

PROPONENTE



MASTER PLAN 2014-2029

AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI FIRENZE

OSSERVATORIO AMBIENTALE

CONSULENZA
SPECIALISTICA



Responsabile Tecnico Aspetti Ambientali di Masterplan
Ing. Lorenzo TENERANI



NOME ELABORATO

Gestione delle terre e rocce da scavo

D.6 - Relazione specialistica relativa al trattamento delle terre da scavo mediante stabilizzazione a calce

Codice elaborato					RGPO	Scala		
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato / Data
A	Emissione per O.A.A.F.	DYNATEST		DYNATEST		Tenerani	LUG 2018	Tenerani

AEROPORTO INTERNAZIONALE “AMERIGO VESPUCCI” DI FIRENZE (FLR)



**RELAZIONE SPECIALISTICA RELATIVA ALL'APPRONTAMENTO DI UN'AREA
INTERNA AL SEDIME AEROPORTUALE DESTINATA AL TRATTAMENTO DELLE
TERRE DA SCAVO MEDIANTE STABILIZZAZIONE A CALCE**

Sommario

1. INTRODUZIONE	3
2. INDIVIDUAZIONE DELLE OPERE CHE RICHIEDONO IL TRATTAMENTO A CALCE.....	5
3. DETERMINAZIONE DEI QUANTITATIVI DI TERRA DA SCAVO OGGETTO DI RIUTILIZZO PREVIO	
TRATTAMENTO A CALCE	8
2.1 Opere aeroportuali interne al sedime aeroportuale.....	8
2.2 Opere di viabilità esterna ed interna all'aeroporto.....	12
4. LA FINALITA' DI MIGLIORAMENTO GEOTECNICO E GEOMECCANICO DEL TRATTAMENTO A CALCE	20
5. LE ASSUNZIONI TECNICHE DI BASE PER LA DEFINIZIONE DELLE SPECIFICHE OPERATIVE DI TRATTAMENTO	
A CALCE.....	23
6. ANALISI DELLA PRODUTTIVITA' DEI MEZZI DI CANTIERE	26
7. I CAMPI DI STABILIZZAZIONE	28
8. VERIFICA DEI TEMPI DI LAVORAZIONE	36
9. LA GESTIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI DEL TRATTAMENTO A CALCE	38
2.1 Criteri di protezione ambientale.....	38

1. INTRODUZIONE

Il presente documento fornisce le informazioni di natura tecnico-ambientale relative alle previste modalità di trattamento a calce di talune volumetrie di terre da scavo prodotte e riutilizzate nell'ambito del Masterplan 2014-2029 dell'Aeroporto di Firenze.

In coerenza con quanto indicato nella Relazione metodologica D1 inerente la modalità di gestione degli inerti e delle terre da scavo e i relativi presupposti normativi e metodologici, il trattamento a calce previsto in progetto è finalizzato esclusivamente al miglioramento delle caratteristiche geotecniche delle terre da scavo e, come tale, viene inquadrato nell'ambito della cosiddetta “normale pratica industriale” applicata a terre da scavo che saranno gestite come sottoprodotto ai sensi dell'art. 184bis del D. Lgs 152/ 2006 e smi.

Come evidente dalle altre sezioni documentali riferite alla complessiva analisi della gestione delle terre da scavo prodotte nell'ambito del Masterplan aeroportuale, risulta oggettivamente dimostrato che, già nelle condizioni in cui si trova al termine delle operazioni di scavo (o di asportazione di rilevati in terra), il materiale terrigeno che si prevede di sottoporre a trattamento a calce rispetto tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti (terrigeni) e la protezione della salute e dell'ambiente e che l'impiego dello stesso non comporta impatti complessivi negativi sull'ambiente. In tal senso, le terre da scavo per le quali si prevede l'applicazione del pre-trattamento a calce prima del riutilizzo hanno tutti i requisiti indicati dal DPR 120/ 2017 per essere considerati sottoprodotti prima del trattamento stesso.

Il trattamento a calce è, infatti, ritenuto necessario nell'ambito della realizzazione delle sole opere infrastrutturali caratterizzate da rilevati, pavimentazioni, cassonetti e zone di transizione soggette o potenzialmente interessate dal passaggio/sosta di mezzi pesanti (aeromobili, autoveicoli, automezzi) e, conseguentemente, da importanti carichi statici e dinamici, in quanto volto a migliorare le caratteristiche di portanza e resistenza di quei soli terreni che saranno esposti alle citate sollecitazioni e carichi.

Si tratta, in particolare, della nuova viabilità dell'Osmannoro, della viabilità di accesso e di servizio aeroportuale, della nuova pista di volo e dei relativi raccordi (o taxiways).

Il trattamento previsto risulta necessario per le sole finalità di miglioramento geotecnico dei materiali (senza condizionare il rispetto dei requisiti di qualità) il cui impiego è previsto nell'ambito di opere di esclusiva valenza e funzione infrastrutturale (opere viarie ed aeroportuali). Saranno sottoposti a trattamento a calce materiali terrigeni che, nell'ambito della caratterizzazione ambientale preventiva, sono risultati già privi di contaminazione e conformi alle caratteristiche di cui alla Colonna A, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, parte IV del D. Lgs 152/ 2006 e smi.

Si precisa inoltre che, dato quanto sopra descritto, l'impiego delle terre trattate a calce non interferirà in alcun modo con la possibilità di porre a dimora idonea copertura vegetazionale con particolare riguardo ad argini, dune antirumore e altri interventi di rilevanza paesaggistica.

2. INDIVIDUAZIONE DELLE OPERE CHE RICHIEDONO IL TRATTAMENTO A CALCE

Il Masterplan prevede di sottoporre a preliminare trattamento a calce, inquadrabile nella c.d. "normale pratica industriale", parte delle terre da scavo che saranno riutilizzate per la realizzazione di sole opere di tipo infrastrutturale e, in particolare, per la formazione di rilevati, pavimentazioni, cassonetti e zone di transizione soggette, o potenzialmente interessate, dal passaggio/sosta di mezzi pesanti (aeromobili, autoveicoli, automezzi) e, conseguentemente, da importanti carichi statici e dinamici.

In tal senso, il trattamento a calce si rende necessario con l'esclusiva finalità di miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche di quelle terre da scavo che, altrimenti, riutilizzate direttamente e sottoposte alla sola compattazione non avrebbero la portanza, la resistenza e le altre qualità geotecniche richieste in caso di sollecitazione ai carichi statici e/o dinamici di progetto.

In particolare, le opere di interesse sono le seguenti:

- ✓ nuova viabilità dell'Osmannoro (prevista in risoluzione dell'interferenza sussistente fra la nuova pista di volo e l'attuale via dell'Osmannoro);
- ✓ nuova viabilità di accesso alla porzione ovest del sedime aeroportuale e nuovo tratto di viabilità perimetrale aeroportuale;
- ✓ nuova pista di volo (runway, runway shoulder, runway strip, resa);
- ✓ nuovi raccordi (o taxiways) di Fase 1.

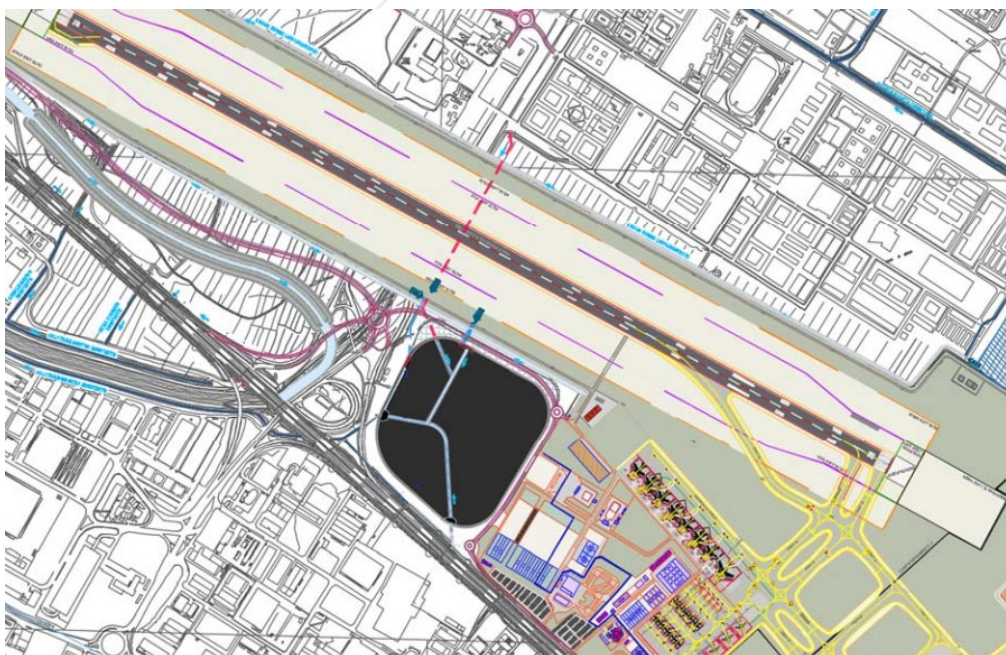


Figura 2-1 Nuova Pista di Volo e annessi raccordi; viabilità di accesso alla porzione occidentale del sedime

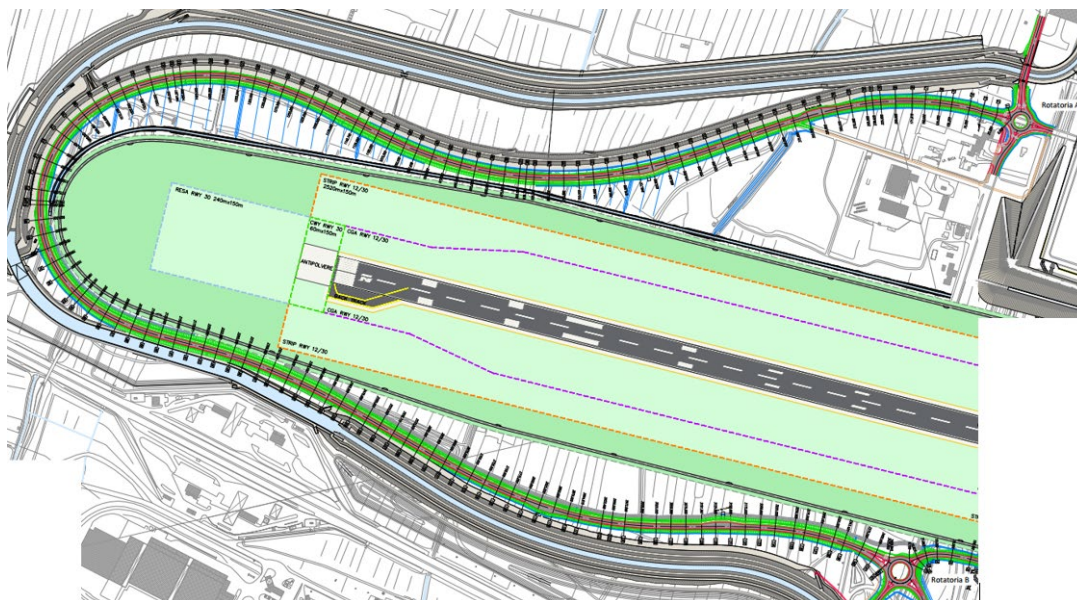


Figura 2-2 Viabilità esterna al sedime aeroportuale (deviazione Via dell'Osmannoro)

Le strategie di sviluppo previste per l'Aeroporto di Firenze sono state definite nell'ambito del Masterplan 2014-2029 approvato in linea tecnica da ENAC in data 03/11/2014.

Il Masterplan 2014-2029 prevede la riqualifica dell'attuale scalo aeroportuale di Firenze con realizzazione della nuova pista di volo, dei relativi raccordi e piazzali aeromobili, la realizzazione del nuovo Terminal Passeggeri, della viabilità di accesso e dei parcheggi, la realizzazione in area Ovest dell'area logistica, oltre alle opere propedeutiche necessarie alla realizzazione del nuovo sistema aeroportuale.

Nell'ambito del processo di approvazione del Masterplan, lo stesso è stato in più fasi sottoposto ad istruttorie tecniche da parte di più Enti e Amministrazioni interessate, mirate all'approvazione "in linea tecnica" del progetto, alla verifica della sua compatibilità ambientale, alla sua approvazione ai sensi del DPR n. 383/1994.

In parallelo rispetto alla procedura VIA, in data 27/08/2015 Toscana Aeroporti SpA, in qualità di gestore aeroportuale, ha trasmesso ad ENAC la prima emissione del progetto definitivo delle opere "nuova pista di volo 12-30, taxiways e aprons". In data 30/10/2015, ENAC ha formalizzato l'approvazione tecnica del progetto, con approvazione finale da ratificare a completamento delle procedure di carattere ambientale e urbanistico e relativo recepimento delle prescrizioni ad esse riconducibili.

L'istruttoria per la Conformità Urbanistica del Master Plan 2014-2029 è stata attivata in data 20/4/2018 con nota ENAC, quale proponente, prot. 0041829-P; la Conferenza dei Servizi si è aperta in data 7/9/2018 presso il Ministero dei Trasporti, e si è conclusa positivamente in data 06/02/2019. Successivamente in

data 15/04/2019 il Ministero delle Infrastrutture ha emesso il relativo Provvedimento Finale n. 0006674.

La progettazione è stata, nelle fasi iniziali, sviluppata partendo da dati storici e di archivio disponibili ed è stata dettagliata sulla base di apposite campagne di rilievi e di indagini topografiche, aerofotogrammetriche e geologiche svolte nel 2015, 2016 e 2017.

Dal punto di vista aeronautico, la progettazione è stata sviluppata in coerenza con lo studio aeronautico di ENAC di prima emissione (anno 2015) e di successivo aggiornamento finalizzato all'attuazione degli interventi (anno 2017). Per lo sviluppo della progettazione delle opere relative alle nuove infrastrutture di volo la progettazione è stata necessariamente correlata e integrata con tutte le attività di progettazione propedeutiche e accessorie di risoluzione delle interferenze. Come noto, l'insieme di tali opere è contemplato nel Master Plan posto alla base delle istruttorie VIA e conformità urbanistica.

3. DETERMINAZIONE DEI QUANTITATIVI DI TERRA DA SCAVO OGGETTO DI RIUTILIZZO PREVIO TRATTAMENTO A CALCE

Ai fini della determinazione delle quantità di materiale proveniente dalle operazioni di scavo che saranno soggette, in apposite aree di lavorazione, a trattamenti di stabilizzazione con calce, si è proceduto ad analizzare le sezioni tipo previste per le infrastrutture da realizzarsi sia all'interno che all'esterno del sedime aeroportuale e, contestualmente, ad eseguire, per ogni infrastruttura, il relativo bilancio delle terre e degli inerti.

3.1 Opere aeroportuali interne al sedime aeroportuale

Per quanto concerne le aree interne al sedime aeroportuale, il progetto prevede, nella Fase 1 di attuazione del Masterplan, la realizzazione di:

- ✓ Nuova Pista di volo con orientamento 12-30;
- ✓ Raccordi (Taxiways).

Si tratta di opere afferenti alla WBS 19 di cui al bilancio dei materiali inerti.

Le sezioni tipo delle infrastrutture da realizzare vengono riportate di seguito alle pagine successive. Per quanto concerne l'insieme degli interventi previsti si rimanda al progetto per i dettagli esecutivi di ognuno di essi.

Preme osservare che ogni operazione di scavo prevista nel progetto prevede l'esecuzione di un preventivo scavo superficiale per la rimozione del terreno vegetale; tale strato è pari a circa 20-30 cm dal piano campagna, ed è composto da terreno non idoneo alla realizzazione dei rilevati di riempimento; il suo reimpiego è invece previsto per lo strato superficiale delle Aree di Runway Strip.

Sulla base della successione delle lavorazioni previste e delle caratteristiche dei terreni oggetto delle operazioni di scavo è stato possibile individuare un bilancio dei materiali da movimentare in cantiere.

In particolare, per ognuna delle infrastrutture previste in progetto, si riportano di seguito i volumi di terreno da scavare ed i volumi di terreno reimpiegabili (Tabella 3-1).

Per la Pista di volo e le relative fasce di sicurezza, considerando quanto riportato nel Piano di cantierizzazione, si è preferito indicare le movimentazioni di materiale individuando n.7 tratti così definiti:

- ✓ Pista lato Ovest: da Sezione n.1 a Sezione n.109;

- ✓ Cucitura Via Osmannoro/Fosso: da Sezione n.110 a Sezione n.130 (comprensivo degli interventi di demolizione dello Svincolo autostradale);
- ✓ Pista lato Est: da Sezione n.131 a Sezione n.142;
- ✓ Pista lato Est - Lago 1: da Sezione n.143 a Sezione n.150;
- ✓ Pista lato Est: da Sezione n.151 a Sezione n.193;
- ✓ Pista lato Est - Lago 2: da Sezione n.194 a Sezione n.226;
- ✓ Pista lato Est: da Sezione n.227 a Sezione n.256.

Si riportano di seguito le Sezioni Tipo previste per le infrastrutture di volo interessate dalle operazioni di trattamento delle terre mediante stabilizzazione a calce e la Tabella di sintesi con l'indicazione, in particolare, delle quantità di materiale terroso che saranno trasportate e lavorate all'interno del campo di stabilizzazione di cui alla presente Relazione tecnica

SEZIONE TIPO PISTA DI VOLO

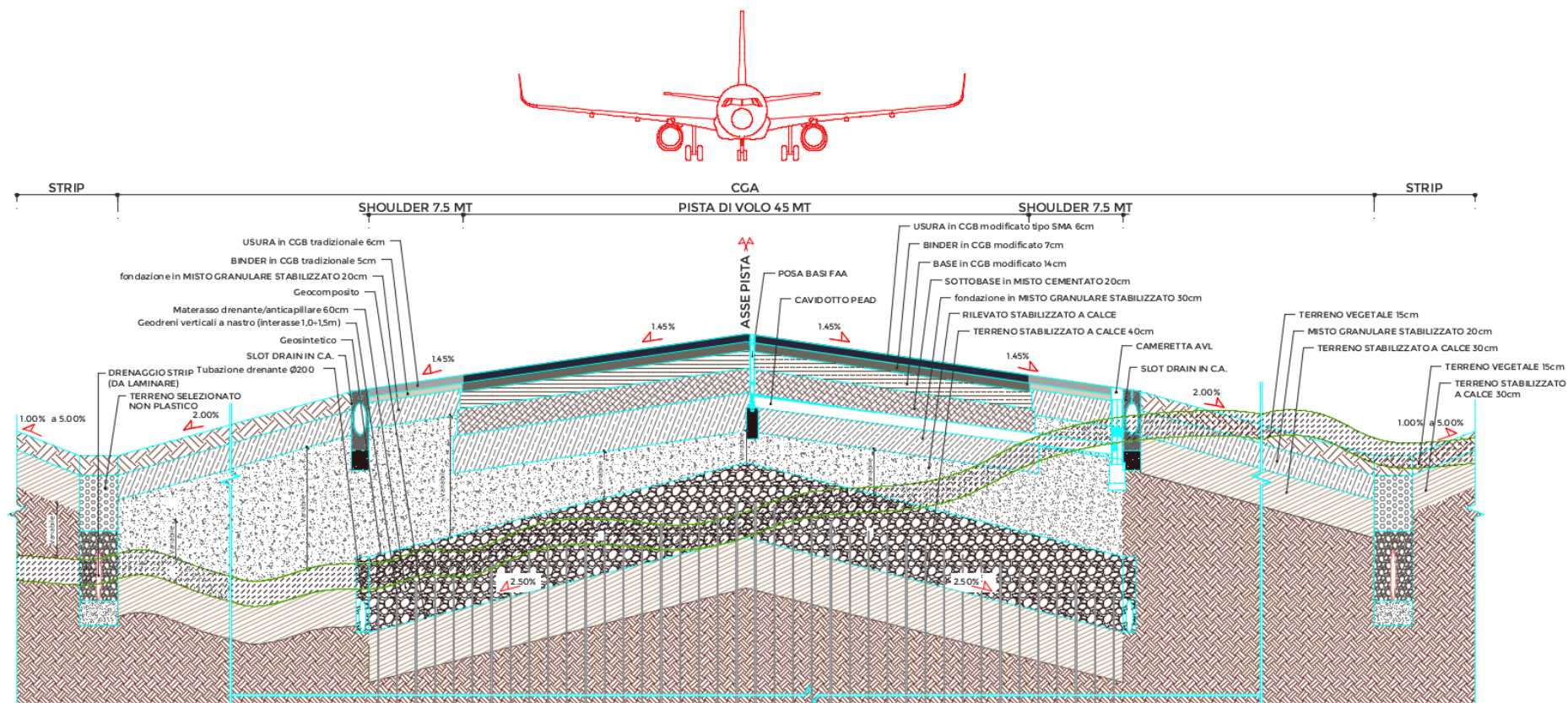


Figura 3-1 Sezione tipo Pista di volo

SEZIONE TIPO TAXIWAYS

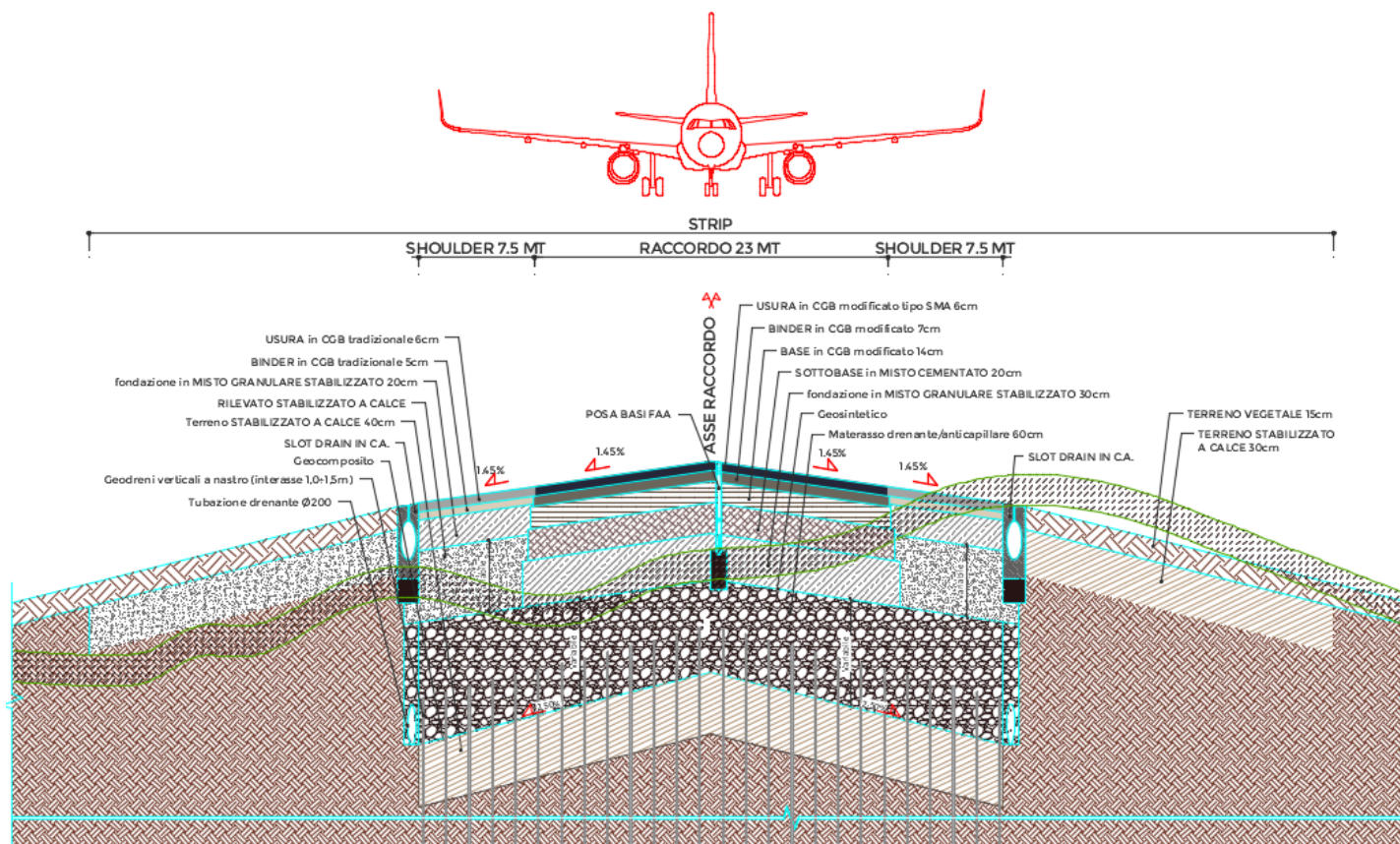


Figura 3-2 Sezione tipo Taxiways

Sintesi del bilancio dei materiali inerti relativi alla WBS 19 di Fase 1

Tabella 3-1. WBS19: bilancio dei materiali inerti. In rosso si evidenzia la previsione di trattamento a calce

	Scotico (mc)			Scavo	Scavo da conferire a discarica	Demolizioni viabilità	Rinterri (mc)		Δ Scavi/ Rinterri	Stabilizzazione in sito	Strato drenante/ anticapillare
	Rimozione	Reimpiego	Δ Rimozioni/ Reimpieghi	(mc)	(mc)	(mc)	Tal quali	Stabilizzati in area ad hoc	(Esuberi)	(mc)	Inerti
MOV. PISTA LATO OVEST Sez. 1 (-476,5) a 109 (+862,5)	95,749.25	39,118.29	56,630.96	72,035.25	0.00	0.00	94,386.45	185,630.31	-207,981.51	103,730.98	35,772.38
MOV. CUCITURA VIA OSMANNORO / FOSSO Sez. 110 (+875) a 130 (+1125)	20,897.19	9,000.00	11,897.19	58,718.94	0.00	0.00	6,609.13	23,675.25	28,434.56	25,291.38	10,808.44
MOV. AUTOSTRADA / FOSSO Sez. 110 (+875) a 130 (+1125)	0.00			0.00	0.00	79,616.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MOV. PISTA LATO EST Sez. 131 (+1137,5) a 142 (+1275)	11,924.94	5,400.00	6,524.94	56,935.69	0.00	0.00	2,875.44	6,898.31	47,161.94	14,586.75	6,463.13
MOV. PISTA LATO EST Sez. 143 (+1287,5) a 150 (+1375)	7,111.44	3,600.00	3,511.44	27,837.13	0.00	0.00	15,026.00	2,749.44	10,061.69	9,583.94	4,545.00
MOV. PISTA LATO EST (LAGO 1) Sez. 143 (+1287,5) a 150 (+1375)	0.00			0.00	4,346.50	0.00	0.00	6,623.25	-6,623.25	0.00	0.00
MOV. PISTA LATO EST Sez. 151 (+1387,5) a 193 (+1912,5)	46,240.06	18,909.35	27,330.72	146,957.31	0.00	0.00	27,174.38	7,002.25	112,780.69	52,273.44	26,968.49
MOV. PISTA LATO EST Sez. 194 (+1925) a 226 (+2325)	14,949.13	12,945.42	2,003.71	144,620.19	0.00	0.00	6,113.06	3,075.25	135,431.88	53,799.63	29,935.88
MOV. PISTA LATO EST (LAGO 2) Sez. 194 (+1925) a 226 (+2325)	0.00			0.00	94,618.18	0.00	0.00	144,688.00	-144,688.00	0.00	0.00
MOV. PISTA LATO EST Sez. 227 (+2237,5) a 256 (+2700)	29,035.69	8,943.54	20,092.15	95,033.19	0.00	0.00	7,818.69	1,672.19	85,542.31	25,170.66	5,199.14
MOV. BRAVO+CHARLIE Sez. 1 (+107,1) a 30 (+462,5)	12,893.31	1,593.83	11,299.49	89,673.94	0.00	0.00	0.00	4,806.44	84,867.50	20,643.75	27,989.19
MOV. DELTA + UPGRADE PIAZZALE OVEST Sez. 31 (0,0) a 86 (+681,89)	21,879.83	4,129.46	17,750.38	103,225.31	0.00	3,058.87	89.20	2,519.59	100,616.53	13,190.01	13,669.92
TOTALE VOLUMI	260,680.83	103,639.88	157,040.96	795,036.94	98,964.68	82,675.75	160,092.34	389,340.28	245,604.33	318,270.52	161,351.54

3.2 Opere di viabilità esterna ed interna all'aeroporto

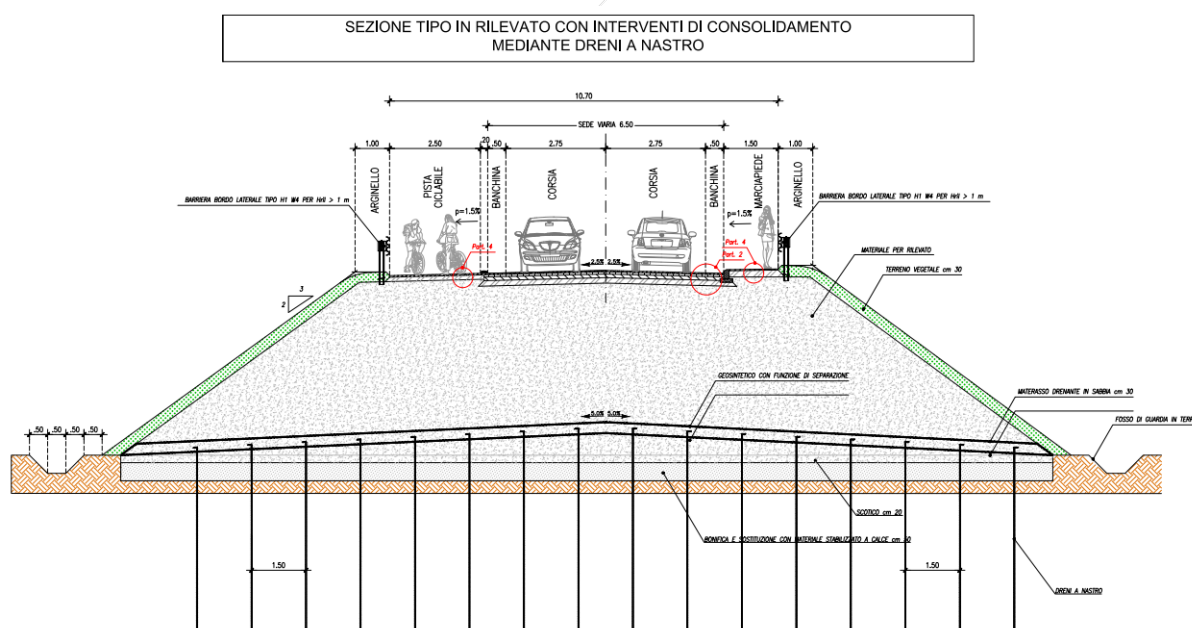
Per quanto concerne le aree interessate dalla realizzazione della nuova viabilità di collegamento con l'Autostrada A11 (in sostituzione della viabilità esistente per la quale è previsto un intervento di demolizione totale in quanto ricadente all'interno del nuovo sedime aeroportuale), il progetto prevede la realizzazione di un tracciato che si sviluppa tutt'intorno al sedime aeroportuale e la realizzazione di n.2 rotonde di smistamento dei flussi di traffico da/per il Comune di Sesto Fiorentino ed il suddetto tronco autostradale.

Le sezioni tipo delle infrastrutture da realizzare vengono riportate di seguito alle pagine successive. Per quanto concerne l'insieme degli interventi previsti si rimanda al progetto per i dettagli esecutivi di ognuno di essi.

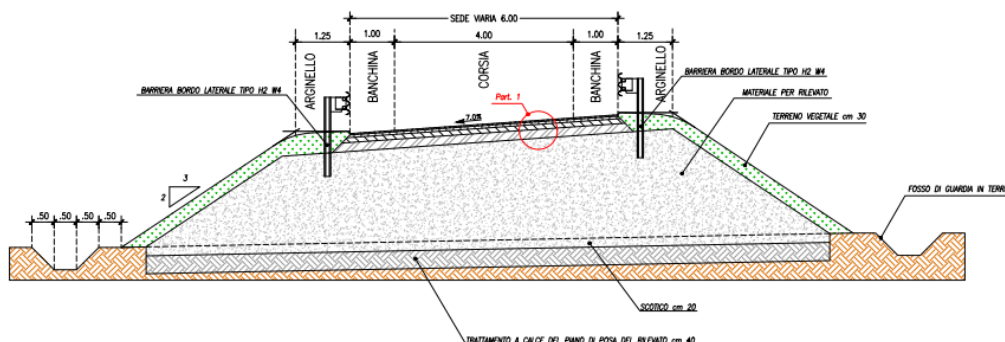
Sulla base della successione delle lavorazioni previste e delle caratteristiche dei terreni oggetto delle operazioni di scavo è stato possibile individuare un bilancio dei materiali da movimentare in cantiere.

Si riportano di seguito le Sezioni Tipo previste per la viabilità esterna al sedime aeroportuale e la Tabella di sintesi con l'indicazione, in particolare, delle quantità di materiale terroso necessarie per la realizzazione dei rilevati stabilizzati a calce, quantità che saranno pertanto trasportate e lavorate all'interno del campo di stabilizzazione di cui alla presente Relazione tecnica.

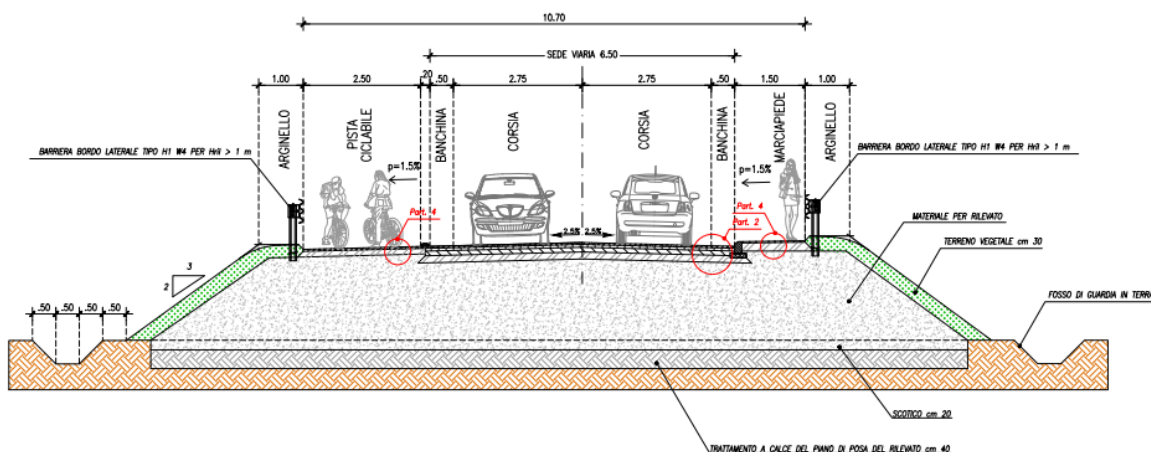
12



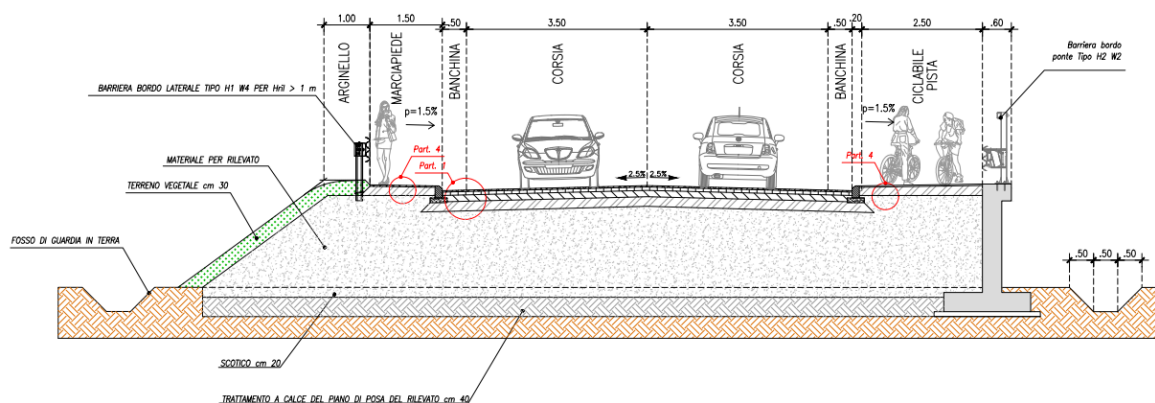
SEZIONE TIPO RAMPA DI IMMISSIONE A11 MONODIREZIONALE IN RILEVATO



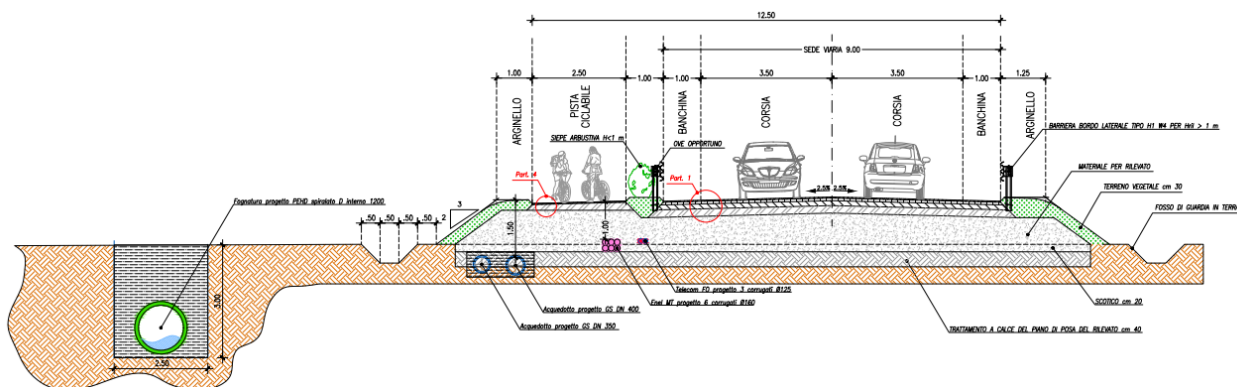
SEZIONE TIPO VIABILITÀ CASE PASSERINI IN RILEVATO
Categoria "F" Locale ambito urbano (D.M. 5.11.2001)



SEZIONE TIPO Via dell'Osmannoro
Categoria "E" Urbana di quartiere (D.M. 5.11.2001)



SEZIONE TIPO ASSE PRINCIPALE TRATTO AB IN RILEVATO CON PISTA CICLABILE
Categoria "F1" Locale ambito extraurbano (D.M. 5.11.2001)



SEZIONE TIPO VIABILITÀ DI SERVIZIO AEROPORTO IN RILEVATO
Categoria "F1" Locale ambito extraurbano (D.M. 5.11.2001)

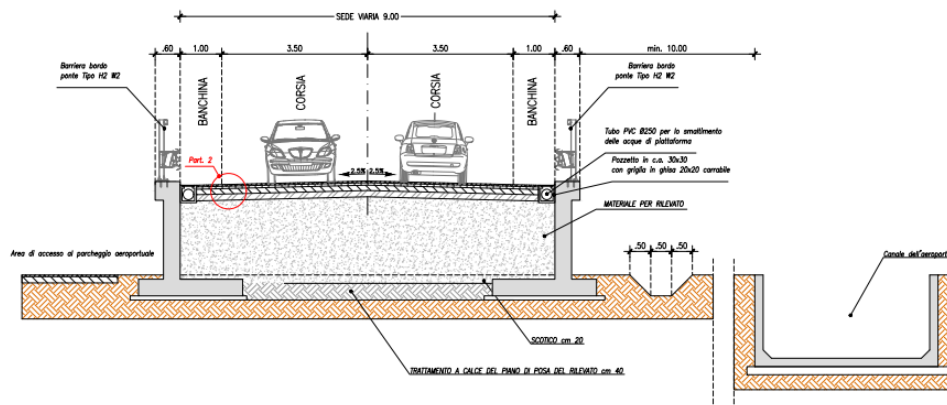


Figura 3-3 Sezioni di progetto della nuova viabilità

Si riporta di seguito il relativo bilancio dei materiali.

Tabella 3-2. WBS1: bilancio dei materiali inerti. In rosso si evidenzia la previsione di trattamento a calce finalizzato alla realizzazione dei rinterri/rilevati

WBS	WBE	Descrizione opere	PRODUZIONE TERRE					FABBISOGNO TERRE			
			Produzione totale	Terreno vegetale da scavo superficiale	Terre da scavo sub-superficiale	Terre da Trivellazioni	Terre da Rimozione opere in terra	Fabbisogno totale	fabbisogno terreno vegetale	fabbisogno terre e inerti	sub-fabbisogno terre da trattare a calce
1	1.a	Nodo A	4.419	1.118	3.301	0	0	7.972	974	6.998	5.633
	1.b	Tratto A - B	29.214	17.435	11.779	0	0	155.333	10.853	144.480	127.652
	1.c	Nodo B	7.066	1.314	4.252	0	1.500	9.565	3.363	6.202	4.285
	1.d	Via del cantone	7.667	1.660	6.007	0	0	3.200	318	2.882	1.687
	1.e	Rampe autostradali	4.384	1.029	3.355	0	0	30.284	1.063	29.221	25.944
	1.f	Cas. Passerini	11.644	3.395	8.249	0	0	36.948	1.596	35.352	31.101
	1.g	Viabilità provvisoria	1.959	1.881	78	0	0	3.891	0	3.891	2.966
	1.h	Viabilità aeroportuale	14.395	4.360	10.035	0	0	49.037	3.452	45.585	39.944
	1.i	Demolizioni e scarifica stradale	5.660	0	0	0	0	0	0	0	0
1		Viabilità alternativa Osmannoro, viabilità minore e viabilità di servizio/accesso aeroporto lato Ovest	86.408	32.192	47.056	0	1.500	296.230	21.619	274.611	239.212

L'analisi delle due Tabelle riportate evidenzia che la quantità di materiale terrigeno necessario per la realizzazione delle opere infrastrutturali di interesse è complessivamente pari a:

Zona di intervento	Quantità materiale da stabilizzare a calce [mc]
Sedime aeroportuale (WBS19)	389.340
Viabilità esterna (WBS1)	239.212
TOTALE	628.552

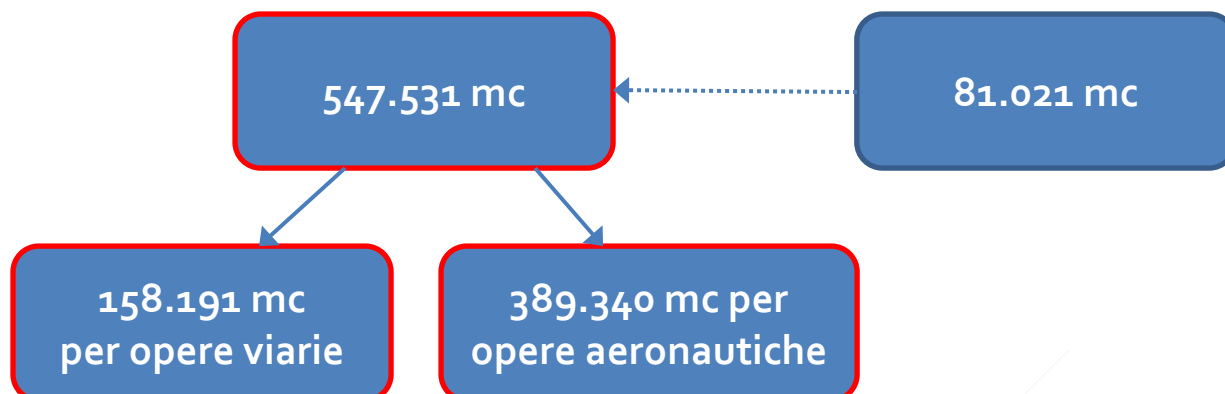
Sulla base delle previsioni di riutilizzo delle terre da scavo di cui alla Fase 1 del Masterplan, rispetto ai citati 682.552 mc di materiale terrigeno complessivamente necessari:

- ✓ 547.531 mc corrispondono a terra da scavo prodotta nell'ambito del Masterplan da sottoporre a trattamento a calce;
- ✓ 81.021 mc corrispondono a materiale terrigeno che, per il momento, si prevede di approvvigionare dall'esterno e avente caratteristiche geomeccaniche già adeguate rispetto alle specifiche di Capitolato.

Con diretto riferimento al bilancio degli inerti posto a supporto del progetto esecutivo di Masterplan (Fase 1), la volumetria di terre da scavo da sottoporre a trattamento a calce, complessivamente pari a 547.531 mc, risulta così distribuita:

- ✓ 158.191 mc necessari ai fini della realizzazione delle opere di cui alla WBS 1 – Viabilità alternativa Osmannoro, viabilità minore e viabilità di servizio/ accesso aeroporto lato Ovest;

- ✓ 389.340 mc necessari ai fini della realizzazione delle opere di cui alla WBS 19 – Nuova pista di volo 12/30 e raccordi.



In relazione alla WBS 1, il 18% delle terre da scavo da sottoporre a trattamento a calce ai fini della sua realizzazione sarà prodotto nella medesima WBS 1, mentre il restante 82% sarà prodotto da operazioni di scavo previste in altre WBS di Masterplan. Ciò in quanto la WBS 1 prevede la realizzazione di rilevati stradali che, per intrinseca definizione, necessitano di terre (piuttosto che produrne in esubero).

Le WBS di Masterplan che produrranno il materiale terrigeno che si prevede di riutilizzare per la formazione dei rilevati stradali, previo trattamento a calce, sono le seguenti:

- ✓ WBS 19 - nuova pista di volo 12/30 e raccordi: apporto di terre pari 16,5% del totale necessario;
- ✓ WBS 12 - risagomatura/ adeguamento esistenti dune in terra lungo A11: apporto di terre pari al 16,5% del totale necessario;
- ✓ WBS 23 - idraulica interna al sedime: apporto di terre pari al 13,5% del totale necessario;
- ✓ WBS 22 - sottoservizi interferenti: apporto di terre pari al 10,5% del totale necessario;
- ✓ WBS 4 - canale derivazione Fosso Reale e Canale di gronda, sud A11: apporto di terre pari al 10,5% del totale necessario;
- ✓ WBS 14 - fosso di drenaggio, sud pista: apporto di terre pari al 7% del totale necessario;
- ✓ WBS 10 - collettore acque meteoriche Polo Scientifico: apporto di terre pari al 4% del totale necessario;

- ✓ WBS 11 - tombino Fosso Reale per attraversamento A11: apporto di terre pari al 2% del totale necessario;
- ✓ WBS 13 - collettore di scarico della cassa di laminazione su Canale di Cinta: apporto di terre pari all'1% del totale necessario;
- ✓ WBS 8 - nuovo fosso Lumino sud: apporto di terre pari allo 0,5% del totale necessario.

Come evidente si tratta di più WBS individuate secondo i seguenti criteri tecnico-progettuali:

- vicinanza rispetto alle aree di trattamento a calce;
- contemporaneità della produzione rispetto alle necessità di riutilizzo.

Si riporta di seguito lo schema di sintesi relativo al trattamento a calce previsto per la realizzazione delle opere di WBS 1, riportante l'indicazione delle volumetrie necessarie per ciascuna singola WBE e la relativa provenienza delle terre (WBS e WBE di origine).

Tabella 3-3. WBS1: bilancio delle terre da scavo oggetto di trattamento a calce

Viabilità alternativa Osmannoro, viabilità minore e viabilità di servizio/accesso aeroporto lato Ovest						
WBS	WBE	Descrizione Opere	Trattamento a calce nella WBS [mc]	Trattamento a calce verso altra WBS [mc]	Trattamento a calce in arrivo da altra WBE/WBS [mc]	WBS di origine
1	1.a	Nodo A	2.941		2.692	23.b
	1.b	Tratto A - B	2.089		52.361	12.a (24485) 14.a (11138) 22.a (16738)
	1.c	Nodo B	4.142		1.643	12.a
	1.d	Via del cantone	5.899		0	-
	1.e	Rampe autostradali	1.699		13.680	23.b (13680)
	1.f	Case Passerini	6.264		24.837	4.a (16271) 8.a (726) 11.a (3070) 23.a (4770)
	1.g	Viabilità provvisoria	0		0	-
	1.h	Viabilità aeroportuale	5.765		34.179	10.a (6602) 13.a (1584) 19.i (25993)
	1.i	Demolizioni e scarifica stradale	0		0	-
TOTALE: 158.191 mc			28.799		129.392	

In relazione alla WBS 19 (pista di volo e raccordi), il 100% delle terre da scavo da sottoporre a trattamento a calce ai fini della sua realizzazione sarà prodotto nella medesima WBS 19 di produzione.

Si riporta di seguito lo schema di sintesi di quanto sopra esposto:

Tabella 3-4. WBS19: bilancio delle terre da scavo oggetto di trattamento a calce

Nuova pista di volo 12/30 e raccordi						
WBS	WBE	Descrizione Opere	Trattamento a calce nella WBS [mc]	Trattamento a calce verso altra WBS [mc]		WBS di destinazione
19	19.a	Pista - lato Ovest via Osmannoro	0			
	19.b	Pista - cucitura via Osmannoro Fosso Reale	73675			
	19.c	Pista - lato Est via Osmannoro, tratto 1	54061			
	19.d	Pista - lato Est via Osmannoro, tratto 2	8465			
	19.e	Pista - lato Est via Osmannoro, tratto 2L (Val di Rose)	0			
	19.f	Pista - lato Est via Osmannoro, tratto 3	61152			
	19.g	Pista - lato Est via Osmannoro, tratto 4	43888			
	19.h	Pista - lato Est via Osmannoro, tratto 4L (Peretola)	0			
	19.i	Pista - lato Est via Osmannoro, tratto 5	31290	25993		1.h
	19.l	Raccordo bravo+charlie	49289			
	19.m	Raccordo delta+upgrade piazzale W	67520			
	19.n	Rimodellamenti morfologici area testata pista lato Prato	0			
	19.o	Rimozione rilevati stradali/arginali interferenti	0			
	19.p	RESA e strip - componente strutturale	0			
TOTALE: 389.340 mc			389.340	25.993		

18

Sulla base dei dati sopra riportati, appare evidente che la volumetria di materiale terrigeno necessaria per la realizzazione delle opere infrastrutturali di interesse è complessivamente pari a 682.552 mc, dei quali 547.531 mc sono ritrovati nel progetto di Masterplan dal riutilizzo, previo pretrattamento di normale pratica industriale a calce, delle terre da scavo prodotte dalle operazioni di scavo afferenti al medesimo Masterplan e alla medesima Fase 1 di attuazione.

Al solo scopo (cautelativo) di dimensionamento del processo e delle aree di applicazione del trattamento a calce, viene assunta a riferimento (sia in termini di tempistiche di lavorazione, sia di cronoprogramma, sia di produttività delle macchine, sia di scelte relative al layout e alle dimensioni dei campi di stabilizzazione) l'intera volumetria di 682.552 mc.

In particolare, con riferimento al bilancio complessivo delle terre relativo all'insieme delle opere previste in Progetto (Pista aeroportuale e infrastrutture connesse, viabilità esterna, opere di compensazione, ecc.) si evidenzia,

innanzitutto, che il fabbisogno di terre (sia da utilizzare tal quali che a seguito di trattamento a calce) è sempre garantito in quanto si riscontra, globalmente, un esubero delle terre da scavo riutilizzabili.

Si fa osservare, fin da subito, che la sola verifica globale della disponibilità di materiale non è sufficiente di per sé a risolvere le problematiche connesse alle lavorazioni previste in cantiere: è infatti necessario procedere a due ulteriori verifiche: una relativa alla possibilità di disporre delle quantità richieste in corrispondenza delle singole fasi di lavorazione ed una sulla capacità operativa e produttiva dei campi di stabilizzazione di cui alla presente Relazione tecnica.

Con riferimento al Cronoprogramma delle lavorazioni e al Bilancio delle Terre definitivo, pertanto, è stata effettuata una verifica di congruenza circa l'effettiva possibilità di disporre, movimentare e trattare i quantitativi di terra richiesta nei vari siti di cantiere, compatibilmente con le fasi di lavorazione.

4. LA FINALITA' DI MIGLIORAMENTO GEOTECNICO E GEOMECCANICO DEL TRATTAMENTO A CALCE

L'utilizzo del trattamento a calce nasce dalla sola esigenza di migliorare le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche delle terre da scavo da riutilizzarsi nell'ambito della realizzazione delle opere di viabilità e delle infrastrutture aeronautiche di Masterplan.

Dette opere, infatti, risultano per definizione soggette a importanti carichi statici e dinamici, tali da richiedere prestazioni meccaniche di portanza e resistenza, adeguatamente ed opportunamente indicate in Capitolato, non direttamente riscontrabili nei terreni tal quali.

La preventiva verifica circa l'effettiva capacità del trattamento a calce di conferire alle terre da scavo le necessarie e previste caratteristiche geotecniche è avvenuta attraverso l'esecuzione di specifiche indagini e prove di laboratorio. In tal senso, per lo studio delle caratteristiche meccaniche dei terreni tal quali presenti nel sito e della definizione del più efficace trattamento a calce (individuazione del prodotto da impiegare, definizione del dosaggio da operare), sono state eseguite specifiche analisi e prove geotecniche presso laboratorio certificato.

Nel corso di tale attività sono stati effettuati n.8 punti di campionamento sui quali sono state eseguite delle analisi geotecniche finalizzate a determinare la risposta dei terreni al trattamento a calce e a definire le specifiche del trattamento a calce di progetto.

Tabella 4-1. I campioni di terreno oggetto di prove di laboratorio finalizzate alla verifica preventiva dell'efficacia del trattamento a calce

CAMPIONE	nome	prof	data accettazione	Analisi
1	C1	0,15-0,50	11/11/2015	Trattamento a calce
2	C2	0,15-0,50	11/11/2015	Trattamento a calce
3	C3	0,15-0,50	11/11/2015	Trattamento a calce
4	C4	0,50-0,80	11/11/2015	Trattamento a calce
5	C5	0,15-0,50	11/11/2015	Trattamento a calce
6	C6	0,50-0,80	11/11/2015	Trattamento a calce
7	C7	0,50-0,80	11/11/2015	Trattamento a calce
8	C8	0,50-0,80	11/11/2015	Trattamento a calce

I risultati degli studi condotti in laboratorio sui n. 8 campioni di terreno denominati C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 e C8 evidenziano quanto segue:

- ✓ quattro campioni su otto (C1, C2, C3 e C5) risultano appartenenti geotecnicamente al gruppo A7-6,
- ✓ tre campioni (C6, C7 e C8) appartengono al gruppo A6,
- ✓ un campione (C4) appartiene al gruppo A2-6

In tutti i casi i terreni sono risultati idonei ad essere trattati con calce, in particolare i terreni appartenenti a gruppo A7-6 presentano un consumo iniziale di calce C.I.C. pari al 3% mentre i terreni appartenenti ai gruppi A6 e A2-6 presentano un consumo di calce pari al 2%

TERRE IDONEE AL TRATTAMENTO CON LA CALCE												
Classificazione Generale	Terre ghiaio - sabbiose							Terre limo - argillose				
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 > 35%				
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Sottogruppo	A1a	A1b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Analisi granulometrica frazione passante al setaccio												
2 UNI 2332%	≤80											
0,4 UNI 2332%	≤30	≤80	≥80									
0,075 UNI 2332%	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	>35	>35	>35	>35	>35
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332												
Limite liquido	0			≤40	>40	≤40	>40	≤40	>40	≤40	≤40	≤40
Indice di plasticità	≤6		N.P.	≤10	≤10 MAX	>10	>10	≤10	≤10	>10	>10 (IP>LL30)	>10 (IP>LL30)
Indice di gruppo	0		0	0		≤4		≤8	≤12	≤18	≤20	≤20
Tipi usuali di materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia e breccia, sabbione, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	Ghiaia e sabbia limosa argillosa				Limi poco compressibili	Limi fort. Compressibili	Argille poco compressibili	Argille fort. Compressibili med. Plastiche	Argille fort. Compressibili fort. Plastiche

Le percentuali di calce con cui sono stati miscelati i terreni per eseguire le prove di resistenza: IPI, CBR, compressione semplice e trazione indiretta sono state scelte (in accordo con le linee guida) pari al C.I.C., C.I.C.+1 e C.I.C.+2, cosicché i campioni C1, C2, C3 e C5 sono stati miscelati con il 3, il 4 ed il 5% di calce ed i campioni C4, C6, C7 e C8 sono stati miscelati con il 2, il 3 ed il 4% di calce.

I risultati delle prove condotte, riportati per completezza in allegato alla presente Relazione, dimostrano come le miscele di terra con quantità di calce pari al C.I.C. raggiungano dei livelli di resistenza notevoli; si ha poi un discreto incremento delle resistenze passando dal C.I.C. al C.I.C.+1 ma successivamente tale incremento si affievolisce e, in qualche caso, si nota addirittura una diminuzione quando si passa dal valore del C.I.C. al valore del C.I.C.+2 (campione C7 per l'IPI e per la trazione indiretta e campione C8 per il CBR).

Dall'osservazione dei risultati risulta evidente come sia sufficiente stabilizzare i terreni con quantità di ossido di calcio pari al C.I.C. per ottenere lo scopo, tuttavia condizioni atmosferiche sfavorevoli (periodi con precipitazioni), presenza di acqua sub-superficiale o difficoltà operative a riprodurre in cantiere il modello del laboratorio hanno indotto a ritenere opportuno l'impiego di quantità di calce pari ad almeno C.I.C.+1.

La tipologia di calce da impiegare nell’ambito dei trattamenti di corso d’opera corrisponde a quella riportata in allegato alla presente relazione, conforme ai requisiti di cui alla UNI EN 14227-1:2013 e l’intero trattamento avverrà in conformità a detta norma UNI.

I benefici geotecnici ottenibili attraverso il preventivo trattamento a calce delle terre da scavo risultano, pertanto, evidenti in base alle risultanze delle prove di laboratorio allegate alla presente relazione. I documenti tecnici di progetto che contengono l’indicazione esplicita relativa alla previsione di trattamento a calce delle terre sono i seguenti:

- ✓ 08 RWY 000 GEN REL 004 A – Nuova Pista di volo 12/30, Taxiways e Aprons – Capitolo 7 “Stabilizzazione con calce e/o cemento dei terreni” (pagina 59);
- ✓ 10 VBT 000 GEN REL 002 F – Opere di Viabilità – Sezione “Norme per l’esecuzione dei lavori” Paragrafo 3.5 “Trattamenti delle terre con calce” (pagina 60),

basati sulle risultanze della citata “Campagna di indagini geognostiche” effettuata a supporto della progettazione.

5. LE ASSUNZIONI TECNICHE DI BASE PER LA DEFINIZIONE DELLE SPECIFICHE OPERATIVE DI TRATTAMENTO A CALCE

Una volta riscontrata la necessità geotecnica di effettuare il trattamento a calce sulle terre da scavo da riutilizzare nell'ambito del Masterplan per la realizzazione di talune opere infrastrutturali, nonché definite in laboratorio le specifiche di detto trattamento e quantificati i relativi benefici in termini di caratteristiche geomeccaniche delle terre, si è provveduto a definire le più opportune modalità di esecuzione del processo all'interno della più ampia strategia di cantierizzazione delle opere di Fase 1 di Masterplan.

Il trattamento a calce si rende necessario, come anticipato, ai fini della realizzazione delle opere di viabilità e delle infrastrutture aeronautiche; si tratta di opere collocate esclusivamente nell'ambito della cosiddetta Piana di Sesto Fiorentino, il cui cronoprogramma di attuazione prevede diverse fasi di contemporaneità.

Ne consegue la necessità di prevedere l'esecuzione del trattamento in corrispondenza della medesima Piana di Sesto Fiorentino.

Come noto, la più comune metodologia di esecuzione del trattamento a calce nell'ambito della realizzazione di opere infrastrutturali lineari è l'applicazione del cosiddetto "trattamento in linea". Si tratta di una lavorazione che interessa gli strati di terra che formano il rilevato dell'infrastruttura, effettuata direttamente sul corpo del futuro rilevato, a preminente sviluppo lineare e longitudinale. La preparazione del suolo comprende l'asportazione dello strato più superficiale, con lo scopo di eliminare la vegetazione e la terra più ricca di humus, e l'eventuale scarifica della terra al fine di dissodarla e predisporla al trattamento, togliendo anche gli eventuali elementi lapidei di dimensioni eccessive. La calce, in forma sfusa, viene consegnata con automezzi che ne consentono lo scarico pneumatico.





Figura 5-1 Esecuzione del trattamento a calce in linea

Si è valutato che l'applicazione del trattamento in linea al caso in esame comporti un eccessivo interessamento contemporaneo di ampi tratti della Piana, con possibilità di insorgenza di significativi fattori di impatto ambientale difficilmente controllabili e gestibili.

Muovendo a partire dalla globale impostazione della cantierizzazione, volta alla definizione di soluzioni logistiche e operative in grado sia di rendere efficaci le lavorazioni, sia di limitarne e contenerne gli impatti, nell'ambito della Fase 1 di Masterplan si è optato per non attuare il trattamento in linea, potenzialmente più impattante sotto il profilo ambientale, e di privilegiare il cosiddetto trattamento in sito, ovvero all'interno di vere e proprie aree di cantiere a ciò dedicate.

In tal senso, quindi, è evidente che il progetto di trattamento previsto dal Masterplan non richiede l'installazione di specifiche infrastrutture operative che generano impatti complessivi ambientali e sulla salute ma che, proprio al fine di meglio tutelare e salvaguardare l'ambiente rispetto agli impatti correlati alle usuali operazioni di cantierizzazione delle opere, si sia privilegiata l'attuazione di un processo di trattamento in sito al fine di meglio delimitare, controllare, monitorare e mitigare l'insieme delle operazioni di stabilizzazione a calce.

Si sono, pertanto, individuate due specifiche aree di cantiere in corrispondenza delle quali realizzare i campi di stabilizzazione. Dette aree risultano baricentriche rispetto alle aree di utilizzo delle terre trattate a calce ed accessibili mediante viabilità interna di cantiere pavimentata. La localizzazione delle aree operative di trattamento a calce delle terre da scavo risponde, inoltre, a criteri ambientali quali l'assenza di ricettori nelle immediate vicinanze e la possibilità di attuare mirate azioni di contenimento e mitigazione degli impatti.

Il progetto prevede, quindi, che il trattamento a calce delle terre da riutilizzare per la realizzazione delle opere infrastrutturali sia effettuato esclusivamente in corrispondenza di due aree fisse di cantiere dedicate e non in linea o a piè d'opera.

Dette aree e i relativi layout sono stati dimensionati sulla base delle specificità del progetto di Masterplan e, in particolar modo, tenendo in opportuna considerazione sia la progressiva disponibilità delle terre da scavo, sia la

progressiva richiesta di inerti per la realizzazione delle infrastrutture in accordo con il cronoprogramma dei lavori.

6. ANALISI DELLA PRODUTTIVITA' DEI MEZZI DI CANTIERE

Le scelte progettuali relative al layout del campo di stabilizzazione ed al suo dimensionamento (aree di stoccaggio, aree di trattamento, ecc) sono dipese sia dalle quantità di materiale da stabilizzare che, come si vedrà nel presente capitolo, dalle caratteristiche tecniche e prestazionali delle macchine operatrici.

In particolare, ai fini del calcolo della produttività dei mezzi che opereranno nel campo di stabilizzazione si è fatto riferimento esclusivamente alla macchina stabilizzatrice, in quanto considerata l'attrezzatura che detta i tempi di tutte le lavorazioni previste.

Con riferimento alle schede tecniche fornite dalle principali aziende produttrici di tali macchinari sono stati desunti i parametri caratteristici riportati di seguito:

Tabella 6-1 Parametri caratteristici macchina stabilizzatrice

PARAMETRO	VALORE	PARAMETRO	VALORE
Larghezza operativa	2.000 mm	Peso operativo	24000 kg
Profondità operativa	0-500 mm	Potenza di taglio	1.6 kW/cm
Potenza massima	315 kW/428 CV	Range prestazionale ideale per la stabilizzazione terre	1000-5000 m ² /giorno

26

Questa tipologia di macchina permette un corretto dissodamento, ossia un'omogeneizzazione del materiale mediante il rotore di fresatura e miscelazione che granula la terra esistente senza l'aggiunta di leganti. Nel mentre una motolivellatrice esegue la sagomatura della miscela omogenea di terra preparata e, a seguire, diversi rulli provvedono alla sua compattazione.

Per la stabilizzazione del terreno lo spandilegante consente di distribuire il legante; a seguire il rotore di fresatura e miscelazione della macchina stabilizzatrice permette di mescolare omogeneamente la terra esistente con il legante.



A seguire una motolivellatrice esegue la sagomatura della miscela di terra omogenea di terra preparando il terreno per la successiva fase di compattazione.



Di seguito si riportano, invece, i parametri medi relativi al regime di rotazione del tamburo di fresatura:

Regime di rotazione del motore			
	108 giri/min	137 giri/min	154 giri/min
	117 giri/min	149 giri/min	168 giri/min
	127 giri/min	161 giri/min	181 giri/min

Ai fini della definizione del layout del campo di stabilizzazione è stata considerata una produttività giornaliera (8 ore lavorative) di 1.500 mc, ridotta cautelativamente di un 15% (produttività effettiva 1.275 mc) per tener conto dei perditempo e di tutti i possibili cali di rendimento/ produttività.

7. I CAMPI DI STABILIZZAZIONE

Come premesso nei capitoli precedenti, una parte dei materiali di scavo destinati ad essere riutilizzati nell'ambito di alcune lavorazioni, saranno sottoposti a trattamento a calce, presso n.2 apposite aree operative interne al cantiere. Tali aree saranno ubicate nella parte N-O del sedime aeroportuale, in adiacenza alla viabilità di cantiere, e sono evidenziate con contorno rosso e campitura di colore giallo nell'estratto della planimetria di cantierizzazione (fase A) di seguito riportato.

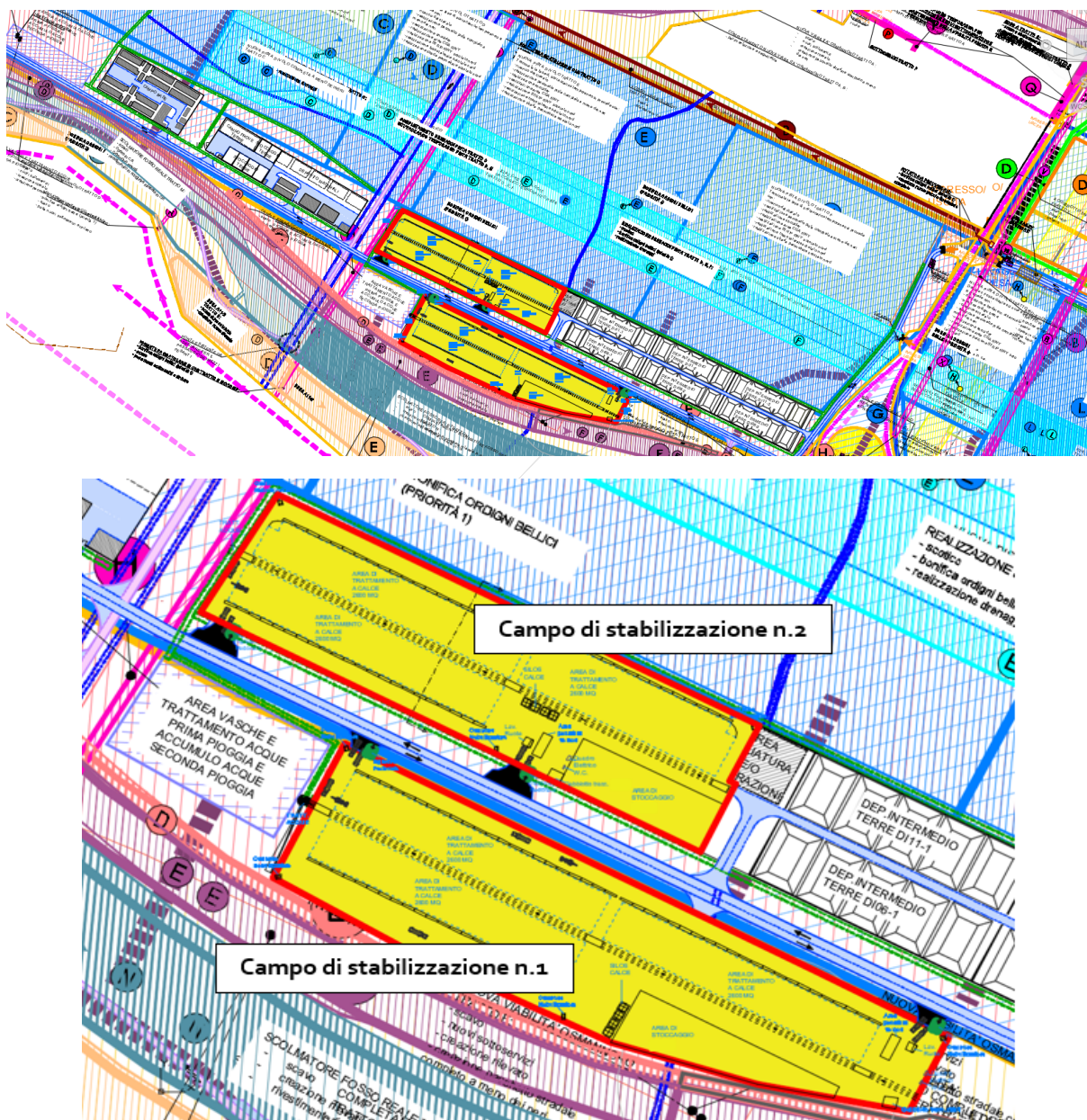


Figura 7-1 Localizzazione campi di stabilizzazione 1 e 2

Il layout delle zone destinate alla stabilizzazione delle terre è stato studiato al fine di ottimizzare le varie fasi di produzione, secondo le seguenti caratteristiche:

- ✓ N.3 quadranti di dimensioni approssimative 2.600 mq ciascuno, tale dimensione consente la stabilizzazione di 1.300mc in un turno di 8 ore con una macchina stabilizzatrice. Gli altri due campi saranno utilizzati uno per le operazioni di /livellamento del terreno da trattare e uno per le operazioni di carico/allontanamento della terra trattata, in modo tale da non creare interferenze fra operazioni di diversa natura e canalizzare meglio la circolazione dei mezzi all'interno dell'area.
- ✓ N.1 quadrante destinato ad accogliere i silos di stoccaggio della calce e acqua, un'area di stoccaggio terre con relativa pesa e gabbiotto allestito per le operazioni di tracciamento/gestione dei quantitativi di terreno stoccati, i servizi igienici, il quadro elettrico e la vasca per il lavaggio ruote dei mezzi gommati operanti in cantiere.

Le dimensioni delle due aree di lavorazione risultano essere:

- ✓ Campo di stabilizzazione n.1 = 20.520 mq;
- ✓ Campo di stabilizzazione n.2 = 16.355 mq.

La necessità di avere un doppio campo di stabilizzazione è legata alle quantità quotidiane da produrre per garantire il rispetto dei tempi di realizzazione dei rilevati con terre stabilizzate previsto dal piano di cantierizzazione e dal cronoprogramma (rif. capitolo successivo).

I campi di stabilizzazione saranno dotati anche di apposite aree di stoccaggio delle terre in ingresso in modo da poter sottoporre le stesse ad accertamenti analitici volti alla ri-verifica di corso d'opera del rispetto delle CSC secondo le modalità di cui agli Allegati del DPR 120/2017.

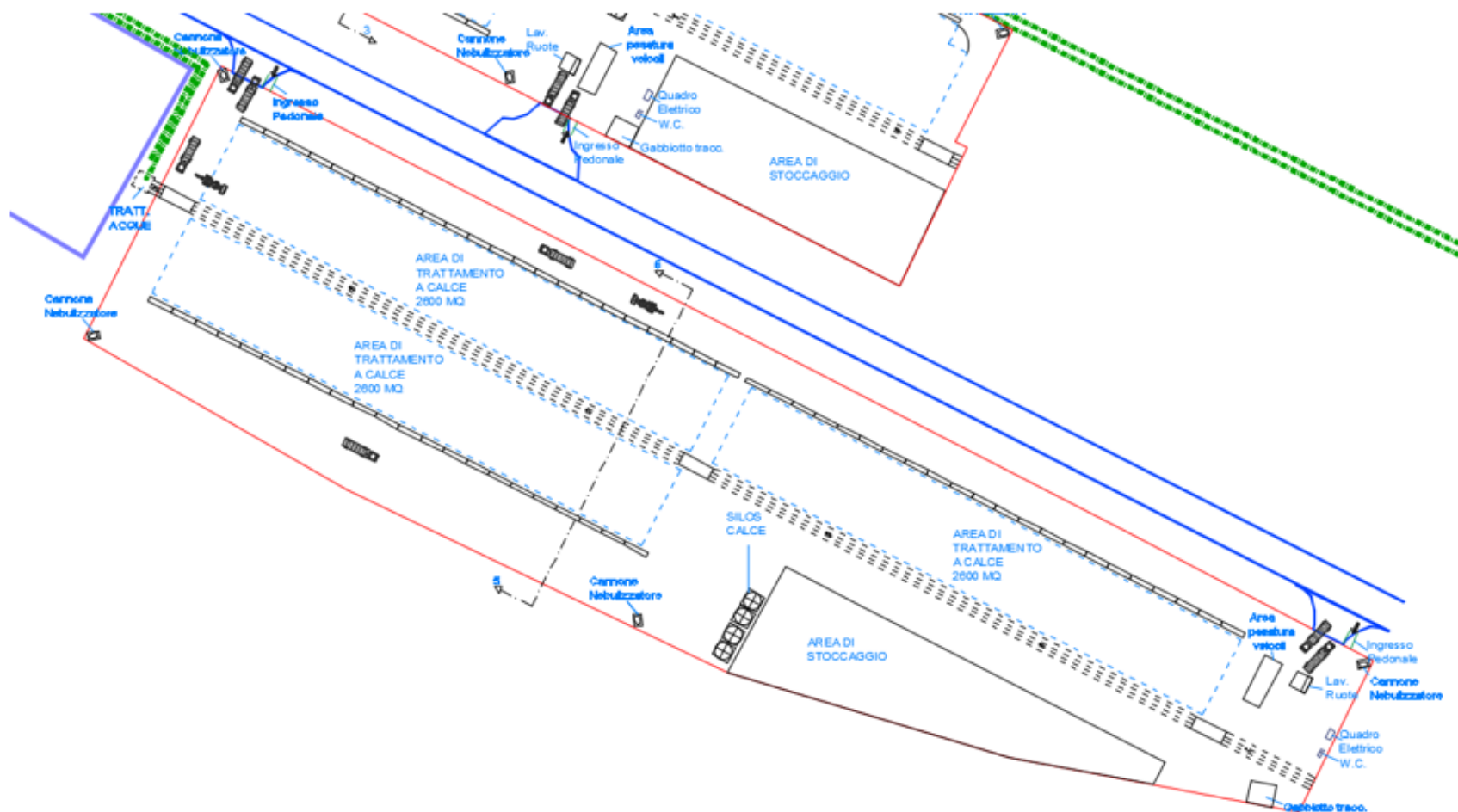
Per aumentare le condizioni di sicurezza dell'intera area e per evitare un numero eccessivo di interferenze tra i numerosi mezzi d'opera ed i bilici che si prevede circoleranno all'interno di essa, è stata prevista una viabilità pavimentata di cantiere che si sviluppa perimetralmente ai quadranti, con dimensione della sezione trasversale generalmente dell'ordine dei 7 m (tranne che in una piccola porzione del Campo di stabilizzazione n.2 dove si riduce a 4.5 m).

I piazzali e le aree di stoccaggio terre sono delimitati lateralmente da bobine di telo di protezione impermeabile per proteggere i cumuli dall'umidità e dalla pioggia. Entrambi i campi di stabilizzazione sono delimitati da una recinzione con new-jersey in calcestruzzo armato e rete antipolvere fino ad una altezza di 3,00 m.

Al fine di poter raccogliere e trattare le acque di dilavamento dei campi di stabilizzazione, la fase di predisposizione e allestimento delle aree prevede attività propedeutiche a ciò riferite. Una volta completato lo scotico, l'intera area

di cantiere ove si realizzerà il trattamento a calce sarà coperta da una geomembrana impermeabile, per evitare la diffusione della calce nel terreno sottostante, protetta da geotessuto e da uno strato di terreno di copertura di circa 90 cm, i cui 50 cm più superficiali saranno trattati a calce e cemento per costituire un adeguato piano di lavoro per tutte le successive operazioni di stabilizzazione.

Campo di stabilizzazione n.1



Campo di stabilizzazione n.2 e Vasche di trattamento acque prime e seconda pioggia

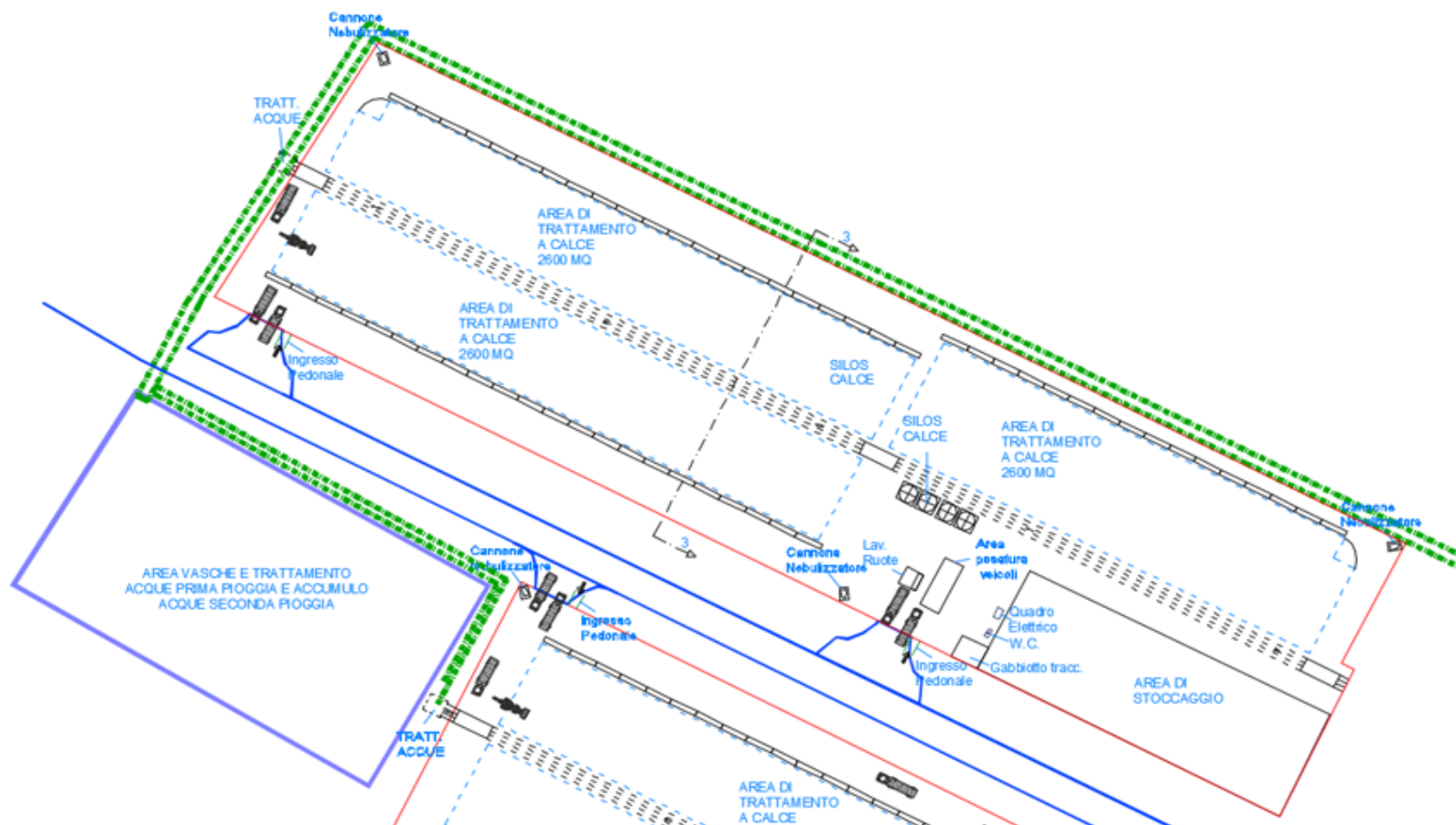
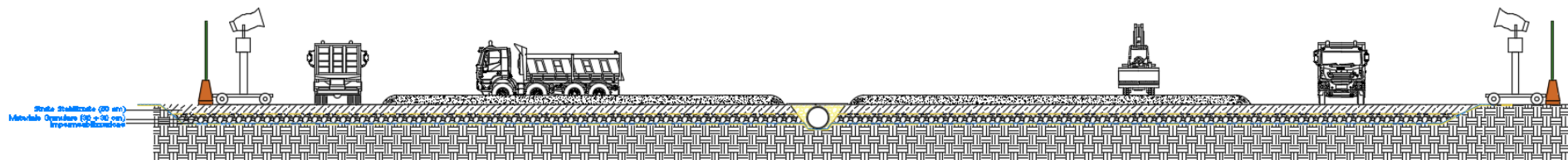


Figura 7-2 Planimetrie campi di stabilizzazione 1 e 2

Sezione 5-5 - Campo di stabilizzazione n.1



Sezione 3-3 - Campo di stabilizzazione n.2

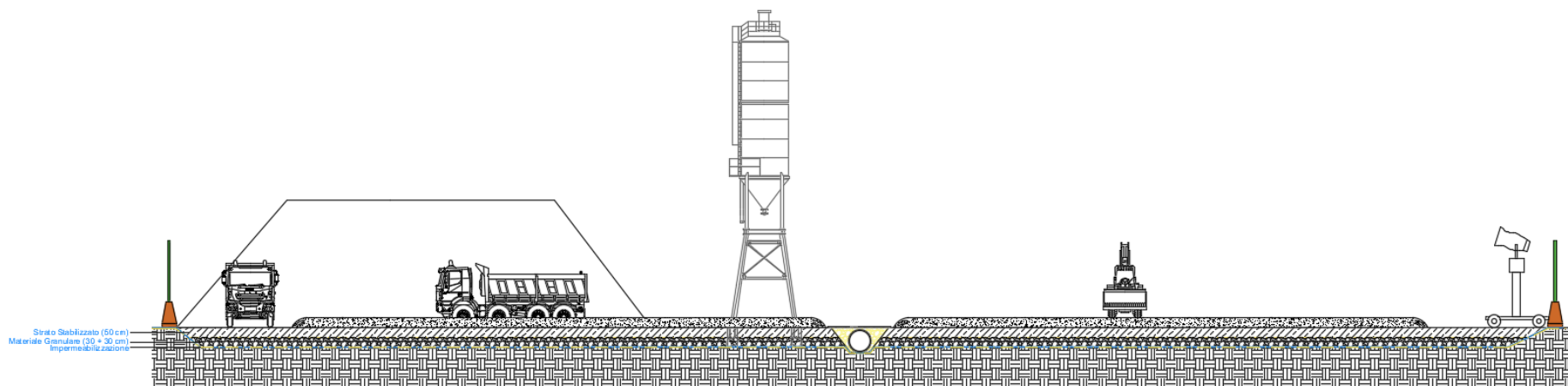


Figura 7-3 Sezioni dei campi di stabilizzazione 1 e 2

Come indicato al precedente capitolo, per quanto riguarda il dimensionamento del campo di stabilizzazione sono state prese in considerazione le seguenti grandezze:

- ✓ Produttività macchina stabilizzatrice: 1.500 mc/g; tenendo conto dei perditempo e dei cali di rendimento tale valore è stato moltiplicato per un coefficiente riduttivo pari a 0.85, ottenendo una produttività nominale di 1.275 mc/gg.
- ✓ Mezzo di trasporto per le operazioni di carico e scarico delle terre: bilico 4 assi con capacità di carico pari a 25 mc.

Considerando il layout di cantiere previsto e la viabilità riportata nel piano di cantierizzazione sono stati stimati i tempi necessari a compiere un ciclo completo di lavorazione, dalle operazioni di scavo allo scarico/ stesa del materiale trattato in sito per le operazioni di compattazione per la formazione dei rilevati.

I tempi stimati risultano essere i seguenti:

- Operazioni di carico della terra scavata: 5 minuti;
- Operazioni di trasporto presso il campo di stabilizzazione: 15 minuti;
- Operazioni di scarico del materiale all'interno dell'area di lavorazione: 3 minuti;
- Spostamento all'interno del campo di stabilizzazione e posizionamento in altra area di lavorazione: 4 minuti;
- Operazioni di carico della terra trattata: 5 minuti;
- Operazioni di trasporto della terra trattata in sito per la formazione dei rilevati: 15 minuti;
- Operazioni di scarico della terra trattata: 3 minuti;
- Spostamento verso il sito di scavo per il ricarico di terra da trattare: 10 minuti.

Sommando i tempi indicati si ottiene un tempo complessivo di 60 minuti.

Entrando nel dettaglio delle caratteristiche dimensionali del campo di stabilizzazione si evidenzia che ciascuna area di lavorazione presenta una estensione pari a circa 2.600 mq. Tale superficie è stata fissata ipotizzando di lavorare con due macchine stabilizzatrici ed ottimizzare la loro produttività in un unico turno lavorativo diurno.

Infatti, considerando una profondità di stabilizzazione di 50 cm, la quantità complessiva di materiale trattato che si riuscirebbe a produrre da una singola area risulterebbe pari a:

$$2.600 \text{ mq} \cdot 0.5 \text{ m} = 1300 \text{ mc},$$

corrispondente alla produttività stimata, comprensiva di perditempo e ridotti rendimenti, di n.1 macchina stabilizzatrice in un turno di lavoro.

Come premesso, la presenza di n.3 aree di lavorazione in corrispondenza di ciascun campo di stabilizzazione garantisce una produzione quotidiana di terre stabilizzate meccanicamente con calce, attraverso la rotazione delle operazioni minime necessarie: infatti, a regime, mentre in una prima area si provvede a scaricare la terra proveniente dalle operazioni di scavo, in una seconda si procede ad eseguire il trattamento mediante macchina stabilizzatrice e rulli e, infine, in una terza area si eseguono le operazioni di caricamento della terra trattata sui bilici, al fine di trasportarla nei siti destinati alla formazione dei rilevati.

Sulla base di queste ipotesi sarà necessario disporre, per ogni campo di stabilizzazione, dei seguenti macchinari:

- ✓ N.1 pulvimixer;
- ✓ N.1 spandicalce;
- ✓ N.8 bilici 4 assi;
- ✓ N.2 pale gommate;
- ✓ N.1 grader;
- ✓ N.1 rullo compattatore;
- ✓ N.1 autobotte.

Avendo previsto n.2 campi di stabilizzazione la dotazione minima da garantire sarà pertanto doppia rispetto a quanto appena indicato:

- ✓ N.2 pulvimixer;
- ✓ N.2 spandicalce;
- ✓ N.16 bilici 4 assi;
- ✓ N.4 pale gommate;
- ✓ N.2 grader;
- ✓ N.2 rulli compattatori;
- ✓ N.2 autobotti.

8. VERIFICA DEI TEMPI DI LAVORAZIONE

Una volta dimensionate le aree destinate al trattamento delle terre provenienti dalle operazioni di scavo, resta da verificare la capacità del campo di stabilizzazione a garantire una produzione congrua con i fabbisogni di cantiere evidenziati nei capitoli precedenti.

L'analisi del cronoprogramma e delle tabelle relative al bilancio delle terre evidenzia che al fine di consentire la realizzazione dei rilevati in terra stabilizzata a calce, permettere le operazioni di precarico e garantire l'esaurimento dei processi di consolidazione dei terreni, è necessario terminare le lavorazioni di trattamento delle terre provenienti dalle operazioni di scavo entro:

Pista di volo:

- ✓ TRATTI C-D = 2 mesi dal termine della fase di lavorazione di interesse prevista dal Cronoprogramma;
- ✓ TRATTO E = 4 mesi dal termine della fase di lavorazione di interesse prevista dal Cronoprogramma;
- ✓ TRATTO F = 2 mesi dal termine della fase di lavorazione di interesse prevista dal Cronoprogramma;
- ✓ TRATTI G-H = 5 mesi dal termine della fase di lavorazione di interesse prevista dal Cronoprogramma;
- ✓ TRATTO L-M-N = 6 mesi dal termine della fase di lavorazione di interesse prevista dal Cronoprogramma;
- ✓ TRATTO O = 2 mesi dal termine della fase di lavorazione di interesse prevista dal Cronoprogramma;
- ✓ TRATTO P = 4 mesi dal termine della fase di lavorazione di interesse prevista dal Cronoprogramma.

Viabilità alternativa Osmannoro:

- ✓ Per ogni tratto di lavoro individuato = 3 mesi dal termine della fase di lavorazione di interesse prevista dal Cronoprogramma.

Sempre con riferimento al Cronoprogramma, considerando la contestualità delle diverse fasi di lavorazione (formazione dei rilevati in alcune sezioni e operazioni di scavo in altre) si è potuto verificare la disponibilità di terra da trattare in ogni

momento, aspetto di basilare importanza per evitare tempi morti o ritardi nei processi di trattamento da eseguirsi all'interno dei campi di stabilizzazione.

Sulla base di tali verifiche si è proceduto, quindi, al calcolo dei tempi necessari a produrre le quantità di terra trattata richieste per la formazione dei rilevati e a verificare la compatibilità di tale tempo con quanto previsto dal cronoprogramma.

In particolare, l'insieme delle lavorazioni riguardanti la Nuova Pista di volo e la Viabilità alternativa dell'Osmannoro che prevedono la formazione di rilevati e, di conseguenza, il trattamento delle terre provenienti dalle operazioni di scavo, si svilupperà all'interno delle Fasi A, B1, B2 e B3 del Cronoprogramma, per una durata complessiva di 20 mesi, alla quale va sottratto un periodo di 6 mesi necessario a garantire il consolidamento dei terreni e l'esaurimento dei cedimenti delle ultime aree lavorate in termini temporali (cucitura Osmannoro-Fosso reale – TRATTO H e TRATTI L-M-N in corrispondenza dei laghetti).

Considerando la dotazione di macchinari indicata al precedente capitolo, la presenza di n.3 aree di lavorazione e la dimensione di ognuna di esse all'interno di ognuno dei due campi di stabilizzazione, è possibile produrre quotidianamente, con un turno lavorativo, una quantità di terra trattata pari a 2.550 mc.

Sulla base di tale produzione giornaliera costante, che tiene conto dei possibili perditempo e delle riduzioni di rendimento e produttività delle macchine operatrici, la produzione dei 628.552 mc posti alla base del dimensionamento del processo avverrà in ca. 243 giorni, cautelativamente compatibile con quanto previsto nel cronoprogramma.

Considerando, invece, l'effettiva necessità di produzione di circa 547.531 mc, ne risulta un periodo complessivo di applicazione del processo pari a circa 215 giorni.

9. LA GESTIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI DEL TRATTAMENTO A CALCE

2.1 Criteri di protezione ambientale

Il trattamento a calce è stato previsto per la parte di terre che saranno impiegate per la realizzazione degli interventi di viabilità e nuova pista 12/30, col solo intento di pervenire a miglioramenti delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche delle stesse.

Tali interventi, di preminente tipologia lineare, si presterebbero, come precedentemente illustrato, all'applicazione del cosiddetto trattamento a calce in linea, usualmente e comunemente effettuato in relazione a molteplici rilevati viari, autostradali, ferroviari e aeroportuali. Nel caso in esame, tuttavia, considerato lo sviluppo lineare delle infrastrutture da realizzare, preso atto del contesto ambientale e urbano potenzialmente interessato e considerate le peculiari specificità della cantierizzazione della Fase 1 di Masterplan, si è ritenuta maggiormente performante in termini ambientali la previsione di applicazione del trattamento a calce delle terre in corrispondenza di due aree fisse di cantiere.

Dette aree, baricentriche sia rispetto alle WBS di produzione, sia rispetto alle WBS di destinazione, comportano infatti una modesta movimentazione interna di cantiere e, di contro, consentono una minore interferenza con l'ambiente, col territorio e con i ricettori presenti in corrispondenza delle aree oggetto di trasformazione.

In tal senso, la scelta progettuale di localizzare il trattamento a calce in corrispondenza di uno specifico ambito di cantiere e presso due campi di stabilizzazione prospicienti l'uno all'altro e accessibili mediante viabilità interna di cantiere pavimentata risponde unicamente all'esigenza di implementazione di una più efficace azione di confinamento, limitazione, mitigazione, controllo, gestione e monitoraggio dei relativi fattori di impatto ambientale.

È noto, infatti, che un'area delimitata di cantiere possa certamente ritenersi più efficacemente gestibile in termini ambientali rispetto ad una lavorazione in linea, mobile e non fissa nel corso del cantiere, interferente con contesti ambientali, territoriali e urbanistici differenti.

In tal senso, le due aree ove avverranno le operazioni di trattamento a calce saranno dotate di presidi ambientali fissi in grado di garantire significative performance ambientali.

Tra questi si citano, a titolo esemplificativo:

- ✓ la recinzione delle aree con reti antipolvere di altezza pari a 3 metri,

- ✓ la dotazione di sistemi di raccolta e canalizzazione delle acque di dilavamento,
- ✓ la dotazione dei teli e sistemi di copertura delle singole aree di trattamento,
- ✓ la dotazione di un unico e centralizzato impianto di depurazione delle acque di dilavamento,
- ✓ la dotazione di impianti/sistemi fissi e mobili di nebulizzazione volti all'abbattimento delle polveri,
- ✓ la dotazione di strumenti fissi di rilevazione della velocità del vento,
- ✓ la dotazione di pavimentazioni e altri accorgimenti di isolamento e protezione del suolo e sottosuolo, nonché di contenimento delle polveri al transito dei mezzi di cantiere.

Detti dispositivi e presidi ambientali risultano già a priori appropriati in considerazione del fatto che, data la specifica tipologia di lavorazione, le matrici ambientali potenzialmente interferite sono Atmosfera e Acque.

Per quanto riguarda la matrice aria i potenziali impatti che il trattamento a calce può provocare sono legati alla dispersione della calce in polvere che, in presenza di vento, può raggiungere le zone adiacenti ai cantieri. La produzione di polvere si manifesta principalmente durante le seguenti fasi critiche del trattamento:

- ✓ travaso di calce dal serbatoio di accumulo alle macchine spandi-calce;
- ✓ spargimento della calce;
- ✓ miscelazione della calce con il terreno.

In relazione agli impatti sulla matrice acqua i potenziali fattori di interferenza sono legati al dilavamento della calce dal piano di posa durante la fase di spargimento a seguito di eventi meteorici ovvero al rilascio accidentale di calce in corpi idrici superficiali adiacenti alle zone di lavorazione.

Per gli aspetti operativi si è fatto riferimento al testo *Traitement des sol a la chaux et/ou aux liants hydrauliques* edito dal Ministero dei Trasporti Francese e riconosciuto come il miglior testo europeo di riferimento per le operazioni di stabilizzazione delle terre a calce e per le regole di protezione ambientale.

Tale guida tecnica è spesso presa a riferimento anche dalle Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale e, in particolare, risulta presa a riferimento da ARPA Toscana nell'ambito del progetto di ampliamento alla terza corsia del tratto Firenze-Pistoia dell'A11 (prescrizione 5.13 RT specificatamente riferita al trattamento a calce).

Nel caso del Masterplan aeroportuale, tali linee guida sono state considerate unitamente a quanto espressamente riportato all'interno dell'Allegato 1 "Misure

per la mitigazione degli effetti del trattamento a calce sull'ambiente" di cui alle "Linea guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo" approvate con Delibera n. 5412019 del consiglio SNPA del 9 maggio 2019.

In particolare, detto Allegato riporta i seguenti accorgimenti, da intendersi tutti recepiti all'interno della presente relazione progettuale:

- ✓ al fine di scongiurare la dispersione di calce in atmosfera, prevedere la simultaneità delle operazioni di spandimento della calce e successiva miscelazione con il materiale, evitando di superare i 15 minuti di latenza;
- ✓ in giornate particolarmente ventose non intraprendere le attività di uso della calce, particolarmente in aree sensibili: distanza inferiore a 100 m da edifici residenziali; centri industriali con presenza permanente di persone; strade di media e grande importanza; zone di orti, giardini e frutteti nei periodi di fioritura; zone di pascolo con presenza di mandrie; zone di parcheggi o, più in generale, zone con manufatti sensibili agli attacchi di sostanze alcaline;
- ✓ in caso di repentino aumento della velocità del vento a lavorazioni già avviate, limitatamente alle operazioni di spandimento o di prima fresatura di miscelazione, procedere all'immediata miscelazione rapida tramite fresa dei primi 10 cm di rilevato, al fine di evitare eventuale spolvero;
- ✓ riprendere le operazioni di stesa della calce, così come le attività di successiva fresatura (prima, seconda e terza fresatura), solo al ripristino di condizioni di vento ordinarie;
- ✓ non eseguire l'attività di stesa della calce in caso di pioggia intensa, al fine di evitare fenomeni di dilavamento del materiale;
- ✓ una volta iniziate le lavorazioni di spandimento o di prima fresatura di miscelazione, in caso di pioggia improvvisa e intensa sospendere immediatamente i lavori di stesa, procedere alla rapida miscelazione tramite fresa dei primi 10 cm di rilevato non ancora miscelato, oltreché alla rapida compattazione tramite rullo di tutto il misto terra-calce, al fine di garantire l'impermeabilità dello strato evitando il dilavamento delle aree interessate dalle lavorazioni. Riprendere le operazioni di stesa della calce, così come le attività di successiva fresatura, solo alla cessazione dei fenomeni di pioggia intensa;
- ✓ nel caso sopraggiunga pioggia improvvisa e intensa durante la seconda e terza fresatura procedere alla rapida compattazione tramite rullo di tutto il rilevato precedentemente miscelato;
- ✓ al termine di ogni giornata lavorativa effettuare una nebulizzazione con acqua della parte di campo di stabilizzazione oggetto di lavorazione durante la giornata, allo scopo di fissare l'eventuale calce non reagita col materiale;

- ✓ registrare le eventuali sospensioni delle lavorazioni determinate dalle avverse condizioni meteorologiche in opportuna documentazione di cantiere;

In linea con quanto indicato sia dalla Guida Tecnica Francese che dall'Allegato 1 alla Linea Guida del SNPA, sono state previste adeguate misure di mitigazione degli eventuali effetti del trattamento a calce sull'ambiente.

La Guida tecnica francese prevede la classificazione dei cantieri in 2 tipologie:

- ✓ **Cantieri ordinari:** ovvero quelli ubicati ad una distanza superiore a 100-150 m da edifici residenziali, centri industriali con presenza permanente di persone, strade di media e grande importanza, zona di orti, giardini e frutteti nei periodi di fioritura, zone di pascolo con presenza di mandrie, di parcheggi o, più in generale, zone con manufatti sensibili agli attacchi di sostanze alcaline (è bene precisare che, come specificato nella Guida tecnica, con un vento di velocità di 40 km/h la calce potrebbe essere dispersa ad una distanza compresa tra 50 e 80 m dal piano di posa).
- ✓ **Cantieri sensibili:** Si considerano cantieri sensibili tutti i cantieri per i quali non è soddisfatta almeno una delle condizioni precedenti. Il livello di sensibilità aumenta nel caso in cui non vengano rispettate più condizioni precedenti.

41

Nel caso specifico del Masterplan aeroportuale, le due aree fisse di cantiere individuate per l'esecuzione del trattamento di stabilizzazione a calce sono ubicate in posizione baricentrica rispetto all'intera cantierizzazione e sono poste ad una distanza minima di circa 170 metri dal più prossimo confine di recinzione dell'intera macro-area di cantierizzazione.

I ricettori più prossimi si pongono a distanze pari a circa 500 metri, mentre i ricettori residenziali più prossimi sono posti a distanze di circa 650 metri. L'autostrada A11 è posta a circa 180 metri dal perimetro del campo di stabilizzazione più prossimo.

I due campi di stabilizzazione possono, pertanto, ritenersi quale cantieri ordinari, rispetto ai quali le guide tecniche di riferimento forniscono le seguenti indicazioni:

- componente atmosfera:

La guida tecnica francese per i cantieri ordinari indica una soglia di velocità del vento di 11 m/s, misurati con anemometro posto alla quota di 1 m dal piano di posa. Nel caso in esame si è optato di adottare comunque la soglia più restrittiva, dimezzando di fatto il valore della velocità del vento e assumendo detta soglia pari a 6 m/s, misurata alla quota di 1,5 m dal piano di posa.

Di seguito sono elencate le misure che saranno messe in atto per limitare i potenziali impatti sulla componente aria:

- ✓ interruzione del trattamento con velocità del vento maggiore di 6 m/ s;
- ✓ utilizzo di sistemi pneumatici per il travaso dei prodotti (dal veicolo di trasporto ai silos o dai silos alla spargitrice);
- ✓ i silos di stoccaggio della calce saranno dotati di sistemi che garantiscono la pulizia dei serbatoi e dell'aria compressa che convoglia il prodotto, raccordati a specifici filtri da mantenersi in buono stato di funzionamento;
- ✓ divieto di circolazione dei mezzi sulla superficie ricoperta dalla calce. Anche la spargitrice eseguirà la distesa della calce in un'unica passata;
- ✓ esposizione della calce stesa inferiore a 15 minuti circa;
- ✓ impiego di automezzi utilizzati per il trasporto della calce e per il tragitto fino all'area di spargimento a tenuta stagna;
- ✓ impiego di macchine spandi-calce in grado di depositare la calce da una distanza non superiore a 10 cm;
- ✓ installazione di un anemometro per il rilevamento della velocità e della direzione del vento presso ciascuno dei due campi di stabilizzazione;
- ✓ installazione di recinzioni con new-jersey in calcestruzzo armato e rete antipolvere fino ad altezza di 3 metri;
- ✓ impiego di nebulizzatori.

• componente acque:

Durante le ore di pioggia leggera i lavori di spandimento della calce, di miscelazione con il terreno e di compattazione possono essere continuati in virtù del fatto che la stessa pioggia riduce la necessità di utilizzo di acqua durante la compattazione.

I potenziali fattori di interferenza in caso di forti piogge sono legati al dilavamento della calce dal piano di posa durante la fase di spargimento a seguito di eventi meteorici ovvero al rilascio accidentale di calce in corpi idrici superficiali adiacenti alle zone di lavorazione.

Di seguito sono elencate le misure che saranno messe in atto per limitare i potenziali impatti sulla componente acqua:

- ✓ sospensione dei lavori in condizione di pioggia moderata o forte;
- ✓ delimitazione delle aree di lavorazioni con argini in terra;
- ✓ i piazzali e le aree di stoccaggio terre sono delimitati lateralmente da bobine di telo di protezione impermeabile per proteggere i cumuli dall'umidità e dalla pioggia;

- ✓ in caso di precipitazioni eseguire la miscelazione dei primi 10 cm di terreno con pulvimixer e la rapida compattazione tramite rullo di tutto il misto terra-calce.

Per quanto riguarda l'acqua usata per la nebulizzazione, date le caratteristiche degli ugelli aspersori, essa rappresenterà piccoli volumi che, una volta ricaduti sul suolo, non possono comportare alcun problema di dilavamento della calce. In ogni caso i due campi di stabilizzazione saranno dotati di sistema di convogliamento e raccolta delle acque.

In generale il potenziale rischio che si configura è, infatti, quello che ingenti quantità di calce accidentalmente rilasciate possano provocare l'innalzamento del pH di grossi volumi d'acqua a valori superiore a 10 per tempi significativi.

A tal fine, a servizio di entrambi i campi di stabilizzazione è prevista l'installazione di un sistema di accumulo e trattamento delle acque meteoriche di dilavamento, con rilascio parzializzato nella rete idraulica consortile.

Tramite un canale longitudinale di raccolta, le acque potenzialmente alcaline, derivanti dal trattamento a calce, saranno coltate nell'impianto di regolazione del pH posto all'esterno del perimetro dell'area di accumulo idrico.

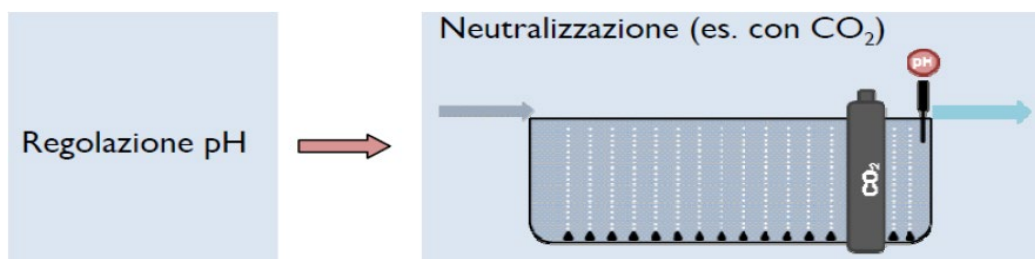


Figura 9-1 Schema impianto di regolazione pH

A valle dell'impianto di regolazione del pH le acque meteoriche di dilavamento vengono portate attraverso appositi canali all'impianto di trattamento di cantiere n.2, in grado di garantire il rispetto dei limiti di accettabilità previsti dal D. Lgs. 152/ 2006 prima di immetterle nel ricettore finale (corpo idrico superficiale).

Di seguito si riporta lo schema a blocchi del suddetto impianto.

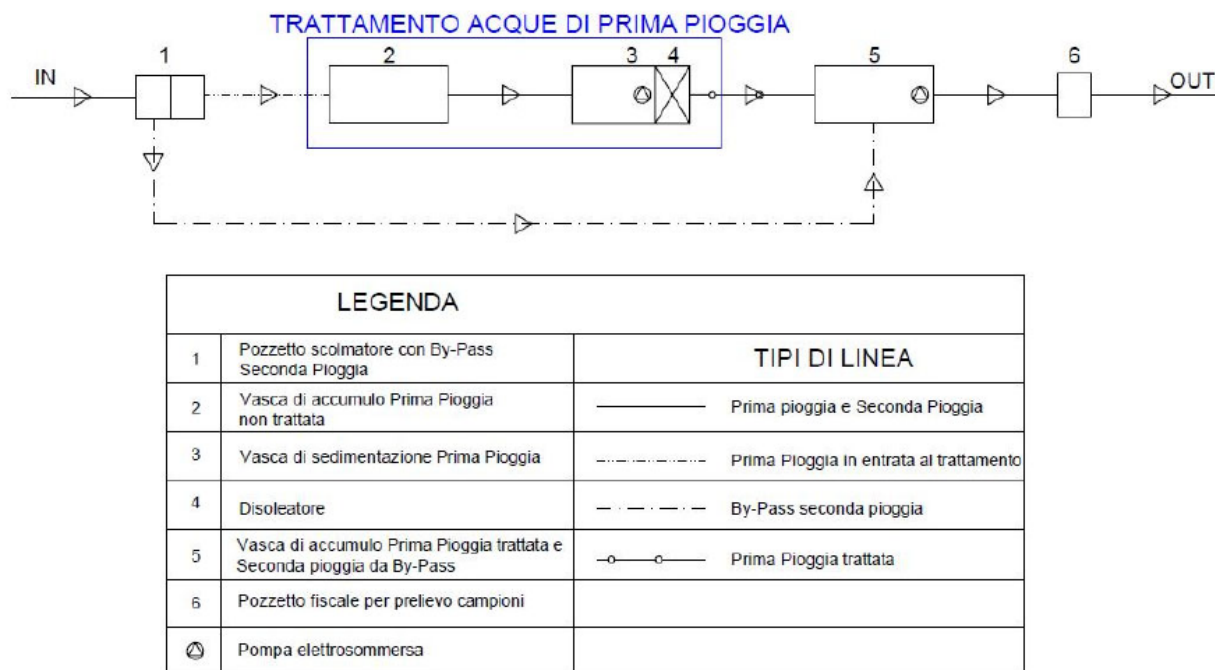


Figura 9-2 Schema impianto di trattamento delle acque di cantiere

L'intero cantiere di Fase 1 di Masterplan sarà, infine, dotato di un proprio Sistema di Gestione Ambientale conforme alla ISO14001 e il trattamento di stabilizzazione a calce sarà oggetto di una specifica procedura ambientale, comprensiva di procedure operative, controlli, annotazioni, monitoraggi e gestione di eventuali non conformità.

10. ALLEGATI

Allegato 1 – Certificati prove geotecniche

Allegato 2 – Scheda calce

Allegato 3 – Planimetria generale di cantierizzazione

Allegato 4 – Layout di dettaglio campi di stabilizzazione a calce