


PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA – REALIZZAZIONE
STUDI DI APPROFONDIMENTO DI LIVELLO 3 SULLE AREE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ DI VERSANTE -
ANNUALITÀ 2021. (O.C.D.P.C. n. 780 del 20/05/2021)

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Marche
Comune di Ancona



<p>Regione</p>  <p>CENTRO PER LA MICROZONAZIONE SISMICA E LE SUE APPLICAZIONI</p>	<p>Soggetto realizzatore</p> <p>Dott.Geol. Maurizio Mainiero Dott.Geol. Marco Gaggiotti Dott.Geol. Vincenzo Francesco Pedicini</p>	<p>Data</p> <p>Gennaio 2023</p>
--	--	---------------------------------

SOGGETTO REALIZZATORE:
DOTT. GEOL. MAURIZIO MAINIERO

COLLABORATORI:
DOTT. GEOL. MARCO GAGGIOTTI
DOTT. GEOL. VINCENZO FRANCESCO
PEDICINI

PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA
REALIZZAZIONE STUDI DI APPROFONDIMENTO DI LIVELLO 3 SULLE AREE DI ATTENZIONE
PER INSTABILITÀ DI VERSANTE
ANNUALITÀ 2021 (O.C.D.P.C. N. 780 DEL 20/05/2021)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

COMUNE DI ANCONA

Pag.
1 di 26

INDICE

1 – INTRODUZIONE	2
2 – ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE E GEOMORFOLOGICO	6
2.1 – F-13-0013	7
2.2 – F-14-0287	8
3 – ASSETTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO	9
3.1 – F-13-0113	9
3.2 – F-14-0287	9
4 – INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE	10
4.1 – INDAGINI REPERITE	10
4.2 – INDAGINI ESEGUITE	10
5 – MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO E SISMICO DEL TERRENO	12
5.1 – STRATIGRAFIA	12
5.2 – CARATTERI FISICO-MECCANICI DEI TERRENI	13
6 – ANALISI RISPOSTA SISMICA LOCALE DEL SITO	15
6.1 - PROCEDURE DI CALCOLO	15
6.2 - DEFINIZIONE DI INPUT SISMICO E DEI PARAMETRI SISMICI	16
6.3 - PARAMETRI GENERALI DI INPUT E METODOLOGIA DI CALCOLO	18
7 – VERIFICHE DI STABILITÀ E CALCOLO K_c	23
7.1 – F-13-0013	23
7.2 – F-14-0287	24
8 – INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	26

ALLEGATI

- All. 1 Tavole scala 1: 5000
 - 1A-B Carta geologico-geomorfologica
 - 2A-B Carta delle indagini pregresse
 - 3A-B Carta delle indagini
 - 4A-B Sezioni geologiche
- All. 2 Indagini reperite
- All. 3 Indagini eseguite
- All. 4 Verifiche di stabilità

CARTOGRAFIA SCALA 1: 10.000

- Carta delle Indagini
- Carta Geologico-Tecnica
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica
- Carta di Microzonazione Sismica - FA 0.1-0.5 s
- Carta di Microzonazione Sismica - FA 0.4-0.8 s
- Carta di Microzonazione Sismica - FA 0.7-1.1 s
- Carta delle frequenze naturali dei terreni F0

SOGGETTO REALIZZATORE: DOTT. GEOL. MAURIZIO MAINIERO COLLABORATORI: DOTT. GEOL. MARCO GAGGIOTTI DOTT. GEOL. VINCENZO FRANCESCO PEDICINI	PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA REALIZZAZIONE STUDI DI APPROFONDIMENTO DI LIVELLO 3 SULLE AREE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ DI VERSANTE ANNUALITÀ 2021 (O.C.D.P.C. N. 780 DEL 20/05/2021)		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI ANCONA	Pag. 2 di 26

1 – INTRODUZIONE

Su incarico dell'amministrazione comunale di Ancona (*Direzione Manutenzioni - Ufficio Protezione Civile*) è stato realizzato il presente studio di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3 sulle aree di attenzione per instabilità di versante, ai sensi dell'O.C.D.P.C. n. 780 del 20/05/2021.

L'incarico è consistito nell'analisi di 2 aree per instabilità di versante poste all'interno del territorio comunale, già rilevate nei precedenti studi di MS. Sulla base dei risultati ottenuti si è poi proceduto all'aggiornamento delle carte di MS di Livello 1 e 2 e dei files necessari alla loro realizzazione.

Lo studio e le indagini di livello 3 sono stati condotti in ottemperanza alla seguente normativa di riferimento:

- D.G.R.M. 1470 del 23/10/2012 "*O.P.C.M. n.4007/12. Effettuazione delle indagini di microzonazione sismica e di condizioni limite per l'emergenza - Criteri per l'individuazione delle priorità di esecuzione delle indagini*";
- O.C.D.P.C. n. 780 del 20/05/2021 "*Attuazione dell'articolo 11 del decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77, rifinanziato dalla legge 30 dicembre 2018, n. 145*";
- Decreto Dirigente del Servizio per la Protezione Civile n. 456 del 13 dicembre 2021 "*O.C.D.P.C. n. 780/2021 – Realizzazione studi di approfondimento di Livello 3 sulle aree di attenzione per instabilità di versante - Annualità 2021*".

Le specifiche tecniche e gli standard di riferimento con cui è stato condotto lo studio di MS di livello 3 sono le seguenti:

- *Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (I.C.M.S.)* approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome;
- *Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.2;*

SOGGETTO REALIZZATORE: DOTT. GEOL. MAURIZIO MAINIERO COLLABORATORI: DOTT. GEOL. MARCO GAGGIOTTI DOTT. GEOL. VINCENZO FRANCESCO PEDICINI	PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA REALIZZAZIONE STUDI DI APPROFONDIMENTO DI LIVELLO 3 SULLE AREE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ DI VERSANTE ANNUALITÀ 2021 (O.C.D.P.C. N. 780 DEL 20/05/2021)		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI ANCONA	Pag. 3 di 26

- Studi pilota, disposizioni e linee-guida per specifici tematismi redatte dai gruppi di lavoro del Dipartimento Nazionale della Protezione Civile in accordo con la Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome;
- Microzonazione Sismica di II livello - Abachi regionali, ultima revisione, redatta dall'OGS di Trieste e modificata dalla Commissione Tecnica Regionale.

Lo studio di MS di livello 3 rappresenta un approfondimento degli studi di livello 1 e 2, dai quali risulti la presenza di aree instabili per frana sismicamente attivabili. Sono stati considerate i poligoni di frana posti al massimo a 10 m dai centri o nuclei abitati ed aree produttive, con dinamiche di scorrimento, complessa e indefinita. Se sovrapponibili ai poligoni del P.A.I., sono state considerate solo le frane R2 P2 (escludendo le frane a rischio R1, R3 ed R4 e pericolosità P1, P3 e P4).

La presente relazione costituisce quindi una integrazione degli studi precedentemente eseguiti (Gambelli G. et Alii, 2013; Gambelli G. & Tassi F., 2019), ai quali si rimanda in toto relativamente alle modalità di acquisizione e di elaborazione dei dati geologici, geotecnici, sismici e cartografici, nonché alla interpretazione e redazione delle specifiche cartografie dell'intero territorio del Comune di Ancona.

Su indicazione dell'Amministrazione comunale di Ancona ed in accordo con la Commissione Tecnica Regionale, lo studio di approfondimento di livello 3 è stato condotto sulle aree di versante in dissesto individuate dal P.A.I. con le sigle F-13-0113 ed F-14-0287 (Figg. 1 e 2).

Entrambe frane interessano importanti aree di lottizzazione (*Aree Progetto Prevalentemente Libere*) attualmente in fase di edificazione:

- APL 3 "Monte Marino" (F-13-0113) - Ubicata ai margini dell'espansione della città di Ancona del dopoguerra, tra Via Angelini e Via della Ferrovia;
- APL 19 "Villa Favorita" (F-14-0287) - Situata alla periferia Sud di Ancona, tra la zona industriale Baraccola e la Frazione di Candia.

SOGGETTO REALIZZATORE:
DOTT. GEOL. MAURIZIO MAINIERO

COLLABORATORI:
DOTT. GEOL. MARCO GAGGIOTTI
DOTT. GEOL. VINCENZO FRANCESCO
PEDICINI

PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA
REALIZZAZIONE STUDI DI APPROFONDIMENTO DI LIVELLO 3 SULLE AREE DI ATTENZIONE
PER INSTABILITÀ DI VERSANTE
ANNUALITÀ 2021 (O.C.D.P.C. N. 780 DEL 20/05/2021)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

COMUNE DI ANCONA

Pag.
4 di 26



Fig. 1 - Area di Versante in Dissesto F-13-0113 - APL 3 "Monte Marino"



Fig. 2 - Area di Versante in Dissesto F-14-0287 - APL 19 "Villa Favorita"

SOGGETTO REALIZZATORE: DOTT. GEOL. MAURIZIO MAINIERO COLLABORATORI: DOTT. GEOL. MARCO GAGGIOTTI DOTT. GEOL. VINCENZO FRANCESCO PEDICINI	PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA REALIZZAZIONE STUDI DI APPROFONDIMENTO DI LIVELLO 3 SULLE AREE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ DI VERSANTE ANNUALITÀ 2021 (O.C.D.P.C. N. 780 DEL 20/05/2021)		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI ANCONA	Pag. 5 di 26

Il presente studio è stato sviluppato ed articolato nelle seguenti fasi di attività:

1. Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio delle aree oggetto di studio, con controllo e revisione delle aree instabili anche a seguito di verifiche con la cartografia IFFI, CARG e PAI;
2. Acquisizione dei dati pregressi presso gli uffici dell'Amministrazione comunale di Ancona, quali cartografie di PRG e di Varianti Parziali, indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche, relativi a interventi pubblici e privati, integrati con le banche dati personali, prendendo in considerazione logs litostratigrafici, prove penetrometriche statiche e dinamiche, prove di laboratorio, indagini geofisiche di tipo MASW, HVSR, sismica a rifrazione e riflessione;
3. Analisi critica del materiale acquisito e valutazione dell'idoneità all'utilizzo;
4. Pianificazione ed esecuzione di indagini geognostiche e geofisiche integrative;
5. Caratterizzazione sismica del sottosuolo mediante definizione del profilo di velocità delle onde di taglio Vs fino al raggiungimento del substrato sismico;
6. Definizione del modello di riferimento del corpo di frana, comprensivo delle caratteristiche piezometriche e geotecniche;
7. Analisi di risposta sismica locale 1D e definizione dell'accelerogramma da utilizzare per la modellazione dinamica 2D;
8. Valutazione numerica di stabilità all'equilibrio limite dei corpi di frana e calcolo Kc;
9. Modellazione dinamica dei corpi di frana a cura della Commissione Tecnica Regionale;
10. Modifica delle aree in frana nella cartografia delle MOPS sulla base dei risultati ottenuti dalle precedenti modellazioni;
11. Aggiornamento allo standard di rappresentazione 4.2 delle carte di MS di Livello 1 e 2 e dei files necessari alla loro realizzazione in ambiente GIS.

2 – ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame fa parte del dominio marchigiano esterno, ed è caratterizzata da uno stile tettonico costituito essenzialmente da elementi compressivi (pieghe e sovrascorrimenti) e da faglie trascorrenti/transpressive, orientate prevalentemente in direzione appenninica (NW -SE), ed antiappenninica (NE -SW). Le fasi tettoniche che hanno caratterizzato l'area anconetana sono:

- la prima, medio-pliocenica, responsabile delle strutture maggiori;
- la seconda, plio-pleistocenica (tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene basale), che ripristinò condizioni di sedimentazione marina nella maggior parte dell'area;
- la terza, di età quaternaria, che portò ad un lento sollevamento di tutta la zona, con dislocamento dei sedimenti quaternari su alcuni alti strutturali.

Tra le principali strutture si riconoscono, da E verso W, la *monoclinale di Ancona*, la *sinclinale di Tavernelle*, le *anticlinali di Falconara, Varano e Monte Cònero* ed infine l'*anticlinale di Agugliano* che appare intervallata dalle precedenti da un'ampia zona a debole ondulazione. Tra le faglie ad andamento appenninico, la più rilevante è sicuramente quella *Torrette - Angeli - Camerano*, che distingue l'area anconetana in due zone diverse dal punto di vista sia litologico, sia strutturale:

- La fascia nord-orientale è caratterizzata da affioramenti di terreni che vanno dalla serie carbonatica del Cretaceo, sino alla serie terrigena del Pliocene inferiore p.p., ed è interessata da strutture compressive ad andamento appenninico (pieghe e sovrascorrimenti), nonché da faglie variamente orientate e con differenti caratteri cinematici.
- La zona sud-occidentale è invece caratterizzata da una successione di facies pelitico-sabbiose derivate da cicli batimetrici trasgressivo-regressivi, sviluppatasi in continuità di sedimentazione durante il Pleistocene e che presentano discordanze stratigrafiche nei confronti dei sottostanti depositi di età medio-pliocenica.

SOGGETTO REALIZZATORE: DOTT. GEOL. MAURIZIO MAINIERO COLLABORATORI: DOTT. GEOL. MARCO GAGGIOTTI DOTT. GEOL. VINCENZO FRANCESCO PEDICINI	PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA REALIZZAZIONE STUDI DI APPROFONDIMENTO DI LIVELLO 3 SULLE AREE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ DI VERSANTE ANNUALITÀ 2021 (O.C.D.P.C. N. 780 DEL 20/05/2021)		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI ANCONA	Pag. 7 di 26

2.1 – F-13-0013

L'assetto morfologico dell'area è influenzato dalla presenza di una struttura plicativa monoclinica (Monoclinale di Ancona), delimitata verso mare da faglie inverse e costituita da terreni di età mio-pliocenica. I terreni del substrato formano una struttura monoclinica con direzione di stratificazione 130°N-140°N ed immersione a SW, con pendenze comprese tra i 30° ed i 45°; per tale motivo gli strati risultano in generale a traversopoggio rispetto al pendio.

Le formazioni vanno dai terreni appartenenti alla successione marina del Messiniano a quelli del Pliocene inferiore (cfr. Tav. 1A). Il substrato corpo di frana F-13-0113 è costituito da argille marnose con intercalazioni arenaceo-sabbiose riferibili alla Formazione delle Argille Azzurre (Pliocene inferiore-medio). Al di sopra di tali litologie sono presenti delle coltri di alterazione argilloso-limose ed argilloso-marnose rappresentanti depositi eluviali e formazione fortemente alterata. Grazie alle prospezioni geofisiche realizzate nell'ambito della campagna geognostica di Cristiani & Mainiero (2003) si è individuata, nella parte superiore dell'area un'importante struttura tettonica: la sismica a riflessione ha infatti messo in risalto una rilevante discontinuità subverticale che interessa i litotipi del substrato: si tratta di una faglia inversa che, ripetendo la successione stratigrafica, mette a contatto i terreni messiniani con quelli pliocenici.

Il versante in oggetto, con pendenza media di 10°÷15°, è caratterizzato dalla presenza di fenomeni gravitativi antichi-inattivi e/o in lenta evoluzione, già individuati dal P.A.I., tra i quali la F-13-0013, con ambito di pericolosità/rischio P2 R2 (pericolosità media, rischio medio).

Essa ha un'estensione di ca. 8,3 ha, sviluppandosi per un dislivello di ca. 70 m, tra le quote 50 e 120 m sul Imm; il versante oggetto del dissesto forma un impluvio naturale che costituisce la testata di un modesto fosso affluente in destra idrografica del Fosso Miano. La morfologia del versante è caratterizzata da "mammellonamenti" e deformazioni plastiche superficiali che suggeriscono dinamiche di tipo rotazionali/traslative per il corpo di frana F-13-0113. A seguito di analisi geologico-geomorfologica, di dettaglio, sono stati ridefiniti i limiti del movimento gravitativo, modificando la geometria del perimetro assegnato dal P.A.I., nonché quello della precedente MS di livello 2 (cfr. Tav. 1A).

SOGGETTO REALIZZATORE: DOTT. GEOL. MAURIZIO MAINIERO COLLABORATORI: DOTT. GEOL. MARCO GAGGIOTTI DOTT. GEOL. VINCENZO FRANCESCO PEDICINI	PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA REALIZZAZIONE STUDI DI APPROFONDIMENTO DI LIVELLO 3 SULLE AREE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ DI VERSANTE ANNUALITÀ 2021 (O.C.D.P.C. N. 780 DEL 20/05/2021)		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI ANCONA	Pag. 8 di 26

2.2 – F-14-0287

La frana F-14-0287 è ubicata nella parte medio-bassa di un versante collinare sottostante la frazione Candia di Ancona, con esposizione a SE. La zona ricade sul fianco occidentale dell'Anticlinale di Varano, struttura di età medio-pleiocenica ad andamento appenninico, debolmente asimmetrica, con pendenza maggiore del fianco orientale.

L'area è interessata dalla presenza di una faglia a direzione appenninica che mette a contatto argille plioceniche con argille pleistoceniche; essa appartiene ad un più ampio sistema con direttrici appenniniche (N 120°) ed antiappenniniche (N 35°), probabilmente di tipo distensivo, con componente orizzontale per le faglie antiappenniniche.

I terreni del substrato appartengono alla successione del Pliocene inf. - Pleistocene inf., e sono costituiti da argille limoso-sabbiose ed argille marnose con sabbia, la cui giacitura è a traversopoggio con immersione a SW di 25°. Le indagini geofisiche eseguite per gli studi di lottizzazione dell'APL 19 (Methodo srl, 2008) individuano la presenza, al di sopra dei predetti terreni, di una coltre di alterazione a litologia argilloso-limosa ed argilloso-marnosa formata da eluvioni e substrato plio-pleistocenico fortemente alterato.

Il versante in oggetto, con pendenza media di 5°÷10°, è caratterizzato dalla presenza di fenomeni gravitativi antichi-inattivi e/o in lenta evoluzione, già individuati dal P.A.I., tra i quali la F-14-0287, con ambito di pericolosità/rischio P2 R2 (pericolosità media, rischio medio).

Essa ha un'estensione di ca. 9,8 ha, sviluppandosi per un dislivello di ca. 60 m, tra le quote 65 e 125 m sul Imm; il versante oggetto del dissesto forma un impluvio naturale che costituisce la testata di un modesto fosso affluente in destra idrografica del Rio Marganetto. La morfologia del versante è caratterizzata da "mammellonamenti" e deformazioni plastiche superficiali che suggeriscono dinamiche di tipo rotazionali/traslative per il corpo di frana F-14-0287. A seguito di analisi geologico-geomorfologica, di dettaglio, sono stati ridefiniti i limiti del movimento gravitativo, modificando la geometria del perimetro assegnato dal P.A.I., nonché quello della precedente MS di livello 2 (cfr. Tav. 1B).

SOGGETTO REALIZZATORE: DOTT. GEOL. MAURIZIO MAINIERO COLLABORATORI: DOTT. GEOL. MARCO GAGGIOTTI DOTT. GEOL. VINCENZO FRANCESCO PEDICINI	PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA REALIZZAZIONE STUDI DI APPROFONDIMENTO DI LIVELLO 3 SULLE AREE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ DI VERSANTE ANNUALITÀ 2021 (O.C.D.P.C. N. 780 DEL 20/05/2021)		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI ANCONA	Pag. 9 di 26

3 – ASSETTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

Le aree di instabilità di versante in oggetto ricadono in due distinti bacini idrografici:

- F-13-0113 Bacino litoraneo tra Esino e Musone;
- F-14-0287 Bacino del Fiume Aspio (sub-bacino del Fiume Musone).

3.1 – F-13-0113

Il versante oggetto del dissesto forma un impluvio naturale che costituisce la testata di un modesto fosso affluente in destra idrografica del Fosso Miano. Il reticolo idrografico originario è stato alterato e modificato dai lavori di urbanizzazione dell'APL 3. Come la maggior parte dei corsi d'acqua che incidono il versante costiero del Bacino litoraneo tra Esino e Musone, anche il Fosso Miano può essere considerato alla stregua di un fosso di ruscellamento concentrato. La sua portata è legata esclusivamente alle precipitazioni meteoriche.

Dal punto di vista idrogeologico l'elemento caratterizzante dell'area è la presenza di una falda idrica, discontinua e stagionale, all'interno dei terreni delle coltri superficiali e dei livelli sabbiosi del substrato, mentre nei depositi alluvionali di fondovalle essa ha carattere permanente pur con oscillazioni stagionali del livello piezometrico che spesso è prossimo al p.c. Dall'analisi critica della documentazione pregressa si evince che la profondità media della superficie piezometrica all'interno del corpo di frana F-13-0113 è di -3 m dal p.c.

3.2 – F-14-0287

Il versante oggetto del dissesto forma un impluvio naturale che costituisce la testata di un modesto fosso affluente in destra idrografica del Rio Marganetto (Bacino del Fiume Musone, attraverso il sub-bacino del Fiume Aspio). Il deflusso superficiale delle acque meteoriche avviene attraverso canali agricoli oppure tramite fossi di ruscellamento concentrato.

Dal punto di vista idrogeologico l'elemento caratterizzante dell'area è la presenza di una falda idrica, discontinua e stagionale, all'interno dei terreni delle coltri superficiali e dei livelli sabbiosi del substrato. Dall'analisi critica della documentazione pregressa si evince che la profondità media della superficie piezometrica all'interno del corpo di frana F-14-0287 è di -3 m dal p.c.

4 – INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE

4.1 – Indagini reperite

Sono state acquisite presso i competenti uffici del Comune di Ancona le seguenti indagini (cfr. Tavv. 2A e 2B):

F-13-0113

- Nr. 22 sondaggi a carotaggio continuo (Sandroni & Cristiani, 1996-1997 - Cristiani & Mainiero, 2003 - Cristiani, 2004);
- Nr. 6 prove pentrometriche statiche CPT (Cristiani, 2004);
- Certificati prove di laboratorio (Sandroni & Cristiani, 1996-1997 - Cristiani & Mainiero, 2003 - Cristiani, 2004);
- Indagini sismiche a riflessione e rifrazione (Cristiani & Mainiero, 2003).

F-14-0287

- Nr. 15 sondaggi a carotaggio continuo (Logika, 2001 - Methodo srl & CAM srl, 2009);
- Nr. 19 prove pentrometriche statiche CPT (Logika, 2001 - Mainiero, 2008-2016);
- Nr. 1 prova pentrometrica statica con piezocono CPTU (Mainiero, 2009);
- Certificati prove di laboratorio (Sandroni, 1996 - Logika, 2001);
- Indagini sismiche a riflessione e rifrazione (Methodo srl, 2008);
- Nr. 4 indagini sismiche MASW (Methodo srl, 2009).

4.2 – Indagini eseguite

Ad integrazione dei dati reperiti sono state eseguite seguenti indagini (cfr. Tavv. 3A e 3B):

F-13-0113

- Nr. 2 linee sismiche a rifrazione;
- Nr. 2 indagini sismiche MASW;
- Nr. 6 misure di microtremore ambientale HVSR.

SOGGETTO REALIZZATORE:
DOTT. GEOL. MAURIZIO MAINIERO

COLLABORATORI:
DOTT. GEOL. MARCO GAGGIOTTI
DOTT. GEOL. VINCENZO FRANCESCO
PEDICINI

PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA
REALIZZAZIONE STUDI DI APPROFONDIMENTO DI LIVELLO 3 SULLE AREE DI ATTENZIONE
PER INSTABILITÀ DI VERSANTE
ANNUALITÀ 2021 (O.C.D.P.C. N. 780 DEL 20/05/2021)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

COMUNE DI ANCONA

Pag.
11 di 26

F-14-0287

- Nr. 2 prove penetrometriche statiche CPT;
- Nr. 2 linee sismiche a rifrazione:
- Nr. 4 misure di microtremore ambientale HVSR.

Le indagini eseguite ex novo sono state inserite nel database delle indagini e nella relativa carta di MS aggiornata agli standard 4.2.

Per una maggiore leggibilità della carta 1: 10.000 si è scelto di non inserire le indagini reperite, che vengono allegate integralmente alla presente relazione comprensiva della loro ubicazione all'interno dei corpi di frana indagati (Tavv. 3A e 3B).

5 – MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO E SISMICO DEL TERRENO

Le indagini descritte nel § 4, associate ai dati bibliografici reperiti, permettono di definire il modello geotecnico del volume di terreno “significativo” coinvolto nello studio in oggetto, e di descriverne compiutamente le condizioni stratigrafiche, il regime delle pressioni interstiziali, e le sue caratteristiche fisico meccaniche e sismiche.

5.1 – Stratigrafia

La litologia dell’area di sedime è stata ricostruita in base alle prove in sito eseguite; le profondità medie e gli spessori delle unità litotecniche sono rappresentati in Tavv. 4A e 4B.

F-13-0113

UNITÀ LITOTECNICA	LITOLOGIA	PROFONDITÀ DA - A
1	SUBSTRATO GEOLOGICO ALTERATO E DECOMPRESSO Argilla limoso-marnosa con sabbia	0,0 ÷ 7,0 M
2	SUBSTRATO GEOLOGICO Argilla marnosa con intercalazioni sabbiose	7,0 ÷ 110,0 M
3	SUBSTRATO SISMICO Argilla marnosa con intercalazioni sabbiose	> 110,0 M

Nel sottosuolo è presente una falda idrica, discontinua e stagionale, all’interno dei terreni delle coltri superficiali e dei livelli sabbiosi del substrato. Dall’analisi critica della documentazione pregressa si evince che la profondità media della superficie piezometrica all’interno del corpo di frana F-13-0113 è di -3 m dal p.c.

Non essendoci evidenze - né geomorfologiche, né litologiche - di un movimento franoso in atto, la superficie di scivolamento è stata desunta sulla base dei dati sismici reperiti (sismica a riflessione), e posta all’interfaccia tra i depositi di copertura ed il substrato geologico (- 7 m dal p.c. al baricentro del corpo di frana).

F-14-0287

UNITÀ LITOTECNICA	LITOLOGIA	PROFONDITÀ DA - A
1	SUBSTRATO GEOLOGICO ALTERATO E DECOMPRESSO Argilla limoso-marnosa con sabbia	0,0 ÷ 15,0 M
2	SUBSTRATO GEOLOGICO Argilla marnosa con intercalazioni sabbiose	15,0 ÷ 110,0 M
3	SUBSTRATO SISMICO Argilla marnosa con intercalazioni sabbiose	> 110 M

Nel sottosuolo è presente una falda idrica, discontinua e stagionale, all'interno dei terreni delle coltri superficiali e dei livelli sabbiosi del substrato. Dall'analisi critica della documentazione pregressa si evince che la profondità media della superficie piezometrica all'interno del corpo di frana F-14-0287 è di -3 m dal p.c.

Non essendoci evidenze - né geomorfologiche, né litologiche - di un movimento franoso in atto, la superficie di scivolamento è stata desunta sulla base dei dati sismici reperiti (sismica a riflessione), e posta all'interfaccia tra i depositi di copertura ed il substrato geologico (- 15 m dal p.c. al baricentro del corpo di frana).

5.2 – Caratteri fisico-meccanici dei terreni

Per ciascun corpo di frana vengono di seguito indicati i **valori caratteristici** dei terreni, ottenuti dall'analisi delle prove di laboratorio e sismiche pregresse ed attuali mediante "media ragionata", ovvero *stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite*.

F-13-0113

UNITÀ LITOTECNICA	Peso di volume γ gr/cm ³	Angolo di attrito efficace ϕ' °	Coes. efficace c' Kg/cm ²	Velocità onde sismiche SH m/s
1	2,03	24,4	0,13	175÷345
2	2,1	26	0,35	490÷665
3	2,1	-	-	800

SOGGETTO REALIZZATORE:
DOTT. GEOL. MAURIZIO MAINIERO

COLLABORATORI:
DOTT. GEOL. MARCO GAGGIOTTI
DOTT. GEOL. VINCENZO FRANCESCO
PEDICINI

PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA
REALIZZAZIONE STUDI DI APPROFONDIMENTO DI LIVELLO 3 SULLE AREE DI ATTENZIONE
PER INSTABILITÀ DI VERSANTE
ANNUALITÀ 2021 (O.C.D.P.C. N. 780 DEL 20/05/2021)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

COMUNE DI ANCONA

Pag.
14 di 26

F-14-0287

UNITÀ LITOTECNICA	Peso di volume γ gr/cm ³	Angolo di attrito efficace ϕ' °	Coes. efficace c' Kg/cm ²	Velocità onde sismiche SH m/s
1	1,98	25,8	0,11	145÷325
2	2,1	26	0,35	465÷530
3	2,1	-	-	800

SOGGETTO REALIZZATORE: DOTT. GEOL. MAURIZIO MAINIERO COLLABORATORI: DOTT. GEOL. MARCO GAGGIOTTI DOTT. GEOL. VINCENZO FRANCESCO PEDICINI	PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA REALIZZAZIONE STUDI DI APPROFONDIMENTO DI LIVELLO 3 SULLE AREE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ DI VERSANTE ANNUALITÀ 2021 (O.C.D.P.C. N. 780 DEL 20/05/2021)		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI ANCONA	Pag. 15 di 26

6 – ANALISI RISPOSTA SISMICA LOCALE DEL SITO

L'analisi di risposta sismica locale condotta si basa su un profilo geotecnico e sismostratigrafico dell'area cartografata in frana, ricostruito in sito mediante l'esecuzione di prove penetrometriche ed indagini dirette a mezzo sondaggi geognostici reperiti ed indagini sismiche attive (MASW e Rifrazioni) e passiva a stazione singola (HVSR). Con la presente analisi è stato valutato il moto sismico cosiddetto "free field" (condizioni di "campo libero" ossia in assenza di manufatto). I paragrafi che seguono riportano l'articolazione della analisi dinamiche atte a definire le modifiche che il segnale sismico subisce, a causa delle condizioni locali, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di tipo A).

6.1 - Procedure di calcolo

Come noto lo scopo principale dell'analisi di risposta sismica locale è quello di prevedere come e quanto il movimento del suolo superficiale sia influenzato dal movimento del bedrock in profondità. Ricordando le ipotesi alla base, nel caso di analisi monodimensionale:

1. la stratigrafia del suolo sia orizzontale;
2. le onde sismiche si propagano dal basso verticalmente;
3. le deformazioni del suolo sono funzione delle proprietà dinamiche dei litotipi;

Per l'analisi è stato utilizzato il software STRATA, il cui funzionamento può essere sintetizzato come segue:

1. Legge il sismogramma al bedrock costituito da ognuno dei 7 accelerogrammi;
2. Con una Trasformata di Fourier (FFT) calcola lo Spettro di Fourier (FAS_{bedrock}) sempre al bedrock.
3. Calcola la Funzione di Trasferimento (TF) nel sito (quest'ultima è semplicemente pari al rapporto tra l'ampiezza dell'onda incidente sullo strato in direzione verticale verso l'alto "upward" e la sua riflessa in direzione verticale verso il basso "downward"). La Funzione di trasferimento dà immediatamente, grazie alla sua forma, informazioni importanti sul modo di vibrazione del suolo.

4. Calcola lo Spettro di Fourier (FAS_{suolo}) stavolta in superficie, moltiplicando lo Spettro di Fourier al bedrock per la Funzione di Trasferimento con la formula:

$$FAS_{suolo} = FAS_{bedrock} \times TF$$

5. Tramite una Trasformata inversa di Fourier (IFFT), calcola l'accelerazione al suolo; questo è il risultato la cui utilità è l'immediata applicazione nelle soluzioni progettuali ingegneristiche.

Tale calcolo computazionale è un processo iterativo: dato che il comportamento dei suoli alle sollecitazioni dinamiche è di tipo "non lineare" (il che vuol dire che le proprietà dinamiche dei suoli quale il Modulo di Taglio G e il Dumping D variano con il variare delle deformazioni applicate allo stesso), STRATA riesegue lo stesso calcolo decine di volte, variando di volta in volta progressivamente solo le proprietà dinamiche fino a una convergenza di progetto, raggiunta la quale il calcolo si interrompe. E' una soluzione "equivalente" ad un calcolo "non lineare", e per questo motivo viene chiamata "Analisi Equivalente Lineare".

Particolare importanza hanno le proprietà non lineari dei materiali, in particolare il rapporto G/G_{max} e D, rispettivamente modulo di taglio "normalizzato" e dumping.

6.2 - Definizione di input sismico e dei parametri sismici

Per la definizione dell'input sismico di modellazione della RSL, sono stati utilizzati 8 accelerogrammi di riferimento forniti dal centro di microzonazione sismica, con caratteristiche compatibili con il sito in esame.

	Name	Description	Type	PGA (g)	PGV (cm/s)	Scale Factor
1	<input checked="" type="checkbox"/> Bed_geof.bg_160.00 m (Outcrop)-accelTs-corrected-M1.csv		Outcrop (2A)	0.23	6.42	1.00
2	<input checked="" type="checkbox"/> Bed_geof.bg_160.00 m (Outcrop)-accelTs-corrected-M2.csv		Outcrop (2A)	0.29	13.50	1.00
3	<input checked="" type="checkbox"/> Bed_geof.bg_160.00 m (Outcrop)-accelTs-corrected-M3.csv		Outcrop (2A)	0.25	7.07	1.00
4	<input checked="" type="checkbox"/> Bed_geof.bg_160.00 m (Outcrop)-accelTs-corrected-M4.csv		Outcrop (2A)	0.25	6.40	1.00
5	<input checked="" type="checkbox"/> Bed_geof.bg_160.00 m (Outcrop)-accelTs-corrected-M5.csv		Outcrop (2A)	0.25	10.25	1.00
6	<input checked="" type="checkbox"/> Bed_geof.bg_160.00 m (Outcrop)-accelTs-corrected-M6.csv		Outcrop (2A)	0.23	8.02	1.00
7	<input checked="" type="checkbox"/> Bed_geof.bg_160.00 m (Outcrop)-accelTs-corrected-M7.csv		Outcrop (2A)	0.28	13.16	1.00
8	<input checked="" type="checkbox"/> Bed_geof.bg_160.00 m (Outcrop)-accelTs-corrected-M8.csv		Outcrop (2A)	0.27	21.66	1.00

Tabella 1- Sintesi dei sismogrammi selezionati

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento PVR (Tabella 2), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di ag prefissata (ag = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/TR$ (TR = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	PVR = 81%
Stato limite di esercizio: danno	SLD	PVR = 63%
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	PVR = 10%
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	PVR = 5%

Tabella 1 - Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR .

Fissati VR e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica TR , espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'Allegato A delle NTC18:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Tale relazione tra PVR (probabilità) e TR (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	TR = 30
Stato limite di esercizio: danno	SLD	TR = 50
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	TR = 475
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	TR = 975

Tabella 3 - Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

VR 50 anni e Coefficiente d'uso II				
Stato limite	Tr	ag	F0	Tc*
	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	0	0.042	2.459	0.277
SLD	50	0.056	2.560	0.276
SLV	475	0.173	2.454	0.295
SLC	975	0.227	2.487	0.308

Tabella 4 - Parametri di pericolosità sismica per TR previsti nelle NTC18, per F-13-0013

VR 50 anni e Coefficiente d'uso II				
Stato limite	Tr	ag	F0	Tc*
	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	0	0.044	2.432	0.278
SLD	50	0.058	2.573	0.277
SLV	475	0.179	2.459	0.296
SLC	975	0.234	2.498	0.309

Tabella 5 - Parametri di pericolosità sismica per TR previsti nelle NTC18, per F-14-0287

6.3 - Parametri generali di input e metodologia di calcolo

Per l'analisi condotta con il software STRATA sono stati inseriti i seguenti parametri generali.

In prima fase sono stati identificati i vari strati litologici attribuendogli i valori di densità in KN/m³ stimati dalle indagini eseguite in sito (prove penetrometriche, sondaggi e prove geotecniche di laboratorio) e dalle modellazioni sismiche effettuate.

Sono state poi scelte le curve di decadimento ritenute più opportune per le litologie riscontrate, attingendo dal set di dati fornito dalla Commissione Tecnica Regionale.

Soil Types					
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G _{max} Model	Damping Model	Damp. Limit (%) (Notes)
1	Shale (Rollins et al., 1998)	20.00	G_Marche (Shale)	G_Marche (Shale)	0.5
2	Substrato geologico coesivo stratificato Marche	21.00	BEEdgeol_Marche	BEEdgeol_Marche	0.5
3	Substrato geologico + 30 m	21.00	EPRI (S3), 250-300 ft	EPRI (S3), 250-300 ft	0.5
4	Depositi alluvionali limoso-argillosi (Offida)	18.50	Depositi alluvionali limoso-argil.	Depositi alluvionali limoso-argillos..	0.5
5	Sabbie (Seed & Idris, 1970)	18.50	Seed & Idris (1970)	Seed & Idris (1970)	0.5
6	Depositi alluvionali limoso-argillosi (Smergliata)	18.50	Depositi alluvionali limoso-argil.	Depositi alluvionali limoso-argillos..	0.5
7	Substrato calcareo alterato c/o fratturato (Marche)	21.00	Sub calc alterato c/o fratturato ...	Sub calc alterato c/o fratturato (M...	0.5
8	Depositi eluvio-colluviali (Marche)	20.30	Depositi eluvio-colluviali (Marche)	Depositi eluvio-colluviali (Marche)	0.5

Tabella 6 - Densità degli strati individuati

Per quanto riguarda il bedrock sismico (riferibile in sito al substrato geologico con $V_s > 800$ m/sec) è stato considerato un valore di peso di volume pari a $21,0 \text{ KN/m}^3$; il substrato geologico è stato imposto alla profondità di 7 m dal p.c. per la F-13-0013 e di 15 m dal p.c. per la F-14-0287.

Site Profile				
	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	V_s (m/s)
1	0.00	7.00	Depositi eluvio-colluviali (Marche)	150.00
2	7.00	7.00	Substrato geologico coesivo stratificato Marche	320.00
3	14.00	15.00	Substrato geologico coesivo stratificato Marche	400.00
4	29.00	30.00	Substrato geologico coesivo stratificato Marche	530.00
5	59.00	10.00	Substrato geologico coesivo stratificato Marche	600.00
6	69.00	21.00	Substrato geologico coesivo stratificato Marche	700.00
7	90.00	Half-Space	Bedrock	800.00

Tabella 7 - Sismostrati con attribuzione delle velocità delle onde di taglio per F-13-0013

Site Profile				
	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	V_s (m/s)
1	0.00	7.00	Depositi eluvio-colluviali (Marche)	150.00
2	7.00	7.00	Substrato geologico coesivo stratificato Marche	320.00
3	14.00	15.00	Substrato geologico coesivo stratificato Marche	400.00
4	29.00	30.00	Substrato geologico coesivo stratificato Marche	530.00
5	59.00	10.00	Substrato geologico coesivo stratificato Marche	600.00
6	69.00	21.00	Substrato geologico coesivo stratificato Marche	700.00
7	90.00	Half-Space	Bedrock	800.00

Tabella 8 - Sismostrati con attribuzione delle velocità delle onde di taglio per F-14-0287

Inoltre, al fine di ottenere gli accelerogrammi di riferimento utili alla modellazione dinamica del corpo di frana, è stato necessario definire la profondità del baricentro del volume potenzialmente instabile individuato tenendo conto dello spessore massimo in relazione alla ipotetica superficie di scorrimento definita preliminarmente nel modello geologico-tecnico lungo la sezione rappresentativa.

	Name	Location	Type	Baseline Correct
1	Acceleration ...	3.50 m	Within (A+B)	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Velocity Time ...	3.50 m	Within (A+B)	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabella 9 – Posizionamento del baricentro della frana F-13-0013

	Name	Location	Type	Baseline Correct
1	Acceleration ...	7.50 m	Within (A+B)	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Velocity Time ...	7.50 m	Within (A+B)	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabella 10 – Posizionamento del baricentro della frana F-14-0287

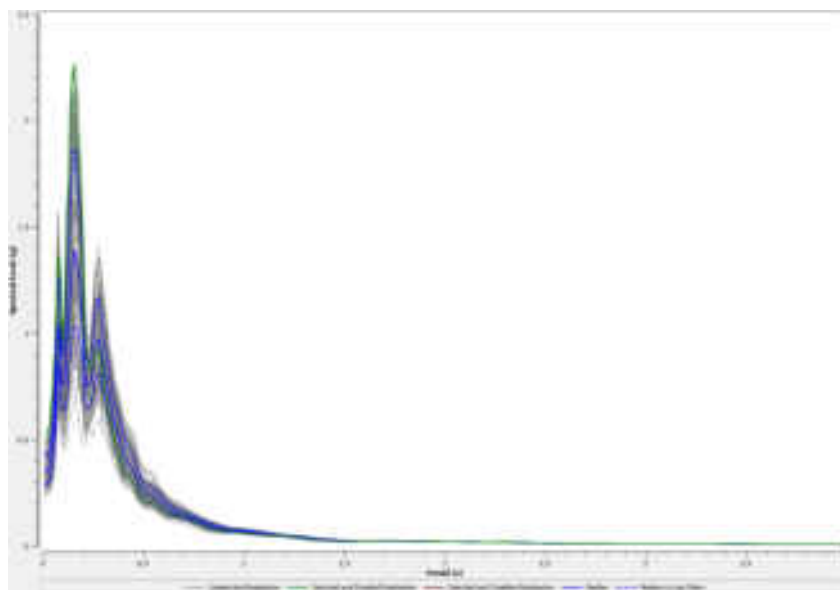


Fig. 3 - Spettro elastico di sito per F-13-0013 ottenuto dalla modellazione con software STRATA dove si evidenzia lo spettro elastico ottenuto in termini di valori mediani e di intervallo di confidenza superiore ed inferiore per SLV classe II VN50 anni TR 475 anni e SLD classe II VN50 anni TR 50 anni

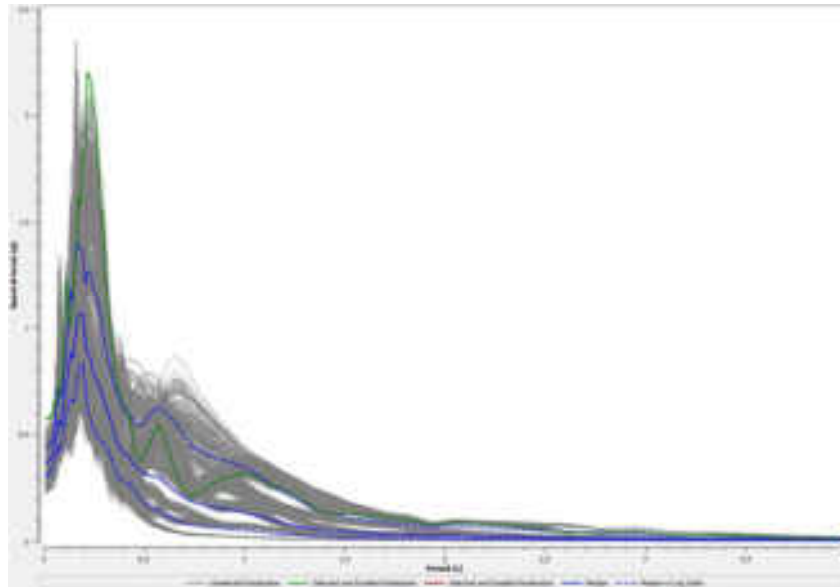


Fig. 4 - Spettro elastico di sito per F-14-0287 ottenuto dalla modellazione con software STRATA dove si evidenzia lo spettro elastico ottenuto in termini di valori mediani e di intervallo di confidenza superiore ed inferiore per SLV classe II VN50 anni TR 475 anni e SLD classe II VN50 anni TR 50 anni

Dai risultati ottenuti dall'elaborazione con Strata sono stati Calcolati i valori di FA e dell'Arias intensity con le seguenti modalità:

Calcolo FA

- Sono stati mediati gli spettri di risposta calcolati per l'84° percentile (M^*e^σ dove M = prodotto dello spettro mediano e σ = deviazione standard logaritmica) una volta ottenuti i valori di FA è stato utilizzato il foglio di calcolo fornito dal centro di Microzonazione Sismica.

Fa_0.1-0.5s	2.35
Fa_0.4-0.8s	2,24
Fa_0.7-1.1s	1.79

Tabella 11 – FA ottenuti per F-13-0013

Fa_0.1-0.5s	1,85
Fa_0.4-0.8s	2,39
Fa_0.7-1.1s	2,14

Tabella 12 – FA ottenuti per F-14-0287

SOGGETTO REALIZZATORE:
DOTT. GEOL. MAURIZIO MAINIERO

COLLABORATORI:
DOTT. GEOL. MARCO GAGGIOTTI
DOTT. GEOL. VINCENZO FRANCESCO
PEDICINI

PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA
REALIZZAZIONE STUDI DI APPROFONDIMENTO DI LIVELLO 3 SULLE AREE DI ATTENZIONE
PER INSTABILITÀ DI VERSANTE
ANNUALITÀ 2021 (O.C.D.P.C. N. 780 DEL 20/05/2021)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

COMUNE DI ANCONA

Pag.
22 di 26

Calcolo Arias Intensity

- Sono state eseguite 100 simulazioni utilizzando il profilo di velocità fino al substrato sismico come riportato nella tabella dei sismostrati.
- Per ogni accelerogramma è stato definito lo spettro di risposta corrispondente alla mediana dei risultati ai quali è stata aggiunta la mediana **M** e la deviazione standard σ forniti nelle tabelle di Strata (**M* e ^{σ}**).
- E' stato calcolato l'Arias intensity alla profondità del baricentro della massa (Tab. 9 e 10) in condizioni di equilibrio limite ottenendo 100 valori di Arias, un valore mediano ed una deviazione standard per ciascuno degli otto segnali di input processati.
- Sono stati selezionati 8 accelerogrammi (uno per ogni accelerogramma di input) tale che il valore di Arias Intensity alla profondità del baricentro della massa in condizioni di equilibrio limite sia prossima a **M* e ^{σ}**

I risultati ottenuti sono stati inviati al Centro di Microzonazione Sismica regionale che ha provveduto alle successive elaborazioni della risposta sismica 2D in condizioni di equilibrio limite.

7 – VERIFICHE DI STABILITÀ E CALCOLO K_c

Si è quindi proceduto alle verifiche di stabilità dei versanti in condizioni sia statiche, sia pseudostatiche, ed al calcolo del coefficiente sismico K_c (*coefficiente sismico* orizzontale corrispondente alla condizione limite $FS=1$ con i valori caratteristici dei parametri di resistenza). Per i calcoli è stato utilizzato il programma commerciale *Geostru Slope 2022*.

7.1 – F-13-0013

- Per la verifica in condizioni pseudostatiche sono stati assunti i seguenti parametri sismici - senza applicazione dei coefficienti parziali NTC 2018 - secondo le indicazioni della Commissione Tecnica regionale:

$a_g = 0,499362737473532$ (PGA accelerogramma di input RSL 1D)

Cat. B (Tab. 3.2.II NTC 2018)

$SS = 1,45$ (Tab. 3.2.IV NTC 2018)

$ST = 1$ (Tab. 3.2.III NTC 2018)

$a_{max} = 0,724075969$

$a_{max}/g = 0,073809987$

$\beta_s = 0,28$ (Tab. 7.11.I NTC 2018)

$K_h = 0,020666796$ (7.11.3 NTC 2018)

$K_v = 0,010333398$ (7.11.4 NTC 2018)

- Mentre per la verifica in condizioni statiche si è assunto:

$a_{max}/g = 0$

$K_h = 0$

$K_v = 0$

- Quale substrato geologico di riferimento per le verifiche è stato assunto quello pliocenico (argilla marnosa con intercalazioni sabbiose), il quanto l'ipotetica superficie di scivolamento si sviluppa prevalentemente in esso.
- Nel baricentro della frana sono stati assunti stratigrafie a parametri geotecnici di cui al § 5.
- La falda acquifera, desunta dagli studi reperiti e verifiche in sito, è stata posta a -3 m dal p.c.

- Considerata la presenza nella parte inferiore del versante di un tessuto urbano consistente in villette singole/bifamiliari generalmente costituite da 3 piani, sono stati inseriti carichi distribuiti di 30 Kpa.
- Le verifiche sono state eseguite con il metodo di Janbu sia per superfici di forma circolare, sia per una superficie di forma generica corrispondente con la superficie di scivolamento ipotizzata per la F-13-0113.

Rinviando ai singoli report generati dal programma di calcolo, si riportano di seguito i risultati delle verifiche intesi come F_{smin} e Kc ($F_s = 1$)

SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO	CONDIZIONI STATICHE	
	F_{smin}	Kc ($F_s = 1$)
CIRCOLARI	3,83	0,375
GENERICA	4,23	0,45

SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO	CONDIZIONI PSEUDOSTATICHE	
	F_{smin}	Kc ($F_s = 1$)
CIRCOLARI	3,29	0,375
GENERICA	3,63	0,45

7.2 – F-14-0287

- Per la verifica in condizioni pseudostatiche sono stati assunti i seguenti parametri sismici - senza applicazione dei coefficienti parziali NTC 2018 - secondo le indicazioni della Commissione Tecnica regionale:

$$a_g = 0,410220868118584 \text{ (PGA accelerogramma di input RSL 1D)}$$

$$\text{Cat. B} \quad (\text{Tab. 3.2.II NTC 2018})$$

$$S_s = 1,44 \quad (\text{Tab. 3.2.IV NTC 2018})$$

$$S_T = 1 \quad (\text{Tab. 3.2.III NTC 2018})$$

$$a_{max} = 0,59071805$$

$$a_{max}/g = 0,060215907$$

$$\beta_s = 0,28 \quad (\text{Tab. 7.11.I NTC 2018})$$

$$K_h = 0,016860454 \quad (\text{7.11.3 NTC 2018})$$

$$K_v = 0,008430227 \quad (\text{7.11.4 NTC 2018})$$

- Mentre per la verifica in condizioni statiche si è assunto:
 $a_{max}/g = 0$
 $K_h = 0$
 $K_v = 0$
- Quale substrato geologico di riferimento per le verifiche è stato assunto quello pliocenico (argilla marnosa con intercalazioni sabbiose), il quanto l'ipotetica superficie di scivolamento si sviluppa prevalentemente in esso.
- Nel baricentro della frana sono stati assunti stratigrafie a parametri geotecnici di cui al § 5.
- La falda acquifera, desunta dagli studi reperiti e verifiche in sito, è stata posta a -3 m dal p.c.
- Considerata la presenza nella parte inferiore del versante di un tessuto urbano consistente in villette singole/bifamiliari generalmente costituite da 2 piani, sono stati inseriti carichi distribuiti di 20 Kpa.
- Le verifiche sono state eseguite con il metodo di Janbu sia per superfici di forma circolare, sia per una superficie di forma generica corrispondente con la superficie di scivolamento ipotizzata per la F-14-0287.

Rinviando ai singoli report generati dal programma di calcolo, si riportano di seguito i risultati delle verifiche intesi come F_{smin} e K_c ($F_s = 1$)

SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO	CONDIZIONI STATICHE	
	F_{smin}	K_c ($F_s = 1$)
CIRCOLARI	4,13	0,384
GENERICA	2,74	0,38

SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO	CONDIZIONI PSEUDOSTATICHE	
	F_{smin}	K_c ($F_s = 1$)
CIRCOLARI	3,62	0,384
GENERICA	2,41	0,38

I risultati ottenuti sono stati inviati al Centro di Microzonazione Sismica regionale che ha provveduto alle successive elaborazioni della risposta sismica 2D in condizioni di equilibrio limite.

SOGGETTO REALIZZATORE:
DOTT. GEOL. MAURIZIO MAINIERO

COLLABORATORI:
DOTT. GEOL. MARCO GAGGIOTTI
DOTT. GEOL. VINCENZO FRANCESCO
PEDICINI

PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA
REALIZZAZIONE STUDI DI APPROFONDIMENTO DI LIVELLO 3 SULLE AREE DI ATTENZIONE
PER INSTABILITÀ DI VERSANTE
ANNUALITÀ 2021 (O.C.D.P.C. N. 780 DEL 20/05/2021)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

COMUNE DI ANCONA

Pag.
26 di 26

8 – INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

In base ai risultati ottenuti dalle modellazioni 2D, la Commissione Tecnica regionale ha ritenuto opportuno di considerare trascurabile gli spostamenti per $FRT < 1$ cm (spostamento cumulato del pendio per le frane in terra). Nella seguente tabella sono riportati, per ciascuna area, i valori degli spostamenti del blocco di Newmark ottenuti dalla media dei valori per tutti gli 8 accelerogrammi e dei Kc precedentemente calcolati:

FRANA	SPOSTAMENTO MEDIO CM	NOTE
F-13-0113	0,01	Spostamento medio relativo al caso di superficie circolare
F-14-0287	0,00	Spostamento medio relativo al caso di superficie circolare

Le indagini di livello 3 non confermano le frane come sismicamente attivabili ($FRT = 0$).

I dati a disposizione sono risultati ampiamente sufficienti per la ricostruzione del modello geologico, geotecnico e sismico di riferimento necessario alle modellazioni espone nei precedenti capitoli.

L'aggiornamento allo standard di rappresentazione 4.2 delle carte di MS di Livello 1 e 2 e dei files necessari alla loro realizzazione in ambiente GIS ha comportato modifiche limitate alle sole aree indagate. Eventuali criticità interpretative già presenti nei livelli 1 e 2 per il rimanente territorio del Comune di Ancona, non sono state prese in considerazione.

Ancona, gennaio 2023

dott. geol. Maurizio Mainiero

dott. geol. Vincenzo Francesco Pedicini

dott. geol. Marco Gaggiotti