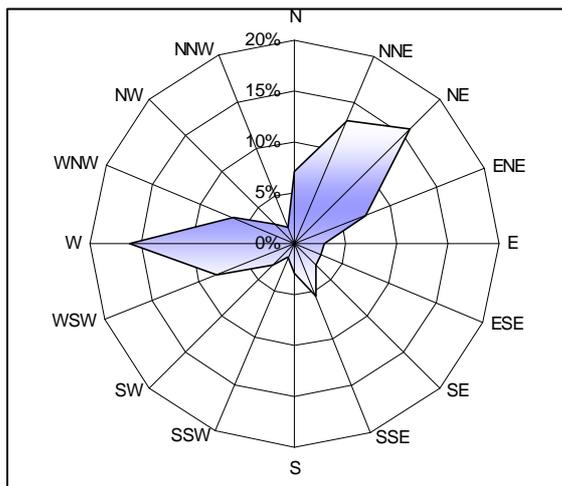
I dati registrati dalla stazione privata Rosignano Meteo vengono acquisiti da uno strumento ubicato in zona semi-urbana a nord-est dello stabilimento della Solvay Chimica S.p.A. Questa stazione, per l'anno 2008, ha registrato come direzioni del vento principali quelle di provenienza la direzione NE e W. Le velocità del vento in media sono inferiori ai 7.5 m/s seppur con una percentuale non trascurabile di periodi con velocità sostenuta, maggiore dei 10 m/s (circa il 10% dei dati). Vengono rilevate un numero di calme di vento di circa il 15%



Total data: 105395 (medie 5 min)
Valid data: 89605 (85.02% of total data)
Calms defined as speed ≤ 0.5 m/s
Number of calms: 13347 (14.90% of valid data)

Figura 7 – rosa dei venti Stazione di Rosignano Meteo per l'anno 2008 e dati statistici valutati sulle medie di 5 minuti

Valutando le medie orarie a partire dai dati grezzi forniti (medie di 5 minuti) è stato possibile ricondurre le valutazioni a valori paragonabili con le altre stazioni selezionate.



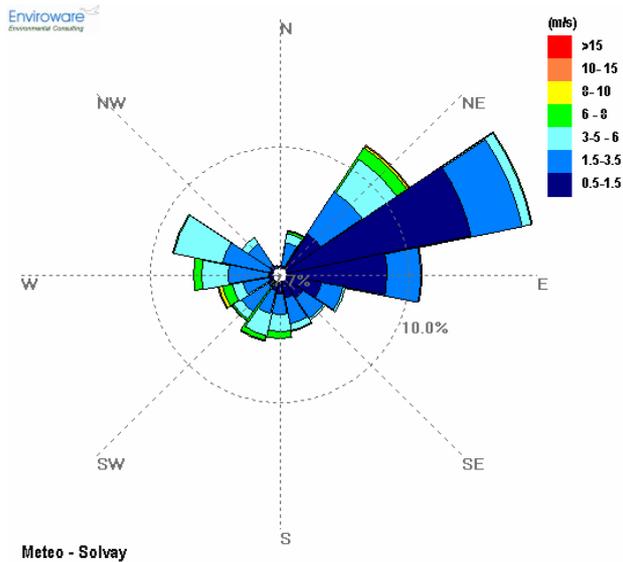
Classi di velocità del vento su medie orarie [m/s]

| | |
|-----|--------------------|
| 0 | 10.8% calme |
| 0.5 | 14.4% |
| 1.5 | 13.4% |
| 3.5 | 18.1% |
| 6 | 19.8% |
| 8 | 11.0% |
| 10 | 5.7% |
| 15 | 6.7% |

Figura 8 – rosa dei venti Stazione di Rosignano Meteo per l'anno 2008 e dati statistici valutati sulle medie orarie

5.1.4. Stazione meteorologica Solvay chimica SpA

La Solvay Chimica S.p.A. è dotata, all'interno dello stabilimento, di una stazione meteorologica ubicata in zona semi-urbana a nord-est dello stabilimento della Solvay Chimica S.p.A. Questa stazione, per l'anno 2008, ha registrato come direzioni del vento principali quelle di provenienza la direzione NE e W. Le velocità del vento in media sono inferiori ai 3.5 m/s seppur con una percentuale non trascurabile di periodi con velocità sostenuta, compresa tra 4 e 10 m/s (circa il 15% dei dati).



Palo a 10 msls

Total data: 8761

Valid data: 8633 (98.54% of total data)

Calms defined as speed ≤ 0.5

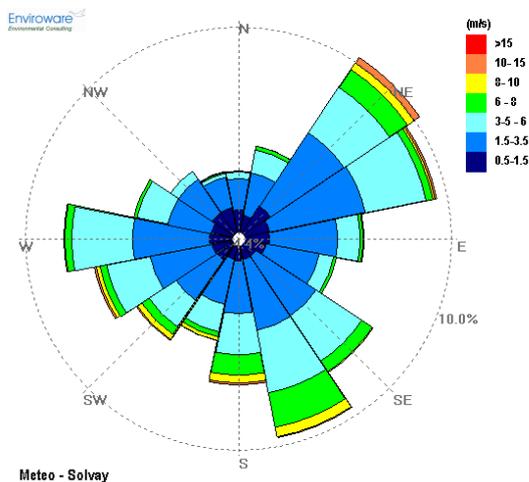
Number of calms: 666 (7.71% of valid data)

Figura 9 – rosa dei venti Stazione Solvay per l'anno 2008 e dati statistici

5.1.5. Stazione meteorologica virtuale

Sono stati inoltre acquisiti, a titolo di paragone, i dati ottenuti dall'archivio CALMET – ARPA SMR per l'anno 2008 estratti in località Castagneto Carducci, localizzabile a circa 30 km in linea d'aria a SSE dell'area di indagine. I dati, non direttamente rappresentativi dell'area di Rosignano Marittimo soprattutto per la direzione e velocità del vento, vengono riportati per completezza dell'analisi dell'area di studio.

I dati dell'archivio, per l'anno 2008, hanno valutato come direzioni del vento principali quelle di provenienza la direzione NE e le direzioni da W e da SSE. Le velocità del vento, in media, sono inferiori ai 4 m/s seppur con una percentuale non trascurabile di periodi con velocità sostenuta, compresa tra i 4 ed i 10 m/s (circa il 20% dei dati).



Calms defined as speed ≤ 0.5

Number of calms: 566 (6.62% of valid data)

Maximum wind speed (15 m/s) 11.53105

Figura 10 – rosa dei venti dei dati dell'archivio CALMET – ARPA SMR per l'anno 2008 e dati statistici

5.1.6. Selezione della stazione

L'analisi meteorologica è stata svolta su un sufficiente numero di stazioni meteorologiche che comprendono un'area, centrata sullo stabilimento della Solvay Chimica S.p.A., di circa 50 km nella direzione NS e di circa 20 km nella direzione EW. Questo ha permesso di verificare le similitudini, che si concretizzano principalmente nell'individuazione della direzione prevalente del vento (NE e WSW) individuata da tutte le stazioni e dalle distribuzioni della velocità del vento che, seppur con le inevitabili differenze, legate all'ubicazione su microscala delle stazioni, hanno rilevato un sufficiente accordo. Da queste considerazioni, relativamente alle misure di velocità e direzione del vento, si può affermare che le misurazioni della stazione meteo ubicata all'interno dell'impianto:

- sono rilevate da strumentazione idonea e soprattutto collocata in maniera idonea (in campo libero ed a 10 msls);
- si sono rilevate affidabili (>95%) negli ultimi 18 mesi;

La stazione RosignanoMeteo mostra incongruenza sulla velocità del vento, in quanto solo 16 settori per direzione possono falsare rosa venti.

La stazione di via Veneto è confrontabile tenendo conto della differente altezza dell'anemometro (ubicato a 4 msls).

La stazione IDROMARE di Livorno sembra misurare direzioni e venti molto simili a quelli della centralina ubicata all'interno dell'area di stabilimento considerando la localizzazione che risulta priva di ostacoli ed in campo aperto.

I risultati del confronto con altre stazioni nell'area di studio (via veneto, RosignanoMeteo, Idromare Livorno) possono essere prese a riferimento per la caratterizzazione meteorologica per lo studio diffusionale.

Pertanto da qui in avanti tutte le valutazioni saranno svolte utilizzando i dati della stazione interna allo stabilimento Solvay.

5.1.7. I semestre 2009

A conferma di quanto concluso si sono valutati i dati del primo semestre 2009 registrati dalla stazione IDROMARE di Livorno e dalla stazione meteo ubicata all'interno dell'area dello stabilimento Solvay.

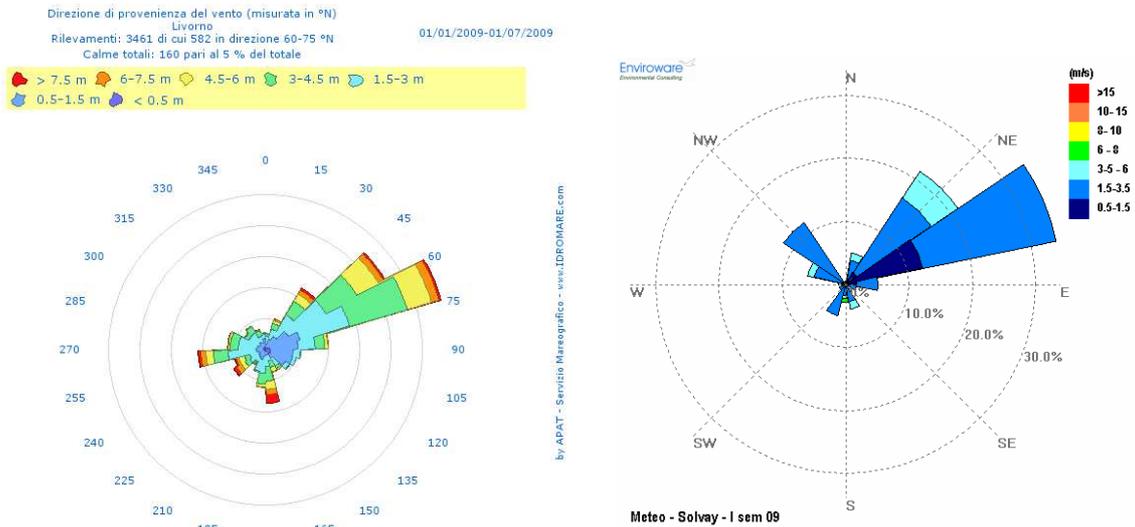
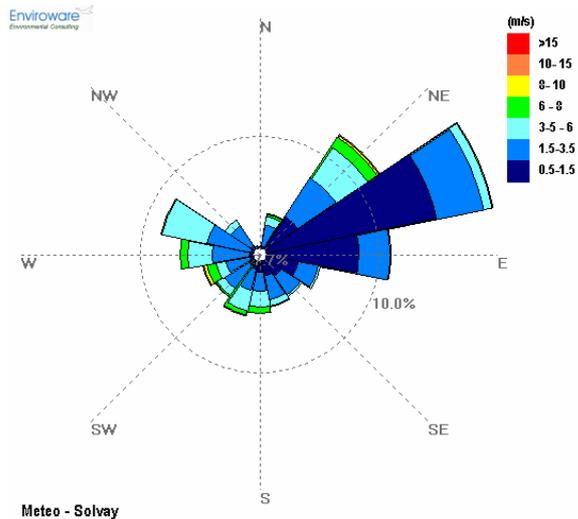


Figura 11 – rosa dei venti dei dati del I semestre 2009

5.2. CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA

5.2.1. Regime anemologico

Il regime dei venti dell'area di studio è stato caratterizzato utilizzando i dati meteorologici dell'anno solare 2008 registrati dalla stazione meteo ubicata all'interno dell'impianto. Di seguito si riportano tabelle e figure che descrivono su base annuale e per stagioni il regime dei venti dell'area di Rosignano Solvay.



Total data: 8761

Valid data: 8633 (98.54% of total data)

Calms defined as speed $\leq .5$

Number of calms: 666 (7.71% of valid data)

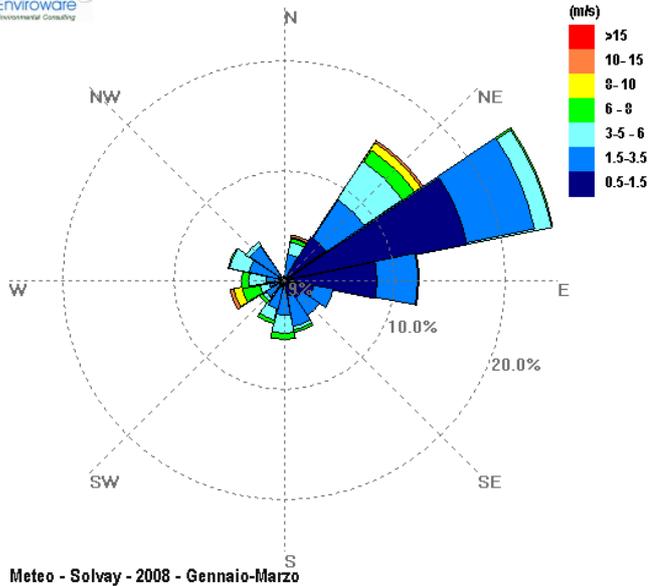
Maximum wind speed (m/s) 11.73

Figura 12 – rosa dei venti per l'anno 2008 e dati statistici

| Int. | From | To | Data | Percent |
|------|---------|---------|------|---------|
| 01 | 000.500 | 001.500 | 3096 | 35.862 |
| 02 | 001.500 | 003.500 | 3019 | 34.970 |
| 03 | 003.500 | 006.000 | 1443 | 16.715 |
| 04 | 006.000 | 008.000 | 335 | 3.880 |
| 05 | 008.000 | 010.000 | 57 | 0.660 |
| 06 | 010.000 | 015.000 | 17 | 0.197 |
| 07 | 015.000 | 100.000 | 0 | 0.000 |

Tabella 2 - frequenza di accadimento delle classi di velocità del vento

Enviroware
Environmental Consulting



Calms defined as speed $\leq .5$

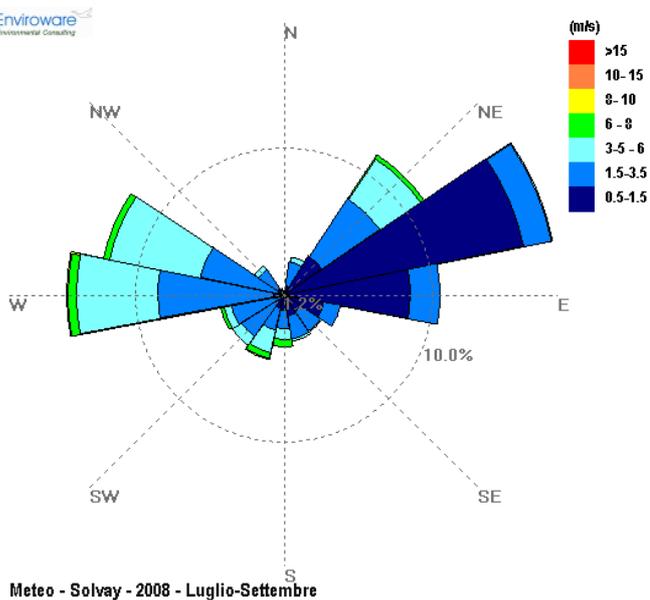
Number of calms: 19

(0.87% of valid data)

Maximum wind speed

(m/s) 11.73

Enviroware
Environmental Consulting



Calms defined as speed $\leq .5$

Number of calms: 26

(1.18% of valid data)

Maximum wind speed

(m/s) 8.23

Figura 13 - rosa dei venti stagionale per l'anno 2008

5.2.2. Parametri meteorologici

Nelle tabelle seguenti sono descritte le medie annuali e le medie mensili per tutti i parametri meteorologici registrati dalla stazione meteo della Solvay Chimica SpA. In particolare si riporta, per ognuno dei parametri, temperatura dell'aria, umidità relativa, pressione atmosferica e piovosità oltre ai grafici con la serie temporale oraria, nelle figure, ed al calcolo dei parametri statistici comprendenti il numero di dati validi, il valor medio, il valor massimo e quello minimo.

5.2.2.1. Parametri meteorologici anno solare 2008

temperatura

| mesi | ore valide | % tot | Min | Media | Max |
|------|------------|-------|------|-------|------|
| gen | 709 | 95% | 1.5 | 9.7 | 17.5 |
| feb | 696 | 100% | -2.1 | 9.1 | 17.7 |
| mar | 714 | 96% | 1.2 | 11.0 | 17.8 |
| apr | 720 | 100% | 4.5 | 14.1 | 23.7 |
| mag | 744 | 100% | 8.0 | 18.3 | 31.1 |
| giu | 720 | 100% | 13.3 | 21.6 | 32.0 |
| lug | 744 | 100% | 14.3 | 23.9 | 32.4 |
| ago | 726 | 98% | 15.5 | 24.3 | 32.3 |
| set | 715 | 99% | 9.0 | 20.0 | 31.2 |
| ott | 710 | 95% | 8.3 | 17.8 | 25.8 |
| nov | 720 | 100% | 2.6 | 12.8 | 22.0 |
| dic | 721 | 97% | 1.8 | 8.7 | 15.9 |
| 2008 | 8639 | 98.3% | -2.1 | 16.0 | 32.4 |

Piovosità

| mesi | ore valide | % tot | Pioggia cumulata mm |
|------|------------|-------|---------------------|
| gen | 706 | 95% | 111 |
| feb | 696 | 100% | 23 |
| mar | 713 | 96% | 44 |
| apr | 720 | 100% | 39 |
| mag | 744 | 100% | 70 |
| giu | 720 | 100% | 43 |
| lug | 744 | 100% | 13 |
| ago | 725 | 97% | 14 |
| set | 715 | 99% | 94 |
| ott | 709 | 95% | 122 |
| nov | 720 | 100% | 199 |
| dic | 721 | 97% | 134 |
| 2008 | 8633 | 98.3% | 906 |

UR%

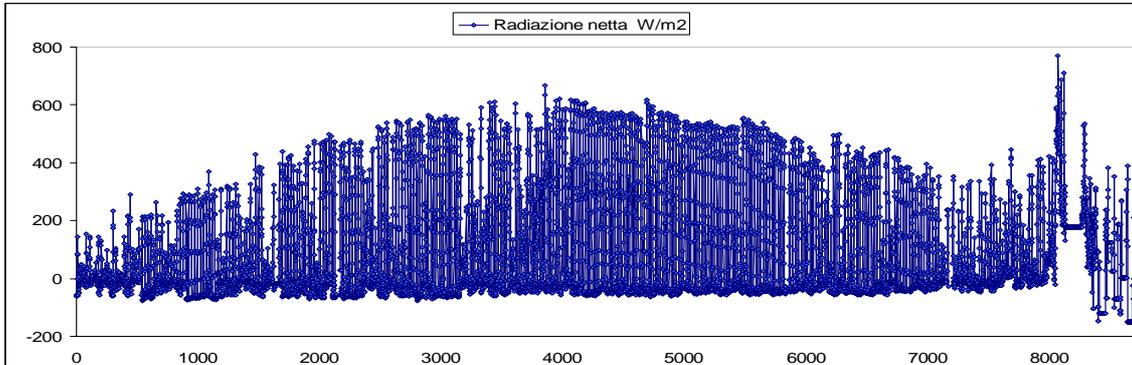
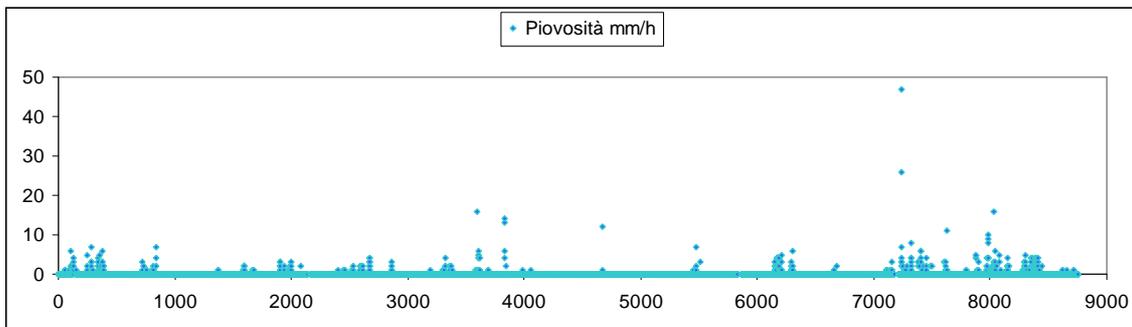
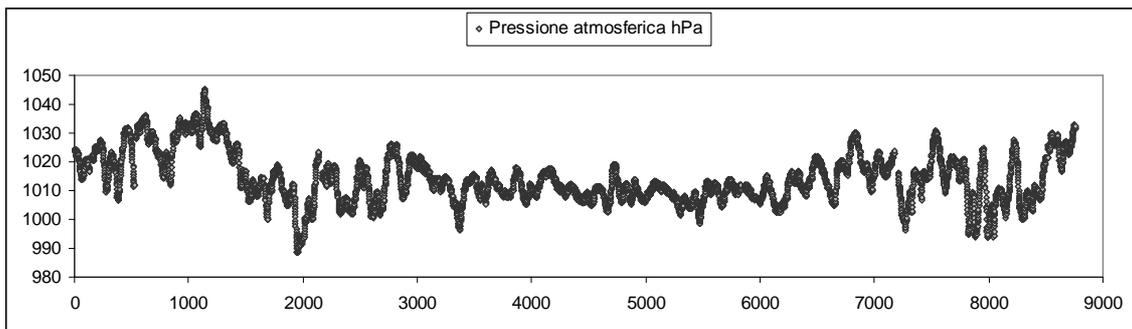
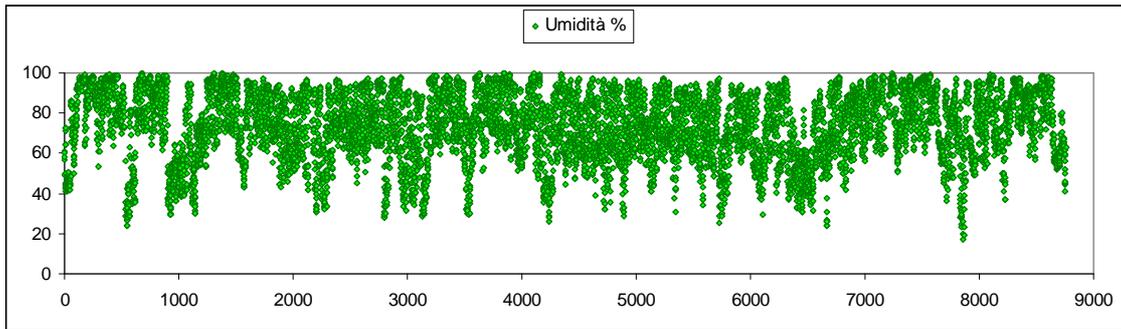
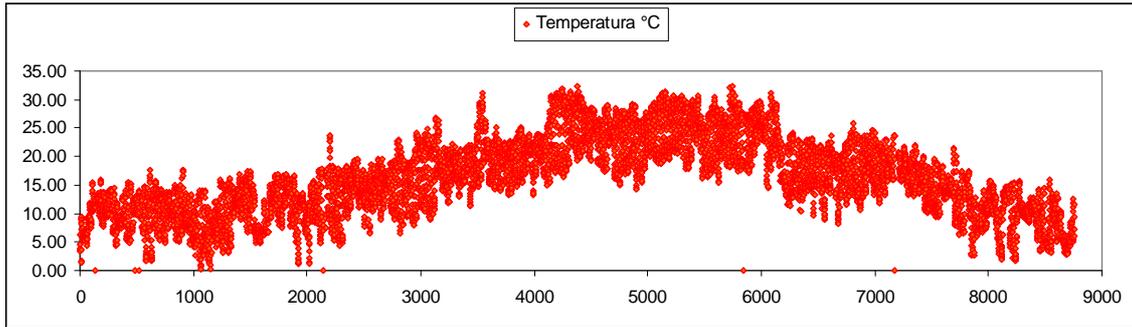
| mesi | ore valide | % tot | Media | Min | max |
|------|------------|-------|-------|------|-------|
| gen | 706 | 95% | 79.2 | 23.9 | 99.9 |
| feb | 696 | 100% | 72.7 | 29.2 | 100.0 |
| mar | 713 | 96% | 75.9 | 41.5 | 99.0 |
| apr | 720 | 100% | 73.4 | 28.0 | 97.2 |
| mag | 744 | 100% | 71.9 | 28.6 | 99.8 |
| giu | 720 | 100% | 75.7 | 25.9 | 100.0 |
| lug | 744 | 100% | 71.6 | 28.9 | 97.5 |
| ago | 725 | 97% | 70.1 | 25.5 | 97.2 |
| set | 715 | 99% | 65.5 | 29.2 | 97.5 |
| ott | 709 | 95% | 76.8 | 24.2 | 99.9 |
| nov | 720 | 100% | 76.1 | 17.1 | 99.1 |
| dic | 721 | 97% | 78.9 | 37.2 | 99.0 |
| 2008 | 8633 | 98.3% | 74.0 | 17.1 | 100.0 |

Pressione

| mesi | ore valide | % tot | Min | Max | Media |
|------|------------|-------|--------|--------|--------|
| gen | 706 | 95% | 1006.7 | 1036.1 | 1023.5 |
| feb | 696 | 100% | 1012.1 | 1045.3 | 1028.7 |
| mar | 713 | 96% | 988.4 | 1023.3 | 1008.7 |
| apr | 720 | 100% | 1000.6 | 1026.4 | 1011.8 |
| mag | 744 | 100% | 996.4 | 1022.5 | 1012.8 |
| giu | 720 | 100% | 1005.1 | 1018.0 | 1011.8 |
| lug | 744 | 100% | 1002.5 | 1019.2 | 1009.3 |
| ago | 725 | 97% | 998.6 | 1014.0 | 1008.5 |
| set | 715 | 99% | 1002.2 | 1021.7 | 1011.4 |
| ott | 709 | 95% | 996.4 | 1030.2 | 1016.0 |
| nov | 720 | 100% | 993.6 | 1030.8 | 1013.8 |
| dic | 721 | 97% | 993.8 | 1034.0 | 1015.5 |
| 2008 | 8633 | 98.3% | 988.4 | 1045.3 | 1014.3 |

Radiazione Netta

| mesi | ore valide | % tot | Min | Max | Media |
|------|------------|--------|------|-----|-------|
| gen | 706 | 94.9% | -76 | 289 | 6.6 |
| feb | 696 | 103.6% | -75 | 368 | 27.7 |
| mar | 713 | 95.8% | -70 | 499 | 59.0 |
| apr | 720 | 100.0% | -76 | 564 | 95.7 |
| mag | 744 | 100.0% | -71 | 612 | 115.9 |
| giu | 720 | 100.0% | -62 | 666 | 154.1 |
| lug | 744 | 100.0% | -64 | 619 | 158.4 |
| ago | 725 | 97.4% | -57 | 554 | 133.7 |
| set | 715 | 99.3% | -56 | 498 | 87.2 |
| ott | 709 | 95.3% | -57 | 446 | 55.3 |
| nov | 720 | 100.0% | -49 | 446 | 51.3 |
| dic | 721 | 96.9% | -149 | 771 | 99.3 |
| 2008 | 8633 | 98.6% | -149 | 771 | 87.7 |



Nelle figure seguenti si riportano i dati LAMA-CALMET relativi all'anno 2008

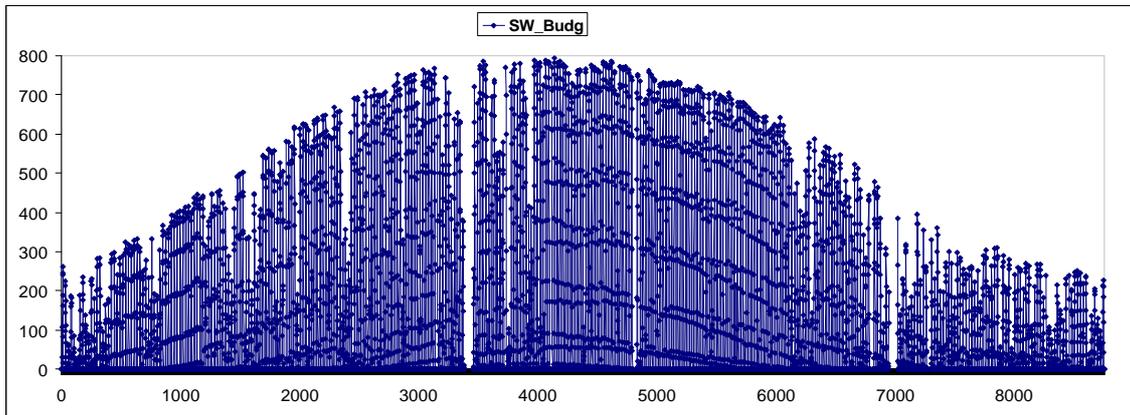


Figura23 Radiazione visibile netta,(W/m²) dati LAMA- CALMET anno 2008

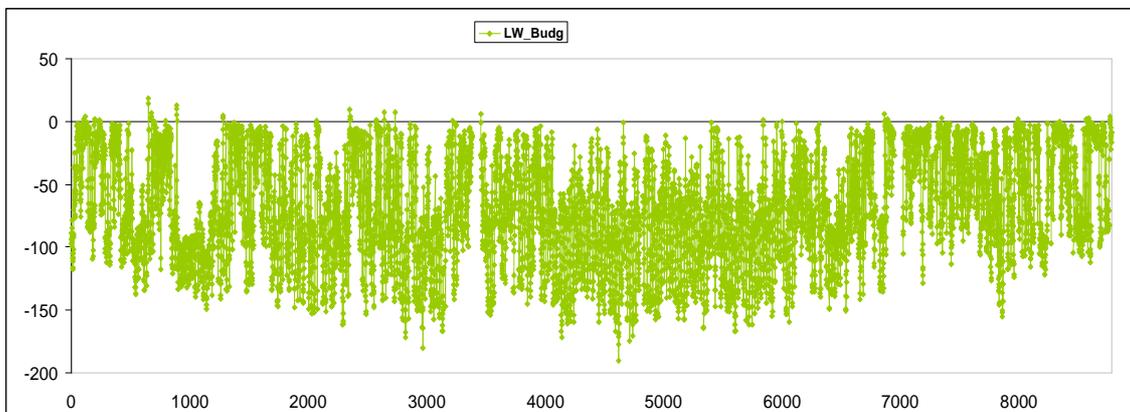


Figura24 Radiazione infrarossa netta,(W/m²) dati LAMA- CALMET anno 2008

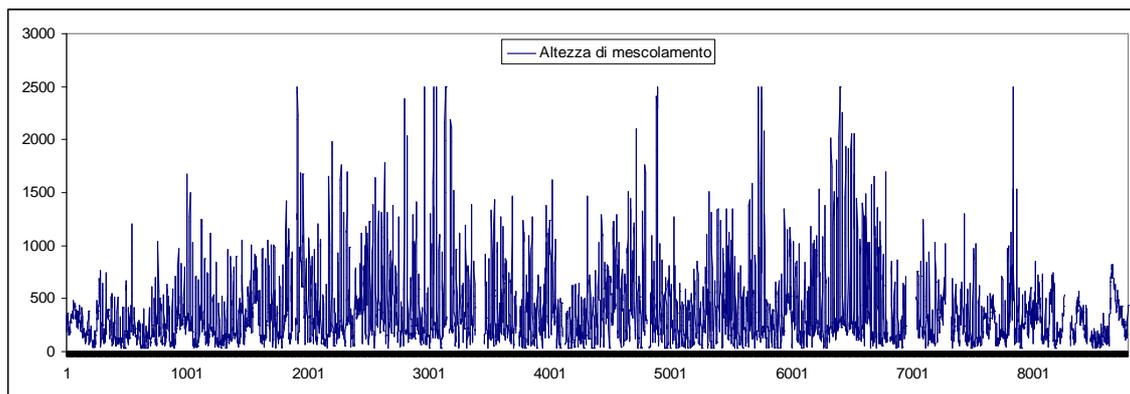


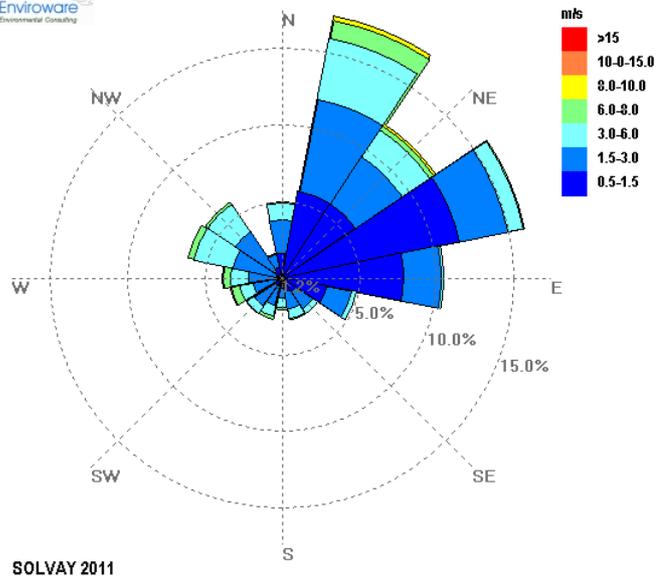
Figura24 Altezza dello strato di mescolamento,(m) dati LAMA- CALMET anno 2008.

5.2.2.2. Parametri meteorologici anno solare 2011

Di seguito si riportano i risultati dell'elaborazione dei dati meteorologici della stazione SOLVAY per l'anno 2011.

DATI SOLVAY 2011

Enviroware
Environmental Consulting



Total data: 8761

Valid data: 8633 (98.54% of total data)

Calms defined as speed $\leq .5$

Number of calms: 101 (1.15% of valid data)

Maximum wind speed (m/s) 12.84

Figura 14 - rosa dei venti per l'anno 2011 e dati statistici

| Int. | From | To | Data | Percent |
|------|---------|---------|------|---------|
| 01 | 000.500 | 001.500 | 3546 | 40.479 |
| 02 | 001.500 | 003.500 | 3116 | 35.571 |
| 03 | 003.500 | 006.000 | 1630 | 18.607 |
| 04 | 006.000 | 008.000 | 312 | 3.562 |
| 05 | 008.000 | 010.000 | 51 | 0.582 |
| 06 | 010.000 | 015.000 | 4 | 0.046 |
| 07 | 015.000 | 100.000 | 0 | 0.000 |

Tabella 2 - frequenza di accadimento delle classi di velocità del vento

Velocità (m/s)

| mese | ore valide | % tot | Min | Max | Media |
|------|------------|-------|------|-------|-------|
| gen | 744 | 100% | 0.03 | 9.30 | 2.55 |
| feb | 672 | 100% | 0.18 | 7.06 | 2.42 |
| mar | 744 | 100% | 0.02 | 10.99 | 2.70 |
| apr | 720 | 100% | 0.35 | 6.44 | 2.23 |
| mag | 744 | 100% | 0.48 | 7.72 | 2.38 |
| giu | 720 | 100% | 0.42 | 8.43 | 2.38 |
| lug | 744 | 100% | 0.35 | 7.97 | 2.57 |
| ago | 744 | 100% | 0.30 | 6.40 | 1.87 |
| set | 720 | 100% | 0.37 | 7.60 | 2.10 |
| ott | 745 | 100% | 0.43 | 9.00 | 2.63 |
| nov | 719 | 100% | 0.41 | 7.49 | 2.11 |
| dic | 744 | 100% | 0.47 | 12.84 | 2.89 |
| 2011 | 8760 | 100% | 0.02 | 12.84 | 2.40 |

Pressione (hPa)

| mese | ore valide | % tot | Min | Max | Media |
|------|------------|-------|------|------|-------|
| gen | 737 | 99% | 1008 | 1030 | 1019 |
| feb | 664 | 99% | 994 | 1031 | 1017 |
| mar | 741 | 100% | 1004 | 1037 | 1021 |
| apr | 715 | 99% | 1000 | 1027 | 1015 |
| mag | 737 | 99% | 1001 | 1026 | 1013 |
| giu | 718 | 100% | 999 | 1014 | 1009 |
| lug | 738 | 99% | 995 | 1010 | 1003 |
| ago | 740 | 99% | 999 | 1013 | 1006 |
| set | 714 | 99% | 993 | 1015 | 1006 |
| ott | 629 | 84% | 971 | 1018 | 1010 |
| nov | 637 | 89% | 994 | 1025 | 1015 |
| dic | 744 | 100% | 985 | 1031 | 1012 |
| 2011 | 8514 | 97% | 971 | 1037 | 1012 |

Umidità Relativa (%)

| mese | ore valide | % tot | Min | Max | Media |
|------|------------|-------|-----|-----|-------|
| gen | 744 | 100% | 39 | 100 | 75 |
| feb | 672 | 100% | 21 | 100 | 70 |
| mar | 744 | 100% | 23 | 100 | 72 |
| apr | 720 | 100% | 28 | 100 | 69 |
| mag | 744 | 100% | 24 | 100 | 64 |
| giu | 584 | 81% | 39 | 100 | 75 |
| lug | 441 | 59% | 12 | 99 | 60 |
| ago | 744 | 100% | 20 | 100 | 61 |
| set | 720 | 100% | 17 | 100 | 65 |
| ott | 745 | 100% | 11 | 100 | 59 |
| nov | 719 | 100% | 19 | 100 | 63 |
| dic | 744 | 100% | 20 | 100 | 67 |
| 2011 | 8321 | 95% | 11 | 100 | 67 |

Temperatura (°C)

| mese | ore valide | % tot | Min | Max | Media |
|------|------------|-------|------|------|-------|
| gen | 744 | 100% | -2.3 | 16.8 | 8.2 |
| feb | 672 | 100% | 1.8 | 15.9 | 8.8 |
| mar | 744 | 100% | -0.5 | 18.9 | 10.2 |
| apr | 720 | 100% | 7.0 | 24.1 | 14.9 |
| mag | 744 | 100% | 8.5 | 33.1 | 18.9 |
| giu | 720 | 100% | 14.8 | 31.1 | 21.7 |
| lug | 744 | 100% | 15.2 | 33.1 | 23.1 |
| ago | 744 | 100% | 14.8 | 34.4 | 24.0 |
| set | 720 | 100% | 12.2 | 32.5 | 22.4 |
| ott | 745 | 100% | 6.1 | 29.2 | 16.5 |
| nov | 719 | 100% | 3.2 | 21.9 | 12.4 |
| dic | 744 | 100% | -2.0 | 18.6 | 10.5 |
| 2011 | 8760 | 100% | -2.3 | 34.4 | 16.0 |

Radiazione Netta (W/m²)