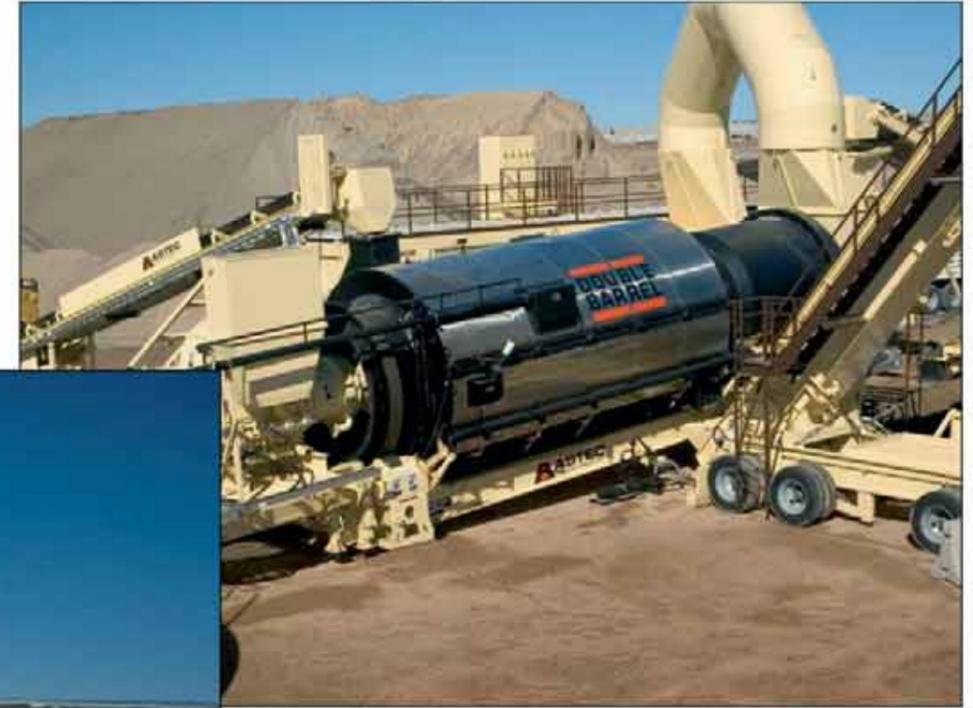


# PROGETTO DI UN IMPIANTO COMBINATO PER IL TRATTAMENTO DI TERRENI CONTAMINATI



E.T.A. Service s.r.l.  
Via Francesco Riso 49 - 95128 Catania  
Tel. +39 095 504710

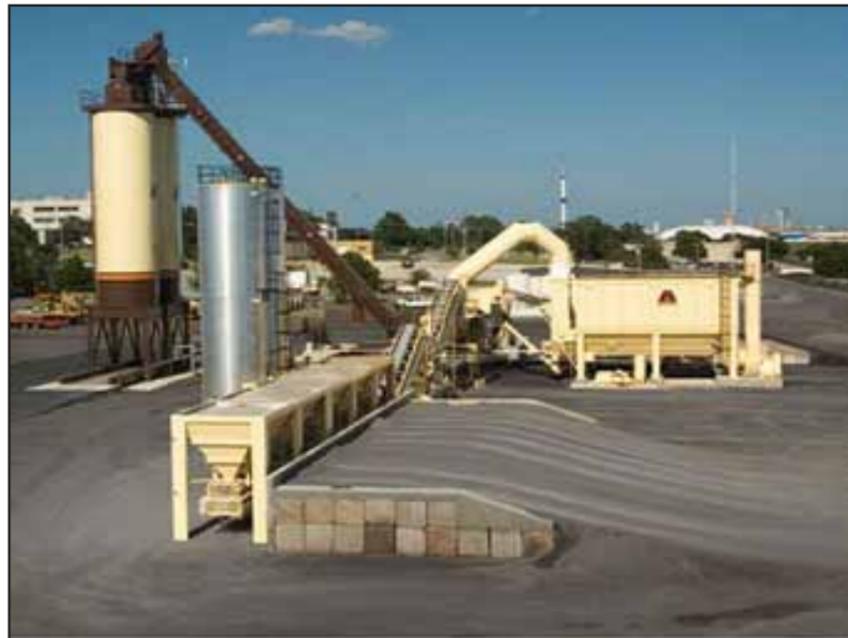
**OWAC**  
Engineering Company

Via Catania 42/C - 90141 Palermo  
Tel. +39 091 303243 Fax +39 091 7219247  
Web site: [www.owac.it](http://www.owac.it) e-mail: [owac@owac.it](mailto:owac@owac.it)

## SOMMARIO



1. PREMESSA	1
2. IL PROCESSO DI DESORBIMENTO TERMICO	1
3. IL PROCESSO DI INERTIZZAZIONE	1
4. DESCRIZIONE DELL'IPOTESI PROGETTUALE	2
5. PRESIDI AMBIENTALI ADOTTATI	6
5.1 RETI IDRICHE DI RACCOLTA E SMALTIMENTO	6
5.2 SISTEMI DI CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI	7
6. CONSIDERAZIONI ECONOMICHE	8
7. CONCLUSIONI	10
8. TAVOLE GRAFICHE	11



E.T.A. Service s.r.l.  
Via Francesco Riso 49 - 95128 Catania  
Tel. +39 095 504710

**OWAC**  
Engineering Company

Via Catania 42/C - 90141 Palermo  
Tel. +39 091 303243 Fax +39 091 7219247  
Web site: [www.owac.it](http://www.owac.it) e-mail: [owac@owac.it](mailto:owac@owac.it)



## 1. PREMESSA

La crescente diffusione delle attività industriali dovuta alla domanda, sempre maggiore, di prodotti e servizi da parte dei Paesi Industrializzati, se da un lato ha permesso lo sviluppo economico, dall'altro ha determinato, negli ultimi anni, l'inquinamento delle aree di insediamento degli impianti e di quelle limitrofe. Col tempo, quindi, è cresciuta sempre di più la necessità sia di ridurre le emissioni (solide, liquide ed aeriformi) degli impianti esistenti e di nuova costruzione, sia di riportare le condizioni fisico/chimiche dei siti inquinati a quelle originarie. La normativa vigente, quindi, si basa su queste due strade: limitare le emissioni e regolamentare le bonifiche dei siti inquinati.

Grazie agli sviluppi di nuove tecnologie ed al consolidamento di quelle già sperimentate da anni, anche il settore delle bonifiche dei siti inquinati annovera ormai in tutto il mondo esperienze positive di siti inquinati riportati alle originarie condizioni generali. Diverse sono le tecnologie utilizzabili, tra le quali possono annoverarsi il *soil washing*, il *flushing*, le *biopile*, il *desorbimento termico*, la *vetrificazione*, ecc.

L'idea progettuale esposta fa riferimento ad una piattaforma polifunzionale dotata di una unità di desorbimento termico e di una unità di inertizzazione da realizzarsi nella Sicilia orientale.

## 2. IL PROCESSO DI DESORBIMENTO TERMICO

Il processo di desorbimento termico viene utilizzato, prevalentemente, per il trattamento di terreni contaminati al fine di vaporizzare i contaminanti organici volatili e semivolatili in essi presenti. In una fase primaria avviene una semplice evaporazione di questi composti; a differenza dei trattamenti di termodistruzione, infatti, le condizioni di funzionamento (livelli di temperatura, tempi di residenza) sono tali da garantire la sola volatilizzazione degli inquinanti, senza cioè ossidarli né distruggerli. Una volta volatilizzati, i composti organici possono essere, in una fase secondaria, variamente trattati. Le temperature operative di processo sono comprese tra i 90 ed i 650 °C e per la successiva rimozione dei contaminanti viene utilizzato, come fluido di trasporto, l'aria stessa di combustione o gas inerte.

Il desorbimento termico può essere efficacemente adottato per la rimozione dal suolo contaminato di composti organici volatili e semivolatili ed anche di sostanze a più alto punto di ebollizione come i policlorobifenili; è invece inefficace nella separazione dei contaminanti inorganici. Tuttavia, i metalli maggiormente volatili (come mercurio ed arsenico) possono essere rimossi ricorrendo alle più alte temperature di processo; inoltre, la presenza di cloro può favorire significativamente la vaporizzazione di alcuni metalli, quali il piombo.

Rispetto ai trattamenti di termodistruzione, il processo di desorbimento termico presenta i seguenti vantaggi:

- il trattamento, qualora condotto a temperature sufficientemente basse, può essere esente da alcune problematiche di processo ricorrenti nei trattamenti di termodistruzione (emissioni di policlorodibenzodiossine - PCDD - e policlorodibenzofurani - PCDF);
- il terreno decontaminato conserva ancora delle proprietà organiche e chimiche tali da consentirne anche il riutilizzo in campo agronomico;
- sono ridotte le dimensioni del sistema depurazione fumi;
- i costi di trattamento risultano inferiori.

## 3. IL PROCESSO DI INERTIZZAZIONE

I processi di inertizzazione sono in genere impiegati nel trattamento di una vasta gamma di rifiuti pericolosi e non pericolosi e consentono di ridurre sensibilmente il rilascio di alcune sostanze inquinanti presenti nel rifiuto stesso, attraverso la formazione di composti insolubili che creano una struttura stabile, in grado di imprigionare gli elementi tossici (stabilizzazione); tali processi, inoltre, migliorano le caratteristiche del rifiuto facilitandone la gestione, in quanto quest'ultimo viene trasformato in un prodotto solido, in genere con buona resistenza meccanica e bassa permeabilità. Il processo di stabilizzazione agisce sullo stato chimico-fisico dei rifiuti per mezzo di appositi additivi modificando la pericolosità delle sostanze contenute nei rifiuti stessi e trasformando, in genere, i rifiuti pericolosi in rifiuti non pericolosi.

Nell'inertizzazione si procede alla miscelazione del rifiuto o del terreno contaminato con leganti (in genere il cemento Portland) e con reagenti chimici (gli additivi utilizzabili possono essere sia di natura inorganica che organica); i meccanismi chimico-fisici che si instaurano possono essere suddivisi a seconda che l'immobilizzazione dell'inquinante sia di tipo chimico oppure fisico: nella fissazione chimica intervengono reazioni di precipitazione di idrossidi insolubili di metalli pesanti, reazioni di complessazione con formazione di silico-alluminati insolubili di metalli pesanti e reazioni di adsorbimento di cationi liberi; nella fissazione fisica si ha, invece, un intrappolamento fisico di tutte le sostanze, comprese quelle non reattive, all'interno della matrice cementizia.

Nei processi a base di calce si verifica la formazione, attraverso le reazioni tra la calce, l'allumina e la silice, di miscele di gel, responsabili del microincapsulamento dell'inquinante; inoltre, i materiali pozzolanici hanno una grande affinità nei confronti delle reazioni di scambio ionico: tale capacità potrebbe favorire il legame sia con la calce che con gli ioni metallici contenuti nel rifiuto da inertizzare.

In termini di caratteristiche finali i terreni inertizzati potranno risultare più o meno compatti, più o meno resistenti alle sollecitazioni meccaniche, più o meno permeabili, a seconda che le sostanze inquinanti iniziali favoriscano o rallentino il processo stesso.

#### 4. DESCRIZIONE DELL'IPOTESI PROGETTUALE

Per inibire gli effetti negativi di talune sostanze, quindi, devono essere dosate, assieme ai reagenti leganti, anche appositi additivi (silicati solubili, solfuri, argille, zeoliti, ecc.) che, in genere, partecipano anche al processo di immobilizzazione dei contaminanti, ma che in taluni casi servono solo ad impedire i fenomeni di interferenza.

Il complesso industriale in progetto sorgerà su un'area di circa 40.000 m<sup>2</sup> ed è stato dimensionato per garantire un *trattamento di 30 t/h* di terreni contaminati di provenienza esterna, per quanto riguarda l'unità di desorbimento termico, *e di 14 t/h di materiale* di provenienza interna e/o esterna, per quanto riguarda l'unità di inertizzazione.

Nella tabella 1 vengono riassunte le principali caratteristiche impiantistiche in progetto.

Il complesso industriale in progetto rappresenta un sistema combinato per il desorbimento termico di terreni contaminati (prevalentemente da sostanze organiche) e per l'inertizzazione dei materiali contenenti metalli pesanti.

All'interno dell'area dell'impianto gli automezzi di conferimento, superate le operazioni di accettazione e pesatura del carico, vengono indirizzati verso le aree di stoccaggio specifiche: il capannone di stoccaggio dei terreni da desorbire oppure il capannone di inertizzazione, qualora il materiale non deve essere preliminarmente trattato termicamente.

Dalle rispettive aree di stoccaggio, attraverso pale gommate, i materiali da trattare vengono immessi nelle rispettive tramogge di carico e, da lì, il processo procede in maniera del tutto automatica, con supervisione degli operatori addetti, fino all'uscita dei materiali trattati.

<b>UNITA' DI DESORBIMENTO TERMICO</b>		
Quantità standard di trattamento annuo	100.000 t/anno	
Potenzialità max di trattamento	40 t/h	
Potenzialità standard di trattamento	30 t/h	
Giorni di lavoro/anno	240 gg/anno (2 turni)	
Stoccaggi in ingresso	20 gg (12.000 t)	
Stoccaggi in uscita	14 gg (8.000 t)	
Energia elettrica media impiegata	26 kWh/t	
Energia termica media utilizzata	540 kWh/t	
Air flow	80.000 m <sup>3</sup> /h	
<b>UNITA' DI INERTIZZAZIONE</b>		
Quantità massima annua trattata	50.000 t/anno	
Possibile ripartizione	Rifiuti provenienti dall'esterno	35.000 t/anno
	Rifiuti provenienti dall'unità di desorbimento termico	15.650 t/anno
Potenzialità di trattamento	14 t/h	
Giorni di lavoro/anno	300 gg/anno (2 turni)	
Energia elettrica media impiegata	21,4 kWh/t	
<b>DATI GENERALI DI IMPIANTO</b>		
Superficie totale	4 ha	
Superfici coperte	11.770 m <sup>2</sup>	
Superfici scoperte occupate da impianti	2.400 m <sup>2</sup>	
Personale impiegato	19 unità	

**Tabella 1**  
Dati riassuntivi dell'impianto

L'unità di desorbimento termico, disposta su un'area di circa 2.400 m<sup>2</sup>, sopraelevata di 30 cm rispetto al resto dei piazzali e confinata con cordolo in c.a. di 50 cm, è costituita dalle seguenti sezioni impiantistiche:

- unità di desorbimento primaria (PTU);
- ciclone separatore delle polveri;
- unità di raffreddamento dei materiali solidi (Soil cooling unit);
- ossidatore termico dei gas (STU);
- unità di raffreddamento dei gas (Evaporative cooling chamber);
- dry-scrubber;
- filtro a maniche (Baghouse).

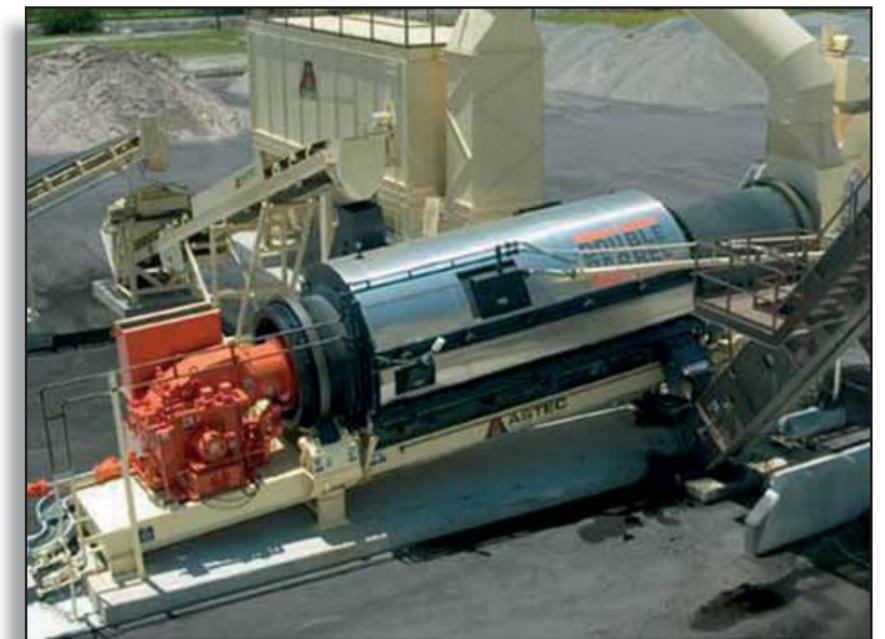
L'unità di inertizzazione sarà invece realizzata all'interno di un capannone chiuso di superficie pari a circa 1.230 m<sup>2</sup> e sarà costituita dalle seguenti sezioni d'impianto:

- baie di stoccaggio materiale in ingresso;
- silo di stoccaggio e dosaggio delle polveri conferite sfuse;
- vibrovaglio di carico;
- reattore/miscelatore per il processo di inertizzazione;
- baie di maturazione;
- sistema di abbattimento delle emissioni.

Dalla tramoggia di alimentazione (figura 1), avente lo scopo di vagliare ed allo stesso tempo omogeneizzare i terreni stessi preliminarmente ai trattamenti previsti, eliminando così le componenti più grossolane ed i picchi di concentrazione di specifici contaminanti che potrebbero ridurre il rendimento complessivo del processo, i terreni contaminati destinati a desorbimento termico, attraverso un nastro trasportatore, vengono convogliati all'interno dell'unità a tamburo rotante (*rotary dryer*). Tale unità (figura 2) è costituita da un reattore cilindrico metallico (*tamburo*), lievemente inclinato rispetto all'orizzontale per favorire l'avanzamento del materiale. Il terreno contaminato attraversa l'unità termica e fuoriesce dalla parte opposta, mentre i gas prodotti dal riscaldamento vengono inviati ad un ciclone per l'abbattimento delle polveri e, successivamente, alla camera di postcombustione per eliminare gli eventuali prodotti incombusti. La temperatura, il tempo di residenza ed il grado di vuoto nell'unità di desorbimento sono tali da consentire la separazione dell'acqua e degli inquinanti, ma non da provocare processi di ossidazione termica del terreno desorbito. L'acqua recuperata nell'unità di trattamento vapori può essere aggiunta al materiale bonificato in uscita dal desorbitore, in modo da regolarne l'umidità.



**Figura 1**  
Tramoggia di carico dell'unità di desorbimento termico



**Figura 2**  
Esempio di unità termica di desorbimento primaria (PTU)



**Figura 3**  
Esempio di ciclone separatore

I solidi trattati nella sezione di desorbimento vengono raffreddati a umido per evitare la diffusione di polveri e migliorare le caratteristiche di maneggiamento; il vapore ed il particolato che si generano in questa fase vengono captati ed avviati al filtro a maniche.

Il terreno, una volta raffreddato, viene stoccato nel capannone dei terreni decontaminati, sottoposto a campionamento ed analizzato, per verificare la rispondenza delle concentrazioni residue con i limiti stabiliti. Nel caso in cui fossero presenti concentrazioni di metalli, il terreno verrà avviato all'unità di inertizzazione.

I gas in uscita dalla camera primaria, come detto, subiscono un opportuno trattamento per ricondurre le emissioni entro i limiti previsti dalla normativa (non esistendo una normativa specifica per le emissioni da impianti di desorbimento termico si sono tenuti in considerazione i limiti, senz'altro più restrittivi, previsti per gli impianti di incenerimento, ovvero il D.Lgs. n. 133/05). In particolare, i gas vengono addotti ad un ciclone separatore (Primary Dust Collector) per la separazione, tramite forza centrifuga, delle polveri presenti in seno alla corrente gassosa (figura 3).

I gas vengono quindi convogliati in un **ossidatore termico** (STU), all'interno del quale, tramite un bruciatore singolo regolato per assicurare una temperatura sufficiente, i contaminanti saranno sottoposti a combustione spontanea (figura 4); le temperature, in questo caso, oscillano intorno ai 1.100 °C, per un tempo di almeno 3 secondi, secondo il tipo di agente inquinante.

Successivamente, il gas viene raffreddato in una camera detta *Evaporative Cooling Chamber*, la quale ha il compito di ridurre la temperatura del flusso gassoso fino a 200÷230 °C, per prevenire eventuali danni allo Scrubber ed al filtro a maniche, a valle. Il raffreddamento avviene per mezzo di spruzzi d'acqua, che vaporizzano al contatto col gas.

Infine, i gas emessi dall'unità termica verranno convogliati all'interno di uno scrubber del tipo a secco, per la rimozione di eventuali gas acidi (quali SO<sub>2</sub>, HCl e HF) qualora i terreni contengano zolfo ed all'interno di un filtro a maniche, per la rimozione finale delle particelle solide



**Figura 4**  
Esempio di ossidatore termico



**Figura 5**  
Esempio di filtro a maniche

ancora presenti in seno alla corrente gassosa (figura 5).

Il gas in ingresso al filtro, attraverso una pressione negativa esercitata dal sistema di ventilazione all'interno della parte superiore del baghouse, viene spinto all'interno dei filtri a maniche e viene convogliato nel camino di uscita, ripulito delle particelle fini contenute inizialmente, le quali si depositano all'esterno delle maniche e vengono periodicamente rimosse attraverso l'insufflazione forzata di aria in controcorrente, per mantenere alta l'efficienza di rimozione.

Il materiale che invece risulta contaminato da composti inorganici (per esempio metalli), attraverso la tramoggia di carico della unità di inertizzazione, viene avviato al trattamento, previa separazione a mezzo di un vibrovaglio dei corpi grossolani, quali sassi, pezzi di legno, pezzi in metallo, stracci e plastiche varie, che possono compromettere il buon funzionamento del reattore-miscelatore dei rifiuti. I rifiuti grossolani vengono raccolti in apposito container, mentre il materiale vagliato, attraverso un nastro trasportatore, viene prima deferrizzato e, successivamente, avviato al reattore-miscelatore per il trattamento vero e proprio. Sul nastro trasportatore di alimentazione, inoltre, vengono caricati anche i rifiuti in polvere conferiti sfusi e i rifiuti in polvere conferiti in grossi sacchi (big-bags); sono infatti previsti un silo di accumulo e dosaggio polveri conferite sfuse tramite autobotte e tagliasacconi e svuotafusti con coclea di dosaggio in grado di svuotare le polveri dai big-bags e dai fusti senza dare origine ad emissioni nell'ambiente di lavoro.

All'interno del reattore-miscelatore verranno avviati anche i reagenti ed il fluidificante necessari allo svolgimento del processo; in particolare, il processo base di inertizzazione avviene attraverso l'aggiunta di calce in polvere (idrossido di calcio), cemento Portland, silicato di sodio ed acqua (come fluidificante).

Il reattore-miscelatore, inoltre, potrà essere utilizzato anche per l'inertizzazione di rifiuti contenenti varie sostanze particolarmente difficili da trattare, quali ad esempio terreni e/o rifiuti contaminati da cromo (VI), polveri contenenti ammoniaca, rifiuti contenenti arsenico, metalli complessati o metalli difficili da rimuovere quali il mercurio. In questi casi, vista la complessità delle reazioni di solubilizzazione dei contaminanti, bisogna prevedere una precisa caratterizzazione preventiva dei materiali da trattare attraverso analisi di laboratorio, a seguito delle quali sarà possibile determinare in maniera esatta:

- la tipologia e le quantità di reagenti;
- i dosaggi di fluidificante;
- le sequenze di dosaggio;
- i tempi di reazione tra una sequenza e la successiva.

In linea teorica, comunque, per il trattamento di questi materiali si procederà con le seguenti "ricette" generali:

- per i *materiali contenenti Cr<sup>VI</sup>* si procederà all'aggiunta del fluidificante, di solfato ferroso in scaglie (per la riduzione da Cr<sup>VI</sup> a Cr<sup>III</sup>), di idrossido di calcio e cemento;
- per i *rifiuti contenenti As* si dovrà procedere con l'aggiunta del fluidificante e di cloruro ferrico e, successivamente, di calce; dopo adeguato tempo di miscelazione si aggiunge anche il cemento;
- per i *rifiuti contenenti metalli complessati* (ovvero ioni circondati da una sostanza solvatante che ne impedisce la precipitazione, come ad esempio il rame spesso solvatato da ammoniaca) si procederà, dopo l'immissione del fluidificante, al dosaggio di solfuro di sodio, per la precipitazione dei metalli e, infine, all'aggiunta della calce e del cemento;

## 5. PRESIDI AMBIENTALI ADOTTATI

### 5.1 RETI IDRICHE DI RACCOLTA E SMALTIMENTO

- per i *materiali contenenti ammoniaca* si procederà alla classica "ricetta" di inertizzazione attraverso l'aggiunta del fluidificante, della calce e, infine, del cemento; durante tale processo, però, l'ammoniaca presente si libera sotto forma gassosa e deve quindi essere trattata in una colonna di abbattimento ad umido tramite il dosaggio di una soluzione di acido cloridrico e, successivamente, di idrossido di sodio per riportare il pH a valori di neutralità. E' stato previsto, infine, anche il dosaggio di ipoclorito di sodio per l'abbattimento di eventuali COV presenti;
- per i *rifiuti contenenti mercurio* (il quale precipita sotto forma di solfuro e non di idrossido) è stato previsto, dopo l'aggiunta del fluidificante, l'utilizzo di solfuro di sodio e, successivamente, il dosaggio della calce per la precipitazione degli ioni solfuri in eccesso stechiometrico per la buona riuscita della precipitazione del mercurio.

L'acqua necessaria al processo verrà immagazzinata in quattro serbatoi da 30 m<sup>3</sup> ciascuno posti all'esterno del capannone; il cemento, l'ossido di calcio e le polveri verranno stoccate in silos, anch'essi esterni al capannone, con caricamento automatico al reattore-miscelatore attraverso coclee. Gli altri reagenti (idrossido di sodio, acido solforico, cloruro ferrico e ipoclorito di sodio) saranno invece stoccati in serbatoi all'interno del capannone, accanto alle aree di stoccaggio dei materiali in ingresso.

I rifiuti inertizzati nelle baie di maturazione, verranno movimentati, attraverso un sistema di caricamento interno (pala meccanica, carro ponte, etc.), nei cassoni degli automezzi. L'intera area del capannone verrà infine dotata di un sistema di aspirazione e trattamento dell'aria.

L'impianto industriale proposto viene dotato di opportuni presidi ambientali, allo scopo di ridurre e, laddove possibile, eliminare del tutto i rischi di inquinamento delle matrici ambientali locali; suolo, sottosuolo ed aria, infatti, risultano potenzialmente colpite dalla realizzazione e dall'esercizio dell'impianto. Dunque, proprio per evitare che l'impianto, anziché rappresentare un beneficio per la collettività ed un mezzo di rimozione di contaminazioni dai terreni, diventi esso stesso fonte di ulteriore inquinamento, vengono adottati i seguenti accorgimenti:

1. reti di raccolta e smaltimento separate per:
  - acque meteoriche di prima pioggia sui piazzali pavimentati;
  - acque meteoriche sulle coperture;
  - acque industriali;
  - acque nere civili;
2. serbatoi di stoccaggio delle acque industriali muniti di rispettive vasche di contenimento, opportunamente dimensionate;
3. sistemi di trattamento dei gas in uscita dall'unità di desorbimento termico;
4. sistemi di abbattimento delle polveri nell'unità di inertizzazione;
5. sistema di monitoraggio meteorologico e delle acque di falda;
6. laboratorio di analisi.

La corretta gestione degli scarichi idrici, sia di natura civile che di natura industriale, rappresenta senza dubbio, insieme alla corretta gestione delle emissioni in atmosfera, uno dei punti cardini per garantire alti livelli ambientali, sia nella matrice suolo che nella matrice acqua (falda superficiale e sotterranea). La gestione separata, inoltre, delle diverse tipologie di scarichi, rappresenta un sistema ottimale per mettere in pratica tali garanzie.

L'impianto proposto sarà dunque dotato di linee separate per la raccolta e gestione di:

- acque meteoriche di prima pioggia sui piazzali pavimentati;
- acque meteoriche sulle coperture;
- acque industriali;
- acque nere civili;

Le *acque meteoriche* che cadono *sui piazzali* o sulle sedi viarie interne all'area di impianto devono essere, secondo la normativa in vigore, raccolte e trattate prima di essere rilasciate in un corpo recettore superficiale; soprattutto dopo lunghi periodi di siccità, infatti, le acque meteoriche, nei primi minuti di pioggia, presentano in genere un alto contenuto di solidi sospesi (polvere, sporcizia varia accumulata nel tempo, sostanze oleose, ecc.). Si fa in modo, dunque, che un volume corrispondente ai primi 5 mm di pioggia, uniformemente distribuiti su tutta la superficie considerata, venga immagazzinato all'interno di una vasca, denominata di prima pioggia, all'interno della quale, dopo un adeguato tempo di detenzione calcolato in base alle caratteristiche fisiche della vasca stessa, avvengono la deposizione delle sostanze solide sospese e la separazione delle sostanze oleose eventualmente presenti. Dopo tale periodo, l'acqua immagazzinata può essere rilasciata nel corpo idrico superficiale più vicino, ripristinando così la capacità della vasca di prima pioggia per il successivo evento meteorico.

## 5.2 SISTEMI DI CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI

Le *acque meteoriche* ricadenti *sulle coperture* delle strutture, invece, possono essere smaltite direttamente, senza alcun pretrattamento, sul corpo idrico superficiale più vicino; il sistema di raccolta, quindi, costituito da canali di gronda e pluviali, confluisce direttamente all'esterno dell'area di impianto, in modo da intercettare le incisioni naturali presenti.

Le *acque industriali*, al contrario, costituite dalle acque di processo, dalle acque di pulizia/dilavamento delle aree lavorative ed anche dalle acque meteoriche ricadenti sull'area all'interno della quale è posizionata l'unità di desorbimento, devono essere raccolte e stoccate in appositi serbatoi ed essere trattate oppure avviate a smaltimento presso impianti autorizzati.

Le acque industriali, intercettate attraverso griglie e/o pozzetti di raccolta muniti di caditoie, vengono raccolte inizialmente in apposite vasche interrato in c.a. e, successivamente, rilanciate all'interno dei serbatoi di stoccaggio, fuori terra, in acciaio, dotati di vasche di contenimento in caso di rottura, dimensionate secondo le disposizioni normative vigenti. Periodicamente, infine, i serbatoi di stoccaggio verranno svuotati e le acque raccolte avviate ad opportuni trattamenti presso impianti autorizzati.

A maggiore garanzia ambientale, inoltre, tutte le pavimentazioni sulle quali si avranno stoccaggi e trattamento dei terreni/rifiuti, le vasche di raccolta delle acque industriali e quelle di contenimento dei serbatoi di stoccaggio saranno impermeabilizzate con teli in HDPE in modo da evitare pericolose infiltrazioni nel sottosuolo.

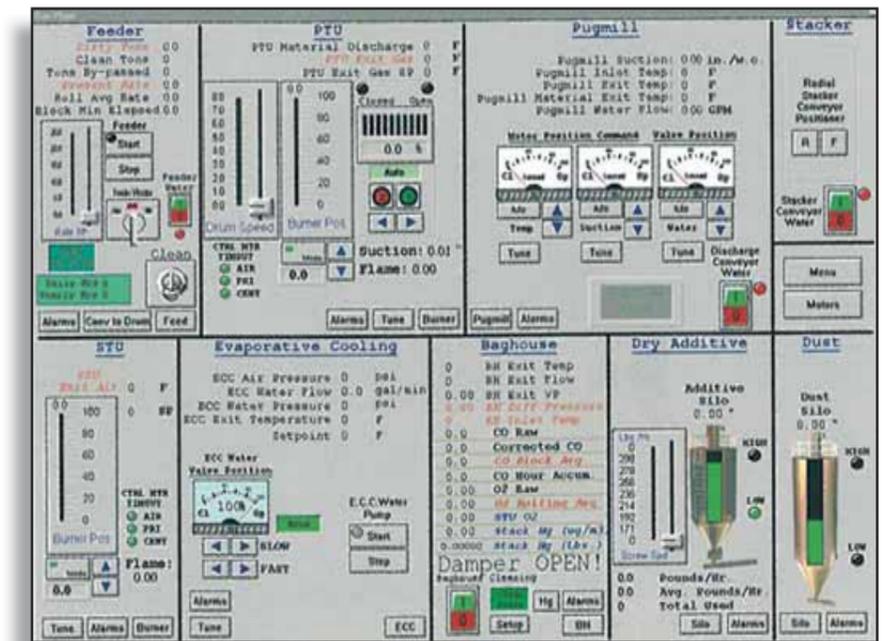
Le *acque nere civili*, infine, vista la ridotta quantità prodotta (in impianto sono previsti 19 lavoratori in totale), saranno raccolte e trattate in loco tramite tre vasche di tipo Imhoff, opportunamente dimensionate per consentire un tempo di detenzione, per le portate di punta, di 4÷6 ore; le acque chiarificate verranno poi smaltite all'interno dell'area di impianto tramite subirrigazione.

Altro aspetto fondamentale nella corretta gestione di un impianto di desorbimento termico è l'adeguato contenimento delle emissioni in atmosfera, sia in riferimento al rispetto dei limiti fissati per legge per la protezione della salute pubblica, sia per quanto riguarda la protezione degli ecosistemi. L'impianto, come già visto, è corredato dei migliori sistemi di contenimento tecnologicamente disponibili: i gas in uscita dalla camera primaria di desorbimento, infatti, vengono trattati con ciclone (per la separazione del materiale particolato), ossidatore termico (per ossidare tutte le sostanze contaminanti desorbite dal terreno trattato), camera di raffreddamento (per riportare la temperatura del flusso gassoso a circa 200 °C), scrubber a secco (per l'abbattimento di eventuali gas acidi formati durante la combustione) e filtro a maniche (per la rimozione finale delle polveri più fini ancora presenti).

L'intero processo sarà gestito attraverso un sistema automatico in remoto (figura 6), in modo da monitorare, oltre che tutti i parametri operativi vitali per il processo di trattamento, anche delle relative emissioni, rilevate in continuo dalle centraline installate.

Il sistema di controllo computerizzato, quindi, supervisionato dagli operatori addetti, consente di correggere, anche in base ai valori di emissione rilevati, la quantità di materiale in ingresso e la temperatura in ogni singola sezione dell'impianto, il tempo di detenzione del materiale all'interno della PTU, i cicli di pulizia del baghouse, ecc.

L'intero sistema consente, in definitiva, la corretta gestione e il continuo monitoraggio dell'intero processo, dalla fase di caricamento del materiale in ingresso, alla emissione al camino, in uscita dal filtro a maniche; il sistema di contenimento proposto, infine, riesce a garantire una ottima efficienza di processo, prossima al 99,9 % ed in pieno accordo con i limiti fissati dalla normativa vigente per gli impianti di incenerimento.



**Figura 6**

Esempio di schermata del sistema utilizzato per il controllo in remoto dell'impianto

## 6. CONSIDERAZIONI ECONOMICHE

	Anno 0	Anno 1	Anno 2	Anno 3	Anno 4	Anno 5	Anno 6	Anno 7	Anno 8	Anno 9	Anno 10
Percentuale di utilizzo dell'impianto		30%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ricavi Netti		0	3.825.000	7.650.000	10.400.000	13.260.000	13.525.200	13.795.704	14.071.618	14.353.050	14.640.111
<b>MOL (EBITDA)</b>		<b>-91.000</b>	<b>365.190</b>	<b>2.478.376</b>	<b>4.086.699</b>	<b>5.805.008</b>	<b>6.068.803</b>	<b>6.337.888</b>	<b>6.612.369</b>	<b>6.892.354</b>	<b>7.177.953</b>
<b>Utile dell'esercizio</b>		<b>-1.208.387</b>	<b>-775.887</b>	<b>768.549</b>	<b>1.908.080</b>	<b>3.127.512</b>	<b>3.376.431</b>	<b>3.627.329</b>	<b>4.010.488</b>	<b>4.282.440</b>	<b>4.561.486</b>
Apporto di capitale proprio	-2.777.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utile netto disponibile per i dividendi		0	0	0	1.908.080	3.127.512	3.376.431	3.627.329	4.010.488	4.282.440	4.561.486
Tasse (27,50%)		0	0	0	-26.236	-43.003	-46.426	-49.876	-55.144	-58.884	-62.720
Dividendi netti per l'azionista		0	0	0	1.881.844	3.084.508	3.330.005	3.577.453	3.955.343	4.223.556	4.498.765
Dividendi attualizzati per l'azionista		0	0	0	1.285.325	1.915.237	1.879.701	1.835.799	1.845.197	1.791.200	1.734.469
<b>VAN per l'azionista</b>	<b>-2.777.000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1.285.325</b>	<b>1.915.237</b>	<b>1.879.701</b>	<b>1.835.799</b>	<b>1.845.197</b>	<b>1.791.200</b>	<b>1.734.469</b>
<b>Valore Attuale Netto VANk dell'Azionista</b>	<b>-2.777.000</b>	<b>-2.777.000</b>	<b>-2.777.000</b>	<b>-2.777.000</b>	<b>-1.491.675</b>	<b>423.562</b>	<b>2.303.263</b>	<b>4.139.062</b>	<b>5.984.259</b>	<b>7.775.459</b>	<b>9.509.927</b>
<b>Valore Attuale Netto VANk di Progetto</b>	<b>-15.000.000</b>	<b>-13.288.443</b>	<b>-12.455.673</b>	<b>-10.094.580</b>	<b>-6.912.642</b>	<b>-2.609.538</b>	<b>1.381.184</b>	<b>6.048.478</b>	<b>10.941.433</b>	<b>15.946.136</b>	<b>21.239.841</b>

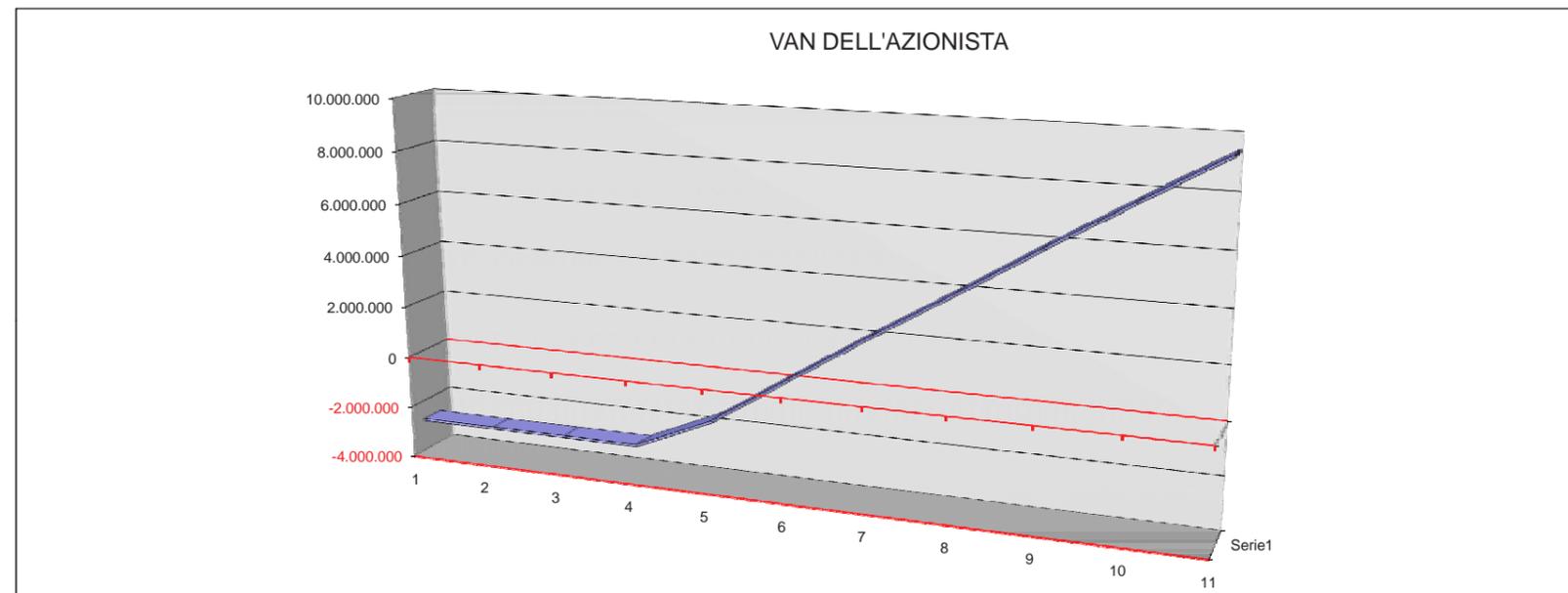
<b>TASSO DI ATTUALIZZAZIONE</b>	<b>5,93%</b>
---------------------------------	--------------

### Struttura del capitale

Debito	12.223.000	81,5%
Equity	2.777.000	18,5%
<b>Totale</b>	<b>15.000.000</b>	<b>100,0%</b>

### Costo del capitale

5,00% <i>Cost of debt</i>
10,0% <i>Cost of equity</i>
<b>5,93% WACC</b>

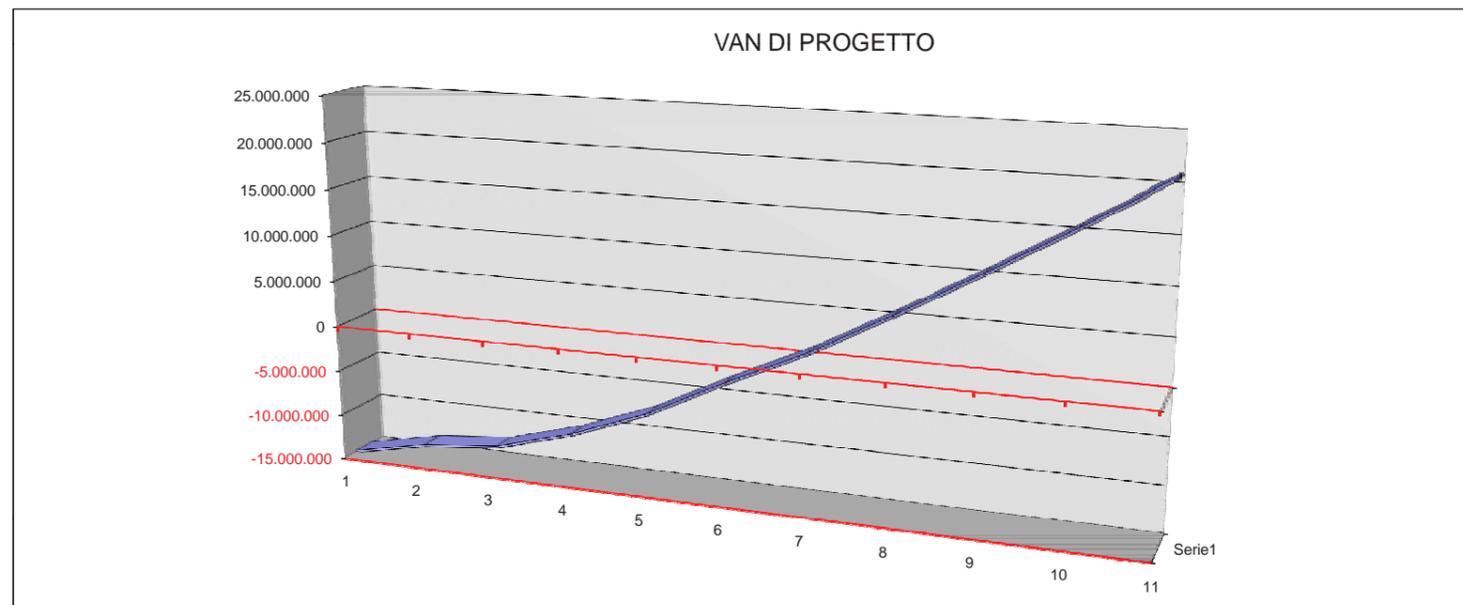


FATTORE DI ATTUALIZZAZIONE

$$Fa = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

$i$  = TASSO DI ATTUALIZZAZIONE

$n$  = ANNO DI RIFERIMENTO



VAN DI PROGETTO	€ 4.436.736
-----------------	-------------

VAN AZIONISTA	€ 9.509.927
---------------	-------------

DSCR MIN	1,89
----------	------

LLCR	2,70
------	------

TIR DI PROGETTO	15,6%
-----------------	-------

TIR AZIONISTA	24,94%
---------------	--------

DSCR MEDIO	2,69
------------	------

**Valore Attuale Netto di progetto:** Indicatore finanziario che rappresenta, in termini monetari, il valore creato o disperso all'istante della valutazione

**Tasso di Rendimento Interno del progetto:** Redditività dell'investimento sulla base di una serie di esborsi iniziali e di successivi flussi positivi

**Valore Attuale Netto dell'azionista:** Indicatore finanziario che rappresenta, in termini monetari, il valore creato o disperso all'istante della valutazione

**Tasso di Rendimento Interno dell'azionista:** Redditività che gli azionisti riusciranno ad ottenere dal capitale proprio investito nel progetto

**DSCR (Debt Service Cover Ratio)** è il rapporto tra il flusso di cassa del progetto (al netto delle imposte) in un dato anno e il servizio del debito dell'anno (quota capitale e quota interesse). Non deve essere mai inferiore all'unità.

**LLCR (Loan Life Cover Ratio)** è il rapporto tra il valore attuale netto dei flussi di cassa che si generano ne periodi di vita del finanziamento e il valore attuale del debito.

## 7. CONCLUSIONI

L'iniziativa in progetto presenta indubbi vantaggi sia perché rappresenta un complesso industriale altamente tecnologico, fortemente specializzato nel trattamento di terreni contaminati da sostanze a volte anche pericolose, sia perché dotato di tutti quegli accorgimenti necessari per ridurre al minimo il grado di impatto dello stesso sull'ambiente naturale.

L'impianto si configura dunque come strumento necessario allo smaltimento di terreni inquinati, consentendo il recupero di aree degradate anche molto estese (la capacità massima di trattamento è infatti di 40 t/h), non rappresentando esso stesso una fonte di nuovo inquinamento. Dagli studi effettuati per la valutazione degli impatti ambientali, infatti, si evince che questi risultano molto contenuti e, attraverso una corretta gestione, possono anche considerarsi trascurabili, laddove l'area di insediamento sia caratterizzata da pregio ambientale medio o basso (l'impianto si configura benissimo, ad esempio, all'interno di aree industriali, di aree altamente degradate ed antropizzate, o in aree agricole abbandonate).

Punti di forza dell'iniziativa, in definitiva, possono identificarsi in:

- possibilità di utilizzare temperature più basse rispetto agli impianti di incenerimento, limitando così la formazione di diossine e furani (tipici composti derivanti dai processi di combustione ad alta temperatura);
- conservazione di proprietà organiche, fisiche e chimiche tali da poter riutilizzare il terreno trattato in campo agronomico senza ulteriori trattamenti;
- riduzione, rispetto ad altri impianti a combustione, delle dimensioni del sistema di trattamento delle emissioni;
- costi di impianto inferiori rispetto ad altre tecnologie analoghe per la decontaminazione di terreni contaminati da sostanze organiche (idrocarburi, PCB, ecc.)

La realizzazione di una sezione di inertizzazione, infine, consente all'impianto di poter trattare anche quei materiali contaminati da sostanze non eliminabili tramite desorbimento termico (ad esempio metalli pesanti o altre sostanze di natura inorganica), intrappolandole in una matrice solida, stabile, impermeabile e facilmente trasportabile e smaltibile, con conseguente riduzione dei costi, qualora invece tali materiali dovessero essere avviati ad impianti esterni per il loro trattamento e smaltimento finale.

## 8. TAVOLE GRAFICHE



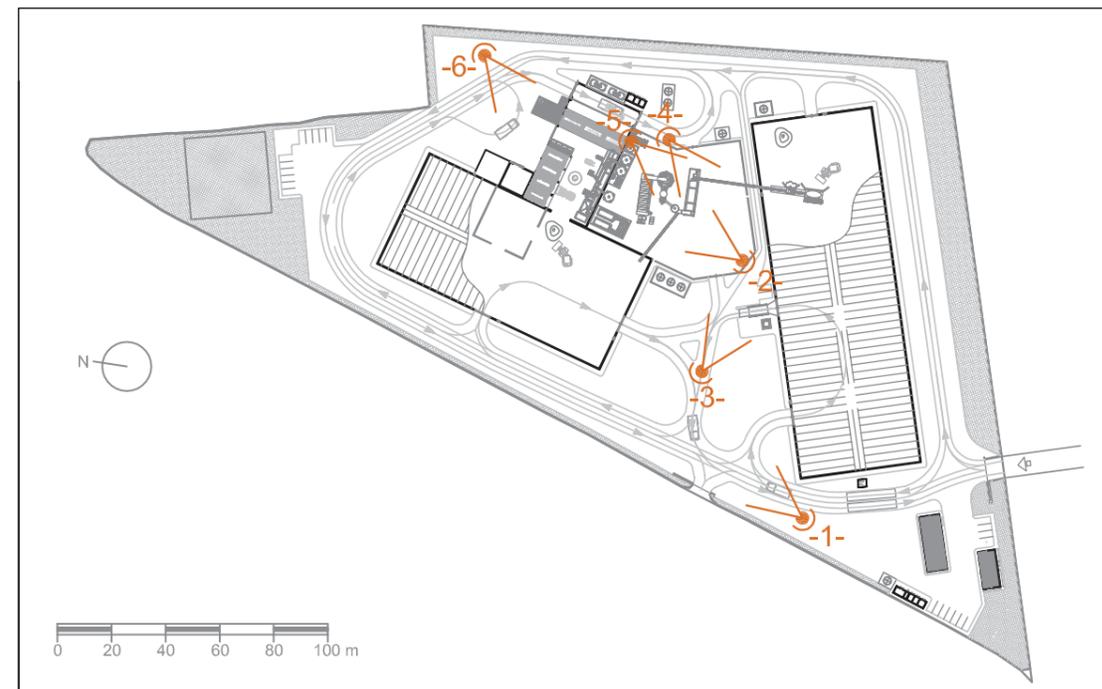
-1- Ingresso terreni contaminati e uscita terreni bonificati



-2- Impianto di desorbimento termico nel suo complesso



-3- Uscita area stoccaggio terreni contaminati



-4- Particolare Primary Treatment Unit

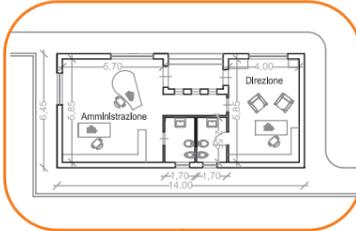


-5- Particolare sistema di trattamento OFF Gas

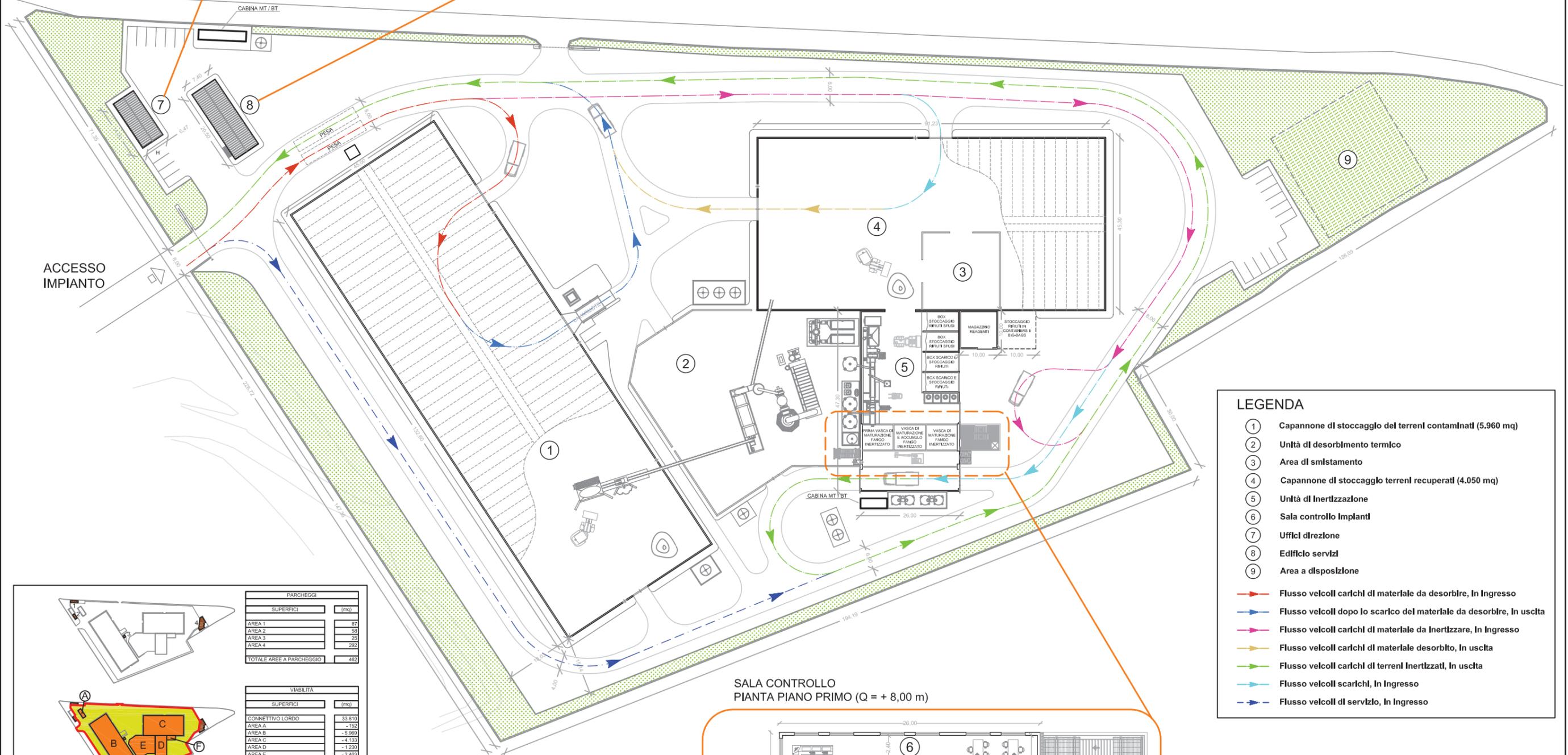
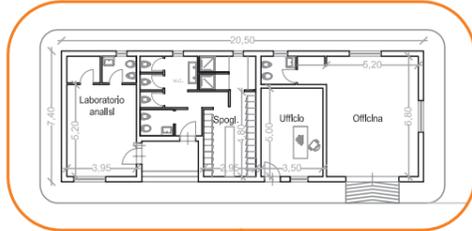


-6- Area stoccaggio terreni da inertizzare

UFFICI DIREZIONE  
PIANTA PIANO TERRA



EDIFICIO SERVIZI  
PIANTA PIANO TERRA



**LEGENDA**

- ① Capannone di stoccaggio dei terreni contaminati (5.960 mq)
- ② Unità di desorbimento termico
- ③ Area di smistamento
- ④ Capannone di stoccaggio terreni recuperati (4.050 mq)
- ⑤ Unità di Inertizzazione
- ⑥ Sala controllo impianti
- ⑦ Uffici direzione
- ⑧ Edificio servizi
- ⑨ Area a disposizione

- Flusso veicoli carichi di materiale da desorbire, In Ingresso
- Flusso veicoli dopo lo scarico del materiale da desorbire, In uscita
- Flusso veicoli carichi di materiale da inertizzare, In Ingresso
- Flusso veicoli carichi di materiale desorbito, In uscita
- Flusso veicoli carichi di terreni inertizzati, In uscita
- Flusso veicoli scarichi, In Ingresso
- Flusso veicoli di servizio, In Ingresso

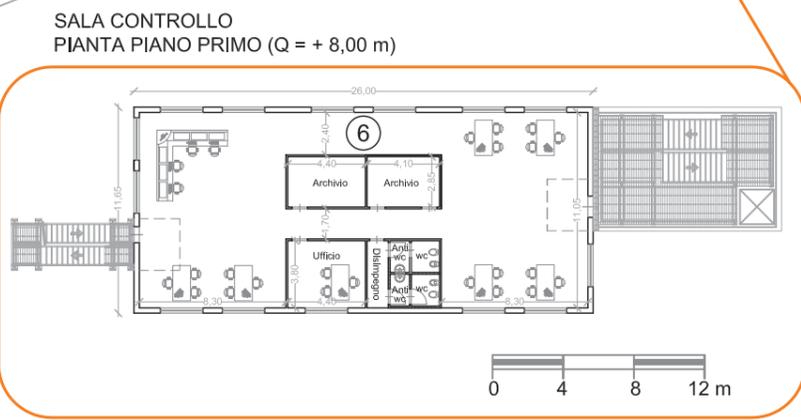
PARCHIEGGI	
SUPERFICI	(mq)
AREA 1	87
AREA 2	58
AREA 3	25
AREA 4	292
<b>TOTALE AREE A PARCHIEGGIO</b>	<b>462</b>

VIABILITÀ	
SUPERFICI	(mq)
CONNETTIVO LORDO	33.810
AREA A	- 152
AREA B	- 5.960
AREA C	- 4.133
AREA D	+ 1.230
AREA E	- 2.403
AREA F	- 200
<b>TOTALE AREE VIABILITÀ</b>	<b>19.723</b>

AREA A VERDE	
SUPERFICI	(mq)
AREA G	170
AREA H	3.147
AREA I	2.384
AREA L	744
<b>TOTALE AREA A VERDE</b>	<b>6.445</b>



PROGETTO DEFINITIVO

**PLANIMETRIA DI PROGETTO**





p - Baghouse - Particolare camino (par.4.3.1.3 - RT01)



a - Esempio di impianto di desorbimento termico (par.4.3.1 - RT01)



b - Particolare tramoggia di carico (par.4.3.1 - RT01)



c - Caricamento del terreno - Particolare Tramoggia di carico e griglia a barre (par.4.3.1.1 - RT01)



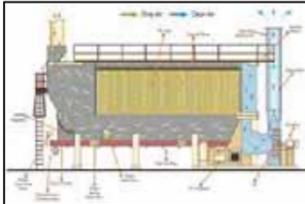
d - Caricamento del terreno - Particolare nastri trasportatori (par.4.3.1.1 - RT01)



e - Unità di desorbimento primaria - PTU (par.4.3.1.2 - RT01)

### LEGENDA

- ① Capannone di stoccaggio dei terreni contaminati (5.960 mq)
- ② Unità di desorbimento termico
- ③ Area di smistamento
- ④ Capannone di stoccaggio terreni recuperati (4.050 mq)
- ⑤ Unità di inertizzazione
- ⑥ Sala controllo impianti
- ⑦ Uffici direzione
- ⑧ Edificio servizi
- ⑨ Area a disposizione



o - Baghouse - Schema di funzionamento (par.4.3.1.3 - RT01)



n - Filtro a maniche - Baghouse (par.4.3.1.3 - RT01)



m - Scrubber a secco - Dry Scrubber (par.4.3.1.3 - RT01)



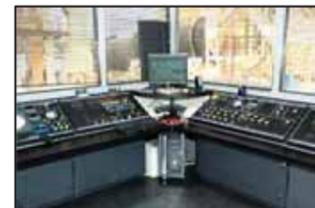
i - Unità termica secondaria - PTU (par.4.3.1.3 - RT01)



i - Ciclone separatore - Primary dust collector (par.4.3.1.3 - RT01)



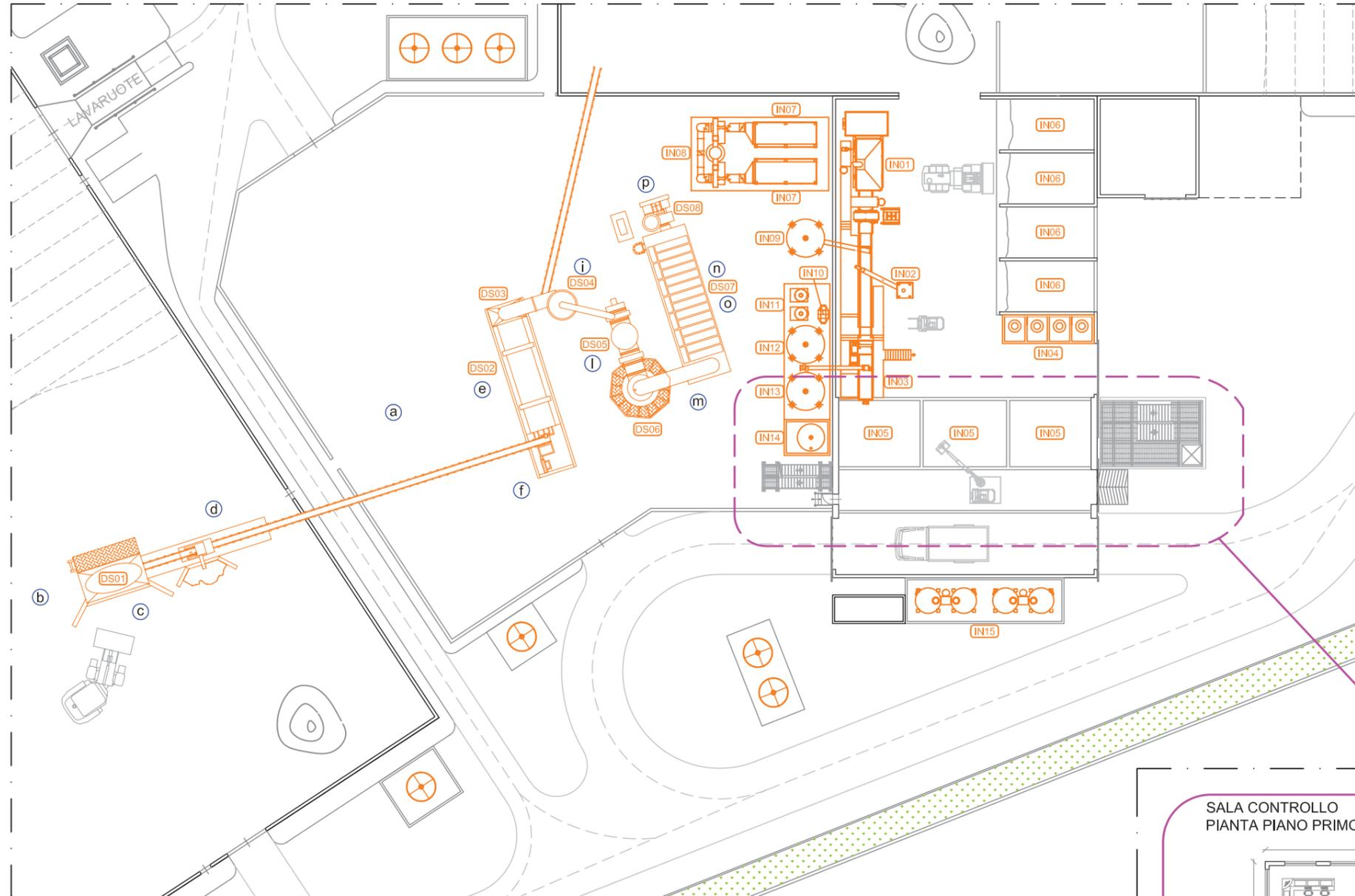
h - Esempio di schemata del PLC utilizzato per il controllo in remoto dell'unità di desorbimento termico (par.4.3.1.4 - RT01)



g - Esempio di cabina di controllo (par.4.3.1.4 - RT01)



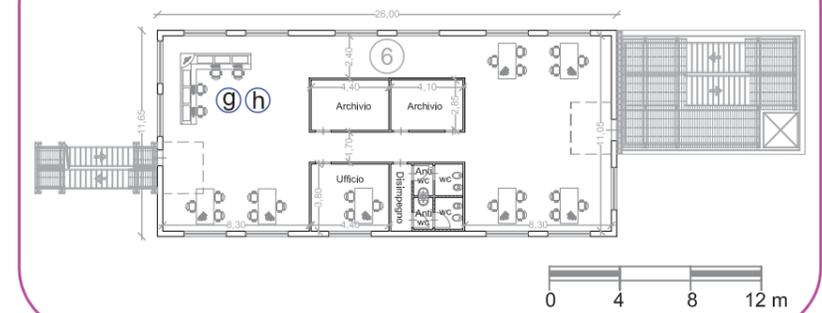
f - Particolare unità di desorbimento primaria (par.4.3.1.2 - RT01)



### ELENCO MACCHINARI IMPIANTI

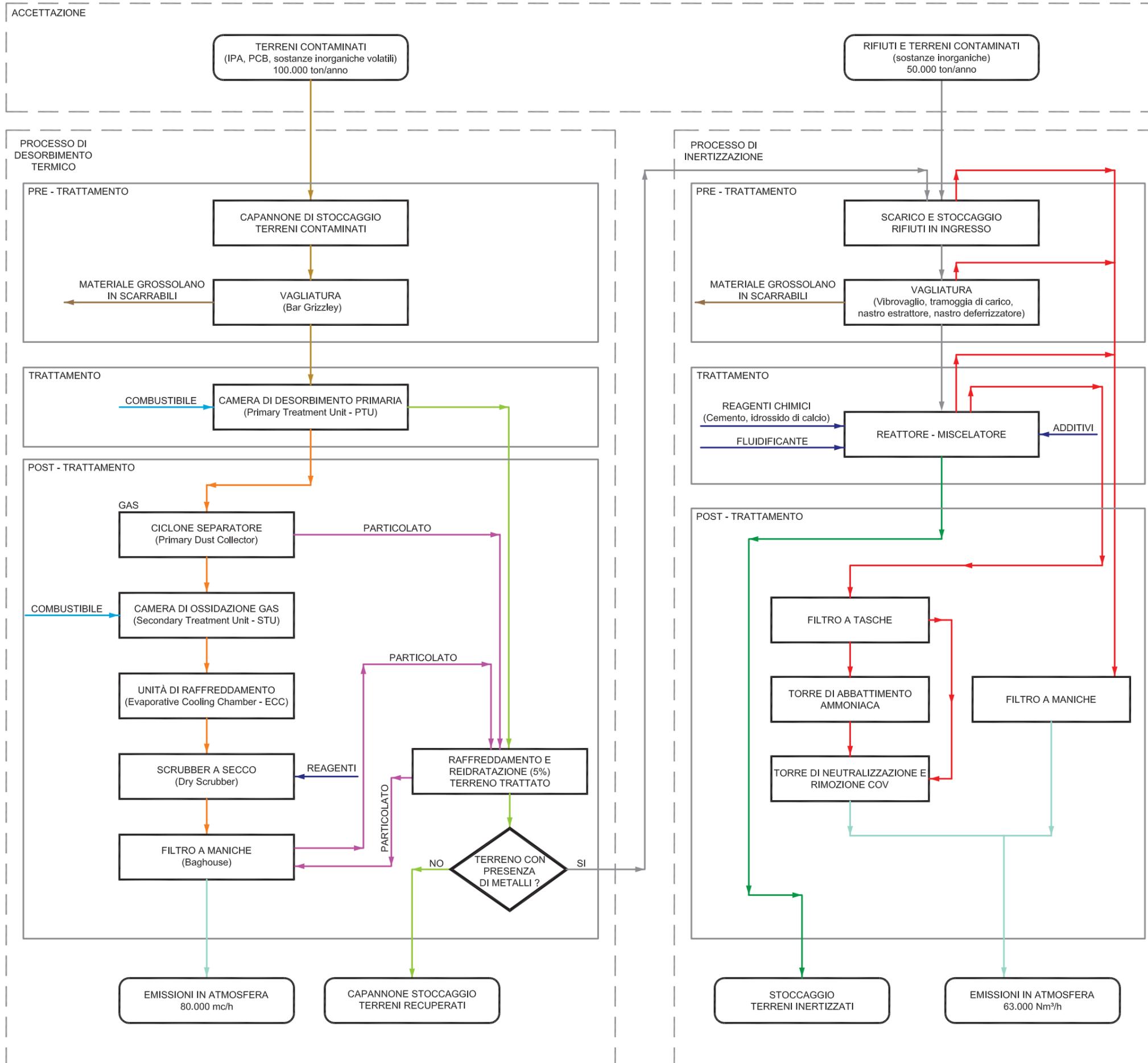
IMPIANTO DI DESORBIMENTO	
SIGLA	DENOMINAZIONE
DS01	Tramoggia di carico
DS02	Unità di desorbimento primaria - PTU
DS03	Unità di raffreddamento dei materiali solidi (Soil cooling unit)
DS04	Ciclone separatore (Primary dust collector)
DS05	Ossidatore termico dei gas - STU
DS06	Unità di raffreddamento dei gas (Evaporative cooling chamber)
DS07	Filtro a maniche (Baghouse)
DS08	Camino
IMPIANTO DI INERTIZZAZIONE	
SIGLA	DENOMINAZIONE
IN01	Vibrovaglio
IN02	Tagliasacconi
IN03	Reattore - mescolatore
IN04	Serbatoi reagenti (diossido di sodio - acido solforico - cloruro ferrico - ipoclorito)
IN05	Vasche di maturazione fanghi inertizzati
IN06	Box stoccaggio rifiuti
IN07	Filtri a maniche
IN08	Camino
IN09	Silo di stoccaggio polveri
IN10	Filtro a tasche
IN11	Torri di abbattimento ad umido
IN12	Silo di stoccaggio ossido di calcio
IN13	Silo di stoccaggio cemento
IN14	Serbatoio silicato di sodio
IN15	Serbatoi stoccaggio acqua

### SALA CONTROLLO PIANTA PIANO PRIMO (Q = + 8,00 m)



PROGETTO DEFINITIVO

LAY - OUT IMPIANTISTICO

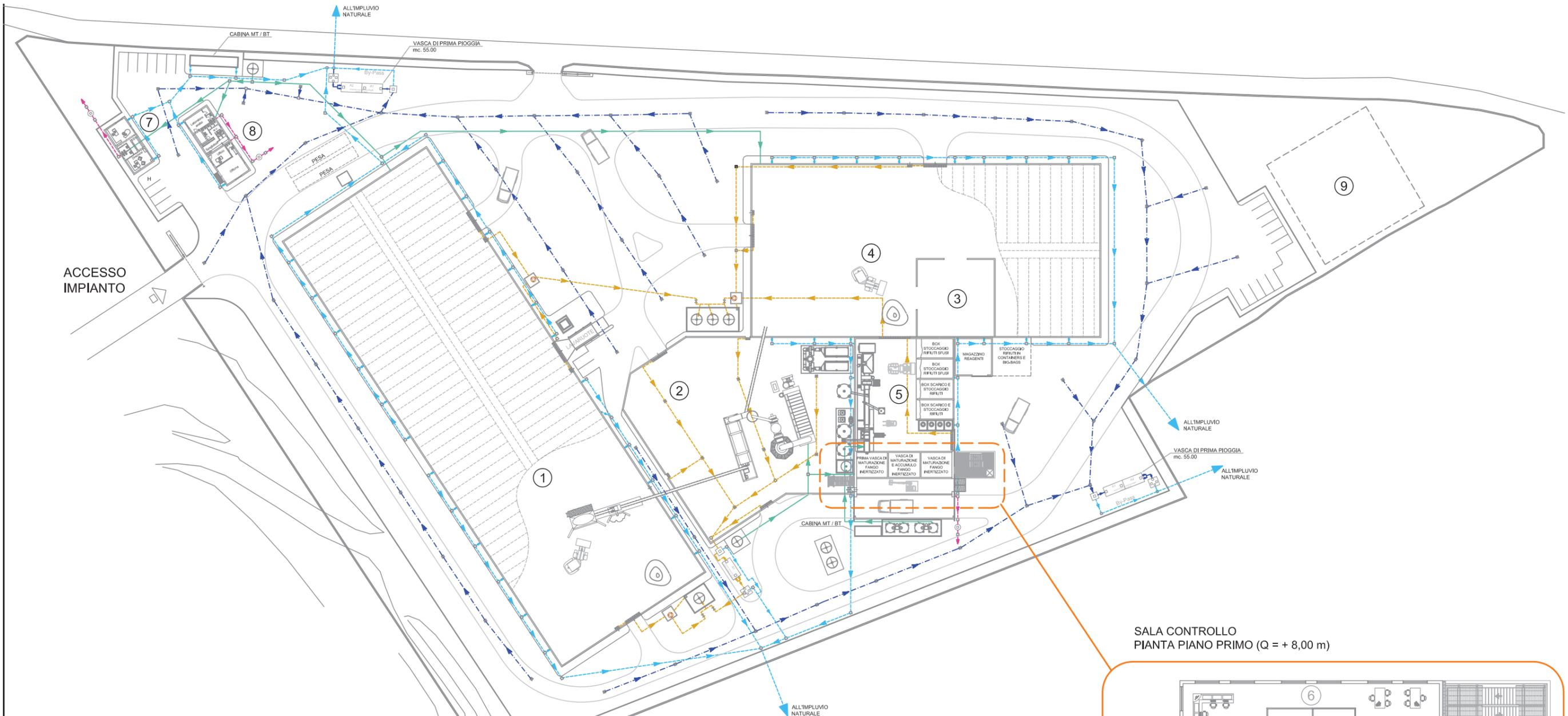


**LEGENDA**

- MATERIALI DA DESORBIRE
- MATERIALI DA INERTIZZARE
- TERRENO DECONTAMINATO
- MATERIALE INERTIZZATO
- MATERIALI GROSSOLANI VAGLIATI
- PARTICOLATO
- COMBUSTIBILE
- REAGENTI CHIMICI / ADDITIVI
- FLUSSO DI GAS E POLVERI
- ARIA E POLVERI
- FLUSSO DI GAS / ARIA IN USCITA

PROGETTO DEFINITIVO

**SCHEMA A BLOCCHI DI PROCESSO**

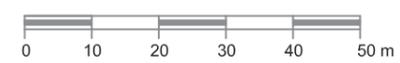


**LEGENDA**

- ① Capannone di stoccaggio dei terreni contaminati (5.960 mq)
- ② Unità di desorbimento termico
- ③ Area di smistamento
- ④ Capannone di stoccaggio terreni recuperati (4.050 mq)
- ⑤ Unità di inertizzazione
- ⑥ Sala controllo impianti
- ⑦ Uffici direzione
- ⑧ Edificio servizi
- ⑨ Area a disposizione
- Caditoie in ghisa carrabili
- Pozzetti di sconnessione e/o confluenza
- ▨ Canalette grigliate di raccolta acque industriali
- Vasca biologica tipo Imhoff

- ⊕ Serbatoi in acciaio inox fuori terra da mc. 50
- ⊗ Valvola di non ritorno
- Tubazione ascendente / discendente
- ⊙ Pompa di rilancio acque industriali
- Rete di approvvigionamento idrico (PEAD)
- Rete di smaltimento acque meteoriche provenienti dalle coperture (PEAD)
- Rete di smaltimento acque meteoriche provenienti da strade e piazzali (PEAD)
- Rete di smaltimento acque industriali provenienti dai capannoni e dalle aree impianti (PEAD)
- Rete di smaltimento acque reflue civili (PEAD)

SALA CONTROLLO  
PIANTA PIANO PRIMO (Q = + 8,00 m)



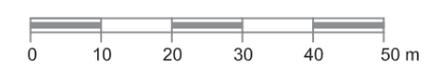
PROGETTO DEFINITIVO

**PLANIMETRIA RETI IDRICHE**



**LEGENDA**

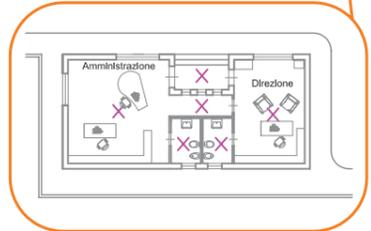
- ① Capannone di stoccaggio dei terreni contaminati (5.960 mq)
  - ② Unità di desorbimento termico
  - ③ Area di smistamento
  - ④ Capannone di stoccaggio terreni recuperati (4.050 mq)
  - ⑤ Unità di inertizzazione
  - ⑥ Sala controllo impianti
  - ⑦ Uffici direzione
  - ⑧ Edificio servizi
  - ⑨ Area a disposizione
- ✕ Lampada tipo 1803 SAPT T400 - esterna al capannone
  - Lampada tipo 1216 photon diffondente con diffusore lampada JM-E 400W - interna al capannone
  - ⊗ Corpo illuminante 1216 Photon diffondente con diffusore Lampada JM-E 250W
  - ⊗ Lampada tipo 1651 SAP T100 - esterna
  - ⊕ Torre faro - n. 4 lampade tipo 1803 SAPT T400
  - ✕ Punto luce a soffitto
  - ✕ Punto luce a parete
  - ⊗ Pompe rilancio acque industriali



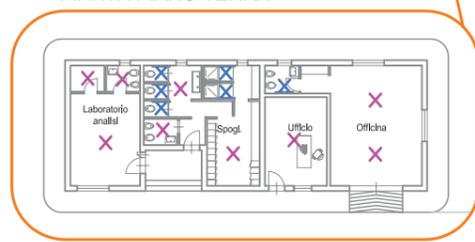
PROGETTO DEFINITIVO

**PLANIMETRIA IMPIANTO ELETTRICO**

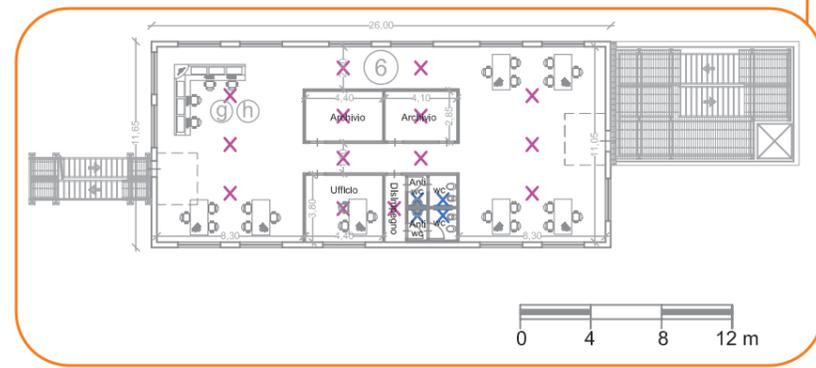
UFFICI DIREZIONE  
PIANTA PIANO TERRA

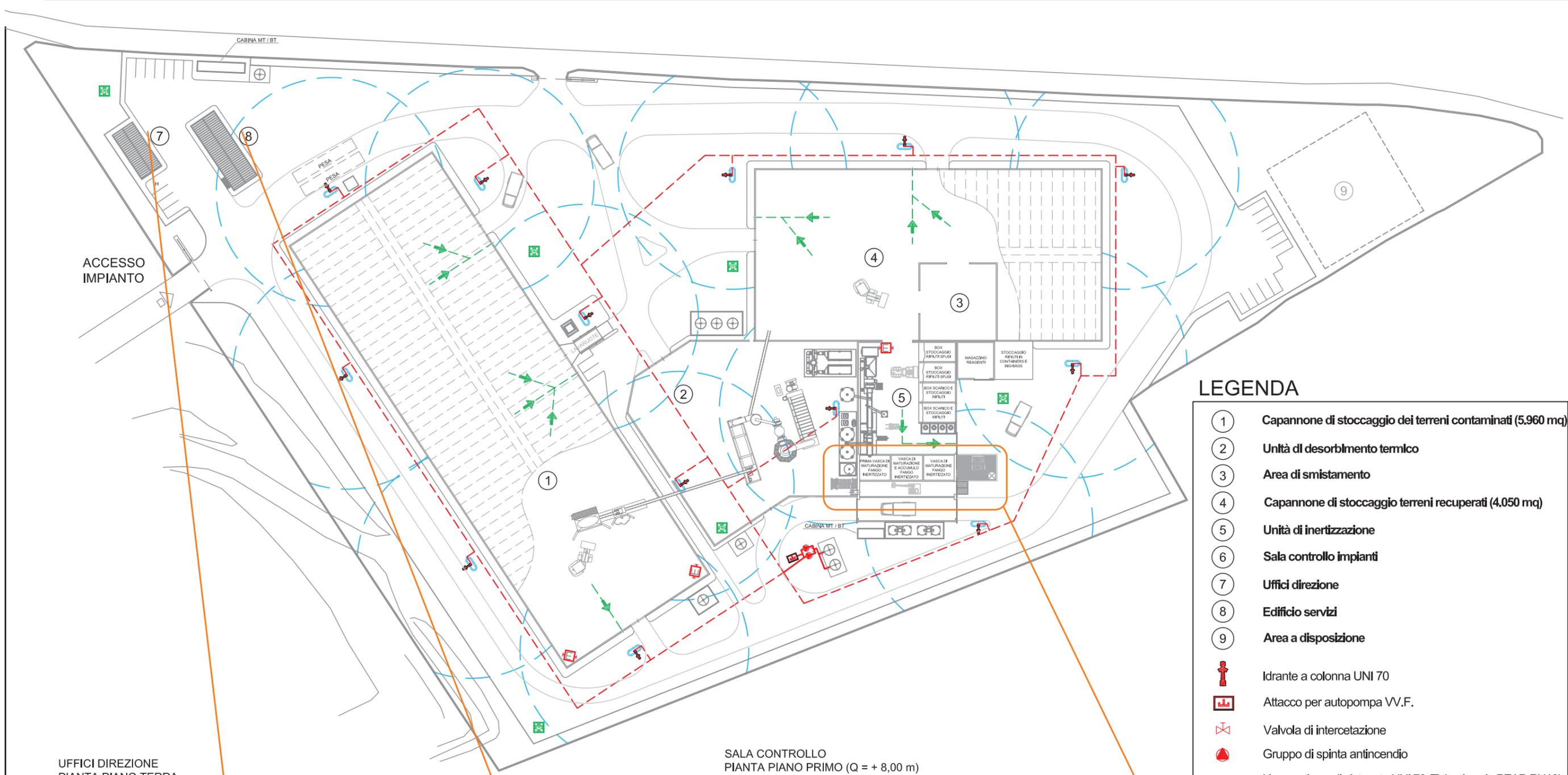


EDIFICIO SERVIZI  
PIANTA PIANO TERRA



SALA CONTROLLO  
PIANTA PIANO PRIMO (Q = + 8,00 m)

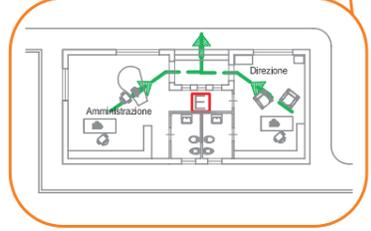




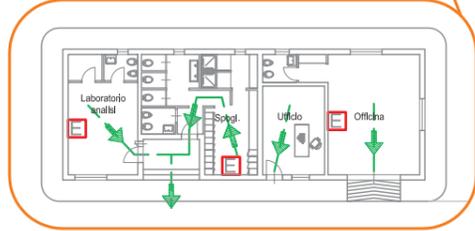
### LEGENDA

①	Capannone di stoccaggio dei terreni contaminati (5.960 mq)
②	Unità di desorbimento termico
③	Area di smistamento
④	Capannone di stoccaggio terreni recuperati (4.050 mq)
⑤	Unità di inertizzazione
⑥	Sala controllo impianti
⑦	Uffici direzione
⑧	Edificio servizi
⑨	Area a disposizione
	Idrante a colonna UNI 70
	Attacco per autopompa VV.F.
	Valvola di intercettazione
	Gruppo di spinta antincendio
	Linea antincendio interrata UNI 70 (Tubazione in PEAD PN16)
	Area di influenza degli idranti UNI 70
	Estintore 6 Kg.
	Estintore carrellato 50 Kg.
	Via di fuga
	Direzione percorso orizzontale
	Direzione percorso verticale
	Luogo sicuro

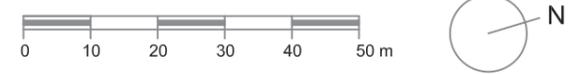
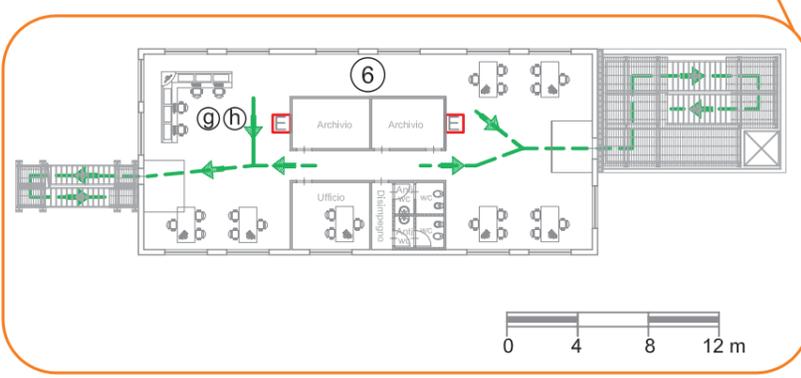
UFFICI DIREZIONE  
PIANTA PIANO TERRA



EDIFICIO SERVIZI  
PIANTA PIANO TERRA



SALA CONTROLLO  
PIANTA PIANO PRIMO (Q = + 8,00 m)



PROGETTO DEFINITIVO

**PLANIMETRIA IMPIANTO ANTINCENDIO**