

Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale

Codice DN DN 00122 Fase del progetto Preliminare Data 26/02/2018 Pag 1



Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



INDICE

1	ACRONIMI.....	3
2	PREMESSA.....	4
3	SCOPO.....	5
4	OGGETTO.....	6
5	L'IPC NEL CONTESTO GENERALE DI SITO.....	7
6	DESCRIZIONE GENERALE UNITA' SMALTIMENTO MODULI.....	8
6.1	LE CELLE DI DEPOSITO.....	11
7	DESCRIZIONE AREE DELL'IMPIANTO.....	14
7.1	STAZIONI DI BETONAGGIO.....	14
7.2	AREE STOCCAGGIO MATERIALI E LOCALI TECNICI.....	15
7.3	RIMESSA MACCHINARI DI CANTIERE.....	16
8	ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE E FASI DI LAVORO.....	17
8.1	FASI DI LAVORO COSTRUZIONE USM.....	18
8.2	SIGILLATURA CELLE DI DEPOSITO.....	40
9	COPERTURA MULTISTRATO.....	42
10	MACCHINARI ED ATTREZZATURE DI CANTIERE.....	43
11	TEMPISTICHE FASI DI LAVORO.....	46
12	STIMA DEL PERSONALE.....	57
13	RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI.....	61

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



1 ACRONIMI

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

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



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. 1] – attività molto bassa e a bassa attività [Rif. 30] - VLLW e LLW secondo [Rif. 31]) 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. 1] – media attività e alta attività [Rif. 30] - ILW e HLW secondo [Rif. 31]).

Nell'ambito dell'incarico ricevuto, la Sogin dovrà:

- gestire le attività finalizzate alla localizzazione del sito per il Deposito Nazionale e Parco Tecnologico
- curare le attività connesse alla progettazione ed al procedimento autorizzativo relativo alla realizzazione ed esercizio del DNPT
- provvedere alla realizzazione e all'esercizio del DNPT

La struttura sarà realizzata all'interno di un Parco Tecnologico, che costituirà un centro di eccellenza italiano aperto a collaborazioni internazionali, con laboratori dedicati alle attività di ricerca e formazione nel campo della bonifica ambientale dei siti nucleari e della gestione dei rifiuti radioattivi.

Il Deposito sarà una struttura di superficie, progettata sulla base delle migliori esperienze internazionali che consentirà la sistemazione definitiva dei rifiuti di bassa e media attività e lo stoccaggio temporaneo dei rifiuti di alta attività e del combustibile irraggiato.

In particolare l'Impianto Produzione Celle (IPC) è l'area attrezzata e configurata come un grande cantiere per la costruzione del Unità Smaltimento Moduli (USM) [Rif. 4], [Rif. 8].

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



3 SCOPO

La presente relazione contiene la descrizione generale del Impianto Produzione Celle (IPC) e delle sue componenti principali nell'ambito del progetto preliminare del Deposito Nazionale e Parco Tecnologico finalizzato alla pubblicazione e presentazione al Seminario Nazionale così come richiesto dalla legge di cui al [Rif. 29].

L' IPC rappresenta l'impianto che ospiterà tutti i materiali destinati alla realizzazione delle Celle di Deposito dell'USM.

Le descrizioni dei sistemi che compongono l'impianto hanno lo scopo di fornire una panoramica generale dei sistemi stessi e delle loro principali caratteristiche. Ciascuna parte dell'impianto infatti è descritta in dettaglio nella relativa documentazione di riferimento, a cui si rimanda nei capitoli successivi. Si precisa che il progetto preliminare dell'IPC è stato sviluppato senza tener conto di vincoli imposti dalle caratteristiche del sito che lo ospiterà perché non ancora individuato. Il progetto definitivo sarà invece sviluppato tenendo conto delle caratteristiche e dello spazio disponibile nel sito destinato ad ospitare il DNPT e della definizione delle caratteristiche delle barriere qualificate (in particolare per la ricetta del calcestruzzo per la realizzazione delle Celle di Deposito), attività che si svilupperà parallelamente all'attività di progettazione.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



4 OGGETTO

La presente relazione contiene la descrizione generale dell'Impianto di Produzione Celle (IPC) e dei suoi componenti principali.

L'IPC è costituito da una zona attrezzata configurata come una grande area di cantiere finalizzata alla costruzione del USM. Lo scopo di aver individuato e delimitato tale area all'interno del perimetro del Deposito Nazionale è quello di garantire la costruzione delle Celle di Deposito (CdD) nel rispetto della *qualifica* della composizione del calcestruzzo e della procedura di realizzazione dell'opera¹, nonché dei vincoli temporali dettati dal programma di realizzazione del DN e del conferimento dei manufatti.

Infatti la prossimità dell'IPC all'USM consentirà di effettuare in tempi contenuti le gettate continue del calcestruzzo che realizzeranno l'USM secondo gli standard qualitativi richiesti.

Nel presente documento si descrivono:

- i processi e le fasi realizzative delle CdD
- le peculiarità e le destinazioni delle varie zone che compongono l'IPC
- le tipologie e il numero delle macchine di cantiere impiegate
- il numero ed il profilo professionale delle maestranze presenti in cantiere
- le stazioni di betonaggio per la produzione del calcestruzzo

Per le attività svolte, l'IPC si configura come un impianto di tipo convenzionale industriale.

¹ La qualifica delle barriere in calcestruzzo del DN ha l'obiettivo di definire le caratteristiche chimiche, fisiche, meccaniche nonché le procedure di realizzazione e qualificazione del *Modulo* e della *Cella di Deposito*, al fine di *implementare la soluzione ingegneristica definitiva ed assicurare a lungo termine (350 anni) la sicurezza strutturale e la funzionalità di isolamento e confinamento dei radionuclidi*.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



5 L'IPC NEL CONTESTO GENERALE DI SITO

Il sito del DNPT nel suo complesso è costituito da un'area destinata al Deposito Nazionale ed un'area dedicata al Parco Tecnologico. Nell'area Parco Tecnologico saranno realizzati sia impianti/installazioni funzionalmente collegate all'area Deposito Nazionale sia impianti/installazioni utili per integrare il DNPT con il tessuto socio-economico della regione dove verrà realizzato [Rif. 3].

Nell'area Deposito Nazionale saranno realizzate le installazioni dedicate alla sistemazione definitiva dei rifiuti radioattivi a bassa e media attività, quelle dedicate allo stoccaggio a titolo temporaneo dei rifiuti radioattivi ad alta attività, nonché altre installazioni ausiliarie o dedicate alla gestione rifiuti radioattivi.

Le installazioni dedicate alla sistemazione definitiva dei rifiuti radioattivi sono l'Impianto Confezionamento Moduli (ICM), l'Impianto Produzione Moduli (IPM) e l'Unità Smaltimento Moduli (USM). L'ICM ha la funzione di confezionare ed immobilizzare i manufatti contenenti i rifiuti (prima barriera di confinamento) all'interno di moduli in calcestruzzo speciale che costituiscono la seconda barriera di deposito. I moduli vengono poi trasferiti alle celle (terza barriera) che costituiscono l'unità base dell'USM. Ciascuna cella è realizzata in conglomerato cementizio armato e ha la funzione di alloggiare i moduli impilati su più strati.

Nel Impianto Produzione Celle si svolgono tutte le attività funzionali alla costruzione delle Celle di Deposito e alle altre strutture che compongono l'USM al fine di mettere a dimora i moduli contenenti i manufatti di rifiuti radioattivi di bassa e media attività.

La posizione del IPC nel contesto generale di sito, come quella di tutti gli altri impianti e strutture DN, è stabilita in funzione alle attività svolte dall'impianto stesso ed in riferimento ai processi e ai flussi interfunzionali con gli altri impianti principali. Nel progetto attuale l'IPC è collocato all'intero di una propria area recintata in prossimità del confine esterno del Deposito Nazionale ed in prossimità dell'area in cui sorge l'USM e l'impianto IPM. Tale disposizione potrà subire una variazione nei successivi sviluppi ed in fase di riprogettazione una volta note le caratteristiche del sito reale di ubicazione del DNPT.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



6 DESCRIZIONE GENERALE UNITA' SMALTIMENTO MODULI

Nell'ambito della progettazione preliminare del Deposito Nazionale e Parco Tecnologico (DNPT), l'installazione dedicata alla sistemazione definitiva dei rifiuti radioattivi a bassa e media attività è costituita dal Unità Smaltimento Moduli (USM). L'impianto ha la funzione di ospitare i moduli, ovvero i contenitori in calcestruzzo in cui vengono immobilizzati i manufatti contenenti rifiuti radioattivi di bassa e media attività.

La stima d'inventario nazionale dei rifiuti radioattivi classificati di bassa e media attività secondo D.lgs. n.31 del 15 febbraio 2010 [Rif. 29] da conferire a deposito, prevede un volume totale di manufatti che include sia i rifiuti radioattivi di origine energetica, sia i rifiuti provenienti dalle attività medicali, industriali e di ricerca, considerando sia quelli prodotti in passato che quelli che continueranno ad essere prodotti nei prossimi 50 anni (assumendo l'operatività del DN pari a circa 40 anni dall'entrata in esercizio) [Rif. 28].

Sulla base di tale stima di inventario, si prevede un'area di smaltimento che è complessivamente costituita da 9 file di 10 celle, ciascuna delle quali rappresenta un sistema indipendente che può essere caricato e gestito senza interferire con gli altri. Nell'attuale configurazione di progetto, le celle sono raggruppate in due semi-blocchi di 45 celle ciascuno, disposte in file da 5 elementi. La progettazione delle celle è modulare e flessibile, pertanto è possibile un'eventuale estensione della capacità volumetrica e/o una variazione della disposizione delle celle stesse qualora le stime di inventario e/o le caratteristiche morfologiche del sito prescelto lo richiedessero.

Le celle sono collegate sul fondo da gallerie tecniche all'interno delle quali sono sistemate le tubazioni del sistema di monitoraggio ([Rif. 5]).

Ogni cella è capace di accogliere 240 moduli disposti su cinque livelli. Le CdD sono costruite tutte allo stesso livello, parzialmente al di sotto del livello campagna. La progettazione delle CdD è flessibile, pertanto è possibile un'eventuale variazione della disposizione delle celle stesse qualora l'inventario e/o le caratteristiche morfologiche del sito prescelto lo richiedessero.

Le 90 CdD che compongono l'USM sono realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera, secondo ricetta e procedura qualificati per una lunga durata².

L'attuale progetto preliminare, indipendente dalle caratteristiche del sito di ubicazione del DNPT, prevede una disposizione delle celle per cui, al completamento della realizzazione dell'USM, l'area complessiva occupata sarà pari a circa 10 [ha] (escluso l'ingombro della copertura multistrato [Rif. 4], [Rif. 8]).

² La qualifica delle barriere in calcestruzzo del DN ha l'obiettivo di definire le caratteristiche chimiche, fisiche, meccaniche nonché le procedure di realizzazione e qualificazione del *Modulo* e della *Cella di Deposito*, al fine di *implementare la soluzione ingegneristica definitiva ed assicurare a lungo termine (350 anni) la sicurezza strutturale e la funzionalità di isolamento e confinamento dei radionuclidi*

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



Le file di celle sono servite da viabilità interna e perimetrale e da torrini di accesso alle gallerie tecniche sotto le celle. L'USM è organizzato in due semi-blocchi simmetrici di 45 celle ciascuno facilitando l'esecuzione in parallelo delle fasi di costruzione del complesso con quelle di caricamento delle celle [Rif. 8].

Ogni fila è provvista di galleria tecnica d'ispezione interrata lunga 193,05 m. Le gallerie d'ispezione sono fra loro collegate da gallerie di raccordo su cui si trovano i torrini di accesso. Sono previste 3 gallerie di raccordo: due laterali, situate agli estremi dei due semi-blocchi dell'USM, una centrale connessa alla stazione unica di recapito drenaggi [Rif. 6]. Nelle gallerie sono alloggiati i collettori di monitoraggio e i collettori dedicati al drenaggio delle acque meteoriche, quelle che possono entrare nelle celle durante la fase intermedia fra la fine della realizzazione e l'inizio del caricamento [Rif. 5]. Tutti i collettori sono collegati alle vasche di raccolta situate nella stazione di recapito drenaggi.

Le file di celle sono servite da una copertura mobile e una gru a cavalletto traslabili per la fase di caricamento dei moduli di smaltimento nella cella [Rif. 12]. Le file di celle sono distanziate fra loro di 16,30 m in modo tale da poter ospitare, fra due file contigue, le platee di fondazione su cui insistono le vie di corsa su cui traslano coperture mobile e gru a cavalletto, oltre alla viabilità interna all'USM dedicata ai vettori di trasporto dei moduli [Rif. 12].

Ogni cella realizzata e pronta per il suo riempimento è coperta da una protezione temporanea metallica [Rif. 18]) sino al suo utilizzo; tale protezione evita l'ingresso delle acque meteoriche all'interno della cella e migliora la conservazione del calcestruzzo e dell'opera.

Prima di iniziare la fase di caricamento della cella, la protezione temporanea viene rimossa e sulla cella viene invece posizionata la copertura mobile e la gru a cavalletto.

Al termine del caricamento, la cella viene schiusa e sigillata.

Quando tutte le celle saranno riempite, chiuse e sigillate e tutto l'inventario previsto sarà stato smaltito (fase di esercizio della durata indicativa di 40 anni), l'USM sarà ricoperto e protetto attraverso la realizzazione di una copertura multistrato³ (o collina) che avrà la funzione di realizzare una ottimale captazione e drenaggio delle acque meteoriche, di resistere ai fenomeni di degrado quali fenomeni erosivi, frattura del terreno (smottamenti), azione della fauna e della flora (penetrazione delle radici) e di ritardare i fenomeni di degrado delle barriere in calcestruzzo dovuti agli agenti atmosferici [Rif. 7]. L'ultimo strato sarà costituito da terreno vegetale per favorire una migliore integrazione visiva nel contesto ambientale.

³ Tipologia, spessore e conformazione della collina multistrato è attualmente in fase di analisi e sarà basata sulle esperienze internazionali e sulla configurazione definitiva del USM.

Complessivamente si stima che per la realizzazione dell'USM si getteranno circa 200.000 m³ di calcestruzzo.

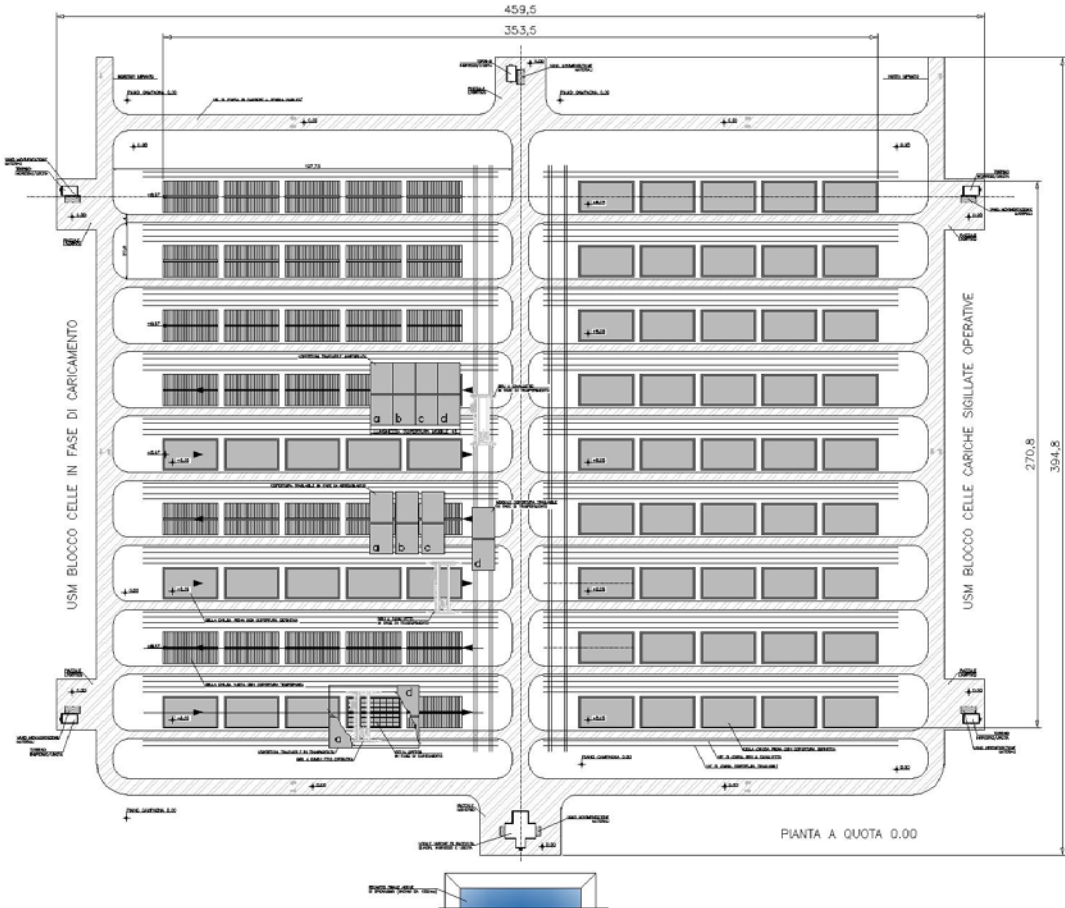


Figura 1. Planimetria USM

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



6.1 LE CELLE DI DEPOSITO

Le Celle di Deposito che compongono l'USM costituiscono la terza barriera ingegneristica in calcestruzzo armato per i manufatti di rifiuti radioattivi di bassa e media attività del DN.

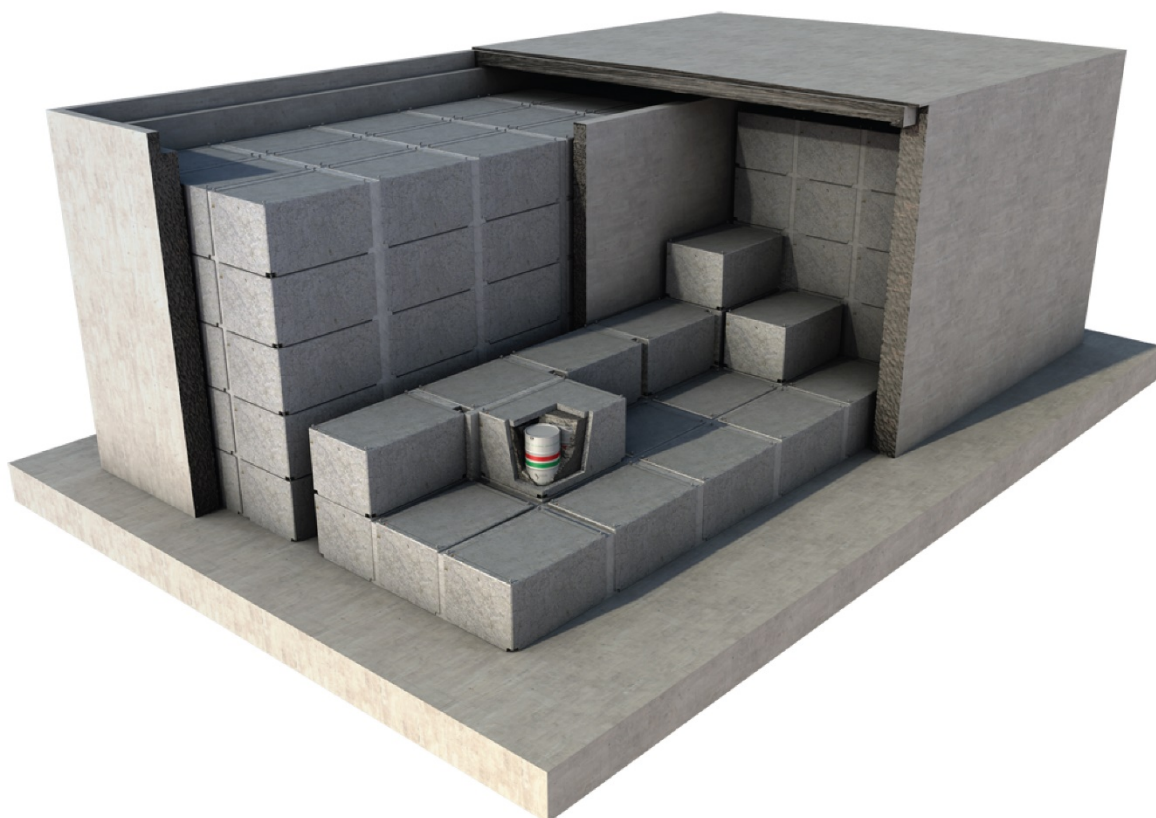


Figura 2. Rappresentazione di una Cella di Deposito (CdD)

Ogni cella è un organismo strutturale indipendente, costituito da una struttura scatolare con pareti e “piastra” di fondazione in c.a. gettate in opera, interconnessa in fondazione alle celle in asse contigue attraverso appositi giunti di tipo “water-stop” [Rif. 9].

La struttura della cella è parzialmente interrata rispetto al piano di campagna. La quota d’imposta della piastra di fondazione risulta essere un compromesso tra la necessità di evitare profondità eccessive e quindi possibili interferenze con la zona di polmonazione della falda freatica (risalita delle acque sotterrane) e allo stesso tempo evitare una eccessiva altezza delle strutture fuori terra (celle con copertura mobile e gru a cavalletto prima, collina multistrato di copertura finale poi).

La cella è dimensionata per accogliere 240 moduli disposti su cinque livelli ed è composta dai seguenti elementi principali:

- galleria tecnica d’ispezione interrata

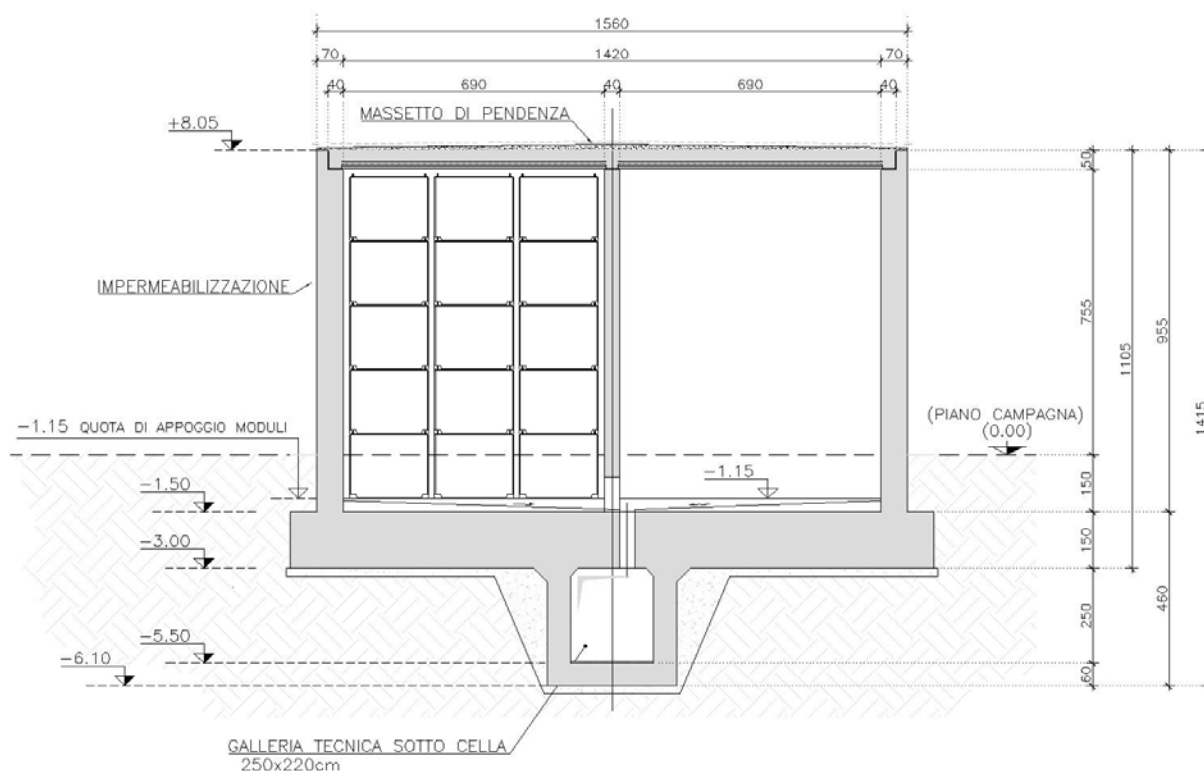
Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



- piastra di fondazione, spessa 1,50 m
- pareti esterne, spesse 0,70 m
- un setto centrale di irrigidimento in direzione longitudinale, spesso 0,40 m

Il fondo della cella è realizzato in modo da garantire, allo stesso tempo, il corretto impilaggio dei moduli e il convogliamento delle eventuali acque di infiltrazione verso i pozzetti di aggotamento. A tal fine, sul fondo della cella viene realizzato un massetto con pendenza opportuna verso gli inserti di scarico cella; sopra il massetto si getta uno strato di livellamento in calcestruzzo poroso permeabile che costituisce il piano di appoggio su cui vengono impilati i moduli.

Concluso il caricamento della cella, gli spazi tra i moduli sono riempiti con materiale inerte (sabbia o altro materiale con caratteristiche opportune) che ha la funzione di immobilizzare i moduli ed assicurarne stabilità all'impilaggio, senza tuttavia impedirne un'eventuale rimozione futura. La sigillatura definitiva della Cella di Deposito è realizzata mediante l'impiego di dalle prefabbricate larghe 120 cm, spesse 10 cm e getto in calcestruzzo di spessore 40 cm (spessore totale 50 cm). Gli elementi prefabbricati poggiano da un lato sulla parete esterna della cella dall'altro lato sul setto interno. Una volta completato il getto di sigillatura della cella, si realizza un massetto con pendenze a doppia falda. Sia il massetto sia le pareti esterne della cella vengono quindi ricoperte da una guaina impermeabile [Rif. 15].



Relazione Tecnica Impianto Produzione Cella – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



Figura 3. Sezione trasversale Cella di Deposito

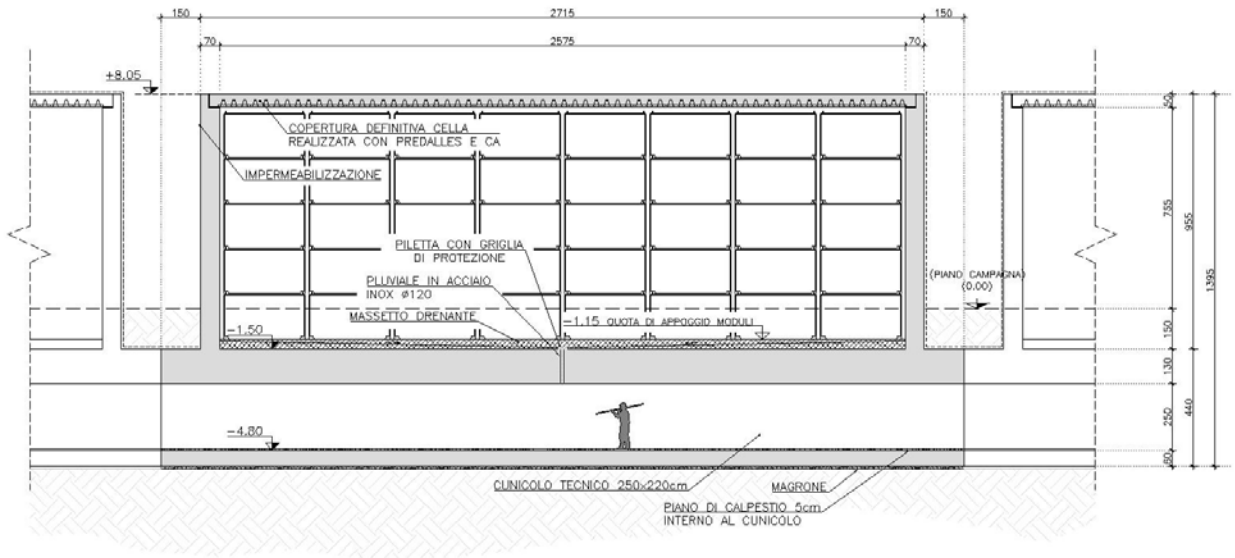


Figura 4. Sezione longitudinale Cella di Deposito

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



7 DESCRIZIONE AREE DELL'IMPIANTO

L'IPC è configurato come un cantiere convenzionale, funzionale alla costruzione dell'USM, in cui si trovano le stazioni di betonaggio che producono il calcestruzzo per la costruzione di tutti gli elementi gettati in opera, le aree di stoccaggio dei materiali, i locali tecnici, la rimessa per i macchinari di cantiere e i locali direzionali.

L'area di cantiere è delimitata con una recinzione fissa lungo tutto il perimetro e per tutta la durata dei lavori.

Ai fini della sicurezza del cantiere si prevede la realizzazione dell'illuminazione artificiale del perimetro esterno (in corrispondenza della recinzione) e delle aree interne durante le ore notturne e in mancanza di visibilità.

La velocità massima all'interno dell'area di cantiere è di 5 km/h, tale da garantire la stabilità dei mezzi e dei loro carichi. Gli automezzi autorizzati all'accesso in cantiere saranno parcheggiati in appositi spazi e solo per il tempo necessario ai lavori.

Si prevede di realizzare il piano viabile dei percorsi di servizio e dei piazzali interni alle aree di cantiere con inerti di varie pezzature, miscelati secondo un'opportuna curva granulometrica e adeguatamente costipati.

La viabilità interna dell'IPC è suddivisa in due settori funzionali al fine di evitare l'interferenza dei mezzi adibiti al trasporto dei materiali, che arrivano dall'esterno, con quelli di cantiere, ed evitare le interferenze di quest'ultimi con i vettori di trasporto dei moduli che arrivano dall'ICM.

Nei paragrafi successivi si riporta la descrizione delle varie installazioni e aree presenti all'interno del perimetro che definisce l'impianto IPC ed in particolare:

- stazioni di betonaggio
- aree di stoccaggio materiali e locali tecnici
- rimessa macchinari di cantiere

7.1 STAZIONI DI BETONAGGIO

L'IPC è dotato di un sistema di produzione del calcestruzzo composto da due stazioni di betonaggio con stessa configurazione impiantistica e capacità produttiva oraria. Le stazioni di betonaggio devono confezionare, durante tutto l'arco temporale in cui si costruisce l'USM, una quantità di conglomerato cementizio (calcestruzzo e magrone per le fondazioni) di circa 200.000 m³.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



La singola stazione di betonaggio è dimensionata per far fronte al picco di produzione coincidente con il picco di costruzione previsto (paragrafo 8.1.14). La produzione del calcestruzzo è garantita h24 secondo una ricetta qualificata e controllata⁴.

Le stazioni sono dotate di sistemi di stoccaggio del materiale (silos, cisterne e tramogge) dimensionati per garantire una produttività di 10 giorni anche in caso di problemi nell'approvvigionamento delle scorte.

Per maggiori approfondimenti si rimanda alla relazione in cui si descrive in dettaglio la configurazione impiantistica e il funzionamento della stazione di betonaggio [Rif. 20], [Rif. 21], [Rif. 27].

7.2 AREE STOCCAGGIO MATERIALI E LOCALI TECNICI

L'IPC è dotato di aree coperte e all'aperto dedicate allo stoccaggio dei vari materiali da costruzione e dei macchinari, locali tecnici e servizi generici funzionali alle normali attività di cantiere.

All'interno del perimetro del IPC, i materiali da costruzione sono stoccati per tipologia, e, a seconda delle quantità e del grado di deperibilità, sono stoccati all'aperto in cumuli o al chiuso all'interno di capannoni di tipo industriale.

Attualmente si prevedono 6 capannoni dedicati ad ospitare:

- area per lo stoccaggio delle armature e gabbie d'armatura pre-assemblate, stoccate per differenti diametri e settori; area dedicata allo stoccaggio delle tubazioni per la costruzione dei sistemi di drenaggio delle celle di deposito, suddivisi per diametro e lunghezza; area dedicata allo stoccaggio dei binari per la costruzione delle vie di corsa per le coperture mobili e le gru a cavalletto
- stoccaggio sistemi di cassetta, sostegni e sistemi di ancoraggio dei casseri, suddivisi per forma e dimensione
- area dedicata allo stoccaggio dei sacchi di sabbia pre-caricati funzionali all'immobilizzazione dei moduli caricati nelle celle di deposito
- area dedicata allo stoccaggio delle dalle per la sigillatura delle celle caricate con i moduli
- area dedicata alla rimessa dei mezzi di cantiere

Gli aggregati per la produzione del calcestruzzo e gli inerti utilizzati per la nobilitazione del terreno di fondazione vengono stoccati all'aperto in cumuli suddivisi in base alla granulometria. Si hanno quindi, per la produzione del calcestruzzo [Rif. 21] cumuli di:

⁴ La qualifica delle barriere in calcestruzzo del DN ha l'obiettivo di definire le caratteristiche chimiche, fisiche, meccaniche nonché le procedure di realizzazione e qualificazione del Modulo+Grout (d'ora in avanti semplicemente 'Modulo'), al fine di *implementare la soluzione ingegneristica definitiva ed assicurare a lungo termine (350 anni) la sicurezza strutturale e la funzionalità di isolamento e confinamento dei radionuclidi.*

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



- ghiaia 3.000 m³
- ghiaino 5.500 m³
- sabbia 5.000 m³

Per le operazioni di nobilizzazione del terreno di fondazione si hanno tre cumuli di 3.000 m³ ciascuno, anche questi suddivisi per granulometria. La distinzione dei cumuli di aggregato per la produzione del calcestruzzo e gli inerti per la nobilizzazione del terreno di fondazione si rende necessaria data la possibilità di impiegare materiali con differenti proprietà fisico-meccaniche (non necessariamente gli inerti per la stesura dello strato di nobilizzazione devono avere le stesse proprietà degli aggregati impiegati per il confezionamento di calcestruzzo secondo ricetta qualificata).

Oltre alle aree e i locali per lo stoccaggio dei materiali, l'IPC è dotato dei servizi logistici necessari allo svolgimento del lavoro delle maestranze del cantiere come spogliatoi, infermeria per il primo soccorso e ufficio tecnico di cantiere.

Gli spogliatoi sono dimensionati in modo tale da garantire la superficie minima di 1,50-2,00 m² a persona e collegati con i locali docce. Le docce sono una ogni 10 lavoratori impiegati nel cantiere (vedi paragrafo 12).

Nell'area dell'IPC è presente anche un edificio dove si trovano gli uffici direzionali di cantiere, l'archivio delle documentazioni, l'ufficio tecnico e i laboratori di controllo e prove materiali dove si conducono i vari test di controllo della ricetta qualificata.

7.3 RIMESSA MACCHINARI DI CANTIERE

Nell'IPC è prevista un'area coperta per il rimessaggio dei mezzi di cantiere dove si possono svolgere anche gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria (se fattibile) sull'intero parco macchine.

La rimessa per i macchinari di cantiere è anche dotata di un'area dedicata alla pulizia dei mezzi impiegati per le operazioni di getto. A fine turno lavorativo, nei casi in cui i mezzi non siano impegnati nei getti in continuo (h24), le pompe-autocarrate e le autobetoniere vengono pulite per evitare incrostazioni e depositi di materiale che potrebbero inficiare la resa dei mezzi oltre a causarne la prematura usura e deterioramento.

La rimessa è dotata anche di postazioni per i carrelli elevatori elettrici, impiegati per la gestione dei depositi dei materiali, forniti di prese per l'alimentazione e la ricarica delle batterie dei carrelli stessi.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



8 ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE E FASIDILAVORO

Al fine di garantire la costruzione delle Celle di Deposito (CdD) nel rispetto della *qualifica* della composizione del calcestruzzo e della procedura di realizzazione dell'opera⁵, nonché dei vincoli temporali dettati dal programma di realizzazione del DN e del conferimento dei manufatti, si sono valutati e analizzati alcuni aspetti rilevanti:

- piano di conferimento dei manufatti al deposito e numero necessario di CdD l'anno
- tempi di riempimento e chiusura di una CdD
- numero di sistemi copertura mobile/gru a cavalletto necessari
- gestione contemporaneità dei processi principali: costruzione e caricamento celle

Partendo dalla stima d'inventario di riferimento per il progetto preliminare sviluppato [Rif. 28], si è valutato che l'USM dovrà essere in grado di ricevere e gestire, nella prima metà dell'esercizio del DN (15 anni), sino ad un massimo di 8 moduli al giorno per 200 giorni lavorativi annui, con una media di 1.600 moduli l'anno. Questo si traduce in un fabbisogno di picco massimo nei primi anni di celle pronte al caricamento pari a 6/7 celle.

Per quel che riguarda il sistema copertura mobile + gru a cavalletto senza cui non è caricabile la cella, e stimando i tempi legati alle operazioni che vanno dall'inizio del riempimento di una cella fino alla sua chiusura, sigillatura ed impermeabilizzazione finali (stimati globalmente in circa 100 giorni solari), è emersa la necessità di utilizzare un numero di strutture traslabili e gru a cavalletto pari a 3, in modo tale da essere sempre in grado di gestire i moduli in ingresso secondo le necessità ed i tempi ad oggi previsti.

Al fine di ottimizzare le movimentazioni delle 3 strutture mobili e 3 gru a cavalletto e permettere loro di lavorare su file di celle diverse, al tempo t_0 si ha la necessità di disporre di 5 file consecutive pronte (3 in lavorazione + 2 vuote). Volendo inoltre disporre, almeno nella prima fase di realizzazione delle fondazioni, di un'ulteriore fila di celle per mantenere separate l'area operativa del cantiere delle celle in costruzione e la zona controllata delle celle in esercizio, il numero di file che devono essere pronte al tempo t_0 è pari a 6.

Fatte tutte le considerazioni sopra dette, la costruzione del USM si suddivide in 3 macro fasi consecutive in cui si realizzano 6/7 file da 5 celle ognuna (salvo diverse considerazioni di partenza) (vedi paragrafo 11):

macro fase 1: 30 celle e predisposizione fasi successive; tempo stimato 4,2 anni

macro fase 2: 35 celle; tempo stimato 3,6 anni

⁵ La qualifica delle barriere in calcestruzzo del DN ha l'obiettivo di definire le caratteristiche chimiche, fisiche, meccaniche nonché le procedure di realizzazione e qualificazione del *Modulo* e della *Cella di Deposito*, al fine di *implementare la soluzione ingegneristica definitiva ed assicurare a lungo termine (350 anni) la sicurezza strutturale e la funzionalità di isolamento e confinamento dei radionuclidi*.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



macro fase 3: in numero e tempi secondo necessità da piano di conferimento

Tale suddivisione del cantiere in fasi successive permette inoltre di completare la costruzione delle Celle di Deposito con un anticipo di pochi anni rispetto al momento in cui saranno riempite e sigillate.

Poiché la principale criticità dell'IPC risiede nel riuscire a realizzare le CdD del USM contemporaneamente al caricamento dei moduli nelle celle già realizzate.

Il presente documento analizza le fasi di lavoro per la realizzazione del USM compatibilmente alle necessità tecnico/organizzative precedentemente esposte.

8.1 FASI DI LAVORO COSTRUZIONE USM

Nei paragrafi che seguono vengono descritte le operazioni che si svolgono durante l'esecuzione delle fasi di lavoro sequenziali in cui è stata schematizzata ogni macro fase di costruzione dell'USM.

In ogni paragrafo si riporta una sintetica descrizione del tipo di lavorazioni compiute, la quantità di materiali e/o terra movimentata, la tipologia di macchinari e le squadre di operai che si prevede intervengano in ogni fase di lavoro. Le lavorazioni si riferiscono alle macro fasi di costruzioni 1 e 2 successive, mentre non sono indicate le lavorazioni per la macro fase 3 che saranno del tutto simili alle precedenti, ma con tempistiche ancora da definire nel dettaglio e comunque non critiche.

Per la schematizzazione grafica delle fasi di lavoro, esposte nei paragrafi che seguono, si rimanda ai documenti [Rif. 22], [Rif. 23], [Rif. 24], [Rif. 25], [Rif. 26].

8.1.1 Fase 1: primo sbancamento

Esecuzione dello sbancamento dell'area su cui insisterà il primo semi-blocco dell'USM. La superficie da sbancare è di circa 10,40 [ha] per una profondità di scavo pari a 3,40 m (quota -3,40 m dal piano campagna), si deve quindi movimentare un volume di terreno pari a circa 343.000 m³. Per l'esecuzione del primo sbancamento si prevede l'impiego di apripista (o bulldozer), escavatori idraulici a benna rovescia, dumper per il trasporto del terreno, livellatrici e rulli compattatori.

8.1.2 Fase 2: trincea galleria centrale

Scavo della trincea per la galleria centrale (tunnel dorsale principale), torrino di accesso e stazione di recapito drenaggi. La superficie di scavo è di circa 1,20 [ha] per una profondità di scavo di 5,30 m (quota -8,70 m dal piano campagna) per un volume di

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



terreno pari a circa 44.710 m³. Per lo svolgimento della seconda fase si prevede l'impiego di escavatori idraulici a benna rovescia, dumper per il trasporto del terreno, livellatrici e rulli compattatori.

8.1.3 Fase 3: costruzione galleria centrale

Realizzazione della galleria centrale, del torrino di accesso [Rif. 17] e della stazione di recapito drenaggi [Rif. 13] (primo riferimento fisso del sistema). Questa fase è divisa in più step lavorativi sequenziali. Nella descrizione che segue sono riportati i quantitativi complessivi dei materiali e i mezzi impiegati nelle varie lavorazioni. La descrizione si riferisce al singolo settore della galleria definito dai giunti tecnici posti alle due estremità alla distanza di 31,90 m. A fine paragrafo si riportano i quantitativi complessivi dei materiali da impiegare per la costruzione dei 10 settori che costituiscono l'intera galleria centrale, oltre ai mezzi e la forza lavoro impiegati per la realizzazione.

- 1) Nobilitazione del terreno di fondazione con la stesura di uno strato d'inerte (sabbia) spesso 0,30 m (quota da piano campagna -8,50 m) per una superficie di circa 5.450 m² e una quantità di materiale posato di 1.635 m³. Per questa prima operazione si prevede l'impiego di dumper per il trasporto del materiale inerte (stabilizzato e/o sabbia), escavatori idraulici per lo scarico, livellatori e rulli compattatori per la posa in opera.
- 2) Getto del magrone di fondazione per uno spessore di 0,10 m (quota da piano campagna -8,40 m) per una superficie di circa 3.000 m² e un volume di getto pari a 300 m³. Per l'esecuzione dei lavori si prevede l'impiego di pompe-autocarrate per il getto del magrone e autobetoniere per il trasporto del calcestruzzo dalle stazioni di betonaggio ai punti di getto.
- 3) Posa in opera dei ferri di armatura per il fondo di un settore della galleria centrale per un volume di circa 0,83 m³ di materiale, armo casseri per il getto del fondo della galleria per una superficie di circa 38 m², getto del calcestruzzo per un volume di circa 119 m³ di materiale (quota finito -7,70 m da piano campagna).
- 4) Posa in opera dei ferri di armatura delle pareti verticali di un settore della galleria centrale per un volume di circa 1,21m³, armo dei casseri per il getto delle pareti per una superficie da casserare pari a 638 m², getto del calcestruzzo per un volume di 173 m³ (quota finito -3,00 m dal piano campagna).
- 5) Casseratura per la realizzazione della copertura di un settore della galleria centrale per una superficie di 198 m², posa delle armature per un quantitativo di ferri pari a 0,83 m³, getto del calcestruzzo per un volume di 119 m³ (quota finito -2,40 m da quota campagna).

In definitiva per la costruzione dei 10 settori che compongono la galleria centrale dell'USM (step da 3 a 5) si impiegano circa 29 m³ di ferri d'armatura, 8.740 m² di

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



casseri e 4.100 m³ di calcestruzzo. Per la costruzione della galleria si prevede l'impiego di pompe-autocarrate per il getto e autobetoniere per il trasporto del calcestruzzo dalle stazioni di betonaggio alle postazioni di getto, dumper per il trasporto dei ferri d'armatura e le cassature, gru a supporto delle operazioni di armo casseri. Oltre ai mezzi menzionati si prevede l'intervento di squadre di operai per il posizionamento dei ferri d'armatura, per il montaggio dei casseri e di supporto alle operazioni di getto (vibrazione getti).

La realizzazione del torrino di accesso alla galleria e quella della stazione di recapito dei drenaggi, dato la loro complessità sono valutate separatamente.

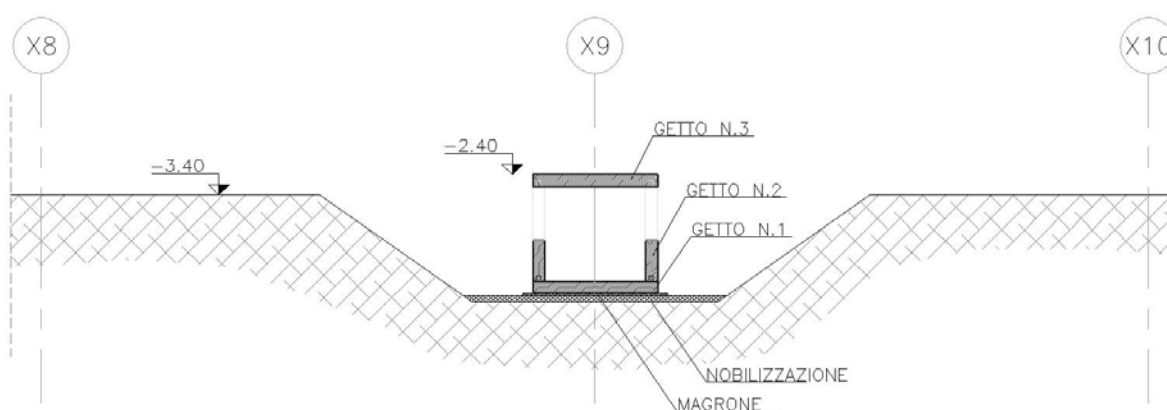


Figura 5. Sezione trasversale galleria centrale

8.1.4 Fase 4: trincee diramazioni da galleria centrale

Lo scavo delle trincee per l'alloggiamento delle 18 gallerie di diramazione da quella centrale (9 diramazioni per ogni semi blocco della USM) si compone di due step sequenziali.

- 1) Rinterro parziale della trincea scavata per la costruzione della galleria principale per un'altezza di 1,75 m (quota -6,65 m da piano campagna) per un volume complessivo di terreno di circa 6890 m³.
- 2) Scavo delle 18 trincee per le gallerie di diramazione per una profondità di scavo pari a 3,25 m (quota -6,65 m da piano campagna) per un volume complessivo di terreno rimosso paria a circa 20.500 m³.

Per questa fase lavorativa si prevede l'impiego di escavatori idraulici e dumper in entrambi gli step lavorativi, livellatrici e compattatori al termine dello scavo delle trincee.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



8.1.5 Fase 5: costruzione gallerie di diramazione

Come per la costruzione della galleria centrale, questa fase lavorativa è composta da step sequenziali in cui si descrive il procedimento di costruzione della singola galleria lunga 24,40 m. A fine paragrafo si riportano i quantitativi complessivi dei materiali da impiegare per la costruzione delle 18 gallerie oltre alla tipologia dei mezzi e la forza lavoro impiegati per realizzarle.

- 1) Nobilitazione del terreno di fondazione con la stesura di uno strato d'inerte spesso 0,30 m (quota da piano campagna -6,35 m) per una superficie di circa 286 m² e una quantità di materiale posato di 86 m³.
- 2) Getto del magrone di fondazione per uno spessore di 0,10 m (quota da piano campagna -6,25 m) per una superficie di circa 112 m² e un volume di getto pari a 11 m³.
- 3) Posa in opera dei ferri di armatura per il fondo della galleria di diramazione per un volume di circa 0,35 m³ di materiale, armo casseri per il getto del fondo della galleria per una superficie di circa 29 m², getto del calcestruzzo per un volume di circa 50 m³ di materiale (quota finito -5,65 m da piano campagna).
- 4) Posa in opera dei ferri di armatura delle pareti verticali della galleria di diramazione per un volume di circa 0,54 m³, armo dei casseri per il getto delle pareti per una superficie da casserare pari a 288 m², getto del calcestruzzo per un volume di 78 m³ (quota finito -3,00 m dal piano campagna).
- 5) Casseratura per la realizzazione della copertura della galleria per una superficie di 83 m², posa delle armature per un quantitativo di ferri pari a 0,35 m³, getto del calcestruzzo per un volume di 50 m³ (quota finito -2,40 m da quota campagna).

Per la costruzione delle 18 gallerie di diramazione si quantifica un impiego complessivo di 1.554 m³ di materiale inerte (stabilizzato e/o sabbia) per la posa dello strato di nobilitazione del terreno con l'impiego di dumper per il trasporto del materiale, escavatori idraulici per lo scarico, livellatori e rulli compattatori per la posa in opera.

Per il getto complessivo del magrone si necessita di circa 202 m³ di calcestruzzo, per la costruzione delle gallerie si ha bisogno di 22,5 m³ di ferri d'armatura, 7.210 m² di casseri e 3.190 m³ di calcestruzzo. Per l'esecuzione delle lavorazioni si prevede l'impiego di pompe-autocarrate per il getto e autobetoniere per il trasporto del calcestruzzo dalle stazioni di betonaggio alle postazioni di getto, dumper per il trasporto dei ferri d'armatura e le casserature, gru a supporto delle operazioni di armo casseri. Oltre ai mezzi menzionati si prevede l'intervento di squadre di operai per il posizionamento dei ferri d'armatura, per il montaggio dei casseri e di supporto alle operazioni di getto (vibrazione getti).

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---

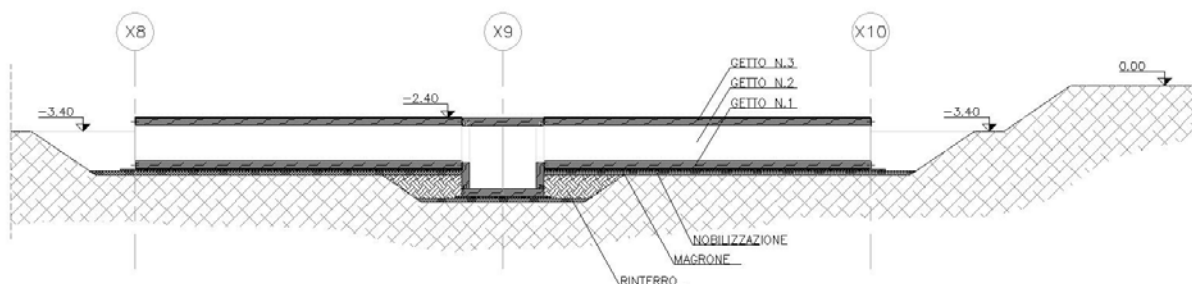


Figura 6. Sezione trasversale galleria di diramazione

8.1.6 Fase 6: scavo trincee gallerie tecniche Celle di Deposito

In questa fase si eseguono gli scavi delle trincee che ospiteranno le gallerie tecniche d'ispezione delle celle per metà dell'intero complesso USM (9 gallerie, primo semi-blocco della USM).

Per ognuna delle 9 trincee si ha una superficie di scavo 3.370 m^2 per una profondità di scavo di $3,10 \text{ m}$ (quota $-6,50 \text{ m}$ dal piano campagna) per un volume di terreno pari a circa 7.790 m^3 .

Per le 9 trincee si scavano complessivamente 70.110 m^3 di terreno prevedendo l'impiego di escavatori idraulici, dumper, livellatrici e rulli compattatori.

8.1.7 Fase 7: nobilizzazione e magrone trincee gallerie tecniche Celle di Deposito

La fase si compone di due step. Si riportano i quantitativi dei materiali impiegati in ogni passaggio riferito alla singola trincea.

- 1) Nobilizzazione del terreno di fondazione con la stesura di uno strato d'inerte spesso $0,30 \text{ m}$ (quota da piano campagna $-6,20 \text{ m}$) per una superficie di circa 1.833 m^2 e una quantità di materiale posato di 550 m^3 .
- 2) Getto del magrone di fondazione per uno spessore di $0,10 \text{ m}$ (quota da piano campagna $-6,10 \text{ m}$) per una superficie di circa 743 m^2 e un volume di getto pari a 74 m^3 .

Complessivamente, per le 9 trincee, vengono posati 4.950 m^3 di materiale inerte per lo strato di nobilizzazione, 770 m^3 di calcestruzzo per il getto del magrone. Per le operazioni di nobilizzazione si impiegano dumper per il trasporto del materiale, escavatori idraulici per lo scarico, livellatori e compattatori per la posa in opera. Per i getti del magrone pompe-autocarrate e autobetoniere per il trasporto del calcestruzzo dalle stazioni di betonaggio ai punti di getto.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



8.1.8 Fase 8: costruzione gallerie tecniche Cella di Deposito

In questo paragrafo si descrivono gli step per la costruzione delle 9 gallerie tecniche d'ispezione delle celle e le 9 gallerie di collegamento alla galleria laterale del primo semi-blocco della USM [Rif. 6], [Rif. 7]. Ogni galleria tecnica d'ispezione è composta da 5 elementi, giuntati fra loro, della lunghezza di 30,15 (corrispondenti alle 5 celle di cui è composta la singola fila) e di una galleria di collegamento alla dorsale secondaria lunga 18,10 m, per un totale di 45 + 9 elementi da realizzare. A fine paragrafo si riportano i quantitativi complessivi dei materiali da impiegare per la costruzione dei 54 settori che costituiscono le 9 gallerie, oltre ai mezzi e la forza lavoro impiegati per la realizzazione.

Nella descrizione che segue viene illustrata in ogni punto la sequenza di costruzione di un settore d'entrambe le due tipologie di gallerie che si realizzano in questa fase lavorativa.

- 1) Fondo galleria d'ispezione cella e galleria di collegamento (quota finito -5,50 m da piano campagna):
 - posa in opera dei ferri di armatura: 0,43 m³ per la galleria d'ispezione cella, 0,26 m³ per la gallerie di collegamento
 - armo casseri: 36 m² per la galleria d'ispezione cella, 22 m² per la galleria di collegamento
 - getto calcestruzzo: 62 m³ per la galleria d'ispezione cella, 37 m³ per la gallerie di collegamento.
- 2) Pareti verticali galleria d'ispezione cella e galleria di collegamento (quota finito -3,00 m da piano campagna):
 - posa in opera dei ferri di armatura: 0,68 m³ per la galleria d'ispezione cella, 0,38 m³ per la gallerie di collegamento
 - armo casseri: 340 m² per la galleria d'ispezione cella, 203 m² per la galleria di collegamento
 - getto calcestruzzo: 96 m³ per la galleria d'ispezione cella, 54 m³ per la gallerie di collegamento
- 3) Copertura galleria di collegamento (quota finito -2,40 m da piano campagna). La copertura per la galleria tecnica d'ispezione cella è realizzata in corrispondenza del getto della fondazione della cella stessa:
 - armo casseri: 62 m²
 - posa in opera dei ferri di armatura: 0,26 m³
 - getto calcestruzzo: 37 m³

In definitiva per la costruzione dei 45 segmenti che compongono le gallerie tecniche delle celle si impiegano circa 50 m³ di ferri d'armatura, 16.940 m² di casseri e 7.110 m³ di calcestruzzo; per le 9 gallerie di collegamento alla dorsale secondaria (galleria laterale) si utilizzano circa 8 m³ di ferri d'armatura, 2.575 m² di casseri e 1.155 m³ di calcestruzzo.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



Per la costruzione si prevede l'impiego di pompe-autocarrate per il getto e autobetoniere per il trasporto del calcestruzzo dalle stazioni di betonaggio alle postazioni di getto, dumper per il trasporto dei ferri d'armatura e le casserature, gru a supporto delle operazioni di armo casseri. Si preventiva inoltre l'intervento di squadre di operai per il posizionamento dei ferri d'armatura, per il montaggio dei casseri e di supporto alle operazioni di getto (vibrazione getti).



Figura 7. Sezione trasversale galleria tecnica d'ispezione CdD

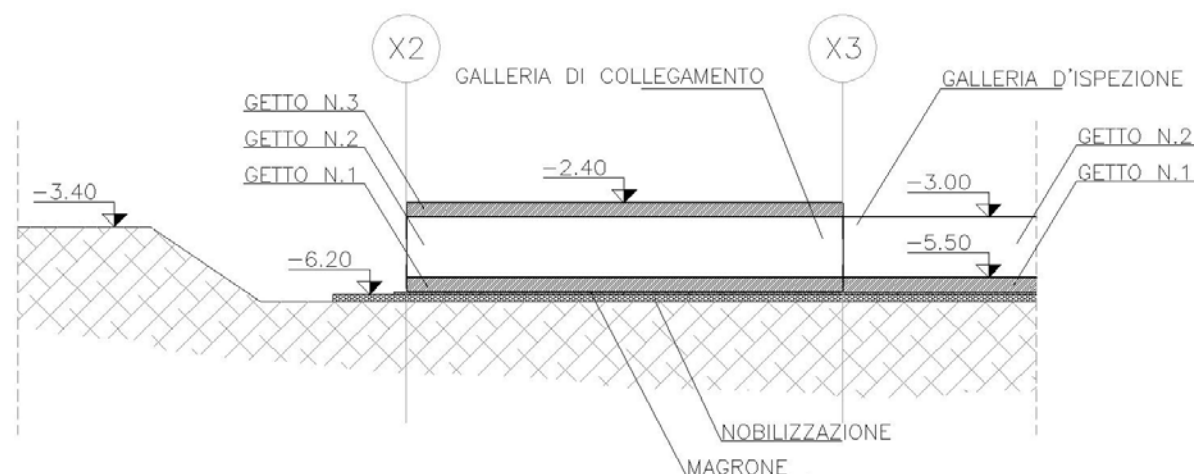


Figura 8. Sezione longitudinale galleria tecnica d'ispezione CdD e galleria di collegamento "galleria laterale"

8.1.9 Fase 9: scavo trincea galleria laterale (dorsale secondaria)

Scavo della trincea per la galleria laterale (tunnel dorsale secondaria) e i due torrini di accesso [Rif. 17]. La superficie di scavo è di circa 5.620 m² per una profondità di scavo di 3,10 m (quota -6,50 m dal piano campagna) per un volume di terreno pari a circa 16.275 m³. Per lo svolgimento della fase si prevede l'impiego di escavatori idraulici a benna rovescia, dumper per il trasporto del terreno, livellatrici e rulli compattatori.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



8.1.10 Fase 10: nobilizzazione e magrone trincea galleria laterale

La fase si compone di due step. Si riportano i quantitativi dei materiali impiegati in ogni singolo passaggio.

- 1) Nobilizzazione del terreno di fondazione con la stesura di uno strato d'inerte spesso 0,30 m (quota da piano campagna -6,20 m) per una superficie di circa 3.980 m² e una quantità di materiale posato di 1.194 m³.
- 2) Getto del magrone di fondazione per uno spessore di 0,10 m (quota da piano campagna -6,10 m) per una superficie di circa 1.900 m² e un volume di getto pari a 190 m³.

Per le operazioni di nobilizzazione si impiegano dumper per il trasporto del materiale, escavatori idraulici per lo scarico, livellatori e compattatori per la posa in opera. Per i getti del magrone pompe-autocarrate e autobetoniere per il trasporto del calcestruzzo dalle stazioni di betonaggio ai punti di getto.

8.1.11 Fase 11: realizzazione galleria laterale (dorsale secondaria)

Realizzazione dei 7 segmenti lunghi 31,90 m, le 2 strutture angolari di raccordo fra la gallerie e i torrini (la realizzazione dei torrini periferici di accesso [Rif. 17] alla galleria sono valutati separatamente). A fine paragrafo si riportano i quantitativi complessivi dei materiali da impiegare per la costruzione dei 7 settori che costituiscono la galleria laterale e le due strutture di raccordo, oltre ai mezzi e la forza lavoro impiegati per la costruzione.

Nella descrizione che segue viene illustrato in ogni punto la sequenza di costruzione di un settore d'entrambe le due tipologie di elementi che si realizzano in questa fase lavorativa.

- 1) Fondo galleria secondaria e struttura di raccordo (quota finito -5,50 m da piano campagna):
 - posa in opera dei ferri di armatura: 0,64 m³ per il singolo settore della galleria secondaria, 0,74 m³ per una struttura di raccordo
 - armo casseri: 38 m² per il singolo settore della galleria secondaria, 40 m² per una struttura di raccordo
 - getto calcestruzzo: 92 m³ per il singolo settore della galleria secondaria, 106 m³ per una struttura di raccordo
- 2) Pareti verticali galleria secondaria e struttura di raccordo (quota finito -3,00 m da piano campagna):
 - posa in opera dei ferri di armatura: 0,65 m³ per il singolo settore della galleria secondaria, 0,63 m³ per una struttura di raccordo

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



- armo casseri: 357 m² per il singolo settore della galleria secondaria, 358 m² per una struttura di raccordo
 - getto calcestruzzo: 92 m³ per il singolo settore della galleria secondaria, 90 m³ per una struttura di raccordo
- 3) Copertura galleria secondaria e struttura di raccordo (quota finito -2,40 m da piano campagna).
- armo casseri: 153 m² per il singolo settore della galleria secondaria, 180 m² per una struttura di raccordo
 - posa in opera dei ferri di armatura: 0,64 m³ per il singolo settore della galleria secondaria, 1,03 m³ per una struttura di raccordo
 - getto calcestruzzo: 92 m³ per il singolo settore della galleria secondaria, 147 m³ per una struttura di raccordo

In definitiva per la costruzione dei 7 segmenti che compongono le galleria secondaria si impiegano circa 14 m³ di ferri d'armatura, 3.840 m² di casseri e 1.935 m³ di calcestruzzo; per le 2 strutture di raccordo della galleria secondaria ai torrini di accesso periferici si utilizzano circa 5 m³ di ferri d'armatura, 1.155 m² di casseri e 690 m³ di calcestruzzo.

Per la costruzione si prevede l'impiego di pompe-autocarrate per il getto e autobetoniere per il trasporto del calcestruzzo dalle stazioni di betonaggio alle postazioni di getto, dumper per il trasporto dei ferri d'armatura e le cassetture, gru a supporto delle operazioni di armo casseri. Si preventiva inoltre l'intervento di squadre di operai per il posizionamento dei ferri d'armatura, per il montaggio dei casseri e di supporto alle operazioni di getto (vibrazione getti).

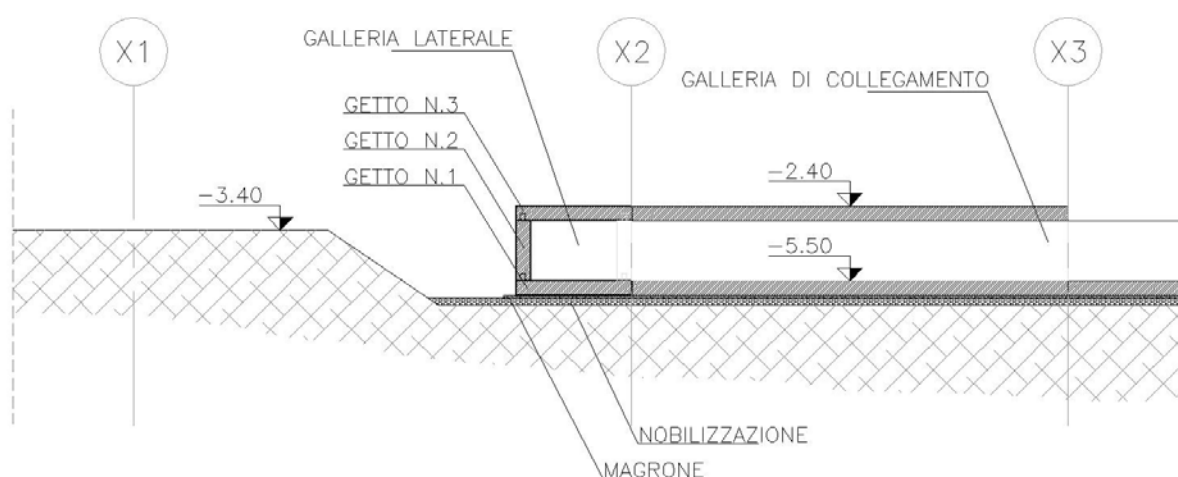


Figura 9. Sezione trasversale gallerie laterale (dorsale secondaria)

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---

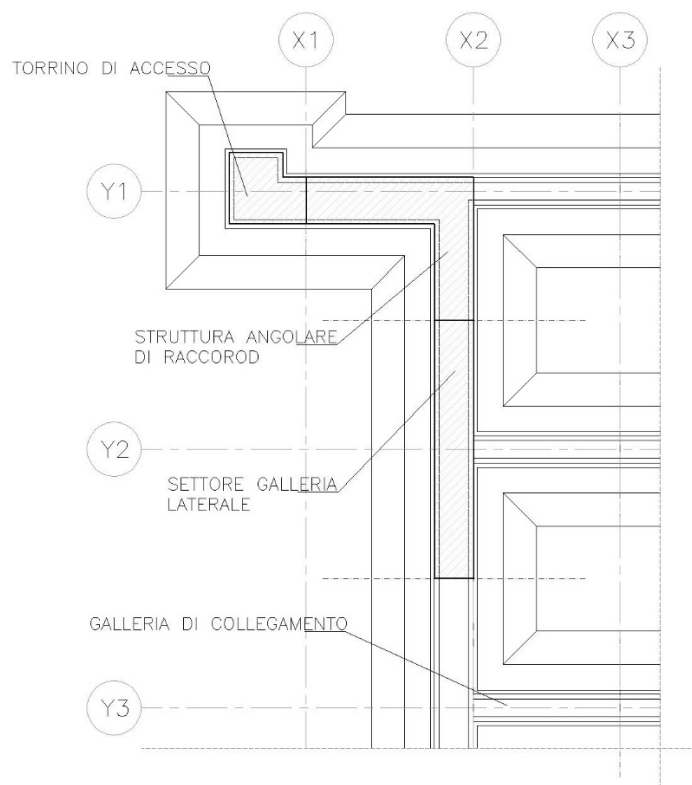


Figura 10. Pianta galleria laterale (dorsale secondaria)

8.1.12 Fase 12: rinterro trincea galleria laterale e gallerie tecniche d'ispezione CdD

In questa fase si esegue il rinterro delle trincee scavate per la costruzione delle 9 gallerie tecniche d'ispezione delle celle di deposito, il rinterro della trincea delle galleria laterale (dorsale laterale) e il rinterro di parte della galleria centrale.

Il rinterro delle gallerie delle celle di deposito, e della galleria centrale, è eseguito per un'altezza di 3,10 m (quota -3,40 m da piano campagna), la galleria laterale viene completamente interrata per una quota di -1,80 m dalla quota campagna. Il volume di terreno per eseguire tutti i rinterri è di circa 71.670 m³.

Per questa fase lavorativa si prevede l'impiego di escavatori idraulici, dumper, livellatrici e compattatori.

8.1.13 Fase 13: nobilitazione e magrone fondazioni Celle di Deposito

La fase si compone di due step. Si riportano i quantitativi dei materiali impiegati in ogni singolo passaggio riferito ad una fila di celle, a fine paragrafo sono riportati i quantitativi complessivi:

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



- 1) Nobilitazione del terreno di fondazione con la stesura di uno strato d'inerte (sabbia) spesso 0,30 m (quota da piano campagna -3,10 m) per una superficie di circa 3.075 m² e una quantità di materiale posato di 922 m³.
- 2) Getto del magrone di fondazione per uno spessore di 0,10 m (quota da piano campagna -3,00 m) per una superficie di circa 2.216 m² e un volume di getto pari a 222 m³.

Complessivamente, per le 9 trincee, vengono posati 8.300 m³ di materiale inerte per lo strato di nobilitazione, 2.000 m³ di calcestruzzo per il getto del magrone. Per le operazioni di nobilitazione si impiegano dumper per il trasporto del materiale, escavatori idraulici per lo scarico, livellatori e compattatori per la posa in opera. Per i getti del magrone pompe-autocarrate e autobetoniere per il trasporto del calcestruzzo dalle stazioni di betonaggio ai punti di getto.

8.1.14 Fase 14: realizzazione fondazioni Celle di Deposito

Questa è una delle fasi del cantiere dell'USM che richiede maggior impegno per complessità delle operazioni, quantità di materiale da gestire e numero delle degli operatori contemporaneamente presenti nell'area di cantiere. Durante questa fase si costruiscono le 45 fondazioni delle celle di deposito che costituiscono il primo semi-blocco dell'intera USM [Rif. 23] con turni lavorativi h 24, al fine di garantire, nei tempi stabiliti, la costruzione delle barriere ingegneristiche secondo ricetta e procedura *qualificate*.

La singola fondazione è una piastra in calcestruzzo armato con dimensioni in pianta di 17,00 x 30,15 m per uno spessore di 1,50 m [Rif. 9]. Le fondazioni, 5 per ogni fila, sono giuntate alle estremità, in corrispondenza delle giunzioni delle gallerie tecniche d'ispezione che corrono sotto la fondazione per tutta la sua lunghezza (30,15 m).

Di seguito vengono descritti gli step di realizzazione di una singola fondazione riportando a fine paragrafo il complessivo dei materiali utilizzati, l'elenco dei macchinari e della forza lavoro che si prevede impiegare nella costruzione delle 45 fondazioni.

- 1) Armo casseri fondazione cella di deposito: oltre alle pareti laterali (sponde), si armano le cassetture in corrispondenza della copertura delle gallerie tecniche che corre sotto la cella, coincidente con il fondo della fondazione. Per la singola fondazione si devono quindi armare casseri per una superficie complessiva di circa 210 m².
- 2) Posizionamento ferri d'armatura: per la costruzione della singola fondazione si impiegano gabbie d'armatura pre-assemblate e ferri pre-sagomati per un quantitativo complessivo di 5,40 m³ di materiale.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



3) Getto calcestruzzo: per il getto della soletta di fondazione, eseguito in continua senza interruzioni al fine di evitare riprese di getto che possono comprometterne la resistenza meccanica e la funzione di barriera a contrasto della migrazione dei radionuclidi, vengono gettati complessivamente circa 770 m³ di calcestruzzo confezionato secondo ricetta qualificata. A fine operazione, il piano finito del getto si trova a quota -1,50 m dal piano campagna.

Per la costruzione delle 45 fondazioni si ha quindi bisogno di circa 9.350 m² di casseri, 242 m³ di ferri d'armatura e 34.600 m³ di calcestruzzo. Per l'esecuzione delle lavorazioni si prevede l'impiego di pompe-autocarrate per il getto e autobetoniere per il trasporto del calcestruzzo dalle stazioni di betonaggio alle postazioni di getto, dumper per il trasporto dei ferri d'armatura e le casserature, gru a supporto delle operazioni di armo casseri e delle armature. Oltre ai mezzi menzionati si prevede l'intervento di squadre di operai per il posizionamento dei ferri d'armatura, per il montaggio dei casseri e di supporto alle operazioni di getto (vibrazione getti).

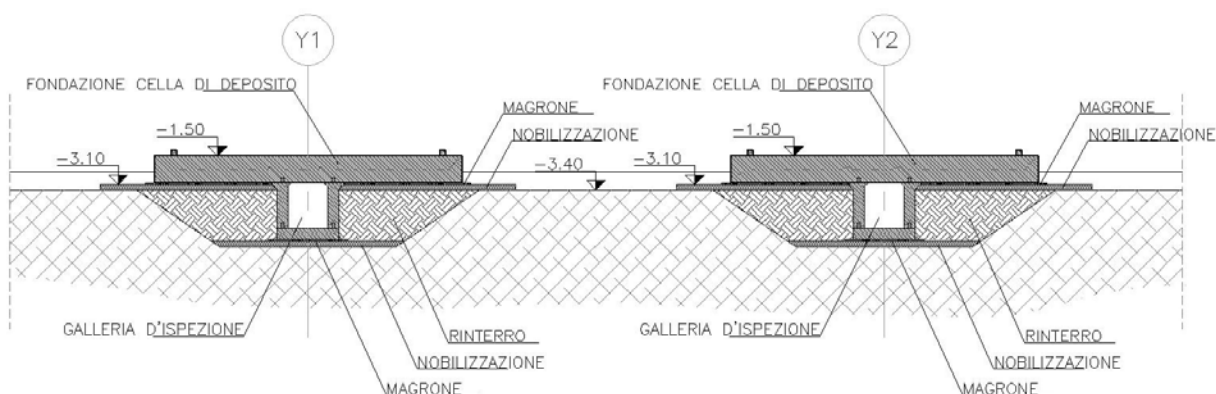


Figura 11. Sezione trasversale fondazioni Cella di Deposito

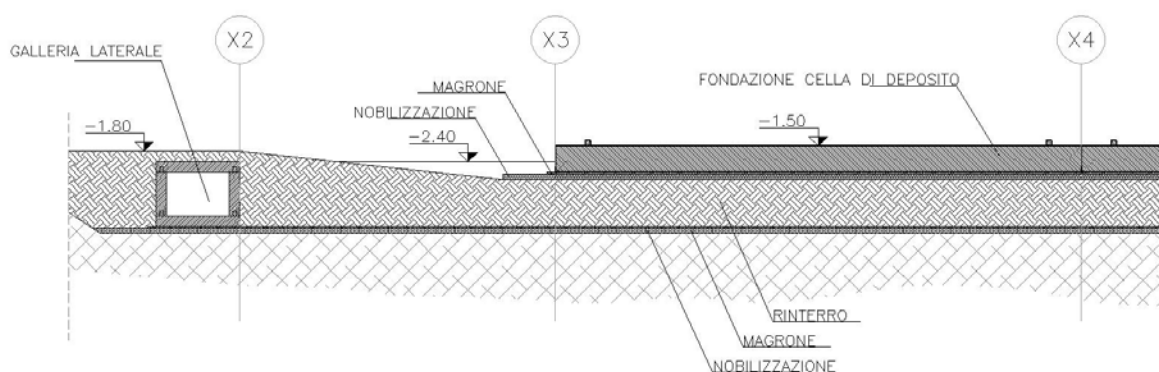


Figura 12. Sezione longitudinale fondazioni Cella di Deposito

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



8.1.15 Fase 15: realizzazione pareti verticali di 9 celle

In questa fase si costruiscono le pareti verticali per 9 celle di deposito, 3 celle sfalsate (non consecutive) per ognuna delle 3 file a loro volta sfalsate (prime tre file dispari [Rif. 23]); si sceglie questa procedura di costruzione al fine di minimizzare le interferenze tra le strutture di supporto dei casseri per il contenimento del getto e i macchinari dedicati. Anche la costruzione delle pareti delle celle di deposito richiede particolare attenzione, oltre che per le quantità di materiale, anche per la complessità delle operazioni di getto: per garantire la funzione di barriera a confinamento dei radionuclidi, si devono gettare le pareti senza interruzione, per un'altezza di getto di 9,55 m.

Dato che si prevede l'impiego di un calcestruzzo dalla consistenza fluida, in questa fase si deve prestare particolare attenzione all'armo delle cassetture che devono essere a tenuta stagna ed avere adeguate strutture di supporto che contrastino la spinta idrostatica esercitata del calcestruzzo gettato al loro interno. Di seguito vengono descritti gli step eseguiti per la realizzazione delle pareti verticali di una singola cella di deposito. Si riportano poi a fine paragrafo il complessivo dei materiali, dei macchinari e della forza lavoro impegnata nella costruzione delle strutture verticali delle 9 celle.

- 1) Posizionamento ferri d'armatura: per la costruzione delle pareti verticali della singola cella di deposito si impiegano gabbie d'armatura pre-assemblate e ferri pre-sagomati per un quantitativo complessivo di circa 4,50 m³ di materiale.
- 2) Armo cassetture pareti: particolare attenzione si deve prestare all'armo delle cassetture per il getto delle pareti verticali della cella che, oltre ad essere a tenuta stagna devono avere adeguate strutture di supporto che contrastino la spinta del calcestruzzo, ancora fresco, vista anche la notevole altezza dell'elemento da gettare: 9,55 m. Per le pareti della singola cella si devono quindi armare cassetture per una superficie complessiva di circa 2.050 m².
- 3) Getto calcestruzzo: per il getto delle pareti della cella, eseguito senza interruzioni al fine di evitare riprese di getto che possono comprometterne la resistenza meccanica e la funzione di barriera a contrasto della migrazione dei radionuclidi, vengono gettati complessivamente circa 646 m³ di calcestruzzo predisposto secondo ricetta *qualificata* (vedi paragrafo 7.1). A fine operazione di getto, il piano finito si trova a quota 8,05 mda piano campagna.

Per la costruzione delle pareti per 9 celle di deposito si ha quindi bisogno di circa 18.410 m² di cassetture, 41 m³ di ferri d'armatura e 5.815 m³ di calcestruzzo. Per l'esecuzione delle lavorazioni si prevede l'impiego di mezzi e squadre analoghe a quelli della fase precedente.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Cella – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---

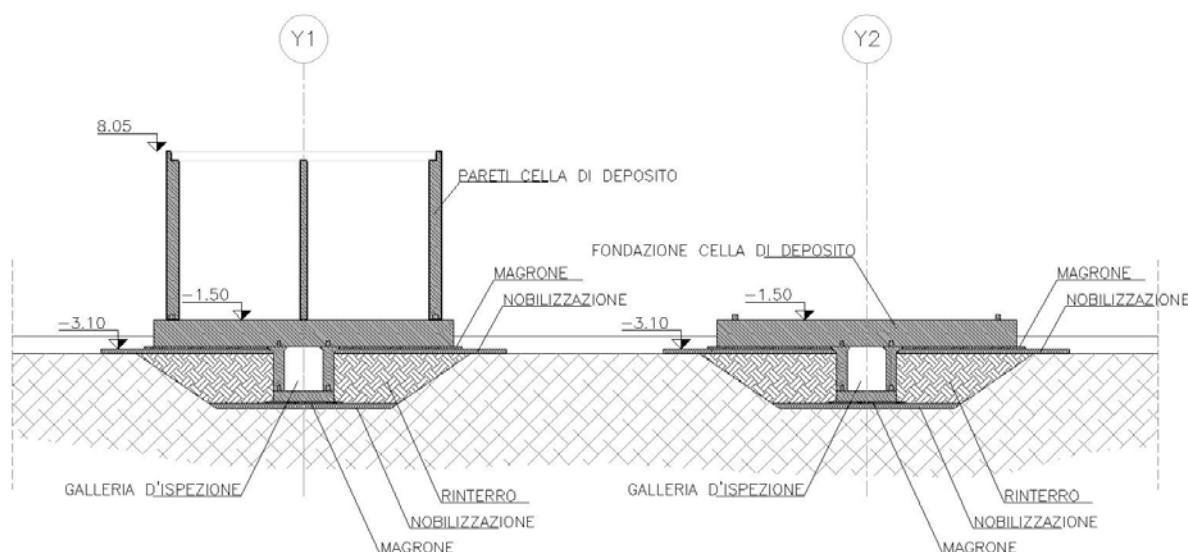


Figura 13. Sezione trasversale pareti verticali Celle di Deposito

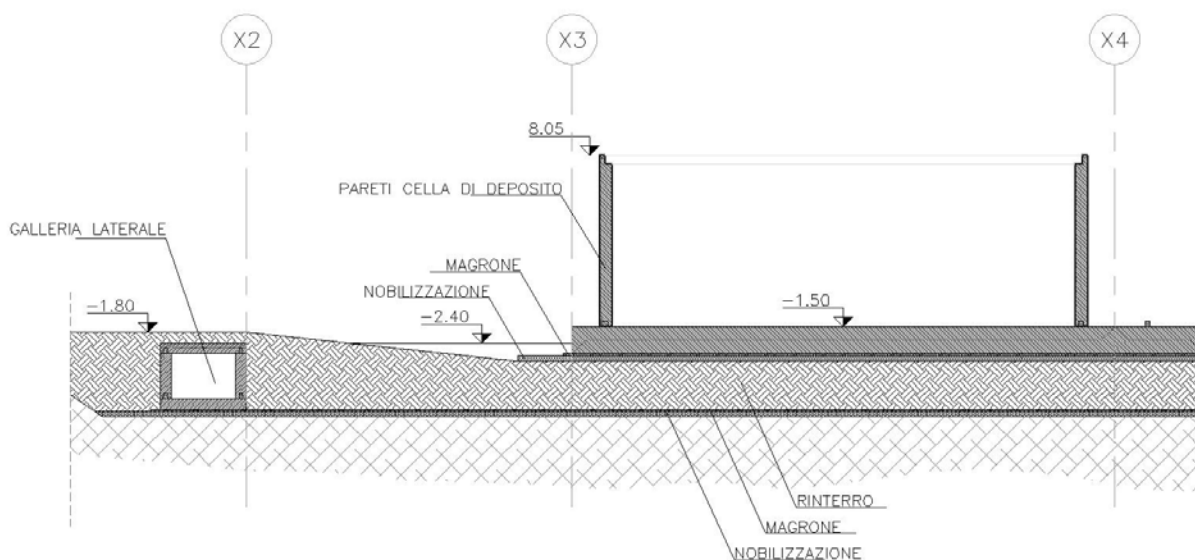


Figura 14. Sezione longitudinale pareti verticali Celle di Deposito

8.1.16 Fase 16: realizzazione pareti verticali di 6 celle

In questa fase si costruiscono le pareti verticali per 6 celle di deposito, 2 celle a completamento delle 3 file precedentemente lavorate (Fase 15). Anche questa è scelta per minimizzare le interferenze tra le strutture di supporto dei casseri per il contenimento del getto e i macchinari dedicati.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



Per la costruzione delle pareti in questa fase si applicano le stesse accortezze e procedure descritte nel precedente paragrafo, come anche i step eseguiti per la costruzione (paragrafo 8.1.15).

Per la costruzione delle pareti per 6 celle di deposito si ha quindi bisogno di circa 12.280 m² di casseri, 27 m³ di ferri d'armatura e 3.880 m³ di calcestruzzo. Per l'esecuzione delle lavorazioni si prevede l'impiego di mezzi e squadre analoghe a quelli della fase precedente.

8.1.17 Fase 17: realizzazione pareti verticali di 9 celle

In questa fase si costruiscono le pareti verticali per 9 celle di deposito, 3 celle sfalsate (non consecutive) per ognuna delle 3 file a loro volta sfalsate (prime tre file pari); si sceglie questa procedura di costruzione per minimizzare le interferenze tra le strutture di supporto dei casseri per il contenimento del getto e i macchinari dedicati.

Per la costruzione delle pareti in questa fase si applicano le stesse accortezze e procedure descritte nei precedenti paragrafi, come anche i step eseguiti per la costruzione (si veda il paragrafo 8.1.15).

Per la costruzione delle pareti per 9 celle di deposito si ha quindi bisogno di circa 18.410 m² di casseri, 41 m³ di ferri d'armatura e 5.815 m³ di calcestruzzo. Per l'esecuzione delle lavorazioni si prevede l'impiego di mezzi e squadre analoghe a quelli della fase precedente.

8.1.18 Fase 18: realizzazione pareti verticali di 6 celle

In questa fase si costruiscono le pareti verticali per 6 celle di deposito, 2 celle a completamento delle 3 file precedentemente lavorate (Fase 17). Anche questa scelta è per minimizzare le interferenze tra le strutture di supporto dei casseri per il contenimento del getto e i macchinari dedicati.

Per la costruzione delle pareti in questa fase si applicano le stesse accortezze e procedure descritte nei precedenti paragrafi, come anche gli step eseguiti per la costruzione (vi veda il paragrafo 8.1.15).

Per la costruzione delle pareti per 6 celle di deposito si ha quindi bisogno di circa 12.280 m² di casseri, 27 m³ di ferri d'armatura e 3.880 m³ di calcestruzzo. Per l'esecuzione delle lavorazioni si prevedono l'impiego di mezzi e squadre analoghe a quelli della fase precedente.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



8.1.19 Fase 19: rinterro parziale quota -1,50 m

Completate la costruzione delle pareti verticali delle prime 6 file di celle, 30 celle in totale, si procede al primo rinterro parziale a quota -1,50 m dal piano campagna, piano di posa delle platee dove insisteranno le vie di corsa delle coperture mobili e delle gru a cavalletto.

L'area d'intervento è circa 3,50 [ha] per una profondità di rinterro di 1,90 m per un volume di terreno movimentato pari a circa 29.120 m³.

Per questa fase lavorativa si prevede l'impiego di escavatori idraulici e dumper, livellatrici e compattatori.

8.1.20 Fase 20: nobilizzazione terreno platee per coperture mobili e gru a cavalletto

In questa fase si esegue l'operazione di nobilizzazione del terreno propedeutico alla costruzione delle platee di fondazione dove insisteranno le vie di corsa delle coperture traslabili e delle gru a cavalletto per le prime 6 file di celle già realizzate. Si esegue la stesura di uno strato d'inerte spesso 0,40 m (quota da piano campagna -1,10 m) per una superficie di circa 17.800 m² e una quantità di materiale posato di 7.040 m³.

Per le operazioni di nobilizzazione si impiegano dumper per il trasporto del materiale, escavatori idraulici per lo scarico, livellatori e compattatori per la posa in opera.

8.1.21 Fase 21: magrone platee per coperture mobili e gru a cavalletto

In questa fase si getta il magrone per le platee di fondazione per le coperture mobili e le gru a cavalletto a servizio delle prime 6 file di celle che sono state completate. Lo spessore di getto è di 0,10 m per una quota finita da piano campagna paria a -1,00 m e una quantità di calcestruzzo gettato pari a circa 1.800 m³.

Per l'esecuzione delle lavorazioni previste in questa fase si prevede di impiegare pompe-autocarrate per il getto e autobetoniere per il trasporto del calcestruzzo dalle stazioni di betonaggio ai punti di getto.

8.1.22 Fase 22: realizzazione platee per coperture mobili e gru a cavalletto

Si realizzano in questa fase le platee a servizio delle prime 6 file di celle terminate. Le platee, dallo spessore di 0,70 m, sono composte da 7 settori giuntati, uno (17,60 X 15,00 m) in asse con la fila di celle, 6 (larghi 14,30 m e lunghi rispettivamente 29,58 m

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



per i segmenti di testa e di coda, e 30,15 m per quelli intermedi) con asse parallelo che corre in mezzo a due file di celle successive.

Vengono di seguito descritti gli step eseguiti per la costruzione delle 6 platee a servizio delle 6 file di celle costruite con il complessivo dei materiali impiegati.

- 1) Armo casseri fondazione platee: si armano le cassereature per una superficie complessiva di circa 2.510 m².
- 2) Posizionamento ferri d'armatura: per la costruzione delle platee di fondazione si impiegano gabbie d'armatura pre-assemblate e ferri pre-sagomati per un quantitativo complessivo di circa 83 m³ di materiale.
- 3) Getto calcestruzzo: per il getto delle platee di fondazione vengono gettati complessivamente circa 1.1910 m³ di calcestruzzo. A fine operazione di getto, il piano finito delle platee si trova a quota -0,30 m da piano campagna.

Per l'esecuzione delle lavorazioni descritte si prevedono l'impiego di pompe-autocarrate per il getto e autobetoniere per il trasporto del calcestruzzo dalle stazioni di betonaggio alle postazioni di getto, dumper per il trasporto dei ferri d'armatura e le cassereature, gru a supporto delle operazioni di armo casseri e delle armature. Oltre ai mezzi menzionati si prevede l'intervento di squadre di operai per il posizionamento dei ferri d'armatura, per il montaggio dei casseri e di supporto alle operazioni di getto (vibrazione getti).

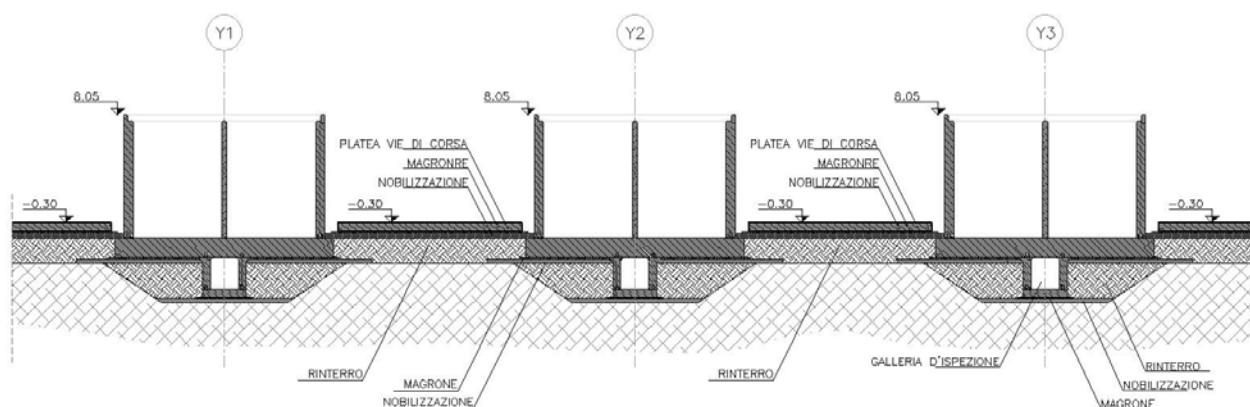


Figura 15. Sezione trasversale platee vie di corsa

8.1.23 Fase 23: armo binari per copertura mobile e gru a cavalletto

Si esegue il posizionamento delle vie di corsa delle coperture mobili e delle gru a cavalletto e il livellamento della superficie carrabile a quota piano campagna (0,00 m) per uno strato dello spessore complessivo di 0,30 m di calcestruzzo per una superficie di circa 16.750 m² e un volume di getto pari a 5.025 m³.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



Per l'esecuzione di questa fase si prevede l'impiego di dumper per il trasporto del materiale, gru a supporto delle operazioni di montaggio, pompe-autocarrate e autobetoniere a supporto delle operazioni di getto e squadre di operai per il posizionamento dei binari e per le operazioni di getto.

8.1.24 Fase 24: rinterro parziale primo sbancamento

Completate le operazioni di armo delle vie di corsa delle coperture mobili e le gru a cavalletto, si procede al rinterro parziale dello scavo dello sbancamento del primo semi-blocco della USM per uno spessore massimo di 3,40 m, per portare a quota campagna, 0,00 m il piano di posa.

L'area d'intervento è circa 2,90 [ha] per un volume di terreno movimentato pari a circa 29.120 m³.

Per questa fase lavorativa si prevede l'impiego di escavatori idraulici e dumper, livellatrici e compattatori.

8.1.25 Fase 25: secondo sbancamento, viabilità, pareti di 6 celle

Si svolgono in questa fase una serie di lavorazioni che si possono eseguire in parallelo e sono lo sbancamento del secondo semi-blocco USM per una superficie di 6,90 [ha] per una profondità di scavo pari a 3,40 m (quota -3,40 m dal piano campagna), per un volume di terreno pari a circa 226.540 m³ con l'impiego di dumper, escavatori idraulici, livellatori e rulli compattatori; la segnaletica orizzontale per la viabilità dedicata al caricamento dei moduli per le prime 6 file di celle completate per una superficie di circa 7.400 m²; la costruzione, su due file sfalsate, delle pareti di 3 celle per fila (si veda il paragrafo 7.1.15 per gli step di costruzione) per un totale di circa 12.280 m² di casseri, 27 m³ di ferri d'armatura e 3.880 m³ di calcestruzzo.

Per l'esecuzione delle lavorazioni si prevedono l'impiego di mezzi e squadre analoghe a quelli della fase 14.

8.1.26 Fase 26: posizionamento coperture mobili e gru a cavalletto, pareti di 4 celle, scavo trincee gallerie

In questa fase si armano, su ognuna delle prime tre file dispari del primo semi blocco, le tre coperture mobili e le tre gru a cavalletto [Rif. 10], [Rif. 11]. Si costruiscono le pareti delle 4 celle delle due file precedentemente citate (Fase 25, per gli step di costruzione si veda il paragrafo 8.1.15), per un complessivo di materiali pari a 8.183 m² di casseri,

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



18 m³ di ferri d'armatura e 2.584 m³ di calcestruzzo; si eseguono anche gli scavi di 4 trincee per le gallerie tecniche delle celle di deposito (si veda il paragrafo 8.1.6) per un totale di terreno movimentato paria a 31.160 m³.

Per le operazioni appena descritte si prevede l'impiego di escavatori idraulici, dumper, livellatrici, rulli compattatori, pompe-autocarrate, autobetoniere, gru e squadre d'operai (posa ferri, armo casseri e supporto ai getti di calcestruzzo).

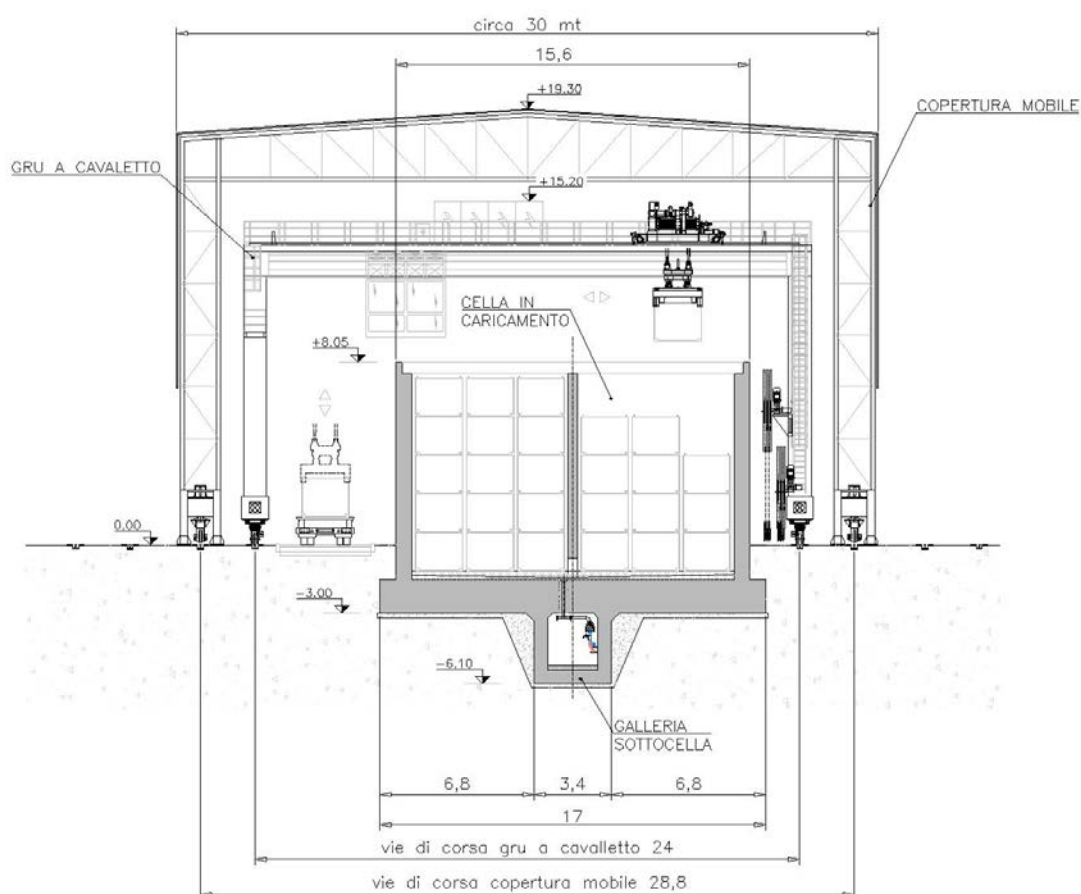


Figura 16. Sezione trasversale copertura mobile e gru a cavalletto

8.1.27 Fase 27: pareti di 3 celle, nobilizzazione e magrone trincee gallerie tecniche CdD

Si costruiscono le pareti delle 3 celle dell'ultima fila del primo semi-blocco dell'USM (per gli step di costruzione si veda il paragrafo 8.1.15), per un complessivo di materiali pari a 6.140 m² di casseri, 14 m³ di ferri d'armatura e 1.938 m³ di calcestruzzo; si esegue anche la nobilizzazione e il getto del magrone delle quattro trincee delle gallerie tecniche d'ispezione delle celle di deposito (si veda il paragrafo 8.1.7 per la descrizione

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



degli step delle lavorazioni) per un complessivo di materiale per la nubilizzazione pari a 2.200 m³, e magrone pari a 297 m³.

Per le operazioni appena descritte si prevede l'impiego di escavatori idraulici, dumper, livellatrici, rulli compattatori, pompe-autocarrate, autobetoniere, gru e squadre d'operai (posa ferri, armo casseri e supporto ai getti di calcestruzzo).

8.1.28 Fase 28: pareti di 2 celle, realizzazione gallerie tecniche d'ispezione CdD

Si costruiscono le pareti verticali delle ultime due celle del primo semi-blocco dell'USM (per gli step di costruzione si veda il paragrafo 8.1.15), per un complessivo di materiali pari a 4.091 m² di casseri, 9 m³ di ferri d'armatura e 1.292 m³ di calcestruzzo; si esegue anche la costruzione delle 4 gallerie tecniche d'ispezione delle celle di deposito della prima metà del secondo semi-blocco (per la descrizione degli step per la costruzione delle gallerie d'ispezione e le gallerie di collegamento alla galleria secondaria si veda il paragrafo 7.1.8) per un complessivo di materiali, per le quattro gallerie, pari a 2.650 m² di casseri, 8 m³ di ferri d'armatura e 1.145 m³ di calcestruzzo.

Per la costruzione delle opere appena descritte si prevede l'utilizzo di escavatori idraulici, dumper, livellatrici, rulli compattatori, pompe-autocarrate, autobetoniere, gru e squadre d'operai (posa ferri, armo casseri e supporto ai getti di calcestruzzo).

8.1.29 Fase 29: rinterro parziale primo semi-blocco, realizzazione parziale galleria laterale

Si esegue il rinterro parziale della seconda metà del primo semi-blocco dell'USM, corrispondente alle ultime 3 file di celle, per una superficie d'intervento di circa 3,00 [ha] e una profondità di rinterro media di 1,90 m (quota finito da piano campagna -1,50 m) per un quantitativo di terreno movimentato di circa 12.000 m³.

In questa fase si esegue la realizzazione parziale della galleria laterale del secondo semi-blocco del USM. Si riportano di seguito i quantitativi dei materiali impiegati rimandando alla descrizione delle lavorazioni ai paragrafi 8.1.9, 8.1.10 e 8.1.11.

- scavo trincea (paragrafo 7.1.9), terreno scavato 8.140 m³
- nubilizzazione (paragrafo 7.1.10), inerte posato 600 m³
- magrone (paragrafo 7.1.10), calcestruzzo gettato 95 m³
- ferri d'armature galleria laterale, quattro settori e un elemento di collegamento (paragrafo 7.1.11), volume armature 10 m³
- casseri galleria laterale, quattro settori e un elemento di collegamento (paragrafo 7.1.11), superficie casseri 2.780 m²
- calcestruzzo quattro settori e un elemento di collegamento (paragrafo 8.1.11), volume calcestruzzo 1.480 m³

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



Per lo svolgimento delle lavorazioni precedentemente esposte, si prevede d'impiegare escavatori idraulici, dumper, livellatrici, rulli compattatori, pompe-autocarrate, autobetoniere, gru e squadre d'operai (posa ferri, armo casseri e supporto ai getti di calcestruzzo).

8.1.30 Fase 30: nobilizzazione terreno e magrone platea vie di corsa, rinterro trincee gallerie tecniche d'ispezione Celle di Deposito

Si esegue la nobilizzazione e il magrone del terreno di fondazione su cui vengono costruite le platee per le vie di corsa della copertura mobile e della gru a cavalletto a servizio delle ultime 3 file di celle del primo semi-blocco dell'USM con la stesura di uno strato spesso 0,40 m di inerte per una superficie di 14.1100 m² per un volume d'inerte pari a circa 5.650 m³, uno strato di magrone spesso 0,10 m per una superficie di circa 12.150 m² per un volume di 1.215 m³.

Si esegue anche il rinterro delle quattro trincee per le gallerie tecniche delle celle e della galleria laterale, per un volume di terreno di circa 39.820 m³.

Per lo svolgimento delle operazioni descritte si prevede l'utilizzo di escavatori idraulici, dumper, livellatrici, rulli compattatori, pompe auto-carrate e autobetoniere.

8.1.31 Fase 31: platee via corsa coperture mobili e gru a cavalletto, nobilizzazione e magrone per fondazione Celle di Deposito

Si costruisce la platea di sostegno delle vie di corsa per copertura mobile e gru a cavalletto a servizio delle ultime 3 file di celle del primo semi-blocco del USM per un quantitativo complessivo di circa 56 m³ di ferri d'armatura, 1.670 m² di casseri e 7.940 m³ di calcestruzzo.

In questa fase si realizza anche la nobilizzazione e il magrone per le fondazioni delle celle di deposito per le prime 4 file del secondo semi-blocco dell'USM. Per la nobilizzazione si impiega inerte, per uno spessore di 0,30 m per una superficie di circa 12.290 m², per un volume di 3.690 m³; per il getto del magrone, spessore 0,10 m per superficie 8.865 m², per un volume di circa 887 m³ di materiale.

Per lo svolgimento delle operazioni descritte si prevede l'utilizzo di escavatori idraulici, dumper, livellatrici, rulli compattatori, pompe auto-carrate e autobetoniere.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



8.1.32 Fase 32: armo binari seconda parte primo semi-blocco USM, fondazione CdD

Si armano i binari delle vie di corsa per la copertura mobile e la gru a cavalletto per le ultime tre file di celle del primo semi-blocco dell'USM e il livellamento della superficie carrabile a quota piano campagna (0,00 m) per uno strato dello spessore complessivo di 0,30 mdi calcestruzzo per una superficie di circa 11.340 m² e un volume di getto pari a 3.410 m³.

Si costruiscono anche le fondazioni delle celle di deposito per le prime quattro file del secondo semi-blocco dell'USM per un complessivo di 20 strutture e quantitativo di materiali di circa 4.155 m² di casseri, 108 m³ di ferri d'armatura e 15.380 m³ di calcestruzzo, per la descrizione degli step di costruzione delle fondazioni si veda il paragrafo 8.1.14.

Per lo svolgimento delle operazioni descritte si prevede l'utilizzo di dumper, pompe auto-carrate, autobetoniere, gru e squadre di operai per il posizionamento dei binari, per le operazioni di getto, posa in opera delle armature e dei casseri.

8.1.33 Fase 33: completamento rinterro primo sbancamento, realizzazione pareti di 20 celle

Si completa il rinterro del primo sbancamento riportando il piano a livello campagna (quota 0,00 m). La superficie d'intervento è di circa 12.500 m² per una profondità di 1,50 me un volume complessivo di terreno riportato pari a circa 18.750 m³.

Si costruiscono anche le pareti verticali delle 20 celle del secondo semi-blocco dell'USM per un complessivo impiego 90 m³ di ferri d'armatura, 40.915 m² di casseri e 12.925 m³ di calcestruzzo. Per la descrizione degli step di costruzione si rimanda al paragrafo 8.1.15.

Per la costruzione delle opere appena descritte si prevede l'utilizzo di escavatori idraulici, dumper, livellatrici, rulli compattatori, pompe-autocarrate, autobetoniere, gru e squadre d'operai (posa ferri, armo casseri e supporto ai getti di calcestruzzo).

8.1.34 Fase 34: segnalazione viabilità seconda parte primo semi-blocco, rinterro parziale secondo semi-blocco

Si completa la segnaletica orizzontale della viabilità del primo semi-blocco dedicata al transito dei vettori di trasporto dei moduli che arrivano all'USM dall'ICM per una superficie d'intervento di circa 5.400 m².

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



Si procede con il rinterro parziale delle prime 4 file del secondo semi-blocco dell'USM per un'altezza di riporto di 1,90 m (-1,50 m da piano campagna) per una superficie d'intervento pari a 29.155 m² e un volume di terreno movimentato pari a 66.380 m³.

Per lo svolgimento delle lavorazioni precedentemente esposte, si prevede d'impiegare escavatori idraulici, dumper, livellatrici, rulli compattatori.

8.1.35 Fase 35: nobilizzazione, magrone, platea di fondazione e armo binari per prima parte secondo semi-blocco

Si svolge, in sequenza, le lavorazioni per il completamento del sistema fondale di sostegno della copertura mobile e la gru a cavalletto per servire le prime quattro file di celle del secondo semi-blocco dell'USM.

In ordine si ha bisogno di:

- nobilizzazione: 5.540 m³ d'inerte
- magrone: 1.190 m³ di calcestruzzo
- platea di fondazione: 1.670 m² di casseri, 56 m³ di ferri d'armatura, 7.940 m³ di calcestruzzo
- armo binari vie di corsa: 3.325 m³ di calcestruzzo

Per la costruzione delle opere appena descritte si prevede l'utilizzo di escavatori idraulici, dumper, livellatrici, rulli compattatori, pompe-autocarrate, autobetoniere, gru e squadre d'operai (posa ferri, armo casseri e supporto ai getti di calcestruzzo).

8.1.36 Fase 36: rinterro parziale secondo sbancamento

Si esegue il rinterro parziale del secondo sbancamento per una superficie d'intervento di circa 20.240 m² per una profondità d'intervento di 1,50 m riportando il piano a quota campagna (0,00 m) per un volume di terreno movimentato di circa 30.360 m³.

Per lo svolgimento delle lavorazioni precedentemente esposte, si prevede d'impiegare escavatori idraulici, dumper, livellatrici, rulli compattatori.

8.2 SIGILLATURA CELLE DI DEPOSITO

Durante la costruzione dell'USM, completate le prime sei file di celle del primo semi-blocco dell'impianto ed armate sulle vie di corsa le 3 coperture mobili e le 3 gru a cavalletto (dalla Fase 27, paragrafo 8.1.27), vengono svolte in parallelo le operazioni di caricamento delle celle con i moduli (240 per ogni cella [Rif. 12]), l'immobilizzazione dei

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



moduli mediante l'immissione di inerti fra gli interstizi verticali e la sigillatura conclusiva delle celle piene con getto di calcestruzzo [Rif. 15].

Completato il caricamento della singola cella, e immobilizzati i moduli con gli inerti, hanno inizio le operazioni di chiusura conclusiva. Viene in seguito descritta la sequenza delle operazioni svolte, i materiali ed elencati i macchinari e le maestranze che di cui si prevede l'impiegare per la sigillatura della singola cella di deposito.

- 1) Posizionamento delle dalle di copertura: si posizionano, con il supporto della gru a cavalletto che si utilizza per il caricamento dei moduli, un totale di 50 dalle per cella, 25 per lato, che poggiano da un lato ad una delle pareti longitudinali della cella e dall'altro sul setto centrale, si ipotizza l'utilizzo di dalle con dimensioni 1,20 X 7,30 m spesse 0,10 m;
- 2) Posizionamento ferri d'armatura: si posizionano le gabbie d'armatura pre-assemblate in settori standardizzati, legando i ferri d'attesa delle dalle e quelli delle pareti della cella con ferri sagomati, per un complessivo di 1,4 m³ d'armature;
- 3) Getto del calcestruzzo: conclusa la fase di posizionamento dei ferri d'armatura, si esegue il getto di calcestruzzo con cui si chiude la cella, per uno spessore di getto di 0,50 m e un volume di conglomerato gettato di circa 200 m³;
- 4) Dopo la maturazione del getto di sigillatura viene gettato il massetto delle pendenze a doppia falda, con inclinazione sul lato corto della cella, dello spessore medio di 0,10 m, per un volume di calcestruzzo gettato di circa 43 m³;
- 5) Impermeabilizzazione: maturato il massetto delle pendenze si stende, sulla copertura e sulle pareti verticali, la guaina di impermeabilizzazione per una superficie complessiva di circa 1.240 m².

Per le esecuzioni delle lavorazioni appena descritte si prevede l'impiego di autobetoniere, pompe-autocarrate, dumper per il trasporto dei materiali (dalle e ferri d'armatura), gru a cavalletto per le operazioni di sollevamento dei materiali. Si prevede anche l'impiego di squadre di operai a supporto delle operazioni di posa in opera delle dalle, ferri d'armatura, getto del calcestruzzo con vibrazione e posa della guaina d'impermeabilizzazione.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---

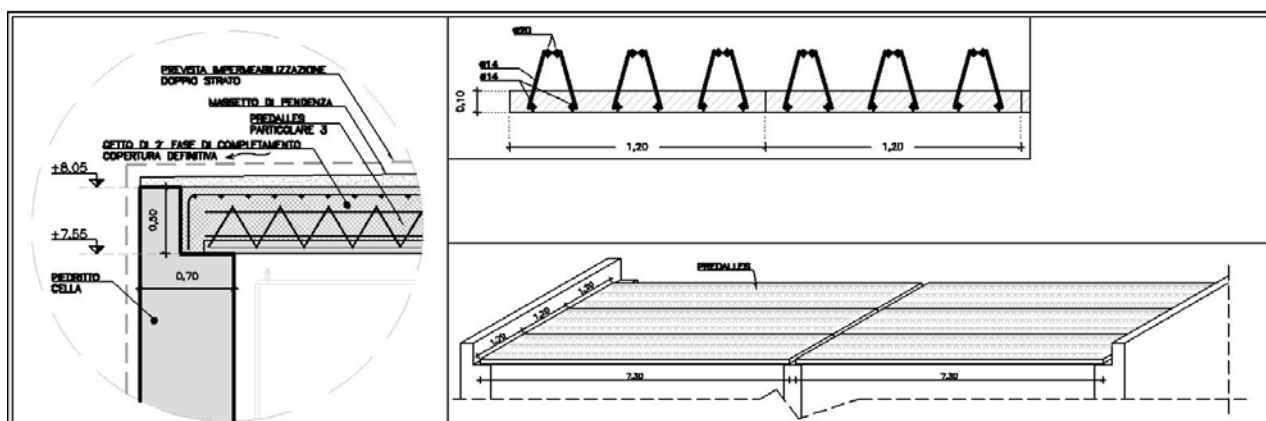


Figura 17. Sigillatura Cella di Deposito

9 COPERTURA MULTISTRATO

Conclusa la sigillatura delle celle di deposito si procede al loro copertura finale con la costruzione della copertura multistrato, al fine di raccogliere ed allontanare le acque meteoriche e di proteggere le celle dagli agenti atmosferici durante tutto il periodo del controllo istituzionale [Rif. 7].

Ad oggi si prevede che la copertura multistrato sia dello spessore medio di circa 4,00 m, costituita da strati di differente spessore e caratteristiche. Si riporta in seguito una possibile stratigrafia della copertura che, partendo dallo strato più superficiale, può prevedere i seguenti materiali:

- terreno vegetale
- sabbia
- argilla
- sabbia
- guaina impermeabile
- sabbia
- ghiaietto
- ghiaione
- geotexile

Si precisa che la definizione della stratigrafia, della conformazione e del sistema di impermeabilizzazione da adottare per la copertura multistrato sarà oggetto di studio e di opportuni test, in linea con quanto in corso a livello internazionale, per meglio definire caratteristiche e modalità di realizzazione.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



10 MACCHINARI ED ATTREZZATURE DI CANTIERE

Per la costruzione del USM si prevede l'impiego di differenti macchinari di cantiere [Rif. 2], squadre specializzate d'operai e attrezzature per l'esecuzione delle varie operazioni.

Per i macchinari movibili si prevede l'impiego in cantiere di:

- escavatori idraulici di capacità oraria di 320 m³/h
- dumper con cassone da 50 m³
- pale gommate da 360 m³/h e apripista (bulldozer)
- pompe autocarrate di portata oraria di getto di 100 m³/h
- autobetoniere di capacità di 12 m³
- compattatori e livellatrici di capacità oraria di 600 m³/h
- gru con portata ciascuna di 50 ton



Figura 18. Escavatore idraulico e dumper in caricamento

Oltre ai macchinari appena elencati si prevede anche l'impiego di piccoli mezzi come piccole pale gommate/cingolate ("bobcat") e mini escavatori, rulli compattatori dalle dimensioni contenute, ponti mobili su pneumatici, gru su autocarro.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



Le squadre di operai sono composte da 7 operatori ciascuna aventi differenti qualifiche: 2 operai specializzati, 2 operai qualificati, 3 manovali specializzati. In seguito le attività svolte dalle squadre e la rispettiva produttività oraria.

Le squadre di operai previste sono così composte:

- squadre di casseratori con capacità produttiva oraria di ciascuna squadra stimata in 2,5 m²/h per le operazioni di armo e disarmo casseri
- squadre dedicate alle operazioni di posa in opera e montaggio delle armature, e dei binari per le vie di corsa, con capacità produttiva di 0,85 m³/h
- squadre per la posa in opera delle guaine impermeabilizzanti

Si prevede anche l'impiego di squadre di operai, in numero ridotto, a supporto delle lavorazioni svolte dai macchinari di cantiere:

- 2 squadre di operai a supporto delle operazioni di getto, composte ciascuna da 3 operatori
- 2 squadre di operai a supporto delle operazioni di scavo delle trincee, composta ognuna da 3 operai

Si prevede anche l'impiego di macchinari portatili, strutture temporanee fisse e attrezzature a supporto delle varie lavorazioni che si svolgono in cantiere tra cui:

- banchi-sega a supporto delle operazioni di cassetatura
- piega-ferri per le operazioni di posa in opera delle armature
- sistemi di vibrazione dei getti, ad immersione e a massa vibrante ancorati ai casseri, per la costipazione del calcestruzzo
- pannelli per cassetture metallici e/o in legno provvisti dei sistemi di ancoraggio, irrigidimento, di sostegno e contrasto della spinta dei getti
- smerigliatrici angolari, saldatrici ad elettrodo, gruppi elettrogeni portatili
- impalcature e ponteggi di tipo fisso

<p>Relazione Tecnica</p> <p>Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale</p>	<p>ELABORATO DN DN 00122</p> <p>REVISIONE 03</p>
--	--



Figura 19. Cassero tipo per pareti verticali con sistema di sostegno e controspinta

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



11 TEMPISTICHE FASIDILAVORO

Le tempistiche di costruzione dell'USM sono vincolate dall'entrata in esercizio dell'impianto e dal rispetto del piano di conferimento dei manufatti di rifiuti radioattivi di bassa e media attività al Deposito Nazionale.

Partendo dalla descrizione delle fasi di lavoro esposte nei paragrafi precedenti, della capacità produttiva dei macchinari e le squadre di lavoro scelte, si sono calcolati i tempi realizzativi della USM per ogni fase realizzativa. Per il calcolo delle tempistiche si è ipotizzato di impiegare le varie maestranze e macchinari per 2 turni lavorativi di 8 ore ciascuno al giorno, ipotizzando la settimana lavorativa di 5 giorni.

Per quanto riguarda le fasi lavorative più impegnative si prevedono turni lavorativi h24 e 7 giorni a settimana.

Si riportano di seguito il dettaglio delle tempistiche calcolate per ogni lavorazione e il tipo di turno lavorativo adottato per il conseguimento del lavoro.

- 1) Fase 1: per lo sbancamento del primo semi-blocco della USM si impiega, per lo scavo e il compattamento, circa 34 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Si ipotizza l'uso di:
 - 3 escavatori
 - 6 dumper
 - 3 compattatori
 - 3 livellatrici
- 2) Fase 2: per lo scavo della trincea della galleria centrale e il compattamento dello scavo si impiegano 5 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Si ipotizza l'uso di:
 - 3 escavatori
 - 6 dumper
 - 2 compattatori
 - 2 livellatrici
- 3) Fase 3: per la costruzione della galleria centrale, compresa la nobilitazione del terreno, la stesura del magrone e i giorni di attesa di maturazione dei getti, si impiegano circa 76 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Si ipotizza l'uso di:
 - 2 pompe autocarrate
 - 6 autobetoniere
 - 2 compattatori
 - 2 livellatrici
 - 2 gru a supporto del montaggio dei casseri
 - 3 dumper per il trasporto di casseri e gabbie d'armatura
 - 3 squadre per la posa in opera delle armature in ogni step lavorativi

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



- 4 squadre di casseratori per il primo step lavorativo e 6 per gli altri 2
 - 2 squadre d supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)
- 4) Fase 4: per la realizzazione delle 18 trincee che ospitano i tunnel di diramazione dalla galleria centrale, comprensiva delle operazioni di rinterro e compattazione, si impiegano 2 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Si ipotizza l'uso di:
- 3 escavatori
 - 6 dumper
 - 3 compattatori e 3 livellatrici
- 5) Fase 5: per la costruzione dei 18 tunnel di diramazione dalla galleria centrale, compresa la nobilitazione del terreno di fondazione e la posa del magrone, si impiegano 69 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Si ipotizza l'uso di:
- 3 escavatori
 - 6 dumper
 - 2 rulli compattatori
 - 2 livellatrici
 - 2 auto pompe
 - 6 autobetoniere
 - 3 squadre per la posa in opera delle armature in ogni step lavorativo
 - 4 squadre di casseratori per il primo e terzo step lavorativo e 6 per il secondo step di messa in opera dei casseri
 - 2 squadre d supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)
- 6) Fase 6: per lo scavo delle 9 trincee delle gallerie d'ispezione delle celle di deposito del primo semi-blocco della USM, si impiegano 5 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Si ipotizza l'uso di:
- 3 escavatori
 - 6 dumper
 - 2 rulli compattatori
 - 2 livellatrici
- 7) Fase 7: per la nobilitazione delle 9 trincee delle gallerie d'ispezione delle celle di deposito, compresa la stesura del magrone per la posa della fondazione si impiegano 4 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Si ipotizzano l'uso di:
- 3 escavatori
 - 6 dumper
 - 2 rulli compattatori
 - 2 livellatrici

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



- 2 pompe autocarrate
 - 6 autobetoniere
 - 2 squadre d supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)
- 8) Fase 8: per la costruzione delle 9 gallerie d'ispezione delle celle di deposito del primo semi-blocco della USM si impiegano 71 giorni lavorativi (con turno lavorativo h24). Si ipotizza l'impiego di:
- 2 pompe autocarrate
 - 6 autobetoniere
 - 2 compattatori
 - 2 livellatrici
 - 2 gru a supporto del montaggio dei casseri
 - 3 dumper per il trasporto di casseri e gabbie d'armatura
 - 3 squadre per la posa in opera delle armature in ogni step lavorativi
 - 6 squadre di casseratori per il montaggio dei casseri in ogni step lavorativo
 - 2 squadre d supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)
- 9) Fase 9: per lo scavo della trincea della galleria laterale del primo semi-blocco della USM si impiegano 2 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Per lo svolgimento delle lavorazioni si prevede l'impiego di:
- 3 escavatori
 - 6 dumper
 - 2 rulli compattatori
 - 2 livellatrici
- 10) Fase 10: per la nobilitazione della trincea della gallerie laterale e la posa del magrone di fondazione si impiegano 3 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Per lo svolgimento delle lavorazioni si prevede l'impiego di:
- 3 escavatori
 - 6 dumper
 - 2 rulli compattatori
 - 2 livellatrici
 - 2 pompe autocarrate
 - 6 autobetoniere
 - 2 squadre d supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)
- 11) Fase 11: per la costruzione della gallerie laterale del primo semi-blocco della USM si impiegano 46 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Per la costruzione della galleria laterale si prevede l'impiego di:
- 2 pompe autocarrate

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



- 6 autobetoniere
 - 2 gru a supporto del montaggio dei casseri
 - 3 dumper per il trasporto di casseri e gabbie d'armatura
 - 3 squadre per la posa in opera delle armature in ogni step lavorativo
 - 6 squadre di casseratori per il montaggio dei casseri in ogni step lavorativo
 - 2 squadre d supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)
- 12) Fase 12: per il rinterro della trincea della galleria laterale, delle 9 trincee delle gallerie d'ispezione delle celle, comprese le operazioni di compattazione del terreno, si impiegano 6 giorni lavorativi (2 turni da 8 ore al giorno). Per l'esecuzione dei lavori si prevede l'impiego di:
- 3 escavatori
 - 6 dumper
 - 2 rulli compattatori
 - 2 livellatrici
- 13) Fase 13: per la nobilitazione e la posa del magrone per il terreno di fondazione delle platee delle celle di deposito si impiegano 5 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Per lo svolgimento dei lavori si prevede:
- 3 escavatori
 - 6 dumper
 - 2 rulli compattatori
 - 2 livellatrici
 - 2 pompe autocarrate
 - 6 autobetoniere
 - 2 squadre d supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)
- 14) Fase 14: per la costruzione delle 45 fondazioni delle celle del primo semi-blocco della USM si impiegano 60 giorni lavorativi (con turno lavorativo h24). Per lo svolgimento delle lavorazioni si prevede l'impiego di:
- 2 pompe autocarrate
 - 6 autobetoniere
 - 2 gru a supporto del montaggio dei casseri
 - 3 dumper per il trasporto di casseri e gabbie d'armatura
 - 3 squadre per la posa in opera delle armature in ogni step lavorativo
 - 6 squadre di casseratori per ogni step lavorativo
 - 2 squadre d supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



- 15) Fase 15: per la costruzione delle pareti verticali delle prime 9 celle si impiegano 68 giorni lavorativi (con turno lavorativo h24). Per lo svolgimento delle lavorazioni si prevede l'impiego di:
- 2 pompe autocarrate
 - 6 autobetoniere
 - 2 gru a supporto del montaggio dei casseri
 - 3 dumper per il trasporto di casseri e gabbie d'armatura
 - 3 squadre per la posa in opera delle armature in ogni step lavorativo
 - 6 squadre di casseratori per ogni step lavorativo
 - 2 squadre di supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)
- 16) Fase 16: per la costruzione delle pareti verticali delle 6 celle in costruzione si impiegano 56 giorni lavorativi (con turno lavorativo h24). Per lo svolgimento delle lavorazioni si prevede l'impiego degli stessi mezzi come al punto 15.
- 17) Fase 17: per la costruzione delle pareti verticali delle successive 9 celle si impiegano 68 giorni lavorativi (con turno lavorativo h24). Per lo svolgimento delle lavorazioni si prevede l'impiego degli stessi mezzi come al punto 15.
- 18) Fase 18: per la costruzione delle pareti verticali delle 6 celle di deposito (completamento della costruzione delle prime 30 celle di deposito del primo semi-blocco della USM) si impiegano 56 giorni lavorativi (con turno lavorativo h24). Per lo svolgimento delle lavorazioni si prevede l'impiego degli stessi mezzi come al punto 15.
- 19) Fase 19: per il rinterro parziale a quota -1,50 m delle prime 6 file di celle si impiegano 3 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Per lo svolgimento dei lavori si prevede:
- 3 escavatori
 - 6 dumper
 - 2 rulli compattatori
 - 2 livellatrici
- 20) Fase 20: per la nobilitazione del terreno su cui insisteranno le platee per le vie di corsa delle coperture mobili e delle gru a cavalletto si impiega 1 giorno lavorativo (2 turni di 8 ore al giorno). Per lo svolgimento dei lavori si prevede:
- 3 escavatori
 - 6 dumper
 - 2 rulli compattatori
 - 2 livellatrici

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



- 21) Fase 21: per la posa in opera del magrone delle platee per le vie di corsa delle coperture mobili e gru a cavalletto si impiegano 4 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Per lo svolgimento dei lavori si prevede:
- 2 pompe autocarrate
 - 6 autobetoniere
 - 2 squadre di operai a supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)
- 22) Fase 22: per la costruzione delle platee a servizio delle prime 6 file di celle su cui verranno posate le vie di corsa per le coperture mobili e le gru a cavalletto si impiegano 47 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Per lo svolgimento dei lavori si prevede:
- 2 pompe autocarrate
 - 6 autobetoniere
 - 2 gru a supporto del montaggio dei casseri
 - 3 dumper per il trasporto di casseri e gabbie d'armatura
 - 3 squadre per la posa in opera delle armature in ogni step lavorativo
 - 4 squadre di casseratori per ogni step lavorativo
 - 2 squadre di supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)
- 23) Fase 23: per la posa delle vie di corsa delle coperture mobili e delle gru a cavalletto (binari), comprensiva della stesura del piano carrabile, si impiegano 55 giorni lavorativi (2 turni di 8 ore al giorno). Per l'esecuzione dei lavori si prevede l'impiego di:
- 2 pompe autocarrate
 - 6 autobetoniere
 - 2 gru a supporto del montaggio dei casseri
 - 3 dumper per il trasporto di casseri, gabbie d'armatura e binari
 - 6 squadre di operai per il posizionamento di armature e binari
 - 2 squadre a supporto delle operazioni di getto
- 24) Fase 24: per il rinterro parziale dello sbancamento del primo semi-blocco della USM (in corrispondente alle prime 6 file di celle) si impiegano 3 giorni lavorativi (2 turni da 8 ore al giorno). Per l'esecuzione delle lavorazioni si prevede l'impiego di:
- 3 escavatori
 - 6 dumper
 - 2 rulli compattatori
 - 2 livellatrici
- 25) Fase 25: per l'esecuzione dello sbancamento del secondo semi-blocco della USM, la marcatura della segnaletica orizzontale e la costruzione delle pareti verticali di 6 celle delle ultime 3 file del primo semi-blocco della USM

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



si impiegano 78 giorni lavorativi, svolgendo 2 turni di 8 ore al giorno ad eccezione del getto delle pareti delle celle costruite con turni lavorativi h24.

Per lo svolgimento dei lavori di questa fase si prevede l'impiego di:

- 3 escavatori idraulici
- 2 rulli compattatori
- 2 livellatrici
- 2 pompe autocarrate
- 6 autobetoniere
- 2 gru a supporto del montaggio dei casseri
- 6 dumper a supporto degli escavatori e per il trasporto di casseri e gabbie d'armatura
- 3 squadre per la posa in opera delle armature in ogni step lavorativo
- 6 squadre di casseratori per ogni step lavorativo
- 2 squadre di supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)

26) Fase 26: per il posizionamento sulle vie di corsa delle 3 coperture mobili, con le rispettive gru a cavalletto, la costruzione delle pareti verticali di 4 celle delle ultime tre file del primo semi-blocco della USM e lo scavo delle trincee delle gallerie d'ispezione delle celle del secondo semi-blocco si impiegano 50 giorni lavorativi, svolgendo 2 turni di 8 ore al giorno ad eccezione del getto delle pareti delle celle costruite con turni lavorativi h24.

Per lo svolgimento dei lavori di questa fase si prevede l'impiego di:

- 2 pompe autocarrate
- 6 autobetoniere
- 3 escavatori idraulici
- 2 rulli compattatori
- 2 livellatrici
- 2 gru a supporto del montaggio dei casseri
- 6 dumper a supporto degli escavatori e per il trasporto di casseri e gabbie d'armatura
- 3 squadre per la posa in opera delle armature in ogni step lavorativo
- 6 squadre di casseratori per ogni step lavorativo
- 2 squadre di supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)

27) Fase 27: per la costruzione delle pareti verticali di 3 celle delle ultime 3 file del primo semi-blocco della USM, la nobilitazione delle trincee per le gallerie d'ispezione delle celle del secondo semi-blocco e la posa del magrone si impiegano 46 giorni lavorativi, svolgendo 2 turni di 8 ore al giorno ad eccezione del getto delle pareti delle celle costruite con turni

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



lavorativi h24. Per lo svolgimento dei lavori di questa fase si prevede l'impiego di:

- 2 pompe autocarrate
- 6 autobetoniere
- 3 escavatori idraulici
- 2 rulli compattatori
- 2 livellatrici
- 2 gru a supporto del montaggio dei casseri
- 6 dumper a supporto degli escavatori e per il trasporto di casseri e gabbie d'armatura
- 3 squadre per la posa in opera delle armature in ogni step lavorativo
- 6 squadre di casseratori per ogni step lavorativo
- 2 squadre d supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)

28) Fase 28: per la costruzione delle pareti verticali delle ultime 2 celle del primo semi-blocco della USM e la costruzione delle gallerie d'ispezione delle prime 4 file di celle del secondo semi-blocco della USM si impiegano 57 giorni lavorativi (il turno lavorativo dell'intera fase è h24). Per lo svolgimento delle lavorazioni si prevede l'impiego di:

- 2 pompe autocarrate
- 6 autobetoniere
- 3 dumper per il trasporto di casseri e gabbie d'armatura
- 3 squadre per la posa in opera delle armature in ogni step lavorativo
- 6 squadre di casseratori per ogni step lavorativo
- 2 squadre d supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)

29) Fase 29: per il rinterro parziale della seconda parte del primo sbancamento e la costruzione di parte della galleria laterale del secondo semi-blocco della USM, compresa la nobilitazione del piano di posa e la stesura del magrone di fondazione si impiegano rispettivamente 44 giorni lavorativi (2 turni al giorno di 8 ore). Per lo svolgimento delle lavorazioni della fase 29 si prevede l'impiego di:

- 3 escavatori idraulici
- 6 dumper a supporto degli escavatori e per il trasporto di casseri e gabbie d'armatura
- 2 rulli compattatori
- 2 livellatrici
- 2 pompe autocarrate
- 6 autobetoniere
- 2 gru a supporto delle operazioni di cassetatura

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



- 3 squadre per la posa in opera delle armature in ogni step lavorativo
- 6 squadre di casseratori per ogni step lavorativo
- 2 squadre di supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)

30) Fase 30: per la nobilizzazione e la posa in opera del magrone di fondazione delle platee per le vie di corsa delle ultime 3 file del primo semi-blocco della USM e il rinterro delle 4 gallerie d'ispezione delle celle, compreso il rinterro della galleria laterale del secondo semi-blocco si impiegano complessivamente 8 giorni lavorativi (2 turni al giorno di 8 ore). Per lo svolgimento delle lavorazioni della fase 30 si prevede l'impiego di:

- 2 pompe autocarrate
- 6 autobetoniere
- 3 escavatori idraulici
- 6 dumper a supporto degli escavatori e per il trasporto degli inerti per la posa dello strato di nobilizzazione
- 2 rulli compattatori
- 2 livellatrici

31) Fase 31: per la costruzione delle platee su cui insisteranno le vie di corsa per le coperture mobili e le gru a cavalletto delle ultime 3 file di celle del primo semi-blocco, la nobilizzazione e la posa del magrone per le fondazioni delle 20 celle del secondo semi-blocco della USM si impiegano 42 giorni lavorativi (2 turni al giorno di 8 ore). Per l'esecuzione dei si prevede l'utilizzo di:

- 2 pompe autocarrate
- 6 autobetoniere
- 3 escavatori idraulici
- 6 dumper a supporto degli escavatori e per il trasporto degli inerti per la posa dello strato di nobilizzazione
- 2 rulli compattatori
- 2 livellatrici

32) Fase 32: per la posa dei binari sulle platee, a servizio delle ultime 3 file del primo semi-blocco della USM e la costruzione delle 20 fondazioni delle celle del secondo semi-blocco si impiegano 53 giorni lavorativi, svolgendo 2 turni di 8 ore al giorno ad eccezione del getto delle fondazioni delle celle costruite con turni lavorativi h24. Per lo svolgimento dei lavori di questa fase si prevede l'impiego di:

- 3 dumper per il trasporto di casseri e gabbie d'armatura
- 2 pompe autocarrate
- 6 autobetoniere
- 2 gru a supporto delle operazioni di casseratura

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



- 3 squadre per la posa in opera delle armature e i binari in ogni step lavorativo
 - 6 squadre di casseratori per ogni step lavorativo
 - 2 squadre d supporto alle operazioni di getto (una squadra per auto pompa)
- 33) Fase 33: per il rinterro finale del primo sbancamento e la realizzazione delle pareti verticali delle 20 celle del secondo semi-blocco della USM si impiegano 190 giorni lavorativi svolgendo 2 turni di 8 ore al giorno ad eccezione del getto delle pareti delle celle costruite con turni lavorativi h24. Per lo svolgimento dei lavori di questa fase si prevede l'impiego di:
- 3 escavatori idraulici
 - 6 dumper a supporto degli escavatori e per il trasporto di casseri e gabbie d'armatura
 - 2 rulli compattatori
 - 2 livellatrici
 - 2 pompe autocarrate
 - 6 autobetoniere
 - 2 gru a supporto delle operazioni di casseratura
 - 3 squadre per la posa in opera delle armature in ogni step lavorativo
 - 6 squadre di casseratori per ogni step lavorativo
- 34) Fase 34: per il completamento della segnaletica orizzontale del primo semi-blocco della USM e il rinterro parziale a quota -1,50 mda piano campagna del secondo semi-blocco si impiegano 7 giorni lavorativi (2 turni al giorno di 8 ore). Per l'esecuzione dei si prevede l'utilizzo di:
- 3 escavatori idraulici
 - 6 dumper
 - 2 rulli compattatori
 - 2 livellatrici
- 35) Fase 35: per la costruzione dell'intero sistema "vie di corsa copertura/gru" (nobilizzazione, magrone, platea, binari) a servizio delle 4 file di celle del secondo semi-blocco della USM si impiegano 26 giorni lavorativi (2 turni al giorno di 8 ore). Per l'esecuzione dei si prevede l'utilizzo di:
- 3 escavatori idraulici
 - 6 dumper per il trasporto di casseri e gabbie d'armatura e gli inerti per la nobilizzazione del terreno di fondazione
 - 2 rulli compattatori
 - 2 livellatrici
 - 2 pompe autocarrate
 - 6 autobetoniere
 - 2 gru a supporto delle operazioni di casseratura

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



- 3 squadre per la posa in opera delle armature in ogni step lavorativo
 - 6 squadre di casseratori per ogni step lavorativo
- 36) Fase 36: per il rinterro parziale del secondo sbancamento (quota 0,00) si impiegano complessivamente 9 giorni lavorativi (2 turni al giorno di 8 ore). Per l'esecuzione dei si prevede l'utilizzo di:
- 3 escavatori idraulici
 - 6 dumper
 - 2 rulli compattatori
 - 2 livellatrici

A fronte delle tipologie di macchinari scelti, la composizione delle squadre di lavoro e i differenti turni lavorativi in base alle tipologie e complessità delle operazioni da svolgere durante la costruzione di tutta la USM, nel rispetto dei tempi di maturazione dei vari getti (magrone, gallerie, celle, vie di corsa), si possono definire e rispettare le tempistiche complessive per la costruzione ed entrata in esercizio del deposito.

Si stima che per la realizzazione delle prime 6 file di celle del primo semi-blocco della USM (**macro fase 1**), garantendo l'entrata in esercizio del deposito, sono necessari *725 giorni lavorativi*, corrispondenti a 4,2 anni (*1015 giorni solari*).

Per la costruzione delle altre 7 file di celle, tre file appartenenti al primo semi-blocco e 4 file al secondo semi-blocco della USM (**macro fase 2**), sono necessari *611 giorni lavorativi* corrispondenti a 3,6 anni (*855 giorni solari*), questo in virtù del fatto che parte delle strutture sono predisposte e realizzate già durante la macro fase 1 e che i tempi imposti sono più rilassati.

Per la prima stima preliminare dei tempi di costruzione della USM si è ipotizzato che tutte le fasi in cui è stata schematizzata la realizzazione dell'opera siano svolte in successione anche se alcune di esse potrebbero essere eseguite in parallelo riducendo i tempi complessivi di costruzione.

Si riporta in seguito il flusso temporale delle fasi di costruzione della USM.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



12 STIMA DEL PERSONALE

In base alle fasi lavorative descritte nel paragrafo 8.1, e alle diverse attività che si svolgono in ogni fase, è stata effettuata una prima stima di riferimento sul numero delle maestranze e degli operatori che, in media, sono presenti nell'area di cantiere, il numero di lavoratori necessari alla gestione delle aree di stoccaggio e degli uffici tecnico-amministrativi dell'IPC.

Al fine di meglio definire il numero di operatori si riportano in seguito l'elenco delle macro attività che si svolgono nell'area di cantiere:

- movimentazione e compattazione terra con mezzi di cantiere
- posa in opera degli inerti per la nobilitazione del terreno e del magrone di fondazione con mezzi di cantiere e squadre di operai
- montaggio ferri d'armatura e binari per le vie di corsa con il supporto dei mezzi di cantiere
- montaggio e smontaggio dei casseri con il supporto dei mezzi di cantiere
- getto del calcestruzzo con mezzi di cantiere e il supporto di operatori per la movimentazione del tubo di getto e le operazioni di vibrazione
- supervisione tecnico-organizzativa del cantiere e delle lavorazioni

Prevedendo un operatore per ogni macchina di cantiere, con l'eventuale supporto di operai in alcune attività, e l'intervento fino a 6 squadre di operai nelle fasi maggiormente critiche, si prevede quindi in cantiere, in riferimento alla "Fase 25" (paragrafo 8.1) in cui si riscontrano il maggior numero di differenti lavorazioni svolte contemporaneamente, un numero di personale pari a:

- 13 operatori per lo scavo di sbancamento: un operatore per ogni escavatore idraulico (3), un operatore per dumper (6), uno per ogni rullo compattatore (2), uno per ogni macchina livellatrice (2)
- 87 operatori per la costruzione delle pareti verticali delle celle di deposito: 3 operatori per ogni pompa-autocarrata (2), un operatore per ogni autobetoniera (6), 7 operai per ogni squadra (3) per il montaggio dei ferri d'armatura, 7 operai per ogni squadra (6) per il montaggio dei casseri, un operatore per ogni gru a supporto delle operazioni di armo dei casseri (2), un operatore per ogni dumper per il trasporto dei ferri d'armatura e dei casseri (6)

Oltre agli operatori attivi all'interno del perimetro del cantiere dell'USM, si prevede la presenza nell'impianto IPC di differenti figure tecniche e operai con varie mansioni. Si riportano in seguito il numero di lavoratori presenti nelle differenti aree dell'IPM.

Palazzina direzione ed uffici (32 operatori):

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



- direzione generale (1)
- responsabile della Qualità (1)
- direttore tecnico (1)
- responsabili degli acquisti (3)
- responsabili della programmazione (5)
- responsabili di commesse (6)
- direttore Tecnico di cantiere (1)
- capocantiere (5)
- servizi e segreteria di cantiere (6)
- infermeria (3)

Laboratori di controllo della qualità e test vari (13 operatori):

- responsabile di laboratorio (1)
- analisti Test e processi (2)
- operativi alle macchine di prova (4)
- operativi per il controllo della qualità delle fasi operative in cantiere (6)

Ufficio Tecnico (11 operatori):

- responsabile dell'Ingegneria di cantiere (1)
- ingegneria di cantiere (Site Engineering) interdisciplinare (6)
- operativi autocad (4)

Infine per completare la stima del personale presente, è necessario tener conto delle maestranze nelle varie aree di servizio previste nel cantiere:

- area cassetture (2)
- area ferri d'armatura (2)
- stazioni di betonaggio (5)
- area piping (1)
- area dalle (2)
- area stabilizzato (1)
- area stoccaggio sabbia di riempimento celle (2)
- area deposito mezzi di movimentazione (3)

Si aggiunge poi la stima gli operatori di supporto, relativi ai servizi elencati sotto:

- manutenzione (6)
- trasporto e movimentazione materiale (su camion, pale gommate, ecc.) dall'area operativa alle aree di stoccaggio (8)
- servizi di cantiere: elettrici, strumentisti, impiantisti del piping, meccanici ecc. (8)
- servizi di logistica e pulizie varie (4)

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



In conclusione, da una prima stima di riferimento emerge una presenza contemporanea massima di personale in cantiere pari a circa 200 persone.

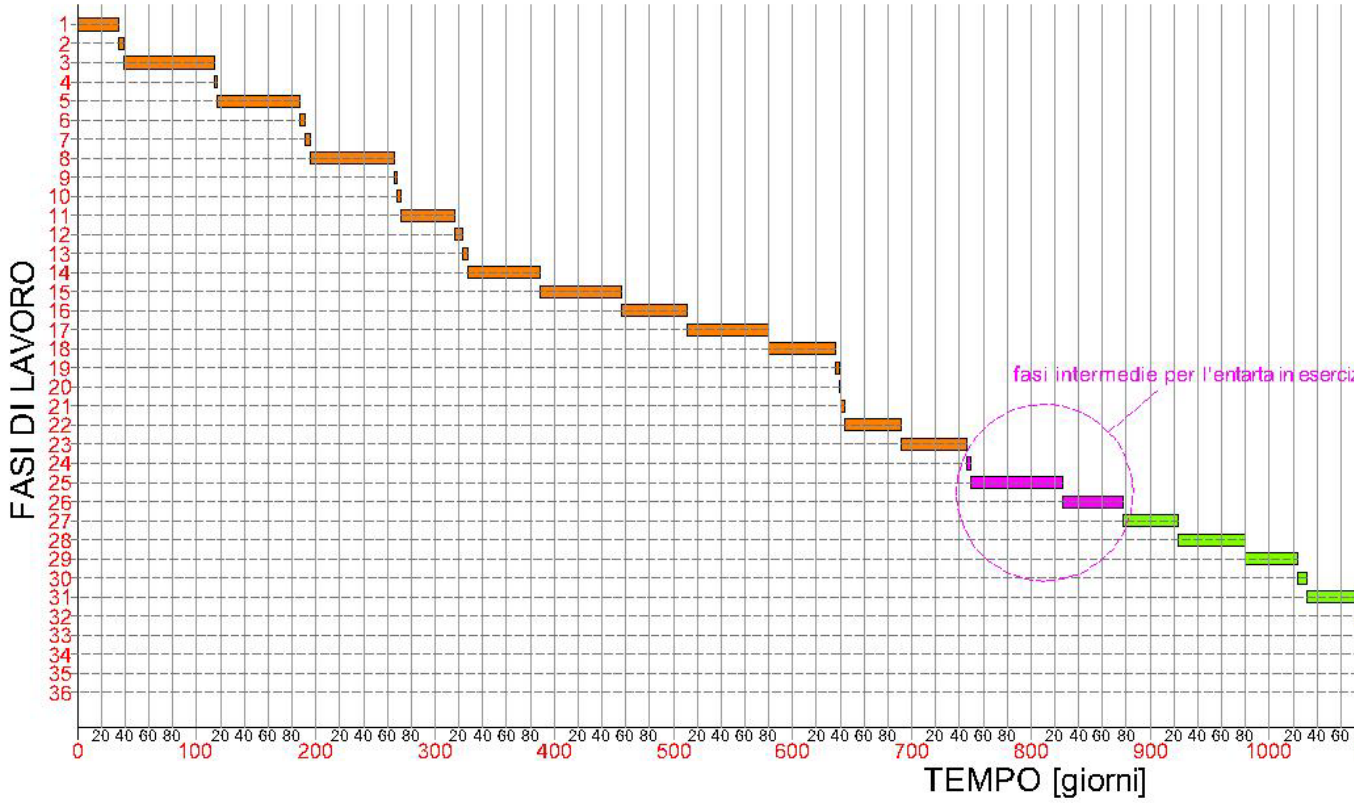


Figura 20. Schema temporale fasi di realizzazione CdD

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



13 RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI

- [Rif. 1] ENEA-DISP Guida Tecnica n. 26 – “Gestione dei rifiuti radioattivi”, settembre 1987
- [Rif. 2] Direttiva Macchine 2006/42/CE
- [Rif. 3] DN GE 00038 – Progetto Preliminare DNPT – Planimetria generale del sito
- [Rif. 4] DN DN 00068 – Unità Smaltimento Moduli – Relazione descrittiva generale
- [Rif. 5] DN DN 00069 – Unità Smaltimento Moduli – Relazione sistemi di drenaggio
- [Rif. 6] DN DN 00074 – Unità Smaltimento Moduli – Planimetria generale gallerie tecniche – Pianta e sezioni
- [Rif. 7] DN DN 00075 – Unità Smaltimento Moduli – Planimetria generale copertura finale – Pianta e sezioni
- [Rif. 8] DN DN 00076 – Unità Smaltimento Moduli – Planimetria generale Celle di Deposito – Pianta e sezioni
- [Rif. 9] DN DN 00077 – Unità Smaltimento Moduli – Architettonico Cella di Deposito
- [Rif. 10] DN DN 00078 – Unità Smaltimento Moduli – Assieme copertura traslabile
- [Rif. 11] DN DN 00079 – Unità Smaltimento Moduli – Relazione tecnica gru a cavalletto
- [Rif. 12] DN DN 00082 – Unità Smaltimento Moduli – Fasi di caricamento celle
- [Rif. 13] DN DN 00094 – Unità Smaltimento Moduli – Architettonico stazioni di recapito drenaggi ingresso uscita materiali e personale
- [Rif. 14] DN DN 00095 – Unità Smaltimento Moduli – Sinottico movimentazione copertura mobile
- [Rif. 15] DN DN 00096 – Unità Smaltimento Moduli – Sinottico caricamento moduli, sabbia e predalle
- [Rif. 16] DN DN 00131 – Unità Smaltimento Moduli – Fase operativa di riempimento di celle con sabbia
- [Rif. 17] DN DN 00229 – Unità Smaltimento Moduli – Architettonico torrini periferici di entrata uscita
- [Rif. 18] DN DN 00231 – Unità Smaltimento Moduli – Assieme copertura temporanea cella di deposito
- [Rif. 19] DN DN 00123 – Impianto Produzione Celle – Planimetria generale
- [Rif. 20] DN DN 00124 – Impianto Produzione Celle – Relazioni stazioni di betonaggio

Relazione Tecnica Impianto Produzione Celle – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00122 REVISIONE 03
---	---



- [Rif. 21] DN DN 00125 – Impianto Produzione Celle - Assieme stazione di betonaggio
- [Rif. 22] DN DN 00126 – Impianto Produzione Celle – Piante schema costruzione celle – Fase 1
- [Rif. 23] DN DN 00235 – Impianto Produzione Celle – Piante schema costruzione celle – Fase 2
- [Rif. 24] DN DN 00236 – Impianto Produzione Celle – Piante schema costruzione celle – Fase 3
- [Rif. 25] DN DN 00237 – Impianto Produzione Celle – Sezioni longitudinali fasi costruzione celle
- [Rif. 26] DN DN 00238 – Impianto Produzione Celle – Sezioni trasversali fasi costruzione celle
- [Rif. 27] DN DN 00239 – Impianto Produzione Celle – Schema funzionale impianto di betonaggio
- [Rif. 28] DN SM 00007 – Stima dei rifiuti radioattivi da conferire al deposito nazionale
- [Rif. 29] 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. 30] Decreto Ministeriale 7 Agosto 2015 "Classificazione dei rifiuti radioattivi ai sensi dell'articolo 5 del decreto legislativo 4 Marzo 2014, n. 45"
- [Rif. 31] IAEA – General Safety Guide – SGS-1 – Classification of radioactive waste