

Unità Smaltimento Moduli – Relazione tecnica gru a cavalletto

Codice	DN DN 00079	Fase del progetto	Preliminare	Data	25/02/2016	Pag.	1
--------	-------------	-------------------	-------------	------	------------	------	---



Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



INDICE

1	ACRONIMI.....	3
2	PREMESSA.....	4
3	SCOPO	5
4	DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO E DEL FLUSSO DI PROCESSO.....	6
5	GRU A CAVALLETTO	8
5.1	DESCRIZIONE E FUNZIONI RICHIESTE	8
5.2	REQUISITI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLA GRU	8
5.3	REQUISITI GENERALI PER LA STRUMENTAZIONE ED IL CONTROLLO	18
6	CELLE DI DEPOSITO E PIANI DI CARICAMENTO	22
6.1	GEOMETRIA DELLE CELLE	22
6.2	GEOMETRIA DEL MODULO E DISPOSITIVO DI PRESA.....	22
6.3	MOVIMENTAZIONE DEI MODULI E PIANI DI CARICAMENTO	23
7	RIEMPIMENTO DEGLI SPAZI INTERMODULARI CON MATERIALE INERTE.....	25
7.1	DESCRIZIONE GENERALE DELLA FASE DI TRASFERIMENTO DELLA SABBIA	25
7.2	TEMPI DI CARICAMENTO DELLA SABBIA	28
8	CHIUSURA DELLE CELLE: MOVIMENTAZIONE DELLE PREDALLE	30
8.1	DESCRIZIONE GENERALE	30
9	MOVIMENTAZIONE DELLA PROTEZIONE TEMPORANEA.....	33
9.1	CARATTERISTICHE DELLA PROTEZIONE TEMPORANEA.....	33
9.2	MOVIMENTAZIONE DELLA PROTEZIONE TEMPORANEA E BILANCINO DI SOLLEVAMENTO	34
10	RIEPILOGO TEMPI DI PROCESSO CELLA.....	37
11	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	38

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



1 ACRONIMI

- **CdD** Cella di Deposito
- **ICM** Impianto Confezionamento Moduli
- **IPM** Impianto Produzione Moduli
- **DNPT** Deposito Nazionale e Parco Tecnologico
- **USM** Unità Smaltimento Moduli
- **DN** Deposito Nazionale

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



2 PREMESSA

Sogin S.p.A. è stata designata, attraverso il D.lgs. n.31 del 15 febbraio 2010 e successive modifiche e integrazioni, quale soggetto responsabile della localizzazione, realizzazione e dell'esercizio del Deposito Nazionale e Parco Tecnologico (DNPT) per lo 'smaltimento a titolo definitivo' dei rifiuti radioattivi di bassa e media attività (ex II categoria secondo [Rif. 24.] – attività molto bassa e a bassa attività [Rif. 1.] - VLLW e LLW secondo [Rif. 2.]) e all'immagazzinamento, a 'titolo provvisorio di lunga durata', dei rifiuti radioattivi ad alta attività e del combustibile irraggiato provenienti dalla pregressa gestione di impianti nucleari (ex III Categoria secondo [Rif. 24.] – media attività e alta attività [Rif. 1.] - ILW e HLW secondo [Rif. 2.]).

La progettazione preliminare dell'Unità Smaltimento Moduli (USM) si inserisce nel contesto delle attività di realizzazione del Deposito Nazionale e Parco Tecnologico (DNPT) per la sistemazione definitiva dei rifiuti radioattivi a bassa e media attività.

Il Deposito Nazionale sarà composto da due strutture principali di superficie, progettate sulla base delle migliori esperienze internazionali e secondo i più recenti standard IAEA (International Atomic Energy Agency): un deposito per lo 'smaltimento a titolo definitivo' dei rifiuti di bassa e media attività e un deposito per l'immagazzinamento a 'titolo provvisorio di lunga durata' dei rifiuti ad alta attività (denominato Complesso Stoccaggio Alta attività - CSA). In particolare, l'Impianto Unità di Smaltimento Moduli (USM) avrà la funzione di ricevere i manufatti (moduli) confezionati nell'impianto ICM e collocarli (tramite uno specifico sistema di movimentazione) nella loro ubicazione definitiva all'interno delle Celle di Deposito.

La soluzione progettuale del Deposito Nazionale, basata sul sistema multibarriere ingegneristiche, identifica la cella come la terza delle barriere poste in serie; i manufatti di rifiuti radioattivi sono inseriti e immobilizzati nella seconda barriera (modulo) ed i moduli, nel numero di 240, sono sistemati all'interno della cella. L'insieme delle 90 celle che ad oggi si prevede di utilizzare per l'inventario stimato, costituisce L'unità Smaltimento Moduli (USM – vedi [\[Rif. 4.\]](#)~~[Rif. 2.]~~, [\[Rif. 6.\]](#)~~[Rif. 4.]~~)

Una gru a cavalletto è impiegata per le operazioni di sollevamento dei moduli dal relativo mezzo di trasporto ed il loro posizionamento all'interno delle celle di deposito. Sono inoltre affidate a tale macchina tutte le operazioni necessarie alla chiusura e sigillatura delle celle stesse.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



3 SCOPO

Scopo del presente documento è, nell'ambito della progettazione preliminare del Deposito Nazionale (DN) finalizzato alla pubblicazione e al Seminario Nazionale ([Rif. 3.]), descrivere le caratteristiche della gru a cavalletto e dei principali sistemi e componenti di impianto atti a garantire:

- Il caricamento delle celle di deposito con i moduli
- il riempimento degli spazi intermodulari con materiale inerte
- la realizzazione della copertura delle celle
- l'installazione e la rimozione della protezione temporanea

Il livellamento finale della sabbia di riempimento per predisporre la fase di sigillatura e la fase di sigillatura stessa non saranno oggetto del presente documento. Tali fasi sono descritte nel documento [Rif. 23.].

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



4 DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO E DEL FLUSSO DI PROCESSO

La planimetria generale dell'area destinata allo smaltimento dei rifiuti di bassa e media attività, USM (Unità Smaltimento Moduli) è costituita dall'insieme di nove file di celle disposte parallelamente; ciascuna fila è costituita da dieci celle di deposito (CdD). Una viabilità principale, posta al centro dell'area di impianto ed in direzione perpendicolare alle celle, suddivide l'area occupata dalle celle in due blocchi. La distanza tra le file di celle è tale da garantire la posa di una doppia linea di binari, una a servizio delle unità di sinistra ed una a servizio delle unità di destra. Tra le due linee di binari è realizzata una corsia per lo scorrimento dei vettori di trasporto. Una seconda corsia destinata alla viabilità è prevista lungo tutto il perimetro dell'impianto.

Ogni CdD può essere caricata e gestita indipendentemente senza interferire con le altre celle del USM. Le celle sono costruite tutte allo stesso livello al di sopra della falda freatica; ognuna di esse è costituita da una struttura scatolare in calcestruzzo armato, parzialmente interrata, all'interno della quale vengono posizionati i moduli contenenti i rifiuti radioattivi condizionati. L'ubicazione del USM nonché le interfacce delle celle con gli altri impianti e/o sistemi del DNPT sono illustrati nel documento di cui al [Rif. 6.]. La movimentazione dei moduli all'interno delle celle è ad opera di 3 gru a cavalletto identiche, ognuna delle quali scorre su binari disposti lungo la direzione longitudinale del USM ed è a servizio di una sola cella¹; i moduli sono sollevati dal vettore di trasporto e disposti all'interno delle celle. Ognuna delle CdD è dimensionata per ospitare 240 moduli disposti su cinque livelli: ogni singolo livello è costituito da 6 file da 8 moduli. Una volta completato il riempimento, gli spazi intermodulari della cella vengono riempiti con materiale inerte, successivamente ogni cella è sigillata mediante elementi prefabbricati in cemento armato e successivo getto di sigillatura [Rif. 13.]. Durante la fase di riempimento e chiusura di una singola cella, una copertura mobile che si muove su binari propri e paralleli a quelli della gru, viene fatta scorrere sulla fila USM; in particolare la copertura ha una luce in verticale ed uno scartamento tali da contenere al suo interno la gru a cavalletto.

I due sistemi, copertura mobile e gru a cavalletto, sono azionati separatamente e si muovono su vie di corsa proprie fondate al suolo, con proprie motorizzazioni indipendenti.

¹ Sono previste 3 gru a cavalletto per consentire di avere in generale 2 celle contemporaneamente in riempimento, mentre 1 è presumibilmente sempre impegnata alla sigillatura di un'altra o rimane disponibile per eventuali fermi di una delle altre 2 gru (guasto o manutenzione).

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



Al termine di tutte le fasi operative relative ad una cella, sia la gru che la copertura vengono movimentate su una nuova cella da riempire. La distanza tra due file di celle è tale da permettere il funzionamento simultaneo di gru su file di celle adiacenti.

Le 3 gru a cavalletto e le coperture mobili sono inizialmente posizionate su file di celle diverse a servizio di celle consecutive della stessa fila. Una volta completate le operazioni su una determinata fila o semifila, la gru si sposta su un'altra parallela, successiva o non, per eseguire nuovamente tutte le fasi del processo, che sono qui di seguito sommariamente indicate:

- 1) arrivo dei moduli dall'Impianto Confezionamento Moduli
- 2) movimentazione dei moduli all'interno delle celle di deposito
- 3) riempimento degli spazi intermodulari con materiale inerte
- 4) chiusura e sigillatura delle celle
- 5) movimentazione della copertura mobile e della gru da una cella alla successiva o tra una fila ed una parallela
- 6) sigillatura delle celle di deposito

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



5 GRU A CAVALLETTO

5.1 DESCRIZIONE E FUNZIONI RICHIESTE

La gru in esercizio all'interno dell'USM è costituita da un portale i cui elementi sono i montanti (cavalletto) e la traversa (ponte). Il cavalletto è inferiormente dotato di ruote motrici che scorrono su rotaie incassate rispetto alla quota del pavimento. La traversa è costituita da due travi parallele su ognuna delle quali è situato un binario per lo scorrimento di un carrello. Il carrello sostiene l'argano di sollevamento, il cui bozzello di conseguenza si ritrova tra le travi. Combinando il trasferimento del carrello (in direzione trasversale) con quello del cavalletto (in direzione longitudinale) è possibile per il bozzello dell'argano raggiungere qualsiasi punto della cella di deposito.

Le funzioni cui il sistema di movimentazione gru a cavalletto assolve sono di seguito descritte:

- a) permettere il sollevamento dei moduli dal relativo vettore di trasporto ed il loro posizionamento all'interno delle celle
- b) consentire la movimentazione delle attrezzature necessarie per tutte le operazioni da effettuare nelle celle e sopra le celle: caricamento della sabbia, posizionamento delle predelle di copertura e movimentazione delle sezioni modulari della protezione temporanea
- c) consentire la facile traslazione da una cella all'altra della stessa fila
- d) consentire il facile riposizionamento su un'altra fila di celle

5.2 REQUISITI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLA GRU

La gru a cavalletto impiegata è conforme, per quanto riguarda il dimensionamento generale ed i criteri di sicurezza, alle normative tecniche di cui ai [Rif. 14.], [Rif. 15.]. Gli altri riferimenti normativi principali sono raccolti nel prospetto che segue:

sicurezza	DPR 459/96
	EN 292 parte 1 e 2
	D.Lgs. 81/2008
	D.Lgs. 17/2010
apparecchiature elettriche	EN 60439-1

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



EN 60204-1

In aggiunta, la progettazione meccanica è in accordo a quanto contenuto nella normativa di riferimento specifica per applicazioni nucleari [Rif. 17.].

La macchina è del tipo “*single failure proof*”, in modo che a fronte di un guasto ad un componente meccanico e/o elettrico:

- non si abbia il rilascio dell'unità di carico o, più semplicemente uno sbilanciamento dello stesso
- sia possibile completare l'operazione in corso e/o recuperare la macchina nell'area di manutenzione

Allo scopo, i componenti essenziali per la tenuta del carico (quali: motori, riduttori, freni, sistemi di rinvio, funi, sistemi di controllo) sono raddoppiati o, se ciò non è tecnicamente possibile, devono essere realizzati in accordo ad elevati standard di qualità ed avere fattori di sicurezza elevati, rispetto alla più gravosa delle condizioni operative. In particolare, le classi dell'apparecchio e dei meccanismi in accordo alla FEM 1.001 [Rif. 16.] sono definite aumentando di una unità la classe individuata in accordo ai cicli operativi previsti per le gru. In Tabella 1 sono riassunte le principali caratteristiche della macchina; l'assieme generale della macchina è invece illustrato nel documento di cui al [Rif. 8.].

Caratteristiche		
Scartamento	24000	mm
Lunghezza vie di corsa	170000	mm
Massimo ingombro in verticale	15250	mm
Portata alle funi	450	kN
Corsa del gancio	13670	mm
Classe dell'apparecchio	FEM 1.001	A7
Classe dei meccanismi:		
Sollevamento	FEM 1.001	M6
Traslazione	FEM 1.001	M6
Scorrimento	FEM 1.001	M6
Temperatura ambiente di esercizio	-5, +40	°C
Velocità di sollevamento		

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



Motore principale	da 0,6 a 6 ²	m/min
Motore secondario	da 0,2 a 2 ²	m/min
Velocità di traslazione del carrello		
Motore principale	da 0,6 a 6 ²	m/min
Motore secondario	da 0,2 a 2 ²	m/min
Velocità di scorrimento della gru		
Motore	da 0,6 a 6 ²	m/min
Massimo peso unità di carico	350	kN

Tabella 1 – Caratteristiche principali gru a cavalletto

5.2.1 Struttura delle travi del ponte

La struttura delle travi è a cassone, realizzata con lamiere elettrosaldate. Le travi sono dimensionate per resistere alle sollecitazioni verticali e laterali in qualunque condizione di lavoro. La flessione massima sotto carico delle travi del ponte deve essere inferiore ad 1/1000 della luce, in ogni modo tale da consentire il funzionamento della macchina in automatico. Le rotaie di traslazione del carrello, saldate sulla piattabanda superiore della trave, sono realizzate in materiale antiusura.

5.2.2 Struttura delle travi del cavalletto

La struttura dei montanti della gru è realizzata con lamiere di acciaio elettrosaldate a formare dei profili scatolari; la geometria della trave del cavalletto è a sezione variabile: la sezione di attacco alle travi di base collegate alle carrelliere ha dimensioni 1000x700x35 mm mentre quella di attacco al nodo superiore con il ponte ha dimensioni 1000x1300x35 mm. Le travi sono dimensionate per essere verificate ad instabilità elastica a compressione. Uno dei due montanti è predisposto con una scala di accesso al piano di camminamento sul ponte della macchina.

² Il range di velocità indicato sarà ottenuto mediante rampe di accelerazione all'avviamento e di decelerazione allo stop attraverso i relativi inverter di comando. I valori indicati sono di riferimento e saranno definiti in base alle masse in gioco.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



5.2.3 Vie di corsa

Le vie di corsa sono costituite da profilati del tipo 60E2 in acciaio semiduro in accordo alla norma di cui al riferimento [Rif. 14.] e sono dimensionate per sopportare le sollecitazioni della gru in tutte le sue condizioni di carico e le sollecitazioni dovute ad eventi sismici. Le giunzioni tra i vari elementi di via di corsa sono realizzate in modo che lo scorrimento della gru avvenga senza sobbalzi.

Durante la posa delle vie di corsa, devono essere garantite adeguate tolleranze di parallelismo tra i binari e di rettilineità dell'asse del binario, sia sul piano verticale che su quello orizzontale. I piani di posa delle rotaie di scorrimento, utilizzati per l'accesso alla gru e per altre esigenze di carattere straordinario relative all'esercizio delle stesse, hanno una larghezza di almeno 600 mm oltre la sagoma di ingombro della gru.

5.2.4 Carrello e ruote di traslazione

Il carrello è composto da un telaio in profilati e lamiere elettrosaldate, sul quale sono collocati gli azionamenti del sistema di sollevamento. Le ruote di traslazione, in numero di quattro, traslano su rotaia piana. Una delle due testate del carrello è dotata di rulli di guida. Sia le ruote che i rulli sono realizzati in materiale speciale antiusura. Alla struttura sono applicate opportune staffe antiribaltamento. Inoltre le ruote sono del tipo a doppio bordino in modo tale da costituire una sicurezza antideragliamento in caso di rottura dei rulli di guida. All'estremità delle testate del carrello sono applicati opportuni respingenti ad alto assorbimento di energia.

5.2.5 Carrelliere di traslazione

La movimentazione della gru avviene su rotaie poste ai due lati della fila di celle (rotaie longitudinali) mediante quattro carrelliere da quattro ruote ciascuna. Le ruote sono del tipo a doppio bordino ed hanno un diametro di contatto pari a 500 mm. Le carrelliere sono pivottanti, ovvero possono essere ruotate di 90° intorno all'asse verticale, previo sollevamento della sezione su martinetti oleodinamici. Tale accorgimento è adottato per permettere la movimentazione sulle rotaie trasversali ed il successivo trasferimento su una fila di celle adiacente [Rif. 22.]. Una opportuna vite di blocco impedisce la rotazione della carrelliera attorno all'asse verticale durante il moto di traslazione della gru. Una ulteriore

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



vite di blocco impedisce il basculamento della carrelliera durante la rotazione della stessa ed il suo successivo accostamento al binario ortogonale.

I martinetti di sollevamento sono in numero di quattro; la posizione dei quattro punti di sollevamento della gru sono indicati nel documento di cui al [Rif. 8.] Ciascun martinetto è costituito da un cilindro oleodinamico a doppio effetto ad alto tonnellaggio con le caratteristiche di massima di seguito indicate:

- forza in spinta: 325 kN
- forza in trazione: 200 kN
- corsa: 257 mm
- capacità olio: 3400 cm³ in spinta, 2250 cm³ in trazione

Il martinetto è provvisto di filettatura sul corpo per il montaggio sulla trave di base della gru tramite opportuno supporto; inoltre è dotato di valvola di sicurezza incorporata per evitare fenomeni indesiderati di contropressione. La testa dello stelo è collegata ad una piastra di base nervata che realizza uno dei quattro punti di contatto al suolo della gru durante il suo sollevamento [Rif. 8.].

La centralina oleodinamica, che serve anche i motori idraulici di traslazione della gru, lavora con pressioni di esercizio massime di 250 bar e portate di olio di 1.2 l/min.

La gru a cavalletto è provvista di N°4 freni di stazionamento, uno per ogni carrelliera, i quali hanno la funzione di ancorare la macchina saldamente ai binari di scorrimento quando è inattiva in fase di sosta. Ogni freno del tipo a tenaglia, è costituito da due bracci contrapposti incernierati al telaio della carrelliera, ognuno dei quali reca all'estremità un pattino di geometria opportuna.

Il moto dei due pattini consiste in una traslazione perpendicolare alla direzione del binario: durante il moto di accostamento le superfici di contatto dei due pattini vengono premute contro la superficie laterale del fungo del binario impedendo il moto relativo tra quest'ultimo e la carrelliera. Il moto di traslazione dei due bracci avviene con sistema a chiocciola e vite di manovra. L'azionamento del freno avviene manualmente mediante intervento di un operatore. La superficie di contatto di ciascun pattino è tale da garantire una distribuzione uniforme della pressione esercitata. La rotazione della carrelliera determina una rotazione dello stesso freno: pertanto la funzione al dispositivo viene garantita anche durante la movimentazione della gru lungo binari posizionati in direzione ortogonale a quella delle file USM.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



Su entrambe le estremità delle carrelliere sono applicati respingenti ad alto assorbimento di energia. Il dettaglio della soluzione adottata per il sistema di traslazione della gru è rappresentato nel documento di cui al riferimento [Rif. 8.].

5.2.6 Comportamento della struttura in fase di accelerazione - decelerazione

La struttura a portale della macchina è dimensionata per sopportare carichi dovuti a brusche accelerazioni o decelerazioni che possono verificarsi durante la marcia con carico appeso. La simulazione agli elementi finiti prevede l'applicazione di due carichi concentrati in corrispondenza dei due nodi di attacco cavalletto-ponte. Le ipotesi assunte per la simulazione sono le seguenti:

- forza concentrata applicata al nodo pari alla reazione tangenziale agente sul punto di contatto ruote-binario e calcolata secondo la relazione:

$$F_T = \frac{\mu \cdot M \cdot g}{2}$$

dove M è la massa complessiva della gru e del carico appeso

- coefficiente di attrito statico ruota-binario $\mu = 0.36$
- n° 2 carrelliere frenanti

Lo spostamento massimo calcolato in corrispondenza dei due nodi caricati è pari a 12 mm.

5.2.7 Azionamenti

L'azionamento di scorrimento di ogni carrelliera è realizzato mediante quattro unità di comando, una per ogni ruota. Ogni unità è costituita dai seguenti componenti:

- sistema di trasmissione corona-pignone: una corona a denti cilindrici è collegata alla ruota mediante collegamento smontabile; la corona a sua volta ingrana con un pignone montato sull'albero di uscita del riduttore epicicloidale
- motore idraulico a rotismo epicicloidale di tipo gerotor flangiato al freno idraulico
- riduttore epicicloidale a singolo ingresso

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



- laser metrici a coppia (ridondati) per il controllo del posizionamento durante la traslazione longitudinale

L'unità di comando per la traslazione del carrello è costituita dai seguenti componenti:

- a) riduttore epicicloidale a singolo ingresso disposto tra il motore principale di comando ed il riduttore in modo da ottenere due distinte velocità all'albero lento di uscita
- b) motore principale di tipo asincrono trifase con rotore a gabbia autofrenante e con ventilazione esterna, direttamente flangiato al preriduttore; il motore ha l'ingresso sul pignone solare e l'uscita al treno portasatelliti
- c) Laser metrici a coppia (ridondati) per il controllo del posizionamento durante la traslazione trasversale

Durante il funzionamento di uno dei due motori, l'altro rimane costantemente frenato. L'utilizzo di un riduttore epicicloidale consente inoltre di azionare il carrello a differenti velocità, utilizzando in alternativa il motore principale o l'ausiliario.

All'estremità delle testate del carrello sono applicati respingenti ad alto assorbimento di energia.

Il movimento di traslazione si realizza con progressione e senza sbalzi ed ha una precisione tale da consentire il posizionamento in automatico del carico. La corsa di traslazione è limitata da finecorsa elettrici e meccanici.

Il sistema di sollevamento è composto da due unità di sollevamento. Ogni unità di sollevamento ha le caratteristiche ed i componenti di seguito elencati:

- 1) forma compatta, in modo da comportare una distribuzione uniforme dei carichi e da agevolare le operazioni di manutenzione
- 2) funi ad elevata sicurezza, flessibilità e durata
- 3) tamburo azionato tramite giunto a denti bombati
- 4) tamburo sostenuto ad un estremo dall'albero sporgente del riduttore tramite la flangia del giunto a denti bombato ed all'altro estremo da un cuscinetto montato su un supporto bullonato al basamento del carrello
- 5) dispositivo antiaccavallamento fune sul tamburo in grado di segnalare elettricamente l'eventuale avvolgimento irregolare della fune nelle gole del tamburo
- 6) finecorsa rotativo di sollevamento agente sul circuito di comando per il rallentamento e l'arresto in discesa e per il rallentamento e arresto in salita

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



- 7) finecorsa a contatto diretto per l'arresto di emergenza in salita
- 8) freno supplementare di emergenza agente sulla flangia esterna del tamburo: il freno è in grado di garantire la tenuta del carico anche nell'eventualità di un guasto del motore o del riduttore. Viene azionato da un contagiri ad intervento rapido che rileva l'eccessiva velocità di rotazione

Ogni unità di sollevamento è comandata da un proprio gruppo motore; ciascun gruppo si compone di:

- a) riduttore principale ad assi paralleli
- b) motore principale e secondario, asincroni trifasi con rotore a gabbia, autofrenanti e con ventilazione esterna
- c) riduttore epicicloidale monostadio a doppio ingresso che consente di effettuare il movimento di sollevamento in caso di guasto, anche meccanico, del motore principale
- d) encoder assoluto rotativo per la gestione della salita e della discesa

I gruppi di sollevamento sono disposti con asse parallelo alle travi del ponte.

Gli alberi di uscita dei due riduttori epicicloidali sono sincronizzati attraverso un rinvio angolare e trasmissione a doppio giunto cardanico: in questo modo vengono collegati i due assi veloci dei riduttori principali e la catena cinematica chiusa che si realizza permette il movimento del carico in perfetta planarità.

Inoltre l'albero di sincronizzazione, essendo disposto a valle del riduttore epicicloidale collega sia i motori principali sia i motori secondari; pertanto la planarità del carico è garantita sia nella modalità di funzionamento normale sia in quella di emergenza.

Sul tamburo di ognuna delle unità di sollevamento agiscono due coppie di funi opportunamente distanziate. Ciascuna fune è rinvia mediante una puleggia, posizionata sul mezzo di presa del carico e capofissata ad una traversa di compensazione per complessivi 16 tratti di fune. In questo modo l'eventuale rottura di una fune evita sia la caduta che sbilanciamenti eccessivi del carico.

Ad ogni traversa di compensazione è applicata una cella di carico. Le quattro celle di carico fanno capo ad un dispositivo che interrompe il movimento di sollevamento ogni volta che la somma dei pesi supera la portata di targa della macchina.

Le celle di carico consentono anche di verificare la correttezza dell'appoggio della pinza sulle pareti del modulo. Tale circostanza viene accertata da uno scarico di tensione sulle

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



funi pari ad un valore predefinito. In corrispondenza dei profili di appoggio della pinza sul corpo del modulo sono presenti anche 4 *switch* a conferma del corretto posizionamento.

5.2.8 Posto di comando della gru

Il comando della macchina avviene:

- localmente: i movimenti della macchina sono gestiti solo dietro comando impartito dall'operatore da cabina di comando, montata su una trave del ponte e movimentata lungo la direzione trasversale della gru in maniera indipendente dal carrello
- in remoto: un sistema TVCC permette all'operatore di supervisionare e comandare da sala controllo tutte le operazioni necessarie per il compimento di un ciclo operativo

Il funzionamento in automatico della macchina prevede l'esecuzione di un ciclo operativo per le attività di caricamento moduli e caricamento sabbia. Ogni ciclo è composto da una sequenza di operazioni; al termine di ogni singola operazione, l'operatore dà il consenso per l'avvio dell'operazione successiva. In caso di ravvisata anomalia, l'operatore interviene bloccando la manovra e proseguendo in manuale. Le operazioni di caricamento delle celle di deposito con i moduli sono normalmente previste in automatico.

La cabina di comando locale scorre su una guida solidale ad una delle travi del ponte ed è predisposta con un albero sulla cui estremità è montata una corona a denti cilindrici. La corona ingrana con una cremagliera lineare, solidale alla trave del ponte, consentendo la traslazione della cabina. La cabina è caratterizzata dalle seguenti principali caratteristiche:

- è realizzata in lamiera elettrosaldata. La struttura è in grado di resistere a tutte le condizioni di carico previste, statiche e dinamiche
- è provvista di scala di accesso dal piano di camminamento del ponte
- ha un'altezza libera non inferiore a 2150 mm ed è provvista di finestre, realizzate con vetro infrangibile, su tutti e tre i lati. In questo modo viene garantita la massima visibilità all'operatore
- dispone della necessaria strumentazione di bordo per un efficace controllo delle operazioni di processo

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



5.2.9 Linee di alimentazione elettrica

L'alimentazione delle apparecchiature elettriche e delle utenze a bordo della gru a ponte è realizzata mediante cavi elettrici in bassa tensione, sia per la potenza che per il controllo, i quali si avvolgono su un avvolgicavo motorizzato. La macchina per l'avvolgimento è costituita dai seguenti componenti:

- a) tamburo a due spire di avvolgimento di diametro di base 1200 mm. La lunghezza di cavo avvolto è pari a 159 m
- b) riduttore opportunamente vincolato ad una struttura di supporto
- c) motore elettrico trifase di potenza 1.5 kW, tensione di alimentazione 230/400 V, grado di protezione IP 55, classe di isolamento H
- d) freno di stazionamento a disco con due superfici frenanti
- e) collettore elettrico esterno al tamburo avvolgitore con anelli e spazzole di potenza
- f) finecorsa rotativo a quattro posizioni regolabili. Tale dispositivo segnala le posizioni di tamburo pieno, vuoto ed intermedie; la regolazione di tipo fine e continua consente tarature estremamente semplici e precise

Durante la fase di stazionamento il motore non viene alimentato ed il freno è attivo. Se lo stazionamento è provvisorio, il motore può restare alimentato nel senso di avvolgimento. Durante la fase di svolgimento il freno di stazionamento è sbloccato, il motore viene alimentato nel senso di avvolgimento ed i cavi vengono svolti per trazione da parte della gru. Nella fase di avvolgimento il freno di stazionamento è sbloccato ed il motore viene alimentato nel senso di avvolgimento. Ciascun cavo viene fatto passare attraverso una puleggia folle di guida con dispositivo antiscarrucolo la quale ruota su cuscinetti a sfere. Un ulteriore dispositivo guidacavo, del tipo bidirezionale, guida il cavo in modo ottimale durante la fase di avvolgimento/svolgimento dello stesso; tale dispositivo è integrato con due componenti che meglio garantiscono il controllo ed il tiro del cavo: il primo controlla che non si allenti più del dovuto, causando un cattivo avvolgimento dello stesso. Il secondo invece ne controlla l'eccessivo tiro, impedendone la rottura. I cavi sono alloggiati all'interno di canali drenanti, realizzati con profili metallici e posizionati all'interno di scassi paralleli alla direzione di traslazione della gru.

Tutti i punti di presa della corrente sono posizionati in corrispondenza dell'estremità di ogni USM lungo il lato opposto a quello in cui si trova la galleria centrale di raccolta e convoglio delle acque di scarico: in testa ad ogni unità di celle è installato un quadro elettrico di

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



derivazione delle alimentazioni elettriche equipaggiato con prese interbloccate di tipo industriale adatte allo scopo.

La movimentazione della gru lungo le rotaie trasversali, durante il passaggio da una USM alla successiva, prevede la disconnessione dei cavi dal punto di presa della corrente e la successiva alimentazione della centralina oleodinamica mediante un gruppo elettrogeno; il gruppo, posizionato su una piattaforma carrellata, segue lo spostamento della gru con un controllo locale da parte dell'operatore. Dopo la rotazione delle carrelliere e prima dell'inizio delle operazioni di caricamento dei moduli all'interno della prima cella della nuova unità si provvede al riallaccio elettrico dei cavi.

I quadri di comando e controllo della macchina sono posizionati a bordo macchina.

5.3 REQUISITI GENERALI PER LA STRUMENTAZIONE ED IL CONTROLLO

5.3.1 Sistemi di monitoraggio e controllo packages

Ogni gru a cavalletto dell'impianto USM è dotata di un sistema di controllo a bordo macchina rispondente la direttiva macchine 2006/42/CE e alla normativa in ambito di sicurezza funzionale dei sistemi di controllo coinvolti nelle macchine CEI EN 62061 o UNI EN ISO 13849-1.

L'unità package di ogni gru fornisce al sistema di supervisione e controllo le indicazioni, i comandi e gli allarmi, necessari alla gestione remota della macchina. La supervisione ed il controllo delle package avviene attraverso delle stazioni (HMI) in sala controllo le quali sono connesse ad un concentratore/server di gestione della comunicazione da/a sistemi di movimentazione.

Il sistema di movimentazione deve fornire per tutti i suoi sottosistemi un interfacciamento ridonato di tipo seriale (MODBUS, DNP, IEC, client/server OPC) verso il database server del sistema di supervisione.

Nel caso ci siano attuazioni da parte dell'operatore, queste devono essere realizzate attraverso collegamenti *hardwired*. I sistemi di controllo devono essere progettati per garantire la massima affidabilità.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



5.3.2 Regole e criteri architettureali generali dei sistemi

La disponibilità e l'affidabilità delle unità strumentali e di controllo dei tre sistemi sarà massimizzata attraverso l'applicazione dei seguenti criteri di selezione e nella misura massima accettabile:

- acquisto di strumentazione di uso comprovato
- ridondanze
- evitare guasti di modo comune
- segregazioni
- rilevamento e gestione automatica dei guasti
- piani di manutenzione preventiva

5.3.2.1 Progettazione dei sistemi di controllo

I sistemi di controllo sono progettati per garantire la massima affidabilità e ridurre al minimo gli errori di sistema, al fine di ottenere sicurezza, continuità, accuratezza ed efficacia nei controlli durante il funzionamento normale e di avvio dei processi.

La disponibilità dei sistemi di controllo di processo viene esaminata in base ai disturbi diretti e indiretti e dei rischi indotti sia dalle operazioni attraverso HMI, sia da guasti di ogni singolo componente.

I seguenti criteri devono essere attentamente considerati durante la progettazione e la configurazione dei sistemi di controllo atti ad aumentare la disponibilità attraverso la riduzione dei guasti di modo comune dell'hardware e il migliorando delle funzionalità operative del sistema.

5.3.2.2 Criteri di ridondanza

In generale ogni componente che è in grado di influenzare la funzionalità complessiva del sistema di controllo, attraverso il proprio guasto deve essere ridondato. Questo concetto si applica come minimo a:

- alimentatori di corrente (compresi gli accessori quali fusibili, interruttori, diodi, ecc.). In particolare ogni modulo deve essere caricato oltre il 70% della sua capacità massima

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



- moduli di alimentazione dei sistemi
- CPU
- I/O bus

Ogni componente che non può essere sostituito entro 24 ore senza influenzare operatività dell'impianto deve essere duplicato. Questo concetto può applicarsi a:

- schede I/O di tipo uscita analogica coinvolti in loop di regolazione
- console operatore HMI
- apparati di controllo di rete (switch di rete, pannelli di connessione ottica, cavi, etc.)
- interfacce seriali a sottosistemi specifici

Oltre ai suddetti criteri minimi, ridondanza si applica anche a:

- schede I/O di ingressi analogici e/o digitali contenenti strumentazione coinvolta in funzioni di controllo analogico o digitale critico
- interfacce seriali di collegamento a sottosistemi

5.3.2.3 Criteri di segregazione segnali I/O

La segregazione dei segnali I/O si applica al fine di limitare l'impatto sul processo di guasti di schede di acquisizione. Devono essere presi a riferimento i seguenti punti:

- in caso di più controller (CPU), bisogna allocare gli I/O della stessa unità sotto la gestione dallo stesso controller. Particolare attenzione deve essere dedicata al fine di evitare di dividere i loop di controllo tra diversi controllori (es. la variabile da controllare su una CPU e il segnale della valvola di regolazione su altra CPU)
- i segnali di apparecchiature in modalità "Duplicata" o "Riserva" non devono essere assegnati alla stessa scheda I/O e preferibilmente neppure allo stesso *rack* del sistema
- l'assegnazione I/O e gli schemi di *wiring* delle apparecchiature in modalità "Duplicata" o "indipendente", devono essere identici per quanto più possibile, al fine di evitare errori durante le attività di manutenzione

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



5.3.2.4 Criteri di gestione del *bad quality* degli strumenti

Per tutti i segnali analogici deve essere prevista una strategia di rilevamento del “bad quality” dello strumento:

- rilevamento del fuori-scala: se i valori letti eccedono i valori predefiniti di “over-range” o “under-range” della misura, deve essere generato un allarme di “bad quality” per l’operatore (HMI). Questo tipo di allarme solitamente, non ha altri effetti
- rilevamento guasti: se i valori della misura superano i limiti di elettrici della scheda di acquisizione questo può causare il rilevamento di un “corto circuito” o di un “circuito aperto”, anche in questo caso viene generato un allarme di “bad quality” per l’operatore (HMI)

In generale gli stati di “bad quality” di un trasmettitore si propagano a tutte le funzioni di controllo e di calcolo interessate.

Le modalità con cui tale propagazione agisce, deve essere valutata e definita nella documentazione di configurazione software.

5.3.2.5 Evento incidentale sisma

In caso di sisma di progetto il sistema di automazione e controllo può perdere temporaneamente la sua funzionalità, dal momento che tale perdita non determina la rottura delle barriere di confinamento statiche (qualificate al sisma) e quindi la successiva dispersione di materiale radioattivo. In queste condizioni è ritenuto accettabile un possibile disservizio del sistema in esame, il cui recupero non comporta l’attribuzione di dosi indebite per il personale operativo.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



6 CELLE DI DEPOSITO E PIANI DI CARICAMENTO

6.1 GEOMETRIA DELLE CELLE

Le celle di deposito costituiscono la terza barriera ingegneristica in calcestruzzo ed in esse vengono messi a dimora i moduli per la sistemazione definitiva dei rifiuti a bassa e media attività (vedi [Rif. 10.]. L'edificio in conglomerato cementizio armato costituente la singola cella ha dimensioni in pianta di 27150x15600 mm; l'altezza è 9550 mm ed è parzialmente interrato (quota fuori terra pari a 8050 mm). Lo spessore del piedritto è di 700 mm. Un setto centrale parallelo alla dimensione maggiore dell'edificio e dello spessore di 400 mm suddivide la cella in due locali di uguale volume destinati ad accogliere i moduli. Ciascun locale è dimensionato per ospitare 120 moduli.

6.2 GEOMETRIA DEL MODULO E DISPOSITIVO DI PRESA

Il modulo rappresenta la struttura prismatica in conglomerato cementizio armato in cui vengono collocati ed immobilizzati, con adeguata malta cementizia, i manufatti di rifiuti radioattivi conferiti al Deposito. Il modulo rappresenta la minima unità contenente rifiuti movimentabile all'interno dell'impianto USM. Le sue dimensioni geometriche e la sua massa sono indicati in Tabella 2:

Lunghezza [mm]	3050
Larghezza [mm]	2090
Altezza [mm]	1700
Massa [kg]	9600

Tabella 2 – Dimensioni geometriche del modulo

In considerazione delle sue caratteristiche geometriche, delle sollecitazioni cui è soggetto durante le operazioni di movimentazione e delle condizioni ambientali attese durante la

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



vita del deposito, il modulo viene realizzato con un cemento armato in grado di garantire adeguate proprietà meccaniche e chimico-fisiche.

Il dispositivo di presa dei moduli dispone di quattro perni d'angolo dotati di asole che vanno ad accoppiarsi con i tiranti d'angolo del modulo. L'aggancio pinza-modulo si realizza azionando il meccanismo di rotazione di tali perni costituito da un motoriduttore a vite senza fine e trasmissione a doppia catena.

Ognuno dei gruppi di comando a bordo pinza è dotato di riduttore epicicloidale a doppio ingresso a cui sono accoppiati due motori autofrenanti in modo da consentire il completamento dell'operazione di sgancio ed il recupero dell'attrezzatura in area di manutenzione in caso di guasto del motore principale. La pinza di movimentazione del modulo sarà la medesima impiegata nell'impianto IPM di cui al [Rif. 19.].

Il dispositivo di presa del modulo assicura la movimentazione verticale ed orizzontale garantendone l'integrità e senza causare deformazioni permanenti. I punti di aggancio e sollevamento sono costituiti da tiranti d'angolo i quali presentano adeguate caratteristiche di resistenza a fronte dei carichi statici e dinamici nelle condizioni di movimentazione. Il carico dimensionante per i sistemi di sollevamento del modulo è di circa 35000 kg.

6.3 MOVIMENTAZIONE DEI MODULI E PIANI DI CARICAMENTO

La movimentazione dei moduli dalla sezione di buffer e uscita dei moduli sigillati dell'impianto ICM all'impianto USM avviene mediante vettori di trasporto i quali percorrono una viabilità permanente di collegamento tra i due impianti. Una viabilità temporanea interna all'USM permette al vettore di trasporto dei moduli di raggiungere ogni punto dell'area circostante le celle di deposito. In particolare una corsia di scorrimento posizionata a 2550 mm dalla parete esterna della cella di deposito permette al vettore di trasporto di raggiungere con facilità l'area di lavoro della gru. A terra dossi di posizionamento del vettore di trasporto consentono il prelievo del modulo tramite procedura in automatico della gru. Un ciclo di caricamento della cella con i moduli si svolge attraverso le seguenti fasi [Rif. 11.], [Rif. 13.]:

- a) posizionamento della copertura mobile in corrispondenza della cella da riempire
- b) traslazione della gru a cavalletto ed arresto in corrispondenza della posizione di inizio della cella
- c) rilevamento della posizione di zero (0,0)
- d) movimentazione del vettore di trasporto lungo la corsia di scorrimento parallela alla fila di celle in lavorazione ed arresto in corrispondenza della cella in

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



lavorazione. Il controllo della posizione del vettore avviene con opportuni riscontri di riferimento meccanici posizionati a terra

- e) la gru si posiziona sulle coordinate predefinite dell'unità di carico da trasferire
- f) il sistema di sollevamento, controllato da un sensore di misura, cala lo spreader, a velocità di regime, fino in prossimità della quota dell'unità di carico; quindi, a velocità ridotta, si realizza il contatto tra gli elementi di battuta presenti sul dispositivo di presa ed il corpo del modulo. In fase di battuta i *twist lock* si inseriscono all'interno dei blocchi d'angolo del modulo
- g) il meccanismo di azionamento dei *twist lock* consente una loro rotazione e quindi l'aggancio dell'unità di carico
- h) il sistema di sollevamento quindi movimentata il modulo ad una quota di +500 mm rispetto alla massima quota della cella per poi procedere al suo trasferimento orizzontale fino alle coordinate x,y di posizionamento del carico all'interno della cella
- i) discesa dello spreader, a velocità di regime, fino in prossimità della quota di sgancio dell'unità di carico. Quindi, a velocità ridotta, si realizza il posizionamento a terra del modulo, disinserimento dei *twist lock* dai tiranti d'angolo e rilascio del carico; la pinza viene sollevata con il consenso dei *twist lock* non azionati. La distanza tra due moduli adiacenti è di 160 mm mentre la distanza modulo-pareti interne della cella e modulo-pareti del setto centrale sono uguali e pari a 160 mm

Il vettore di trasporto percorre l'intera corsia di scorrimento raggiungendo l'estremità di una fila di celle ed uscendo dalla linea di caricamento dei moduli; contemporaneamente un secondo vettore di trasporto sopraggiunge in corrispondenza del punto di prelievo del modulo per ripetere nuovamente il ciclo di riempimento: i vettori di trasporto si muovono lungo la linea di caricamento sempre secondo lo stesso verso di percorrenza. Terminato il riempimento del primo livello si procede al riempimento del secondo livello. Il tempo complessivo di riempimento stimato di una singola cella è pari a 30 giorni lavorativi.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



7 RIEMPIMENTO DEGLI SPAZI INTERMODULARI CON MATERIALE INERTE

7.1 DESCRIZIONE GENERALE DELLA FASE DI TRASFERIMENTO DELLA SABBIA

Terminata la fase operativa di riempimento delle celle con i moduli, gli spazi intermodulari vengono riempiti con materiale inerte il quale ha la funzione di immobilizzare i moduli ed assicurarne stabilità all'impilaggio, senza tuttavia comportare un blocco irreversibile. Le principali caratteristiche del materiale di riempimento sono riportate nel prospetto seguente:

Materiale inerte	Sabbia secca
Tipo granulometria	Fine
Dimensioni grani	Φ 1.5-3 mm
Peso specifico [kg/m ³]	1500

Tabella 3 – Principali caratteristiche sabbia di riempimento

Il volume di sabbia necessario per il completo riempimento di una cella è di circa 540 m³; la movimentazione del materiale inerte dal deposito sabbia all'interno delle intercapedini modulari è realizzata da un sistema combinato di *fork-lift*, svuota big-bag, coclee di trasferimento e tramoggia agganciabile tramite il sistema di presa del modulo.

7.1.1 Sistema svuota big-bag

La sabbia è confezionata in sacchi tipo big bag che vengono movimentati mediante carrelli elevatori a forche dall'apposito deposito, situato presso l'IPC, fino alle due strutture svuota big-bag.

I big-bag sono contenitori realizzati in materiale idoneo a contenere la sabbia utilizzata per il riempimento delle intercapedini all'interno delle celle. Essi hanno una geometria prismatica e dimensioni pari a 1000x1000x1800 mm; il quantitativo di sabbia movimentato da ogni sacco è di circa 2250 kg.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



Al fine di evitare eccessive deformazioni, i sacchi sono predisposti con bande laterali di rinforzo tipo armatura. Nella parte superiore dispongono di quattro bretelle per il sollevamento a mezzo di un opportuno telaio che ne consente il posizionamento sulla struttura svuota big-bag ed il successivo scarico del materiale inerte nella tramoggia.

Le strutture svuota big-bag sono fisse e posizionate in un'apposita area destinata al caricamento delle tramogge destinate al riempimento della cella con la sabbia. Le strutture svuota big-bag sono in numero pari a 3; ad ogni struttura svuota big-bag è associata una coclea per il trasferimento della sabbia all'interno delle tramogge posizionate a bordo di un vettore di trasporto.

7.1.2 Coclee di trasferimento

La tramoggia di scarico di ogni svuota big-bag alimenta una coclea di iniezione inclinata; il collegamento è realizzato con un giunto flessibile: in questo modo viene limitato il trasferimento di vibrazioni al telaio di sostegno del sistema di caricamento sacchi.

La funzione della coclea è quella di convogliare la sabbia all'interno della tramoggia mobile, agganciata tramite il sistema di presa e destinata a riempire gli spazi intermodulari. Le caratteristiche del trasportatore a vite sono di seguito indicate:

- potenzialità di trasporto: 19 m³/h
- coefficiente di riduzione della potenzialità: 0.3
- diametro: 265 mm
- numero di giri dell'elica nell'unità di tempo: 1.3 giri/s
- lunghezza di trasporto: 2800 mm
- potenza elettrica assorbita: 1.1 kW

Le coclee di iniezione sono presenti nell'area di caricamento sabbia in numero pari a tre in corrispondenza di ciascuna delle strutture svuota big-bag.

7.1.3 Tramoggia di caricamento

Le tramogge di caricamento vengono impiegate per il riempimento degli spazi intermodulari: dopo la fase di ricarica, esse vengono trasportate su un vettore di trasporto in corrispondenza della cella da riempire; successivamente ogni tramoggia viene agganciata attraverso il sistema di presa e sollevamento della gru. Una volta raggiunta la quota di riferimento, la gru movimentata la tramoggia stessa nelle posizioni di scarico della sabbia: si procede prima al riempimento delle intercapedini lungo la direzione

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



longitudinale della cella poi di quelle in direzione trasversale. La tramoggia è realizzata con lamiere elettrosaldate e ha un volume utile di riempimento di circa 3,5 m³.

La geometria della tramoggia è ottimizzata in funzione di alcuni vincoli quali l'angolo di riposo del materiale, la dimensione delle bocche di scarico ed il sistema di aggancio al bozzello della gru.

Il corpo superiore presenta quattro tiranti d'angolo che vanno ad interfacciarsi con i corrispondenti *twist lock* presenti sulla pinza di aggancio del modulo.

In corrispondenza dell'unica bocca di scarico di sezione rettangolare è presente una rotovalvola. E' previsto inoltre un sistema rompiponte la cui funzione è di consentire una continua miscelazione del materiale, così da agevolare il regolare deflusso per gravità del materiale verso le intercapedini da riempire. Il materiale si dispone naturalmente all'interno delle intercapedini; non è previsto alcun processo di compattazione.

Per il dettaglio meccanico della tramoggia si rimanda al documento di cui al [Rif. 20.].

7.1.4 Ciclo operativo di caricamento sabbia e riempimento degli spazi intermodulari

La fase operativa di trasferimento della sabbia è caratterizzata dalle seguenti operazioni elementari aventi luogo nell'Impianto Produzione Celle e successivamente nell'USM in corrispondenza della cella da riempire [Rif. 12.], [Rif. 13.]:

- a) arrivo del vettore di trasporto con le tramogge vuote
- b) movimentazione dei sacchi mediante fork-lift e posizionamento sulla struttura di scarico tramogge
- c) apertura della valvola di scarico
- d) azionamento della coclea per la fase di iniezione della sabbia
- e) trasporto tramogge piene in prossimità della cella da riempire
- f) sollevamento della tramoggia e posizionamento della stessa sopra la cella
- g) riempimento in direzione longitudinale della prima fila di moduli. Il riempimento di ciascuna fila è realizzato mediante l'utilizzo di più gruppi di tramogge ciclicamente ricaricate
- h) riempimento delle restanti file di moduli
- i) rotazione di 90° della tramoggia (mediante ralla) e suo posizionamento sopra la cella
- j) riempimento in direzione trasversale della prima fila di moduli. Il riempimento di una fila è realizzato utilizzando più gruppi di tramogge ciclicamente ricaricate

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



- k) riempimento delle restanti file in direzione trasversale
- l) livellamento della sabbia in superficie mediante azione diretta di operatori

Parallelamente al trasferimento della sabbia dalla coclea alla tramoggia collegata al sistema di sollevamento della gru si provvede ad alimentare gli svuota *big-bag* con i sacchi di sabbia.

7.2 TEMPI DI CARICAMENTO DELLA SABBIA

Il tempo complessivo associato al caricamento della sabbia all'interno di una cella è funzione di diversi parametri tra cui le caratteristiche delle macchine a disposizione e l'interdipendenza e sovrapposibilità delle varie attività. Il ritmo di riempimento di una cella dipende:

- dal numero di ricariche necessarie per poter riempire completamente gli interstizi tra i moduli
- dal tempo di scarico della sabbia all'interno delle intercapedini

Per il completamento delle operazioni di riempimento si considera un tempo massimo di 10 giorni, per rendere nuovamente disponibili le attrezzature di caricamento per una nuova cella vuota. Nel seguito si analizzano le tempistiche delle singole operazioni coinvolte verificando che il tempo complessivo stimato sia inferiore a tale limite.

Nella valutazione dei tempi di riempimento sabbia non sono rilevanti i tempi di caricamento delle tramogge tramite la coclea di trasferimento né quelli di svuotamento dei *big-bag* poiché tali operazioni vengono effettuate contemporaneamente al caricamento sabbia nelle celle mediante l'utilizzo ciclico di 6 tramogge complessive.

A fronte del volume totale di sabbia per cella pari a 540 m³ ed una tramoggia di caricamento con volume utile di 3,5 m³ sono necessarie circa 150 tramogge. I tempi di caricamento sono quindi stimati considerando la portata di scarico garantita dalla rotovalvola pari a 150 l/min. Nella tabella seguente sono riportati i tempi di esecuzione delle operazioni relative a ciascuna singola tramoggia.

N°OPERAZIONE	DESCRIZIONE	TEMPO [min]
--------------	-------------	----------------

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



1	Aggancio e sollevamento	3
2	Accostamento trasversale	2
3	Accostamento longitudinale	3
4	Scarico sabbia	25
5	Accostamento longitudinale	3
6	Accostamento trasversale	2
7	Discesa e sgancio	3
	TOTALE	41

Tabella 4 – Tempi elementari per la fase di ricarica della tramoggia

Pertanto poiché il ciclo di riempimento delle richiede l'utilizzo di 150 tramogge, vengono impiegate circa 100 ore. Le colline di sabbia in eccesso che vengono a formarsi in superficie, una volta terminato il riempimento delle intercapedini, vengono livellate a formare uno strato piano ed uniforme; tale operazione di livellamento richiede un tempo pari a 16 ore. Il tempo complessivo di caricamento di una cella è pertanto pari a circa 7,25 giorni lavorativi organizzati su due turni di 8 ore ciascuno.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



8 CHIUSURA DELLE CELLE: MOVIMENTAZIONE DELLE PREDALLE

8.1 DESCRIZIONE GENERALE

Le predalle, in numero 25 per lato, vengono poggiate sul setto centrale e su quello laterale della cella; successivamente alla fase di sistemazione delle predalle si esegue il getto di calcestruzzo. Le dimensioni geometriche e la massa di una singolo elemento prefabbricato sono di seguito indicati:

- larghezza 1200 mm
- lunghezza 7000 mm
- altezza: 100 mm
- massa: 2500 kg

La movimentazione di questi elementi è ad opera della gru a cavalletto: il dispositivo di sollevamento impiegato è un bilancino con quattro attacchi superiori e quattro inferiori. Il trasporto delle predalle viene eseguito con un vettore di trasporto il quale corre lungo tutta la corsia di scorrimento parallela alla fila di celle in lavorazione ed è coperto dall'area di lavoro della gru.

I manufatti sono organizzati in cataste disposte direttamente sul pianale del vettore di trasporto in posizione orizzontale, appoggiate direttamente sul pianale o su appositi distanziali con interasse massimo di 1000 mm. Durante il trasporto, le predalle sono assicurate al vettore con idonee cinghie. Un operatore, attraverso l'utilizzo di scale ben inclinate e rese stabili ai piedi ed in sommità, raggiunge la sommità delle predalle accatastate sul vettore di trasporto e aggancia quella di sommità ai bracci delle catene del dispositivo di presa.

Si procede quindi al sollevamento delle predalle mediante gru sollevandole con il loro lato lungo parallelo alla direzione longitudinale della cella ad una quota maggiore dell'altezza della cella, successivamente vengono movimentate trasversalmente dal carrello della gru fino a posizionarsi nella zona centrale della cella. Attraverso la ralla della gru le predalle vengono prima ruotate di 90° e poi appoggiate sui setti della cella. Durante le operazioni di movimentazione viene garantita l'integrità delle predalle, evitando urti, strappi o altre cause di danneggiamento; pertanto tutte le operazioni sono eseguite a velocità adeguate senza imprimere brusche accelerazioni che pregiudicano l'integrità dei manufatti. In particolare, per poter considerare ininfluenti le forze dinamiche d'urto, la velocità di

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



sollevamento e discesa per le manovre di accostamento e appoggio delle predalle sono inferiori a 0.9 m/min.

Il dispositivo di presa delle *predalle* è costituito da un bilancino del tipo ad "H", illustrato in Figura 1, realizzato con travi HEA-220 in C40 e caratterizzato da:

- quattro punti di attacco superiori costituiti da tiranti con determinate caratteristiche di resistenza e collegati, mediante accoppiamento con *twist lock*, con lo *spreader* di sollevamento del modulo
- quattro attacchi inferiori ognuno collegato, mediante tirante di catena, ad un prefissato punto della predalla; in particolare i ganci per il sollevamento sono fissati ai tralicci in corrispondenza dei nodi fra il corrente superiore ed il vertice delle staffe. Ogni punto di sollevamento è posizionato ad 1/5 della lunghezza della predalle (Figura 2)

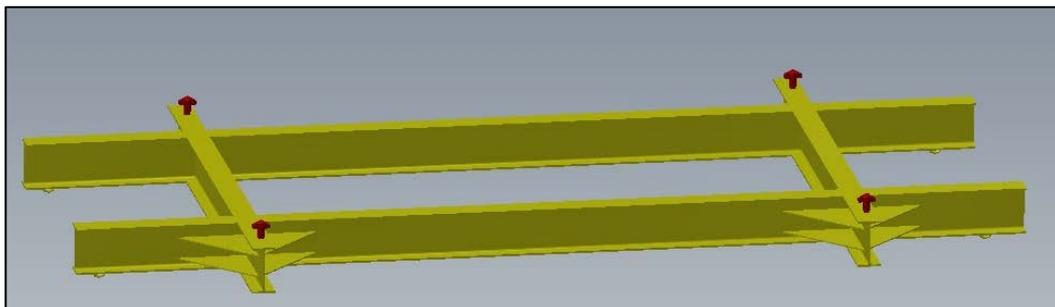


Figura 1 – Bilancino di sollevamento delle predalle

Tutti i componenti (catene, ganci e bilancino) sono conformi alle normative vigenti. In particolare i ganci di sicurezza sono in grado di sopportare le sollecitazioni indotte dal peso delle predalle nel rispetto delle norme di sicurezza dei carichi sospesi e degli apparecchi di sollevamento: le proprietà meccaniche, la portata e le modalità di calcolo del gancio sono descritte nel documento di cui al [Rif. 17.]. Le principali caratteristiche del singolo gancio utilizzato sono di seguito descritte:

- tipo: semplice ad occhio
- portata: 1500 kg
- materiale: acciaio al carbonio
- classe di resistenza meccanica: M

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---

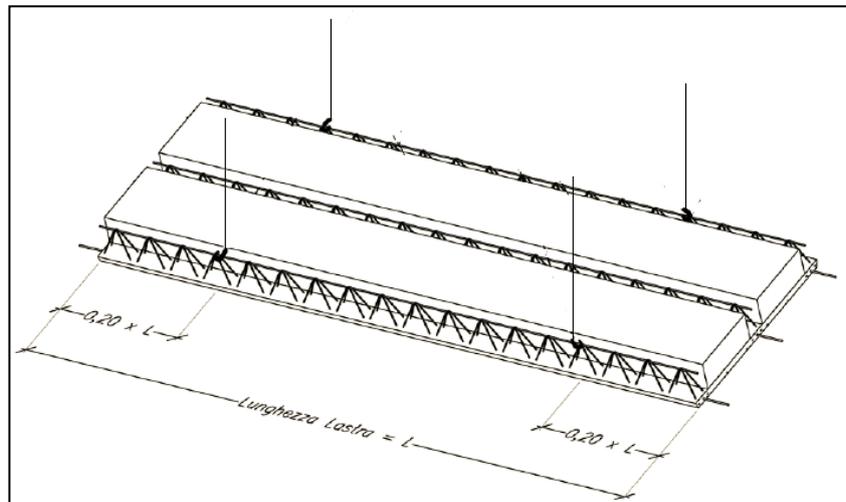


Figura 2 – Punti di aggancio delle predalle

I risultati dell'analisi statica agli elementi finiti confermano in via preliminare la soluzione costruttiva adottata per il bilancino.

La massima tensione equivalente è pari a 16 MPa mentre lo spostamento massimo è di 0.5 mm.

Durante la fase di posa in opera è necessario accompagnare le predalle: l'operazione viene effettuata collegando all'estremità una fune di lunghezza tale da consentire all'operatore che la trattiene di guidare il movimento senza trovarsi nella potenziale area di caduta del pezzo. Il vettore si posiziona in corrispondenza del punto di scarico, posto lateralmente alla cella, tutte le fasi relative all'aggancio, la movimentazione e la posa in opera delle predalle vengono gestite in maniera manuale o semiautomatica. Il tempo stimato per la posa di una singola predalle è di circa 65 minuti; ipotizzando di lavorare su due turni giornalieri da 8 ore ciascuno, il tempo complessivo per realizzare la copertura di una cella è di quattro giorni lavorativi.

Il posizionamento delle predalle prepara le operazioni di sigillatura che saranno completate con un opportuno getto di calcestruzzo. La specifica soluzione adottata sarà identificata nelle fasi successive del progetto, anche alla luce degli indirizzi del progetto di qualifica delle barriere di deposito.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



9 MOVIMENTAZIONE DELLA PROTEZIONE TEMPORANEA

9.1 CARATTERISTICHE DELLA PROTEZIONE TEMPORANEA

Una volta realizzata e prima del suo riempimento la cella di deposito è protetta tramite una protezione temporanea. Tale protezione è prevista su tutte le celle in attesa di caricamento; essa è costituita da una struttura modulare coperta con pannelli tali da garantire il deflusso delle acque meteoriche, la stessa viene posizionata al di sopra della cella di deposito al fine di garantire una protezione contro gli agenti atmosferici durante tutto il periodo pre-operazionale. La singola sezione è rappresentata in Figura 3:

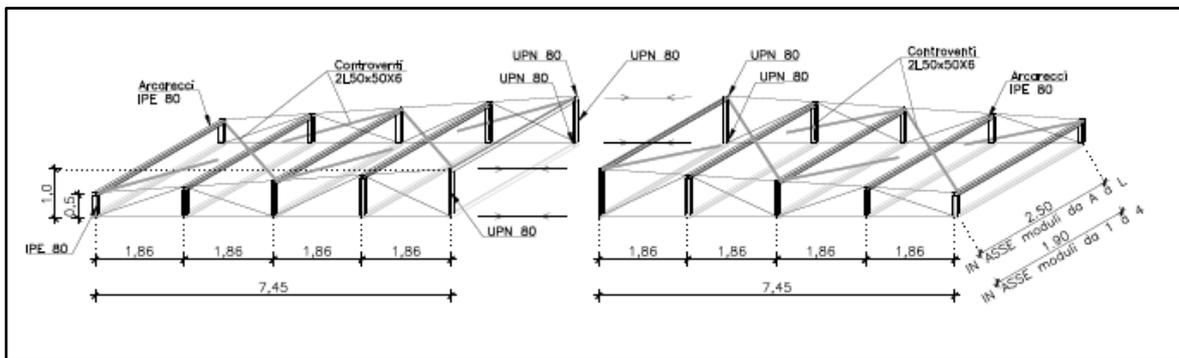


Figura 3 – Assonometria sezione della protezione temporanea

Nel dettaglio, ogni sezione è costituita da due capriate collegate da arcarecci IPE 80 sui quali viene bullonata una lamiera grecata a copertura della sezione; gli stessi profili sono utilizzati per collegare i correnti inferiori delle due capriate. Il numero totale di sezioni necessarie a coprire una cella è undici e vengono accostate le une alle altre così come indicato nel documento [Rif. 21.]. Con riferimento alla Figura 4 le principali dimensioni della capriata sono:

- L1 14.90 metri
- L2 e L3 7.50 metri

Altezza di colmo h2 1.00 metri; h1 0.50 metri.

La massa della singola sezione è pari a 3500 kg.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---

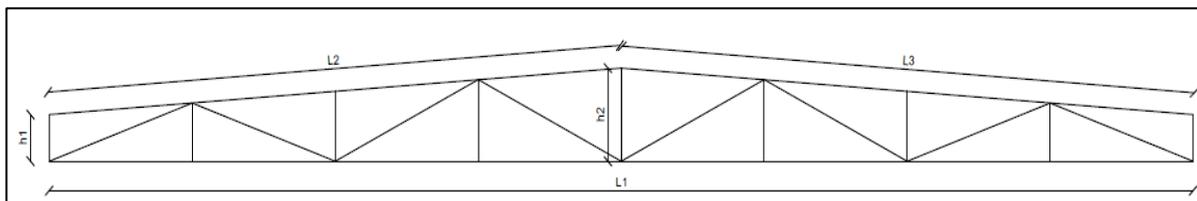


Figura 4 – Dimensioni caratteristiche della capriata

La struttura poggia su entrambi i lati sui setti perimetrali longitudinali della cella e sul setto centrale. I profili utilizzati per la capriata sono i seguenti:

- 2L 80x60x6 per i correnti inferiori e superiori
- 2L 50x50x6 per i montanti e le diagonali
- IPE 80 per gli arcarecci in copertura

Per maggiori dettagli si rimanda al documento di cui al [Rif. 21.].

9.2 MOVIMENTAZIONE DELLA PROTEZIONE TEMPORANEA E BILANCINO DI SOLLEVAMENTO

Le diverse sezioni della protezione temporanea sono posizionate sui setti della cella in attesa di riempimento mediante un'autogru e secondo un determinato piano di montaggio.

La movimentazione delle singole sezioni nelle celle di deposito in lavorazione è ad opera della gru a cavalletto. La gru si posiziona sulla cella protetta dalla protezione temporanea e, attraverso un bilancino, solleva la singola sezione movimentandola su un vettore posizionato lateralmente alla cella. Il dettaglio della sequenza delle operazioni compiute per eseguire la movimentazione delle sezioni della protezione è di seguito descritta:

- trasporto del bilancino di sollevamento della sezione in corrispondenza della cella in lavorazione; il bilancino viene trasportato dall'esterno tramite un vettore il quale si posiziona lateralmente alla cella in lavorazione e alla stessa altezza della gru. Il bilancino è disposto sul pianale del vettore di trasporto con la sua dimensione maggiore parallela alla direzione longitudinale della cella.
- traslazione del carrello e suo posizionamento in asse con il vettore di trasporto e discesa dello *spreader* per consentire l'aggancio del dispositivo di sollevamento
- sollevamento del bilancino fino al punto morto superiore e traslazione del carrello in corrispondenza del centro della cella in lavorazione
- traslazione della cabina di comando verso l'estremità della sua corsa in direzione opposta alla corsia di scorrimento riservata ai mezzi di trasporto

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



- rotazione della ralla di 90°; il bilancino si dispone con la sua dimensione maggiore perpendicolare alla direzione longitudinale della cella
- traslazione della gru verso la prima sezione della cella
- discesa del bilancino e ancoraggio della sezione della protezione in corrispondenza di N°4 nodi
- sollevamento della sezione fino al punto morto superiore
- rotazione della ralla di 90°; la sezione della protezione si dispone con la dimensione maggiore parallela alla direzione longitudinale della cella
- traslazione del carrello e suo posizionamento in asse con il vettore dedicato al trasporto delle sezioni della protezione. Il vettore si posiziona lateralmente alla cella
- discesa dello spreader, posizionamento e scarico della sezione sul pianale del vettore di trasporto il cui pianale deve essere perfettamente in piano. Il pianale è predisposto con appoggi montati su ralla e slitta con i supporti per l'eventuale trasporto di più sezioni contemporaneamente. Le sezioni stesse vanno fissate saldamente con funi antiribaltamento

Il bilancino utilizzato per il sollevamento delle sezioni della protezione temporanea è del tipo ad "H" ed è costituito da travi HEA 240 ricavate da profili in acciaio al carbonio C40. Il modello tridimensionale del dispositivo di presa è mostrato nella Figura 1.

Il dispositivo di presa è provvisto di:

- quattro punti di attacco superiori costituiti da tiranti collegati, mediante accoppiamento con *twist lock*, con lo *spreader* di sollevamento del modulo; i tiranti sono posizionati su dei piatti di chiusura saldati sull'estremità di profili HEA
- quattro attacchi inferiori ognuno collegato, mediante tirante di catena, ad un nodo della sezione da sollevare

I ganci di interfaccia tra la macchina ed il carico da sollevare garantiscono requisiti di affidabilità sia statica che funzionale in accordo a quanto definito dalla norma di cui al [Rif. 17.]. Le caratteristiche del singolo gancio sono di seguito descritte:

- tipo: semplice ad occhio
- portata: 2000 kg
- materiale: acciaio al carbonio
- classe di resistenza meccanica: M

I tiranti utilizzati sono del tipo ad un braccio in catena d'acciaio legato. L'operazione di posizionamento del vettore di trasporto in corrispondenza del punto di carico delle sezioni viene gestita in automatico; le fasi relative all'aggancio, la movimentazione e la posa delle sezioni sul pianale del vettore di trasporto vengono gestite in maniera manuale o

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



semiautomatica. Il tempo complessivo di rimozione degli elementi della protezione temporanea è pari a 4 giorni.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



10 RIEPILOGO TEMPI DI PROCESSO CELLA

La serie delle operazioni su ciascuna cella che, al termine della sua costruzione, consentono la completa messa a dimora dei moduli al suo interno sono le seguenti:

- traslazione della copertura mobile e della gru a cavalletto in corrispondenza della nuova cella da riempire
- rimozione degli elementi della protezione temporanea
- riempimento della cella con i moduli
- riempimento della cella con sabbia
- posizionamento delle predalle
- operazioni di sigillatura della cella

Al fine di stimare il tempo minimo di esercizio della cella si considera che il riempimento proceda al ritmo produttivo massimo di 8 moduli giornalieri.

Per le operazioni di sigillatura della cella, che saranno analizzate durante fasi successive della progettazione, si ipotizza un tempo di riferimento indicativo di 5 giorni.

Per le rimanenti fasi i tempi sono quelli definiti nel presente documento e riepilogati nella tabella seguente:

Operazioni	TEMPO [gg]
Traslazione attrezzature su cella da riempire	0,5
Rimozione degli elementi della protezione temporanea	4
Riempimento della cella con i moduli	30
Riempimento della cella con sabbia	7,25
Posizionamento delle predalles	4
Operazioni di sigillatura della cella	5
TEMPO MINIMO COMPLESSIVO	51

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



11 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [Rif. 1.] Decreto Ministeriale 7 Agosto 2015 "Classificazione dei rifiuti radioattivi ai sensi dell'articolo 5 del decreto legislativo 4 Marzo 2014, n. 45"
- [Rif. 2.] IAEA Safety Standards - General Safety Guide No. GSG-1 "Classification of Radioactive Waste, 2009
- [Rif. 3.] Decreto Legislativo 15 febbraio 2010, n. 31 e ss.mm.ii - "Disciplina della localizzazione, della realizzazione e dell'esercizio nel territorio nazionale di impianti di produzione di energia elettrica nucleare, di impianti di fabbricazione del combustibile nucleare, dei sistemi di stoccaggio del combustibile irraggiato e dei rifiuti radioattivi, nonché misure compensative e campagne informative al pubblico, a norma dell'articolo 25 della legge 23 luglio 2009, n. 99"
- [Rif. 4.] DN DN 00068 - Unità Smaltimento Moduli - Relazione descrittiva generale
- [Rif. 5.] DN DN 00077 - Unità Smaltimento Moduli - Architettonico cella
- [Rif. 6.] DN DN 00075 - Unità Smaltimento Moduli - Planimetria generale
- [Rif. 7.] DN DN 00094 - Unità Smaltimento Moduli - Architettonico stazione di recapito drenaggi, uscita e ingresso materiali e personale
- [Rif. 8.] DN DN 00081 - Unità Smaltimento Moduli - Assieme gru a cavalletto
- [Rif. 9.] DN DN 00084 - Unità Smaltimento Moduli - Relazione tecnica generale elettrostrumentali e speciali
- [Rif. 10.] DN DN 00044 - Impianto Confezionamento Moduli - Relazione Tecnica Sistemi di movimentazione
- [Rif. 11.] DN DN 00082 - Unità Smaltimento Moduli - Fase di riempimento celle
- [Rif. 12.] DN DN 00131 - Unità Smaltimento Moduli - Fase di riempimento celle con sabbia Sezioni
- [Rif. 13.] DN DN 00096 - Unità Smaltimento Moduli - Sinottico caricamento moduli, sabbia e predalle
- [Rif. 14.] EN 13764-1:2011 Railway applications - Track - Rail Part 1: Vignole railway rails 46 kg/m and above
- [Rif. 15.] Direttiva Macchine. 2006/42/CE

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli Relazione Tecnica Gru a Cavalletto	ELABORATO DN DN 00079 REVISIONE 01
--	---



- [Rif. 16.] Norme F.E.M. 1.001 - Federazione Europea Manutenzione
- [Rif. 17.] NUREG 0554 - "Single failure proof cranes for Nuclear Power Plants" UNI 9465 Ganci per gli apparecchi di sollevamento. Proprietà meccaniche, portate, tensioni e materiali
- [Rif. 18.] ASME NOG-1-2010 Rules for Construction of Overhead and Gantry Cranes
- [Rif. 19.] DN DN 00221 – Impianto Produzione Moduli – Assieme pinza di presa modulo e coperchio
- [Rif. 20.] DN DN 00132 - Unità Smaltimento Moduli - Assieme tramoggia di caricamento sabbia
- [Rif. 21.] DN DN 00231 - Unità Smaltimento Moduli - Assieme protezione temporanea Celle di Deposito
- [Rif. 22.] DN DN 00095 - Unità Smaltimento Moduli - Sinottico movimentazione copertura mobili
- [Rif. 23.] DN DN 00122 – Impianto Produzione Celle – Relazione descrittiva generale
- [Rif. 24.] ENEA-DISP – Guida Tecnica N. 26. "Gestione dei rifiuti radioattivi", 1987