

# PROVINCIA DI MODENA COMUNE DI MODENA

Settore Ambiente e Protezione Civile

**Ufficio Attività Estrattive**

OGGETTO

**ATTUAZIONE DEL PIANO DELLE ATTIVITÀ  
ESTRATTIVE DEL COMUNE DI MODENA.  
POLO ESTRATTIVO INTERCOMUNALE N. 5  
PEDERZONA - FASE A.**

PROGETTO

**STUDIO IMPATTO AMBIENTALE**

**PIANO DI COLTIVAZIONE E  
SISTEMAZIONE CAVA DI GHIAIA  
E SABBIA "AEROPORTO 2015"**

TITOLO

**INDIVIDUAZIONE E VALUTAZIONE DEGLI  
IMPATTI AMBIENTALI DEL PROGETTO  
DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE DI  
RIFERIMENTO E FATTORI SINERGICI**

ELAB.

**B**

DATA EMISSIONE

**22 DIC. 2015**

FILENAME

15-096-AER-B\_RelVerifica.pdf

REV. N.

0

IN DATA

PROPRIETÀ

**UNICAL S.P.A.**

Via Luigi Buzzi, 6 - 15033 Casale Monferrato (AL)

ESERCENTE

**GRANULATI DONNINI S.P.A.**

Via Cave Montorsi, 27/A - 41126 Loc. San Damaso (MO)

**GRANULATI DONNINI S.p.A.**  
Via Cave Montorsi, 27/A  
SAN DAMASO  
41100 MODENA (MO)  
Cap. Soc. € 10.000.000.00 int. ver.  
C. F. - P.IVA - REG IMP.: 02242950364

PROGETTISTA

**Dott. Geol. Stefano Cavallini**

Studio Geologico Associato

**DOLCINI - CAVALLINI**

Via Michelangelo, 1 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel: 059-536499 - Fax: 059-5331612

e-mail: sgadc@liscall.it

PEC: geodes@pec.geodes-srl.it

C. F. e P. IVA: 02350480360



COLLABORATORI

**Ing. Simona Magnani**

**Ing. Lorenza Cuoghi**

**Arch. I. Lorenzo Ferrari**

**Dott. Geol. Mara Damiani**

**GEODES s.r.l.**

Via Michelangelo, 1 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel: 059-536629 - Fax: 059-5331612

e-mail: geodes.srl@liscall.it

PEC: geodes@pec.geodes-srl.it

CONSULENZE SPECIALISTICHE



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO AMBIENTALE</b> .....	<b>4</b>
2.1	SUOLO E SOTTOSUOLO .....	4
2.1.1	<i>USO REALE DEL SUOLO</i> .....	5
2.1.2	<i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO</i> .....	9
2.2	ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE .....	16
2.2.1	<i>IDROGRAFIA DI SUPERFICIE</i> .....	16
2.2.2	<i>CARATTERISTICHE DELLE ACQUE SOTTERRANEE</i> .....	19
2.3	QUALITA' DELL'ARIA .....	29
2.3.1	<i>CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA</i> .....	30
2.3.2	<i>INQUADRAMENTO DELLO STATO DELLA QUALITA' DELL'ARIA LOCALE</i> .....	32
2.4	VEGETAZIONE ED ECOSISTEMI .....	38
2.5	COMPONENTE FAUNISTICA .....	41
<b>3</b>	<b>INDIVIDUAZIONE DEGLI IMPATTI</b> .....	<b>43</b>
3.1	METODO DI VALUTAZIONE .....	44
3.2	INDIVIDUAZIONE DEI POTENZIALI BERSAGLI E RECETTORI .....	46
3.3	IMPATTI SU SUOLO E SOTTOSUOLO .....	48
3.3.1	<i>SFRUTTAMENTO DI RISORSE ED USO DEL SUOLO</i> .....	48
3.3.2	<i>COMPONENTE STABILITA'</i> .....	51
3.4	IMPATTI PER ACQUA .....	65
3.4.1	<i>CONSUMI IDRICI</i> .....	65
3.4.2	<i>SCARICHI IDRICI E ACQUE SUPERFICIALI</i> .....	65
3.4.3	<i>IDROLOGIA SOTTERRANEA E INQUINAMENTO ACQUE SOTTERRANEE</i> .....	67
3.5	PRODUZIONE DI RIFIUTI .....	69
3.6	IMPATTI PER ATMOSFERA .....	70
3.6.1	<i>STIMA DELLE EMISSIONI DIFFUSE</i> .....	72
3.7	EMISSIONI RUMOROSE .....	88
3.7.1	<i>PREVISIONE DI IMPATTO ACUSTICO – STATO DI PROGETTO</i> .....	90
3.8	IMPATTO SULLA FAUNA .....	94
3.9	IMPATTI PER FLORA, VEGETAZIONE ED ECOSISTEMI .....	96
3.10	IMPATTI PER TRAFFICO VEICOLARE .....	97
3.11	IMPATTI SUL PAESAGGIO .....	98
3.11.1	<i>PAESAGGIO TEMPORANEO (BREVE TERMINE)</i> .....	99
3.11.2	<i>PAESAGGIO PERMANENTE DI SISTEMAZIONE</i> .....	100
3.12	IMPATTI PER SALUTE E BENESSERE DELL'UOMO E CONDIZIONI SOCIO ECONOMICHE .....	101
<b>4</b>	<b>FATTORI SINERGICI</b> .....	<b>102</b>
<b>5</b>	<b>SINTESI FINALE DELL'ANALISI DEGLI IMPATTI</b> .....	<b>104</b>
<b>6</b>	<b>EMERGENZE AMBIENTALI – INCIDENTI E SVERSAMENTI</b> .....	<b>106</b>
<b>7</b>	<b>MITIGAZIONE E PREVENZIONE IMPATTI</b> .....	<b>107</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>111</b>

## **1 PREMESSA**

---

Su incarico della ditta Granulati Donnini S.p.A., proponente ed esercente l'attività estrattiva nella cava denominata "AEROPORTO 2015", di proprietà della ditta Unicalcestruzzi S.p.A., sita nel territorio comunale di Modena all'interno del Polo estrattivo intercomunale n. 5 "Pederzona", si è proceduto alla stesura della presente relazione di verifica e compatibilità ambientale del Piano di Coltivazione e Sistemazione della cava di ghiaia e sabbia denominata "Aeroporto 2015".

Tale relazione è finalizzata alla descrizione del quadro di riferimento ambientale di sito ed all'Individuazione e Valutazione degli Impatti Ambientali, e costituisce parte integrante della documentazione di Studio di Impatto Ambientale (SIA) allegata all'istanza di VALUTAZIONE D'IMPATTO AMBIENTALE, ai sensi della legge 9/99 e ss.mm.ii., riguardante il progetto di coltivazione e sistemazione finale della cava denominata "Aeroporto 2015", redatto ai sensi della Variante Generale al PIAE della Provincia di Modena con valenza di PAE per il Comune di Modena approvato con D.C.P. n. 44 del 16/03/2009 e del Piano di Coordinamento per il Polo Estrattivo n. 5 "Pederzona" – (da qui denominato PC) approvato con Del. di Giunta Comunale n. 304 del 16/07/2013.

Tale area è pianificata in continuità con la cava denominata "Aeroporto", precedentemente esercita dalla ditta Unicalcestruzzi S.p.A., al fine di rispondere ad uno dei primi requisiti posti sia dall'"Atto di Indirizzo" del Comune di Modena (di cui alla D.C.C. n. 29 del 14/07/2011) al punto 3, sia al PC che vincolano la *"scelta di concentrare le nuove escavazioni in continuità con le aree che sono già state sede di attività estrattive"*.

Nel presente elaborato saranno prese in considerazione le varie matrici ambientali con relativi aspetti, componenti e recettori potenzialmente interessabili dagli effetti, a breve e lungo termine, positivi e negativi, connessi all'esercizio dell'attività estrattiva nella cava "Aeroporto 2015", ad esaurimento dei quantitativi programmati dal P.P. del Polo 5.1, da attuare secondo quanto previsto dal Piano di Coordinamento Attuativo (PC) del Polo 5 "Pederzona".

Al fine di identificare i fattori da esaminare nella procedura di valutazione di impatto ambientale e la loro interazione con il quadro progettuale, saranno presi a riferimento, e tarati nel caso specifico, i fattori elencati nella matrice causa-effetto e la lista di controllo allegata alle linee guida regionali in materia di Screening e di VIA per cave e torbiere e nella circolare applicativa del 30/01/2001.

## **2 INQUADRAMENTO AMBIENTALE**

---

Nella presente sezione sarà data descrizione del contenuto del contesto ambientale di riferimento in cui si sviluppa il quadro progettuale. A tale proposito, oltre che riferendosi ad indagini e rilevazioni di campo, si prenderanno a riferimento dati e registrazioni presenti negli archivi di ARPA dell'Emilia Romagna, informazioni derivanti dalle indagini conoscitive alla base della pianificazione territoriale provinciale e regionale.

Il quadro ambientale di riferimento corrisponde pertanto alla rappresentazione dello stato di fatto, quale contesto "situazione zero" a cui riportare le analisi di individuazione e valutazione degli impatti potenziali. Si analizzeranno pertanto le seguenti componenti:

- Suolo e sottosuolo
- Acque superficiali e sotterranee
- Rifiuti
- Rumore
- Aria
- Fauna e Flora
- Traffico veicolare
- Paesaggio
- Salute e Benessere

### **2.1 SUOLO E SOTTOSUOLO**

La cava "Aeroporto 2015" è inserita nel tipico contesto pedecollinare modenese, caratterizzato da un ambiente antropizzato in espansione interrotto da vaste aree rurali che, con una conformazione del territorio ad andamento sub-pianeggiante, si compone di aree agricole di seminativi, culture specializzate e frutticole a contornare i perimetri urbanizzati e le ampie aree fluviali perimetrali al corso del Fiume Secchia, a cui si deve la formazione, la giacitura e la composizione della pianura e del sottosuolo locale.

Proprio in queste aree con litologia influenzata dall'ambiente deposizionale fluviale, si sviluppa una parte del comparto estrattivo di materiali inerti alluvionali (sabbia e ghiaia) del Comune di Modena corredato dagli impianti di lavorazione dei materiali stessi.

### 2.1.1 USO REALE DEL SUOLO

L'esercizio dell'attività estrattiva nel polo 5 risale agli anni '90, estendendosi a partire dalle aree prospicienti l'alveo del Fiume Secchia con direzione ovest-est. La natura litologica del substrato, nonché la formazione di superficie dei materiali di copertura rendono questi territori particolarmente interessanti dal punto di vista commerciale.

Negli ultimi trent'anni, la continua e crescente necessità di reperimento di materiali inerti per l'edilizia ha fortemente condizionato l'evoluzione dell'uso del suolo dell'intorno del sito e della propria vocazione agricola, tipicamente contraddistinta da seminativi e/o culture specializzate ovvero frutteti e vigneti, lasciando gradualmente spazio all'attività estrattiva. Un'analisi della "Carta dell'Uso Reale del Suolo dell'Emilia Romagna" redatta in diverse edizioni più o meno recenti permette di evidenziare tali trasformazioni in sequenza temporale a partire dagli anni '90.

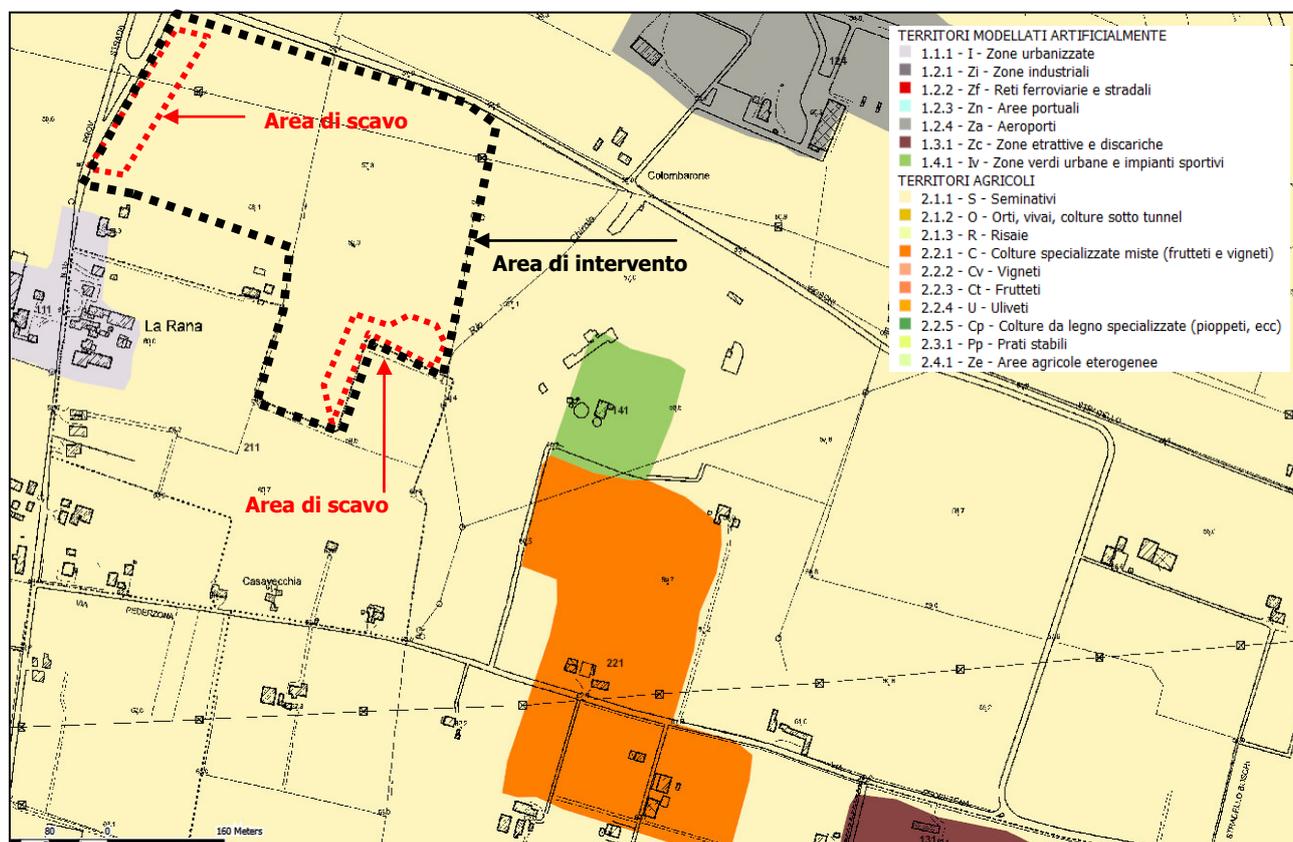


Figura 1 - Estratto dalla carta dell'uso reale del suolo del 1994 (Regione Emilia Romagna)

In Figura 1 e nelle successive si nota un progressivo aumentare delle zone estrattive (131 e 1311), fino ad interessare le aree con attività attive ad oggi, posizionate su terreni adiacenti a quelli in oggetto, a scapito delle colture precedenti, per lo più identificate come *Seminativi* e *Colture specializzate miste (frutteti e vigneti)* (211 e 221).

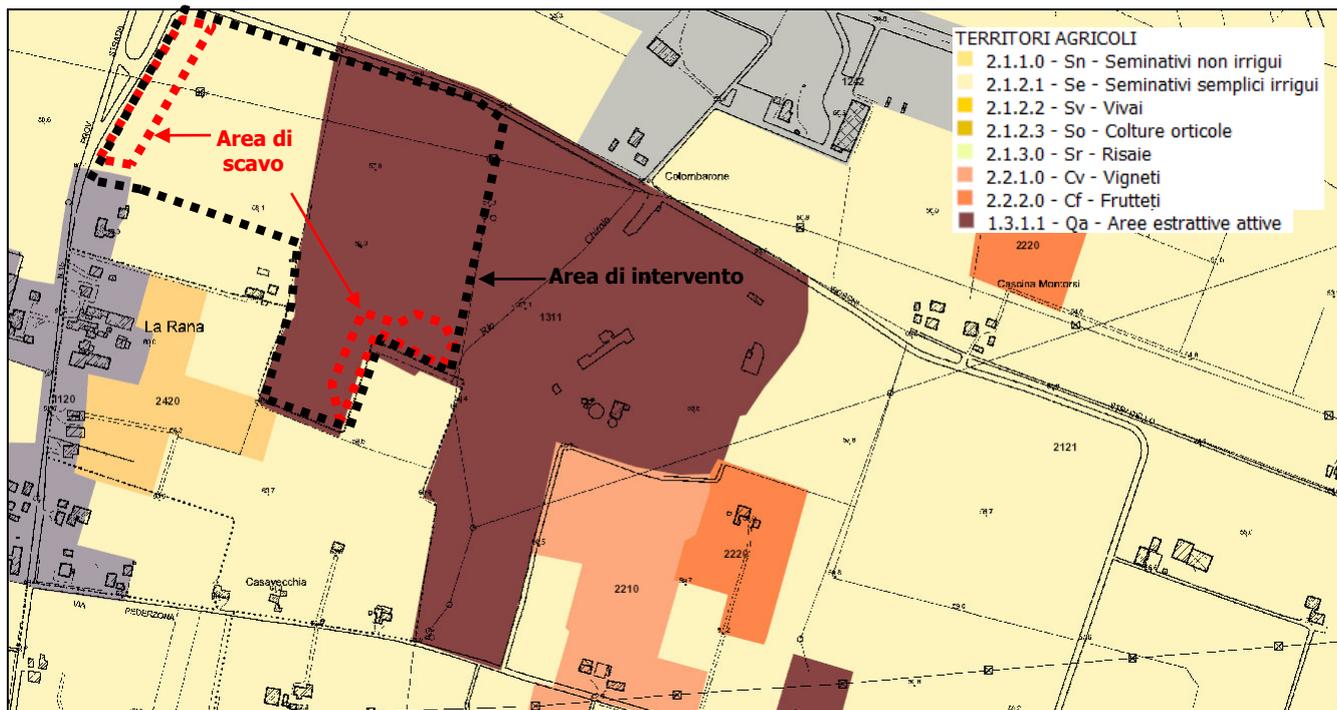


Figura 2 - Estratto dalla carta dell'uso reale del suolo del 2003 (Regione Emilia Romagna)

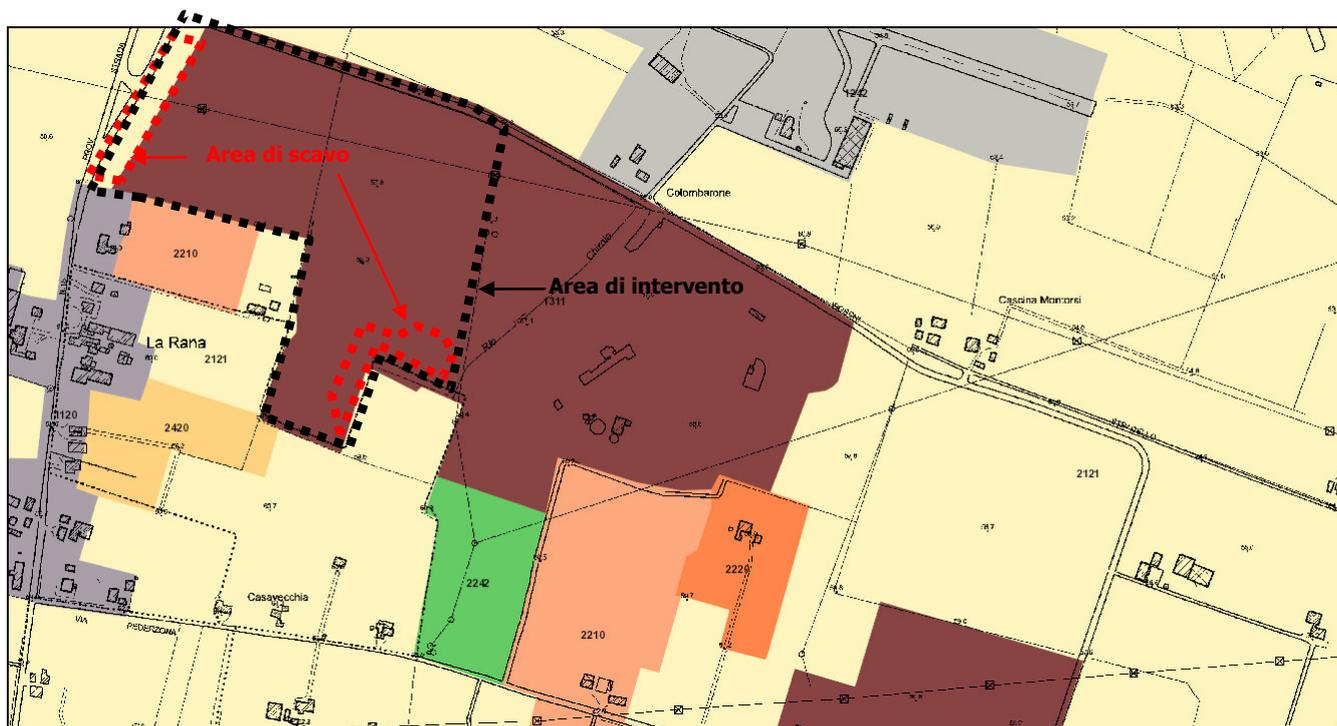
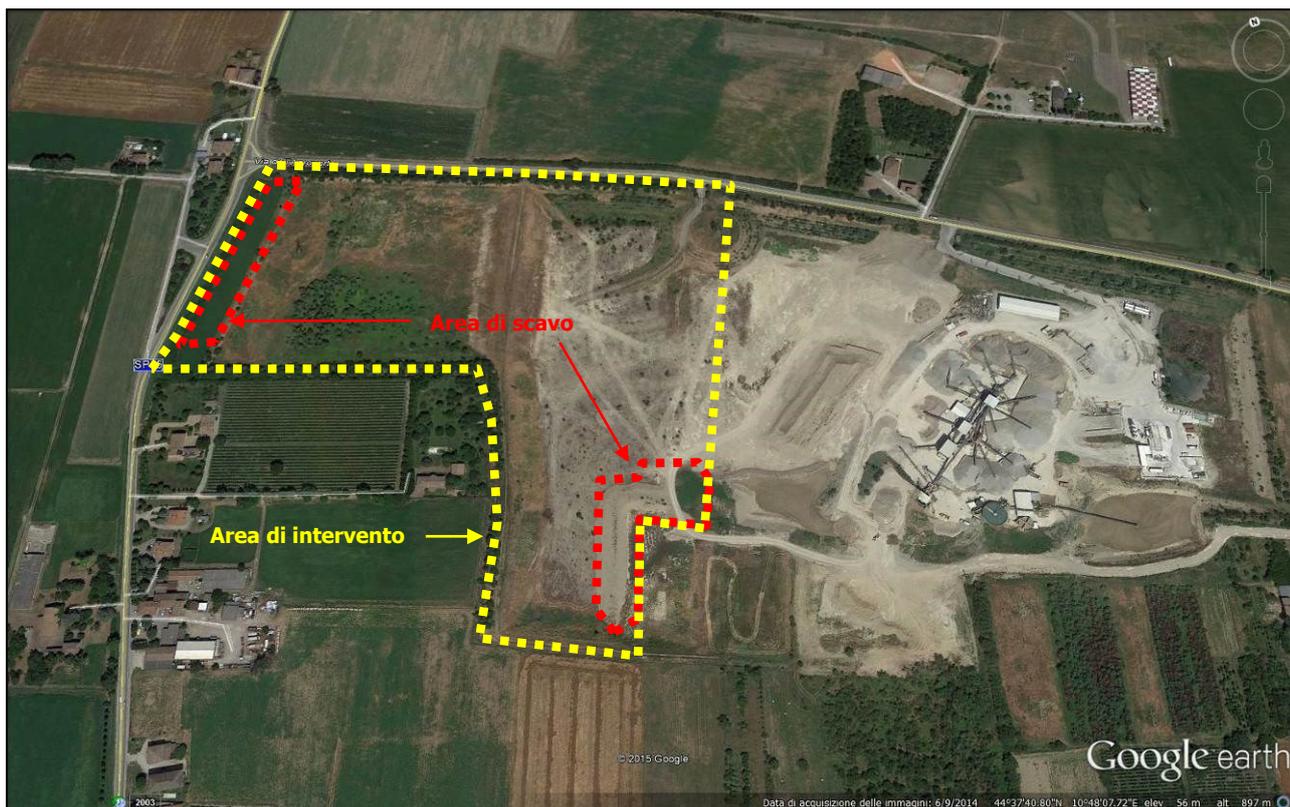


Figura 3 - Estratto dalla carta dell'uso reale del suolo del 2008 (Regione Emilia Romagna)

Analizzando la carta aggiornata al 2003 (Figura 2) nonché quella aggiornata al 2008 (Figura 3), è possibile apprezzare l'evoluzione delle aree destinate ad attività estrattiva in tutto l'areale circostante. Tale tendenza viene ulteriormente confermata se analizziamo le fotografie aree disponibili riguardanti l'area in esame (Figura 4).



*Figura 4 – Ripresa aerea dell'area d'intervento (Google earth 2014)*

Secondo quanto riportato all'interno della Figura 3 - Estratto dalla carta dell'uso reale del suolo del 2008 (Regione Emilia Romagna) l'area di nuovo scavo nel settore ovest è classificata come " seminativi semplici irrigui", mentre l'intera area di nuovo scavo ad est è ricompresa nella sua totalità nelle "aree estrattive attive".

Contestualmente alla redazione del PC è stata redatta, da tecnico incaricato, una Carta dell'Uso Reale del Suolo aggiornata ad Aprile 2012 (Figura 5); tale carta conferma l'utilizzo della porzione ovest a Seminativi semplici irrigui (2.1.2.1 – Se), mentre l'intero settore di nuovo scavo ad est viene identificato come Area estrattiva attiva (1.3.1.1 – Qa).

Alla luce della presente disamina si può affermare che l'area d'intervento si inserisce in un contesto già parzialmente antropizzato (destinato da oltre un ventennio all'attività estrattiva) e che l'ubicazione delle aree oggetto di nuovo scavo all'interno dell'ambito pregresso dell'ex cava Aeroporto permette di rispettare la necessità di attivare nuove aree di escavazione adiacenti alle attuali, al fine anche di ottimizzare le infrastrutture presenti a servizio delle cave adiacenti.



**LEGENDA - USO DEL SUOLO**

	1.1.1.2 - Tr - Tessuto residenziale rado		
	1.1.2.0 - Ed - Tessuto residenziale discontinuo		
	1.2.1.1 - Ia - Insediamenti produttivi		
	1.3.1.1 - Qa - Aree estrattive attive		
	1.4.2.5 - Vi - Ippodromi		
	2.2.4.1 - Fi - Aeroporti commerciali		
	2.1.2.1 - Se - Seminativi semplici irrigui		
	2.2.1.0 - Cv - Vigneti		
	2.2.2.0 - Cf - Frutteti		
	2.2.4.2 - Ci - Altre colture da legno		
	2.4.2.0 - Zo - Sistemi colturali e particellari complessi		Limite Polo 5
	3.2.3.1 - Tn - Vegetazione arbustiva ed arborea in evoluzione		Confine Comunale
	5.1.1.2 - Av - Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante		Prima fase estrattiva

*Figura 5 - Carta dell'Uso reale del Suolo – Elab. 1.4.a Proposta di Piano di Coordinamento della Fase A in Comune di Modena (aggiornamento giugno 2012)*

## **2.1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

La porzione di territorio in esame si colloca in un settore costituito da potenti depositi continentali, influenzato dal sistema deposizionale composto dal Fiume Secchia unitamente a vari torrenti appenninici minori al contorno. In particolare l'area di intervento ricade nella parte mediana della conoide del fiume stesso.

L'aspetto morfologico di questa porzione di pianura risulta completamente condizionata dalla presenza e dall'evoluzione del Fiume Secchia, il cui tracciato ha peregrinato nella pianura, espandendo le proprie alluvioni senza vincoli morfologici imposti. Evidenze dei numerosi spostamenti recenti che il fiume ha subito sono le tracce di paleoalvei, che lasciano sul territorio dossi più o meno effimeri ed evidenze cromatiche dei suoli riconoscibili dalle foto aeree.

Allo stato attuale il corso del Fiume Secchia scorre, semiconfinato da barriere protettive di origine antropica, all'interno delle proprie alluvioni recenti, al punto tale da portare sporadicamente in affioramento il substrato argilloso costituito dai depositi marini.

Dal punto di vista geologico, i terreni nell'intorno dell'area in esame sono formati da una sequenza deposizionale eterogenea che vede l'intercalazione e l'interdigitazione di materiali grossolani come le ghiaie e materiali più fini come le sabbie e i limi. Questi materiali fanno parte del grande bacino subsidente Plio-Quaternario della Pianura Padana, e possono essere grossolanamente suddivisi in due distinti domini di provenienza: uno attribuibile alla conoide deposizionale del Fiume Secchia, e uno appartenente ai corsi d'acqua minori riconoscibili nel Cerca, Taglio, Grizzaga e Tiepido.

Le conoidi alluvionali sono accademicamente definite come depositi sciolti più o meno grossolani, disposti a ventaglio, i cui materiali costituenti si distribuiscono gradati a partire dall'apice fino a porzioni più distali; l'apice corrisponde al cosiddetto "punto neutro" di un corso d'acqua", identificato come quel punto dove si annulla la forza erosiva dell'acqua con presa in carico di materiale e lo stesso comincia ad essere depositato a partire dalla frazione più grossolana e pesante, per continuare con le frazioni via via più fini allontanandosi dal punto.

La forza erosiva di un corso d'acqua, e conseguentemente la sua capacità di trasporto solido, si modifica ciclicamente sia con le stagioni, sia in corrispondenza di eventi alluvionali di particolare rilievo. I sedimenti sovrapposti e depositati con questo meccanismo presentano una distribuzione spaziale eterogenea, nella quale la frazione più grossolana è riconoscibile nelle aree in cui l'alveo del Fiume Secchia è stato maggiormente influente, come nell'area di intervento in oggetto.

Proprio in questa porzione la coltre alluvionale recente si aggira attorno ai 100 m, all'interno dei quali è possibile riconoscere il primissimo orizzonte di acqua salmastra ad una profondità di circa 85 m. Tale orizzonte, seppur discontinuo, ricopre il substrato costituito da formazioni massive altamente argillose, riconoscibili in affioramento nei terreni collinari, lungo il margine appenninico ed a luoghi nel letto del Fiume Secchia. In queste porzioni di alveo la forza erosiva dell'acqua ha completamente rimosso le alluvioni recenti portando in superficie il bedrock marino.

Dal punto di vista litologico l'unità litostratigrafica del Fiume Secchia è formata da materiali per lo più ghiaiosi, soprattutto nelle porzioni apicali, riconoscibili a pochi metri di profondità in tutta l'area del Polo Estrattivo 5.

A questi potenti banchi ghiaiosi si alternano in maniera discontinua e disomogenea livelli pelitici che diventano via via più potenti procedendo verso nord o avvicinandosi alle porzioni distali della conoide, determinando una graduale transizione ai sedimenti fini della piana alluvionale, che si sviluppa contemporaneamente al fronte ed ai lati del corso d'acqua che origina la conoide stessa. L'accrescimento verticale di questi materiali classificati fini e finissimi, è a luoghi interrotto da orizzonti sabbiosi che possono essere legati a barre di accrescimento laterale, ad argini naturali o ancora a ventagli di rotta fluviali.

Dal punto di vista sedimentologico il settore in esame possiede caratteristiche intrinseche dei corsi d'acqua di tipo "braided" che permette di riconoscere un panorama firmato dai canali a bassa sinuosità ed alta energia, con deposito di sedimenti più grossolani all'interno dei canali, e di materiali fini nelle aree di intercanale.

Gli apporti provenienti dai torrenti appenninici minori formano strutture che, in corrispondenza della porzione distale, si intersecano tra loro componendosi ed intercalandosi. Essi sono conseguentemente costituiti da materiali più fini, perlopiù sabbiosi e limosi, con presenza di piccoli corpi ghiaiosi che si sviluppano longitudinalmente dalle porzioni apicali, diventando strette fasce potenti qualche metro.

Queste formazioni sono riconducibili ad un periodo compreso tra il Pliocene superiore ed il Quaternario attuale e sono deposte in discordanza sul substrato argilloso Plio-Pleistocenico, affiorante in corrispondenza del margine collinare.

L'area in oggetto si colloca nell'alta pianura modenese e presenta un andamento morfologico pressoché tavolare, da un punto di vista altimetrico nell'area della cava le quote sono comprese tra circa 58.5 m e 58 m nelle porzioni a piano campagna oggetto di nuovo scavo dei settori est ed ovest, e circa 45.0 nell'attuale fondo cava della porzione nord-orientale del settore est.

Due sono gli agenti morfogenetici principali che hanno costruito le forme del paesaggio:

- I corsi d'acqua, con particolare riferimento al fiume Secchia ed ai torrenti Taglio, Cerca, Tiepido, Fossa di Spezzano, ecc.. che hanno per lo più esaurito la loro funzione modellatrice;
- Attività antropica, che è intervenuta a vari livelli con attività agricola, la costruzione di opere di difesa spondale in calcestruzzo e di casse di espansione, la deviazione e canalizzazione dei torrenti a scopo irriguo, e l'attività estrattiva delle ghiaie.

Quest'ultima attività dell'uomo ha assunto rilevanza morfogenetica, in particolare nell'area in esame, determinando la creazione di ampi avvallamenti in contrasto con il panorama al contorno.

Se vogliamo prendere in considerazione l'evoluzione della Pianura Padana, a partire dall'azione morfogenetica del fiume Secchia, e volendo tralasciare le oscillazioni marine più antiche, essa può essere schematizzata, secondo quanto riportato in bibliografia, a partire dal neolitico.

In origine il Fiume Secchia aveva la possibilità di divagare e depositare le proprie alluvioni a valle di quel punto neutro che separa le aree incise dalle aree in accrescimento; tale punto neutro era identificato nei pressi di Magreta. Il potenziale di alluvionamento rimane attivo fino al medioevo, quando il corso d'acqua assume la posizione pressoché attuale, con deposizione nelle aree ad allora incise. Si assiste ad una migrazione verso monte del punto neutro, con conseguente colmamento dell'alveo fino alle quote del p.c. circostante, su quale si instaura il meccanismo di divagazione del corso e successiva espansione delle acque durante gli eventi di piena.

Un diverso comportamento si nota nelle porzioni distali delle conoidi, dove si assiste ad una repentina incisione dei materiali depositati, con la formazione di scarpate alte fino a 6 m. E' proprio a questo periodo che risale la costruzione delle prime arginature nei tratti del corso d'acqua che si trovano a monte delle erosioni, con conseguente graduale restringimento degli alvei. Questa tendenza al sovralluvionamento nelle zone apicali è evidenziato non solo a livello documentale, con fotografie risalenti all'inizio del secolo scorso e da notizie storiche, ma anche a livello deposizionale quando i materiali accumulatisi all'interno degli argini raggiungono quote uguali o superiori a quelle del piano campagna.

L'alternanza di episodi erosivi e deposizionali nell'ambito del bacino di conoide, come ipotizzato da alcuni autori, non è collegata a variazioni climatiche o tettoniche. Il semplice schema morfogenetico prevede l'accumulo di materiali fino a raggiungere un'inclinazione limite, oltre la quale si innescano, a partire dalle zone apicali e intermedie, fenomeni erosivi con terrazzamento

dei depositi appena sedimentati, e contemporanea deposizione a valle. Una volta raggiunto il nuovo profilo di equilibrio i fenomeni vengono nuovamente invertiti.

Il Fiume Secchia nasce dall'Alpe di Succiso, sull'appennino Tosco Emiliano ed attraversa le colline reggiane e modenesi costituite prevalentemente da terreni argillosi appartenenti ai complessi liguri ed al Plio-Quaternario marino del margine padano; sbocca in pianura presso Sassuolo ad una quota di 125 m s.l.m.. La sua conoide ha una lunghezza di circa 20 km ed una larghezza massima di circa 14 km; si mostra asimmetrica rispetto all'attuale corso del fiume che scorre sul margine occidentale, presumibilmente a causa di fenomeni neotettonici.

Il complesso dei sedimenti che la costituiscono aumenta lo spessore a partire dalla zona apicale fino a raggiungere alcune centinaia di metri nella zona distale, la cui estensione complessiva supera quella in affioramento in quanto risulta sepolto dai depositi fini di pianura alluvionale. Nella porzione più orientale si estende fino al sottosuolo di Modena.

I depositi che formano la conoide sono stati rilasciati dalle acque del corso d'acqua, non solo in concomitanza con gravi eventi di piena, ma anche durante i periodi di corso normale. Ne deriva una distribuzione arealmente estesa, ma molto piatta, la quale è suddivisibile in due tratti a diversa pendenza, il primo in corrispondenza della parte di monte fino alla quota di 50 m s.l.m. presenta una pendenza di circa 0.7%, il secondo in corrispondenza della porzione di valle, che presenta pendenza media di circa 0.2%.

Al di sopra dei sedimenti argillosi Plio-Quaternari, la conoide è costituita da quattro unità litologiche sovrapposte, delle quali tre sono riconoscibili in affioramento, mentre la quarta risulta completamente sepolta. La prima e più antica unità deposta rinvenuta in affioramento (I), si raccorda con i terrazzi alti della valle del Secchia, a sud di Sassuolo. È riconoscibile in due stretti lembi ai lati del corso stesso dove in parte la si trova ricoperta da un paleosuolo rossastro. I depositi che la costituiscono sono formati da ghiaie che identificano antichi percorsi fluviali risalenti al Pleistocene Superiore.

La seconda unità (II) rappresenta il corpo maggiormente esteso in tutte le direzioni, e la ritroviamo costituita da depositi grossolani di conoide uniti a quelli sabbiosi delle aree golenali che si accumulano alternandosi dal Neolitico. È possibile ritrovarvi ciottoli con dimensioni anche di 70 cm in corrispondenza dei rilasci apicali, fino a ciottolato centimetrico, caratterizzato da un'abbondante frazione sabbiosa e limosa nella parte centrale. Le ghiaie che la costituiscono corrispondono alle formazioni presenti nel primo Appennino e sono costituite prevalentemente da calcari ed arenarie, con piccole percentuali di selci e detriti ofiolitici.

A luoghi le sabbie danno origine a banchi entro le ghiaie che possono raggiungere un paio di metri di potenza, intercalate all'interno del banco ghiaioso. Questo fenomeno cresce e si ingigantisce nella porzione distale della conoide, dove i sempre più frequenti depositi sabbiosi arrivano ad essere prevalenti rispetto alle ghiaie fino a sostituirle completamente.

L'ultima unità che ritroviamo (III) è formata da depositi ancora più recenti, parzialmente reinciati dal corso d'acqua attuale per effetto dell'abbassamento del letto dovuto all'estrazione di ghiaia dall'alveo nel secolo scorso. Questi depositi di terza unità occupano le vecchie golene che erano situate alla stessa quota del piano campagna esterno alle arginature; procedendo gradualmente verso nord la quota di fondo del fiume tende ad avvicinarsi a quella del piano campagna circostante, confermandone pertanto la natura pensile. Le età di questi depositi sono corrispondenti al periodo medioevale.

La quarta e più antica unità, posta alla base delle tre precedentemente descritte rappresenta la porzione più antica della conoide, poggiante sui terreni marini; rappresenta di fatto il corpo principale della conoide poiché per ampiezza e potenza supera largamente le unità sovrastanti.

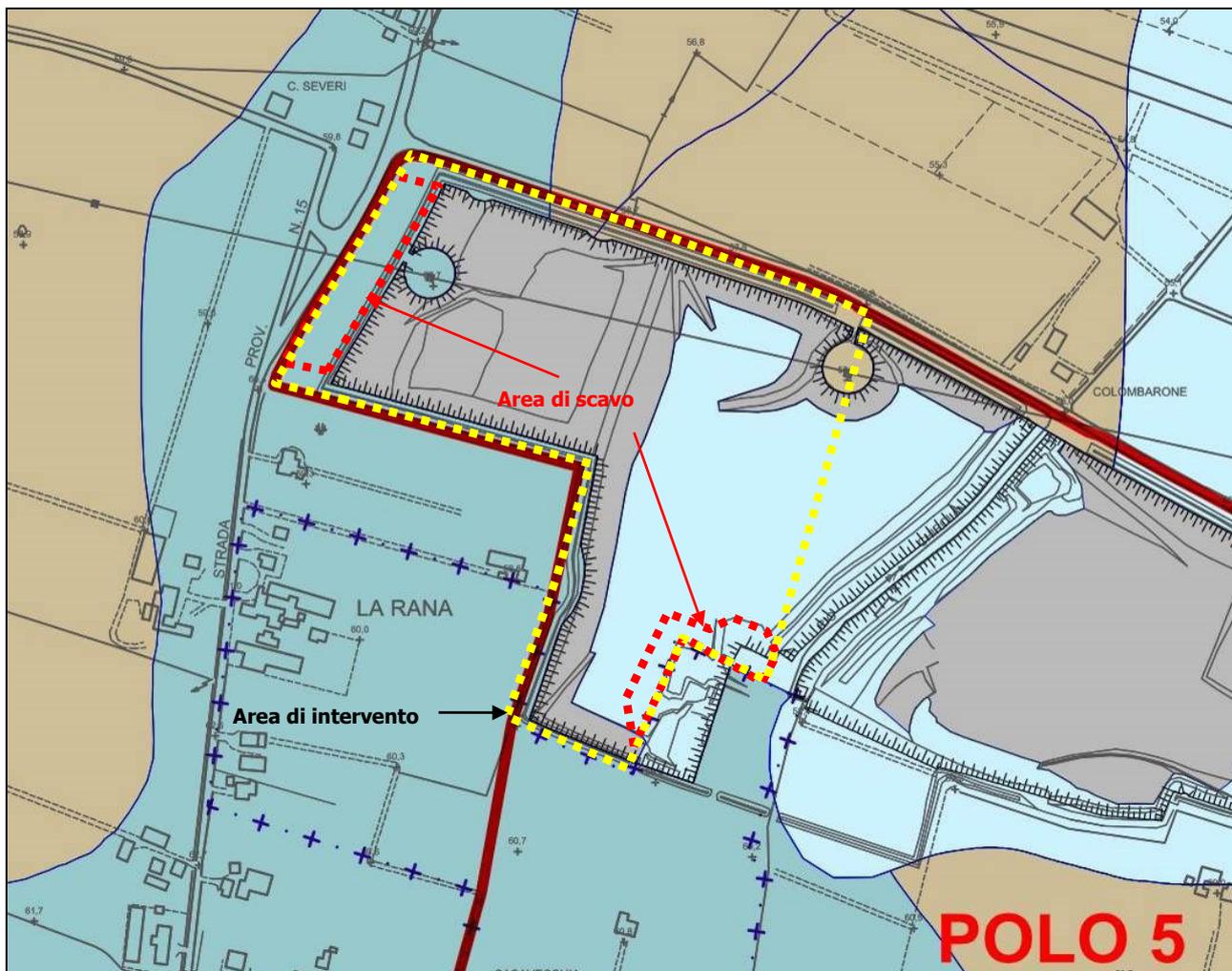
La parte apicale della conoide è costituita prevalentemente da banchi ghiaiosi separati da setti limo-argillosi, non molto potenti; queste ghiaie mostrano a luoghi una parziale cementazione, favorita dalla presenza di sabbie a volta impastate con limi e argille. Nella porzione mediano-distale la presenza di livelli ghiaiosi o limo-argillosi è pressoché coincidente. In corrispondenza della porzione occidentale i banchi ghiaiosi sepolti si trovano con formazione regolare e ampio sviluppo laterale; nella porzione orientale si presentano drasticamente meno potenti e con andamento irregolare, con tendenza ad assumere forma marcatamente più lenticolare.

#### *2.1.2.1 Litologia di superficie*

Con litologia di superficie si intende quella intrinseca del terreno posto alla profondità di circa 1 m dal piano campagna, senza considerare il terreno vegetale o agrario che si presenta in superficie. Contestualmente all'elaborazione del PC è stata redatta una carta della litologia di superficie (Figura 6), volta a fornire una distribuzione areale dei vari litotipi, senza considerare la potenza dei vari strati, che in base all'esperienza maturata non si presenta inferiore al metro.

L'evidente diversificazione dei materiali in sub-affioramento deriva prevalentemente da diversi episodi deposizionali ovvero diverse fasi dello stesso episodio. In questa carta è anche possibile evidenziare le porzioni di territorio in cui l'attività estrattiva è stata svolta e conclusa con la sistemazione morfologica tramite riporto di terreno sul fondo.

Dall'analisi della carta si evidenzia che i depositi più grossolani si trovano in adiacenza del corso d'acqua che l'ha generato, in relazione all'elevato potenziale di trasporto solido che lo contraddistingue negli eventi di piena; questi depositi generati per accrescimento verticale formano corpi allungati compenetrati ed interdigerati con i sedimenti più fini ubicati in adiacenza.



-  Limite Comunale
-  Limite Polo 5
-  Ghiaia e terreni prevalentemente ghiaiosi
-  Sabbie e terreni prevalentemente sabbiosi
-  Limi e terreni prevalentemente limosi
-  Argille e terreni prevalentemente argillosi
-  Terreni di riporto
-  Cave

Figura 6 - Estratto dalla Tavola 1.1.b PC - Carta della Litologia di Superficie

Questi depositi limosi e sabbiosi, pur avendo una distribuzione disomogenea e discontinua si presentano ampiamente diffusi nella quasi totalità del Polo 5. La loro distribuzione areale è conseguente alle fasi di esondazione e laminazione a bassa energia di trasporto. Affiorano prevalentemente nelle immediate vicinanze dei corsi d'acqua minori e nelle porzioni distali delle conoidi dei corsi principali.

Nell'area in oggetto le litologie superficiali corrispondono principalmente ad argille e limi così come per tutto il settore orientale del Polo 5; Tali depositi, presenti prevalentemente nelle depressioni topografiche hanno avuto origine in seguito all'esaurimento dell'energia di trasporto delle acque di esondazione. Il settore del Polo più orientale, nei pressi del Fiume Secchia è invece caratterizzato da litologie superficiali più grossolane quali sabbie.

Dal punto di vista giacimentologico, le ghiaie appartenenti al primo orizzonte sepolto, deposte durante l'Olocene, si presentano con pezzatura variabile, frapposte ad una matrice a granulometria fine, prevalentemente limo-sabbiosa o sabbiosa. Da un'analisi petrografica di dettaglio si è desunto che si tratta di ghiaie eterogenee, che riflettono la composizione dei terreni da cui derivano; infatti, sono composte da clasti calcarei, calcareo-marnosi ed arenacei, tipici delle formazioni presenti in Appennino.

I ciottoli presentano un grado di arrotondamento abbastanza buono, conseguenza diretta di alcuni parametri quali la distanza dal bacino di alimentazione, la tipologia de materiale trasportato e la dinamica deposizionale del banco. Questi fattori agiscono sulla granulometria generale dei frammenti, che presentano dimensioni variabili, con ciottoli medio piccoli dell'ordine del centimetro, fino a clasti di 10 cm e oltre di diametro.

Le ghiaie analizzate, prelevate da una delle prime cave attivate sul territorio, sono costituite prevalentemente da ciottoli calcarei, rappresentati da calcilutiti con percentuale variabile di contenuto carbonatico, e da ciottoli di calcari arenacei fini e finissimi, con grado di compattezza stimato minore rispetto ai calcari, da cui deriva un coefficiente di imbibizione maggiore. I calcari arenacei fini e le arenarie possiedono una leggera friabilità. All'interno del banco si ritrovano anche ciottoli di calcite secondaria (formatasi per discioglimento e rideposizione del carbonato di calcio all'interno delle fratture delle rocce), e ciottoli di origine magmatica, prevalentemente basaltica, proveniente da rocce ofiolitiche.

## **2.2 ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE**

### **2.2.1 IDROGRAFIA DI SUPERFICIE**

Il settore di pianura in esame è caratterizzato da una specifica rete drenante, rappresentata da corpi idrici naturali uniti ai corsi d'acqua artificiali, che scorrono prevalentemente seguendo l'andamento del terreno circostante con direzione prevalente da sud-ovest verso nord-est. Le aste di deflusso secondarie svolgono per lo più la funzione di canale di scolo, tuttavia si possono osservare anche corsi d'acqua ad uso irriguo o promiscuo.

Il corpo idrico principale è costituito dal Fiume Secchia, caratterizzato in questo tratto del suo tracciato da un andamento anastomizzato (braided), a differenza del settore settentrionale che a causa della diminuzione della sezione di flusso, ha un andamento più rettilineo e continuo. Il deflusso dei corsi d'acqua minori, individuati nella Fossa di Spezzano e nel Torrente Cerca che drenano questo tratto di pianura e che arrivano a sfociare nel Fiume Secchia, hanno un andamento verso nord-est, congruo con la vergenza della pianura circostante.

L'area in esame possiede buone caratteristiche di drenaggio, al quale contribuiscono una serie di canali artificiali e naturali a funzione scolante e irrigua. Nell'intorno del Polo 5, ove è inserita l'area in oggetto, si riconoscono diversi corsi d'acqua così identificati da ovest verso est:

- Canale di Marzaglia, che ha la propria derivazione sul Fiume Secchia in località Cantone, e scorre verso nord, costeggiando la S.P. 15 fino alla Via Emilia in adiacenza all'abitato di Marzaglia. Tale corso d'acqua, con funzione irrigua, costeggia il lato ovest dell'area di intervento per tutta la sua lunghezza, mantenendo una distanza da ciglio fosso a recinzione di circa 5 metri;
- Il Rio Ghirola, che prende origine a sud, nei pressi della località Colombarone e continua verso nord, con alveo di piccole dimensioni, in parte naturale ed in parte artificiale, fino allo sbocco nel Fiume Secchia a nord di Cittanova. In prossimità dell'ambito in esame il Rio entra all'interno della cava sviluppandosi, nella prima parte, a lato dell'argine di mitigazione, e nella restante parte prosegue su rilevato artificiale appositamente realizzato;
- Il Condotto Irriguo Pincetti che parte da Magreta e si divide in due rami, di cui uno prosegue costeggiando la S.P. 15 fino ad incontrare il Canale di Marzaglia in località Cantone, ed un altro più ad est che costeggia via Bassa e Via Poggi;

- La Fossa del Colombarone presenta un andamento rettilineo artefatto, fino all'intersezione con Via Pomposiana a nord del Polo 5, dove assume un andamento più naturale. La Fossa ha origine a sud del Polo 5, dal ramo destro del Condotto Pincetti, in corrispondenza di Via Gazzuoli, lo attraversa per circa 850 m e ne esce oltre Via Pederzona con potenzialità di deflusso molto aumentata, fino a sfociare nel Secchia a nord della Via Emilia;
- La Fossa dei Gazzuoli, con andamento SSE-NNO, che ha origine nei pressi della località Tabina, e sfocia nella Fossa del Colombarone presso Cittanova;
- Il Condotto Senada rappresenta l'ultimo corso d'acqua che si incontra nei pressi del Polo 5. Prende origine a sud del Polo dal Canale di Modena e costeggia via Corletto in tutta la sua lunghezza.

Questi corsi d'acqua drenano le acque del reticolo minore ad andamento prevalentemente trasversale, presentano sezione a "V" con profondità e lunghezza di 1 m, con esigue portate idriche dell'ordine dei 150/200 l/s.

Dal punto di vista della valutazione dello stato delle acque superficiali, è possibile far riferimento ai dati riportati dall'ultimo report ARPA delle acque superficiali della Provincia di Modena anno 2009 ed in particolar modo alla stazione di monitoraggio regionale presente sul Ponte di Rubiera (cod. stazione 01201400 – Figura 10) a nord dell'area di interesse e così caratterizzata:

Ponte di Rubiera	<b>01201400</b>	RR (B)	Risente dell'immissione dei torrenti Tresinaro e Fossa di Spezzano e della derivazione di monte, presentando soprattutto nel periodo estivo portate molto scarse.
------------------	-----------------	--------	---

Con riferimento alla stazione posizionata al Ponte di Rubiera, a valle del sito estrattivo, si riportano di seguito gli esiti delle valutazioni qualitative dei livelli di inquinamento e di stato ecologico ambientale registrate dal 2001 al 2009.

FIUME SECCHIA	Ponte di Rubiera	01201400	RR	B	Punti	200	240	165	200	140	280	160	220	160
					Livello	3	2	3	3	3	2	3	3	3

Figura 7 - Qualità delle acque superficiali: livelli di inquinamento da macrodescrittori (LIM)

FIUME SECCHIA	Ponte di Rubiera	01201400	RR	B	I.B.E.	n.d.	7	6/7	6/7	6/7	7	7/8	9/8	6/7
					C.Q.	n.d.	III	III	III	III	III	III	II	II

Figura 8 - Qualità delle acque superficiali: Indice Biotico Esteso (IBE)

FIUME SECCHIA	Ponte di Rubiera	01201400	RR	B	Classe	III*	III							
---------------	------------------	----------	----	---	--------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Figura 9 - Stato ecologico dei corsi d'acqua (SECA)

Com'è possibile notare dalla lettura incrociata dei valori riportati, la qualità del Fiume Secchia nel tronco di interesse si presenta generalmente sufficiente con oscillazioni verso il buono.

**LA QUALITA' DEL BACINO DEL FIUME SECCHIA**

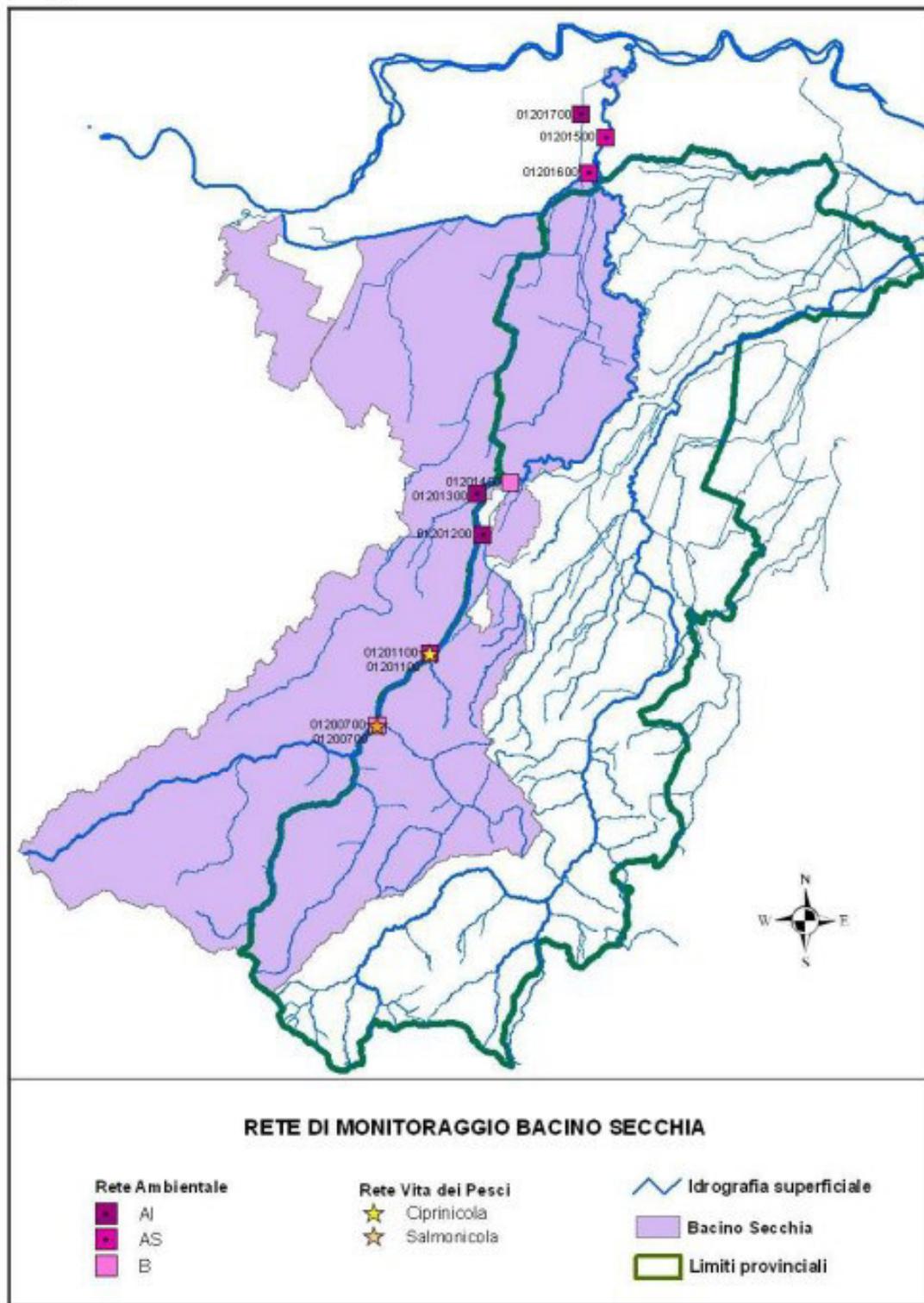


Figura 10 - Rete di Monitoraggio del Fiume Secchia (ARPA - RER)

## **2.2.2 CARATTERISTICHE DELLE ACQUE SOTTERRANEE**

L'alimentazione degli acquiferi profondi avviene principalmente per infiltrazione dalla superficie, laddove vi è affioramento di litologie permeabili o per infiltrazione di acque fluviali nei subalvei. Sono riscontrabili, anche se con meno frequenza, scambi di acque tra differenti livelli acquiferi, tra loro separati da orizzonti semipermeabili, per fenomeni di drenanza con le unità idrogeologiche confinanti.

A partire dal margine appenninico, l'acquifero principale è caratterizzato da un serbatoio monostrato a falda libera, fino a diventare compartimentato con falde in pressione procedendo verso nord.

In corrispondenza delle porzioni apicali delle conoidi, a causa della litologia e della conformazione dei depositi accumulati, si rilevano aree ad elevata vulnerabilità all'inquinamento; tuttavia, l'elevata capacità drenante dei terreni unitamente all'alimentazione dell'acquifero dalle acque superficiali, attenuano l'infiltrazione degli inquinanti, conferendo caratteristiche di buona qualità alle acque di falda; queste riflettono la composizione idrochimica delle acque che le alimentano.

La prima falda libera che si incontra nelle porzioni centrali delle conoidi spesso è separata da quelle sottostanti e dalla superficie attraverso orizzonti limo-argillosi. Questa marcata compartimentazione porta ad una palese differenziazione fra gli acquiferi profondi e quelli superficiali. Gli strati di separazione tra i vari compartimenti, gli acquitardi, nonostante possiedano potenze di oltre una ventina di metri, non riescono a garantire una totale protezione dall'inquinamento.

Questa situazione è aggravata dalla grande quantità di perforazioni per lo sfruttamento della risorsa, che mettono in interconnessione i vari compartimenti.

Nei pressi dell'area del Polo 5 in cui è sita l'area di intervento, nonostante la superficie sia gravata da numerose fonti di pericolo a causa dell'elevata pressione antropica, vi sono localizzati i maggiori e strategici prelievi di acque sotterranee dell'intera provincia; questa scelta è dettata sia dall'elevato spessore degli acquiferi, sia dalla loro naturale protezione.

Gli acquiferi costituenti le conoidi minori sono di modesta entità e, a seguito della limitata circolazione idrica unita alla dispersione di inquinanti data dall'elevata pressione antropica, presentano qualità delle acque molto più scadenti.

A nord della via Emilia gli acquiferi si fanno molto più profondi e poco alimentati dalla superficie topografica, a causa dell'elevata estensione del litotipi più impermeabili. Il mancato ricircolo conferisce alle acque sotterranee un potenziale di ossidoriduzione negativo che comporta la conversione delle forme ossidate in forme ridotte; ne deriva una marcata mancanza di Solfati e Nitrati. Inoltre si riscontrano processi di dissoluzione e di assorbimento con significative mobilizzazioni delle forme del Ferro e Manganese allo stato ridotto.

Dal punto di vista idrochimico, queste acque profonde presentano un alto contenuto di materiale organico, ed altri ioni derivati dalla matrice argillosa, tra cui il Fluoro, il Boro, lo Zinco e l'Arsenico.

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE				ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE		
AFFIORANTI		SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO	
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUMI, ALLUVIUMI, TERRAZZI E ALLUVIONI	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	SUPER SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' DI BORGO PANIGALE	A	A1
								A2
	A3							
	A4							
QUATERNARIO MARINO	DILUVIUM p.p.	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	SUPER SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	B	B1
								B2
	B3							
	B4							
QUATERNARIO MARINO	MILAZZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	SUPER SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	C	C1
	MILAZZIANO e CALABRIANO p.p SABBIE di CASTELVETRO p.p SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.							C2
	CALABRIANO p.p SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.	C3						
	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	C4						
	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPER SISTEMA DEL PLOCIENE MEDIO-SUPERIORE					PLIOCENE MEDIO SUPERIORE
				~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE			
				~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO			
				~0.65				
				~0.8	0.89			
				~1.0	PLEISTOCENE INFERIORE			
				~2.2	1.72			
				~3.3-3.6	PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE			
				~3.9	3.55			
					PLIOCENE INFERIORE MIOCENE			
						ACQUITARDO BASALE		

Figura 11 - Schema stratigrafico del margine appenninico e della pianura emiliano romagnola

Gli acquiferi che caratterizzano la bassa pianura sono prevalentemente costituiti da falde in depositi sabbiosi e ghiaiosi appartenenti alla facies deposizionale del Fiume Po. In corrispondenza della risalita della "Dorsale Ferrarese", il substrato marino pre-pleistocenico è a soli 80 metri dal piano campagna, condizionando la facies delle acque sotterranee per la risalita delle acque salate marine.

Si riscontra pertanto un'interfaccia tra le acque salate sul fondo, accanto alle acque dolci di alimentazione dal Fiume Po, tali da sfavorire la ricerca e lo sfruttamento della risorsa; è infatti tipico l'utilizzo delle acque derivanti dalle falde freatiche sospese, che risultano essere completamente separate dall'acquifero profondo ma che manifestano gradi di qualità scadenti.

Gli studi eseguiti dall'Ufficio Geologico Regionale hanno permesso l'identificazione di tre Gruppi Acquiferi ad estensione regionale, denominati A, B e C, separati da un sistema di barriere di permeabilità (Figura 11).

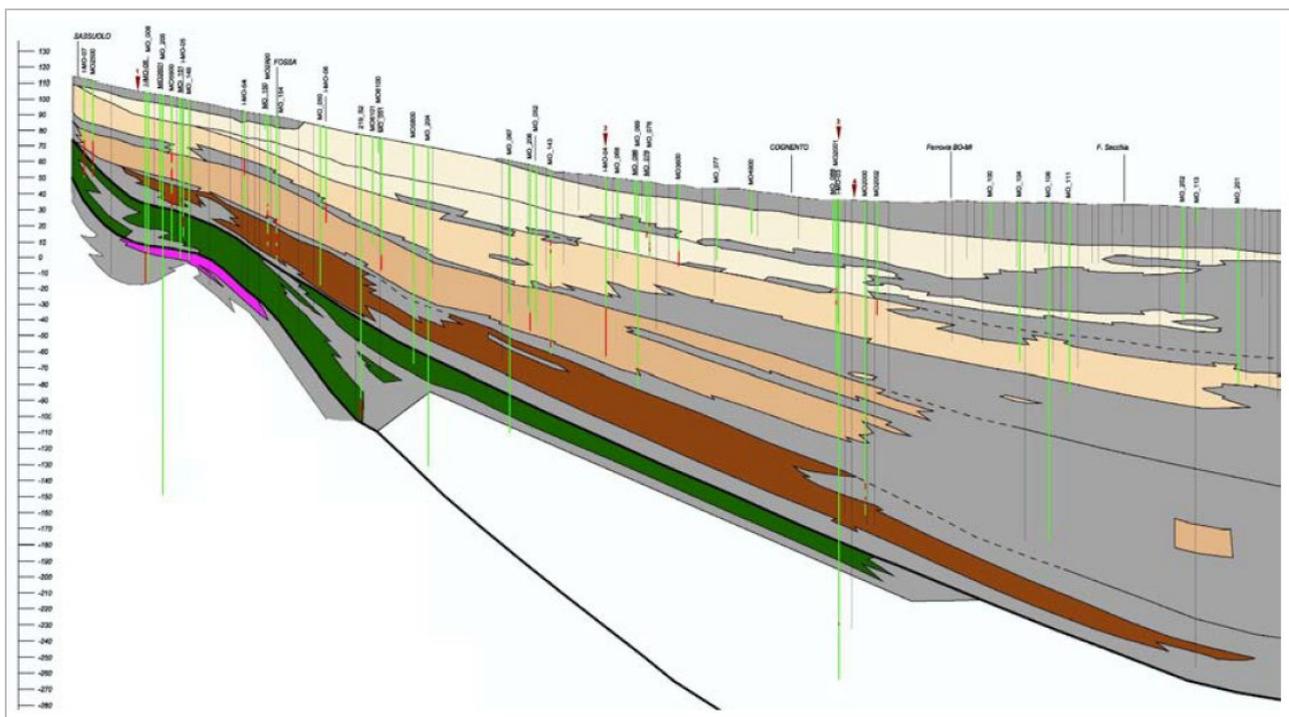
Al loro interno ogni gruppo è suddiviso in unità idrostratigrafiche, per un totale di tredici unità idrostratigrafiche inferiori, denominate complessi acquiferi. La distinzione tra gruppo acquifero e complesso acquifero deriva dal differente volume immagazzinato (maggiore nei gruppi), oltre che dallo spessore e dalla continuità areale dei livelli impermeabili delle diverse unità.

L'acquitarzo alla base dei gruppi rappresenta l'insieme delle unità impermeabili che costituiscono una barriera alla circolazione idrica sotterranea, e che si estendono al di sotto della Pianura Padana emergendo lungo il margine appenninico; nel settore in esame questa funzione è svolta dalle Argille Azzurre.

Il primo acquifero superficiale, il gruppo A, è caratterizzato dal maggiore volume di strati poroso-permeabili, di cui si stimano 60 km<sup>3</sup> sui 130 km<sup>3</sup>. Nell'area di indagine, l'interfaccia con il gruppo sottostante varia tra circa 0 m s.l.m. a sud a oltre -100 m s.l.m. a nord. Le aree di ricarica degli acquiferi nella Provincia di Modena sono contenute e limitate alle conoidi dei Fiumi Secchia e Panaro.

L'area del Polo 5, dal punto di vista idrogeologico, appartiene alla conoide del Fiume Secchia, ed è caratterizzata da terreni con alto grado di permeabilità, costituiti da ghiaie e sabbie con straterelli discontinui ed intercalazioni limo-argillose e limo-sabbiose (Figura 12).

Ne risulta un acquifero monostrato con alti valori di trasmissività, differenziabile solo localmente. Come precedentemente detto, l'alimentazione avviene principalmente per infiltrazione in alveo a partire da Sassuolo, anche se a monte di questa località appare evidente che il letto del Fiume Secchia ha eroso completamente le alluvioni depositate facendo affiorare il substrato marino; in secondo luogo l'infiltrazione avviene dal sottosuolo e per apporti da parte del fronte freatico collinare. Tali caratteristiche sono confermate anche dall'analisi chimica delle acque presenti, poiché sono omologhe alle acque fluviali.



*Figura 12 – Sezione Idrogeologica del Fiume Secchia*

L'analisi delle acque ha permesso di fare correlazioni tra il chimismo delle acque fluviali e delle acque sotterranee da cui risulta che, in sinistra idrografica, la falda ottiene la maggiore infiltrazione di subalveo nella stagione autunnale, mentre in destra si ha alimentazione della falda durante tutto l'arco dell'anno.

La falda comincia a cambiare carattere procedendo verso nord, dove i potenti livelli di depositi fini a bassa e bassissima permeabilità compartimentano l'acquifero, e favoriscono una graduale entrata in pressione. Nell'area in esame, il primo rilevante livello impermeabile è collocato ad una profondità compresa tra 35 e 50 m. Si presenta discretamente continuo, a litologia argilloso-limoso, ed a luoghi delimita l'acquifero freatico superficiale.

Per la caratterizzazione idrogeologica dell'area in esame sono state redatte due carte contestualmente alla redazione del PC, che fanno riferimento allo stato rilevato nel dicembre 2011. Il censimento dei pozzi ha comportato il rilevamento di circa 62 pozzi distribuiti nell'area compresa tra Magreta e Marzaglia ed ovest e tra Baggiovara e Cittanova nord a est, molti dei quali già inseriti all'interno della rete di monitoraggio dell'attività estrattiva all'intero del Polo 5. Le caratteristiche di questi pozzi/piezometri sono tali da soddisfare i requisiti richiesti dal PAE ed in particolare risultano misurabili, campionabili, e significativi (le caratteristiche delle acque nel pozzo rappresentano con sufficiente approssimazione quelle dell'acquifero sotteso).

I dati acquisiti riguardo al livello piezometrico, hanno fornito informazioni sull'andamento generale della falda, infatti, come si può notare dalla Figura 13, i livelli misurati differiscono di poche unità e permettono di ricostruire l'andamento del flusso.

Questo deriva principalmente dalle caratteristiche intrinseche dell'acquifero, che si presenta come monostrato e compartimentato, i livelli limo-argillosi semipermeabili presenti permettono l'instaurarsi di fenomeni di drenanza verticale e laterale.

Sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche e dalle indicazioni della carta della piezometria è possibile suddividere questa porzione di territorio in due settori: il primo che coinvolge le porzioni occidentali del Polo 5, presenta una falda libera che sfrutta in prevalenza gli apporti diretti da infiltrazione superficiale e da infiltrazione di subalveo dall'adiacente Fiume Secchia; il secondo settore che coinvolge l'angolo nord-est del Polo 5 e la restante porzione di territorio, è caratterizzato da un progressivo aumento della porzione fine dei sedimenti con conseguente passaggio da falda libera a falda confinata e/o semiconfinata.

In termini generali la carta della piezometria riportata in Figura 13, mette in luce le seguenti caratteristiche del flusso idrico sotterraneo: la direzione del flusso risulta essere prevalentemente verso nord-est con quote comprese tra 44 m s.l.m. a sud di Magreta e 35 m s.l.m. a nord-est del Polo 5.

Nell'area in esame la piezometria si attesta tra circa 41,5 per le aree di nuovo scavo poste ad ovest e circa 39,5 m s.l.m. nelle aree di nuovo scavo localizzate ad est.

Da questa carta è possibile anche avere un'indicazione del gradiente idraulico della falda, definito come la perdita di carico idraulico per unità di lunghezza, ossia della pendenza che assume il pelo libero della falda nel suo flusso all'interno dei depositi.

I calcoli effettuati sulla distanza delle isopieze indicano valori estremamente variabili procedendo da ovest verso est. Nel settore di pianura in destra idrografica del Fiume Secchia e fino all'isopiezometrica di quota 38 m s.l.m., che corrisponde alla fascia disperdente del fiume, il gradiente idraulico è compreso tra 0.35÷0.15%, ad est di tale area è presente un rapido abbassamento del gradiente idraulico per arrivare a valori inferiori o uguali allo 0.1%.

Alla quota di circa 38 m s.l.m. corrisponde il passaggio tra la falda libera e la falda confinata o semiconfinata.

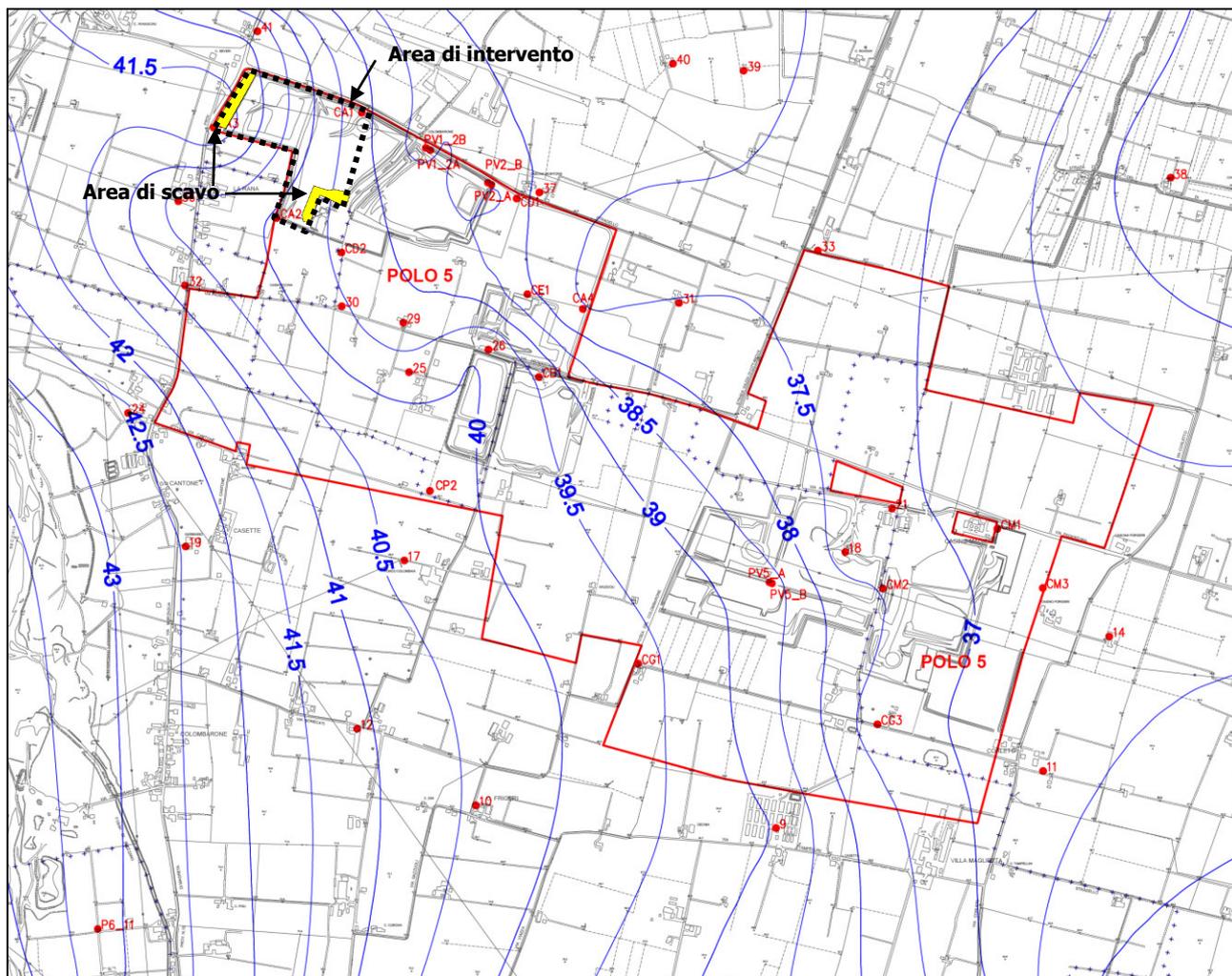


Figura 13 - Estratto dalla Tavola T-1.1.f Piezometria del PC – dati di dicembre 2011

Per quanto riguarda la soggiacenza, l'indicazione che deriva dalla carta redatta con il PC e di cui si riporta uno stralcio in Figura 14 è che rispetto alla topografia la falda prograda regolarmente da sud verso nord con profondità variabili tra 37 m in corrispondenza di Magreta e 9 metri in corrispondenza del sottopassaggio di Strada Pomposiana sotto la Ferrovia Milano-Bologna.

Le profondità fanno riferimento al piano campagna originario, al fine di avere un'indicazione precisa dell'andamento della falda e scongiurare l'interferenza dell'attività estrattiva con essa ai sensi delle Norme Tecniche PAE.

Nell'area del Polo 5, l'andamento generalizzato è abbastanza omogeneo, disturbato solo localmente da risalite dovute a prelievi consistenti. Il minimo che si riscontra entro il perimetro di Polo corrisponde a soggiacenza di -15 m da p.c..

Ipotizzando quindi il massimo sfruttamento consentito, che corrisponde ad una profondità di scavo di 12 m risulta mantenuto un franco compreso tra 13 m nel punto massimo a sud-ovest del polo e 3 m nel punto minimo.

Tali valori si presentano maggiori del limite imposto nelle norme PIAE/PAE, secondo le quali deve sempre essere mantenuto un franco di almeno 1.5 m. Nello specifico dell'area in esame la falda si attesta a profondità comprese tra 19 e 17 m dal piano campagna originario.

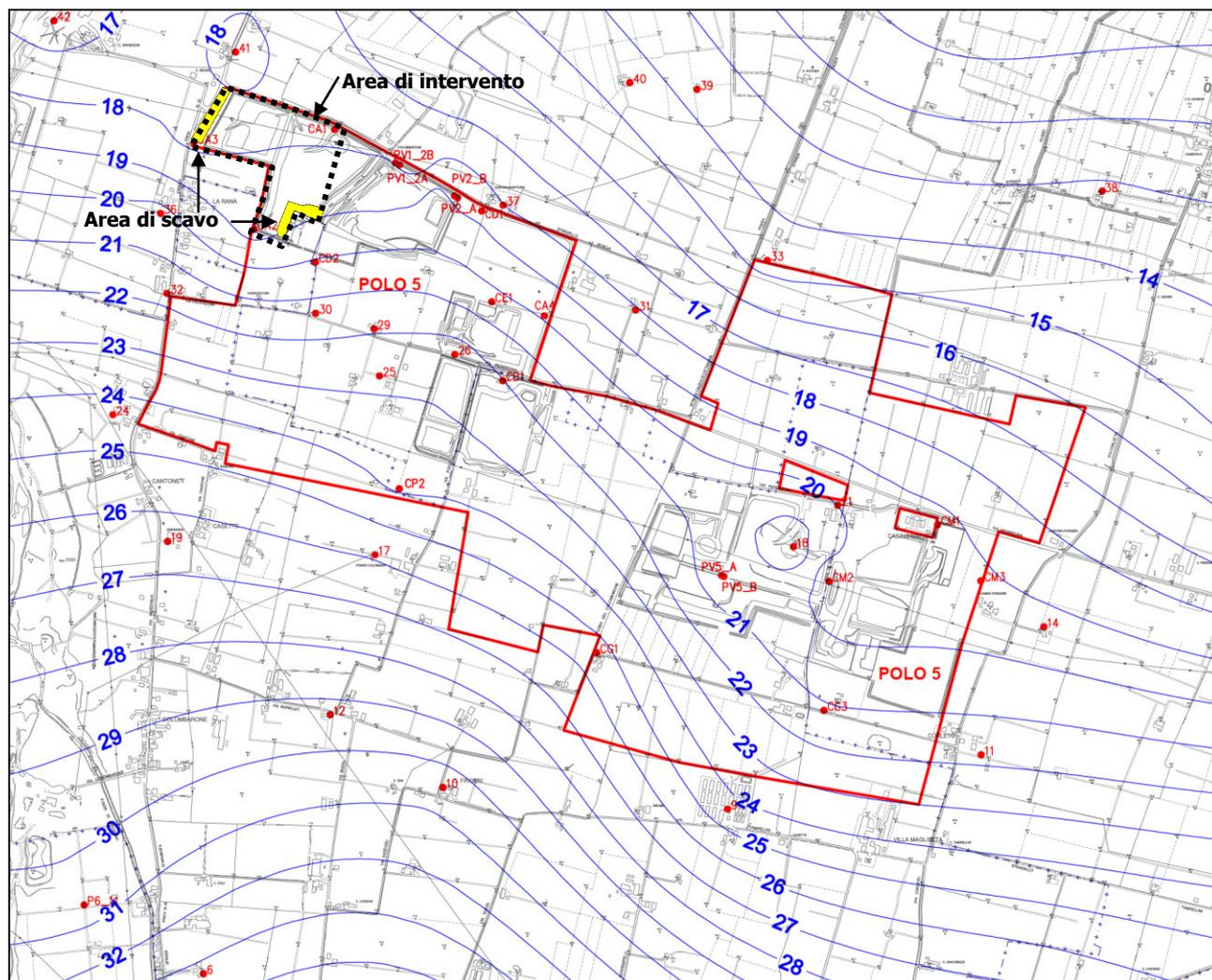


Figura 14 - Estratto dalla tavola T-1.1.g Soggiacenza del PC – dati di dicembre 2011

Sulla base dei dati finora esposti, e considerando che i livelli rilevati coincidono con i livelli di morbida della falda si può concludere che la superficie della falda si trova ad una profondità tale da escludere qualsiasi interferenza idraulica diretta con l'area di cava.

Si fa comunque notare che il livello piezometrico negli ultimi anni ha subito alcune oscillazioni di livello, senza mai andare ad interferire con l'attività estrattiva e senza nemmeno interessare il franco necessario per la salvaguardia della falda.

Dal punto di vista idraulico siamo in presenza di un acquifero permeato da una falda freatica, che possiede alti valori di trasmissività ( $1.0 \div 9.2 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ) e alti valori di permeabilità ( $2.2 \times 10^{-4} \div 3.1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ ).

La conoscenza approfondita del grado di vulnerabilità di un territorio ad un determinato fattore ci fornisce utili indicazioni per stabilire il grado di saturazione di un determinato ambito territoriale con l'obiettivo di poter valutare la sua attitudine ad accogliere nuovi insediamenti produttivi e nuove attività antropiche, che nel nostro specifico si traduce in attività estrattiva esistente ed in progetto, nonché sulla capacità del sistema di accogliere impianti di lavorazione e trasformazione degli inerti.

Nel nostro caso, la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero si trova in relazione ad un insieme di fattori naturali, tra cui prevalentemente la struttura del sistema idrogeologico, ma anche la natura dei suoli di copertura, i processi di ricarica, il tempo di transito dell'acqua attraverso l'acquifero insaturo, la dinamica di deflusso sotterraneo, i processi attenuanti del fattore inquinante, la concentrazione in entrata ed in uscita, ecc..

In questo senso la carta della vulnerabilità deriva dalla sovrapposizione e diversa considerazione di diversi elementi, quali la geologia, la litologia, e la pedologia dei terreni affioranti, la profondità del primo livello grossolano a permeabilità significativa (ghiaie e sabbie), la saturazione presente o mancata, la tipologia della falda (confinata o libera con soggiacenza  $< 0 >$  di 10 metri dal p.c.).

Contestualmente al PC è stata redatta una carta di "Vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale" (Figura 15) che deriva dalle carte di bibliografia ed è stata aggiornata puntualmente con l'evoluzione recente dei territori all'interno del Polo 5.

L'acquifero che caratterizza l'area di studio presenta valori di permeabilità e trasmissività relativamente elevati, in modo tale da permettere una veloce diffusione di potenziali inquinanti. Gli acquiferi profondi risultano scarsamente protetti e quindi elevatamente vulnerabili agli inquinanti di provenienza superficiale, se si prende anche in considerazione la buona permeabilità dei terreni superficiali, in particolar modo nelle aree in cui sono presenti ghiaie e sabbie affioranti. Per contro, proprio per queste caratteristiche intrinseche l'acquifero dimostra di possedere alte capacità diluenti, con effetto di autodepurazione.

La vulnerabilità si presenta molto alta in tutti i terreni della conoide alluvionale del F. Secchia, in particolare all'apice della stessa, in corrispondenza dei tratti fluviali disperdenti, e laddove si hanno paleoalvei sepolti in relazione con modesti acquiferi sospesi alimentati da infiltrazioni locali.

Allontanandosi dal F. Secchia in direzione est, in relazione a presenza di litologia superficiale a granulometria più fine (argille e limi) tale da garantire un maggior grado di protezione alla dispersione potenziale di inquinanti, il grado di vulnerabilità si riduce a valori più bassi.

All'interno dell'area di intervento la vulnerabilità dell'acquifero oscilla tra la "vulnerabilità media" ed "estremamente elevata", in dettaglio le aree oggetto di nuovo scavo ricadono rispettivamente nelle Zone a vulnerabilità elevata (lotto ovest), e vulnerabilità estremamente elevata (lotto est) poiché in continuità con aree di fondo cava non ritombate.

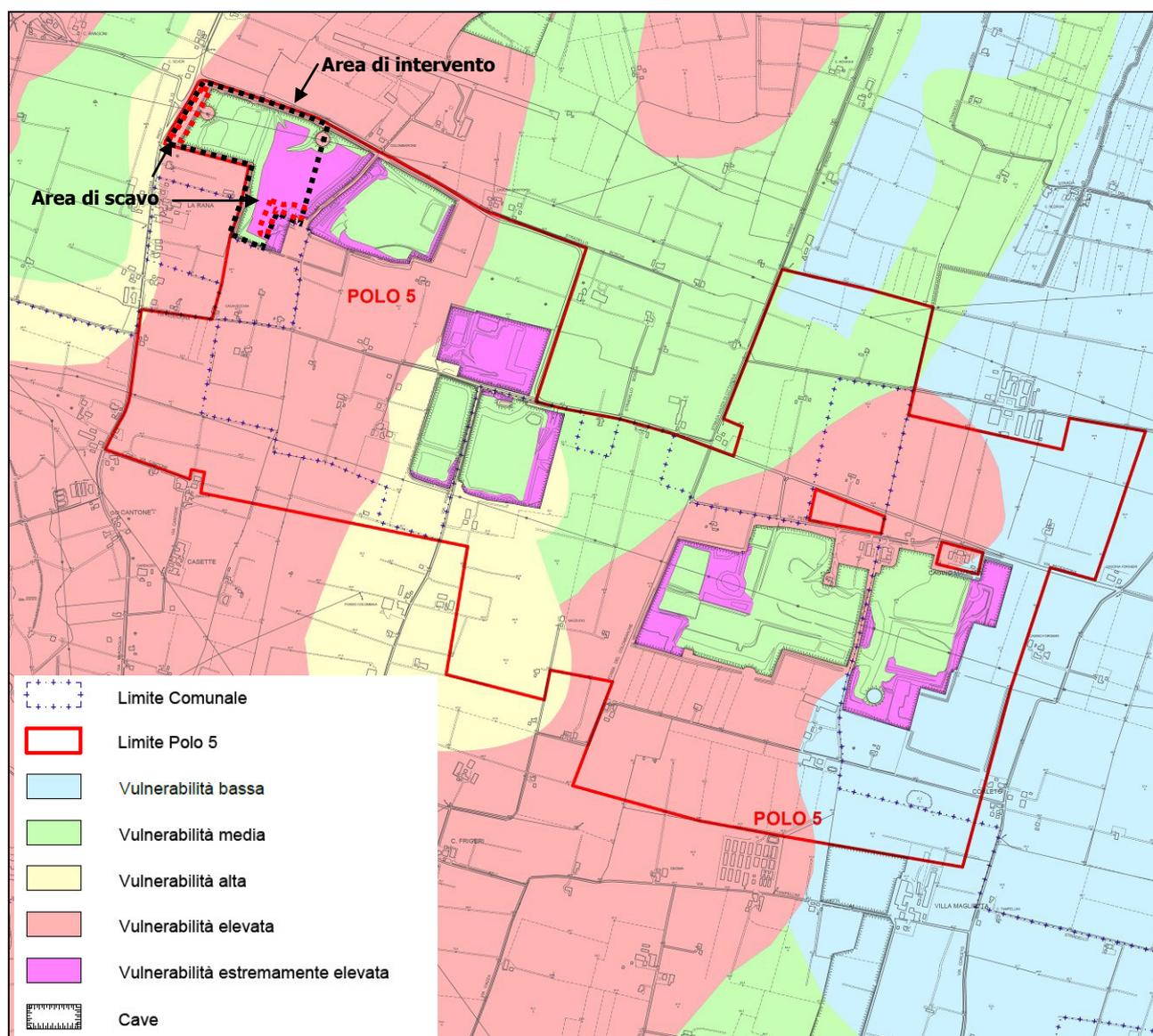


Figura 15 - Estratto della Carta 1.1.h Vulnerabilità dell'acquifero del PC

La metodologia utilizzata per la valutazione dell'idrochimica delle acque di falda prevede l'analisi della distribuzione areale dei vari componenti e delle sostanze inquinanti di origine antropica, che influiscono negativamente sulla qualità dell'acquifero.

Le sostanze disperse sul suolo, si mobilitano attraverso lo strato non saturo, con un comportamento estremamente complesso, in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche dello stesso, ed anche della forma chimica in cui si trova l'inquinante. Ogni componente è veicolato dal flusso idrico verticale di infiltrazione, in maniera differente a seconda della propria miscibilità. I fenomeni di diluizione ed emulsione, adsorbimento e degradazione modificano la struttura molecolare e la concentrazione degli inquinanti durante il trasporto, il cui movimento è agevolato dalle abbondanti precipitazioni e dalle escursioni del livello della falda. Quando raggiunge il livello saturo ed entra in falda, il componente subisce ulteriori modificazioni per effetto delle interazioni con il fluido.

Vengono riportate di seguito le rappresentazioni grafiche di ARPA Modena costruite riportando i valori misurati dei singoli parametri nei pozzi della rete di monitoraggio, tutti riferiti come valori medi calcolati sulle misure del 2011, da cui si può schematicamente dedurre:

- **Conducibilità elettrica:** questo parametro fornisce una stima del contenuto di sali disciolti nelle acque (Figura 16) nell'area in esame i valori di conducibilità si attestano su valori mediamente alti compresi tra 1100 e 1200 microS/cm, fortemente influenzati dal Fiume Secchia;
- **Solfati e Cloruri:** questi elementi, che si mostrano con andamenti analoghi, sono direttamente correlabili al chimismo delle acque fluviali di alimentazione; per quanto riguarda lo ione solfato, nell'area in esame troviamo concentrazioni media comprese tra 160 e 180 mg/l (Figura 16), mentre per lo ione cloruro troviamo concentrazioni comprese tra 120 e 140 mg/l (Figura 17). Questi ioni disciolti derivano propriamente dal transito delle acque all'interno dei suddetti Gessi Triassici;
- **Nitrati:** la presenza di questo parametro all'interno dell'acquifero deriva principalmente dall'attività agricola e zootecnica, nonché da processi depurativi senza denitrificazione e da accidentali malfunzionamenti del sistema fognario generale. L'apporto di composti azotati al suolo ha portato a rilevare concentrazioni superiori ai 50 mg/l (Figura 17) su tutta la porzione di pianura, a sud dell'abitato di Modena. La diluizione dell'inquinante grazie all'infiltrazione di acque dai corpi idrici superficiali, lenisce in parte l'impatto di questo fattore sulla risorsa. I Nitrati rimangono i principali responsabili dello scadimento qualitativo delle acque sotterranee del territorio modenese.

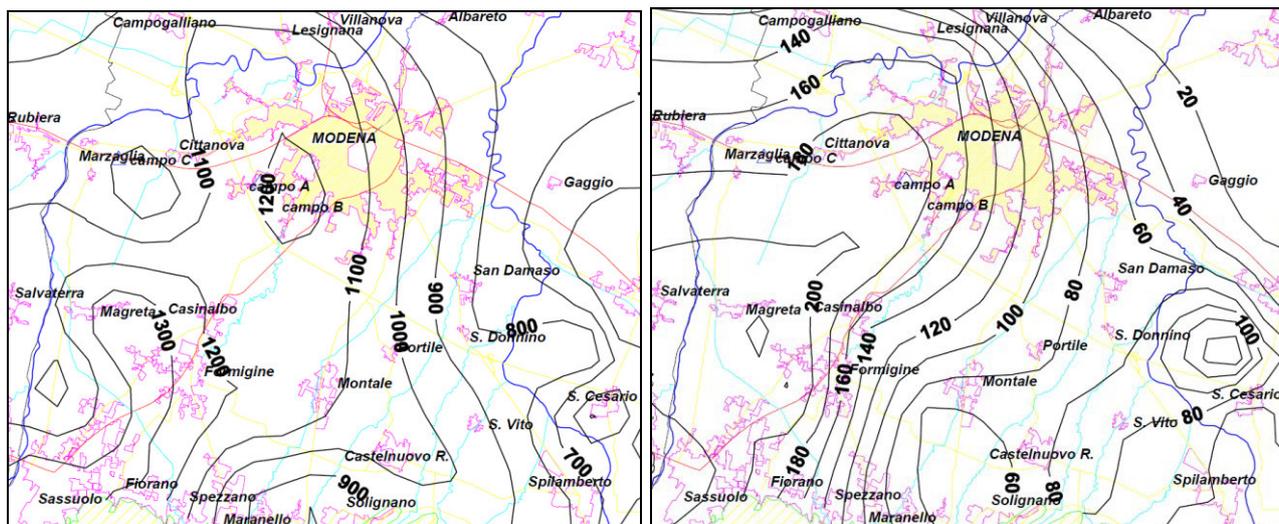


Figura 16 – A sx: Conduttività ( $\mu\text{S/cm}$ ) media anno 2011 – a dx: Solfati ( $\text{mg/l}$ ) media anno 2011

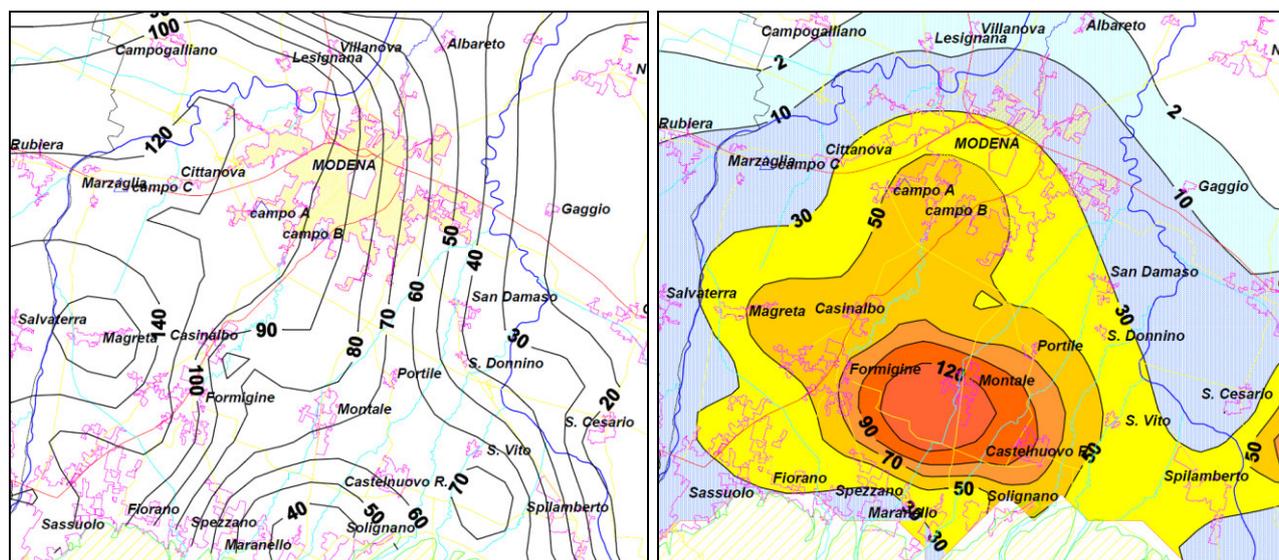


Figura 17 - A sx: Cloruri ( $\text{mg/l}$ ) media anno 2011 – a dx: Nitrati ( $\text{mg/l}$ ) media anno 2011

## 2.3 QUALITA' DELL'ARIA

L'immissione in atmosfera dei contaminanti costituisce la premessa necessaria per il generarsi degli episodi di inquinamento, ma la modalità con cui essi si manifestano è direttamente controllata dalle condizioni meteorologiche, in grado di influenzare la dispersione esaltandone o attenuandone gli effetti locali. Pertanto, al fine di fotografare lo stato di fatto ambientale della matrice aria nell'area di intervento, si riportano di seguito:

- la descrizione delle condizioni meteorologiche nel territorio interessato, informazioni necessarie anche per la definizione degli impatti previsti generati dal progetto;

- la caratterizzazione della situazione attuale in riferimento all'inquinamento atmosferico locale, costituente la cosiddetta alternativa zero al progetto in esame.

L'impatto indotto sulla componente atmosfera interesserà principalmente i recettori R1, R2 ed R3 posti immediatamente ad ovest e sud-ovest del perimetro di intervento.

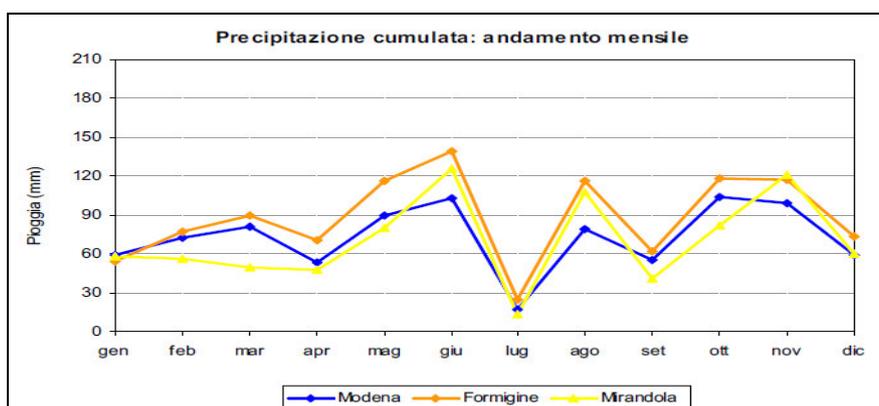
### **2.3.1 CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA**

Il clima che caratterizza la pianura modenese è di stampo tipicamente continentale, con scarsa circolazione aerea e frequenti calme di vento, che danno luogo alla formazione di nebbie, più frequentemente nella stagione fredda; gli inverni sono rigidi e le estati calde e afose; i venti dominanti seguono la direttrice est-ovest.

Facendo riferimento, se non diversamente specificato, ai dati meteorologici registrati nell'anno 2011 da Arpa Servizio IdroMeteoClima nelle stazioni meteo più vicine al Polo n. 5, si riporta di seguito una breve disamina dei principali parametri meteoroclimatici della zona.

#### **PLUVIOMETRIA**

I dati pluviometrici registrati nell'anno 2010 nelle stazioni ARPA di Formigine e Modena, prossime e rappresentative del sito estrattivo in oggetto, e desunti dal report ARPA per l'anno 2010, hanno consentito la ricostruzione dell'andamento mensile delle precipitazioni cumulate: le piogge risultano distribuite durante l'anno, con picchi massimi rilevati nel periodo autunnale e primaverile e minimo nel mese di luglio.



*Figura 18 - Andamento temporale della precipitazione cumulata media mensile - Anno 2010*

#### **TERMOMETRIA**

Una classificazione climatica a base termica definisce il clima di Modena come temperato-freddo. La temperatura media annuale è compresa fra 15°C e 16°C.

Nell'anno 2011, come si evince dal grafico riportato in Figura 19, la temperatura media mensile massima è stata registrata in agosto (25,2°C), la minima in gennaio (2,1°C).

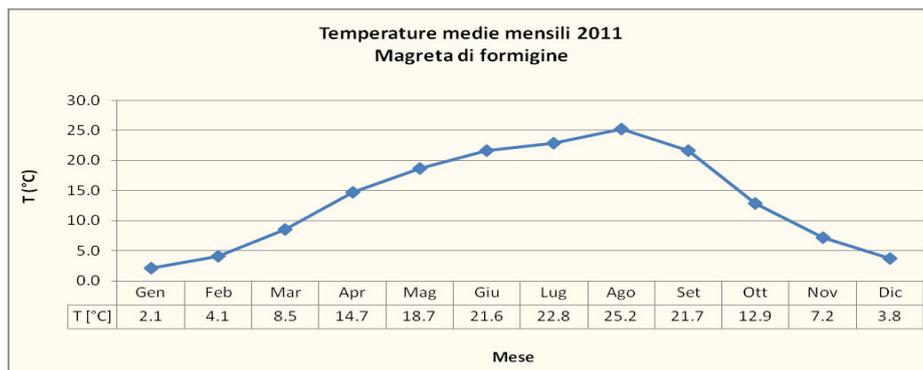


Figura 19 - Andamento temporale delle temperature medie mensili - Anno 2011 – Dati misurati a 10 m ed elaborati dal preprocessore CALMET

**ANEMOMETRIA**

La misura del vento al suolo, che costituisce uno dei principali motori di trasporto degli inquinanti, rappresenta sempre un valor medio su un determinato intervallo di tempo in quanto il moto dell'aria nello strato ad immediato contatto con la superficie terrestre, è di tipo turbolento.

Il regime dei venti inoltre varia nell'arco della giornata ed in funzione della stagione; la ventilazione è maggiore nel periodo di maggior insolazione, quindi durante il giorno e nelle stagioni primaverile ed estiva.

La vicinanza del sito estrattivo con il Fiume Secchia influisce sui regimi di brezza giornalieri.

In Figura 21 è riportata la rosa dei venti ricostruita per l'anno 2011 a Magreta di Formigine, riferita ai valori orari di intensità e direzione del vento alla quota di 10 m forniti dal preprocessore meteo CALMET. Si tratta di un grafico polare in grado di rappresentare la direzione di provenienza dei venti; per ciascuna direzione i bracci sono colorati con bande corrispondenti alle classi di velocità del vento, mentre la loro lunghezza varia in funzione della frequenza dei venti stessi.

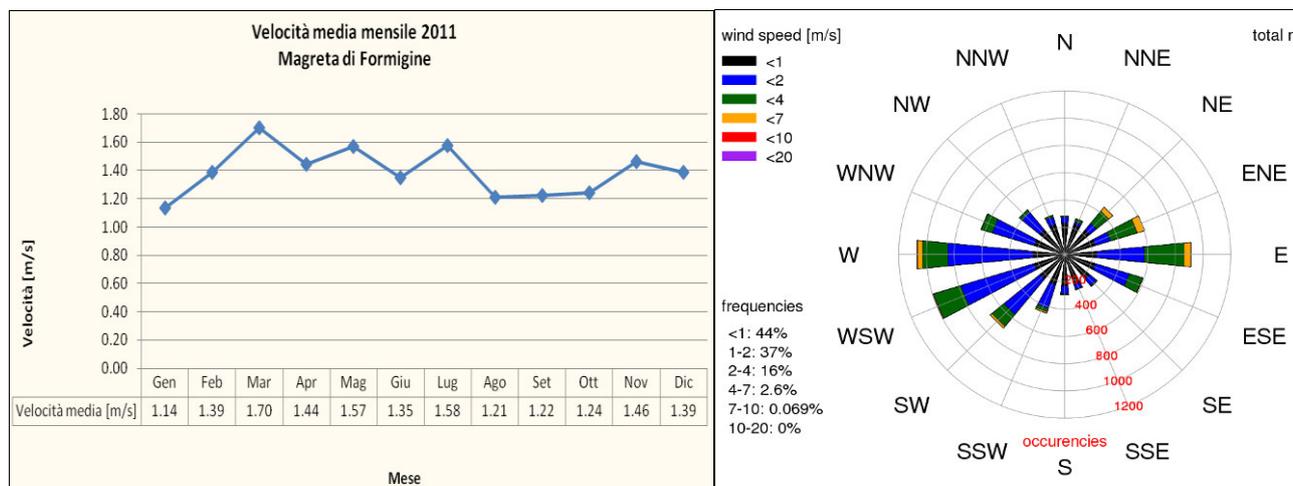


Figura 20 (a sx) - Andamento temporale della velocità media mensile (m/s) – Anno 2011

Figura 21 (a dx) - Rosa dei venti - Dati misurati a 10 m ed elaborati dal preprocessore CALMET - Anno 2011

Come si osserva nelle seguenti figure riferite al 2011, il vento, caratterizzato nell'81% dei casi da intensità inferiore ai 2 m/s (Figura 20), ha spirato prevalentemente in direzione W-E e WSW-E (Figura 21); si evidenzia che tali direzioni sono ipoteticamente quelle lungo le quali ci si attende la maggiore dispersione degli inquinanti.

### 2.3.2 INQUADRAMENTO DELLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA LOCALE

La Provincia di Modena, con delibera n. 23 del 11/02/2004, ha suddiviso il territorio provinciale in due zone "omogenee" in base allo stato della qualità dell'aria, al rischio di superamento dei relativi valori limite e soglie d'allarme e alle procedure di intervento da prevedersi al fine del suo miglioramento (Figura 22):

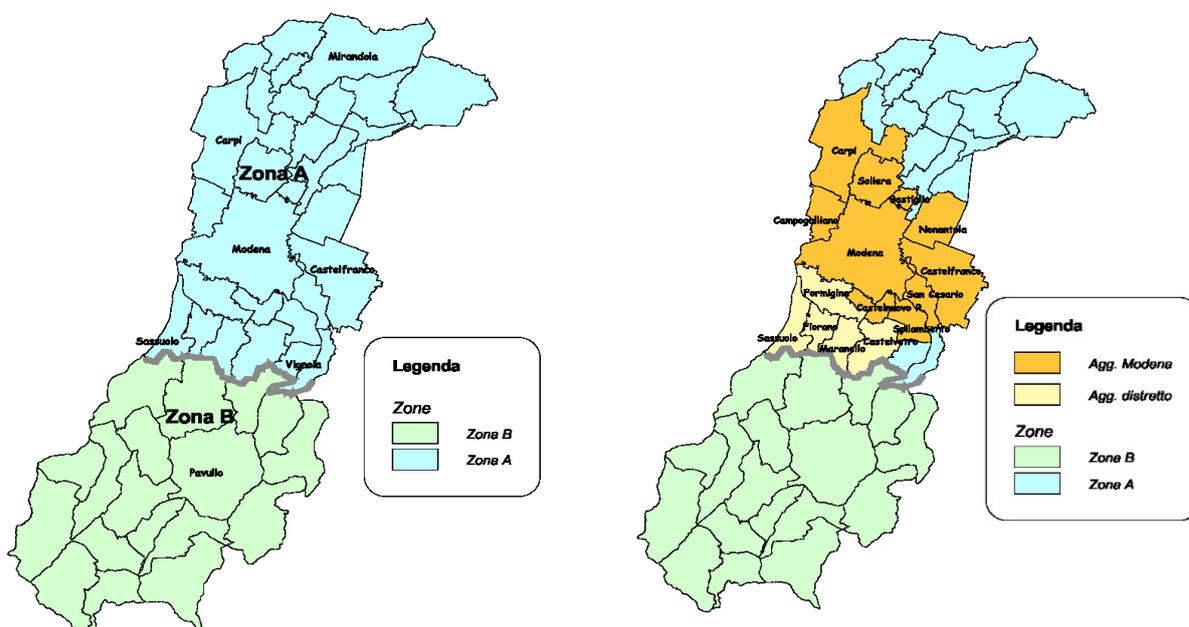


Figura 22 – Zonizzazione provinciale - Delibera n. 23 del 11/02/2004

- Zona A: territorio dove esiste il rischio di superamento del valore limite e/o delle soglie di allarme. In queste zone occorre predisporre piani e programmi a lungo termine;
- Zona B: territorio dove i valori della qualità dell'aria sono inferiori al valore limite. In questo caso è necessario adottare piani di mantenimento.

All'interno della Zona A sono poi individuate due aree in cui il rischio di superamento, in funzione del grado di antropizzazione ed industrializzazione presente, è più elevato: l'"agglomerato di Modena" (I) e l'"agglomerato di Distretto" (II).

Il Comune di Modena ricade in Zona A e all'interno dell'agglomerato di Modena.

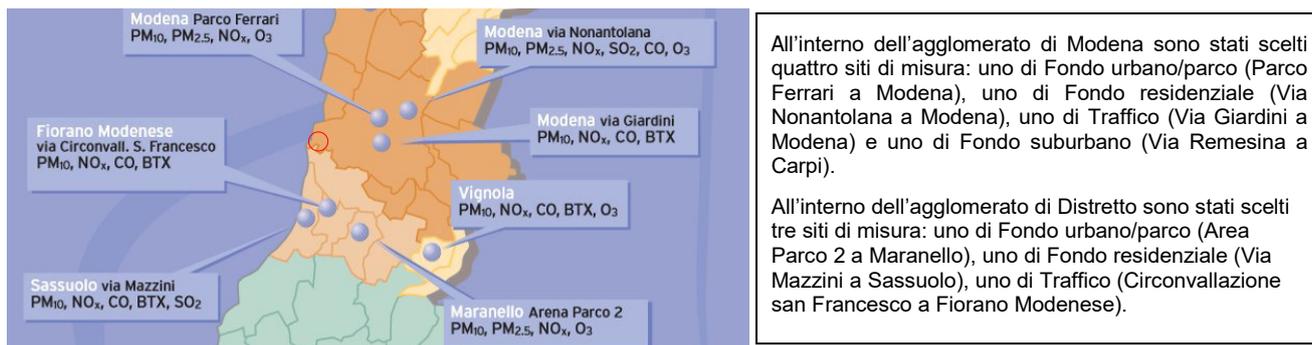


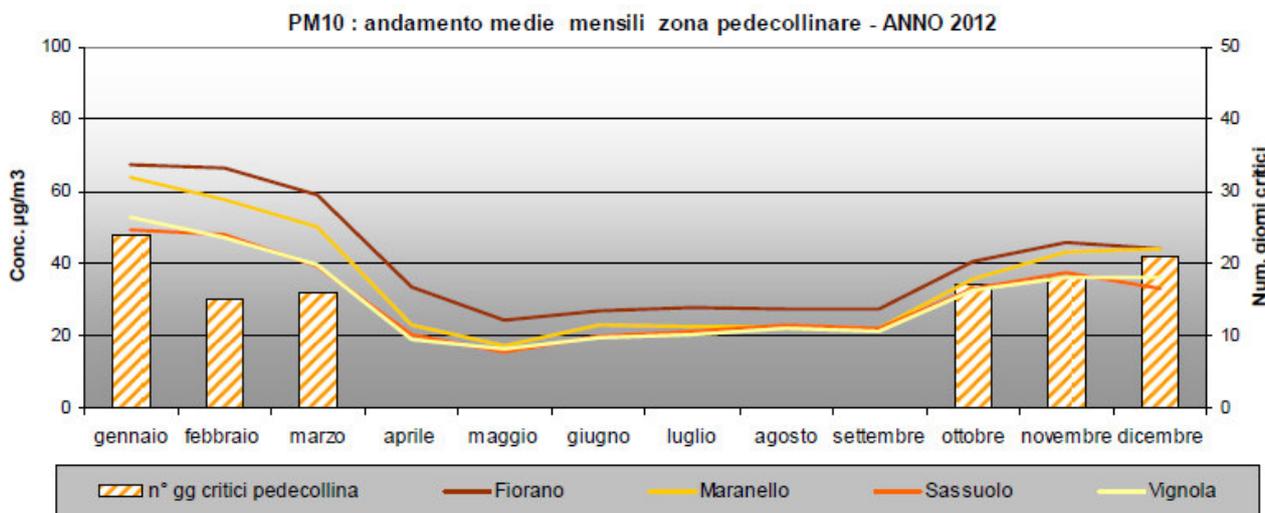
Figura 23 – Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria – ARPA

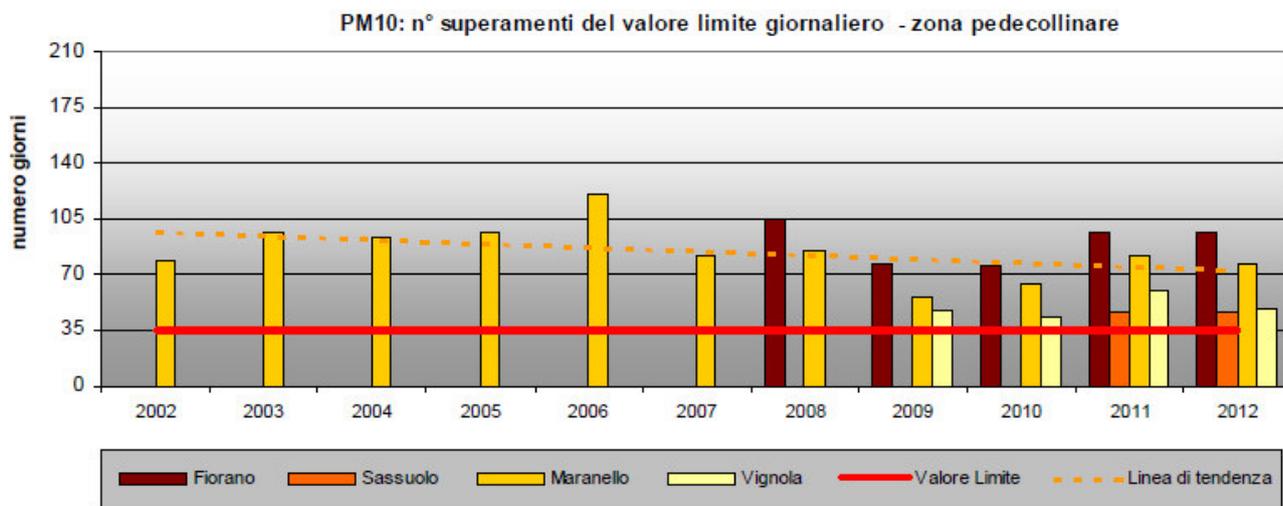
Nella Figura 23 sono riportate sinteticamente le stazioni di misura individuate nell'ambito della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria per la Provincia di Modena.

Si specifica che, per la valutazione dell'inquinamento atmosferico nell'area in oggetto, ubicata in prossimità del passaggio tra i due agglomerati, si farà riferimento principalmente ai siti di misura dedicati al Distretto e alla fascia pedecollinare in genere, in quanto si ritengono maggiormente assimilabili al territorio per lo più rurale interessato dagli impatti indotti dalle attività in progetto.

Gli elementi che possono essere oggetti di un peggioramento indotto dalle attività estrattive, oggetto della presente analisi della qualità dell'aria locale, sono le concentrazioni di polveri e NO<sub>x</sub>.

I dati relativi alle campagne di monitoraggio dell'aria dedotti dalla "Relazione annuale sulla qualità dell'aria della Provincia di Modena del 2012" a cura di ARPA di Modena, evidenziano una situazione di criticità in relazione ai livelli di polveri **PM10**, diffusa nella maggior parte delle realtà ad elevata pressione antropica o contraddistinte dalla presenza di importanti reti viarie.





**PM10: n° superamenti del Valore Limite giornaliero - anno 2012**

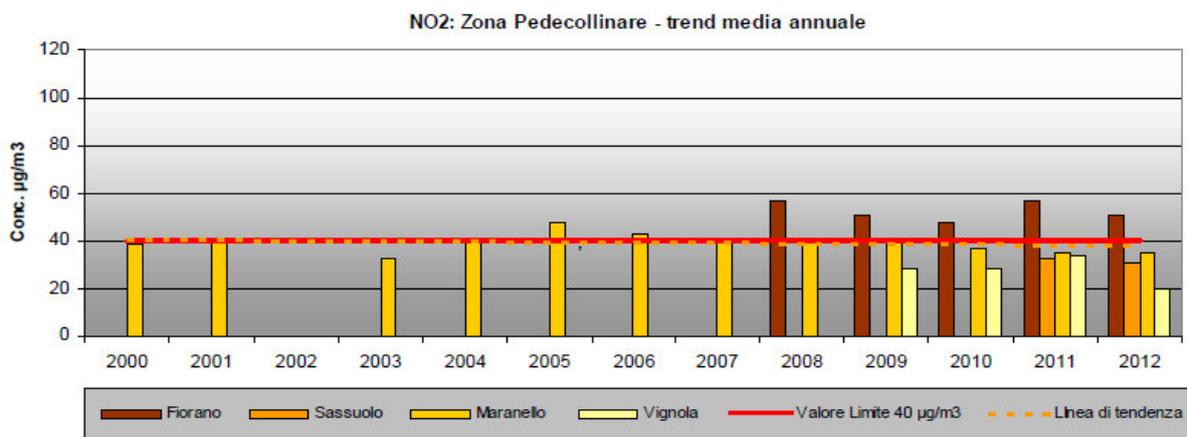
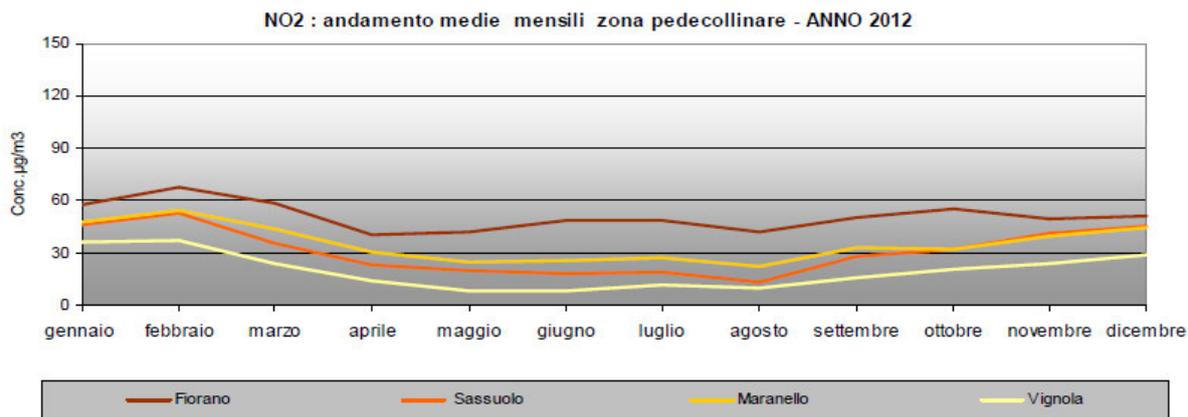
STAZIONI RETE REGIONALE			gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	n° sup.
Giardini	MODENA	traffico	22	22	15	1	0	0	0	0	0	9	8	8	85
Parco Ferrari	MODENA	fondo	18	16	10	0	0	0	0	0	0	8	7	8	67
Remesina	CARPI	fondo	20	22	14	0	0	0	0	0	0	8	9	12	85
San Francesco	FIORANO	traffico	20	23	20	5	0	0	0	0	1	9	10	8	96
Parco Edilcarani	SASSUOLO	fondo	15	10	5	2	0	0	0	0	0	5	7	3	47
Maranello	MARANELLO	fondo	19	15	14	2	0	0	0	0	0	8	7	11	76
Vignola	VIGNOLA	fondo	15	11	7	0	0	0	0	0	0	6	7	3	49

  Dati non sufficienti per elaborazione (<90%)  
  ≤ Valore Limite  
  > Valore Limite  
Valore Limite  
Max 35

Figura 24 - Report ARPA Qualità dell'aria 2012 – PM10 - Grafici e tabelle n° superamenti del Valore Limite giornaliero anno 2012

I superamenti dei limiti più consistenti, che avvengono in prevalenza nel periodo invernale, sono relativi al limite giornaliero per PM10, che nel 2012 è stato superato in tutte le stazioni analizzate in un numero di occasioni superiore ai 35 giorni previsti dalla normativa (D.M. 60/2002).

Per quanto riguarda invece le concentrazioni medie annuali di biossido di azoto **NO2** (Figura 25) la situazione presenta una minore criticità: il limite annuale di concentrazione stabilito in 40 µg/m<sup>3</sup> è superato solamente nelle stazioni di Sassuolo e Modena via Giardini. Anche per questo inquinante le medie mensili sono più elevate nei mesi invernali caratterizzati da condizioni meteorologiche più stabili, e calano nel periodo estivo, in particolare in agosto, quando l'atmosfera è più rimescolata.



**NO<sub>2</sub>: concentrazioni e confronto con il Valore Limite annuale - anno 2012**

STAZIONI RETE REGIONALE			Concentrazioni (µg/m³)												Media annua µg/m³
			gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	
Giardini	MODENA	traffico	60	72	63	41	41	35	34	33	47	50	51	58	49
Parco Ferrari	MODENA	fondo	46	58	44	23	21	15	16	17	25	29	33	42	31
Remesina	CARPI	fondo	45	57	41	20	21	18	19	18	29	31	34	45	32
Gavello	MIRANDOLA	fondo	28	28	15	<12	<12	<12	<12	<12	<12	12	17	24	15
San Francesco	FIORANO	traffico	58	68	58	40	42	49	49	42	50	55	50	51	51
Parco Edilcarani	SASSUOLO	fondo	46	53	35	23	19	18	19	13	28	32	41	45	31
Maranello	MARANELLO	fondo	47	54	44	30	25	26	27	23	33	32	40	45	35
Vignola	VIGNOLA	fondo	36	37	24	14	<12	<12	<12	<12	16	20	24	29	20
■ Dati non sufficienti per elaborazione (<90%) ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite			Valore Limite												40

Figura 25 - Report ARPA Qualità dell'aria 2012 – NO<sub>2</sub> – Grafici e tabelle livelli NO<sub>2</sub> registrati e trend superamenti limiti PM<sub>10</sub> - Grafici e tabelle n° superamenti del Valore Limite giornaliero anno 2012

L'indice di qualità dell'aria, desumibile dall'applicazione web di ARPA dell'Emilia Romagna Figura 26, risulta "mediocre" per l'area in esame.

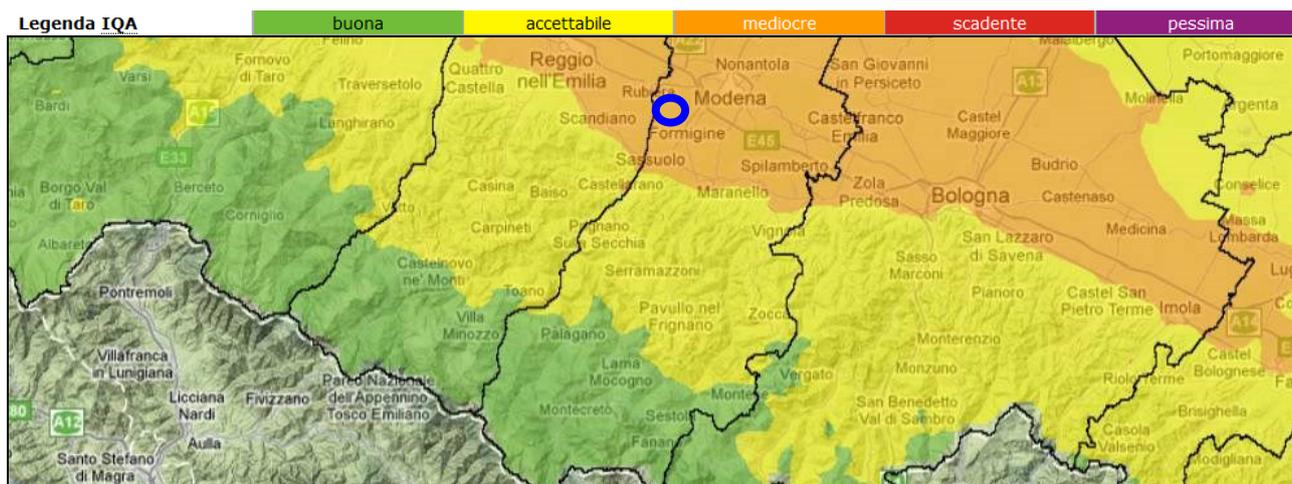


Figura 26 – Indice di qualità dell'aria - ARPAweb dell'Emilia Romagna

Il Polo estrattivo si colloca in una fascia territoriale all'interno della quale scorrono importanti arterie stradali, tra cui le autostrade A1 e A22, la bretella stradale Modena-Sassuolo, caratterizzate da flussi di traffico molto sostenuti. Ad ampia scala, in considerazione del carattere principalmente rurale del territorio, il contributo del traffico veicolare al peggioramento della qualità dell'aria, almeno per gli inquinanti più critici (NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>), è relativamente sostenuto.

L'area di intervento è lambita a nord da Via dell'Aeroporto, strada a deflusso locale costituente il collegamento tra la nuova Via Modena-Sassuolo, e ad ovest dalla Strada Provinciale 15 che scorre parallelamente al Fiume Secchia fino alla Via Emilia. Essa è interessata da traffico leggero e pesante, quest'ultimo soprattutto a servizio delle attività in corso nel Polo estrattivo n. 5, e crea un impatto dovuto all'emissione di inquinanti da parte dei veicoli e da sollevamento e dispersione delle polveri nell'aria.

La qualità dell'aria a livello locale è inoltre influenzata dall'appartenenza della cava Aeroporto 2015 al Polo "Pederzona", all'interno del quale sono attive da più di un decennio attività estrattive e di trasformazione degli inerti con conseguenti apporti in termini di:

- polveri prodotte nell'attività di cava dai mezzi meccanici, sia durante le operazioni di scavo che in quelle di carico/scarico del materiale sui mezzi pesanti;
- polveri rilasciate dal materiale trasportato dal cantiere verso gli impianti di prima lavorazione ed emissioni dai motori degli automezzi pesanti;
- polveri ed emissioni dovute alla frantumazione e lavorazione degli inerti.

L'area del Polo 5 è attualmente soggetta ad un monitoraggio della matrice aria e rumore per gli impatti indotti principalmente dagli impianti di frantumazione e lavorazione oggi attivi (Impianto 2, Impianto 4, Impianto 5) e dal traffico veicolare che si sviluppa principalmente lungo l'arteria di attraversamento del Polo 5, Via Pederzona - Via dell'Aeroporto.

Gli impianti produttivi di recente costruzione (frantoio Granulati Donnini SpA 2008, impianto betonaggio Betonrossi SpA 2009, impianto betonaggio Calcestruzzi SpA 2011) e/o di recente ammodernamento (frantoio Inerti Pederzona Srl 2002) sono realizzati nel rispetto delle norme ambientali e delle autorizzazioni rilasciate dagli Enti competenti e sono sottoposti a periodici controlli delle emissioni.

Per quanto riguarda le attività estrattive "di cava" è attivo un piano di monitoraggio per ogni singola cava anche se le emissioni in atmosfera legate alle attività ivi svolte sono generalmente di tipo diffuso e non convogliabili, generate per lo più dal transito dei mezzi d'opera lungo le piste interne di cava durante i periodi più secchi; inoltre, l'attività di cava non è continua nel tempo, alternando periodi di inattività alle fasi di scotico del terreno di copertura o alle fasi di escavazione del giacimento, in considerazione del fatto che i fronti di scavo sono "mobili" e talora non contigui nel raggiungimento del profilo finale del progetto autorizzato.

In generale le fasi più critiche per le emissioni polverulente in atmosfera si hanno durante la fase di rimozione del terreno di copertura, che avviene alla quota di piano campagna e generalmente durante i periodi meno umidi per favorire il transito dei mezzi d'opera.

E' un operazione, che in relazione alle dimensioni delle aree di scavo e rispetto alla durata complessiva della coltivazione della cava, comporta tempi di intervento abbastanza ridotti e mai continuativi. Le fasi di scavo del materiale ghiaioso non generano emissioni significative di polveri, considerato che le ghiaie presentano un certo grado di umidità.

I piani di monitoraggio attivati sulle nuove cave autorizzate o in corso di autorizzazione prevedono due campagne di monitoraggio delle polveri diffuse, intese come PM10 e PTS, da attuarsi una prima dell'avvio dell'attività estrattiva e una nel corso del primo anno di attività o comunque durante la fase di esportazione del cappellaccio.

Si segnala inoltre che, oltre la Via dell'Aeroporto, a nord-est dal sito, è presente l'aeroporto di Sassuolo; questo (e le attività ad esso correlate) possono influire lievemente sulla qualità dell'aria locale, principalmente in relazione alle emissioni degli aeromobili a terra e nelle fasi di atterraggio e decollo e a tutte le attività accessorie alle operazioni aeroportuali.

Ancora più a nord-est, a poco più di 600 m di distanza dal perimetro nord dell'area d'intervento, è presente l'Autodromo di Modena - Centro Guida Sicura, anch'esso costituente un elemento impattante, sia diretto sia indiretto, sull'atmosfera.

## 2.4 VEGETAZIONE ED ECOSISTEMI

Allo stato attuale, internamente all'area d'intervento e nelle aree di nuova escavazione ivi poste, non è presente alcuna copertura forestale spontanea.

La vegetazione potenziale dell'area di studio è però riferibile alla formazione forestale climax del piano basale, caratterizzato da una certa continentalità del clima, e corrisponde ad un querceto misto meso-igrofilo a prevalenza di Farnia (*Quercus pedunculata*), accompagnata da Carpino bianco (*Carpinus betulus*), Acero campestre (*Acer campestre*), Nocciolo (*Corylus avellana*), Ciliegio selvatico (*Prunus avium*), Olmo campestre (*Ulmus minor*), Tiglio selvatico (*Tilia cordata*), Frassino (*Fraxinus oxycarpa*), ecc., ascrivibile all'associazione fitosociologica definita "Quercocarpinetum boreoitalicum".

Il sottobosco arbustivo, il mantello e i cespugliati appartengono essenzialmente alla classe "*Rhamno-Prunetea*" e sono composti da Sanguinella (*Cornus sanguinea*), Ligustro (*Ligustrum vulgare*), Prugnolo (*Prunus spinosa*), Spincervino (*Rhamnus cathartica*), Fusaggine (*Euonymus europaeus*), Sambuco (*Sambucus nigra*), Rosa canina (*Rosa canina*), Perastro (*Pyrus pyraster*), Pallon di maggio (*Viburnum opulus*).

Della "vegetazione potenziale", rappresentata dall'originaria foresta planiziale polifita a Farnia e Carpino bianco, non sono rimaste testimonianze di apprezzabile estensione e strutturazione, in quanto il perdurare dell'uso agricolo del suolo ne ha comportato una drastica regressione ed una confinazione in pochissimi elementi superstiti, quali esemplari arborei isolati e presunti relitti di boschi planiziali all'interno di parchi di antiche dimore gentilizie, quali il Casino Magiera e la non lontana Villa Spalletti a Corticella di Rubiera, sulla sponda opposta del Secchia.

Sono così quasi scomparse specie tipiche del Quercocarpinetum, quali *Fraxinus oxycarpa* (Frassino ossifillo), *Carpinus betulus* (Carpino bianco), *Populus alba* (Pioppo bianco) e rare sono anche specie tipiche della pianura a sud della via Emilia e legate alla diffusione ad opera dell'uomo, quali il gelso (*Morus alba* e *Morus nigra*).

Viceversa spesso le formazioni lineari che delimitano proprietà, canali e fossi sono composte spesso da vegetazione alloctona, su cui prevalgono l'esotica e invadente robinia (*Robinia pseudoacacia*) e, in misura minore, l'ailanto (*Ailanthus altissima*), in grado di approfittare delle condizioni eutrofiche del terreno agricolo circostante e del degrado della vegetazione autoctona ad opera dei reiterati tagli e ceduzioni avvenuti in passato su siepi e boschetti.

L'area non ricade tra quelle segnalate per la presenza sia pure sporadica di specie o varietà rare, endemiche o comunque meritevoli di particolare protezione. La vegetazione dei terreni oggetto di intervento, ove presente, è ampiamente influenzata dai fattori antropici: per la maggior parte si tratta delle specie oggetto di coltivazione (colture seminatrici) e delle specie tipiche della specifica flora infestante.

Queste formazioni risultano semplificate ed ecologicamente banalizzate nella loro composizione e struttura, anche se svolgono una funzione di conservazione del patrimonio genetico di alcune delle principali specie arboreo-arbustive dell'ambiente pianiziale (*Acer campestre*, *Ulmus minor*, *Populus nigra*, *Populus alba*, *Quercus pedunculata*, *Rosa spp.*, *Prunus spinosa*).

Le specie arboree ed arbustive riconoscibili nell'intorno dell'area di intervento sono: robinia (*Robinia pseudoacacia*), Farnia (*Quercus robur*), ciliegio (*Prunus avium*), acero campestre (*Acer campestre*), olmo campestre (*Ulmus minor*), pioppo nero (*Populus nigra*), biancospino (*Crataegus monogyna*), sambuco (*Sambucus nigra*), prugnolo (*Prunus spinosa*), rosa canina (*Rosa canina*), rovo (*Rubus ulmifolius*), sanguinella (*Cornus sanguinea*), ecc.

La vegetazione erbacea rilevabile è per lo più composta da specie nitrofile quali: *Phragmites australis*, *Equisetum arvense*, *Clematis vitalba*, *Rubus fruticosus*, *Symphytum cannabinum*, *Lythrum salicaria*, *Urtica dioica*, *Parietaria officinalis*, *Mentha aquatica*, talvolta associate a macchie di canna gentile (*Arundo donax*).

Queste formazioni svolgono una funzione di conservazione del patrimonio genetico di alcune delle principali specie arboree ed arbustive della pianura sopra citate ed inoltre contribuiscono ad interfacciare sul piano paesaggistico gli ecosistemi agrari; inoltre possono svolgere un certo ruolo nella colonizzazione delle aree marginali.

La tipologia di coltivazione convenzionale prevede ampio ricorso alle lavorazioni sull'intera superficie e il controllo prevalentemente chimico delle infestanti: entrambi fattori che concorrono a ridurre la ricchezza in specie della biocenosi.

Nelle porzioni messe a riposo è evidente la presenza di specie erbacee spontanee, con ampia frequenza delle specie infestanti citate, di diverse specie semi-selvatiche di medio interesse foraggiero, nonché di tipiche specie pioniere.

La scarsa copertura arborea, di cui si è già detto, è costituita in parte da specie tipiche della campagna modenese, mentre di natura alloctona sono le porzioni di siepe perimetrale ed in parte sono esotiche anche le essenze riscontrabili presso gli ex-centri aziendali.

Da segnalare la diffusa presenza di terreni incolti produttivi, caratterizzati dalla presenza di vegetazione prevalentemente erbacea e talvolta arbustiva che non è finalizzata alla produzione agricola e non risulta essere soggetta a pratiche agronomiche specifiche.

Queste cenosi vegetali sono distribuite perlopiù nelle zone di margine delle cave in attività dismesse e/o pregresse, e sono costituite da varie specie erbacee, dalle caratteristiche pioniere, ubiquitarie, nitrofile ed infestanti, provenienti fitogeograficamente dal circostante paesaggio agrario antropizzato.

Le famiglie maggiormente rappresentate sono quelle delle Graminacee, Ombrellifere e Composite. Tra queste citiamo *Crepis virens*, *Achillea millefolium*, *Apium graveolens*, *Hieracium villosus*, *Sidalvia pratense*, *Papaver rhoeas*, *Tanacetum vulgare*, *Lepidium virginicum*, *Vulpia myuros*, *Artemisia vulgaris*, *Conyza canadiensis*, *Bidens tripartita*, *Hordeum murinum*, *Taraxacum officinalis*, *Avena fatua*, *Silene vulgaris*, ecc.

Complessivamente, sotto l'aspetto floristico, l'intero Polo 5 di cui la cava Aeroporto 2015 fa parte, non presenta particolare delicatezza di natura qualitativa: rimangono rilevanti gli impatti connessi alla diminuzione dell'area disponibile per lo sviluppo vegetazionale (in misura sostanzialmente pari all'estensione degli specchi d'acqua permanenti) ed all'abbattimento di esemplari arborei. Sarà pertanto a questi impatti che occorrerà guardare in fase di mitigazione e compensazione.

L'areale produttivo del Polo 5 è immerso in un ampio connettivo ecologico diffuso di cui alla rete ecologica provinciale. Esso è nella fattispecie identificato nell'ambito rurale che abbraccia i perimetri urbani fino al Fiume Secchia caratterizzato da seminativi interposti ad ampie distese di filari frutticoli.

Allo stato attuale l'area individuata come cava "Aeroporto 2015" si presenta quasi completamente estratta e priva di suoli destinati ad uso agricolo, nelle aree interessate da nuovo scavo (lotti C e D) non si registra la presenza di copertura vegetale d'interesse. In corrispondenza del lotto C si preserva il suolo originario ed i terreni vedono lo sviluppo di una situazione di "incolto produttivo", nel lotto D i suoli originari risultano essere compromessi quando non già escavati.

Pertanto dal nuovo progetto di coltivazione e sistemazione non deriverà un impoverimento della copertura forestale del sito. Di contro, in virtù dell'esaurimento delle potenzialità estrattive della cava previsto dal quadro progettuale ed il progressivo rilascio della stessa, si andrà a completare la sistemazione vegetazionale con recupero naturalistico di gran parte dell'area con conseguente miglioramento degli habitat.



Dal punto di vista faunistico questa fascia si configura come ambiente di transizione fra la tipica zoocenosi di pianura, composta prettamente da specie avicole granivore e tipiche delle zone umide, e l'habitat collinare caratterizzato da una maggiore varietà biotica di ordini e specie mammifere con la comparsa degli unguligradi.

La presenza di abbondante varietà ecologica e copertura arbustiva inframmezzata a ampie zone agricole a prevalente uso frutticolo sono nella fattispecie habitat ideale della fauna selvatica. Particolarmente abbondante risulta essere l'avifauna con numerose specie tipiche fluviali e secondariamente insettivore e granivore tipiche locali.

Grazie ai naturali corridoi ecologici che negli anni si sono naturalmente sviluppati e ricreati a collegamento fra le aree di monte e di pianura, corrispondenti in via più generale alle aree perifluviali del Secchia nell'ultimo decennio si è assistito alla discesa a valle di popolazioni di ungulati generalmente autoctone di fasce altimetriche maggiori che, con densità considerevoli, ad oggi abitano la zona. Si richiamano in particolare caprioli, ormai a comportamento stanziale in tutto l'arco dell'anno.

Sul sito non sono censiti specie di interesse comunitario.

### 3 INDIVIDUAZIONE DEGLI IMPATTI

Da un punto di vista generale il Polo Estrattivo 5 "Pederzona" in cui è ubicata la cava "Aeroporto 2015", fin dalla fase di pianificazione territoriale della Variante Generale al PIAE della Provincia di Modena del 2009, è stato oggetto di valutazioni ambientali tese a verificare preliminarmente il suo corretto inserimento nel territorio.

Lo studio eseguito in quella sede ha in particolare avuto il compito di assolvere la verifica di compatibilità e sostenibilità dell'intervento nel territorio di insediamento e negli elementi di tutela ivi presenti mediante la costruzione di una matrice ponderale relativa al grado di influenza di ogni singolo fattore ambientale su ciascuna componente ambientale.

Con riferimento al Polo 5 l'istruttoria di valutazione ambientale condotta in sede di pianificazione di PIAE/PAE, congiuntamente al valore strategico dello stesso, ha cautelativamente catalogato il polo con un livello di criticità ambientale III (criticità elevata) da assoggettarsi pertanto alle prescrizioni ambientali specifiche e monitoraggio ambientale stagionale definite nelle schede monografiche e nelle norme di attuazione del piano, per mitigarne gli effetti al fine di rendere l'ambito estrattivo compatibile al territorio di insediamento.

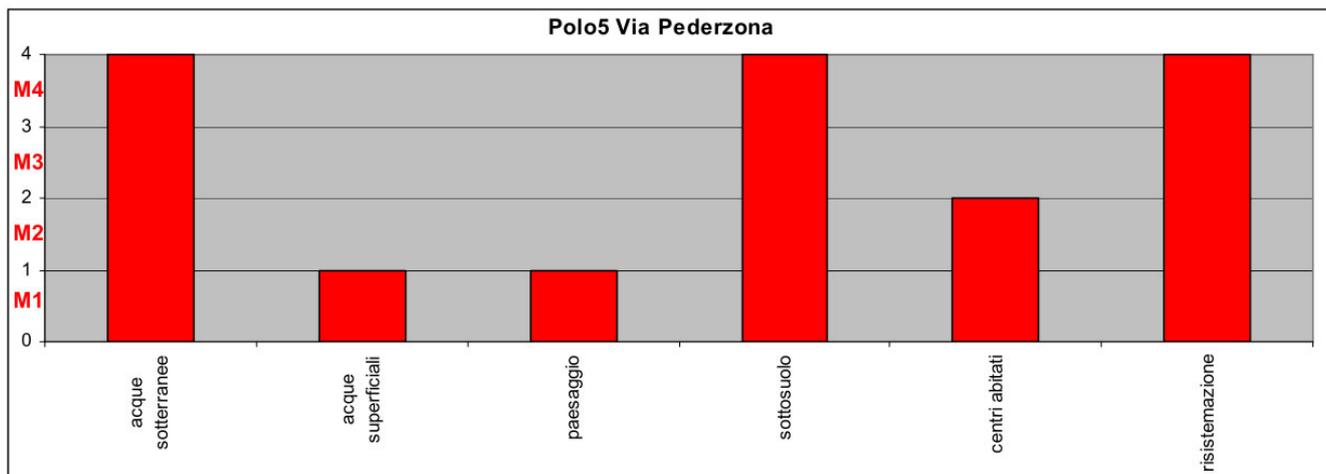


Figura 28 – Identificazione delle principali criticità emerse dallo studio di bilancio ambientale (VALSAT PIAE)

Partendo quindi dalle valutazioni condotte in via preliminare in fase di bilancio ambientale di PIAE/PAE, alla luce degli accorgimenti progettuali, mitigazioni, monitoraggi, potenziali bersagli e verifiche di sito componenti ambientali interessate dal piano di coltivazione, è possibile chiarire e meglio definire la reale e specifica entità delle interferenze indotte sull'ambiente dell'esercizio della specifica attività estrattiva, nel breve e lungo periodo.

Nelle successive sezioni sarà di fatto condotto uno studio approfondito delle potenziali interferenze ambientali associate alle lavorazioni previste dal progetto di cava "Aeroporto 2015", e sarà verificata specificamente la correzione con le componenti ambientali censite sul sito al fine di definirne il livello di impatto atteso, sicuramente minore rispetto al cautelativo grado di criticità dedotto dalle valutazioni preliminari di PIAE/PAE 2009.

### **3.1 METODO DI VALUTAZIONE**

Nella presente sezione verranno identificati, descritti e valutati i potenziali impatti associati all'esercizio dell'attività estrattiva da svolgersi in ampliamento/completamento nel sito estrattivo della cava "Aeroporto 2015" al Polo Estrattivo 5 "Pederzona" in Comune di Modena.

In primo luogo saranno identificati i possibili bersagli ambientali e/o recettori antropici su cui potrebbero ricadere i possibili effetti, negativi e positivi, derivanti all'attività di cava. A tale proposito, in relazione anche alla tipologia di lavorazione previste sul sito, sarà indicativamente preso a riferimento un raggio di influenza di 200 m, cautelativamente identificabile come l'areale massimo di ricaduta dei potenziali effetti sull'ambiente.

In particolare, in funzione della tipologia di attività e delle lavorazioni previste in cava e con riferimento ad ogni componente ambientale, saranno considerate le potenziali interferenze, negative e positive, sui possibili recettori con riferimento agli effetti attesi a breve e lungo termine. Verranno considerati impatti a breve termine quelli derivanti dalla fase di esercizio e impatti a lungo termine quelli previsti dopo la fase di sistemazione al rilascio dell'area con recupero a verde.

I piani di coltivazione e Sistemazione contengono necessariamente un quadro progettuale finalizzato alla sistemazione finale della cava esaurita al fine di restituire il sito al territorio secondo la destinazione d'uso fissata dalla pianificazione locale. La maggior parte degli impatti a breve termine andranno infatti ad esaurirsi con il rilascio definitivo del sito.

Permarranno a lungo termine, ovvero ad avvenuta sistemazione finale della cava, i soli aspetti correlati all'utilizzo del giacimento geologico, comunque mitigati dal progressivo grado di rinaturalizzazione del sito nel tempo e dal parziale ritombamento dei vuoti di cava quale sistemazione morfologica della stessa. Poiché l'attività estrattiva è insediata nel territorio circostante da quasi trent'anni, e la cava Aeroporto 2015 in oggetto si inserisce su un fronte attivo di una cava pregressa, per la sua realizzazione saranno adeguate le opere già presenti sull'area senza sviluppare di fatto una fase di accantieramento, in quanto le infrastrutture a servizio dell'attività estrattiva sono presenti ed a oggi funzionanti.

Non saranno quindi trattati gli aspetti strettamente connessi alla fase di approntamento del cantiere della cava.

Per tutte queste valutazioni ci si baserà sulla cosiddetta "Matrice Causa-Effetto" per gli impatti ambientali delle cave o torbiere" e sulle check list allegate alle "Linee guida per le procedure di Valutazione di Impatto Ambientale dei progetti di cave o torbiere" contenute nelle elaborazioni di ARPA – Regione Emilia Romagna e redatte dallo stesso ente nel febbraio 2001, grazie alle quali, tramite le interferenze negative-positive e le sinergie, quali punto di partenza per le più approfondite valutazioni sito-specifiche del caso.

Una volta identificate e illustrate le possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento al breve e lungo periodo verrà assegnato ad ognuna un peso di significatività in funzione del grado di interferenza ed impatto rispetto lo stato di fatto ante-operam. Per ogni componente, gli impatti verranno così classificati con crescente grado di rilevanza:

- **Impatto positivo;**
- **Impatto nullo;**
- **Impatto molto lieve;**
- **Impatto lieve;**
- **Impatto medio;**
- **Impatto elevato;**
- **Impatto molto elevato.**

Al fine di completare il quadro delle valutazioni sarà inoltre trattato l'aspetto delle possibili emergenze ambientali con i relativi accorgimenti adottati o da adottarsi per prevenirle e/o intervenire prontamente per mitigarle.

### 3.2 INDIVIDUAZIONE DEI POTENZIALI BERSAGLI E RECETTORI

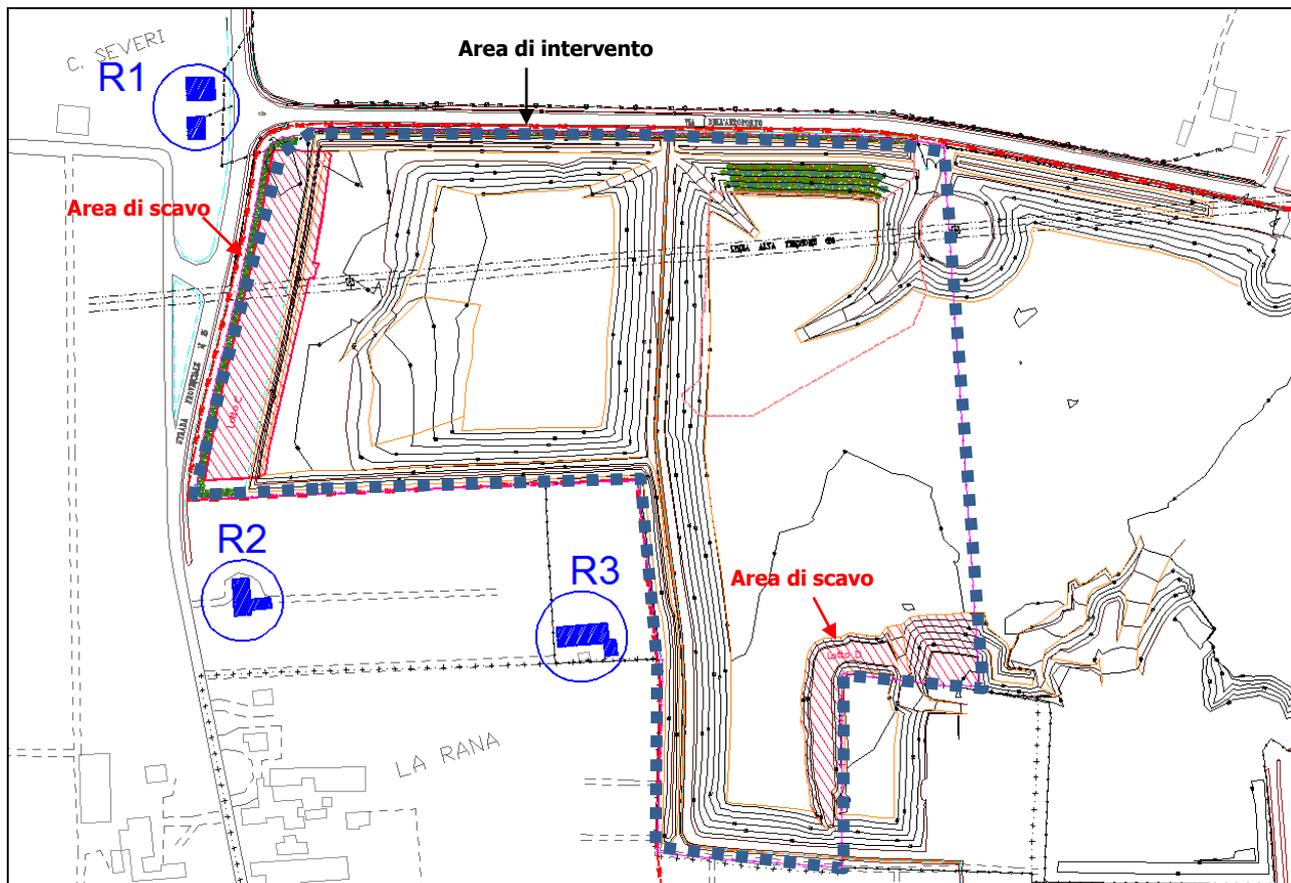


Figura 29 - Individuazione ricettori sensibili, cava Aeroporto 2015

Nella presente sezione saranno indicati ed illustrati i potenziali recettori ambientali antropici delle dirette ricadute degli impatti ambientali collegate all'attività estrattiva nella cava denominata "Aeroporto 2015". In particolare si restringerà il campo di valutazione ad un intorno significativo dal perimetro estrattivo cautelativamente identificato in funzione della tipologia dell'attività, del contesto di inserimento, nonché delle valutazioni preliminari effettuate in fase di redazione del Piano di Coordinamento per l'attività estrattiva nel Polo 5.

Con particolare riferimento figura allegata (Figura 29), si individuano 3 potenziali ricettori sensibili posti in adiacenza alle zone oggetto di nuova attività estrattiva interne al perimetro di intervento, R1, R2 ed R3.

- Il recettore R1 (Figura 30) è posto a circa 50 m in direzione ovest dal perimetro di scavo del Lotto C, in area già da anni avvicinata in passato da ambiti estrattivi. A protezione del R1 dalla diffusione di polveri e rumore è presente un terrapieno rinverdito, posto lungo il limite del Lotto C, che nella fase finale dell'esercizio di cava sarà rimosso per terminare gli scavi programmati. Sui lati nord e sud del Lotto C saranno realizzati due argini temporanei, in continuità con quelli

esistenti, così da garantire un'ulteriore tutela nei confronti non solo del ricettore R1 ma anche del ricettore R2 posto a sud del citato lotto di scavo.



*Figura 30 - Individuazione ricettore R1*

- I ricettori R2 e R3 (Figura 31) sono posti rispettivamente a circa 50 m a sud dal perimetro del Lotto C (R2) ed a circa 130 m ad ovest dal perimetro del Lotto D (R3), entrambi sono posti in aree già da anni avvicinate da ambiti estrattivi. Anche a protezione di questi edifici sono già presenti in posto sistemi di mitigazione tali da diminuire il disagio connesso all'attività in progetto, con particolare riferimento ai terrapieni definitivi rinverditi esistenti lungo il confine sud e ovest dall'area della cava Aeroporto 2015.



*Figura 31 - Individuazione ricettori R2 (sinistra) e R3 (destra)*

Tali recettori, per vicinanza, risultano i più significativi in merito alle potenziali ricadute di impatto dell'attività estrattiva.

### **3.3 IMPATTI SU SUOLO E SOTTOSUOLO**

#### **3.3.1 SFRUTTAMENTO DI RISORSE ED USO DEL SUOLO**

Per definizione l'attività estrattiva interviene sul suolo o sul sottosuolo asportando le porzioni di orizzonti geologici a fini commerciali. Il suolo è quindi da considerarsi bersaglio diretto dell'attività estrattiva, il cui sfruttamento è comunque conseguenza di una pianificazione territoriale a scala provinciale in relazione anche al suo valore strategico nei confronti del grado di copertura dei fabbisogni di materiali inerti. A tal proposito si sottolinea come al Polo Estrattivo 5 "Pederzona" sia stato affidato dalla pianificazione provinciale e comunale per la Fase A in Comune di Modena un volume di inerti utili di 2'000'000 mc e come nell'area di nuovo intervento siano presenti volumi residui derivati dalla precedente pianificazione del Polo 5.1.

Le potenzialità estrattive assegnate alla cava "Aeroporto 2015" derivano da residui di vecchia pianificazione, confermati all'interno del PC vigente, e consistenti in 82'275 mc di ghiaia utile. Tali volumi derivano da un'analisi di sostenibilità ambientale condotta dalla Provincia di Modena nell'ambito della pianificazione estrattiva di cui al PIAE 2009. Esse concorrono nello specifico alla copertura del fabbisogno provinciale di inerti di conoide stimato per il decennio di validità del piano, prioritariamente da reperirsi in siti già in attività ovvero in adiacenza a queste ultime.

In relazione a queste considerazioni è possibile concludere come il progetto di coltivazione della cava "Aeroporto 2015" soddisfi il principio di sostenibilità ambientale relativamente all'aspetto legato al consumo di risorsa non rinnovabile, in quanto lo scavo è limitato ai quantitativi esclusivamente necessari, e fissati per quell'ambito, per concorrere alla copertura del fabbisogno di inerti fissato dalla programmazione provinciale di settore.

Questa volumetria è anche funzionale allo scopo di garantire una restituzione del sito estrattivo con morfologia omogenea ed idonea al completamento del progetto di recupero territoriale naturalistico delle aree in oggetto. Tale aspetto, obiettivo finale della progettazione fino al rilascio dell'area, è da considerarsi come fattore di mitigazione dell'impatto dell'uso del suolo in quanto le lavorazioni nel complesso porteranno ad ottenere un valore aggiunto delle aree grazie alla loro riqualificazione con recupero a scopo naturalistico ed incremento della biodiversità vegetazionale del sito in linea con le caratteristiche di connettivo ecologico diffuso dell'intera area.

Dal punto di vista dell'uso del suolo il presente progetto di coltivazione insisterà su aree già oggetto di attività estrattive pregresse, ex cava Aeroporto, e porterà ad un ampliamento minimo della superficie adibita a scavo in continuità con le aree adiacenti.

Così facendo si opererà nel rispetto di uno sviluppo razionale dell'attività estrattiva, contenendo le espansioni su suolo vergine al minimo funzionale all'esercizio dell'attività in oggetto, ampliandosi in continuità con un fronte attivo.

In Figura 32 è riportata una simulazione della carta di uso del suolo nel periodo estrattivo (condizione a breve). In Figura 33 è invece ricostruita una simulazione al definitivo e completamento degli interventi estrattivi e di sistemazione vegetazionale previste dal piano di coordinamento del polo 5 – comune di Modena secondo la tavola 2.2i del P.C.

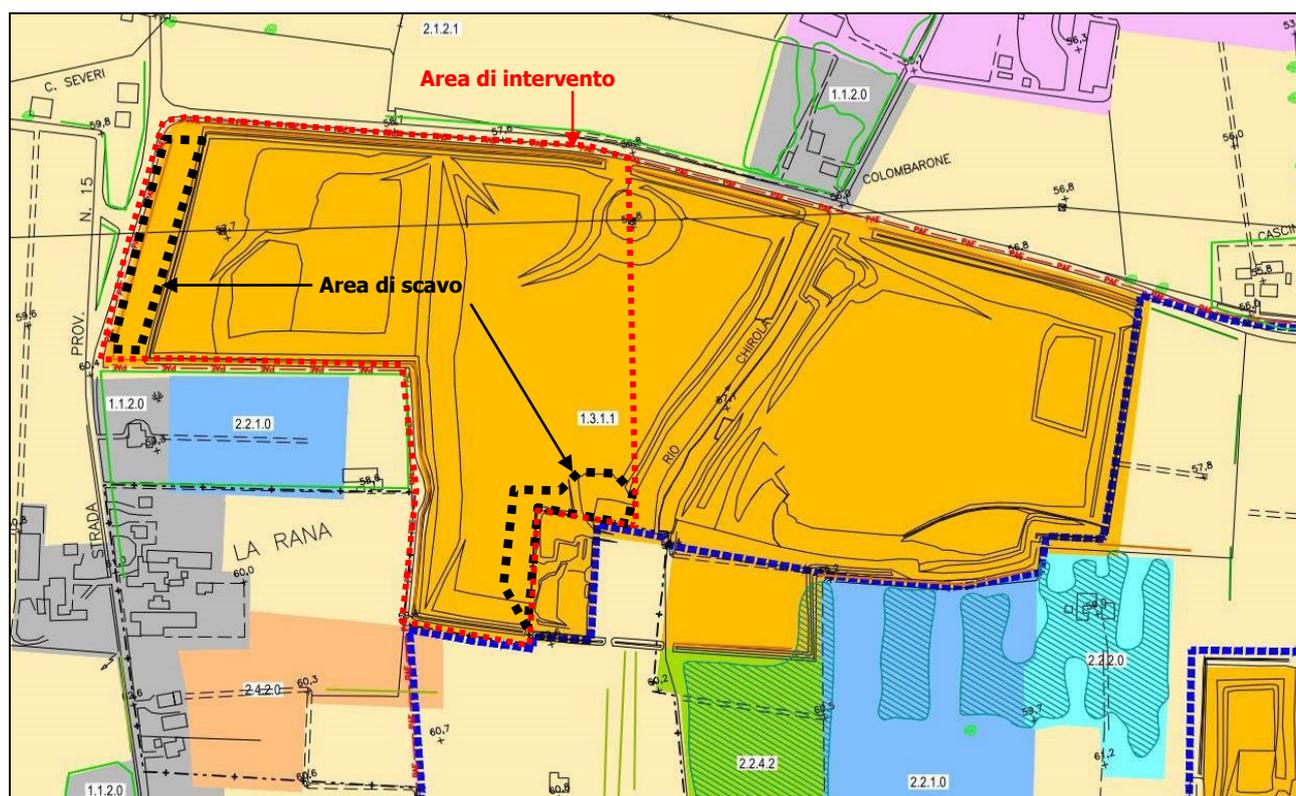


Figura 32 - Simulazione della Carta dell'Uso reale del suolo a breve termine – fase di scavo

Come si evince dalla Figura 32 le aree di nuovo scavo insistono all'interno del perimetro di vecchia pianificazione (cava Aeroporto), già ricompreso nella sua quasi totalità all'interno delle "aree estrattive attive" 1.3.1.1. La sola area definita come Lotto C andrà a modificare l'attuale uso del suolo, passando da "seminativi semplici irrigui" 2.1.2.1 al citato 1.3.1.1.

Da tali considerazioni, pur essendo l'attività estrattiva di diretto impatto su suolo e sottosuolo, all'utilizzo del suolo nella cava denominata "Aeroporto 2015" è assegnabile in fase di esercizio (breve termine) un **impatto elevato** in ragione del coinvolgimento di aree vergini, anche se di limitata estensione, con temporanea trasformazione di uso del suolo in ambito produttivo di cava.



### **3.3.2 COMPONENTE STABILITA'**

L'attività estrattiva che in futuro interesserà l'area in oggetto, avverrà in una zona piana producendo una cava a fossa in materiali ghiaiosi; le caratteristiche geotecniche dei terreni ghiaiosi e dei limi-sabbiosi di copertura sono tali da non generare problemi di stabilità alle scarpate di escavazione come evidenziano i coefficienti di sicurezza ottenuti dalle verifiche di stabilità.

L'esercizio di attività estrattiva in un'area di pianura, induce inevitabilmente alterazioni permanenti al preesistente assetto morfologico, la cui mitigazione è affidata alle modalità di sistemazione e recupero che interessano l'area, attraverso le quali si esplica la ricostituzione del paesaggio nelle sue forme originarie, secondo gli usi previsti dal progetto di sistemazione.

L'unico elemento che può influenzare l'equilibrio geomorfologico è rappresentata dalla stabilità delle pareti di scavo; ricordiamo, infatti, che nell'area in esame non sono presenti emergenze geomorfologiche passibili di particolare tutela.

I principali strumenti di mitigazione consistono nella gradualità dei raccordi tra il nuovo assetto e preesistenza, con particolare riferimento alla pendenza delle scarpate di raccordo.

Per quanto riguarda le scarpate, in accordo con le "Linee Guida per l'attuazione del Piano delle Attività Estrattive (PAE)" del Comune di Modena, quelle di escavazione e/o considerate in avanzamento in fase di esercizio saranno sagomate con pendenza di 60° con una alzata massima di 8 metri, ed una banca intermedia larga 5 m; le scarpate di fine scavo avranno pendenza di 45° a scarpata interrotta da una banca larga 5 metri alla profondità di 8 m da p.c.; quelle di sistemazione avranno pendenze differenti a seconda che siano considerate definitive o provvisorie. Le scarpate provvisorie saranno rivestite con materiali terrosi fino ad ottenere una pendenza massima di 30° a pendio unico, mentre le scarpate definitive saranno rivestite con materiali terrosi fino ad ottenere un fronte unico a pendenza massima di 20° con raccordo dolce con il fondo.

#### *3.3.2.1 Verifica delle Scarpate di Scavo e Sistemazione*

Di seguito vengono riportate le verifiche di stabilità dei fronti di cava nelle seguenti situazioni:

- Fronte di avanzamento;
- Fronte di fine scavo;
- Fronte di sistemazione provvisorio;
- Fronte di sistemazione definitivo.

Saranno descritte sinteticamente le assunzioni, metodologie di verifica e i parametri utilizzati rimandando per le specifiche alla relazione di calcolo riportata in allegato 1 alla presente relazione.

### 3.3.2.2 Normativa

La normativa di riferimento utilizzata è quella del Decreto Ministeriale 14.01.2008 – Testo Unitario Norme Tecniche per le Costruzioni.

La verifica di stabilità deve essere effettuata sia in condizioni statiche sia dinamiche (sisma). L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche è rappresentata da un'azione statica equivalente, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile.

La condizione di stato limite ultimo (SLU) viene riferita al cinematismo di collasso critico, caratterizzato dal più basso valore del coefficiente di sicurezza  $FS$ :

$$FS = TS / TM$$

**TS:** resistenza al taglio disponibile

**TM:** sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento (effettiva o potenziale)

Nelle verifiche pseudostatiche di sicurezza si assume:

#### **approccio 1 – combinazione 2 (a2+m2+r2) con r2=1.1**

Nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLU) le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica si ricavano da:

$$F_h = k_h x W \quad e \quad F_v = k_v x W, \text{ dove}$$

$F_h$  e  $F_v$  sono incrementi di forza proporzionali a  $W$ ;

$k_h$  e  $k_v$  sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale, che valgono:

$$k_h = \beta_s \times a_{max} / g \quad e \quad k_v = \pm 0.5 \times k_h \text{ dove}$$

$\beta_s$ : coeff. Di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{max}$ : accelerazione massima attesa al sito ( $a_{max} = S_s \times S_t \times a_g$ );

$g$ : accelerazione di gravità.

**Tabella 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.**

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

### *3.3.2.3 Metodologia utilizzata*

Per l'esecuzione delle verifiche si è utilizzato un software di calcolo automatico, Stap della Aztec, basato su diversi metodi deterministici dell'equilibrio limite (nel nostro caso si utilizzato il metodo di Bishop).

Tramite il tracciamento di ipotetiche superfici di scivolamento circolari, suddivise in conci coinvolgenti la sua totalità che particolari porzioni del fronte di cava, è stato possibile individuare le superfici critiche caratterizzate dal fattore di sicurezza minore. In sintesi per il calcolo della stabilità, si è proceduto tramite i seguenti passaggi:

- Introduzione della geometria del fronte;
- Input dei parametri geomeccanici dei terreni;
- Scelta delle opzioni di calcolo (normativa, metodo...);
- Importazione dei coefficienti sismici;
- Scelta della tipologia di superficie di scorrimento;
- Esecuzione dell'analisi di stabilità.

### *3.3.2.4 Parametri Sismici*

Per la scelta dei coefficienti sismici è opportuno distinguere due casi:

- 1) Fronte di avanzamento e fronte di scavo (vita nominale 5 anni)
- 2) Fronte di sistemazione provvisorio e definitivo (vita nominale 50 anni)

Di seguito si riportano i parametri e i coefficienti sismici del sito per i due casi distinti.

### Fronte di Scavo (VN = 5 anni)

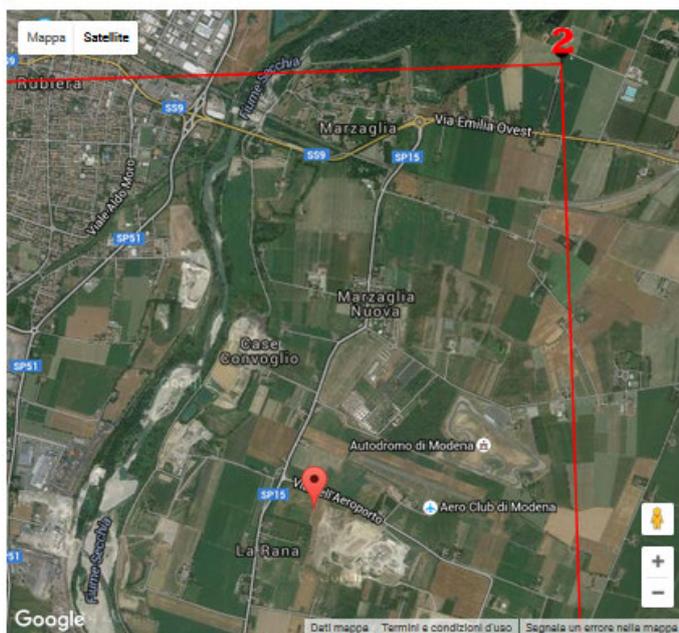
Via  n°   
 Comune  Cap   
 Provincia

---

WGS84 (°)  
 Latitudine   
 Longitudine

---

Isole



Visualizza vertici della maglia di appartenenza

(1)\* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.  
 (2)\* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

(1)\* Coordinate WGS84 (°)  
 Latitudine  Longitudine

---

(1)\* Coordinate ED50 (°)  
 Latitudine  Longitudine

---

Classe dell'edificio

**Cu = 1**

Vita nominale   
 (Opere provvisorie <= 10, Opere ordinarie >= 50, Grandi opere >= 100)  
 Interpolazione

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>0</sub> [g]	F <sub>0</sub>	To* [s]
Operatività (SLO)	30	0,050	2,474	0,252
Danno (SLD)	30	0,050	2,474	0,252
Salvaguardia vita (SLV)	47	0,060	2,495	0,285
Prevenzione collasso (SLC)	97	0,083	2,465	0,276
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	5			

**CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI**

Muri di sostegno  Paratie  
 Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)   
 us (m)

Categoria sottosuolo   
 Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	<input type="text" value="1,20"/>	<input type="text" value="1,20"/>	<input type="text" value="1,20"/>	<input type="text" value="1,20"/>
Cc * Coeff. funz categoria	<input type="text" value="1,45"/>	<input type="text" value="1,45"/>	<input type="text" value="1,44"/>	<input type="text" value="1,42"/>
St * Amplificazione topografica	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,012	0,014	0,020
kv	0,006	0,006	0,007	0,010
Amax [m/s²]	0,585	0,585	0,707	0,972
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

**Fronte di Sistemazione (VN = 50 anni)**

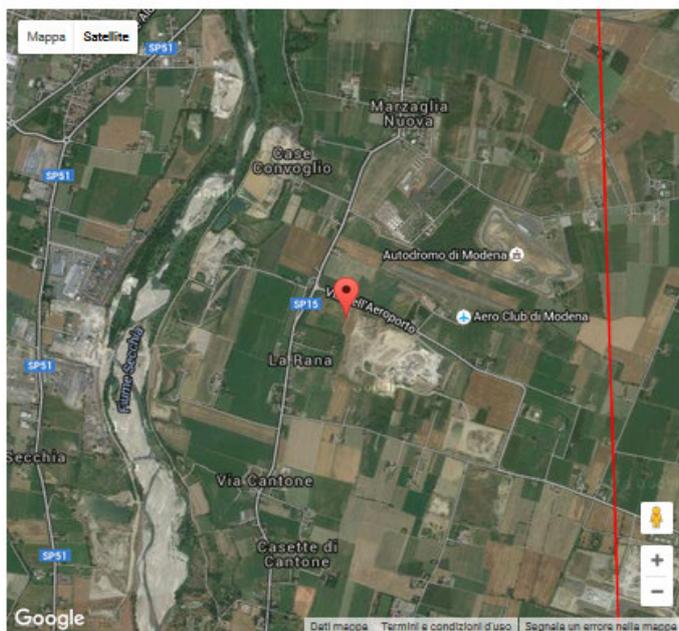
Via  n°   
 Comune  Cap   
 Provincia

---

WGS84 (°)  
 Latitudine   
 Longitudine

---

Isole



Visualizza vertici della maglia di appartenenza

(1)\* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.  
 (2)\* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

(1)\* Coordinate WGS84 (°)  
 Latitudine  Longitudine

(1)\* Coordinate ED50 (°)  
 Latitudine  Longitudine

Classe dell'edificio

**Cu = 1**

Vita nominale (Opere provvisorie <= 10, Opere ordinarie >= 50, Grandi opere >= 100)   
 Interpolazione

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>0</sub> [g]	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> * [s]
Operatività (SLO)	30	0,050	2,474	0,252
Danno (SLD)	50	0,062	2,498	0,266
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,162	2,378	0,291
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,208	2,386	0,309
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

**CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI**

Muri di sostegno  Paratie  
 Stabilità dei pendii e fondazioni  
 Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)   
 us (m)

Categoria sottosuolo   
 Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
<b>Ss *</b> Amplificazione stratigrafica	<input type="text" value="1,20"/>	<input type="text" value="1,20"/>	<input type="text" value="1,20"/>	<input type="text" value="1,20"/>
<b>Cc *</b> Coeff. funz categoria	<input type="text" value="1,45"/>	<input type="text" value="1,43"/>	<input type="text" value="1,41"/>	<input type="text" value="1,39"/>
<b>St *</b> Amplificazione topografica	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,015	0,047	0,070
kv	0,006	0,007	0,023	0,035
Amax [m/s²]	0,585	0,726	1,908	2,445
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

### *3.3.2.5 Geometria dei Fronti*

I profili di verifica fanno riferimento a cinque tipologie di scarpate:

- Fronte di scavo in avanzamento operativo, pendio interrotto da banca intermedia larga 6 m, alzata massima 8 m, subverticale nella porzione di valle, con inclinazione di circa 45° nella porzione di monte, con carico distribuito assimilato ad un escavatore operativo e funzionante sulla banca (Allegato 1 - Figura 34)
- Fronte di scavo in avanzamento, pendio interrotto da banca intermedia larga 5 m, alzata massima di 8 m, con inclinazione massima di 60°, con e senza carico distribuito assimilabile ad un escavatore in funzione sulla banca (Allegato 1 - Figura 35, Figura 36 e Figura 37);
- Fronte di fine scavo, pendio interrotto da banca intermedia larga 5 m ad 8 m di profondità dal p.c., inclinazione massima di 45°, con e senza carico distribuito assimilabile all'argine di mitigazione sul ciglio di scavo (Allegato 1 - Figura 38 e Figura 39);
- Fronte di sistemazione provvisorio a pendio unico e scarpate con inclinazione di 30° (Allegato 1 -Figura 40).
- Fronte di sistemazione definitivo a pendio unico e scarpate con inclinazione di 20° (Allegato 1 - Figura 41).
- Fronte di sistemazione definitivo a pendio unico, scarpate con inclinazione di 20°, tombamento a piano campagna di 10 m, e carico distribuito assimilato all'argine di mitigazione (Allegato 1 - Figura 42).

Si tenga presente che il presente progetto prevede opere di regolazione delle acque al fine di evitare ruscellamenti concentrati e diffusi sui pendii stessi.

La presenza dell'escavatore è stata materializzata come un carico distribuito variabile di 5000 kg/m, mentre l'argine di mitigazione è stato assimilato ad un carico distribuito permanente di 3400 kg/m.

### *3.3.2.6 Scelta dei parametri geotecnici*

Le ghiaie presenti all'interno dell'area in esame sono costituite da ciottoli arrotondati, ben addensati e composti da litologie calcaree, calcareo marnose e arenacee tipiche delle formazioni appenniniche.

Dal punto di vista geotecnico, i litotipi in questione, così come del resto tutti i materiali ghiaiosi, risultano difficilmente caratterizzabili.

Al fine di valutare le condizioni di stabilità del fronte di cava delle aree estrattive è tuttavia necessaria una definizione, anche se approssimativa, dei parametri meccanici di resistenza al taglio.

I materiali ghiaiosi in oggetto sono caratterizzati da una matrice limo-sabbiosa e argillosa che conferisce all'ammasso una debole coesione, alla quale può contribuire anche una modesta cementazione derivante dalla deposizione calcarea da parte delle acque di infiltrazione e dal mutuo incastro dei singoli ciottoli. Pertanto è possibile attribuire a tali materiali, in termini geotecnici, un angolo di attrito, ma anche una seppur debole coesione.

La quantificazione della coesione risulta di difficile quantificazione, poiché non è possibile effettuare campionamenti significativi del materiale in condizioni indisturbate, e questi comunque non consentirebbero l'esecuzione di prove di resistenza al taglio; indagini di campagna, ad esempio prove penetrometriche dinamiche, non sarebbero attendibili in quanto produrrebbero disturbo alla componente coesiva stessa.

L'unico metodo che permette una stima attendibile dei parametri di resistenza al taglio è l'esame geomeccanico delle pareti di scavo esistenti mediante "back analysis".

Le scarpate di scavo reali costituite da analoghi materiali prese a riferimento risultano formate da una parte superiore subverticale (con tratti inclinati anche 80°) con al piede un accumulo del materiale ghiaioso che si dispone secondo il suo angolo naturale di pendio, pari a circa 37°.

La condizione di subverticalità è spiegabile attribuendo ai materiali in studio una coesione derivante principalmente dalla presenza di una matrice fine e dall'effetto del mutuo incastro fra i ciottoli.

Si procede dunque alla verifica di stabilità delle scarpate valutando la coesione necessaria a garantirne la stabilità ( $F=1$ ), attribuendo ai terreni ghiaiosi un angolo di attrito interno pari a 37°, secondo quanto ricavato anche da osservazioni dirette.

Per i parametri di resistenza al taglio dei terreni di copertura prevalentemente limosi ed i terreni in riporto si fa riferimento ai valori ottenuti da bibliografia e da analisi di laboratorio effettuate su terreni misti ricostituiti, assimilati ai terreni utilizzati per la realizzazione di rilevati all'interno del Polo Estrattivo 5 (Allegato 2).

Dalle prove di taglio effettuate su una miscela di terreni prelevati all'interno della vicina cava Casino Magiera, è emerso un angolo d'attrito pari a 28° ed una coesione pari a 11.28 kPa. Questi valori, derivati da campioni ricostituiti, sono stati utilizzati, in maniera cautelativa, per rappresentare il cappellaccio in posto. Per quanto riguarda i terreni di riporto per la sistemazione, che saranno giustapposti e compattati coi mezzi meccanici, è stato cautelativamente abbassato l'angolo di attrito fino a 23°, per una maggior sicurezza.

Tipo di terreno	Parametri geotecnici	
Ghiaie	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	1900
	$\phi'$ (°)	37
	$c'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.08-0.05
Cappellaccio	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	1900
	$\phi'$ (°)	28
	$c'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.11
Terreno di riporto	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	1750
	$\phi'$ (°)	23
	$c'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.11

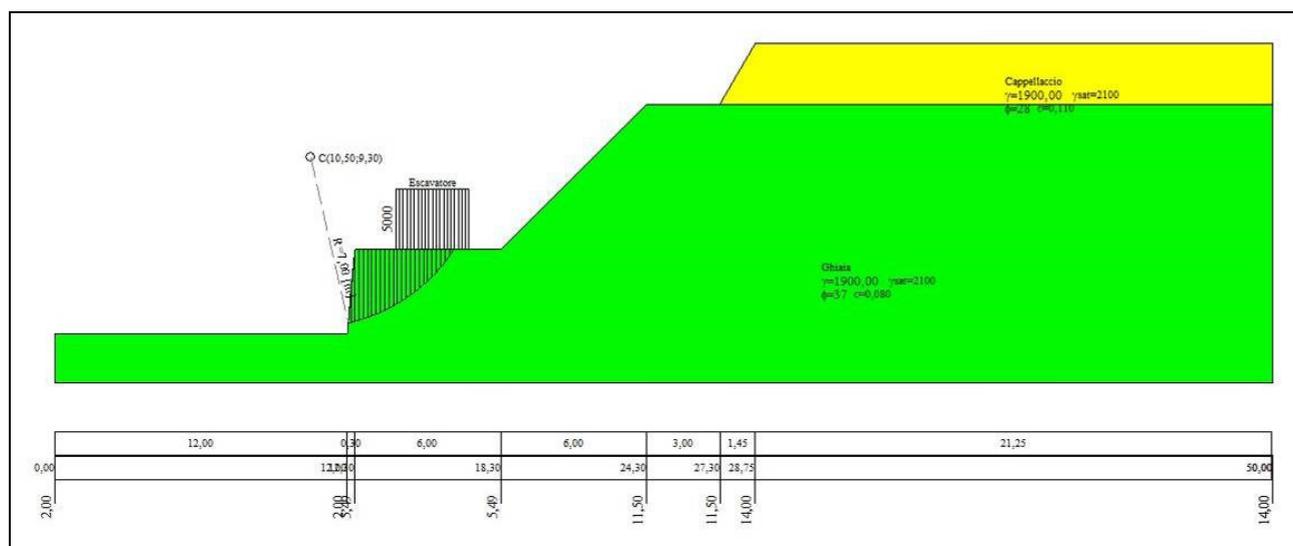
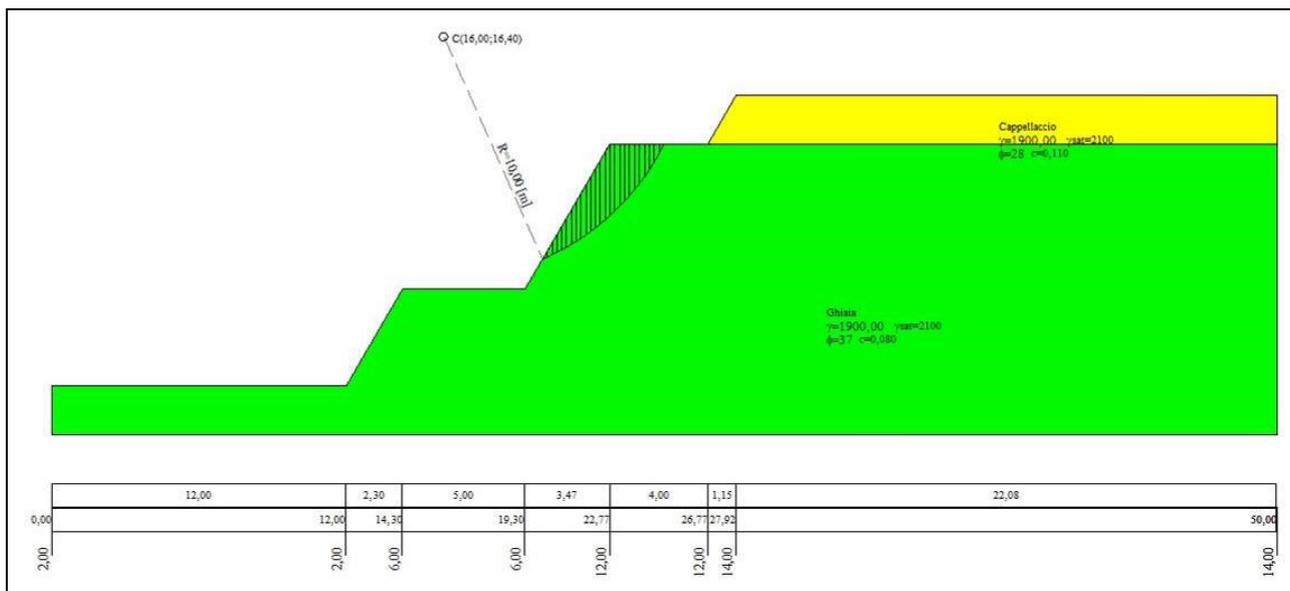
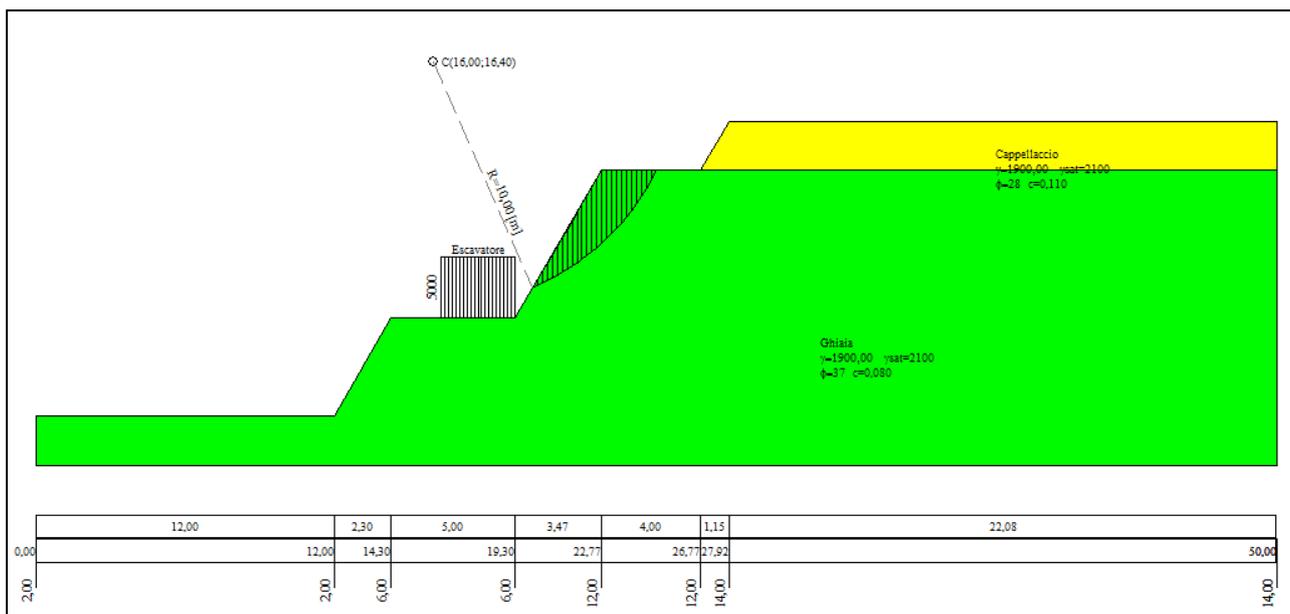


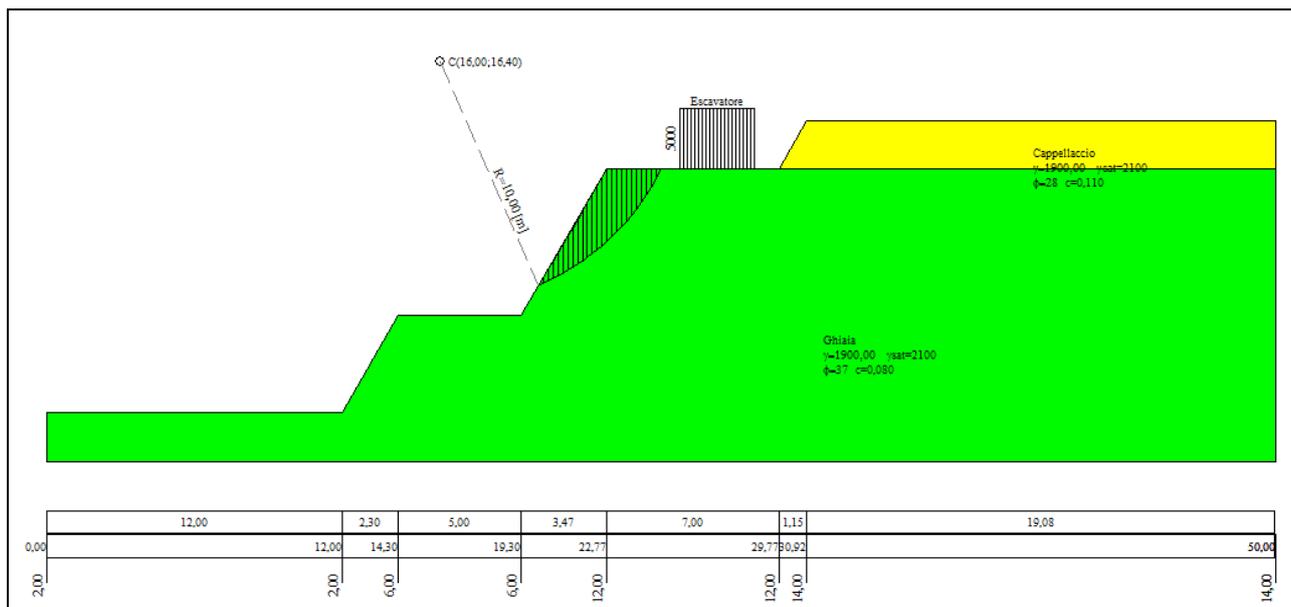
Figura 34 - Geometria di verifica fronte in avanzamento operativo



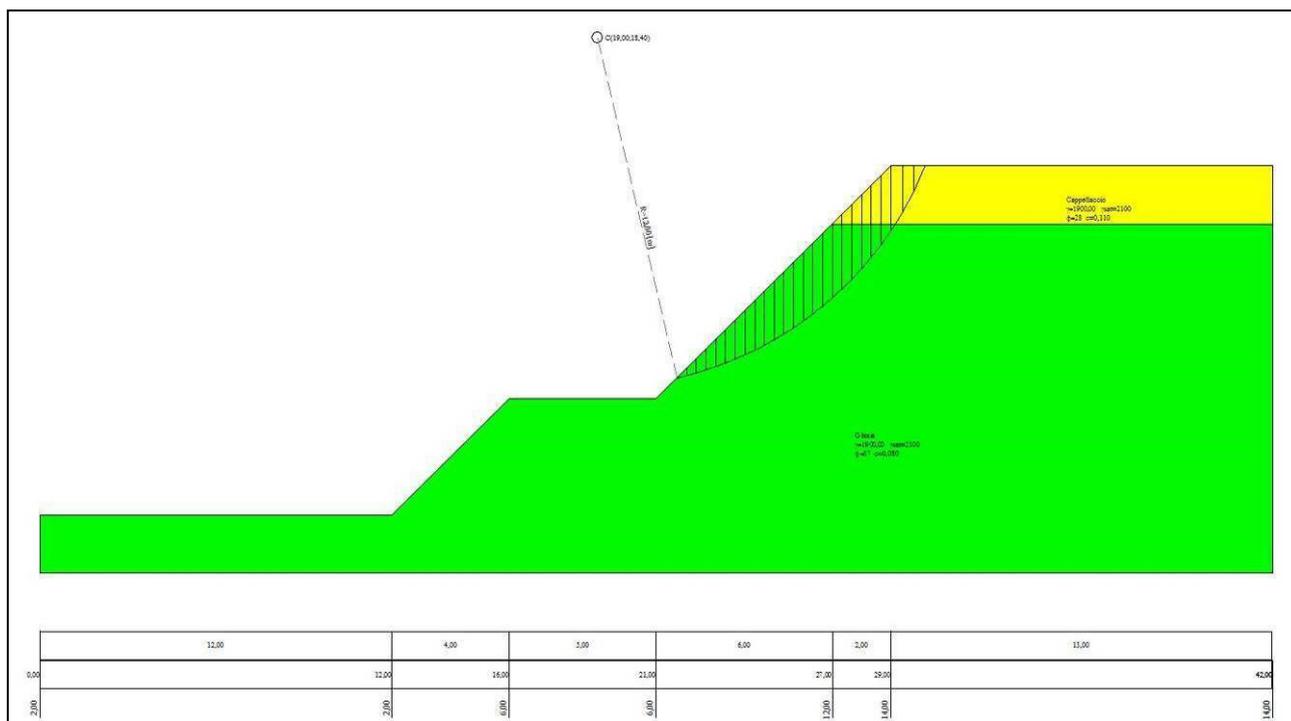
*Figura 35 - Geometria di verifica fronte in avanzamento*



*Figura 36 – Geometria di verifica del fronte di scavo in avanzamento, con carico distribuito assimilato ad uno escavatore in funzione sul gradone*



*Figura 37 - Geometria di verifica del fronte di scavo in avanzamento, con carico distribuito assimilato ad uno escavatore in funzione sul tetto delle ghiaie*



*Figura 38 - Geometria di verifica fronte di fine scavo*

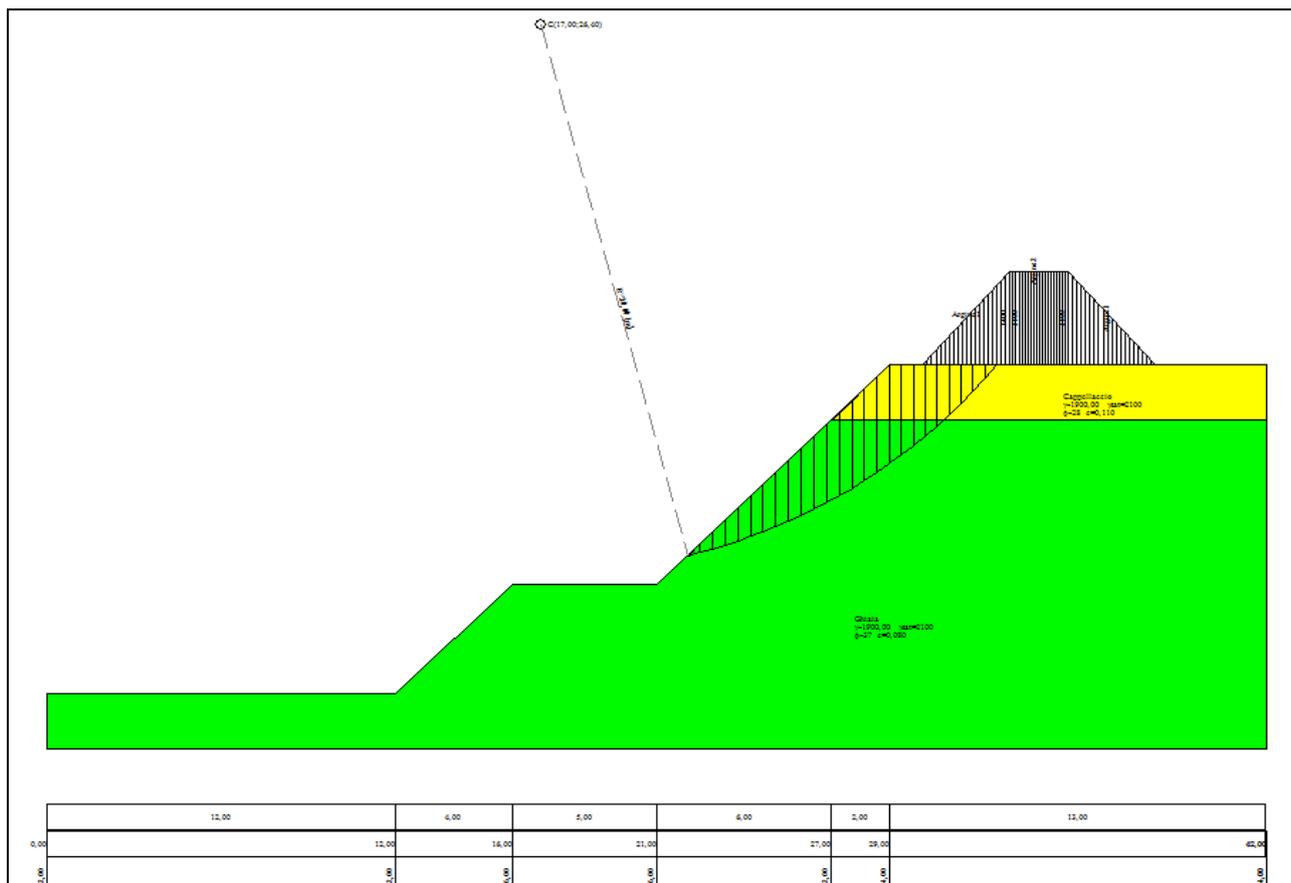


Figura 39 - Geometria di verifica fronte di fine scavo, con carico assimilabile ad argine di protezione.



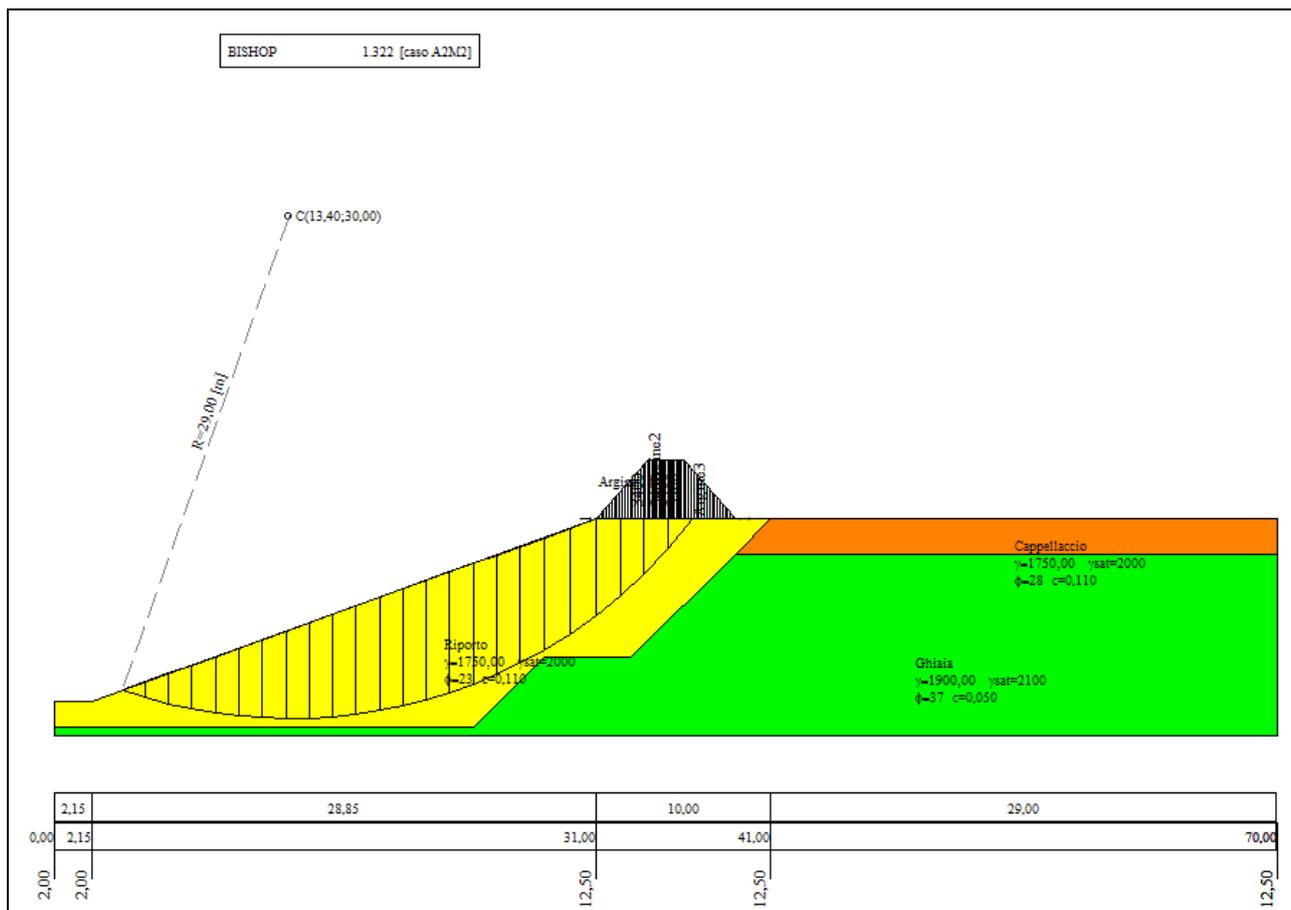


Figura 42 - Geometria di verifica fronte di sistemazione definitivo, con tombamento a 10 m e carico distribuito assimilabile all'argine ricostituito a piano campagna

### 3.3.2.7 Risultati delle analisi di stabilità

I coefficienti di sicurezza minimi vengono riportati nella tabella seguente.

Fronti di verifica	Cond. statiche $F_{S_{min}}$	Cond. dinamiche (sisma) $F_{S_{min}}$
<b>Fronte di avanzamento operativo con escavatore</b> Pendio 85°-45° con banca h=12	1.103	1.138
<b>Fronte di avanzamento con e senza escavatore</b> Pendio 60° con banca h=12	1.128	1.104
<b>Fronte di fine scavo</b> Pendio 45° con banca h=12	1.222	1.196
<b>Fronte di fine scavo con argine</b> Pendio 45° con banca h=12	1.130	1.103
<b>Fronte di sistemazione provvisorio</b> Pendio unico, 30° h=10.5	1.448	1.309
<b>Fronte di sistemazione definitivo</b> Pendio unico, 20° h=10.5	1.791	1.563
<b>Fronte di sistemazione definitivo con ritombamento a 10 m e argine</b> Pendio unico, 20° h=10.5	1.509	1.322

Le verifiche di stabilità effettuate sul fronte in avanzamento, ed in particolare nell'ipotesi della presenza di uno escavatore al di sopra del tetto delle ghiaie, sono verificate con fattore di sicurezza pari a  $F_s=1.104$  in condizioni sismiche solamente se il mezzo si trova ad una distanza minima di circa 3 m dal ciglio di scavo. Per operare in sicurezza, durante l'avanzamento degli scavi con la geometria descritta, sarà necessario rispettare tale condizione.

**I fronti di fine scavo e di sistemazione, sia in condizioni statiche sia in condizioni dinamiche (sisma) risultano verificati positivamente per i valori di  $F_{S_{min}} > 1.1$ .**

### 3.3.2.8 Conclusioni

In considerazioni della morfologia di scavo e sistemazione, nonché delle norme di PAE e delle risultanze delle verifiche di stabilità, è quindi possibile assegnare nel breve e lungo periodo un livello di **impatto nullo** alla componente stabilità.

### **3.4 IMPATTI PER ACQUA**

Gli eventuali impatti relativi al tema "acqua" riguardano principalmente i possibili inquinamenti a danno della qualità delle acque superficiali e sotterranee: va infatti ricordato che di per se l'attività estrattiva rappresenta un periodo modesto, ma che con la propria azione tende ad aumentare la vulnerabilità intrinseca dei corpi acquiferi sotterranei. Si tenga presente che tale rischio è attualmente già presente sull'area del Polo, essendo l'attività estrattiva già in essere, e che aumenterà parallelamente all'aumento delle aree private del terreno di copertura.

In merito ai consumi idrici, le attività estrattive di inerti di conoide in cave di pianura, condotte secondo l'utilizzo di escavatori meccanici, non contempla l'utilizzo di risorsa idrica.

#### **3.4.1 CONSUMI IDRICI**

Facendo riferimento alle numerose cave attive adiacenti all'area in oggetto, ed allo stato in cui si trovano nel periodo estivo, le operazioni previste dal progetto di coltivazione e sistemazione della cava "Aeroporto 2015" non sono idroesigenti, compatibilmente alla normale pratica estrattiva di ghiaie e sabbie. Gli unici consumi di acqua registrabili sono strettamente legati alle periodiche operazioni di bagnatura delle piste di cava per abbattere e prevenire emissioni polverulente diffuse. Le lavorazioni e le movimentazioni degli inerti, nonché del loro strato di copertura sono sorgenti di aerodispersione. Durante l'esercizio dell'attività di cava è pertanto necessario l'approvvigionamento idrico per operazioni di periodica bagnatura delle piste eseguite con l'ausilio di autobotte, eseguita con maggior frequenza in corrispondenza della stagione calda-secca.

Nel periodo interessato dalle operazioni estrattive di cui alle previsioni del PAE, la componente "consumi idrici" non registrerà variazioni rispetto allo stato di fatto. Alla componente "Consumi idrici" è pertanto assegnato un **impatto nullo** sia a breve, sia a lungo termine.

#### **3.4.2 SCARICHI IDRICI E ACQUE SUPERFICIALI**

In materia di scarichi è bene sottolineare come la normativa regionale (D.G.R. 1860 del 2006) esclude dall'ambito di applicazione delle acque reflue di dilavamento, le acque meteoriche provenienti dai fronti di cava in quanto trattasi di "aspetti connessi alla regimazione delle acque meteoriche che dilavano in condizioni naturali una superficie di suolo". Le acque provenienti dal fronte di cava sono di fatto riconducibili ed equiparate al naturale deflusso dei fronti che si origina durante un evento meteorico. Pertanto, come nel caso in esame, qualora nell'area di cava non compaiano aree destinate alla lavorazione del materiale o comunque stoccaggi di materiale dal quale potrebbe derivare il dilavamento di sostanze pericolose, le acque piovane allontanate dal sito

non presentano la natura giuridica di scarichi ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. Con riferimento al caso specifico, dell'attività estrattiva in progetto nella cava "Aeroporto 2015", non si genereranno scarichi industriali.

Gli unici deflussi provenienti dall'area d'intervento sono riconducibili alle sole acque meteoriche scolanti la campagna circostante. Queste, raccolte dai fossi di guardia che saranno appositamente realizzati lungo il perimetro estrattivo a protezione delle aree di cava dai dilavamenti esterni, ove non presenti, saranno recapitate nei fossi stradali in linea con le tecniche di drenaggio attuali ed in continuità con gli interventi di regimazione delle acque già in essere. Tali deflussi, corrispondenti ad acque meteoriche drenanti superfici esterne all'area produttiva, sono da paragonarsi a normali condizioni di scolo superficiale del terreno naturale dell'area circostante che, in assenza della cava, raggiungerebbero comunque la rete di scolo stradale seguendo la naturale morfologia di sito, ovvero i fossi e gli scoli perimetrali ai singoli appezzamenti agricoli. Non sussiste la problematica del fenomeno del trasporto solido in quanto dilavamenti esterni all'area produttiva.

Le acque meteoriche interne all'area di cava, in funzione dell'elevata capacità drenante del substrato messo a nudo con l'attività estrattiva, ovvero dell'orizzonte ghiaioso ad elevata permeabilità presente in sito, saranno naturalmente drenate nel sottosuolo per gravità senza pertanto la necessità di predisporre un reticolo interno di raccolta e scarico delle stesse.

Al termine dello scavo verranno mantenute le opere di regimazione delle acque messe in atto in fase operativa, che continueranno a svolgere la loro funzione nel tempo, in particolare i fossi di guardia perimetrali al vuoto di cava al fine di limitare gli afflussi meteorici in ingresso dall'esterno.

In relazione alla sistemazione del primo strato superficiale di terreno a ricoprimento del fondo cava, e conseguentemente alla riduzione della velocità di filtrazione in fase di scavo, lo smaltimento delle acque meteoriche dal piano di sistemazione avverrà comunque prioritariamente grazie al naturale potere drenante dei materiali messi a dimora al di sopra del sottostante strato ghiaioso, la cui granulometria e tessitura consentirà di evitare ristagni. Al fine di far fronte a fenomeni di piogge intense, ovvero con intensità superiore alla velocità di infiltrazione nel terreno di ritombamento posto a fondo cava, sarà conferito al fondo stesso ed ai fossi di scolo perimetrali pendenza verso l'angolo nord-nord-est di entrambe le porzioni di cava. Qui saranno predisposti due bacini di raccolta delle acque meteoriche, che consentano di raccogliere le acque in eccesso evitando ristagni ed allagamenti diffusi.

Si conclude pertanto che relativamente alla componente scarichi idrici è possibile attribuire a breve e lungo termine un **impatto nullo.**

### **3.4.3 IDROLOGIA SOTTERRANEA E INQUINAMENTO ACQUE SOTTERRANEE**

Per quanto riguarda la possibile interferenza delle acque sotterranee dovuto all'attività estrattiva non risultano fattori che, in condizioni di ordinaria gestione delle lavorazioni di cava, potrebbero comportare alternanze quali-quantitative dei flussi di falda.

L'area in esame è compresa in un'area di potenziale vulnerabilità dell'acquifero in considerazione della presenza di una falda freatica sottostante e della litologia di zona. Nello specifico, il settore occidentale del Polo 5 si pone perlopiù in zona a grado di vulnerabilità elevata ed estremamente elevata (Figura 15) in virtù della scarsa presenza o assenza della copertura superficiale di tipo prevalentemente argilloso e limoso. L'attività di cava e l'asportazione dello strato superficiale di copertura produrrà alterazione all'assetto geologico, che si esprimerà principalmente con l'aumento dell'infiltrazione efficace e con diminuzione di tempi di raggiungimento della falda da parte delle acque meteoriche e/o di eventuali sversamenti di inquinanti.

In relazione a ciò, la percolazione delle acque meteoriche dal fondo cava, vista l'assenza di potenziali fattori di rischio o comunque stoccaggi/lavorazioni di materiali pericolosi, è di fatto assimilabile a quella di condizioni naturali senza costituire pericolo per la falda. L'esercizio dell'attività estrattiva in cava "Aeroporto 2015" non prevede l'utilizzo di sostanze pericolose, la presenza di serbatoi, vasche o bacini interrati quali fonti di possibile dispersione di inquinanti nel sottosuolo che potrebbero percolare in profondità intercettando flussi di acque sotterranee.

Durante le fasi di scavo in cui si interverrà sulle ghiaie già sprovviste di coperture terrose, i fattori di potenziale impatto sono riconducibili ai seguenti:

- a) Eventuale infiltrazione diretta in ghiaia di acque di ruscellamento superficiale con dilavamento del terreno agrario circostante e quindi apporti in falda di concimi chimici, senza alcuna possibilità di denitrificare da parte del terreno agrario;
- b) Pur remota, ma non da escludere la possibilità che si verifichino accidentali sversamenti di sostanze inquinanti dai mezzi d'opera (una eventuale fonte di tale possibilità) quali oli, carburanti, ecc.. In tale situazione saranno messe repentinamente in atto tutte le procedure necessarie ad arginare le dispersioni e proteggere suolo e sottosuolo da potenziali contaminazioni;
- c) Eventuale infiltrazione di acque meteoriche fortemente aggressive senza adeguato effetto tampone del terreno. Tale condizione, legata ad eventi naturali non prevedibili, sarà limitato al periodo di escavazione, per annullarsi nel lungo periodo con la ricostruzione dello strato di copertura allestito in fase di sistemazione.

Per quanto concerne il primo aspetto, il rischio viene sostanzialmente annullato in considerazione del fatto che su tutta la lunghezza del perimetro di scavo è prevista la realizzazione di un fosso di guardia funzionale all'allontanamento delle acque provenienti dall'esterno.

In merito al rischio d'intercettazione della falda con i lavori di scavo è opportuno sottolineare come tali operazioni, in virtù dei risultati dei monitoraggi idrici di cui alla Figura 14, consentono di operare costantemente in presenza livelli di soggiacenza della falda compatibili al franco di sicurezza di 1.5 m fissato dall'art. 32 delle NTA del PAE del Comune di Modena. Infatti, come riportato nel paragrafo 2.2.2, i livelli di falda si attestano mediamente durante l'arco dell'anno a profondità comprese tra 19 e 17 m da p.c., fatto salvo le normali oscillazioni stagionali che comunque interessano esclusivamente limitati periodi stagionali. Rispetto alla profondità massima di scavo -12 m da p.c. è quindi garantito un franco minimo di 5.0 m, oltre il limite normativo.

Da un punto di vista del potenziale impatto indotto dall'attività estrattiva nei confronti della risorsa idrica potabile, l'area in oggetto si trova a monte dei campi acquiferi di Marzaglia, ma al di fuori della fascia di rispetto dei 200 m, non producendo nessun tipo di impatto sugli stessi.

Considerata la vulnerabilità dell'acquifero, per prevenire il rischio di un potenziale evento contaminante e consentirne l'immediato accertamento, è prevista un'apposita rete di controllo piezometrico ed idrochimico locale mediante l'utilizzo, in considerazione del verso di flusso della falda idrica, dei piezometri e dei pozzi a monte e a valle dell'area estrattiva preventivamente concordati con ARPA e stabiliti dal piano di monitoraggio dell'intero polo estrattivo 5; ciò al fine di poter individuare possibili variazioni della qualità delle acque sotterranee conseguenti all'attività. I risultati quali-quantitativi misurati in questi anni relativamente ai monitoraggi delle attività estrattive in essere hanno dimostrato come l'attività delle cave in questo settore del Comune di Modena non figurino come sorgente di pressione ed impatto per la risorsa idrica sotterranea.

A lungo termine il progetto di sistemazione dell'area prevede il recupero naturalistico del fondo e delle scarpate, da realizzarsi previo parziale ritombamento del vuoto di cava (quota di fondo scavo sistemato -10.5 m da p.c.), con materiali prevalentemente ricavati in situ durante l'attività di escavazione, per uno spessore di 1.5 m a ricostruire un sub-strato superficiale di terreno agronomicamente idoneo al rinverdimento ed agli usi previsti dal progetto di sistemazione. A tal fine si prevede: un primo riporto di materiali terrosi misti a sterili o limi disidratati di frantoio, ottenuti dalla lavorazione ad umido dell'inerte e/o terreni di scarto, opportunamente immorsati al sottostante livello ghiaioso; un riporto superficiale di terreno di coltura migliorato per uno spessore non inferiore a 50 cm.

Tale accorgimento porterà nel lungo termine a ripristinare le naturali condizioni di drenaggio del sito con riduzione della permeabilità delle aree di fondo cava, riducendo il fattore di rischio per le falde sotterranee rispetto a quanto indicato per la fase di escavazione.

In merito alla protezione della falda da garantire nel lungo periodo una volta completato il piano estrattivo, il riferimento si trova nella Relazione 2.4 del PC che indica per le aree a destinazione naturalistica una quota fissa di 1.5 m da fondo scavo, da raggiungersi mediante il parziale tombamento del vuoto di cava. Il progetto di sistemazione morfologica del sito, ricalcando tale assunzione, si confà compatibile con i dettati prescrittivi.

Si conclude che relativamente alla componente inquinamento acque sotterranee è attribuibile a breve termine un **impatto medio** in relazione al rischio potenziale derivabile in situazioni di emergenza, con passaggio ad **impatto nullo** al rilascio del sito estrattivo a lungo termine.

### **3.5 PRODUZIONE DI RIFIUTI**

Nel campo delle attività estrattive il riferimento normativo per la componente rifiuti è il D.Lgs. 117/2008. Ai sensi di tale decreto risultano classificabili come "rifiuti di estrazione" i materiali di risulta dell'attività estrattiva quali cappellaccio e sterili, che per loro caratteristiche granulometriche e tessiture non trovano un adeguato mercato al di fuori dell'ambito di cava, se non quello di essere utilizzati per i riempimenti e/o rilevati di minore importanza. È quindi possibile che durante l'avanzamento dei lavori di coltivazione emergano dei materiali non destinati al normale circuito commerciale. Se non riutilizzati internamente al sito in interventi di sistemazione finale di cava, questi sono da considerarsi rifiuti dell'attività estrattiva.

In attuazione al decreto legislativo del 30 maggio 2008 n° 117, il piano di coltivazione e sistemazione dovrà essere corredato da un piano di gestione dei rifiuti di estrazione finalizzato prioritariamente alle attività di sistemazione finale dell'area di cava che li ha prodotti; verranno di fatto considerati "rifiuti di estrazione" i soli materiali derivanti dalla coltivazione della cava per i quali non è prevista la commercializzazione.

Il cappellaccio, gli spurghi e sterili di estrazione, non sono comunque quantificabili esattamente a priori, in quanto dipendenti dalla variabilità stratigrafica e litologica che si incontrerà proseguendo con le lavorazioni. In relazione ai rilievi stratigrafici a disposizione ed agli esiti delle operazioni di scavo in corso nelle aree adiacenti, è possibile suddividere gli scarti di estrazione in:

- Cappellaccio, ovvero il primo strato superficiale di terreno di copertura dell'orizzonte ghiaioso a prevalente composizione organica e vegetazionale;
- Spurghi e sterili, ovvero lenti di argilla o altre intercalazioni intercluse nel giacimento.

Questi materiali di natura terrosa, non idonei alla commercializzazione, saranno accumulati in sito in attesa del loro reimpiego integrale nell'ambito del progetto di sistemazione finale del sito estrattivo per il parziale colmamento del vuoto di cava, ovvero per ricreare uno strato superficiale di terreno agronomicamente idoneo alla colonizzazione delle essenze erbacee, arbustive ed arboree previste dal progetto stesso. È quindi ragionevole supporre che non vi sarà produzione di rifiuti di estrazione in uscita dal sito. In alternativa, in funzione della tipologia di materiale sarà attribuito al rifiuto in uscita uno specifico codice CER ed indirizzato prioritariamente ad impianti di recupero autorizzati, in subordine a smaltimento.

Non si prevede in fase di esercizio dell'attività di cava la produzione di ulteriori tipologie di rifiuti se non quelli eventualmente legati alle attività di ordinaria e straordinaria manutenzione dei mezzi di cava che troveranno la loro area di deposito temporaneo in attesa di conferimento esterno nel piazzale di ingresso all'ambito.

Nell'adempimento delle corrette pratiche di gestione delle aree di deposito dei rifiuti, non si prevedono rischi di potenziale contaminazione del suolo e del sottosuolo.

A breve termine, ovvero nel corso dell'attività estrattiva, dal punto di vista di produzione dei rifiuti è attribuibile pertanto un **impatto lieve** mitigato dalla corretta gestione degli stessi. Tale aspetto assumerà valori di **impatto nullo** a lungo termine.

### **3.6 IMPATTI PER ATMOSFERA**

Relativamente alla componente aria i possibili fattori impattanti indotti dall'attività estrattiva in progetto sono i seguenti:

- emissioni diffuse di natura polverulenta;
- emissioni da gas di scarico dei mezzi operatori o dedicati al trasporto dei materiali.

Non si prevedono emissioni convogliate di natura puntiforme o altre tipologie di inquinanti. In particolare l'attività in progetto genererà:

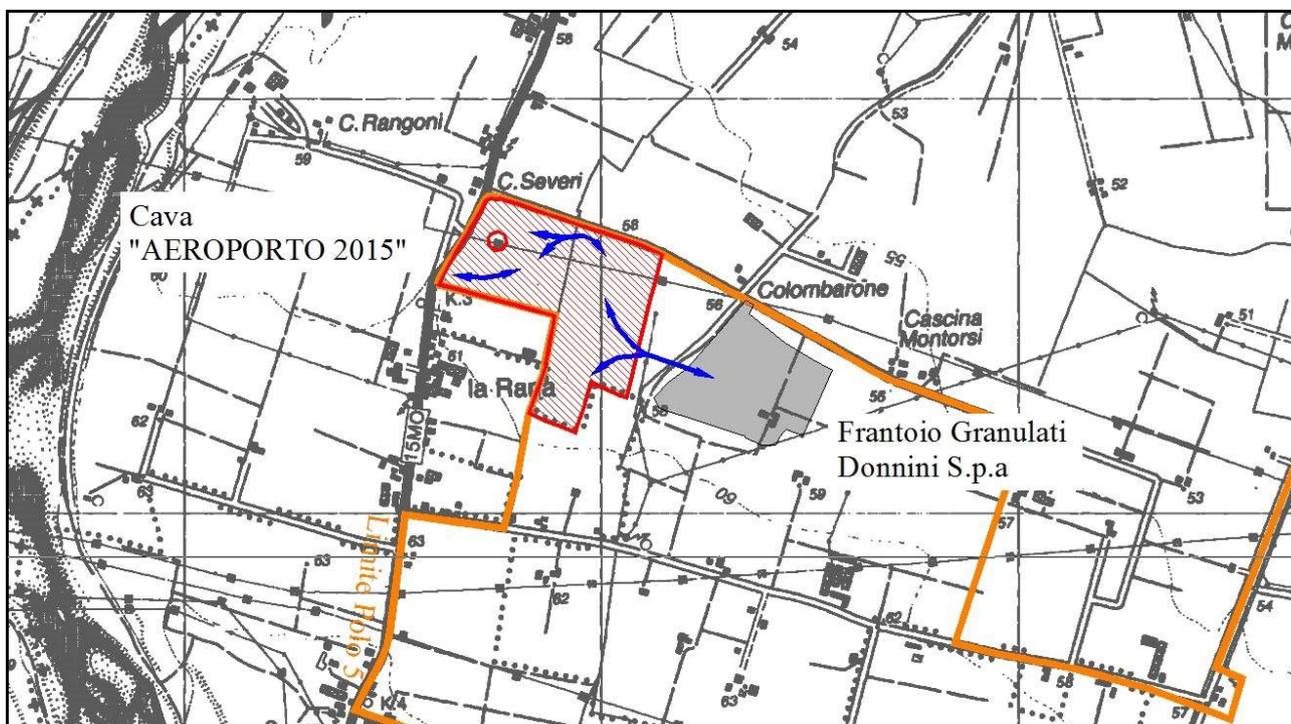
- polveri prodotte dai mezzi meccanici nelle operazioni di:
  - scotico-carico-scarico del materiale superficiale,
  - scavo-carico del materiale ghiaioso utile,
  - movimentazione/carico-stesa del materiale per sistemazioni morfologiche;
- polveri dovute all'erosione del vento dei cumuli di materiale stoccato (sterili, cappellaccio e spurghi);
- polveri rilasciate in fase di trasporto del materiale, sia terroso sia ghiaioso, all'interno ed all'esterno del sito, fino ai luoghi destinati allo stoccaggio o all'impianto di trasformazione;

- gas di scarico provenienti dai motori degli automezzi pesanti (trasporto) e dei mezzi d'opera (scavo/movimentazione-carico-scarico).

Si sottolinea che il quadro progettuale in esame non sarà responsabile di un profondo mutamento dell'attuale stato di fatto ambientale. La cava Aeroporto 2015 si inserisce infatti in un ambito caratterizzato dalla presenza di attività estrattive consolidate, il Polo n. 5, nel quale le nuove realtà estrattive andranno a sostituire/proseguire le precedenti (derivanti da precedenti pianificazioni) in fase di esaurimento, secondo quanto pianificato nel PAE/PIAE 2009 e nel PC.

Inoltre gli impatti di polvere e rumore indotti dalle attività estrattive verso i recettori saranno adeguatamente mitigati adottando opportuni accorgimenti come la realizzazione di arginature perimetrali all'area estrattiva, l'impiego di mezzi di trasporto e macchine operatrici conformi alle vigenti normative relative alle emissioni gassose ed acustiche, la frequente bagnatura nei periodi secchi di viabilità di transito, aree di manovra e piste interne alla cava, la riduzione al minimo della velocità di transito sulla viabilità di cantiere, etc.

Dato atto che i materiali di produzione coltivati nella la cava Aeroporto 2015 sono destinati presumibilmente al vicino frantoio di Marzaglia di proprietà della ditta esercente, raggiungibile mediante piste interne di cantiere poste a fondo cava, l'attività estrattiva in oggetto non prevede l'interessamento della viabilità pubblica e pertanto lo sviluppo degli impatti correlati al trasporto in aree esterne all'area di lavorazione.



*Figura 43 – Ubicazione impianto di destinazione del materiale estratto*

Nell'ambito del Polo n. 5 sarà attuato e rispettato il piano di monitoraggio allegato al PC, che riguarderà, con le modalità definite da ARPA, anche la matrice aria, per il controllo in particolare delle PM10 (cfr. fascicolo E "Piano di monitoraggio").

### **3.6.1 STIMA DELLE EMISSIONI DIFFUSE**

Le emissioni di polvere in atmosfera generate dall'attività estrattiva risultano di difficile quantificazione in quanto non localizzabili in modo puntuale (ad esempio in un camino), come avviene per diverse realtà industriali. La stima preventiva dei potenziali impatti sulla componente atmosfera si ottiene tramite l'applicazione di un modello matematico di simulazione della dispersione degli inquinanti.

L'entità delle possibili aerodispersioni di materiale particellare derivanti dall'attività di coltivazione è strettamente correlata alla tipologia litologica oggetto di estrazione, alla granulometria, al peso specifico, alle condizioni meteorologiche, alla morfologia ed operatività del sito, descritte nei precedenti capitoli.

La stima preventiva dei potenziali impatti sulla componente atmosfera associati alla coltivazione della cava AEROPORTO 2015 può essere condotta solo attraverso l'applicazione di un opportuno modello di dispersione degli inquinanti.

Una sostanza, infatti, una volta immessa nell'atmosfera, per effetto di numerosi fenomeni come il trasporto dovuto all'azione del vento, la dispersione ad opera dei moti turbolenti dei bassi strati dell'atmosfera, la deposizione ecc., si distribuisce nell'ambiente circostante, diluendosi in un volume di aria di dimensioni più o meno grandi in funzione delle particolari condizioni atmosferiche presenti. Ciò significa, in altri termini, che se una sostanza viene immessa nell'atmosfera in un determinato punto del territorio (sorgente) ad un dato istante e con determinate modalità di emissione, è possibile ritrovarla in altri punti del territorio dopo un tempo più o meno lungo, con un diverso valore di concentrazione in funzione della diluizione che ha subito lungo il suo tragitto.

Se si ipotizzasse che l'unico mezzo conoscitivo sia la misura delle concentrazioni, in pratica il controllo della qualità dell'aria potrebbe essere effettuato solo a posteriori ed in un numero finito di punti coincidenti con le prestazioni di misura delle varie reti di rilevamento presenti sul territorio nazionale. Tale numero, estremamente esiguo, non consente certo di ottenere una fotografia, anche se approssimata, della distribuzione spazio-temporale della concentrazione dei vari inquinanti di interesse. Per poter fare un passo in avanti è necessario l'impiego di modelli matematici di simulazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera.

In generale un modello è uno strumento matematico/informatico che persegue l'obiettivo di ricostruire il più fedelmente possibile lo stato della concentrazione dei vari inquinanti in un dominio di calcolo spazio temporale d'interesse, ossia di prevedere l'evoluzione nel tempo del loro campo di concentrazione  $C(x,y,z;t)$ . Di per sé esso non ha limitazioni nel fornire indicazioni in ogni punto del territorio, tuttavia il problema sta in quanto la previsione del modello sia realistica. È evidente che il modello, in quanto tale, costituirà sempre un'approssimazione della realtà associata alle assunzioni, alle semplificazioni e alle schematizzazioni adottate, pertanto le sue previsioni saranno sempre in un certo modo in disaccordo con quanto eventualmente misurato.

Nel complesso, comunque, la modellazione rappresenta uno strumento efficace per comprendere le relazioni tra emissioni ed immissioni, stimare in via preventiva i contributi delle diverse sorgenti alle concentrazioni in una determinata area ed indirizzare le azioni e valutare l'efficacia delle misure di contenimento delle emissioni in atmosfera.

Nel caso specifico si è scelto di utilizzare il **modello di dispersione AERMOD**, consigliato e raccomandato dall'agenzia statunitense US-EPA (Environmental Protection Agency). Si tratta di un modello stazionario gaussiano in grado di descrivere la dispersione degli inquinanti in atmosfera simulando l'effetto di sorgenti sia al suolo che in quota e su terreni semplici o complessi. In particolare, come tutti i modelli stazionari, opera per strati quasi-stazionari, cioè ipotizza che l'evoluzione temporale del fenomeno di dispersione sia il risultato di una sequenza continua e discreta di scenari temporali di durata sufficiente a rendere rappresentativa la stima del valor medio di concentrazione.

Si è scelto di far calcolare al programma i valori di concentrazione media annuale di PM10 in tutti i punti del dominio, definito nella sezione del file di input dedicata ai recettori, nell'ipotesi, assunta per semplicità, di terreno piano.

Non si sono calcolati i flussi di deposizione associati a fenomeni di rimozione umida e secca del particolato atmosferico, nonostante tali fenomeni non siano stati esclusi dal processo di calcolo delle concentrazioni. Per il processo di deposizione si è utilizzati il metodo 2 proposto dal software, utilizzabile quando la distribuzione granulometrica delle particelle non è perfettamente nota e la frazione di particelle con diametro di circa 10  $\mu\text{m}$  è inferiore al 10% in massa, specificando per ogni sorgente la percentuale di PM2.5 all'interno del PM10 (60%) ed il diametro aerodinamico medio dello stesso.

Non si è considerata la componente secondaria delle polveri fini, ossia quella quantità di PM10 che non viene immessa direttamente nell'ambiente dalle sorgenti locali, ma che deriva da solfati e nitrati presenti in aria a seguito di modificazioni di tipo chimico/fisico spesso coinvolgenti

l'ossigeno atmosferico, la luce e particelle provenienti da zone esterne all'area di studio. Non si è considerata nemmeno la frazione di PM10 detta "coarse particulate", costituita dal particolato proveniente da suoli, polveri, sale marino e particelle biologiche.

Infine i periodi di mediazione sono stati scelti in modo da poter confrontare direttamente i risultati delle misurazioni, opportunamente incrementati del valore della concentrazione di fondo per il PM10 nell'area considerata, con i valori limite di legge fissati per tale inquinante, dal D.L. 13 agosto 2010 n. 155.

### *3.6.1.1 Sorgenti emissive e Parametri di Emissione*

Il modello è in grado di trattare diverse tipologie di sorgenti emissive: puntuali, areali e volumetriche. La semplificazione introdotta attraverso tali schematizzazioni, che prevedono in generale la riconduzione di sorgenti emissive di forma irregolare ad altre equivalenti di forma regolare, è senz'altro ingente, ma costituisce l'unica possibilità per l'applicazione del modello alla realtà complessa del sito.

Dalla lettura di tale modello si possono ottenere indicazioni, seppur in via previsionale, dell'entità delle potenziali ricadute di polveri ai recettori R1, R2 e R3 in oggetto. Pertanto in questa sede di valutazione previsionale degli impatti, i risultati del modello possono essere assunti rappresentativi anche per il caso di studio in attesa dei reali risultati delle campagne di indagine puntuale previste dal piano di monitoraggio da condursi periodicamente in fase di esercizio.

L'ipotesi di ampliamento della cava AEROPORTO 2015 potrebbe generare una variazione della concentrazione in aria di PM10, ossia, per definizione, del materiale particolato in grado di penetrare attraverso un ingresso dimensionale selettivo conforme al metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM<sub>10</sub> (norma UNI EN 12341), con un'efficienza di penetrazione del 50% per materiale particolato con diametro aerodinamico di 10 µm.

Si è deciso di ipotizzare uno scenario peggiorativo, relativo alle emissioni prodotte in un anno di attività con rimozione di tutto il cappellaccio e tutta la ghiaia autorizzabile, unitamente alla movimentazione del materiale terroso che avverrà per la sistemazione delle aree restanti. Si sono pertanto definite 4 sorgenti emissive, due identificate con i lotti C e D e due rappresentative delle aree in cui si effettuerà trasporto e movimentazione del materiale terroso ai fini della sistemazione (MOV-nord e MOV-sud) (Figura 44).

La modellazione eseguita nell'ambito della redazione del presente progetto al fine di ricostruire l'andamento della concentrazione media giornaliera di PM10 in un intorno significativo dell'area d'intervento, è stata redatta secondo i seguenti criteri:

- la riconduzione di sorgenti emissive di forma irregolare ad altre equivalenti di forma regolare;
- suddivisione dell'area d'intervento, a forte complessità areale, in 4 sorgenti di cui 2 corrispondenti ai lotti di scavo e due corrispondenti alle restanti aree in sistemazione; i fattori di emissione sono calcolati tenendo conto dei contributi derivanti dalle varie fasi di lavorazione.

Tabella 1 Quantitativi di materiale estratto e/o movimentato

<b>STIMA DELLE EMISSIONI DI PM10</b>	<b>LOTTO C</b>	<b>LOTTO D</b>	<b>MOV-nord</b>	<b>MOV-sud</b>
<b>Area totale [m<sup>2</sup>]</b>	<b>8'480</b>	<b>6'175</b>	<b>106'445</b>	<b>27'790</b>
<b>Area scavo [m<sup>2</sup>]</b>	<b>8'470</b>	<b>690</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Ghiaia in cumulo [m <sup>3</sup> ]		<b>15'791</b>		
Ghiaia utile [m <sup>3</sup> ]	<b>61'065</b>	<b>21'210</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Spurgo [%]	5%	5%		
Ghiaia totale [m <sup>3</sup> ]	64'279	21'495		
Cappellaccio [m <sup>3</sup> ]	18'410	1'553		
Scavo totale [m <sup>3</sup> ]	82'689	23'048		
Profondità cappellaccio (m)	<b>2,17</b>	<b>2,25</b>	<b>3,00</b>	<b>1,50</b>
<b>CAPPELLACCIO</b>				
Cappellaccio totale [m <sup>3</sup> ]	<b>18'410</b>	<b>1'553</b>	<b>94'266</b>	<b>24'610</b>
<b>GHIAIA</b>				
Ghiaia totale [m <sup>3</sup> ]	<b>64'279</b>	<b>21'495</b>		
<b>LUNGHEZZA STRADE CAVE-FRANTOIO</b>	<b>735</b>	<b>227</b>		

Le emissioni provenienti dalle sorgenti individuate sono state considerate attive per 220 giorni lavorativi all'anno in maniera non continuativa sulle 24 ore, e specificatamente nulla nelle ore notturne e pari ad un valore opportunamente stimato per 9 ore lavorative/giorno.

Nello specifico si è deciso di processare una situazione sfavorevole in cui viene ipotizzata nel primo anno l'estrazione di tutto il materiale autorizzato e la movimentazione del terreno presente in cava e propedeutico alla sistemazione.

Nella simulazione effettuata sono considerate quattro sorgenti areali accostate che rappresentano l'area di cava Aeroporto 2015 nel complesso. Tali sorgenti, di forma rettangolare, sono caratterizzate da un particolare angolo di rotazione rispetto al nord, individuato in relazione al vertice utilizzato per indicare al programma la localizzazione di ciascuna delle quattro sorgenti. Data la complessità nel ricondurre la forma irregolare delle aree di scavo a una o più sorgenti areali rettangolari, si è deciso di considerarne due che corrispondessero ai lotti di scavo e due alle aree in

cui si svolgerà il trasporto e la sistemazione. Al fine di processare una situazione cautelativa si è considerato che nello stesso anno siano scavati entrambi i lotti e vengano movimentati, ai fini della sistemazione, i materiali terrosi presenti all'interno dell'area.

L'altezza media del rilascio è stata impostata pari a 0.0 m nelle simulazioni, tralasciando in maniera cautelativa l'effetto protettivo delle pareti dello scavo che, procedendo più in profondità, crea una conformazione morfologica capace di abbattere la diffusione degli inquinanti atmosferici.

Per la stima delle emissioni associate a questa tipologia di sorgente si è fatto riferimento alle "Linee Guida per la Valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico e stoccaggio di materiali polverulenti", costituenti l'allegato 1 della DGP 213-09 della Regione Toscana. Tale documento schematizza le varie attività di cava e riporta per ognuna di esse i fattori di emissione caratteristici del processo individuati in una pubblicazione dell'EPA (AP-42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume I, Fifth Edition) e ritenuti validamente impiegabili in fase di valutazione preventiva degli impatti. Tali fattori di emissione esprimono la quantità di inquinanti emessi per attività unitaria; in genere reperibili nella letteratura specializzata, essi sono continuamente aggiornati in accordo con le materie prime ed i cicli tecnologici adottati industrialmente. Ad ogni attività è associato un codice identificativo univoco (SCC: Source Classification Code) facilita la ricerca dei fattori d'emissione nelle fonti bibliografiche, in particolare nel database informatico FIRE (The Factor Information REtrieval data system).

Si osserva che tali fattori e le relative formule di calcolo sono stati ricavati sperimentalmente analizzando numerosi studi, effettuati nella maggior parte dei casi in condizioni molto diverse da quelle del caso in esame; per questo motivo, quindi, i risultati ottenuti vanno considerati con le dovute cautele. Si consideri anche che l'EPA stessa classifica come elevato il livello di incertezza associato alle attività che provocano emissioni diffuse come quelle considerate.

Le attività svolte e considerate nelle aree di escavazione consistono nella "scopertura del cappellaccio" e/o materiale superficiale non produttivo, nel suo allontanamento e stoccaggio in cumuli, nell'estrazione del materiale da avviare all'impianto di frantumazione e nel suo trasporto.

L'attività di movimentazione del materiale terroso presente in cava viene assimilato all'attività di scotico e sbancamento del materiale superficiale, con formazione dei cumuli ed erosione degli stessi. Le emissioni associate ad ogni attività sono state sommate ed il totale è stato diviso per la superficie dell'area della sorgente considerata in cui le attività vengono svolte, come richiesto in input dal programma per questo tipo di sorgente.

Nelle seguenti tabelle si riportano, fase per fase, i calcoli relativi alla stima quantitativa delle emissioni delle quattro sorgenti areali considerate:

CAVA AEROPORTO 2015	
Identificativo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]
<b>LOTTO C</b>	
<b>TOTALE</b>	<b>8'480</b>
<b>1) SCOTICO DEL MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Cappellaccio rimosso il primo anno [m <sup>3</sup> ]	18'410
Giorni/anno	220
Ore/giorno	9
Cappellaccio rimosso all'ora [m <sup>3</sup> /h]	9
Profondità scavo [m]	2,17
Larghezza escavatore [m]	2,5
Lunghezza tratto lineare [m/h]	2
Fattore emissione "Scrapers removing topsoil" (capitolo 13.2.3 "Heavy construction operations" AP-42) [kg <sub>PTS</sub> /km]	5,7
Frazione PM10 nelle PTS	0,6
Fattore emissione "Scrapers removing topsoil" [kg <sub>PM10</sub> /km]	3,42
Emissione oraria stimata [g/h]	6
Emissione [g/s]	0,0016
<b>2) CARICO MATERIALE SUPERFICIALE SU CAMION</b>	
Fattore emissione "Truck Loading: Overburden" (SCC 3-05-010-37) [lb/t]	0,015
Fattore emissione "Truck Loading: Overburden" (SCC 3-05-010-37) [kg/t]	0,00675
Densità cappellaccio [t/m <sup>3</sup> ]	1,7
Cappellaccio rimosso all'ora [t/h]	16
Emissione oraria stimata [g/h]	107
Emissione [g/s]	0,0296
<b>3) TRASPORTO DEL MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Lunghezza media pista non pavimentata [m]	200
Contenuto di silt del materiale che costituisce la pista	0,05
Peso a vuoto camion [t]	10
Carico portabile da un camion [t]	28
Peso medio del camion durante il trasporto [t]	24
Carichi necessari per smaltire il materiale all'ora [carichi/ora]	0,56
Fattore emissione lineare per transito su strade non asfaltate (par. 13.2.2 AP-42) [kg/km]	0,490
Emissione oraria stimata per viaggio [g/(h·viaggio)]	196
Emissione oraria stimata [g/h]	111
Emissione [g/s]	0,0308
<b>4) SCARICO DEL MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Fattore emissione "Truck Unloading: Bottom Dump - Overburden" (SCC 3-05-010-42) [kg/t]	0,00045
Emissione oraria stimata [g/h]	7
Emissione [g/s]	0,0020
<b>5) EROSIONE DEL VENTO DAI MUCCHI DI MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Il materiale viene scaricato in cumuli; si ipotizza che l'altezza massima di ogni cumulo sia pari a 3 m e che l'angolo di riposo del materiale, quindi l'angolo alla base del cumulo, sia di 28°. Da ciò consegue che il diametro minimo del cumulo è pari a 11,3 m. Il volume di tale cumulo risulta di 113 m <sup>3</sup> ; poichè ogni scarico è di 18,67 m <sup>3</sup> , per fare un cumulo di questo tipo serviranno 5,4 camion.	
Materiale scaricato da ogni camion [t]	28
Materiale scaricato da ogni camion [m <sup>3</sup> ]	16,47
Altezza cumulo [m]	3
Forma cumulo	Conica
Angolo massimo alla base del cumulo [°]	28
Raggio minimo del cumulo [m]	5,6
Diametro minimo del cumulo [m]	11,3
Volume del cumulo [m <sup>3</sup> ]	100
Rapporto tra altezza e diametro del cumulo	0,3
Fattore emissione areale del PM10 per cumuli alti (EF) [kg/m <sup>2</sup> ]	0,00000790
Superficie dell'area movimentata [m <sup>2</sup> ]	113
Numero di camion necessari per fare un cumulo	6,1
Numero di movimentazioni/ora	0,09
Emissione oraria stimata [g/h]	0,08
Emissione [g/s]	0,000023

<b>6) SBANCAMENTO DEL MATERIALE DI PRODUZIONE</b>	
Ghiaia rimossa all'anno [m <sup>3</sup> /anno]	64'279
Giorni/anno	220
Ore/giorno	9
Ghiaia rimossa all'ora [m <sup>3</sup> /h]	32
Fattore emissione "Industrial Sand and Gravel - Sand Handling, Transfer and Storage" (SCC 3-05-027-60) [lb <sub>PTS</sub> /t]	0,0013
Fattore emissione "Industrial Sand and Gravel - Sand Handling, Transfer and Storage" (SCC 3-05-027-60) [kg <sub>PTS</sub> /t]	0,000585
Fattore emissione "Industrial Sand and Gravel - Sand Handling, Transfer and Storage" (SCC 3-05-027-60) [kg <sub>PM10</sub> /t]	0,000351
Densità ghiaia [t/m <sup>3</sup> ]	2,1
Ghiaia rimossa all'ora [t/h]	68
Emissione oraria stimata[g/h]	24
Emissione [g/s]	0,0066
<b>7) CARICO DEL MATERIALE DI PRODUZIONE</b>	
Fattore emissione "Construction Sand and Gravel: Bulk loading" (SCC 3-05-025-06) [lb/t]	0,0024
Fattore emissione "Construction Sand and Gravel: Bulk loading" (SCC 3-05-025-06) [kg/t]	0,00108
Emissione oraria stimata[g/h]	74
Emissione [g/s]	0,0205
<b>8) TRASPORTO DEL MATERIALE DI PRODUZIONE</b>	
Lunghezza media pista non pavimentata [m]	735
Contenuto di silt del materiale che costituisce la pista	0,05
Peso a vuoto camion [t]	10
Carico portabile da un camion [t]	28
Peso medio durante il trasporto [t]	24
Carichi necessari per smaltire il materiale all'ora [carichi/ora]	2,43
Fattore emissione lineare per transito su strade non asfaltate (par. 13.2.2 AP-42) [kg/km]	0,490
Emissione oraria stimata per viaggio [g/(h·viaggio)]	721
Emissione oraria stimata[g/h]	1755
Emissione [g/s]	0,4876
<b>EMISSIONE TOTALE [g/s]</b>	<b>0,5787</b>
<b>EMISSIONE TOTALE [g/(sm<sup>2</sup>)]</b>	<b>0,000068</b>
	6,83E-05

CAVA AEROPORTO 2015	
Identificativo area	
LOTTO D	Superficie [m <sup>2</sup> ]
TOTALE	6'175
<b>1) SCOTICO DEL MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Cappellaccio rimosso il primo anno [m <sup>3</sup> ]	1'553
Giorni/anno	220
Ore/giorno	9
Cappellaccio rimosso all'ora [m <sup>3</sup> /h]	1
Profondità scavo [m]	2,25
Larghezza escavatore [m]	2,5
Lunghezza tratto lineare [m/h]	0
Fattore emissione "Scrapers removing topsoil" (capitolo 13.2.3 "Heavy construction operations" AP-42) [kg <sub>PTS</sub> /km]	5,7
Frazione PM10 nelle PTS	0,6
Fattore emissione "Scrapers removing topsoil" [kg <sub>PM10</sub> /km]	3,42
Emissione oraria stimata [g/h]	0
Emissione [g/s]	0,0001
<b>2) CARICO MATERIALE SUPERFICIALE SU CAMION</b>	
Fattore emissione "Truck Loading: Overburden" (SCC 3-05-010-37) [lb/t]	0,015
Fattore emissione "Truck Loading: Overburden" (SCC 3-05-010-37) [kg/t]	0,00675
Densità cappellaccio [t/m <sup>3</sup> ]	1,7
Cappellaccio rimosso all'ora [t/h]	1
Emissione oraria stimata [g/h]	9
Emissione [g/s]	0,0025
<b>3) TRASPORTO DEL MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Lunghezza media pista non pavimentata [m]	200
Contenuto di silt del materiale che costituisce la pista	0,05
Peso a vuoto camion [t]	10
Carico portabile da un camion [t]	28
Peso medio del camion durante il trasporto [t]	24
Carichi necessari per smaltire il materiale all'ora [carichi/ora]	0,05
Fattore emissione lineare per transito su strade non asfaltate (par. 13.2.2 AP-42) [kg/km]	0,490
Emissione oraria stimata per viaggio [g/(h·viaggio)]	196
Emissione oraria stimata [g/h]	9
Emissione [g/s]	0,0026
<b>4) SCARICO DEL MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Fattore emissione "Truck Unloading: Bottom Dump - Overburden" (SCC 3-05-010-42) [kg/t]	0,00045
Emissione oraria stimata [g/h]	1
Emissione [g/s]	0,0002
<b>5) EROSIONE DEL VENTO DAI MUCCHI DI MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Il materiale viene scaricato in cumuli; si ipotizza che l'altezza massima di ogni cumulo sia pari a 3 m e che l'angolo di riposo del materiale, quindi l'angolo alla base del cumulo, sia di 28°. Da ciò consegue che il diametro minimo del cumulo è pari a 11,3 m. Il volume di tale cumulo risulta di 113 m <sup>3</sup> ; poichè ogni scarico è di 18,67 m <sup>3</sup> , per fare un cumulo di questo tipo serviranno 5,4 camion.	
Materiale scaricato da ogni camion [t]	28
Materiale scaricato da ogni camion [m <sup>3</sup> ]	16,47
Altezza cumulo [m]	3
Forma cumulo	Conica
Angolo massimo alla base del cumulo [°]	28
Raggio minimo del cumulo [m]	5,6
Diametro minimo del cumulo [m]	11,3
Volume del cumulo [m <sup>3</sup> ]	100
Rapporto tra altezza e diametro del cumulo	0,3
Fattore emissione areale del PM10 per cumuli alti (EF) [kg/m <sup>2</sup> ]	0,00000790
Superficie dell'area movimentata [m <sup>2</sup> ]	113
Numero di camion necessari per fare un cumulo	6,1
Numero di movimentazioni/ora	0,01
Emissione oraria stimata [g/h]	0,01
Emissione [g/s]	0,000002

<b>6) SBANCAMENTO DEL MATERIALE DI PRODUZIONE</b>	
Ghiaia rimossa all'anno [m <sup>3</sup> /anno]	21'495
Giorni/anno	220
Ore/giorno	9
Ghiaia rimossa all'ora [m <sup>3</sup> /h]	11
Fattore emissione "Industrial Sand and Gravel - Sand Handling, Transfer and Storage" (SCC 3-05-027-60) [lb <sub>PTS</sub> /t]	0,0013
Fattore emissione "Industrial Sand and Gravel - Sand Handling, Transfer and Storage" (SCC 3-05-027-60) [kg <sub>PTS</sub> /t]	0,000585
Fattore emissione "Industrial Sand and Gravel - Sand Handling, Transfer and Storage" (SCC 3-05-027-60) [kg <sub>PM10</sub> /t]	0,000351
Densità ghiaia [t/m <sup>3</sup> ]	2,1
Ghiaia rimossa all'ora [t/h]	23
Emissione oraria stimata[g/h]	8
Emissione [g/s]	0,0022
<b>7) CARICO DEL MATERIALE DI PRODUZIONE</b>	
Fattore emissione "Construction Sand and Gravel: Bulk loading" (SCC 3-05-025-06) [lb/t]	0,0024
Fattore emissione "Construction Sand and Gravel: Bulk loading" (SCC 3-05-025-06) [kg/t]	0,00108
Emissione oraria stimata[g/h]	25
Emissione [g/s]	0,0068
<b>8) TRASPORTO DEL MATERIALE DI PRODUZIONE</b>	
Lunghezza media pista non pavimentata [m]	227
Contenuto di silt del materiale che costituisce la pista	0,05
Peso a vuoto camion [t]	10
Carico portabile da un camion [t]	28
Peso medio durante il trasporto [t]	24
Carichi necessari per smaltire il materiale all'ora [carichi/ora]	0,81
Fattore emissione lineare per transito su strade non asfaltate (par. 13.2.2 AP-42) [kg/km]	0,490
Emissione oraria stimata per viaggio [g/(h·viaggio)]	223
Emissione oraria stimata[g/h]	181
Emissione [g/s]	0,0504
<b>EMISSIONE TOTALE [g/s]</b>	<b>0,0648</b>
<b>EMISSIONE TOTALE [g/(sm<sup>2</sup>)]</b>	<b>0,000010</b>
	1,05E-05

CAVA AEROPORTO 2015	
Identificativo area	
Area MOV-nord	Superficie [m <sup>2</sup> ]
TOTALE	106'445
<b>1) SCOTICO DEL MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Materiale terroso rimosso il primo anno [m <sup>3</sup> ]	94'266
Giorni/anno	220
Ore/giorno	9
Cappellaccio rimosso all'ora [m <sup>3</sup> /h]	48
Profondità scavo [m]	3,00
Larghezza escavatore [m]	2,5
Lunghezza tratto lineare [m/h]	6
Fattore emissione "Scrapers removing topsoil" (capitolo 13.2.3 "Heavy construction operations" AP-42) [kg <sub>PTS</sub> /km]	5,7
Frazione PM10 nelle PTS	0,6
Fattore emissione "Scrapers removing topsoil" [kg <sub>PM10</sub> /km]	3,42
Emissione oraria stimata [g/h]	22
Emissione [g/s]	0,0060
<b>2) CARICO MATERIALE SU CAMION</b>	
Fattore emissione "Truck Loading: Overburden" (SCC 3-05-010-37) [lb/t]	0,015
Fattore emissione "Truck Loading: Overburden" (SCC 3-05-010-37) [kg/t]	0,00675
Densità cappellaccio [t/m <sup>3</sup> ]	1,7
Cappellaccio rimosso all'ora [t/h]	81
Emissione oraria stimata [g/h]	546
Emissione [g/s]	0,1518
<b>3) TRASPORTO DEL MATERIALE</b>	
Lunghezza media pista non pavimentata [m]	200
Contenuto di silt del materiale che costituisce la pista	0,05
Peso a vuoto camion [t]	10
Carico portabile da un camion [t]	28
Peso medio del camion durante il trasporto [t]	24
Carichi necessari per smaltire il materiale all'ora [carichi/ora]	2,89
Fattore emissione lineare per transito su strade non asfaltate (par. 13.2.2 AP-42) [kg/km]	0,490
Emissione oraria stimata per viaggio [g/(h·viaggio)]	196
Emissione oraria stimata [g/h]	567
Emissione [g/s]	0,1575
<b>4) SCARICO DEL MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Fattore emissione "Truck Unloading: Bottom Dump - Overburden" (SCC 3-05-010-42) [kg/t]	0,00045
Emissione oraria stimata [g/h]	36
Emissione [g/s]	0,0101
<b>5) EROSIONE DEL VENTO DAI MUCCHI DI MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Il materiale viene scaricato in cumuli; si ipotizza che l'altezza massima di ogni cumulo sia pari a 3 m e che l'angolo di riposo del materiale, quindi l'angolo alla base del cumulo, sia di 28°. Da ciò consegue che il diametro minimo del cumulo è pari a 11,3 m. Il volume di tale cumulo risulta di 113 m <sup>3</sup> ; poichè ogni scarico è di 18,67 m <sup>3</sup> , per fare un cumulo di questo tipo serviranno 5,4 camion.	
Materiale scaricato da ogni camion [t]	28
Materiale scaricato da ogni camion [m <sup>3</sup> ]	16,47
Altezza cumulo [m]	3
Forma cumulo	Conica
Angolo massimo alla base del cumulo [°]	28
Raggio minimo del cumulo [m]	5,6
Diametro minimo del cumulo [m]	11,3
Volume del cumulo [m <sup>3</sup> ]	100
Rapporto tra altezza e diametro del cumulo	0,3
Fattore emissione areale del PM10 per cumuli alti (EF) [kg/m <sup>2</sup> ]	0,00000790
Superficie dell'area movimentata [m <sup>2</sup> ]	113
Numero di camion necessari per fare un cumulo	6,1
Numero di movimentazioni/ora	0,48
Emissione oraria stimata [g/h]	0,43
Emissione [g/s]	0,000118

<b>EMISSIONE TOTALE [g/s]</b>	<b>0,3255</b>
<b>EMISSIONE TOTALE [g/(sm<sup>2</sup>)]</b>	<b>0,000003</b>
	3,06E-06
<b>CAVA AEROPORTO 2015</b>	
<b>Identificativo area</b>	
<b>Area MOV-sud</b>	<b>Superficie [m<sup>2</sup>]</b>
<b>TOTALE</b>	<b>27'790</b>
<b>1) SCOTICO DEL MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Materiale terroso rimosso il primo anno [m <sup>3</sup> ]	24'610
Giorni/anno	220
Ore/giorno	9
Cappellaccio rimosso all'ora [m <sup>3</sup> /h]	12
Profondità scavo [m]	1,50
Larghezza escavatore [m]	2,5
Lunghezza tratto lineare [m/h]	3
Fattore emissione "Scrapers removing topsoil" (capitolo 13.2.3 "Heavy construction operations" AP-42) [kg <sub>PTS</sub> /km]	5,7
Frazione PM10 nelle PTS	0,6
Fattore emissione "Scrapers removing topsoil" [kg <sub>PM10</sub> /km]	3,42
Emissione oraria stimata [g/h]	11
Emissione [g/s]	0,0031
<b>2) CARICO MATERIALE SUPERFICIALE SU CAMION</b>	
Fattore emissione "Truck Loading: Overburden" (SCC 3-05-010-37) [lb/t]	0,015
Fattore emissione "Truck Loading: Overburden" (SCC 3-05-010-37) [kg/t]	0,00675
Densità cappellaccio [t/m <sup>3</sup> ]	1,7
Cappellaccio rimosso all'ora [t/h]	21
Emissione oraria stimata [g/h]	143
Emissione [g/s]	0,0396
<b>3) TRASPORTO DEL MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Lunghezza media pista non pavimentata [m]	200
Contenuto di silt del materiale che costituisce la pista	0,05
Peso a vuoto camion [t]	10
Carico portabile da un camion [t]	28
Peso medio del camion durante il trasporto [t]	24
Carichi necessari per smaltire il materiale all'ora [carichi/ora]	0,75
Fattore emissione lineare per transito su strade non asfaltate (par. 13.2.2 AP-42) [kg/km]	0,490
Emissione oraria stimata per viaggio [g/(h·viaggio)]	196
Emissione oraria stimata [g/h]	148
Emissione [g/s]	0,0411
<b>4) SCARICO DEL MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Fattore emissione "Truck Unloading: Bottom Dump - Overburden" (SCC 3-05-010-42) [kg/t]	0,00045
Emissione oraria stimata [g/h]	10
Emissione [g/s]	0,0026

<b>5) EROSIONE DEL VENTO DAI MUCCHI DI MATERIALE SUPERFICIALE</b>	
Il materiale viene scaricato in cumuli; si ipotizza che l'altezza massima di ogni cumulo sia pari a 3 m e che l'angolo di riposo del materiale, quindi l'angolo alla base del cumulo, sia di 28°. Da ciò consegue che il diametro minimo del cumulo è pari a 11.3 m. Il volume di tale cumulo risulta di 113 m <sup>3</sup> ; poichè ogni scarico è di 18.67 m <sup>3</sup> , per fare un cumulo di questo tipo serviranno 5.4 camion.	
Materiale scaricato da ogni camion [t]	28
Materiale scaricato da ogni camion [m <sup>3</sup> ]	16,47
Altezza cumulo [m]	3
Forma cumulo	Conica
Angolo massimo alla base del cumulo [°]	28
Raggio minimo del cumulo [m]	5,6
Diametro minimo del cumulo [m]	11,3
Volume del cumulo [m <sup>3</sup> ]	100
Rapporto tra altezza e diametro del cumulo	0,3
Fattore emissione areale del PM10 per cumuli alti (EF) [kg/m <sup>2</sup> ]	0,00000790
Superficie dell'area movimentata [m <sup>2</sup> ]	113
Numero di camion necessari per fare un cumulo	6,1
Numero di movimentazioni/ora	0,12
Emissione oraria stimata[g/h]	0,11
Emissione [g/s]	0,000031
<b>EMISSIONE TOTALE [g/s]</b>	<b>0,0866</b>
<b>EMISSIONE TOTALE [g/(sm<sup>2</sup>)]</b>	<b>0,000003</b>
	3,11E-06

I valori di emissione ottenuti dalle sorgenti in g/s sono così definiti:

- LOTTO C = 0,5787 g/s (~ 2'083.32 g/h);
- LOTTO D = 0.0648 g/s (~ 233.28 g/h);
- MOV-nord = 0.3255 g/s (~ 1'171.8 g/h);
- MOV-sud = 0.0866 g/s (~ 311.76 g/h).

Nell'ipotesi di considerare le sorgenti funzionanti per 220 gg all'anno alla presenza di ricettori posti a distanza compresa tra 50 m e 100 m dalla sorgente, solamente due sorgenti (LOTTO D e MOV-sud) produrrebbero emissioni al di sotto della soglia assoluta di emissione di PM10 fissata dalle tabelle 13 e 16 delle "Linee Guida ARPAT" (limite assoluto proposto a 347 g/h).

Risulta pertanto necessario e imprescindibile fare alcune considerazioni riguardo alla schematizzazione delle sorgenti, con particolare riferimento all'estensione reale delle sorgenti sulla quale deve essere ripartita l'emissione in g/h ottenuta con gli algoritmi di calcolo. Basti pensare, ad esempio, che l'emissione calcolata per le sorgenti areali considera l'emissione per la coltivazione, il trasporto e lo stoccaggio di materiali terrosi e ghiaiosi che vengono in realtà svolte in aree molto ampie e, nello specifico, così dimensionate:

- LOTTO C = 8'480 mq;
- LOTTO D = 6'175 mq;
- MOV-nord = 106'445 mq;
- MOV-sud = 27'790 mq.

Per unità di superficie si ottiene il fattore di emissione (utilizzati come dati di INPUT in AERMOD):

- LOTTO C =  $6.83E-05$  g/sm<sup>2</sup> ( $\sim 0.245674$  g/hm<sup>2</sup>);
- LOTTO D =  $1.05E-05$  g/sm<sup>2</sup> ( $\sim 0.037778$  g/hm<sup>2</sup>);
- MOV-nord =  $3.06E-06$  g/sm<sup>2</sup> ( $\sim 0.011008$  g/hm<sup>2</sup>);
- MOV-sud =  $3.11E-06$  g/sm<sup>2</sup> ( $\sim 0.011218$  g/hm<sup>2</sup>).

I valori ottenuti rimangono al di sotto delle soglie fissate dalle "Linee Guida – APAT".

Nell'ipotesi in cui si volessero assimilare le emissioni calcolate come dovute a sorgenti puntiformi posizionate di volta in volta a distanze comprese tra 50 e 100 m, per un periodo di 220 gg, sicuramente si ricadrebbe, secondo la tabella 16 delle Linee guida , nel campo delle "Non Compatibilità\*" (*\*fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori di legge per la qualità dell'aria e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione*).

Come precedentemente enunciato, rimane imprescindibile non discretizzare il dato, in considerazione del fatto che:

- questi valori di emissione definiti per la cava AEROPORTO 2015 non vengono emessi in maniera puntuale ma distribuiti sull'area d'intervento (che nel complesso è pari a 148'890 mq);
- le lavorazioni in quest'area entro i 150 m di distanza dal ricettore non avverranno per 220 gg all'anno ma presumibilmente in un periodo pari ad 1/3 dell'anno (circa 80 giorni all'anno);
- solamente per un periodo dell'ordine delle poche decine di giorni le lavorazioni avverranno a piano campagna, mentre in un secondo momento si procederà scavando in profondità lasciando che il fronte di avanzamento svolga la funzione di barriera naturale alla diffusione delle polveri;
- sono già presenti e saranno adeguati terrapieni in terra alti 2/3 m posti a protezione della strada e dei ricettori sensibili.

Rimane il fatto che, per ovviare la difficoltà concettuale di ricondurre agli algoritmi presenti nelle linee guida dell'ARPAT una realtà di sito complessa come quella in oggetto, si è ritenuto opportuno procedere in via preliminare, alla valutazione modellistica richiesta nei casi di "non compatibilità", al fine di restituire i valori che, in ultima analisi permettono di dimostrare la compatibilità ambientale dell'emissione.



Figura 44 – Localizzazione delle sorgenti e ricettori sensibili

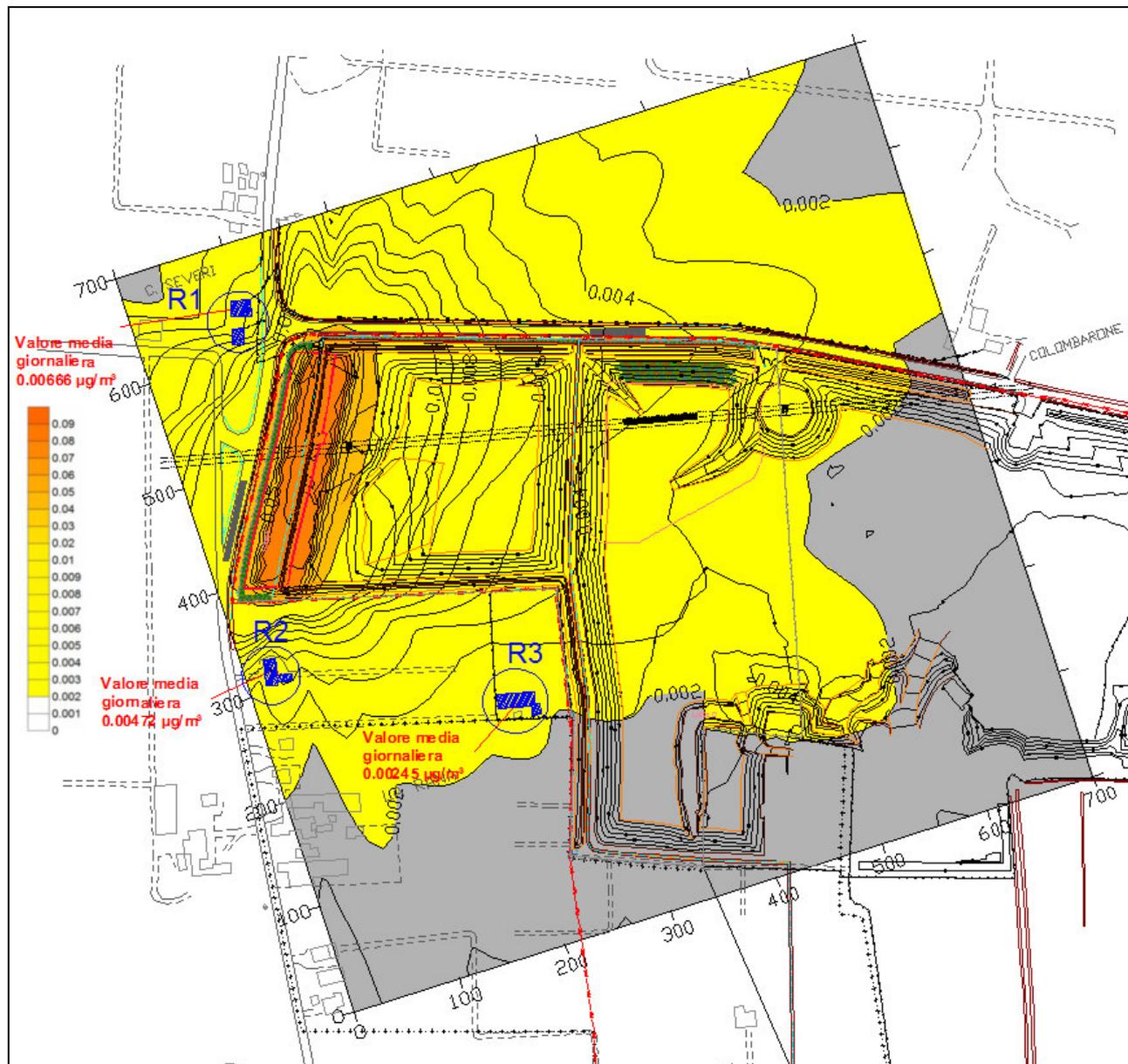
### 3.6.1.2 Risultati della simulazione

I **risultati della simulazione** di cui sopra sono sintetizzati nella figura seguente, rappresentante la mappa di concentrazioni attese al suolo di PM10, le quali vanno sommate alla concentrazione di fondo del sito. Pertanto la simulazione rappresenta lo stato della qualità dell'aria in adiacenza dell'area d'intervento ad attuazione delle previsioni estrattive.

Come ci si aspetta, la dispersione del materiale particolato avviene principalmente lungo la direzione prevalente del vento, ovvero in direzione W-E e WSW-ESE; i valori massimi di concentrazione si riscontrano nelle porzioni di territorio sottovento all'area di cava in cui avvengono le operazioni di movimentazione dei materiali e alle strade provvisorie bianche; nelle aree in cui vengono svolte le attività di cava i livelli di concentrazione risultano mediamente bassi, poiché le emissioni sono di tipo diffuso e presentano volumi molto contenuti su aree estese.

La variabilità dei valori di concentrazione stimati, tuttavia, risulta molto limitata ed i valori stessi sono assai contenuti tanto che, anche quando sommati al valore di concentrazione di fondo

( $\sim 34 \mu\text{g}/\text{m}^3$  su base annua), non superano mai i valori normativi, nemmeno all'interno dell'area di intervento.



*Figura 45 – Risultati simulazione AERMOD – Concentrazioni medie giornaliere associate alle emissioni della cava AEROPORTO 2015 e valori calcolati sui ricettori*

I risultati della simulazione eseguita per la valutazione degli impatti indotti dalle lavorazioni nell'area di cava AEROPORTO 2015, e quindi anche sui ricettori da R1 a R3, sono sempre conformi alla normativa vigente in quanto costantemente al di sotto del livello di media annuale ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e giornaliero ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Dalle simulazioni è anche stato possibile estrarre le concentrazioni massime orare rappresentative dell'impatto massimo delle attività estrattive e le concentrazioni medie annuali; i valori ottenuti sono riassunti nella seguente (Tabella 2).

Tabella 2 Concentrazioni calcolate ricadenti sui ricettori

Ricettore	Massimo valore della concentrazione media oraria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Massimo valore della concentrazione media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentrazione media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	Calcolato	Calcolato	Calcolato
<b>R1</b>	0.07226	0.00666	0.00028
<b>R2</b>	0.10824	0.00472	0.00016
<b>R3</b>	0.04880	0.00245	0.00011

Tali risultati, anche se sommati al valore di inquinamento di fondo delle PM10, pari a circa 34  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  risultano ampiamente inferiori al limite di legge (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), che ha peraltro come riferimento un periodo di mediazione giornaliero.

L'attuale **quadro normativo** nazionale di riferimento per il controllo e la tutela della qualità dell'aria, risultante dal succedersi nel tempo di nuove norme ognuna abrogante una o più delle precedenti, è costituito da due provvedimenti:

- D.Lgs. 3 Aprile 2006 n. 152 (Testo Unico Ambientale) nella Parte Quinta (Titolo I relativo alle emissioni da impianti e attività industriali, Titolo II relativo a emissioni da impianti termici e civili e Titolo III concernente i combustibili) e nei suoi 10 allegati correlati per quanto riguarda i limiti di emissione degli inquinanti in atmosfera.
- D.L. 13 agosto 2010 n. 155 per quanto riguarda i valori limite o obiettivo e le linee guida per la qualità dell'aria.

Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data entro la quale il valore limite deve essere raggiunto
<b>PM<sub>10</sub> (**)</b>			
1 giorno	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , da non superare più di 35 volte per anno civile	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0% entro il 1° gennaio 2005	- (1)
Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2005	- (1)
<p><b>(1)</b> Già in vigore dal 1° gennaio 2005.</p> <p><b>(**)</b> Per le zone e gli agglomerati per cui è concessa la deroga prevista dall'articolo 9, comma 10, i valori limite devono essere rispettati entro l'11 giugno 2011, fermo restando, fino a tale data, l'obbligo di rispettare tali valori aumentati del margine di tolleranza massimo.</p>			

Figura 46: Valori limite, allegato XI D.L. 13 agosto 2010 n. 155.

Come riportato in Figura 46, il valore limite giornaliero per la categoria di inquinanti in esame, PM10, è pari a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , da non superare più di 35 volte all'anno, mentre quello annuale è pari a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

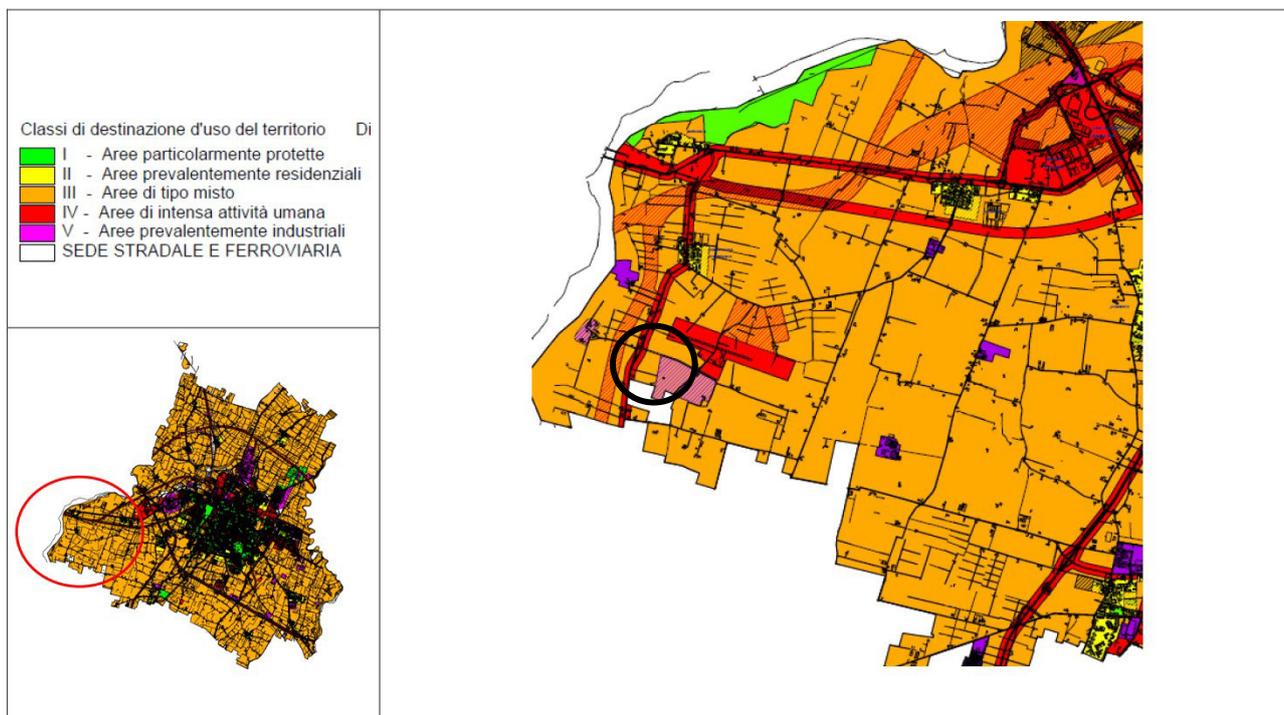
Nonostante le simulazioni mostrino livelli accettabili di polverosità prodotta dall'attività di cava, saranno attuati accorgimenti volti a mitigare gli impatti indotti sulla matrice atmosferica, quali barriere perimetrali alle aree di cava, impiego di mezzi di trasporto e macchine operatrici poco inquinanti, frequenti bagnature nei periodi secchi delle zone più soggette a fenomeni di aerodispersione e riduzione della velocità di transito in cantiere.

In considerazione di quanto sopra descritto relativamente alla situazione ambientale esistente ed agli effetti generati ed alle opere di mitigazione previste, nel breve periodo si valuta sulla componente atmosfera ed emissioni un grado di **impatto lieve**.

Nel lungo periodo, in relazione al progetto di ripristino che prevede la completa rinaturalizzazione del sito e la completa eliminazione dei flussi di traffico in entrata ed uscita, si considera un grado di **impatto nullo**.

### **3.7 EMISSIONI RUMOROSE**

Il Comune di Modena dispone di una classificazione acustica del territorio comunale (Figura 47) redatta ai sensi dell'art. 2 della L.R. 15/2001 e seguendo i criteri e le condizioni della Delibera Regionale 2001/2053 del 09/10/2001.

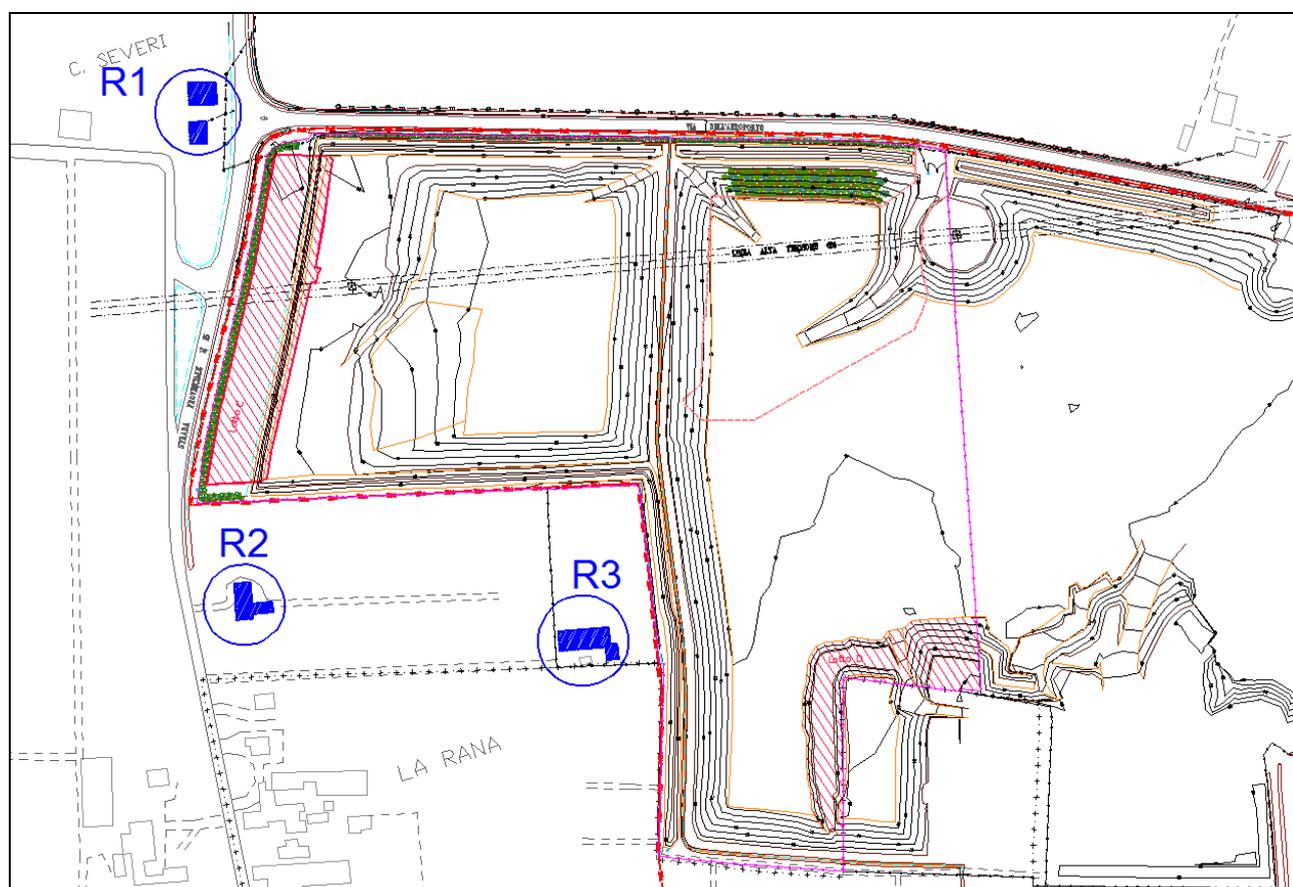


*Figura 47 - Classificazione acustica Comune di Modena*

Secondo tale zonizzazione parte dell'area interessata dal progetto, ed un suo ampio intorno, ricade in zona III definita come "Area di tipo misto" a cui sono attribuiti i seguenti limiti assoluti di immissione:

- 50 dBA in periodo notturno
- 60 dBA in periodo diurno

Ricadendo nella medesima classificazione anche la campagna nell'intorno del perimetro di Polo 5 interessata dai potenziali recettori sensibili dell'attività estrattiva ivi svolta, le verifiche di accettabilità dei livelli rumorosi indotti dall'attività di cava di progetto, saranno riferite a questa classificazione.



*Figura 48 - Individuazione recettori sensibili*

Al fine di stabilire il grado di impatto della componente emissioni rumorose ai potenziali recettori sensibili identificati (R1, R2 e R3) correlato all'attività estrattiva di progetto, si sono presi a riferimento i dati, le osservazioni e le campagne acustiche svolte nel 2012-2013 al fine di valutare il previsionale di impatto acustico dell'intero Polo 5 (attività estrattive ed impianti di lavorazione) e riportati nella "Relazione di Analisi Ambientale Componente Rumore" allegata al PC, ed al "Monitoraggio Acustico dell'Impianto n. 2 Località Marzaglia, Comune di Modena".

In condizione ante-opera, i livelli acustici di fondo del sito, intesi come la definizione dello scenario attuale in condizioni di assenza del nuovo progetto in corrispondenza dei ricettori individuati (Figura 48), possono essere desunti analizzando le relazioni sopra citate. In particolar modo i ricettori R1 e R2 possono cautelativamente essere assimilati al ricettore identificato nel PC come R9 (Figura 49). Il ricettore R3, per la posizione defilata rispetto alla viabilità pubblica, sembra corretto assimilarlo al ricettore individuato dal PC come R6 (Figura 49). I valori desunti sono i seguenti:

RICETTORE R1 e R2 => R9 (di PC) → LAeq = 53.6 dB

RICETTORE R3 => R6 (di PC) → LAeq = 40.4 dB

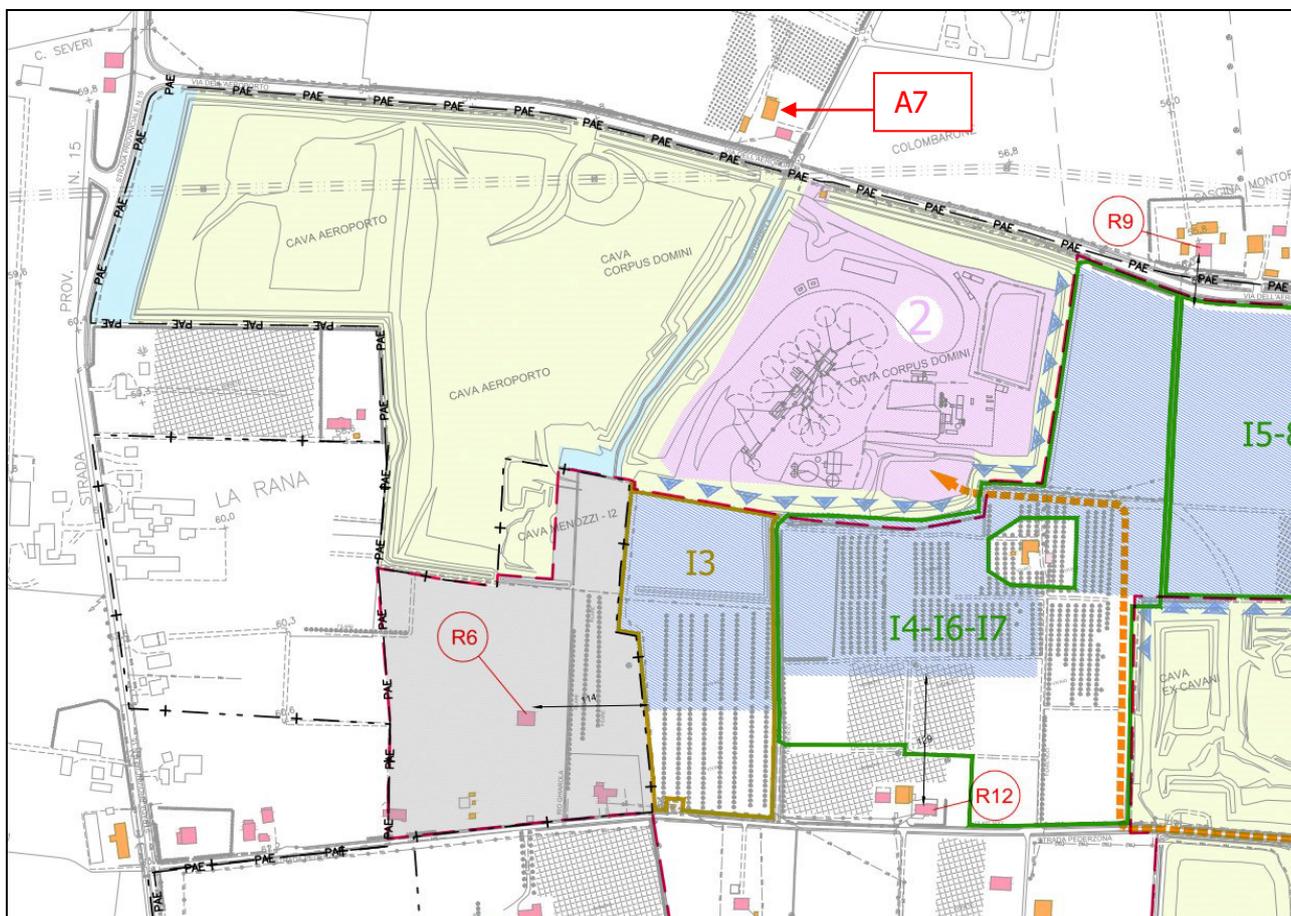


Figura 49 – Individuazione recettori sensibili di PC. Estratto dalla Tavola 1.6.a.0

### 3.7.1 PREVISIONE DI IMPATTO ACUSTICO – STATO DI PROGETTO

L'attività lavorativa di progetto è svolta esclusivamente in periodo diurno, pertanto la previsione di impatto acustico si è limitata a simulare i livelli di pressione sonora attesi ai ricettori limitrofi esclusivamente con riferimento a questo arco temporale.

Per quanto riguarda il ricettore R9, la pressione sonora generata dall'attività in oggetto può ritenersi equivalente a quella misurata sul ricettore A7, caratterizzato da particolare vicinanza con le attività lavorative equivalenti in atto; pertanto la previsione di impatto può essere equiparata alla misura acustica svolta periodicamente in questo punto.

Figura 6 – Andamento del Leq presso la postazione A7 - valori in dBA

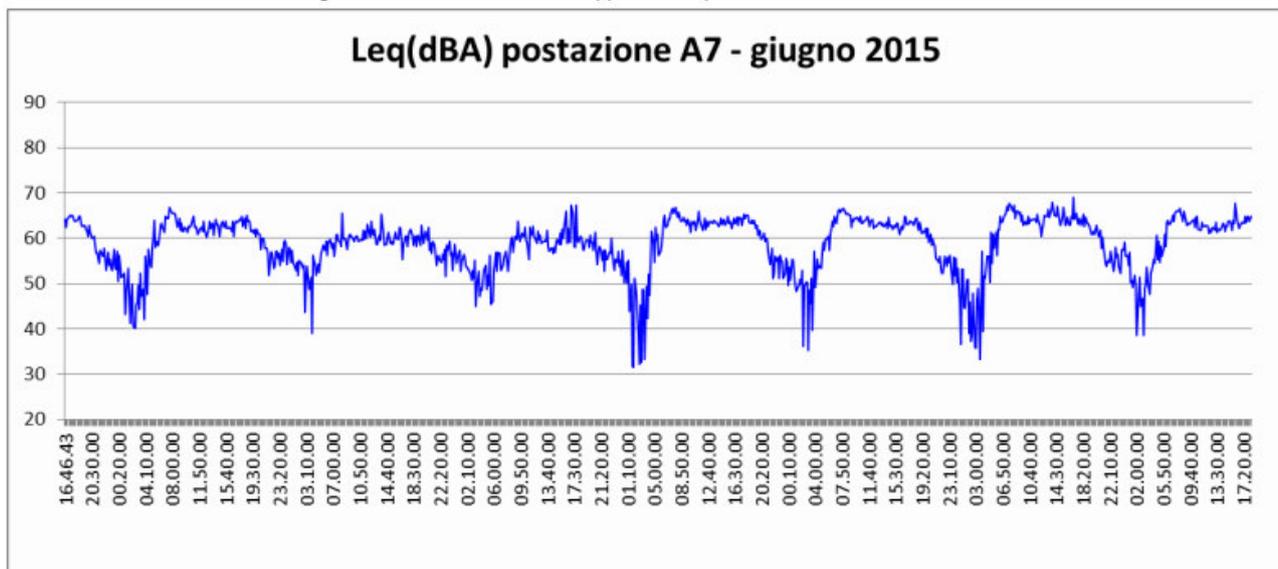


Figura 50 – Monitoraggio acustico sul ricettore A7 equivalente alla pressione di progetto sui ricettori R1 e R2 (giugno 2015)

Dalla relazione di monitoraggio si evince che: presso l'abitazione A7 (Figura 49) si osservano diversi superamenti del limite diurno di classe III sia nell'orario di lavoro presso la cava, sia negli intervalli in cui ogni attività è sospesa, inoltre si osserva il superamento del limite diurno di classe III in relazione al valor medio settimanale.

TABELLA 3. MEDIE DIURNE E NOTTURNE PRESSO IL PUNTO A7 - VALORI IN DBA

	Leq (dBA)
media periodo diurno (06.00-22.00)	62.7
media periodo notturno (22.00-06.00)	54.7
media totale	61.3

Essendo tali superamenti presenti anche negli intervalli di tempi in cui le sorgenti sonore imputabili all'attività di cava non sono funzionanti, significa che il rumore di fondo presente è influenzato fortemente anche da altre sorgenti esterne quali, ad esempio, l'intenso traffico sulla prospiciente Via dell'Aeroporto.

Per quanto riguarda il ricettore R3 (assimilato a R6 di PC) è stato condotto un calcolo previsionale dei livelli acustici assolti e differenziali di immissione in corrispondenza del ricettore individuato. Richiamando i contenuti della "Relazione di Analisi Ambientale Componente Rumore"

allegata al PC, le valutazioni previsionali di impatto acustico sono state condotte considerando ogni sito estrattivo come una sorgente emissiva puntiforme il cui contributo rumoroso è dato cautelativamente dal contemporaneo funzionamento di:

- ✓ N. 01 escavatore cingolato avente un livello di potenza acustica pari a 107 dB(A) (Livello acustico di letteratura fornito dai produttori);
- ✓ N. 01 autocarri per il trasporto della terra avente un livello di potenza acustica pari a 103 dB(A) (Livello acustico di letteratura fornito dai produttori).

In funzione della distanza del recettore di interesse dalla sorgente emissiva sopradescritta, ovvero del regredimento logaritmico dei livelli di emissione, sono stati calcolati i livelli di pressione sonora indotti ai singoli recettori che, sommati ai livelli di rumore residuo misurati, hanno consentito di stabilire in via preliminare l'impatto acustico atteso e pertanto la sua tollerabilità in relazione ai limiti normativi ed al rumore differenziale.

Per il grado di impatto al recettore di interesse R3 (assimilato a R6 di PC) sono stati determinati i seguenti parametri acustici:

- ✓ Livello di pressione acustica delle singole attrezzature utilizzate all'interno dei settori di scavo in corrispondenza del ricettore;
- ✓ Livelli di rumore ambientale in corrispondenza del ricettore durante il periodo di funzionamento degli impianti tecnologici, dati dalla somma logaritmica dei livelli di rumore residuo con i livelli di pressione acustica delle singole attrezzature;
- ✓ Livelli di rumore ambientale in corrispondenza del ricettore durante l'intero periodo di riferimento (periodo diurno 06<sup>00</sup>-22<sup>00</sup>);
- ✓ Livelli di rumore differenziali di immissione.

Si riportano di seguito un estratto della "Relazione di Analisi Ambientale Componente Rumore" allegata al PC riportante i risultati ottenuti per il recettore R6 di PC che viene assimilato al ricettore R3 (Figura 51).

Le previsioni di impatto acustico evidenziano che, in relazione alla vicinanza del recettore al perimetro estrattivo (circa 125 metri), ad R3 è garantito, nell'ipotesi di propagazione del suono in campo aperto, il rispetto dei livelli sonori di immissioni, mentre non è garantito il criterio differenziale senza l'adozione di dovute cautele ed opere di mitigazione in fase operativa.

<b>RICETTORE R<sub>6</sub></b>	
$L_{Aeq,RESIDUO} = 41,2$ dB(A)	$D_{s-R7} = 115$ [m]
$L_{Aeq,FONDO} = 40,4$ dB(A)	
$L_{w,ESCAVATORE} = 107,0$ dB(A)	
$L_{w,AUTOCARRO} = 103,0$ dB(A)	
<b>CALCOLO CONTRIBUTO SONORO DELLE ATTREZZATURE PRESENTI ALL'INTERNO DEL SETTORE DI SCAVO I7-I4</b>	
$L_{Aeq,ESCAV} = L_{w,ESCAV} + 20 \log D_{s-R6} - 8 = 57,8$ dB(A)	Livello di pressione acustica di un escavatore al ricettore
$L_{Aeq,AUTOCARRO} = L_{w,AUTOCARRO} + 20 \log D_{s-R6} - 8 = 53,8$ dB(A)	Livello di pressione acustica di un autocarro al ricettore
$L_{Aeq,tot,ATTREZ} = 10 \log(10^{(L_{P,ESCAVATORE}/10)} + 10^{(L_{P,AUTOCARRO}/10)}) = 59,2$ dB(A)	Livello di pressione acustica complessivo al ricettore relativo a tutte le attrezzature presenti all'interno del settore
$L_{Aeq,AMB} = 10 \log(10^{(L_{Aeq,RES}/10)} + 10^{(L_{Aeq,tot,ATTREZ}/10)}) = 59,3$ dB(A)	Livello di rumore ambientale al ricettore durante il periodo di funzionamento degli impianti tecnologici
$L_{Aeq,AMB,TL} = 10 \log(1/16(10^{(L_{Aeq,AMB}/10)^{0,25}} + 10^{(L_{Aeq,FONDO}/10)^{0,25}})) = 57,3$ dB(A)	Livello di rumore ambientale al ricettore durante l'intero periodo di riferimento (06 <sup>00</sup> -22 <sup>00</sup> )
$L_{DIFFERENZIALE} [dB] = L_{Aeq,AMB} - L_{Aeq,FONDO} = 18,9$ dB	Livello di rumore differenziale di immissione

Figura 51 - Previsione di impatto acustico sul ricettore R6, da "Relazione di Analisi Ambientale Componente Rumore" e di PC

A tal proposito si ricorda che l'allestimento dell'attività estrattiva nell'"AEROPORTO 2015" prevede: la creazione di argini di protezione sui perimetri nord, ovest e sud in affaccio sui ricettori, in continuità con quello presente e realizzato contestualmente alla coltivazione delle fasi precedenti della cava Aeroporto. Tali accorgimenti, congiuntamente al periodico controllo della buona funzionalità dei mezzi d'opera, permetteranno di limitare la propagazione delle onde sonore provenienti dall'area in oggetto, rientrando nei limiti di tollerabilità. Si sottolinea comunque come le valutazioni condotte sono esclusivamente di natura analitica. In fase operativa, seguendo le normali frequenze e tempistiche di monitoraggio, saranno condotte specifiche campagne di rilevazione fonometrica che consentiranno di verificare puntualmente le assunzioni qui riportate anche alla luce delle opere di mitigazione da porsi in essere.

A tale proposito è bene precisare come anche le stesse modalità di coltivazione della cava, con progressivo abbassamento del piano di lavorazione, consentiranno di ridurre la propagazione

delle emissioni rumorose dell'attività estrattiva verso i recettori per l'azione di tamponamento indotta dalle scarpate di scavo.

In considerazione di quanto sopra descritto, alle risultanze della previsione di impatto acustico con i relativi dispositivi di mitigazione, nel breve periodo è possibile affidare alla componente rumore un grado di **impatto medio** comunque associato alla perturbazione indotta alla condizione di fondo, su cui già insistono le attività produttive esistenti. Nel lungo periodo, in relazione all'eliminazione delle sorgenti rumorose e quindi all'esaurimento della componente di impatto è possibile assegnare un grado di **impatto nullo**.

### **3.8 IMPATTO SULLA FAUNA**

In merito alla componente faunistica, non si registra la presenza in sito di specie di interesse comunitario, mammiferi, uccelli rari o protetti ai sensi dell'art. 2 della Legge 157/92, né vi sono elementi che lascino supporre presenza o transito di specie rare o comunque protette, o soggette a particolari decreti di tutela. L'attività di cava ivi svolta, in relazione anche al fatto che in fase di scavo non prevede l'eliminazione di ambienti di rifugio significativi o aree a copertura forestale, si presume non produca impatti significativi o ricadute che compromettano irrimediabilmente l'habitat, lo status ed i cicli biologici delle popolazioni animali presenti sul territorio.

Non essendoci significative interferenze tra areali riproduttivi, sentieri e rotte di spostamento o zone di alimentazione delle specie sopra richiamate con la futura area estrattiva, si può presumere che queste possano subire un danno praticamente insignificante nel breve periodo, limitato al disturbo arrecabile a quelle specie che conoscono siti di nidificazione, insediamento o riproduzione al suolo o sulla vegetazione erbacea tipica delle aree di cava in ampliamento; gli impatti indotti su siti riproduttivi di specie ornitiche o terrestri legate ad alberi ed arbusti non sono considerabili elevati, in quanto non sono previsti abbattimenti di soprassuoli o di cenosi arboreo-arbustive di elevata articolazione strutturale.

Durante il breve periodo, l'antropizzazione del sito dovuto alla presenza dell'uomo e delle macchine operatrici al lavoro, sarà comunque fonte di disturbo. Durante i periodi di lavorazione di cava è pertanto prevedibile una riduzione del grado di permanenza e fruizione del sito da parte della fauna, comunque possibile nelle aree adiacenti non interessate dall'intervento in oggetto. Le innumerevoli impronte e avvistamenti di avifauna avvenuti nelle adiacenti aree già soggette ad attività estrattiva mostrano comunque come le cave siano inserite nel contesto ambientale del

territorio senza impattarne la vocazionalità. Tali evidenze si traducono nell'avvenuta adattabilità delle specie alle pressioni antropiche locali con continuo utilizzo del sito nei periodi non lavorativi.

La cava costituisce un ambiente limite di opportunità per gli animali che possono usufruire di un ambiente prossimale comunque particolarmente ricco ed ecologicamente più variegato (passaggio da habitat fluviale in adiacenza al Fiume Secchia, ad ecotonale fino ad agricolo). Ciò riduce ad un effetto puntuale e puntiforme l'impatto della cava stessa. Ne è prova il fatto che le comunità faunistiche locali si sono sviluppate regolarmente nella zona in stretto accordo con i fenomeni registrati negli habitat più tranquilli e privi localmente di simili pressioni puntiformi. Si può quindi concludere che la presenza di una nuova area estrattiva non arrecherà danni sensibili alla fauna presente, essendo questa dotata di una elevata capacità di adattamento e della possibilità di spostarsi a poche centinaia di metri, in zone più tranquille.

In queste situazioni, dove la sensibilità delle popolazioni faunistiche locali all'attività antropica è divenuta praticamente assente, anche le lavorazioni più eclatanti e rumorose, e quelle più routinarie di coltivazione con mezzi meccanici svolte in cava negli anni non presentano incidenze negative sul comportamento animale, che di fatto non ha mutato i propri cicli biologici. Questo comportamento è inoltre incentivato dalla immediata vicinanza al sito estrattivo alla zona di protezione faunistica a scopo di ripopolamento denominata "Marzaglia" (Figura 27) che compensa, soprattutto per quanto riguarda la piccola selvaggina, la forte competitività spaziale data dall'elevato grado di antropizzazione del territorio.

Pur con la presenza della cava, la mobilità faunistica delle aree di campagna circostante fino alle fasce fluviali del Fiume Secchia (connessione ecologica est-ovest) è naturalmente possibile con soluzione di continuità, in direzione nord al perimetro estrattivo. Nel periodo notturno e comunque nei giorni di fermo lavorazione la mobilità faunistica, specialmente per le specie di terra, all'interno del sito estrattivo è possibile grazie alla recinzione perimetrale che sarà sollevata da terra di almeno 20 cm. Nel complesso l'attività estrattiva in progetto non andrà pertanto ad alterare i corridoi ecologici naturali presenti nell'intorno del sito e non sarà fattore di perdita di biodiversità.

Nel lungo periodo, il progetto di sistemazione finale dell'area di cava porterà alla sua definitiva riconversione a fini paesaggistici-ambientali mediante la destinazione ad area naturalistica. Nell'ambito del progetto di coltivazione e sistemazione in oggetto, l'intera area di intervento sarà completamente inerbita e piantumata con specie arbustive ed arboree donando un adeguato grado di variabilità ecologica dell'areale che, unitamente all'attuale seminativo agricolo circostante, porterà ad una maggiore presenza di potenziali aree di rifugio e nidificazione delle specie faunistiche, per lo più avicole.

Dalle considerazioni sovraesposte, anche in relazione al fatto che il periodo di escavazione a maggiore impatto sarà di breve durata, al breve periodo si può assegnare alla componente fauna un grado di **impatto nullo** destinato ad annullarsi nel lungo periodo per eliminazione di ogni possibile fonte di disturbo antropico.

Inoltre si può affermare che, nel lungo periodo a sistemazioni ambientali avvenute, tutte le specie potenzialmente interessate dall'attività estrattiva potranno avvantaggiarsi della nuova destinazione naturalistica, dei miglioramenti dell'habitat locale con la creazione di maggior grado di varietà ecosistemica. Pertanto nel lungo periodo si può pensare ad un grado di **impatto nullo** con tendenza al positivo.

### **3.9 IMPATTI PER FLORA, VEGETAZIONE ed ECOSISTEMI**

Relativamente alla componente vegetazionale, il perimetro estrattivo interesserà solo una minima porzione di terreno ancora non interessato da attività estrattiva (Lotto C). Tale area risulta priva di copertura forestale ed attualmente in una situazione di incolto produttivo.

Non sono previste attività ed impatti che confliggano con le previsioni normative della L.R. 17/91 – art. 31 e del PTPR – art. 35, comma 2, ovvero che comportino abbattimenti di porzioni del sistema forestale e boschivo. Questa evidenza è ancor più marcata considerando altresì l'assenza sul sito di specie ed essenze vegetali protette o sottoposte e decreti di tutela.

Pertanto l'attività estrattiva in progetto genera impatti esclusivamente su superfici di ex cava (Lotto D) e/o ex agricole (Lotto C) senza particolare copertura vegetazionale e pertanto a minima valenza ecologica. Nel complesso non si prevede la generazione di impatti significativi alla vegetazione e flora spontanea durante il breve periodo.

Dalle considerazioni sovraesposte, anche in relazione al fatto che il periodo di escavazione con decorticazione delle vegetazione superficiale sarà di breve durata, si può concludere la generazione nel breve e lungo periodo di un **impatto nullo** sulla vegetazione e sugli ecosistemi.

Nel lungo periodo, infatti, il progetto di sistemazione vegetazionale del sito estrattivo prevede un complessivo rinverdimento dell'intera area (ad esclusione dell'ambito soggetto a Permesso di Costruire) tramite l'inerbimento delle scarpate e del fondo cava. Nello specifico, per le scarpate definitive della porzione ovest della cava Aeroporto 2015, si realizzerà una sistemazione vegetazionale con quattro banquette di talee di salice e piantine di specie arbustive ed arboree.

Si rimanda al progetto di sistemazione (fascicolo C04) per meglio illustrare gli interventi di sistemazione vegetazionale che saranno pervisti al rilascio dell'attività estrattiva.

### 3.10 IMPATTI PER TRAFFICO VEICOLARE

Correlato all'aspetto delle emissioni in atmosfera e rumorose prodotte dell'attività estrattiva è la componente traffico veicolare di mezzi pesanti indotto sulle pubbliche arterie stradali.

L'impianto di lavorazione a cui è destinato l'inerte estratto è l'impianto di selezione e frantumazione inerti denominato "Frantoio Marzaglia" – area Impianto 2 della Ditta Granulati Donnini S.p.A., esercente e richiedente della presente istanza, ubicato in prossimità ed in diretto collegamento interno con la cava Aeroporto 2015 in quanto in continuità con cava Corpus Domini, confinante con l'area in esame.

I mezzi di trasporto del materiale estratto, percorrendo pertanto brevi tratti di pista interna alle aree estrattive, raggiungeranno la tramoggia di carico dell'impianto percorrendo un massimo di 600 m dal sito di estrazione (Figura 52), senza interessare viabilità pubblica a piano campagna.

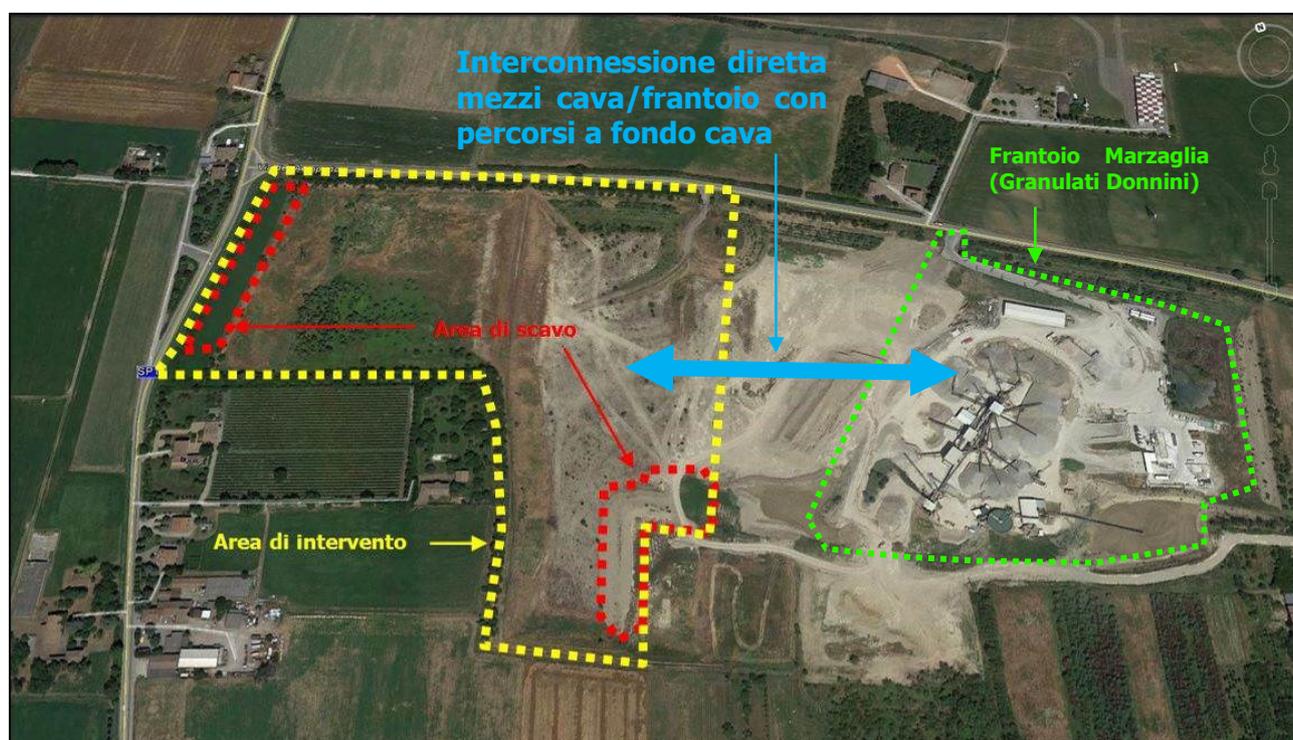


Figura 52 - Tracciati schematici per percorsi utilizzati per raggiungere la tramoggia di carico del frantoio

Tale opportunità permetterà di mantenere il traffico veicolare indotto dall'attività estrattiva nel circuito delle piste interne al Polo Estrattivo 5, senza andare ad interessare la viabilità pubblica costituita da Via dell'aeroporto e dalla Strada Provinciale n. 15.

In considerazione di quanto sopra esposto, alla componente traffico veicolare su strade pubbliche è possibile assegnare un livello di **impatto lieve** nel breve termine in considerazione della possibilità di interessarla parzialmente e nel lungo termine un **impatto nullo**.

### **3.11 IMPATTI SUL PAESAGGIO**

Il Polo estrattivo 5 racchiude una porzione di territorio che per ubicazione e conformazione non comprende aree tutelate per legge da un punto di vista paesaggistico, ai sensi del D.Lgs 42/2004, pertanto non sarà necessario ottenere Autorizzazione Paesaggistica. Non sarà di fatto previsto dal progetto l'eliminazione o l'alterazione di alcun elemento vegetazionale o storico-architettonico rilevante, ovvero vincolato.

Da un punto di vista generale l'attività estrattiva corrisponde ad una lavorazione che modifica la morfologia e la copertura del suolo naturale mutandone temporaneamente la destinazione d'uso, ovvero il proprio contesto paesaggistico e la percezione vedutistica. Propedeuticamente al rilascio del sito tali aspetti saranno oggetto di interventi di recupero allo scopo di sistemare il vuoto di cava, anche dal punto di vista vegetazionale, valorizzandone il riutilizzo per gli scopi fissati dalla programmazione territoriale locale.

In linea generale le cave di pianura non presentano uno sviluppo verso l'alto, avendo la propria evoluzione al di sotto del piano campagna. Questo aspetto rende di fatto l'attività estrattiva in questi siti naturalmente schermata e pertanto difficilmente percepibile da un osservatore di terra posto al di fuori dell'area di cantiere. Tale aspetto è inoltre facilitato dalla normale procedura estrattiva che prevede la realizzazione di argini in terra anche rinverditi e barriere schermanti lungo il perimetro estrattivo al fine di mitigarne ulteriormente la percezione soprattutto durante le fasi estrattive svolte a piano campagna.

La cava "Aeroporto 2015" si inserisce in un contesto agricolo con morfologia pianeggiante tipica delle aree di pianura con la presenza di aree estrattive attive e/o esaurite o con presenza di impianti di lavorazione inerti, nuclei abitati.

L'area in progetto si inserisce di fatto in un contorno già antropizzato e povero dei naturali caratteri di sito che contraddistinguono l'areale di intervento. La maggiore modificazione si avrà con le prime fasi di estrazione quando contestualmente all'esportazione del cappellaccio, nel solo Lotto C, lo stesso materiale verrà movimentato internamente e disposto in cumulo in attesa dei ripristini morfologici.

Solo in questa fase le operazioni effettuate dai mezzi meccanici saranno visibili dalla viabilità pubblica e dalle abitazioni prospicienti l'area di intervento. A completamento dei citati lavori di asportazione del cappellaccio e movimentazione del terreno in stoccaggio, le modifiche del paesaggio non saranno visibili all'esterno, azzerando di fatto il disturbo inflitto sulla componente paesaggio da parte dell'intervento in progetto.

Va anche ricordato che siamo al cospetto di areali in cui l'attività estrattiva è presente da circa 20 anni, avendo avuto modo di consolidarsi nel paesaggio fruibile, e quindi di risultare meno impattanti all'occhio di un fruitore già allenato a vedere paesaggi tipici di zone con attività estrattiva in essere.

Nella valutazione degli impatti sulla componente vedutistica del paesaggio e di intervisibilità delle lavorazioni va aggiunto anche che l'area in oggetto presenta arginature esistenti e rivegetate e che tali sistemi di mitigazione (già in essere) costituiscono un adeguato sistema di schermatura nei confronti delle lavorazioni.

### **3.11.1 PAESAGGIO TEMPORANEO (BREVE TERMINE)**

Il progetto che si sta valutando si inserisce in un contesto territoriale di cava esistente (cava Aeroporto) e in adiacenza ad una cava attiva (cava Corpus Domini) ed un impianto di trasformazione e lavorazione inerti (frantoio Marzaglia), L'areale in esame risulta quindi già alterato con le sembianze morfologiche tipiche di una cava di pianura, con conformazione a fossa e orizzonte ghiaioso a vista.

Dal punto di vista paesaggistico e vedutistico, gli impatti generati dall'attività di escavazione nella cava "Aeroporto 2015" nel breve periodo deriveranno essenzialmente:

1. Dalla rimozione della copertura superficiale del Lotto C, con rimozione del terreno attualmente ad incolto produttivo, e messa a nudo dell'orizzonte geologico oggetto di escavazione. In questa fase, altimetricamente svolta a piano campagna quindi soggetta a maggiore intervisibilità, si priverà una porzione di suolo di copertura verde, generando una variazione cromatica con la campagna circostante;
2. Dalla variazione morfologica del sito che, seguendo il classico modello di coltivazione a fossa, si presenterà a piano ribassato (- 12 m da p.c.) collegato alle aree perimetrali tramite una doppia scarpata a pendenza 45-60°, intervallata da una banca larga 5 m.

L'azione impattante sarà diminuita dalle opere di mitigazione esistenti, tali da giustificare un sostanziale abbassamento dei livelli di impatto generati ed una riduzione dell'intervisibilità potenziale con uno spettatore di passaggio o stazionario. A tal proposito si citano:

- Col procedere dell'escavazione, l'abbassamento del fondo cava sino alla profondità di -12 m costituirà un efficace elemento di mitigazione sulla componente visibilità, principalmente influenzata dalla morfologia essenzialmente pianeggiante delle aree di campagna circostante.

- Arginatura perimetrale in terra rinverdita quale efficace sistema di barriera schermante l'area di cava tali da minimizzare, quanto più possibile, gli impatti visivi generati dalla cava oltre che fungere da effetto tampone nei confronti della propagazione delle emissioni rumorose e di polveri. Questi terrapieni, pur rappresentando un elemento estraneo nella pianura circostante, costituiscono un fattore naturale con funzione "mimetizzante" piuttosto soddisfacente.
- Il progetto di coltivazione prevede il mantenimento degli elementi territoriali, storici e culturali di sito soggetti a tutela. Il progetto in fase di scavo non prevede infatti l'eliminazione di alcun elemento vegetazionale o storico-architettonico significativo ovvero vincolato;

Dalle considerazioni sopra esposte, dagli elementi di mitigazione e in relazione al fatto che l'attività estrattiva si inserirà in un contesto adiacente a cave attive, è prevedibile nel breve termine un livello di **impatto medio** sul paesaggio e sulla componente vedutistica.

### **3.11.2 PAESAGGIO PERMANENTE DI SISTEMAZIONE**

Per quanto riguarda la situazione a lungo termine, cioè dopo le operazioni di sistemazione del sito in ambito naturalistico, il progetto è destinato a produrre un generale miglioramento dal punto di vista paesaggistico, poiché il riassetto finale tenderà a riconvertire l'area potenziando l'offerta naturalistico-ricreativa.

La realizzazione del progetto finale produrrà un potenziamento significativo delle qualità paesaggistiche della zona, con elementi di accentuazione della connotazione naturalistica ed elementi di attrazione tipici di una zona a parco naturale, ancorché posizionati su un livello ribassato rispetto al piano campagna.

Nel lungo periodo è quindi presumibile una graduale riduzione del livello di impatto a seguito degli interventi di sistemazione e la graduale rinaturalizzazione delle aree.

Permarrà l'impatto legato al mutamento della configurazione morfologica dell'area che sarà a piano ribassato, con geometrizzazione ad evidente derivazione antropica, elemento comunque di minoranza se valutato nel complesso della valorizzazione complessiva dell'area.

Da tali considerazioni al lungo periodo è attribuibile un **impatto lieve** con tendenza all'annullamento quando lo sfruttamento del sito lo avrà integrato nella componente sociale locale.

### **3.12 IMPATTI PER SALUTE E BENESSERE DELL'UOMO e CONDIZIONI SOCIO ECONOMICHE**

Per quanto conosciuta l'attività estrattiva nel Polo 5 non ha creato, nel corso degli anni, situazioni o pericoli tali da mettere a repentaglio la salute ed il benessere dell'uomo nell'ambiente di lavoro e circostante.

Durante la fase di esercizio non si evidenziano particolari lavorazioni in grado di compromettere la salute ed il benessere dell'uomo, non verranno impiegate sostanze pericolose ed il rischio incendi è tale da non richiedere accorgimenti straordinari. Ad ogni modo, in fase di esercizio, dovranno attuarsi gli accorgimenti necessari per assicurare un alto grado di sicurezza ai sensi del D.Lgs. 81/08 e ss.mm.ii..

Inoltre, le aree saranno delimitate lungo il nuovo perimetro esterno con una recinzione metallica, ove già non presente, corredata da cartelli monitori intervisibili tra loro posti ad un passo di 40 m. L'accesso al cantiere è consentito solo agli addetti ai lavori attraverso il cancello che da accesso all'adiacente Frantoio Marzaglia della Ditta richiedente, posto su Via dell'Aeroporto.

L'attività estrattiva nel Polo Estrattivo 5 intercomunale (Modena e Formigine), rappresenta una realtà consolidata da circa 20 anni, durante i quali si è affermata come importante centro di approvvigionamento di inerti per il settore edilizio e viario. La pianificazione di settore affida infatti al Polo Estrattivo 5, fra cui la cava "Aeroporto 2015", il ruolo di concorrere al soddisfacimento del fabbisogno provinciale di inerti. Da qui il ruolo strategico del Polo 5 visto nel suo complesso, oltre che da un punto di vista giacimentologico anche socio-economico di supporto all'occupazione lavorativa. La sua presenza nel territorio ha nel tempo contribuito ad incentivare anche l'economia locale, offrendo occasioni di sviluppo ed impiego in tutte quelle realtà produttive ed artigiane correlate, all'attività estrattiva, dai trasporti alla logistica e gestione, alla ristorazione, ecc... Pertanto la cava "Aeroporto 2015", acquisterà un chiaro valore sociale anche a fini paesaggistici.

Risulta quindi chiaro il ruolo socio-economico che l'attività estrattiva ha assunto in questi anni e continuerà a svolgere anche nell'ambito del nuovo piano di coltivazione e successivo utilizzo naturalistico, anche se d'altra parte ha creato una ripercussione sull'ambiente naturale del sito.

Dal punto di vista del benessere dell'uomo e degli impatti socio-economici, in relazione al ruolo del sito estrattivo nella copertura del fabbisogno provinciale di inerti di conoide, è attribuibile nel breve periodo un **impatto nullo** all'attività in oggetto, con tendenza al **positivo** nel lungo periodo in funzione della destinazione naturalistica. Non risultano impatti al sistema insediativo.

## **4 FATTORI SINERGICI**

---

Sono considerati fattori sinergici le attività e le ulteriori pressioni antropiche censite nell'intorno del sito, le cui ripercussioni possono provocare l'aggravarsi delle interferenze e degli impatti sull'ambiente e sull'uomo derivabili dall'attività estrattiva di cava. Tali fattori sono da ritenersi di fatto cause indirette di incremento degli effetti perturbativi della coltivazione di cava.

La valutazione delle componenti sinergiche è importante al fine di stabilire le globali ripercussioni sull'ambiente causate dall'antropizzazione del territorio in quanto consente di relazionare tra loro tutte le attività presenti nell'intorno del sito di nuovo insediamento.

Nell'ottica di individuazione delle possibili sinergie antropiche di impatto si ritiene ragionevole considerare un raggio di influenza indicativamente di 1 km dall'area di cava, distanza oltre la quale è presumibile sopporre l'attenuazione dell'effetto di sincrona generazione degli impatti.

Con riferimento all'areale indicato (allegato 3) sono identificabili le seguenti attività produttive che possano concorrere ad aggravare gli impatti sull'ambiente producibili dall'attività estrattiva in cava "Aeroporto 2015":

- Piccole-medie imprese artigianali e commerciali dislocate in corrispondenza della S.P. n.15, che influiscono sulla componente del rumore. In materia di emissioni in atmosfera, trattasi di attività generalmente non soggette a regime di autorizzazione pertanto di scarsa rilevanza;
- Realtà agricole, zootecniche e florovivaistiche a conduzione familiare che non presentano aspetti ambientali concorrenziali alla realtà di cava;
- Infrastrutture ad uso pubblico a nord dell'area di intervento. Intervengono sommandosi alla maggior parte delle componenti ambientali.

Con riferimento a siti produttivi connessi con l'attività di estrazione di inerti, nell'intorno della cava "Aeroporto 2015" sono censiti:

- ✓ Impianto di Frantumazione e selezione inerti e centrale di betonaggio, costituenti il "Frantoio Marzaglia", ubicato in adiacenza ad est dell'area in esame;
- ✓ Impianto di Frantumazione e selezione inerti ed impianto di recupero, denominato "Frantoio Inerti Pederzona", ubicato in nel settore est del Polo 5 ad una distanza di circa 2 km dall'area in esame;

- ✓ Impianto di confezionamento di conglomerato cementizio, centrale di betonaggio, della Ditta Betonrossi, ubicato all'interno della cava Gazzuoli-FO, anch'esso posto ad una distanza di circa 2 km dall'area di intervento;
- ✓ Polo Estrattivo 5, con cave attive e in sistemazione sia in Comune di Modena, sia in Comune di Formigine

L'effetto di somma degli impatti è correlato per lo più alla componente traffico veicolare, in quanto le emissioni rumorose ed atmosferiche, tendendo ad annullarsi in un raggio indicativo generalmente non superiore ai 200 m, non presentano sovrapposizioni per lontananza tra i siti.

Dalle considerazioni sopra esposte, in relazione alla presenza di altri siti estrattivi nell'intorno del sito, sono di fatto ipotizzabili ulteriori ripercussioni negative sull'ambiente derivanti da fattori sinergici di impatto. È pertanto assegnabile, a breve e lungo termine, un grado aggiuntivo di impatto o interferenze ambientali e antropiche/sociali all'attività di cava svolta e di futuro svolgimento in cava "Aeroporto 2015" per concomitanza genesi d'impatto di altre attività produttive nell'intorno del sito.

## 5 SINTESI FINALE DELL'ANALISI DEGLI IMPATTI

In seguito viene indicato il riassunto dei precedenti paragrafi relativi alla valutazione degli impatti sulle diverse componenti analizzate.

Tabella 3 - *Sintesi dell'analisi degli impatti*

COMPONENTE	IMPATTO BREVE TERMINE	IMPATTO LUNGO TERMINE	REVERSIBILITA' IMPATTO
Suolo e sottosuolo	Elevato	Lieve	NO
Stabilità	Nulla	Nulla	-
Consumi idrici	Nulla	Nulla	-
Scarichi idrici ed acque superficiali	Nulla	Nulla	-
Acque sotterranee	Medio	Nulla	SI
Produzione di rifiuti	Lieve	Nulla	SI
Atmosfera	Lieve	Nulla	SI
Rumore	Medio	Nulla	SI
Salute, Benessere dell'Uomo e condizioni socio economiche	Nulla	Positivo	-
Paesaggio	Medio	Lieve	NO
Fauna	Nulla	Nulla	-
Flora, Vegetazione ed Ecosistemi	Nulla	Nulla	SI
Traffico veicolare	Lieve	Nulla	SI

### LEGENDA CROMATICA CON RELATIVO PESO

(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	(0)	(-1)
<b>Molto Elevato</b>	<b>Elevato</b>	<b>Medio</b>	<b>Lieve</b>	<b>Molto Lieve</b>	<b>Nulla</b>	<b>Positivo</b>

Per poter stabilire un livello globale di impatto si calcherà la media pesata dei livelli di impatto, considerando cautelativamente un grado uniforme di significatività per ogni componente oggetto di valutazione. A tal proposito è stato attribuito ad ogni livello di impatto un peso di importanza, che nel caso di impatto positivo agirà a favore della riduzione degli effetti negativi.

$$I = \frac{\sum_{c=1}^n I_c}{n}$$

I= livello di impatto globale

I<sub>c</sub>= livello di impatto su ogni componente

C= componente ambientale

Ne consegue che gli impatti generati dall'attivazione della nuova area estrattiva sul territorio in esame sono globalmente calcolabili **lievi – molto lievi** nel breve periodo (I=1,46) fino al valore **nullo** nel lungo periodo (I=0,38) con tendenza al positivo miglioramento ad avvenuto ripristino definitivo del sito così come da previsioni finali di PC (tav. 2.2.i del PC).

Data la presenza di potenziali fattori sinergici che indirettamente potrebbero andare a sommarsi alle ripercussioni derivanti dall'attività estrattiva in cava "Aeroporto 2015" è cautelativamente da assegnare al progetto di coltivazione e sistemazione della cava un livello aggiuntivo di impatto in di esercizio, portandolo nel breve termine ad un grado di impatto **lieve-medio**, comunque tollerabile se rapportato ad altre attività produttive.

## **6 EMERGENZE AMBIENTALI – INCIDENTI E SVERSAMENTI**

---

Nell'esercizio dell'attività di cava non è previsto l'utilizzo di sostanze pericolose, o la presenza di stoccaggi di materia dai quali si potrebbero generare rischi per l'ambiente per effetto del dilavamento meteorico o dell'aerodispersione. Le lavorazioni di cava comprendono esclusivamente l'utilizzo di mezzi pesanti per l'escavazione ed il trasporto di materiale; i potenziali rischi ambientali dovuti a fenomeni fortuiti sono di fatto riconducibili a queste semplici fasi di processo. Sono pertanto ipotizzabili rischi dovuti a sversamenti accidentali di oli motore, o carburante durante le fasi di approvvigionamento la cui entità non si prevede possa comportare una contaminazione estesa e rischiosa per l'ambiente ed il personale lavoratore se arginata e gestita nell'immediato secondo le seguenti procedure d'emergenza:

1. Tamponamento immediato della fonte di inquinamento con stracci ed altro materiale assorbente in dotazione presso il sito al fine di confinare lo sversamento ed impedirne la percolazione in profondità.
2. Per le situazioni di maggiore pericolosità in relazione all'estensione della contaminazione di dovrà procedere con le primarie operazioni di messa in sicurezza del sito a prevenzione di ulteriore diffusione del potenziale inquinamento tramite:
  - a. Tempestiva comunicazione dell'accaduto alle autorità competenti (quali Arpa, Provincia di Modena, Comune di Modena); confinamento dello sversamento.
  - b. Rimozione dell'orizzonte contaminato per uno strato di terreno corrispondente alla profondità interessata dalla percolazione e suo stoccaggio in area impermeabile in attesa di proseguire con le normali procedure di caratterizzazione dei terreni ed eventuali successivi interventi di bonifica di cui alla Parte IV del D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.

Sul sito non sono presenti serbatoi o cisterne di gasolio. Il servizio del rifornimento dei mezzi di cava è operato all'interno dell'adiacente impianto di Marzaglia, della Ditta proponente, il quale vede al suo interno due stazioni carburante attrezzate, recintate e con piazzola impermeabilizzata.

## **7 MITIGAZIONE E PREVENZIONE IMPATTI**

---

Nell'ambito della progettazione estrattiva e delle modalità di esercizio dell'attività di cava si è avuto cura di adottare tutti gli accorgimenti necessari ad evitare, prevenire o quantomeno mitigare le possibili ricadute negative sull'ambiente e sull'apparato sociale, rispettando le disposizioni e prescrizioni di PIAE e PAE nonché le normali cautele e prassi gestionali del caso.

Riprendendo quanto illustrato al precedente capitolo 3, si riportano di seguito gli aspetti progettuali, le azioni e le disposizioni operative adottate a tale scopo.

### ❖ SUOLO E SOTTOSUOLO

L'attività estrattiva ha come obiettivo primario l'estrazione di inerti, pertanto il vuoto di cava e l'alterazione della morfologia di sito derivante dallo sfruttamento del suolo non può essere evitato. Solo a lungo termine, a mitigazione dell'impatto provocato, è prevista la sistemazione del vuoto di cava con parziale tombamento del fondo e delle scarpate di rilascio.

In relazione all'uso del suolo, la mitigazione dell'impatto derivante dall'esercizio dell'attività estrattiva è perseguibile nel lungo periodo ricorrendo al progetto di sistemazione vegetazionale delle aree sfruttate con valorizzazione ad usi naturalistici e creazione di una copertura vegetazionale tipica dell'habitat planiziale con ampie superfici prative a recepimento delle disposizioni siglate nel Piano di Coordinamento in fase definitiva (tav. 2.2i del PC).

### ❖ STABILITA' DELLE SCARPATE

La prevenzione di tale componente è garantita da una progettazione della morfologia di cava in periodo di esercizio e di sistemazione con scarpate aventi pendenza tale da rispettare le verifiche di stabilità nonché le geometrie indicate e fissate dal PAE.

### ❖ COMPONENTI ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

Relativamente al potenziale fenomeno di inquinamento delle acque sotterranee e superficiali, si citano i seguenti fattori di prevenzione e mitigazioni:

- Non utilizzo, nel normale ciclo lavorativo delle attività di cava, di sostanze pericolose. Il fenomeno del trascinarsi di materia contenente sostanze pericolose a rischio inquinamento in acque superficiali e sotterranee per dilavamento da evento meteorico si previene alla fonte;
- Assenza in sito di una stazione carburante fissa. I rifornimenti di carburante dei mezzi di lavorazione e trasporto avverranno sfruttando le attrezzature del vicino impianto di

frantumazione di proprietà della Ditta richiedente, ovvero all'interno dell'area impianto di Marzaglia;

- Tempestiva esecuzione delle procedure di emergenza in caso di accidentali sversamenti di sostanze che possano essere fonte di inquinamento per il suolo, il sottosuolo o acque sotterranee (es. carburante, olio motore, ecc...);
- Separazione delle acque interne al perimetro estrattivo dalle acque di provenienza dalla campagna circostante esterna, mediante la realizzazione di fossi di guardia perimetrali al sito estrattivo con direzione di deflusso verso nord. Tale accorgimento avrà il compito di ridurre l'apporto idrico al fondo cava (reso a maggiore permeabilità per scotico del cappellaccio), riducendolo ai soli dilavamenti propri, limitando pertanto il rischio di ingresso in cava di flussi idrici eventualmente inquinanti da dilavamenti esterni non controllabili (concimi chimici, accumuli di materiali pericolosi al di fuori del sito di lavorazione, ecc.);
- Accessibilità al cantiere al solo personale autorizzato;
- Obbligo di segnalazione tempestiva di eventuali sversamenti di materiali contaminanti alle autorità competenti tra cui Arpa, Provincia e Comune di Modena;
- Coltivazione per lotti contigui con consequenziale sistemazione degli stessi mediante parziale ritombamento del vuoto di cava e con riporto di materiali aventi caratteristiche di permeabilità non inferiori a quelle del cappellaccio preesistente al fine di ricostruire la naturale protezione;
- Al rilascio del sito, il drenaggio delle aree ribassate di sistemazione sarà garantito tramite una rete di fossi di guardia posto alla base delle scarpate, che consenta la raccolta e l'ordinato allontanamento delle acque meteoriche scolanti in direzione nord-est. Qui, diversamente alla fase di esercizio in cui il fondo cava possedeva capacità d'infiltrazione tale da evitare fenomeni di ristagno, sarà creata una depressione per la raccolta delle acque meteoriche in modo che nel caso di abbondanti eventi meteorici possano evitarsi ristagni diffusi;

#### ❖ EMISSIONI IN ATMOSFERA

- Presenza di argini perimetrali in terra rinverditi, posti a protezione dei ricettori limitrofi, quale barriera di tamponamento alla propagazione del potenziale plume polverulento associato all'attività estrattiva;

- L'aerodiffusione di materiale polverulento producibile dalle lavorazioni di cava sarà limitato dalle periodiche operazioni di bagnatura ed umidificazione del materiale movimentato da condursi durante le operazioni estrattive;
- L'aerodiffusione di materiale polverulento producibili dalle fasi di trasporto del materiale estratto e dal transito mezzi sarà limitato grazie a periodiche operazioni di bagnatura delle piste e degli accumuli in stoccaggio. La frequenza e la periodicità di tali operazioni dipenderà dalle condizioni meteorologiche del periodo; durante la stagione estiva, e comunque in condizioni di caldo secco, tali operazioni saranno ripetute più volte al giorno per ridursi in quei periodi in cui la stagionalità dona naturalmente al materiale un grado di umidità tale da limitarne la diffusione;
- Conferimenti del materiale in estrazione verso l'impianto di lavorazione prevalentemente tramite l'utilizzo di piste di cantiere interne al perimetro di polo. Tale accorgimento consentirà di ridurre la componente di emissioni veicolari oltre al potenziale trascinarsi di materiale polverulento all'esterno del sito estrattivo, eliminando l'indotto del traffico veicolare della cava dalla pubblica viabilità;
- Movimentazione del materiale in mezzi con cassone coperto, transitanti a bassa velocità;
- In fase di carico, riduzione delle altezze di caduta del materiale estratto all'interno del vano di carico al fine di limitarne l'aerodispersione;
- Annuale controllo dei gas di scarico dei mezzi di cava;
- Ottenimento dell'autorizzazione alle emissioni in atmosfera ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii..

❖ EMISSIONI RUMOROSE

- Presenza di argini perimetrali in terra rinverditi, posti a protezione dei ricettori limitrofi, quale barriera di tamponamento alla propagazione delle emissioni rumorose associate all'attività estrattiva;
- Tempistiche di lavorazione: esclusivamente nel periodo diurno per 5 giorni settimanali escluso i festivi;
- Verifica periodica dello stato di funzionamento dei mezzi meccanici;
- Conferimenti del materiale in estrazione verso l'impianto di lavorazione prevalentemente tramite l'utilizzo di piste di cantiere interne al perimetro di polo. Tale

accorgimento consentirà di ridurre la componente di emissioni rumorose associate al traffico indotto dall'attività estrattiva sui ricettori in affaccio alla pubblica viabilità.

❖ TRAFFICO VEICOLARE

- Utilizzo prevalentemente di piste interne al polo per limitare l'apporto verso i ricettori affacciati alla viabilità pubblica;
- Trasporti da eseguirsi con cassone a pieno carico consentito;
- Limitazione della velocità di transito degli automezzi di trasporto a 40 km/h;

❖ COMPONENTI PAESAGGIO, ECOSISTEMI E VEGETAZIONE

- Il progetto non interessa riserve naturali, parchi o altre aree naturali protette, aree a copertura forestale, aree oggetto di particolari tutele storico/culturali, archeologiche o sede di immobili ed aree di notevole interesse pubblico di cui all'art. 136 del D.Lgs 42/2008;
- Durante tutto il periodo di lavorazione e fino al completamento delle sistemazioni saranno mantenute le perimetrazioni a funzione schermante a protezione dei potenziali coni di visuale sul sito, quale barriera che impedisca la vista diretta delle aree di cantiere;
- Con l'esaurimento delle potenzialità estrattive previste dal piano di coltivazione in oggetto saranno attuati gli interventi di sistemazione finale del vuoto di cava (parziale ritombamento con inerbimento diffuso delle scarpate e vegetazione arborea-arbustiva delle stesse) a recupero naturalistico secondo programmato in tav. 2.2.i del PC. Il breve periodo in cui si svolgeranno le fasi progettuali di coltivazione e sistemazione in oggetto permetteranno di limitare l'effetto perturbante delle stesse che sarà progressivamente mitigato dall'avanzamento delle sistemazioni;
- Il progetto di sistemazione finale del sito estrattivo, in relazione alle previsioni di lungo termine definite dal PC, sarà volto ad istituire una "Zona ad interesse naturalistico", pertanto si porterà una valorizzazione dell'ecosistema locale con incremento di biodiversità grazie all'insediamento di nuovi habitat naturali e semi-naturali.

## **8 CONCLUSIONI**

---

L'area di cava s'inserirà in un contesto estrattivo già consolidato da anni, e nel prossimo periodo estrattivo in oggetto il quadro delle attività di coltivazione e sistemazione in progetto porterà all'esaurimento dell'ambito con restituzione del sito a destinazione naturalistica.

Viste le modalità di coltivazione previste, le tempistiche di esecuzione si prevede che i principali effetti ambientali connessi all'esercizio dell'attività estrattiva abbiano natura temporanea esaurendosi al termine delle lavorazioni. Le potenzialità estrattive assegnate alla cava "Aeroporto 2015" derivano da un'analisi di sostenibilità ambientale condotta dalla Provincia di Modena nell'ambito della pianificazione estrattiva di cui al PIAE 2009. Esse concorrono nello specifico alla copertura del fabbisogno provinciale di inerti, stimato per il decennio di validità del piano, prioritariamente da reperirsi in siti già in attività ovvero in adiacenza agli stessi. In relazione a queste considerazioni è possibile concludere come il progetto di coltivazione in cava "Aeroporto 2015" soddisfi in principio di sostenibilità ambientale relativamente all'aspetto legato al consumo di risorsa non rinnovabile, in quanto lo scavo è limitato ai quantitativi esclusivamente necessari, e fissati per quell'ambito, per concorrere alla copertura del fabbisogno di inerti fissato dalla programmazione provinciale di settore.

Le principali componenti di rilevanza ai fini della valutazione degli impatti sono rumore e polveri, in considerazione della vicinanza dei ricettori sensibili. Le valutazioni preliminari condotte mostrano comunque come la presenza di opere idonee poste sul perimetro dell'area di intervento possa largamente abbattere il disturbo e mitigare le ripercussioni sui ricettori esercitando, di fatto, un effetto schermante, oltre che intervisibilità, alla propagazione delle emissioni rumorose e di polveri diffuse.

Il temporaneo aumento di permeabilità del fondo cava indotto dall'asportazione del terreno di copertura (Lotto C) aumenta il grado di vulnerabilità dell'acquifero. Pertanto in fase lavorativa dovrà essere rivolta particolare attenzione nei confronti delle acque sotterranee, ed in particolar modo nei riguardi della gestione delle emergenze legate a sversamenti accidentali di sostanze pericolose o a potenziale inquinamento.

Le misure di mitigazione di cui ci si avvarrà per prevenire e/o ridurre gli impatti indotti dal progetto sono state valutate come le migliori attuabili nel sito, in considerazione delle modalità di scavo, di sistemazione nonché della destinazione finale dell'area che, una volta concluse tutte le disposizioni attuative fissate dal PC nel lunghissimo termine, avrà un prevalente carattere naturalistico.

La sintesi finale dell'analisi degli impatti, di cui al precedente capitolo 5 mostra un impatto indotto sulle componenti mediamente lieve in fase di esercizio (breve termine) e complessivamente nullo in seguito alla sistemazione (lungo termine), anche in relazione alle azioni sinergiche esercitate sull'ambiente dalla realtà produttiva e non, circostante. L'impatto a lungo termine avrà una tendenza al positivo miglioramento ad avvenuto ripristino definitivo del sito così come da previsioni finali di PC (tav. 2.2.i del PC).

Al termine dell'analisi delle verifiche di compatibilità ambientali condotte sulle matrici ambientali e sul contesto socio-economico e culturale del territorio di insediamento, si conclude pertanto che il quadro progettuale di coltivazione della cava "Aeroporto 2015", in attuazione delle previsioni estrattive di PIAE/PAE 2009 di cui al Piano di Coordinamento del Polo 5, nel rispetto delle mitigazioni e monitoraggi opportunamente disposti e previsti, non comporta impatti negativi significativi sull'ambiente.

In considerazione del fatto che la finalità principale del presente Studio di Impatto Ambientale è quella di assicurare che l'attività antropica sia compatibile con le condizioni per uno sviluppo sostenibile, e quindi nel rispetto della capacità rigenerativa degli ecosistemi, delle risorse, della salvaguardia della biodiversità e di un'equa distribuzione dei vantaggi connessi all'attività economica, alla luce dei risultati ottenuti si ritiene che **il progetto possieda i requisiti necessari.**



**ALLEGATO 1**

**RAPPORTI DI CALCOLO – VERIFICHE DI STABILITA'**



## Verifica fronte di avanzamento

### Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
  
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009  
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.10**. Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate. Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

<i>l</i>	lunghezza della base della striscia
<i>α</i>	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
<i>b</i>	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
<i>c</i>	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
<i>u</i>	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
<b>E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub></b>	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub></b>	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub></b>	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
<b>ΔX</b>	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
<b>ΔE</b>	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

#### Metodo di Bishop

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Bishop semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{F} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e **α<sub>i</sub>** sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i<sub>esima</sub>** rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i<sub>esima</sub>**, **c<sub>i</sub>** e **φ<sub>i</sub>** sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u<sub>i</sub>** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Bishop semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Descrizione terreno

### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

Nr.	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_w$	$\phi'$	$c'$	$\phi_u$	$c_u$
1	Ghiaia	1900	2100	37.00	0,080	0.00	0,400
2	Cappellaccio	1900	2100	28.00	0,110	0.00	0,400

## Profilo del piano campagna

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

Nr.	X [m]	Y [m]
1	0,00	2,00
2	12,00	2,00
3	14,30	6,00
4	19,30	6,00
5	22,77	12,00
6	26,77	12,00
7	27,92	14,00
8	50,00	14,00

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Ghiaia)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

N°	X[m]	Y[m]
1	26,77	12,00
2	22,77	12,00
3	19,30	6,00
4	14,30	6,00
5	12,00	2,00
6	0,00	2,00
7	0,00	0,00
8	50,00	0,00
9	50,00	12,00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Cappellaccio)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

N°	X[m]	Y[m]
1	50,00	12,00
2	50,00	14,00
3	27,92	14,00
4	26,77	12,00

## Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :  
Metodo di BISHOP (B)

### Impostazioni analisi

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

### Coefficienti di partecipazione caso statico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri			M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,25
Coesione efficace		$\gamma_c$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

### Coefficienti di partecipazione caso sismico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri			M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,25
Coesione efficace		$\gamma_c$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

### Sisma

Accelerazione al suolo $a_g$ =	0.538 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )	0.20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S) = 1.32$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 0.66$

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]

Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto

Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

### Impostazioni delle superfici di rottura

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]:	$X_0 = -2,00$	$Y_0 = 2,40$
Passo maglia [m]:	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi :	$N_x = 23$	$N_y = 15$
Raggio [m]:	$R = 10,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0,50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m
- freccia inferiore a 0,50 m
- volume inferiore a 2,00 mc

Numero di superfici analizzate	7844
Coefficiente di sicurezza minimo	1.104
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
BISHOP	7844	1.104	1	209.378	7844

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### *Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub>, y<sub>v</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub>, y<sub>m</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]

C<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

N°	C <sub>x</sub>	C <sub>y</sub>	R	x <sub>v</sub>	y <sub>v</sub>	x <sub>m</sub>	y <sub>m</sub>	V	C <sub>s</sub>	caso
1	16,00	16,40	10,00	20,02	7,24	24,98	12,00	8,06	1.104 (B)	[A2M2]

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	25	
Coordinate del centro	X[m]= 16,00	Y[m]= 16,40
Raggio del cerchio	R[m]= 10,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 20,02	Y <sub>v</sub> [m]= 7,24
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 24,98	Y <sub>m</sub> [m]= 12,00
Coefficiente di sicurezza	C <sub>s</sub> = 1.104	

### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub>	Y <sub>ss</sub>	Y <sub>si</sub>	X <sub>d</sub>	Y <sub>ds</sub>	Y <sub>di</sub>	X <sub>g</sub>	Y <sub>g</sub>	L	α	φ	c
1	20,02	7,24	7,24	20,22	7,58	7,33	20,15	7,39	0,22	24,31	31,08	0,06
2	20,22	7,58	7,33	20,41	7,92	7,43	20,32	7,58	0,22	25,56	31,08	0,06
3	20,41	7,92	7,43	20,61	8,26	7,53	20,52	7,79	0,22	26,81	31,08	0,06
4	20,61	8,26	7,53	20,80	8,60	7,63	20,71	8,01	0,22	28,08	31,08	0,06
5	20,80	8,60	7,63	21,00	8,94	7,74	20,91	8,23	0,23	29,36	31,08	0,06
6	21,00	8,94	7,74	21,20	9,28	7,86	21,10	8,46	0,23	30,66	31,08	0,06
7	21,20	9,28	7,86	21,39	9,62	7,98	21,30	8,69	0,23	31,98	31,08	0,06
8	21,39	9,62	7,98	21,59	9,96	8,11	21,49	8,92	0,24	33,32	31,08	0,06
9	21,59	9,96	8,11	21,79	10,30	8,24	21,69	9,16	0,24	34,68	31,08	0,06
10	21,79	10,30	8,24	21,98	10,64	8,39	21,89	9,40	0,24	36,06	31,08	0,06
11	21,98	10,64	8,39	22,18	10,98	8,54	22,08	9,64	0,25	37,46	31,08	0,06
12	22,18	10,98	8,54	22,38	11,32	8,70	22,28	9,89	0,25	38,90	31,08	0,06
13	22,38	11,32	8,70	22,57	11,66	8,86	22,48	10,14	0,26	40,36	31,08	0,06
14	22,57	11,66	8,86	22,77	12,00	9,04	22,67	10,39	0,26	41,85	31,08	0,06
15	22,77	12,00	9,04	22,97	12,00	9,23	22,87	10,57	0,28	43,40	31,08	0,06
16	22,97	12,00	9,23	23,17	12,00	9,43	23,07	10,66	0,28	45,01	31,08	0,06
17	23,17	12,00	9,43	23,37	12,00	9,64	23,27	10,77	0,29	46,66	31,08	0,06
18	23,37	12,00	9,64	23,57	12,00	9,87	23,47	10,88	0,30	48,37	31,08	0,06
19	23,57	12,00	9,87	23,77	12,00	10,11	23,67	10,99	0,31	50,13	31,08	0,06
20	23,77	12,00	10,11	23,98	12,00	10,37	23,87	11,12	0,33	51,96	31,08	0,06
21	23,98	12,00	10,37	24,18	12,00	10,64	24,07	11,25	0,34	53,87	31,08	0,06
22	24,18	12,00	10,64	24,38	12,00	10,94	24,27	11,39	0,36	55,87	31,08	0,06
23	24,38	12,00	10,94	24,58	12,00	11,26	24,47	11,55	0,38	57,99	31,08	0,06
24	24,58	12,00	11,26	24,78	12,00	11,61	24,67	11,71	0,40	60,23	31,08	0,06
25	24,78	12,00	11,61	24,98	12,00	12,00	24,85	11,87	0,44	62,64	31,08	0,06

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W	Q	N	T	U	E <sub>s</sub>	E <sub>d</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>d</sub>
1	47	0	-4	123	0	0	113	0	0
2	140	0	76	168	0	113	230	0	0
3	230	0	153	211	0	230	346	0	0
4	319	0	229	254	0	346	458	0	0
5	406	0	302	296	0	458	562	0	0
6	490	0	374	337	0	562	654	0	0
7	572	0	444	377	0	654	731	0	0
8	652	0	512	416	0	731	789	0	0
9	730	0	579	454	0	789	823	0	0
10	804	0	643	492	0	823	832	0	0
11	876	0	706	529	0	832	811	0	0
12	946	0	767	565	0	811	756	0	0
13	1012	0	826	600	0	756	665	0	0
14	1075	0	883	635	0	665	535	0	0
15	1094	0	899	651	0	535	375	0	0
16	1019	0	832	619	0	375	211	0	0
17	940	0	760	584	0	211	47	0	0
18	856	0	682	547	0	47	-110	0	0
19	767	0	597	507	0	-110	-253	0	0
20	672	0	505	464	0	-253	-373	0	0
21	571	0	403	417	0	-373	-460	0	0
22	462	0	289	365	0	-460	-500	0	0
23	344	0	161	307	0	-500	-478	0	0
24	215	0	14	242	0	-478	-373	0	0
25	74	0	-159	166	0	-373	-156	0	0

## Verifica fronte di avanzamento operativo con escavatore su banca intermedia

### Descrizione terreno

#### *Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

Nr.	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_w$	$\phi'$	$c'$	$\phi_u$	$c_u$
1	Ghiaia	1900	2100	37.00	0,080	0.00	0,400
2	Cappellaccio	1900	2100	28.00	0,110	0.00	0,400

### Profilo del piano campagna

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

Nr.	X [m]	Y [m]
1	0,00	2,00
2	12,00	2,00
3	12,30	5,49
4	18,30	5,49
5	24,30	11,50
6	27,30	11,50
7	28,75	14,00
8	50,00	14,00

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Ghiaia)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

N°	X[m]	Y[m]
1	27,30	11,50
2	24,30	11,50
3	18,30	5,49

4	12,30	5,49
5	12,00	2,00
6	0,00	2,00
7	0,00	0,00
8	50,00	0,00
9	50,00	11,50

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Cappellaccio)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

N°	X[m]	Y[m]
1	50,00	11,50
2	50,00	14,00
3	28,75	14,00
4	27,30	11,50

### Carichi sul profilo

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

#### CARICHI DISTRIBUITI

N°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
1	Escavatore	14,00	17,01	5000	5000	0	0

## Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :  
Metodo di BISHOP (B)

### Impostazioni analisi

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

### **Coefficienti di partecipazione caso statico**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coazione efficace		$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

### **Coefficienti di partecipazione caso sismico**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coazione efficace		$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

Sisma

Accelerazione al suolo $a_g =$	0.596 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )	0.20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) $k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) =$	1.46
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v=0.50 * k_h =$	0.73
Coefficiente di sicurezza richiesto	1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]

Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto

Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

Presenza di carichi distribuiti

Impostazioni delle superfici di rottura

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]:	$X_0 = -12,00$	$Y_0 = 1,80$
Passo maglia [m]:	$dX = 1,50$	$dY = 1,50$
Numero passi :	$N_x = 33$	$N_y = 21$
Raggio [m]:	$R = 1,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0,50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 80

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m
- freccia inferiore a 0,50 m
- volume inferiore a 2,00 mc

Numero di superfici analizzate	17688
Coefficiente di sicurezza minimo	1.135
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
BISHOP	17688	1.135	1	-4.069	17784

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### *Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub>, y<sub>v</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub>, y<sub>m</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]

C<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

<b>N°</b>	<b>C<sub>x</sub></b>	<b>C<sub>y</sub></b>	<b>R</b>	<b>x<sub>v</sub></b>	<b>y<sub>v</sub></b>	<b>x<sub>m</sub></b>	<b>y<sub>m</sub></b>	<b>V</b>	<b>C<sub>s</sub></b>	<b>caso</b>
1	10,50	9,30	7,00	12,04	2,47	16,37	5,49	7,95	1.135	(B) [A2M2]

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	25		
Coordinate del centro	X[m]= 10,50	Y[m]= 9,30	
Raggio del cerchio	R[m]= 7,00		
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]=		12,04
	Y <sub>v</sub> [m]= 2,47		
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]=		16,37
	Y <sub>m</sub> [m]= 5,49		
Coefficiente di sicurezza	C <sub>S</sub> = 1.135		

### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub>	Y <sub>ss</sub>	Y <sub>si</sub>	X <sub>d</sub>	Y <sub>ds</sub>	Y <sub>di</sub>	X <sub>g</sub>	Y <sub>g</sub>	L	α	φ	c
1	12,04	2,47	2,47	12,17	3,98	2,50	12,13	2,98	0,14	13,27	31.08	0,06
2	12,17	3,98	2,50	12,30	5,49	2,54	12,25	3,67	0,14	14,39	31.08	0,06
3	12,30	5,49	2,54	12,48	5,49	2,59	12,39	4,02	0,18	15,69	31.08	0,06
4	12,48	5,49	2,59	12,66	5,49	2,64	12,57	4,05	0,19	17,20	31.08	0,06
5	12,66	5,49	2,64	12,84	5,49	2,70	12,75	4,08	0,19	18,72	31.08	0,06
6	12,84	5,49	2,70	13,01	5,49	2,77	12,92	4,11	0,19	20,26	31.08	0,06
7	13,01	5,49	2,77	13,19	5,49	2,84	13,10	4,14	0,19	21,81	31.08	0,06
8	13,19	5,49	2,84	13,37	5,49	2,91	13,28	4,18	0,19	23,38	31.08	0,06
9	13,37	5,49	2,91	13,54	5,49	3,00	13,45	4,22	0,19	24,96	31.08	0,06
10	13,54	5,49	3,00	13,72	5,49	3,08	13,63	4,26	0,20	26,57	31.08	0,06
11	13,72	5,49	3,08	13,90	5,49	3,18	13,81	4,31	0,20	28,20	31.08	0,06
12	13,90	5,49	3,18	14,07	5,49	3,28	13,98	4,36	0,20	29,85	31.08	0,06
13	14,07	5,49	3,28	14,25	5,49	3,39	14,16	4,41	0,21	31,54	31.08	0,06
14	14,25	5,49	3,39	14,43	5,49	3,50	14,34	4,47	0,21	33,25	31.08	0,06
15	14,43	5,49	3,50	14,60	5,49	3,63	14,51	4,53	0,22	35,00	31.08	0,06
16	14,60	5,49	3,63	14,78	5,49	3,76	14,69	4,59	0,22	36,78	31.08	0,06

17	14,78	5,49	3,76	14,96	5,49	3,90	14,87	4,66	0,23	38,61	31.08	0,06
18	14,96	5,49	3,90	15,13	5,49	4,05	15,04	4,73	0,23	40,49	31.08	0,06
19	15,13	5,49	4,05	15,31	5,49	4,21	15,22	4,81	0,24	42,42	31.08	0,06
20	15,31	5,49	4,21	15,49	5,49	4,39	15,40	4,89	0,25	44,41	31.08	0,06
21	15,49	5,49	4,39	15,66	5,49	4,57	15,57	4,98	0,26	46,48	31.08	0,06
22	15,66	5,49	4,57	15,84	5,49	4,77	15,75	5,08	0,27	48,62	31.08	0,06
23	15,84	5,49	4,77	16,02	5,49	4,99	15,92	5,18	0,28	50,86	31.08	0,06
24	16,02	5,49	4,99	16,19	5,49	5,23	16,10	5,29	0,30	53,22	31.08	0,06
25	16,19	5,49	5,23	16,37	5,49	5,49	16,25	5,40	0,31	55,71	31.08	0,06

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W	Q	N	T	U	E <sub>s</sub>	E <sub>d</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>d</sub>
1	185	0	154	158	0	0	116	0	0
2	554	0	490	337	0	116	312	0	0
3	982	0	869	565	0	312	607	0	0
4	965	0	846	554	0	607	871	0	0
5	946	0	822	542	0	871	1107	0	0
6	925	0	797	530	0	1107	1314	0	0
7	902	0	771	517	0	1314	1494	0	0
8	877	0	745	504	0	1494	1649	0	0
9	850	0	717	490	0	1649	1778	0	0
10	822	0	687	476	0	1778	1885	0	0
11	791	0	656	462	0	1885	1970	0	0
12	758	362	947	618	0	1970	2018	0	0
13	723	884	1378	849	0	2018	1997	0	0
14	685	884	1344	833	0	1997	1934	0	0
15	645	884	1308	816	0	1934	1830	0	0
16	602	884	1271	799	0	1830	1688	0	0
17	556	884	1232	782	0	1688	1509	0	0
18	507	884	1190	763	0	1509	1296	0	0
19	454	884	1146	744	0	1296	1052	0	0
20	398	884	1099	723	0	1052	781	0	0
21	338	884	1048	701	0	781	486	0	0
22	273	884	993	678	0	486	172	0	0
23	203	884	932	653	0	172	-155	0	0
24	127	884	864	625	0	-155	-487	0	0
25	44	884	786	594	0	-487	-815	0	0

## Verifica fronte di avanzamento scavatore sulla banca intermedia

### Descrizione terreno

#### *Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

<b>Nr.</b>	<b>Descrizione</b>	$\gamma$	$\gamma_w$	$\phi'$	$c'$	$\phi_u$	$c_u$
1	Ghiaia	1900	2100	37.00	0,080	0.00	0,400
2	Cappellaccio	1900	2100	28.00	0,110	0.00	0,400

### Profilo del piano campagna

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
<i>X</i>	Ascissa del punto del profilo espressa in m
<i>Y</i>	Ordinata del punto del profilo espressa in m

<b>Nr.</b>	<b>X [m]</b>	<b>Y [m]</b>
1	0,00	2,00
2	12,00	2,00
3	14,30	6,00
4	19,30	6,00
5	22,77	12,00
6	26,77	12,00
7	27,92	14,00
8	50,00	14,00

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Ghiaia)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

<b>N°</b>	<b>X[m]</b>	<b>Y[m]</b>
1	26,77	12,00
2	22,77	12,00

3	19,30	6,00
4	14,30	6,00
5	12,00	2,00
6	0,00	2,00
7	0,00	0,00
8	50,00	0,00
9	50,00	12,00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Cappellaccio)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

N°	X[m]	Y[m]
1	50,00	12,00
2	50,00	14,00
3	27,92	14,00
4	26,77	12,00

### Carichi sul profilo

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

#### CARICHI DISTRIBUITI

N°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
1	Escavatore	16,30	19,30	5000	5000	0	0

## Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :  
Metodo di BISHOP (B)

### Impostazioni analisi

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

### Coefficienti di partecipazione caso statico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace		$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

### Coefficienti di partecipazione caso sismico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace		$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

Sisma

Accelerazione al suolo $a_g =$	0.538 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )	0.20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) $k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) =$	1.32
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v=0.50 * k_h =$	0.66
Coefficiente di sicurezza richiesto	1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]

Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto

Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

Presenza di carichi distribuiti

Impostazioni delle superfici di rottura

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]:	$X_0 = -2,00$	$Y_0 = 2,40$
Passo maglia [m]:	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi :	$N_x = 16$	$N_y = 19$
Raggio [m]:	$R = 8,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0,50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m
- freccia inferiore a 0,50 m
- volume inferiore a 2,00 mc

Numero di superfici analizzate	6944
Coefficiente di sicurezza minimo	1.104
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
BISHOP	6944	1.104	1	7.816	6944

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### *Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub>, y<sub>v</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub>, y<sub>m</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]

C<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

<b>N°</b>	<b>C<sub>x</sub></b>	<b>C<sub>y</sub></b>	<b>R</b>	<b>x<sub>v</sub></b>	<b>y<sub>v</sub></b>	<b>x<sub>m</sub></b>	<b>y<sub>m</sub></b>	<b>V</b>	<b>C<sub>s</sub></b>	<b>caso</b>
1	16,00	16,40	10,00	20,02	7,24	24,98	12,00	8,06	1.104	(B) [A2M2]

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

W peso della striscia espresso in kg

Q carico applicato sulla striscia espresso in kg

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg

E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	25		
Coordinate del centro	X[m]= 16,00	Y[m]= 16,40	
Raggio del cerchio	R[m]= 10,00		
Intersezione a valle con il profilo topografico	Y <sub>v</sub> [m]= 7,24	X <sub>v</sub> [m]=	20,02
Intersezione a monte con il profilo topografico	Y <sub>m</sub> [m]= 12,00	X <sub>m</sub> [m]=	24,98
Coefficiente di sicurezza	C <sub>s</sub> = 1.104		

### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub>	Y <sub>ss</sub>	Y <sub>si</sub>	X <sub>d</sub>	Y <sub>ds</sub>	Y <sub>di</sub>	X <sub>g</sub>	Y <sub>g</sub>	L	α	φ	c
1	20,02	7,24	7,24	20,22	7,58	7,33	20,15	7,39	0,22	24,31	31.08	0,06
2	20,22	7,58	7,33	20,41	7,92	7,43	20,32	7,58	0,22	25,56	31.08	0,06
3	20,41	7,92	7,43	20,61	8,26	7,53	20,52	7,79	0,22	26,81	31.08	0,06
4	20,61	8,26	7,53	20,80	8,60	7,63	20,71	8,01	0,22	28,08	31.08	0,06
5	20,80	8,60	7,63	21,00	8,94	7,74	20,91	8,23	0,23	29,36	31.08	0,06
6	21,00	8,94	7,74	21,20	9,28	7,86	21,10	8,46	0,23	30,66	31.08	0,06
7	21,20	9,28	7,86	21,39	9,62	7,98	21,30	8,69	0,23	31,98	31.08	0,06
8	21,39	9,62	7,98	21,59	9,96	8,11	21,49	8,92	0,24	33,32	31.08	0,06
9	21,59	9,96	8,11	21,79	10,30	8,24	21,69	9,16	0,24	34,68	31.08	0,06
10	21,79	10,30	8,24	21,98	10,64	8,39	21,89	9,40	0,24	36,06	31.08	0,06
11	21,98	10,64	8,39	22,18	10,98	8,54	22,08	9,64	0,25	37,46	31.08	0,06
12	22,18	10,98	8,54	22,38	11,32	8,70	22,28	9,89	0,25	38,90	31.08	0,06

13	22,38	11,32	8,70	22,57	11,66	8,86	22,48	10,14	0,26	40,36	31.08	0,06
14	22,57	11,66	8,86	22,77	12,00	9,04	22,67	10,39	0,26	41,85	31.08	0,06
15	22,77	12,00	9,04	22,97	12,00	9,23	22,87	10,57	0,28	43,40	31.08	0,06
16	22,97	12,00	9,23	23,17	12,00	9,43	23,07	10,66	0,28	45,01	31.08	0,06
17	23,17	12,00	9,43	23,37	12,00	9,64	23,27	10,77	0,29	46,66	31.08	0,06
18	23,37	12,00	9,64	23,57	12,00	9,87	23,47	10,88	0,30	48,37	31.08	0,06
19	23,57	12,00	9,87	23,77	12,00	10,11	23,67	10,99	0,31	50,13	31.08	0,06
20	23,77	12,00	10,11	23,98	12,00	10,37	23,87	11,12	0,33	51,96	31.08	0,06
21	23,98	12,00	10,37	24,18	12,00	10,64	24,07	11,25	0,34	53,87	31.08	0,06
22	24,18	12,00	10,64	24,38	12,00	10,94	24,27	11,39	0,36	55,87	31.08	0,06
23	24,38	12,00	10,94	24,58	12,00	11,26	24,47	11,55	0,38	57,99	31.08	0,06
24	24,58	12,00	11,26	24,78	12,00	11,61	24,67	11,71	0,40	60,23	31.08	0,06
25	24,78	12,00	11,61	24,98	12,00	12,00	24,85	11,87	0,44	62,64	31.08	0,06

### Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W	Q	N	T	U	E <sub>s</sub>	E <sub>d</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>d</sub>
1	47	0	-4	123	0	0	113	0	0
2	140	0	76	168	0	113	230	0	0
3	230	0	153	211	0	230	346	0	0
4	319	0	229	254	0	346	458	0	0
5	406	0	302	296	0	458	562	0	0
6	490	0	374	337	0	562	654	0	0
7	572	0	444	377	0	654	731	0	0
8	652	0	512	416	0	731	789	0	0
9	730	0	579	454	0	789	823	0	0
10	804	0	643	492	0	823	832	0	0
11	876	0	706	529	0	832	811	0	0
12	946	0	767	565	0	811	756	0	0
13	1012	0	826	600	0	756	665	0	0
14	1075	0	883	635	0	665	535	0	0
15	1094	0	899	651	0	535	375	0	0
16	1019	0	832	619	0	375	211	0	0
17	940	0	760	584	0	211	47	0	0
18	856	0	682	547	0	47	-110	0	0
19	767	0	597	507	0	-110	-253	0	0
20	672	0	505	464	0	-253	-373	0	0
21	571	0	403	417	0	-373	-460	0	0
22	462	0	289	365	0	-460	-500	0	0
23	344	0	161	307	0	-500	-478	0	0
24	215	0	14	242	0	-478	-373	0	0
25	74	0	-159	166	0	-373	-156	0	0

## Verifica fronte di avanzamento escavatore sul tetto delle ghiaie

### Descrizione terreno

#### *Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

Nr.	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_w$	$\phi'$	$c'$	$\phi_u$	$c_u$
1	Ghiaia	1900	2100	37.00	0,080	0.00	0,400
2	Cappellaccio	1900	2100	28.00	0,110	0.00	0,400

### Profilo del piano campagna

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

Nr.	X [m]	Y [m]
1	0,00	2,00
2	12,00	2,00
3	14,30	6,00
4	19,30	6,00
5	22,77	12,00
6	29,77	12,00
7	30,92	14,00
8	50,00	14,00

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Ghiaia)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

N°	X[m]	Y[m]
1	29,77	12,00
2	22,77	12,00
3	19,30	6,00

4	14,30	6,00
5	12,00	2,00
6	0,00	2,00
7	0,00	0,00
8	50,00	0,00
9	50,00	12,00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Cappellaccio)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

N°	X[m]	Y[m]
1	50,00	12,00
2	50,00	14,00
3	30,92	14,00
4	29,77	12,00

### Carichi sul profilo

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

#### CARICHI DISTRIBUITI

N°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
1	Escavatore	25,77	28,77	5000	5000	0	0

## Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :  
Metodo di BISHOP (B)

### Impostazioni analisi

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

### **Coefficienti di partecipazione caso statico**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coazione efficace		$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

### **Coefficienti di partecipazione caso sismico**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coazione efficace		$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

Sisma

Accelerazione al suolo $a_g =$	0.538 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )	0.20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) $k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) =$	1.32
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v=0.50 * k_h =$	0.66
Coefficiente di sicurezza richiesto	1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]

Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto

Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

Presenza di carichi distribuiti

Impostazioni delle superfici di rottura

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]:	$X_0 = -2,00$	$Y_0 = 2,40$
Passo maglia [m]:	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi :	$N_x = 22$	$N_y = 19$
Raggio [m]:	$R = 8,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0,50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m
- freccia inferiore a 0,50 m
- volume inferiore a 2,00 mc

Numero di superfici analizzate	9680
Coefficiente di sicurezza minimo	1.104
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	$FS_{min}$	$S_{min}$	$FS_{max}$	$S_{max}$
BISHOP	9680	1.104	1	200.593	9680

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### *Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub>, y<sub>v</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub>, y<sub>m</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]

C<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

<b>N°</b>	<b>C<sub>x</sub></b>	<b>C<sub>y</sub></b>	<b>R</b>	<b>x<sub>v</sub></b>	<b>y<sub>v</sub></b>	<b>x<sub>m</sub></b>	<b>y<sub>m</sub></b>	<b>V</b>	<b>C<sub>s</sub></b>	<b>caso</b>
1	16,00	16,40	10,00	20,02	7,24	24,98	12,00	8,06	1.104	(B) [A2M2]

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sfuerzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sfuerzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	25		
Coordinate del centro	X[m]= 16,00	Y[m]= 16,40	
Raggio del cerchio	R[m]= 10,00		
Intersezione a valle con il profilo topografico		X <sub>v</sub> [m]=	20,02
	Y <sub>v</sub> [m]= 7,24		
Intersezione a monte con il profilo topografico		X <sub>m</sub> [m]=	24,98
	Y <sub>m</sub> [m]= 12,00		
Coefficiente di sicurezza	C <sub>S</sub> = 1.104		

### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub>	Y <sub>ss</sub>	Y <sub>si</sub>	X <sub>d</sub>	Y <sub>ds</sub>	Y <sub>di</sub>	X <sub>g</sub>	Y <sub>g</sub>	L	α	φ	c
1	20,02	7,24	7,24	20,22	7,58	7,33	20,15	7,39	0,22	24,31	31.08	0,06
2	20,22	7,58	7,33	20,41	7,92	7,43	20,32	7,58	0,22	25,56	31.08	0,06
3	20,41	7,92	7,43	20,61	8,26	7,53	20,52	7,79	0,22	26,81	31.08	0,06
4	20,61	8,26	7,53	20,80	8,60	7,63	20,71	8,01	0,22	28,08	31.08	0,06
5	20,80	8,60	7,63	21,00	8,94	7,74	20,91	8,23	0,23	29,36	31.08	0,06
6	21,00	8,94	7,74	21,20	9,28	7,86	21,10	8,46	0,23	30,66	31.08	0,06
7	21,20	9,28	7,86	21,39	9,62	7,98	21,30	8,69	0,23	31,98	31.08	0,06
8	21,39	9,62	7,98	21,59	9,96	8,11	21,49	8,92	0,24	33,32	31.08	0,06
9	21,59	9,96	8,11	21,79	10,30	8,24	21,69	9,16	0,24	34,68	31.08	0,06
10	21,79	10,30	8,24	21,98	10,64	8,39	21,89	9,40	0,24	36,06	31.08	0,06

11	21,98	10,64	8,39	22,18	10,98	8,54	22,08	9,64	0,25	37,46	31.08	0,06
12	22,18	10,98	8,54	22,38	11,32	8,70	22,28	9,89	0,25	38,90	31.08	0,06
13	22,38	11,32	8,70	22,57	11,66	8,86	22,48	10,14	0,26	40,36	31.08	0,06
14	22,57	11,66	8,86	22,77	12,00	9,04	22,67	10,39	0,26	41,85	31.08	0,06
15	22,77	12,00	9,04	22,97	12,00	9,23	22,87	10,57	0,28	43,40	31.08	0,06
16	22,97	12,00	9,23	23,17	12,00	9,43	23,07	10,66	0,28	45,01	31.08	0,06
17	23,17	12,00	9,43	23,37	12,00	9,64	23,27	10,77	0,29	46,66	31.08	0,06
18	23,37	12,00	9,64	23,57	12,00	9,87	23,47	10,88	0,30	48,37	31.08	0,06
19	23,57	12,00	9,87	23,77	12,00	10,11	23,67	10,99	0,31	50,13	31.08	0,06
20	23,77	12,00	10,11	23,98	12,00	10,37	23,87	11,12	0,33	51,96	31.08	0,06
21	23,98	12,00	10,37	24,18	12,00	10,64	24,07	11,25	0,34	53,87	31.08	0,06
22	24,18	12,00	10,64	24,38	12,00	10,94	24,27	11,39	0,36	55,87	31.08	0,06
23	24,38	12,00	10,94	24,58	12,00	11,26	24,47	11,55	0,38	57,99	31.08	0,06
24	24,58	12,00	11,26	24,78	12,00	11,61	24,67	11,71	0,40	60,23	31.08	0,06
25	24,78	12,00	11,61	24,98	12,00	12,00	24,85	11,87	0,44	62,64	31.08	0,06

### Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W	Q	N	T	U	E <sub>s</sub>	E <sub>d</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>d</sub>
1	47	0	-4	123	0	0	113	0	0
2	140	0	76	168	0	113	230	0	0
3	230	0	153	211	0	230	346	0	0
4	319	0	229	254	0	346	458	0	0
5	406	0	302	296	0	458	562	0	0
6	490	0	374	337	0	562	654	0	0
7	572	0	444	377	0	654	731	0	0
8	652	0	512	416	0	731	789	0	0
9	730	0	579	454	0	789	823	0	0
10	804	0	643	492	0	823	832	0	0
11	876	0	706	529	0	832	811	0	0
12	946	0	767	565	0	811	756	0	0
13	1012	0	826	600	0	756	665	0	0
14	1075	0	883	635	0	665	535	0	0
15	1094	0	899	651	0	535	375	0	0
16	1019	0	832	619	0	375	211	0	0
17	940	0	760	584	0	211	47	0	0
18	856	0	682	547	0	47	-110	0	0
19	767	0	597	507	0	-110	-253	0	0
20	672	0	505	464	0	-253	-373	0	0
21	571	0	403	417	0	-373	-460	0	0
22	462	0	289	365	0	-460	-500	0	0
23	344	0	161	307	0	-500	-478	0	0
24	215	0	14	242	0	-478	-373	0	0
25	74	0	-159	166	0	-373	-156	0	0

## Verifica fronte di fine scavo

### Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.10**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione.

Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
$W$	peso della striscia
$N$	sfuerzo normale alla base della striscia
$T$	sfuerzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

#### Metodo di Bishop

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Bishop semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{F} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Bishop semplificato** contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $F$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Descrizione terreno

### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

Nr.	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_w$	$\phi'$	$c'$	$\phi_u$	$c_u$
1	Ghiaia	1900	2100	37.00	0,080	0.00	0,400
2	Cappellaccio	1900	2100	28.00	0,110	0.00	0,400

## Profilo del piano campagna

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

Nr.	X [m]	Y [m]
1	0,00	2,00
2	12,00	2,00
3	16,00	6,00
4	21,00	6,00
5	27,00	12,00
6	29,00	14,00
7	42,00	14,00

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Ghiaia)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

N°	X[m]	Y[m]
1	27,00	12,00
2	21,00	6,00
3	16,00	6,00
4	12,00	2,00
5	0,00	2,00
6	0,00	0,00
7	42,00	0,00
8	42,00	12,00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Cappellaccio)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

N°	X[m]	Y[m]
1	42,00	12,00
2	42,00	14,00
3	29,00	14,00
4	27,00	12,00

## Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :  
Metodo di BISHOP (B)

### Impostazioni analisi

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

### Coefficienti di partecipazione caso statico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri			M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,25
Coesione efficace		$\gamma_c$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

### Coefficienti di partecipazione caso sismico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri			M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,25
Coesione efficace		$\gamma_c$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

### Sisma

Accelerazione al suolo $a_g$ =	0.538 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )	0.20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S) = 1.32$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 0.66$

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]

Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto

Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

### Impostazioni delle superfici di rottura

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]:	$X_0 = -7,00$	$Y_0 = 2,40$
Passo maglia [m]:	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi :	$N_x = 25$	$N_y = 20$
Raggio [m]:	$R = 10,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0,50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m
- freccia inferiore a 0,50 m
- volume inferiore a 2,00 mc

Numero di superfici analizzate	5648
Coefficiente di sicurezza minimo	1.196
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
BISHOP	5648	1.196	1	133.790	5648

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### *Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub>, y<sub>v</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub>, y<sub>m</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]

C<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

N°	C <sub>x</sub>	C <sub>y</sub>	R	x <sub>v</sub>	y <sub>v</sub>	x <sub>m</sub>	y <sub>m</sub>	V	C <sub>s</sub>	caso
1	19,00	18,40	12,00	21,71	6,71	30,16	14,00	14,59	1.196 (B)	[A2M2]

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzio normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzio tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	25	
Coordinate del centro	X[m]= 19,00	Y[m]= 18,40
Raggio del cerchio	R[m]= 12,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 21,71	Y <sub>v</sub> [m]= 6,71
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 30,16	Y <sub>m</sub> [m]= 14,00
Coefficiente di sicurezza	C <sub>s</sub> = 1.196	

### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub>	Y <sub>ss</sub>	Y <sub>si</sub>	X <sub>d</sub>	Y <sub>ds</sub>	Y <sub>di</sub>	X <sub>g</sub>	Y <sub>g</sub>	L	α	φ	c
1	21,71	6,71	6,71	22,04	7,04	6,79	21,93	6,85	0,34	13,86	31,08	0,06
2	22,04	7,04	6,79	22,37	7,37	6,88	22,22	7,03	0,34	15,50	31,08	0,06
3	22,37	7,37	6,88	22,70	7,70	6,99	22,55	7,24	0,35	17,14	31,08	0,06
4	22,70	7,70	6,99	23,03	8,03	7,10	22,87	7,46	0,35	18,80	31,08	0,06
5	23,03	8,03	7,10	23,36	8,36	7,22	23,20	7,68	0,35	20,48	31,08	0,06
6	23,36	8,36	7,22	23,69	8,69	7,36	23,53	7,91	0,36	22,17	31,08	0,06
7	23,69	8,69	7,36	24,02	9,02	7,50	23,86	8,15	0,36	23,89	31,08	0,06
8	24,02	9,02	7,50	24,36	9,36	7,66	24,19	8,39	0,37	25,63	31,08	0,06
9	24,36	9,36	7,66	24,69	9,69	7,83	24,52	8,64	0,37	27,39	31,08	0,06
10	24,69	9,69	7,83	25,02	10,02	8,02	24,85	8,89	0,38	29,19	31,08	0,06
11	25,02	10,02	8,02	25,35	10,35	8,22	25,18	9,15	0,39	31,01	31,08	0,06
12	25,35	10,35	8,22	25,68	10,68	8,43	25,51	9,42	0,39	32,87	31,08	0,06
13	25,68	10,68	8,43	26,01	11,01	8,66	25,84	9,69	0,40	34,77	31,08	0,06
14	26,01	11,01	8,66	26,34	11,34	8,91	26,17	9,98	0,41	36,72	31,08	0,06
15	26,34	11,34	8,91	26,67	11,67	9,17	26,50	10,27	0,42	38,71	31,08	0,06
16	26,67	11,67	9,17	27,00	12,00	9,46	26,84	10,57	0,44	40,77	31,08	0,06
17	27,00	12,00	9,46	27,33	12,33	9,77	27,17	10,89	0,46	42,90	31,08	0,06
18	27,33	12,33	9,77	27,67	12,67	10,10	27,50	11,22	0,47	45,11	31,08	0,06
19	27,67	12,67	10,10	28,00	13,00	10,46	27,83	11,56	0,49	47,41	31,08	0,06
20	28,00	13,00	10,46	28,33	13,33	10,86	28,17	11,91	0,52	49,82	31,08	0,06
21	28,33	13,33	10,86	28,67	13,67	11,29	28,50	12,29	0,55	52,36	31,08	0,06
22	28,67	13,67	11,29	29,00	14,00	11,77	28,83	12,68	0,58	55,05	31,08	0,06
23	29,00	14,00	11,77	29,39	14,00	12,39	29,18	13,03	0,74	58,20	26,04	0,08
24	29,39	14,00	12,39	29,78	14,00	13,12	29,56	13,36	0,82	61,93	23,04	0,09
25	29,78	14,00	13,12	30,16	14,00	14,00	29,91	13,71	0,96	66,19	23,04	0,09

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W	Q	N	T	U	E <sub>s</sub>	E <sub>d</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>d</sub>
1	78	0	32	198	0	0	184	0	0
2	231	0	167	268	0	184	394	0	0
3	378	0	295	334	0	394	622	0	0
4	519	0	416	397	0	622	856	0	0
5	652	0	530	456	0	856	1090	0	0
6	779	0	638	513	0	1090	1313	0	0
7	898	0	738	566	0	1313	1520	0	0
8	1010	0	832	616	0	1520	1702	0	0
9	1114	0	920	663	0	1702	1853	0	0
10	1210	0	1000	707	0	1853	1966	0	0
11	1297	0	1074	748	0	1966	2037	0	0
12	1375	0	1141	786	0	2037	2060	0	0
13	1444	0	1200	820	0	2060	2030	0	0
14	1502	0	1251	851	0	2030	1945	0	0
15	1549	0	1294	879	0	1945	1801	0	0
16	1584	0	1327	903	0	1801	1597	0	0
17	1619	0	1361	930	0	1597	1331	0	0
18	1626	0	1371	944	0	1331	1004	0	0
19	1616	0	1367	953	0	1004	621	0	0
20	1587	0	1346	955	0	621	188	0	0
21	1537	0	1303	949	0	188	-284	0	0
22	1460	0	1231	932	0	-284	-779	0	0
23	1416	0	1157	960	0	-779	-1275	0	0
24	917	0	494	783	0	-1275	-1355	0	0
25	324	0	-440	551	0	-1355	-734	0	0

## Verifica fronte di fine scavo con argine sul ciglio

### Descrizione terreno

#### *Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

Nr.	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_w$	$\phi'$	$c'$	$\phi_u$	$c_u$
1	Ghiaia	1900	2100	37.00	0,080	0.00	0,400
2	Cappellaccio	1900	2100	28.00	0,110	0.00	0,400

### Profilo del piano campagna

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

Nr.	X [m]	Y [m]
1	0,00	2,00
2	12,00	2,00
3	16,00	6,00
4	21,00	6,00
5	27,00	12,00
6	29,00	14,00
7	42,00	14,00

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Ghiaia)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

N°	X[m]	Y[m]
1	27,00	12,00
2	21,00	6,00
3	16,00	6,00
4	12,00	2,00
5	0,00	2,00
6	0,00	0,00

7	42,00	0,00
8	42,00	12,00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Cappellaccio)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

N°	X[m]	Y[m]
1	42,00	12,00
2	42,00	14,00
3	29,00	14,00
4	27,00	12,00

### Carichi sul profilo

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

#### CARICHI DISTRIBUITI

N°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
1	Argine1	30,15	33,15	0	3400	1	0
2	Argine2	33,15	35,15	3400	3400	0	0
3	Argine3	35,15	38,15	3400	0	1	1

## Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :  
Metodo di BISHOP (B)

### Impostazioni analisi

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

### **Coefficienti di partecipazione caso statico**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coazione efficace		$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

### **Coefficienti di partecipazione caso sismico**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coazione efficace		$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

**Sisma**

Accelerazione al suolo $a_g =$	0.538 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )	0.20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) $k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) =$	1.32
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v=0.50 * k_h =$	0.66
Coefficiente di sicurezza richiesto	1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]

Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto

Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

Presenza di carichi distribuiti

**Impostazioni delle superfici di rottura**

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]:	$X_0 = -7,00$	$Y_0 = 2,40$
Passo maglia [m]:	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi :	$N_x = 25$	$N_y = 20$
Raggio [m]:	$R = 10,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0,50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m
- freccia inferiore a 0,50 m
- volume inferiore a 2,00 mc

Numero di superfici analizzate	5648
Coefficiente di sicurezza minimo	1.103
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

**Quadro sintetico coefficienti di sicurezza**

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
BISHOP	5648	1.103	1	-25.049	5648

## **Caratteristiche delle superfici analizzate**

### *Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub>, y<sub>v</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub>, y<sub>m</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]

C<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

<b>N°</b>	<b>C<sub>x</sub></b>	<b>C<sub>y</sub></b>	<b>R</b>	<b>x<sub>v</sub></b>	<b>y<sub>v</sub></b>	<b>x<sub>m</sub></b>	<b>y<sub>m</sub></b>	<b>V</b>	<b>C<sub>s</sub></b>	<b>caso</b>
1	17,00	26,40	20,00	22,05	7,05	32,69	14,00	21,66	1.103	(B) [A2M2]

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sfuerzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sfuerzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	25		
Coordinate del centro	X[m]= 17,00	Y[m]= 26,40	
Raggio del cerchio	R[m]= 20,00		
Intersezione a valle con il profilo topografico		X <sub>v</sub> [m]=	22,05
	Y <sub>v</sub> [m]= 7,05		
Intersezione a monte con il profilo topografico		X <sub>m</sub> [m]=	32,69
	Y <sub>m</sub> [m]= 14,00		
Coefficiente di sicurezza	C <sub>S</sub> = 1.103		

### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub>	Y <sub>ss</sub>	Y <sub>si</sub>	X <sub>d</sub>	Y <sub>ds</sub>	Y <sub>di</sub>	X <sub>g</sub>	Y <sub>g</sub>	L	α	φ	c
1	22,05	7,05	7,05	22,48	7,48	7,17	22,34	7,23	0,45	15,26	31,08	0,06
2	22,48	7,48	7,17	22,92	7,92	7,30	22,72	7,48	0,45	16,56	31,08	0,06
3	22,92	7,92	7,30	23,35	8,35	7,44	23,15	7,76	0,46	17,86	31,08	0,06
4	23,35	8,35	7,44	23,79	8,79	7,59	23,58	8,05	0,46	19,17	31,08	0,06
5	23,79	8,79	7,59	24,22	9,22	7,75	24,01	8,34	0,46	20,50	31,08	0,06
6	24,22	9,22	7,75	24,65	9,65	7,92	24,44	8,64	0,47	21,83	31,08	0,06
7	24,65	9,65	7,92	25,09	10,09	8,11	24,88	8,95	0,47	23,18	31,08	0,06
8	25,09	10,09	8,11	25,52	10,52	8,31	25,31	9,26	0,48	24,54	31,08	0,06
9	25,52	10,52	8,31	25,96	10,96	8,52	25,74	9,58	0,48	25,92	31,08	0,06
10	25,96	10,96	8,52	26,39	11,39	8,74	26,18	9,91	0,49	27,31	31,08	0,06

11	26,39	11,39	8,74	26,83	11,83	8,98	26,61	10,24	0,50	28,72	31.08	0,06
12	26,83	11,83	8,98	27,26	12,26	9,23	27,05	10,58	0,50	30,15	31.08	0,06
13	27,26	12,26	9,23	27,70	12,70	9,50	27,48	10,92	0,51	31,60	31.08	0,06
14	27,70	12,70	9,50	28,13	13,13	9,78	27,92	11,28	0,52	33,07	31.08	0,06
15	28,13	13,13	9,78	28,57	13,57	10,08	28,35	11,64	0,53	34,57	31.08	0,06
16	28,57	13,57	10,08	29,00	14,00	10,40	28,78	12,01	0,54	36,10	31.08	0,06
17	29,00	14,00	10,40	29,41	14,00	10,72	29,20	12,28	0,52	37,61	31.08	0,06
18	29,41	14,00	10,72	29,82	14,00	11,05	29,61	12,44	0,53	39,11	31.08	0,06
19	29,82	14,00	11,05	30,23	14,00	11,40	30,02	12,61	0,54	40,64	31.08	0,06
20	30,23	14,00	11,40	30,64	14,00	11,77	30,43	12,79	0,55	42,21	31.08	0,06
21	30,64	14,00	11,77	31,05	14,00	12,17	30,84	12,98	0,57	43,82	27.66	0,07
22	31,05	14,00	12,17	31,46	14,00	12,58	31,25	13,18	0,58	45,47	23.04	0,09
23	31,46	14,00	12,58	31,87	14,00	13,03	31,65	13,40	0,60	47,17	23.04	0,09
24	31,87	14,00	13,03	32,28	14,00	13,50	32,05	13,62	0,62	48,93	23.04	0,09
25	32,28	14,00	13,50	32,69	14,00	14,00	32,42	13,83	0,65	50,76	23.04	0,09

### Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W	Q	N	T	U	E <sub>s</sub>	E <sub>d</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>d</sub>
1	130	0	56	292	0	0	265	0	0
2	387	0	282	417	0	265	580	0	0
3	635	0	498	537	0	580	930	0	0
4	873	0	704	652	0	930	1303	0	0
5	1102	0	900	761	0	1303	1686	0	0
6	1322	0	1087	866	0	1686	2068	0	0
7	1532	0	1265	965	0	2068	2437	0	0
8	1732	0	1433	1060	0	2437	2784	0	0
9	1922	0	1592	1150	0	2784	3097	0	0
10	2101	0	1742	1236	0	3097	3369	0	0
11	2269	0	1883	1317	0	3369	3588	0	0
12	2425	0	2014	1392	0	3588	3749	0	0
13	2569	0	2136	1464	0	3749	3842	0	0
14	2701	0	2248	1530	0	3842	3861	0	0
15	2819	0	2350	1591	0	3861	3800	0	0
16	2924	0	2442	1646	0	3800	3654	0	0
17	2683	0	2236	1523	0	3654	3460	0	0
18	2430	0	2010	1405	0	3460	3250	0	0
19	2162	46	1811	1303	0	3250	3031	0	0
20	1880	324	1808	1309	0	3031	2757	0	0
21	1582	789	2019	1342	0	2757	2296	0	0
22	1266	1254	2257	1337	0	2296	1592	0	0
23	931	1719	2404	1408	0	1592	751	0	0
24	575	2184	2534	1475	0	751	-226	0	0
25	196	2649	2644	1537	0	-226	-1339	0	0

## Verifica sistemazione a 30°

### Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.10**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione.

Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
$W$	peso della striscia
$N$	sforzo normale alla base della striscia
$T$	sforzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

#### Metodo di Bishop

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Bishop semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{F} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Bishop semplificato** contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $F$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Descrizione terreno

### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

Nr.	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_w$	$\phi'$	$c'$	$\phi_u$	$c_u$
1	Ghiaia	1900	2100	37.00	0,050	0.00	0,400
2	Riporto	1750	2000	23.00	0,110	0.00	0,400
3	Cappellaccio	1750	2000	28.00	0,110	0.00	0,400

## Profilo del piano campagna

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

Nr.	X [m]	Y [m]
1	0,00	2,00
2	22,81	2,00
3	41,00	12,50
4	70,00	12,50

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Ghiaia)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

N°	X[m]	Y[m]
1	39,00	10,50
2	33,00	4,50
3	28,00	4,50
4	24,00	0,50
5	0,00	0,50
6	0,00	0,00
7	70,00	0,00
8	70,00	10,50

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Riporto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

N°	X[m]	Y[m]
1	41,00	12,50
2	22,81	2,00
3	0,00	2,00
4	0,00	0,50
5	24,00	0,50
6	28,00	4,50
7	33,00	4,50
8	39,00	10,50

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (Cappellaccio)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

N°	X[m]	Y[m]
1	70,00	10,50
2	70,00	12,50
3	41,00	12,50
4	39,00	10,50

## Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :  
Metodo di BISHOP (B)

### Impostazioni analisi

#### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

### Coefficienti di partecipazione caso statico

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$		1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_c$		1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$		1,00	1,00

### Coefficienti di partecipazione caso sismico

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$		1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_c$		1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$		1,00	1,00

### Sisma

Accelerazione al suolo $a_g =$	1.598 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S) = 4.69$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 2.35$
Coefficiente di sicurezza richiesto	1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]

Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto

Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

### Impostazioni delle superfici di rottura

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]:	$X_0 = 1,40$	$Y_0 = 4,00$
Passo maglia [m]:	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi :	$N_x = 20$	$N_y = 24$

Raggio [m]: R = 10,00

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0,50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m
- freccia inferiore a 0,50 m
- volume inferiore a 2,00 mc

Numero di superfici analizzate	6776
Coefficiente di sicurezza minimo	1.309
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
BISHOP	6776	1.309	1	22.988	6776

#### Caratteristiche delle superfici analizzate

##### *Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio espresso in m  
 x<sub>v</sub>, y<sub>v</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m  
 x<sub>m</sub>, y<sub>m</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m  
 V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]  
 C<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza  
 caso caso di calcolo

N°	C <sub>x</sub>	C <sub>y</sub>	R	x <sub>v</sub>	y <sub>v</sub>	x <sub>m</sub>	y <sub>m</sub>	V	C <sub>s</sub>	caso
1	21,40	28,00	25,50	23,89	2,62	41,65	12,50	32,02	1.309 (B)	[A2M2]

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	25	
Coordinate del centro	X[m]= 21,40	Y[m]= 28,00
Raggio del cerchio	R[m]= 25,50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 23,89	Y <sub>v</sub> [m]= 2,62
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 41,65	Y <sub>m</sub> [m]= 12,50
Coefficiente di sicurezza	C <sub>s</sub> = 1.309	

### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub>	Y <sub>ss</sub>	Y <sub>si</sub>	X <sub>d</sub>	Y <sub>ds</sub>	Y <sub>di</sub>	X <sub>g</sub>	Y <sub>g</sub>	L	α	φ	c
1	23,89	2,62	2,62	24,60	3,03	2,70	24,36	2,79	0,72	6,40	18,76	0,09
2	24,60	3,03	2,70	25,31	3,44	2,80	24,99	3,01	0,72	8,02	18,76	0,09
3	25,31	3,44	2,80	26,03	3,86	2,92	25,69	3,26	0,72	9,64	18,76	0,09
4	26,03	3,86	2,92	26,74	4,27	3,07	26,40	3,53	0,73	11,27	22,51	0,07
5	26,74	4,27	3,07	27,45	4,68	3,23	27,11	3,80	0,73	12,91	31,08	0,04
6	27,45	4,68	3,23	28,17	5,09	3,41	27,82	4,09	0,74	14,56	31,08	0,04
7	28,17	5,09	3,41	28,88	5,50	3,62	28,53	4,39	0,74	16,22	31,08	0,04
8	28,88	5,50	3,62	29,59	5,91	3,85	29,24	4,71	0,75	17,90	31,08	0,04
9	29,59	5,91	3,85	30,30	6,33	4,11	29,95	5,03	0,76	19,59	31,08	0,04
10	30,30	6,33	4,11	31,02	6,74	4,38	30,66	5,38	0,77	21,30	31,08	0,04
11	31,02	6,74	4,38	31,73	7,15	4,69	31,38	5,74	0,77	23,03	23,51	0,07
12	31,73	7,15	4,69	32,44	7,56	5,02	32,09	6,10	0,79	24,78	18,76	0,09
13	32,44	7,56	5,02	33,16	7,97	5,37	32,80	6,48	0,80	26,56	18,76	0,09
14	33,16	7,97	5,37	33,87	8,38	5,76	33,51	6,87	0,81	28,36	18,76	0,09
15	33,87	8,38	5,76	34,58	8,80	6,17	34,23	7,28	0,83	30,20	18,76	0,09
16	34,58	8,80	6,17	35,30	9,21	6,62	34,94	7,70	0,84	32,07	26,95	0,06
17	35,30	9,21	6,62	36,01	9,62	7,10	35,65	8,12	0,86	33,99	31,08	0,04
18	36,01	9,62	7,10	36,72	10,03	7,62	36,36	8,57	0,88	35,94	31,08	0,04
19	36,72	10,03	7,62	37,43	10,44	8,17	37,07	9,04	0,90	37,95	31,08	0,04
20	37,43	10,44	8,17	38,15	10,85	8,77	37,79	9,54	0,93	40,01	31,08	0,04
21	38,15	10,85	8,77	38,86	11,27	9,42	38,50	10,05	0,96	42,13	31,08	0,04
22	38,86	11,27	9,42	39,57	11,68	10,11	39,21	10,59	1,00	44,34	31,08	0,04
23	39,57	11,68	10,11	40,29	12,09	10,87	39,91	11,17	1,04	46,62	27,17	0,06
24	40,29	12,09	10,87	41,00	12,50	11,69	40,62	11,77	1,09	49,01	23,04	0,09
25	41,00	12,50	11,69	41,65	12,50	12,50	41,22	12,23	1,04	51,40	23,04	0,09

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W	Q	N	T	U	E <sub>s</sub>	E <sub>d</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>d</sub>
1	207	0	154	522	0	0	492	0	0
2	608	0	540	624	0	492	1006	0	0
3	983	0	899	719	0	1006	1519	0	0
4	1336	0	1235	798	0	1519	1998	0	0
5	1704	0	1572	947	0	1998	2490	0	0
6	2055	0	1889	1095	0	2490	2979	0	0
7	2326	0	2128	1207	0	2979	3434	0	0
8	2543	0	2316	1296	0	3434	3836	0	0
9	2729	0	2476	1372	0	3836	4170	0	0
10	2882	0	2607	1434	0	4170	4425	0	0
11	3008	0	2778	1334	0	4425	4425	0	0
12	3125	0	2928	1288	0	4425	4220	0	0
13	3211	0	3015	1318	0	4220	3900	0	0
14	3262	0	3070	1341	0	3900	3469	0	0
15	3276	0	3090	1356	0	3469	2933	0	0
16	3258	0	2983	1519	0	2933	2483	0	0
17	3218	0	2896	1596	0	2483	2037	0	0
18	3132	0	2822	1569	0	2037	1503	0	0
19	2995	0	2702	1521	0	1503	900	0	0
20	2803	0	2529	1449	0	900	253	0	0
21	2551	0	2297	1352	0	253	-406	0	0
22	2207	0	1973	1213	0	-406	-1021	0	0
23	1749	0	1466	1077	0	-1021	-1428	0	0
24	1269	0	829	1000	0	-1428	-1457	0	0
25	461	0	-85	671	0	-1457	-994	0	0

## Verifica sistemazione a 20°

### Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.10**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione.

Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
$W$	peso della striscia
$N$	sforzio normale alla base della striscia
$T$	sforzio di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

#### Metodo di Bishop

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Bishop semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{F} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Bishop semplificato** contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $F$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Descrizione terreno

### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

Nr.	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_w$	$\phi'$	$c'$	$\phi_u$	$c_u$
1	Ghiaia	1900	2100	37.00	0,050	0.00	0,400
2	Riporto	1750	2000	23.00	0,110	0.00	0,400
3	Cappellaccio	1750	2000	28.00	0,110	0.00	0,400

## Profilo del piano campagna

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

Nr.	X [m]	Y [m]
1	0,00	2,00
2	12,15	2,00
3	41,00	12,50
4	70,00	12,50

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Ghiaia)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

N°	X[m]	Y[m]
1	39,00	10,50
2	33,00	4,50
3	28,00	4,50
4	24,00	0,50
5	0,00	0,50
6	0,00	0,00
7	70,00	0,00
8	70,00	10,50

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Riporto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

N°	X[m]	Y[m]
1	41,00	12,50
2	12,15	2,00
3	0,00	2,00
4	0,00	0,50
5	24,00	0,50
6	28,00	4,50
7	33,00	4,50
8	39,00	10,50

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (Cappellaccio)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

N°	X[m]	Y[m]
1	70,00	10,50
2	70,00	12,50
3	41,00	12,50
4	39,00	10,50

## Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :  
Metodo di BISHOP (B)

### Impostazioni analisi

#### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

### **Coefficienti di partecipazione caso statico**

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$		1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_c$		1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$		1,00	1,00

### **Coefficienti di partecipazione caso sismico**

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$		1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_c$		1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$		1,00	1,00

### Sisma

Accelerazione al suolo $a_g =$	1.598 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S) = 4.69$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 2.35$
Coefficiente di sicurezza richiesto	1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]

Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto

Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

### **Impostazioni delle superfici di rottura**

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]:	$X_0 = 1,40$	$Y_0 = 4,00$
Passo maglia [m]:	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi :	$N_x = 20$	$N_y = 24$

Raggio [m]: R = 10,00

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0,50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m
- freccia inferiore a 0,50 m
- volume inferiore a 2,00 mc

Numero di superfici analizzate	9264
Coefficiente di sicurezza minimo	1.563
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
BISHOP	9264	1.563	1	30.808	9264

#### Caratteristiche delle superfici analizzate

##### *Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio espresso in m  
 x<sub>v</sub>, y<sub>v</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m  
 x<sub>m</sub>, y<sub>m</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m  
 V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]  
 C<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza  
 caso caso di calcolo

N°	C <sub>x</sub>	C <sub>y</sub>	R	x <sub>v</sub>	y <sub>v</sub>	x <sub>m</sub>	y <sub>m</sub>	V	C <sub>s</sub>	caso
1	17,40	30,00	28,50	12,08	2,00	39,44	11,93	78,21	1.563 (B)	[A2M2]

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	26	
Coordinate del centro	X[m]= 17,40	Y[m]= 30,00
Raggio del cerchio	R[m]= 28,50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 12,08	Y <sub>v</sub> [m]= 2,00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 39,44	Y <sub>m</sub> [m]= 11,93
Coefficiente di sicurezza	C <sub>s</sub> = 1.563	

### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub>	Y <sub>ss</sub>	Y <sub>si</sub>	X <sub>d</sub>	Y <sub>ds</sub>	Y <sub>di</sub>	X <sub>g</sub>	Y <sub>g</sub>	L	α	φ	c
1	12,08	2,00	2,00	12,15	2,00	1,99	12,13	2,00	0,07	-10,68	18,76	0,09
2	12,15	2,00	1,99	13,24	2,40	1,80	12,87	2,06	1,11	-9,50	18,76	0,09
3	13,24	2,40	1,80	14,33	2,79	1,67	13,84	2,17	1,10	-7,28	18,76	0,09
4	14,33	2,79	1,67	15,42	3,19	1,57	14,91	2,31	1,10	-5,08	18,76	0,09
5	15,42	3,19	1,57	16,52	3,59	1,51	15,99	2,47	1,09	-2,87	18,76	0,09
6	16,52	3,59	1,51	17,61	3,99	1,50	17,08	2,65	1,09	-0,68	18,76	0,09
7	17,61	3,99	1,50	18,70	4,38	1,53	18,17	2,85	1,09	1,52	18,76	0,09
8	18,70	4,38	1,53	19,79	4,78	1,60	19,26	3,08	1,09	3,71	18,76	0,09
9	19,79	4,78	1,60	20,88	5,18	1,71	20,35	3,32	1,10	5,92	18,76	0,09
10	20,88	5,18	1,71	21,97	5,58	1,87	21,44	3,59	1,10	8,13	18,76	0,09
11	21,97	5,58	1,87	23,07	5,97	2,07	22,53	3,87	1,11	10,35	18,76	0,09
12	23,07	5,97	2,07	24,16	6,37	2,31	23,62	4,18	1,12	12,59	18,76	0,09
13	24,16	6,37	2,31	25,25	6,77	2,60	24,71	4,51	1,13	14,85	18,76	0,09
14	25,25	6,77	2,60	26,34	7,17	2,94	25,80	4,87	1,14	17,14	18,76	0,09
15	26,34	7,17	2,94	27,43	7,56	3,32	26,89	5,24	1,16	19,45	29,38	0,05
16	27,43	7,56	3,32	28,52	7,96	3,76	27,98	5,62	1,18	21,79	31,08	0,04
17	28,52	7,96	3,76	29,62	8,36	4,25	29,07	6,06	1,20	24,18	31,08	0,04
18	29,62	8,36	4,25	30,71	8,75	4,80	30,16	6,54	1,22	26,61	24,37	0,07
19	30,71	8,75	4,80	31,80	9,15	5,41	31,25	7,03	1,25	29,09	18,76	0,09
20	31,80	9,15	5,41	32,89	9,55	6,08	32,34	7,54	1,28	31,64	18,76	0,09
21	32,89	9,55	6,08	33,98	9,95	6,82	33,43	8,09	1,32	34,25	18,76	0,09
22	33,98	9,95	6,82	35,07	10,34	7,64	34,52	8,68	1,37	36,96	18,76	0,09
23	35,07	10,34	7,64	36,17	10,74	8,55	35,60	9,31	1,42	39,76	18,76	0,09
24	36,17	10,74	8,55	37,26	11,14	9,56	36,68	9,98	1,48	42,68	18,76	0,09
25	37,26	11,14	9,56	38,35	11,54	10,68	37,75	10,69	1,56	45,74	18,76	0,09
26	38,35	11,54	10,68	39,44	11,93	11,93	38,71	11,38	1,66	48,99	18,76	0,09

## Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W	Q	N	T	U	E <sub>s</sub>	E <sub>d</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>d</sub>
1	1	0	8	39	0	0	40	0	0
2	578	0	730	782	0	40	905	0	0
3	1644	0	1827	1017	0	905	2067	0	0
4	2629	0	2811	1228	0	2067	3416	0	0
5	3533	0	3692	1418	0	3416	4851	0	0
6	4357	0	4478	1588	0	4851	6287	0	0
7	5101	0	5176	1740	0	6287	7650	0	0
8	5764	0	5790	1874	0	7650	8875	0	0
9	6348	0	6325	1992	0	8875	9907	0	0
10	6850	0	6782	2095	0	9907	10700	0	0
11	7269	0	7164	2182	0	10700	11218	0	0
12	7605	0	7472	2254	0	11218	11431	0	0
13	7854	0	7704	2310	0	11431	11321	0	0
14	8015	0	7860	2351	0	11321	10876	0	0
15	8128	0	7718	3126	0	10876	10872	0	0
16	8191	0	7718	3278	0	10872	10667	0	0
17	8013	0	7546	3217	0	10667	10135	0	0
18	7710	0	7481	2685	0	10135	8823	0	0
19	7357	0	7339	2298	0	8823	6918	0	0
20	6894	0	6916	2225	0	6918	4861	0	0
21	6300	0	6354	2125	0	4861	2744	0	0
22	5565	0	5628	1992	0	2744	692	0	0
23	4672	0	4704	1822	0	692	-1135	0	0
24	3602	0	3535	1604	0	-1135	-2521	0	0
25	2330	0	2054	1327	0	-2521	-3175	0	0
26	819	0	161	972	0	-3175	-2697	0	0

## Verifica sistemazione a 20° con tombamento di 10 m e argine

### Descrizione terreno

#### *Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

<b>Nr.</b>	<b>Descrizione</b>	$\gamma$	$\gamma_w$	$\phi'$	$c'$	$\phi_u$	$c_u$
1	Ghiaia	1900	2100	37.00	0,050	0.00	0,400
2	Riporto	1750	2000	23.00	0,110	0.00	0,400
3	Cappellaccio	1750	2000	28.00	0,110	0.00	0,400

### Profilo del piano campagna

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
<i>X</i>	Ascissa del punto del profilo espressa in m
<i>Y</i>	Ordinata del punto del profilo espressa in m

<b>Nr.</b>	<b>X [m]</b>	<b>Y [m]</b>
1	0,00	2,00
2	2,15	2,00
3	31,00	12,50
4	41,00	12,50
5	70,00	12,50

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Ghiaia)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

<b>N°</b>	<b>X[m]</b>	<b>Y[m]</b>
1	39,00	10,50
2	33,00	4,50
3	28,00	4,50
4	24,00	0,50

5	0,00	0,50
6	0,00	0,00
7	70,00	0,00
8	70,00	10,50

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Riporto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

N°	X[m]	Y[m]
1	41,00	12,50
2	31,00	12,50
3	2,15	2,00
4	0,00	2,00
5	0,00	0,50
6	24,00	0,50
7	28,00	4,50
8	33,00	4,50
9	39,00	10,50

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (Cappellaccio)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

N°	X[m]	Y[m]
1	70,00	10,50
2	70,00	12,50
3	41,00	12,50
4	39,00	10,50

### Carichi sul profilo

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

#### CARICHI DISTRIBUITI

N°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
1	Argine1	31,00	34,00	0	3400	1	1
2	Argine2	34,00	36,00	3400	3400	0	0
3	Argine3	36,00	39,00	3400	0	1	1

## Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :  
Metodo di BISHOP (B)

### Impostazioni analisi

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

### **Coefficienti di partecipazione caso statico**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coazione efficace		$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

### **Coefficienti di partecipazione caso sismico**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coazione efficace		$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

**Sisma**

Accelerazione al suolo $a_g =$	1.598 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) $k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) =$	4.69
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v=0.50 * k_h =$	2.35
Coefficiente di sicurezza richiesto	1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]

Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto

Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

Presenza di carichi distribuiti

**Impostazioni delle superfici di rottura**

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]:	$X_0 = 1,40$	$Y_0 = 4,00$
Passo maglia [m]:	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi :	$N_x = 20$	$N_y = 24$
Raggio [m]:	$R = 10,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0,50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m
- freccia inferiore a 0,50 m
- volume inferiore a 2,00 mc

Numero di superfici analizzate	12968
Coefficiente di sicurezza minimo	1.322
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

**Quadro sintetico coefficienti di sicurezza**

<b>Metodo</b>	<b>Nr. superfici</b>	<b>FS<sub>min</sub></b>	<b>S<sub>min</sub></b>	<b>FS<sub>max</sub></b>	<b>S<sub>max</sub></b>
BISHOP	12968	1.322	1	-13.718	12968

## **Caratteristiche delle superfici analizzate**

### *Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub>, y<sub>v</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub>, y<sub>m</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]

C<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

<b>N°</b>	<b>C<sub>x</sub></b>	<b>C<sub>y</sub></b>	<b>R</b>	<b>x<sub>v</sub></b>	<b>y<sub>v</sub></b>	<b>x<sub>m</sub></b>	<b>y<sub>m</sub></b>	<b>V</b>	<b>C<sub>s</sub></b>	<b>caso</b>
1	13,40	30,00	29,00	3,85	2,62	36,52	12,50	156,11	1.322	(B) [A2M2]

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sfuerzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sfuerzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	24		
Coordinate del centro	X[m]= 13,40	Y[m]= 30,00	
Raggio del cerchio	R[m]= 29,00		
Intersezione a valle con il profilo topografico		X <sub>v</sub> [m]=	3,85
	Y <sub>v</sub> [m]= 2,62		
Intersezione a monte con il profilo topografico		X <sub>m</sub> [m]=	36,52
	Y <sub>m</sub> [m]= 12,50		
Coefficiente di sicurezza	C <sub>S</sub> = 1.322		

### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub>	Y <sub>ss</sub>	Y <sub>si</sub>	X <sub>d</sub>	Y <sub>ds</sub>	Y <sub>di</sub>	X <sub>g</sub>	Y <sub>g</sub>	L	α	φ	c
1	3,85	2,62	2,62	5,19	3,11	2,19	4,74	2,64	1,41	-17,84	18.76	0,09
2	5,19	3,11	2,19	6,53	3,59	1,83	5,93	2,68	1,39	-15,07	18.76	0,09
3	6,53	3,59	1,83	7,87	4,08	1,53	7,24	2,76	1,37	-12,34	18.76	0,09
4	7,87	4,08	1,53	9,22	4,57	1,30	8,57	2,88	1,36	-9,64	18.76	0,09
5	9,22	4,57	1,30	10,56	5,06	1,14	9,91	3,02	1,35	-6,96	18.76	0,09
6	10,56	5,06	1,14	11,90	5,55	1,04	11,24	3,20	1,35	-4,30	18.76	0,09
7	11,90	5,55	1,04	13,24	6,04	1,00	12,58	3,41	1,34	-1,64	18.76	0,09
8	13,24	6,04	1,00	14,58	6,52	1,02	13,92	3,65	1,34	1,01	18.76	0,09
9	14,58	6,52	1,02	15,92	7,01	1,11	15,26	3,92	1,34	3,67	18.76	0,09
10	15,92	7,01	1,11	17,27	7,50	1,26	16,60	4,22	1,35	6,33	18.76	0,09

11	17,27	7,50	1,26	18,61	7,99	1,47	17,94	4,56	1,36	9,00	18.76	0,09
12	18,61	7,99	1,47	19,95	8,48	1,75	19,28	4,92	1,37	11,70	18.76	0,09
13	19,95	8,48	1,75	21,29	8,97	2,09	20,62	5,32	1,39	14,42	18.76	0,09
14	21,29	8,97	2,09	22,63	9,45	2,51	21,96	5,76	1,40	17,18	18.76	0,09
15	22,63	9,45	2,51	23,97	9,94	3,00	23,30	6,23	1,43	19,98	18.76	0,09
16	23,97	9,94	3,00	25,32	10,43	3,56	24,64	6,73	1,46	22,82	18.76	0,09
17	25,32	10,43	3,56	26,66	10,92	4,21	25,98	7,28	1,49	25,73	18.76	0,09
18	26,66	10,92	4,21	28,00	11,41	4,94	27,32	7,87	1,53	28,72	18.76	0,09
19	28,00	11,41	4,94	29,50	11,95	5,88	28,74	8,54	1,77	31,98	18.76	0,09
20	29,50	11,95	5,88	31,00	12,50	6,95	30,24	9,32	1,84	35,54	18.76	0,09
21	31,00	12,50	6,95	32,38	12,50	8,07	31,66	10,00	1,78	39,12	18.76	0,09
22	32,38	12,50	8,07	33,76	12,50	9,35	33,03	10,59	1,88	42,74	18.76	0,09
23	33,76	12,50	9,35	35,14	12,50	10,81	34,38	11,25	2,01	46,59	18.76	0,09
24	35,14	12,50	10,81	36,52	12,50	12,50	35,60	11,94	2,18	50,73	18.76	0,09

### Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W	Q	N	T	U	E <sub>s</sub>	E <sub>d</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>d</sub>
1	1080	0	1595	1348	0	0	1722	0	0
2	3158	0	3864	1918	0	1722	4430	0	0
3	5074	0	5844	2416	0	4430	7802	0	0
4	6833	0	7578	2853	0	7802	11563	0	0
5	8439	0	9096	3237	0	11563	15483	0	0
6	9896	0	10426	3575	0	15483	19364	0	0
7	11207	0	11585	3871	0	19364	23039	0	0
8	12370	0	12590	4128	0	23039	26364	0	0
9	13388	0	13452	4352	0	26364	29219	0	0
10	14260	0	14180	4542	0	29219	31502	0	0
11	14982	0	14780	4702	0	31502	33130	0	0
12	15553	0	15255	4832	0	33130	34039	0	0
13	15968	0	15606	4932	0	34039	34180	0	0
14	16223	0	15832	5003	0	34180	33523	0	0
15	16310	0	15928	5043	0	33523	32056	0	0
16	16221	0	15886	5051	0	32056	29788	0	0
17	15945	0	15695	5024	0	29788	26752	0	0
18	15470	0	15336	4959	0	26752	23007	0	0
19	16458	0	16478	5411	0	23007	18098	0	0
20	15255	0	15471	5203	0	18098	12622	0	0
21	12054	783	13210	4580	0	12622	7237	0	0
22	9153	2348	12017	4340	0	7237	1729	0	0
23	5847	7153	14112	4964	0	1729	-5721	0	0
24	2041	6015	8559	3652	0	-5721	-10413	0	0



**ALLEGATO 2**  
**ANALISI DI LABORATORIO**



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via Calvino 30/B-44100 Ferrara-Tel 0532/773749

Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

Concessione Ministero dei lavori Pubblici n°.....

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.8 del D.P.R. n°246/1993)

**PROVA DI COMPATTAZIONE PROCTOR ( Norma CNR - BU N. 69 )**

<b>Committente :</b>	Geodes Srl	<b>Verbale accettazione n° :</b>	12
<b>Cantiere :</b>	Cava Magiera-Cava Gazzuoli	<b>del :</b>	14/12/04
<b>Campione :</b>	Miscela campioni	<b>Data inizio prova :</b>	17/12/04
	<b>CM1,CM2,CM3,CG1,CG2</b>		

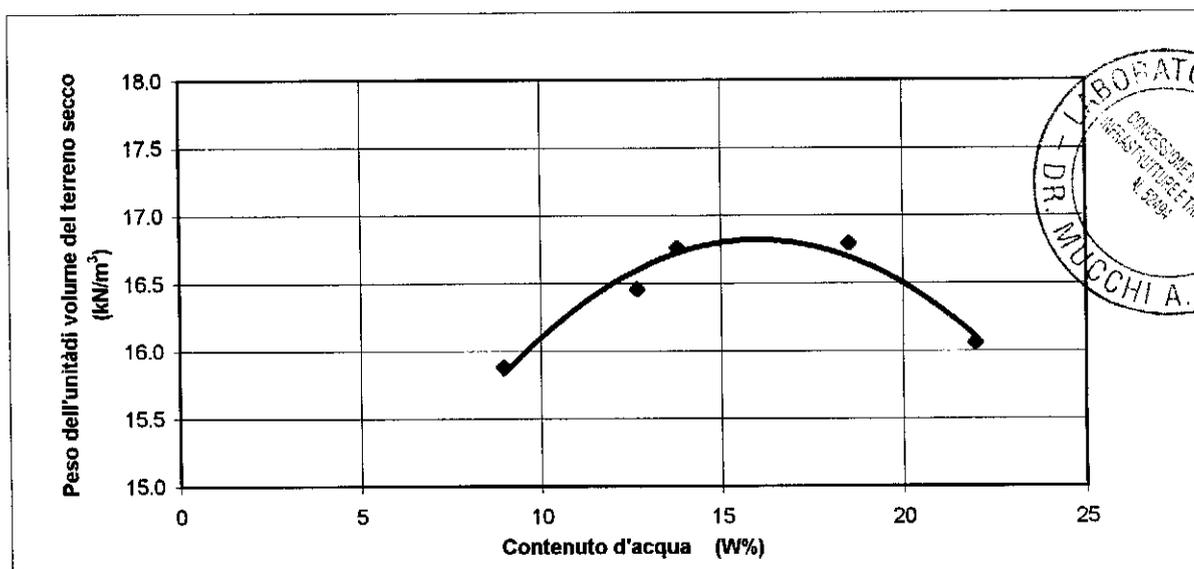
PROVA N°	1	2	3	4	5
Peso fustella + terra (N) :	40.180	38.024	39.190	39.690	40.474
Peso Fustella (N) :	21.668	21.668	21.668	21.668	21.668
Peso dell'unità di volume (kN/m <sup>3</sup> ) :	19.590	17.308	18.542	19.071	19.901
Contenuto d'acqua (W%) :	21.982	8.973	12.679	13.787	18.524
Peso dell'unità di volume del terreno secco(kN/m <sup>3</sup> )	16.059	15.883	16.456	16.760	16.790

**CARATTERISTICHE DELLA PROVA:**

Altezza fustella (mm):	117
Diametro fustella (mm):	101
Volume fustella (cmc):	945
Numero strati:	3
Numero colpi per strato:	25
Altezza di caduta (cm):	30.5
Peso del pestello (N):	24.85
Energia di compattazione (kJ/m <sup>2</sup> ):	592

**CARATTERISTICHE OTTIMALI:**

Peso dell'unità di volume del terreno secco (kN/m <sup>3</sup> )	<b>16.80</b>
Contenuto d'acqua (W %):	<b>16.9</b>



Sperimentatore  
Dr. Mari R.

Il Direttore  
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 222  
Data emissione : 24/12/04

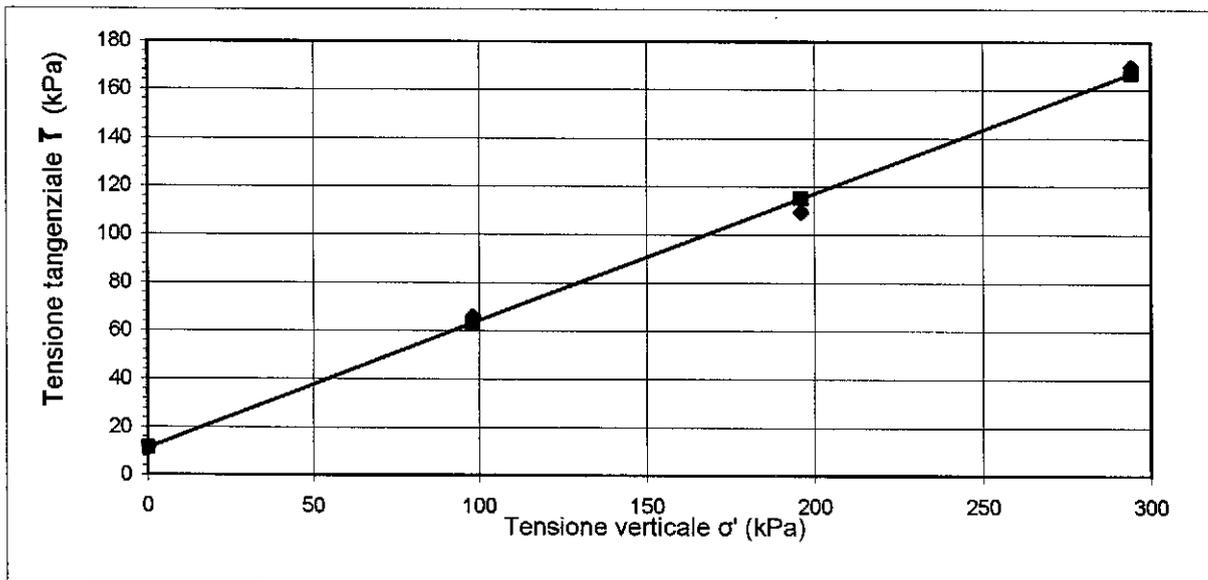
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: Geodes s.r.l.  
Cantiere : Fossa Gazzuoli-Casino Maggiera  
Campione: miscela  
Prof. ( mt ) : CM1,CM2,CM3,CG1,CG2

Data inizio prova : 20/12/04

MISURE ALLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO		
Provino ( n° )	Tensione verticale $\sigma'$ (kPa)	Tensione tangenziale $\tau$ (kPa)
1	98.070	65.903
2	196.140	109.348
3	294.210	169.563

COESIONE DRENATA ( kPa ):	11.28
ANGOLO D'ATTRITO (° sess):	28



**Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi**

Via Calvino 30/B-44100 Ferrara-Tel 0532/773749

Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

**Concessione Ministero dei Lavori Pubblici - Decreto n° 52494 del 11/10/2004**

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.8 del D.P.R. n°246/1993)

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994**

Committente:	Geodes s.r.l.	Verbale accettazione n° :	12
Cantiere :	Fossa Gazzuoli-Casino Maggiera	Data verbale accettazione :	14/12/04
Campione:	miscela		
Prof. ( mt ) :	CM1,CM2,CM3,CG1,CG2	Data inizio prova :	20/12/04

Descrizione litologica del provino :	argilla
--------------------------------------	---------

**Caratteristiche dei provini**

Provino :	1	2	3
Provino indisturbato :	*	*	*
Provino ricostruito :			
Altezza del provino (cm)	2.3	2.3	2.3
Sezione del provino (cm <sup>2</sup> )	36	36	36
Peso dell'unità di volume allo stato naturale (kN/m <sup>3</sup> )	18.854	17.456	18.358
Peso dell'unità di volume allo stato secco (kN/m <sup>3</sup> )	15.907	14.629	15.442
Contenuto d'acqua : (W%)	18.52	19.33	18.88

Modalità di consolidazione e rottura			
Tensione verticale (kPa)	98.07	196.14	294.1
Velocità di deformazione (mm/min)	0.0179	0.0179	0.0179

Sperimentatore Dr. Mari R.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Certificato n° : 221	pagina 1 di 2
		Data emissione 24/12/04	



### Laboratorio Dr.Geol.Antonio Mucchi

Via Calvino 30/B-44100 Ferrara-Tel 0532/773749

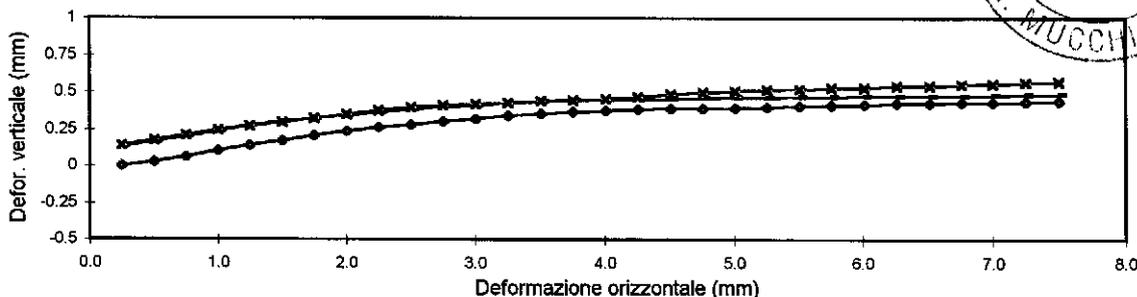
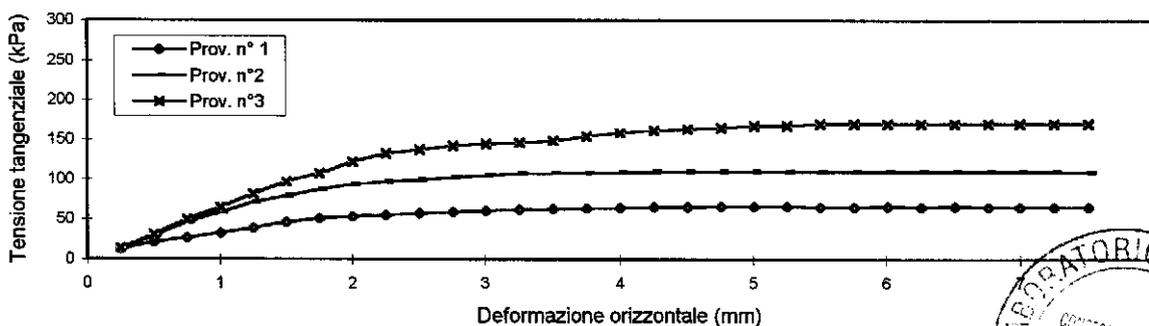
Isc.C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389

**Concessione Ministero dei Lavori Pubblici - Decreto n° 52494 del 11/10/2004**

Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.8 del D.P.R. n°246/1993)

Committente: Geodes s.r.l.	Verbale accettazione n°: 12	
Cantiere: Fossa Gazzuoli-Casino Maggiera	Data verbale accettazione: 14/12/04	
Campione: miscela		
Prof. ( mt ): CM1,CM2,CM3,CG1,CG2	Data inizio prova: 20/12/04	

def. Orizzontale (mm)	PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1984					
	Tensione Tangenziale (kPa)			Deformazione verticale (mm)		
	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3
0.25	12.85	13.83	13.34	0.002	0.129	0.139
0.50	20.99	29.13	30.60	0.027	0.166	0.176
0.75	26.77	46.29	49.23	0.063	0.2	0.208
1.00	32.46	58.25	64.43	0.105	0.234	0.242
1.25	38.64	70.71	81.69	0.139	0.274	0.271
1.50	46.29	78.75	96.89	0.171	0.298	0.295
1.75	50.60	87.38	106.99	0.205	0.322	0.322
2.00	52.96	93.17	121.80	0.234	0.342	0.349
2.26	54.92	96.50	132.30	0.259	0.361	0.374
2.51	57.27	99.34	137.49	0.278	0.381	0.396
2.76	59.23	102.19	141.81	0.298	0.398	0.408
3.01	60.61	105.03	144.65	0.317	0.41	0.418
3.26	62.08	106.99	146.12	0.339	0.425	0.425
3.51	63.06	107.88	147.99	0.354	0.435	0.437
3.76	63.94	108.37	153.77	0.364	0.442	0.444
4.01	64.43	108.86	158.09	0.374	0.447	0.454
4.26	64.92	109.35	161.42	0.381	0.449	0.466
4.51	65.41	109.35	162.80	0.386	0.452	0.481
4.76	65.90	109.35	164.27	0.388	0.457	0.496
5.01	65.90	109.35	166.62	0.391	0.459	0.505
5.26	65.90	109.35	167.11	0.396	0.462	0.513
5.51	65.41	109.35	169.56	0.403	0.466	0.518
5.76	65.41	109.35	169.56	0.408	0.466	0.525
6.01	65.90	109.35	169.56	0.413	0.469	0.527
6.27	65.41	109.35	169.56	0.42	0.471	0.537
6.52	65.90	109.35	169.56	0.422	0.471	0.54
6.77	65.41	109.35	169.56	0.425	0.471	0.549
7.00	65.41	109.35	169.56	0.427	0.476	0.554
7.25	65.41	109.35	169.56	0.432	0.479	0.562
7.50	65.41	108.86	169.56	0.435	0.481	0.567



Sperimentatore Dr. Mari <i>[Signature]</i>	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio <i>[Signature]</i>	Certificato n° : 221 Data emissione 24/1/04
---	---	--

**ALLEGATO 3**  
**FATTORI SINERGICI**



