



*Sito: Stabilimento di Macchiareddu (Assemini)*

**IMPIANTO:** Produzione derivati inorganici  
del fluoro e acido solforico

**Gestore:** FLUORSID SPA

**Categoria:** IPPC 4.2

## **DOMANDA DI AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE**

AI SENSI DEL D.LGS. N.59 DEL 18 FEBBRAIO 2005

### **Scheda D - Allegato D.10**

*Analisi energetica per la proposta impiantistica per  
la quale si richiede l'autorizzazione*

INTRODUZIONE.....	3
DESCRIZIONE DEL SISTEMA ENERGETICO .....	4
Caldaia a recupero di vapore.....	4
Impianto di produzione di energia elettrica .....	4
Generatori di Vapore.....	6
Essiccamento fluorite.....	6
Impianto di produzione dell'acido fluoridrico .....	7
Impianto di produzione di fluoruro di alluminio.....	7
Impianto di produzione di criolite sintetica .....	8
FONTI ENERGETICHE .....	9
<i>Olio combustibile</i> .....	9
<i>GPL</i> .....	9
<i>Vapore surriscaldato</i> .....	9
<i>Zolfo</i> .....	9
<i>Energia elettrica</i> .....	9
PRODUZIONI E CONSUMI ENERGETICI .....	10



## **INTRODUZIONE**

Lo stabilimento Fluorsid di Macchiareddu rappresenta sotto il profilo energetico una realtà di grande interesse in quanto è autosufficiente per i consumi di energia elettrica, grazie ad un impianto che recupera l'energia di reazione della produzione di acido solforico.

Di seguito si riporta un'analisi del sistema energetico dello stabilimento della Fluorsid comprendente vari aspetti, quali ad esempio una breve descrizione degli impianti utilizzati per la produzione di energia e le sezioni di processo che consumano energia, delle fonti energetiche impiegate e di indicatori relativi ai consumi.

## DESCRIZIONE DEL SISTEMA ENERGETICO

Lo stabilimento produce energia elettrica attraverso un apposito impianto. La produzione elettrica viene totalmente impiegata per usi interni legati al ciclo di produzione ed in piccola parte immessa nella rete nazionale di trasmissione.

Nei seguenti paragrafi è riportata una breve descrizione delle apparecchiature impiegate per la produzione di energia, unitamente a quelle che consumano energia nel proprio processo.

### Caldaia a recupero di vapore

L'impianto recupera il calore di combustione dello zolfo e quello di conversione da SO<sub>2</sub> a SO<sub>3</sub>.

Il vapore condensato proveniente dall'unità di cogenerazione e l'acqua demineralizzata di reintegro, proveniente dall'apposito impianto di produzione, sono preriscaldati tramite scambio indiretto con l'acido solforico caldo, e quindi alimentati al degasatore.

Prima di arrivare in caldaia, l'acqua di alimento viene inviata agli economizzatori per essere preriscaldata e parzialmente vaporizzata.

Il vapore prodotto nella caldaia viene poi surriscaldato nel surriscaldatore e inviato all'unità di produzione energia elettrica.

E' previsto un blow-down continuo dalla caldaia per mantenere basso il contenuto di sali.

Il "combustibile" consumato è in realtà lo zolfo liquido, materia prima che viene bruciata per produrre l'SO<sub>2</sub> nella prima fase di produzione dell'acido solforico. L'utilizzo nel reparto viene riportato nella seguente tabella per la massima capacità produttiva.

Combustibile	% S	Consumo annuo (t)	PCI (kJ/kg)	Energia (MMJ)
Zolfo liquido	100	57.480	9.210	529.391

L'energia termica prodotta alla massima capacità produttiva è pari a 153.000 MWh con una quota ceduta all'impianto di produzione di energia elettrica pari a 147.000.

### Impianto di produzione di energia elettrica

L'impianto, grazie al vapore ad alta pressione prodotto nel processo di produzione dell'acido solforico, produce energia elettrica destinata alla copertura del fabbisogno interno, mentre l'eccedenza viene venduta alla rete.

La capacità di produzione dell'impianto è di 5 MW; la capacità annua massima è di 42.500 MWh/anno.

Il vapore surriscaldato ad alta pressione (42 bar 400°C), prodotto in una caldaia grazie al calore di combustione dello zolfo e all'esotermicità dei processi di conversione da SO<sub>2</sub> a SO<sub>3</sub> ed assorbimento dell'SO<sub>3</sub>, viene alimentato ad una turbina multistadio a condensazione dove, tramite un alternatore, viene prodotta energia elettrica.

Parte del vapore parzialmente degradato viene prelevato dalla turbina come vapore a bassa pressione e inviato a tutto l'impianto. Tale prelievo consente di coprire l'intero fabbisogno dello stabilimento, per cui l'impianto di produzione del vapore ausiliario viene utilizzato solo qualora tale fornitura venga meno.

Turbina e alternatore sono parti integranti di un gruppo package turbogeneratore, che comprende anche il condensatore del vapore e il gruppo vuoto necessario a realizzare l'opportuno grado di vuoto nel condensatore.

Il sistema produce energia elettrica a 6000 V, destinata ad alimentare le utenze interne di tali caratteristiche o ad essere trasformata a 380 V per alimentare le altre utenze dello Stabilimento. Le eccedenze vengono trasformate a 15000 V per essere ceduta all'esterno attraverso la rete Enel.

L'acqua di raffreddamento utilizzata nel condensatore viene inviata alle torri evaporative dove viene raffreddata per vaporizzazione.

Il reintegro dovuto alle perdite per vaporizzazione e spurgo è realizzato mediante prelievo dal serbatoio dell'acqua di processo.

Per la preparazione dell'acqua demineralizzata per l'alimentazione della caldaia è presente un gruppo demineralizzatore composto da due colonne anioniche/cationiche.

La rigenerazione avviene con soluzioni di HCl e NaOH, opportunamente dosate in modo da avere un effluente neutro.

L'acqua demineralizzata viene stoccata in un serbatoio e quindi alimentata al degasatore in cui, tramite l'invio di una parte del vapore a bassa pressione spillato dalla turbina, viene ridotto il contenuto di ossigeno nell'acqua di alimentazione alla caldaia.

L'alimentazione è il vapore surriscaldato ad alta pressione (41 barg 400°C) prodotto nell'impianto di produzione dell'acido solforico. L'utilizzo nell'anno 2006 è riportato nella seguente tabella.

<b>Descrizione</b>	<b>Stato fisico</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Pressione (barg)</b>	<b>Consumo annuo (t)</b>
Vapore ad Alta Pressione	Vapore	400	41	183.103

La produzione di energia elettrica alla massima capacità produttiva risulta pari a 42.500 MWh, con una quota ceduta a terzi di 3.300 MWh.

Oltre all'energia elettrica l'impianto produce anche vapore a media e bassa pressione, che sopperisce all'intero fabbisogno di vapore dell'impianto, grazie ad uno spillamento in turbina.

Descrizione	Stato fisico	Temperatura (°C)	Pressione (barg)	Consumo annuo (t)
Vapore a Bassa Pressione	Vapore	160	5	14.280
Vapore a Bassa Pressione	Vapore	119	1	9.190

### Generatori di Vapore

Il fabbisogno di vapore per l'intero stabilimento è di 6000 MW/h all'anno. L'impiego principale è per la atomizzazione dell'olio combustibile denso e per le tracciature delle linee che veicolano olio o zolfo liquido.

In condizioni di marcia regolare questo vapore viene prodotto dalla caldaia a recupero dell'impianto di produzione dell'acido solforico. Se questo impianto viene fermato per lungo periodo (circa 3 settimane ogni 50 mesi circa) per la manutenzione, è possibile atomizzare l'olio combustibile necessario alle altre produzioni con aria compressa, ma viene ugualmente richiesto del vapore per tenere caldo l'olio stesso e lo zolfo fuso all'interno dei serbatoi.

Per questo motivo sono stati installati due generatori di vapore ciascuno avente una capacità di 1200 kg/h di vapore il primo e 1000 kg/h il secondo, entrambi a 10 bar. Uno può essere di riserva all'altro.

La prima caldaia è del tipo indiretto e genera vapore mediante scambio olio diatermico/acqua, mentre la seconda è del tipo "flash-boiler" a vaporizzazione istantanea.

Entrambe sono inserite nella rete di distribuzione di stabilimento alla pressione di 6 bar circa e sono servite da un impianto centralizzato di acqua demineralizzata.

Inoltre tali caldaie possono essere anche alimentate da una corrente preferenziale prodotta dal gruppo elettrogeno di stabilimento, alimentato a gasolio in caso di mancanza dell'energia elettrica.

### Essiccamento fluorite

Nel forno la fluorite viene essiccata tramite scambio diretto in controcorrente con una corrente di fumi caldi generati bruciando olio combustibile denso BTZ in una apposita camera di combustione.

Per migliorare lo scambio lungo la circonferenza interna del forno sono disposti dei “lifter”, alette disposte ortogonalmente alla circonferenza stessa, che sollevando il materiale umido e lasciandolo ricadere, aumentano la superficie esposta e migliorano globalmente l'efficienza di scambio termico. Il forno ha una potenza termica di combustione di 2.340 kW.

Alla capacità produttiva il consumo annuo di olio combustibile BTZ è pari a 1.785 tonnellate e l'energia termica consumata è pari a 19.897 MWh con un consumo specifico di 132 kWh/tonnellata di fluorite essiccata.

### **Impianto di produzione dell'acido fluoridrico**

Il calore necessario alla reazione di generazione HF viene prodotto bruciando olio combustibile denso BTZ nell'apposita camera di combustione. Il gas caldo generato, che raggiunge una temperatura compresa tra i 700 – 750°C dopo opportune diluizioni con fumi esausti recuperati, viene distribuito alle camicie del generatore tramite una serie di collettori secondari che si staccano da uno principale. Dopo aver scambiato il calore necessario alla reazione, i fumi escono a circa 400 – 450°C attraverso altrettanti collettori (uguali a quelli in ingresso) anch'essi collegati ad un collettore principale. La potenza termica di combustione alla massima capacità produttiva è pari a 11.737 kW.

Il consumo di olio BTZ alla massima capacità produttiva è di 8950,5 tonnellate all'anno con un'energia prodotta pari a 99.768 MWh.

### **Impianto di produzione di fluoruro di alluminio**

L'allumina umida destinata alla produzione di fluoruro viene prelevata dal capannone di stoccaggio, e grazie ad un nastro pesatore e a una doppia coclea, va a finire dentro un flash-dryer (venturi).

All'interno del venturi viene investita da una corrente di fumi caldi (generati in una apposita camera di combustione dove si fa bruciare olio combustibile denso (B.T.Z.) con aria), i quali, essendo ad una temperatura di 700/800 °C, provocano una completa essiccazione e una parziale disidratazione dell' $Al(OH)_3$ , per cui il titolo, espresso in  $Al_2O_3$ , passa dal 65,38% al 70 ÷ 72%, con conseguente aumento della superficie specifica sino a 280 mq/gr circa.

La potenza termica di combustione alla massima capacità produttiva è pari a 2.675 kW.

Il consumo annuo di BTZ alla massima capacità produttiva è pari a 2.040 tonnellate e l'energia termica prodotta è pari a 22.739 MWh. L'impianto, inoltre, solo nelle fasi di start-up consuma alla massima capacità produttiva 8 tonnellate all'anno di GPL.



### **Impianto di produzione di criolite sintetica**

Per l'essiccazione della criolite umide, questa viene alimentata ad un calcinatore, dove la massa di criolite scorre in controcorrente ad una corrente di fumi caldi generati dalla combustione di BTZ in apposita camera di combustione. La potenza termica di combustione alla massima capacità produttiva è pari a 5.796 kW.

Alla massima capacità produttiva vengono alimentate 4.420 tonnellate di BTZ con la produzione di energia termica pari a 49.268 MWh.



## **FONTI ENERGETICHE**

In questa relazione con la denominazione “fonte energetica” si intende tutto ciò che viene trasformato, per essere impiegato nello stabilimento, in energia termica, elettrica e meccanica.

Le fonti energetiche impiegate dagli impianti sono l’olio combustibile, GPL, lo zolfo liquido e l’energia elettrica, le cui caratteristiche sono riportate nei seguenti paragrafi.

### ***Olio combustibile***

L’olio combustibile impiegato è un BTZ (<1% di zolfo) ed è acquistato sul mercato e ha un Potere calorifico inferiore = 40.128 kJ/kg.

L’olio combustibile viene impiegato nei forni degli impianti di processo, in cui il prodotto in carica all’impianto viene riscaldato fino alle temperature richieste dal processo a valle.

### ***GPL***

Il gas impiegato è acquistato sul mercato ed ha un Potere calorifico inferiore = 88.000 kJ/kg.

Il GPL viene utilizzato solo nella fase di avviamento del processo di produzione del fluoruro d’alluminio.

### ***Vapore surriscaldato***

Il vapore surriscaldato è impiegato nello stabilimento su tre livelli entalpici, relativi ai seguenti valori di pressione e temperatura:

Vapore a bassa pressione             $p = 3 \text{ bar}$          $T = 140 \text{ °C}$

Vapore a media pressione            $p = 7 \text{ bar}$          $T = 170 \text{ °C}$

Vapore ad alta pressione             $p = 40 \text{ bar}$        $T = 400 \text{ °C}$

Il vapore ad alta pressione viene fatto evolvere nella turbine per la produzione di energia elettrica, mentre il vapore a media e bassa pressione è prodotto da uno spillamento dalla stessa turbina. Il vapore è impiegato come energia termica in tutto lo stabilimento.

### ***Zolfo***

Lo zolfo liquido viene impiegato puro al 100% ed ha un PCI di 9210 kJ/kg.

Lo zolfo viene impiegato nell’impianto di produzione dell’acido solforico.

### ***Energia elettrica***

Lo stabilimento è connesso alla rete elettrica nazionale con un collegamento a 150 KV. Il fabbisogno elettrico è coperto dall’autoproduzione. Infatti l’energia elettrica prodotta dall’impianto di generazione asservito all’impianto di produzione dell’acido solforico soddisfa i consumi interni di energia elettrica e permettere di cedere alla rete una quota di eccedenza.

## PRODUZIONE E CONSUMI ENERGETICI

Lo stabilimento produce energia elettrica.

La produzione del 2006 è stata pari a 38.122.200 kWh, mentre i kWh consumati nella produzione sono stati 36.007.398, per cui considerando l'acquisto dalla rete nazionale di 1.017.634 kWh emerge un saldo positivo con la cessione alla rete dell'eccedenza per una quota pari a 3.123.436 kWh. La capacità produttiva dell'impianto alla massima capacità produttiva è pari a 42.500.000 kWh.

Per quanto attiene ai consumi va rilevato che con l'entrata in esercizio del nuovo impianto di produzione dell'acido solforico alla fine del 2002 sono diminuiti i consumi specifici di olio combustibile BTZ per tonnellata di prodotti fluorurati, come si può vedere dalla tabella seguente.

Anno	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<i>Fluorurati prodotti (tonnellate)</i>	59.650	60.900	70.000	71.150	69.050	72005	75530
<i>Olio combustibile (tonnellate)</i>	11.363	11.400	13.371	12.395	12.040	13.174	13.740
<i>Tonnellate olio/tonnellate fluorurati</i>	0,1905	0,1872	0,191	0,1742	0,1744	0,183	0,1819

Le variazioni di consumo specifico negli anni 2005 e 2006 attengono alla variabilità della qualità della materia prima.

La messa in esercizio dell'impianto di produzione dell'acido solforico ha determinato anche importanti benefici complessivi in termini di energia totale consumata, espressa in TEP, per unità di prodotto fluorurato, come si può vedere nella tabella seguente.

Anno	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<i>Fluorurati prodotti (tonnellate)</i>	59.650	60.900	70.000	71.150	69.050	72005	75530
<i>TEP</i>	15.200	12.745	15.028	12.876	11.863	13.033	13.575
<i>TEP/tonnellate fluorurati</i>	0,2548	0,2093	0,2147	0,1810	0,1718	0,1810	0,1797

I consumi di energia elettrica sono invece riportati nella tabella seguente.

<b>Anno</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
<i>Fluorurati prodotti (tonnellate)</i>	59.650	60.900	70.000	71.150	69.050	72005	75530
<i>kWh</i>	17.564.400	18.072.600	21.827.400	30.954.566	32.093.108	33.059.562	36.007.398
<i>kWh/tonnellate fluorurati</i>	294,4577	296,7586	311,8200	435,0607	464,7807	459,1287	476,7297

La realizzazione della 5° linea di produzione dell'acido fluoridrico determinerà un miglioramento delle performance energetiche dello stabilimento, in quanto sarà adottata la tecnologia "a due letti", differente da quella "a letto singolo" dei reattori esistenti; questo consentirà notevoli risparmi energetici, unitamente alla possibilità di ottenere un prodotto qualitativamente migliore ed una più elevata resa di reazione con conseguente riduzione dei consumi specifici di materie prime.