

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA ROMAGNA AZIENDA AUSL DI BOLOGNA

VERIFICHE TECNICHE SU EDIFICI DI INTERESSE STRATEGICO

in accordo all'art. 2 comma 3 OPCM 3274/2003 e s.m.i.

LOTTO 3

OSPEDALE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO



INDAGINE GEOLOGICA E SISMICA

R.T.P. Ing. Bruno Pelaggi & Partners Consulenti

DATA: Luglio 2011

GEOTER AMBIENTE
Dott. Geol. Claudia Ribaldi –
06123 Perugia via s.elisabetta 11
7 / fax 075-5734604





INDICE

1.		PREMESSA	pag.	3
2.		INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	pag.	5
	2.1	UBICAZIONE DELL'AREA OGGETTO DI VERIFICA	pag.	5
	2.2	ASSETTO IDROGRAFICO	pag.	5
	2.3	ASSETTO GEOMORFOLOGICO	pag.	7
3.		INQUADRAMENTO GEOLOGICO	pag.	9
4.		CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE	pag.	12
5.		CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	pag.	13
6.		CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	pag.	16
7.		SUBSIDENZA	pag.	17
8.		CARATTERISTICHE SISMICHE	pag.	18
	8.1	CARATTERISTICHE SISMO TETTONICHE	pag.	18
	8.2	SISMICITÀ STORICA	pag.	20
	8.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	pag.	22
9.		INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO	pag.	24
10.		DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	pag.	26
	10.1	DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	pag.	26
	10.2	DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA TOPOGRAFICA	pag.	30
	10.3	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	pag.	30
	10.4	STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	pag.	31
	10.5	STABILITÀ GRAVITATIVA IN CHIAVE SISMICA	pag.	31

ALLEGATI:

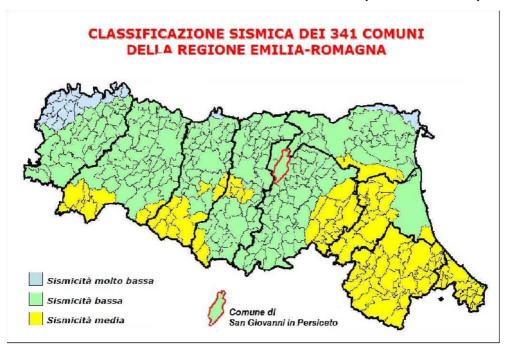
TAV 1 – UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE

Relazione Tecnica e Documentazione Fotografica – Prospezioni sismiche a rifrazione in onde SH $\,$ IGEA sas $\,$ Dott. Geol. G. Braccesi,luglio 2011 -

1. PREMESSA

La presente relazione espone i risultati delle indagini geologiche, geognostiche e geofisiche effettuate per conto della Azienda Ausl di Bologna in merito alle verifiche tecniche dei livelli di sicurezza strutturali di alcune porzioni dell' **Ospedale di San Giovanni in Persiceto** (Bo), facente parte dei Complessi Ospedalieri del Lotto n.3 (CIG 03555339D) oggetto di verifica.

In relazione a quanto indicato dalla recente normativa sismica nazionale (O.P.C.M. n. 3274/2003 - D.M. 14/01/2008) i fabbricati in questione sono definiti "*edifici di interesse strategico*" (D.P.C.M. 21.10.2003 (G.U. 29.10.2003, n. 252), mentre il comune in cui sono situati è classificato in base alla nuova classificazione sismica, in **zona 3 (bassa sismicità).**

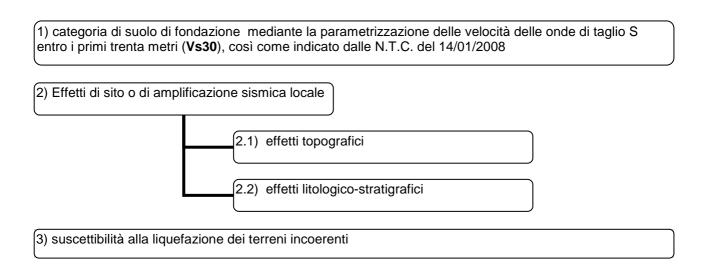


	Allegato A - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELL'EMILIA-ROMAGNA								
Codice ISTAT 2001 COMUNE COMUN		riclassi- ficazione	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	presente	sensi del documento 103)			
8037053	во	SAN GIOVANNI IN PERSICETO	2003			N.C.	Ш	3	

L'indagine, secondo quanto indicato dalle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008) e in accordo con i Progettisti, si è articolata mediante:

- la raccolta di tutto il materiale documentario relativo all'area in oggetto (progetti esistenti, cartografie ecc.): i dati esistenti sono stati verificati ed integrati mediante sopralluoghi e rilievi di campagna. Il materiale reperito ed utilizzato è indicato al Cap.4.

- un rilevamento di campagna integrato da fotointerpretazione, allo scopo di approfondire le conoscenze relative alla situazione geomorfologica e geolitologica;
- inquadramento geologico-stratigrafico e geotecnico dei terreni presenti, mediante la raccolta dei dati di letteratura e una campagna geognostica eseguita ad hoc.
- analisi della pericolosità sismica e della risposta sismica locale basata sull'identificazione di:



L'attribuzione della categoria del terreno di fondazione si è raggiunta mediante l'effettuazione di:

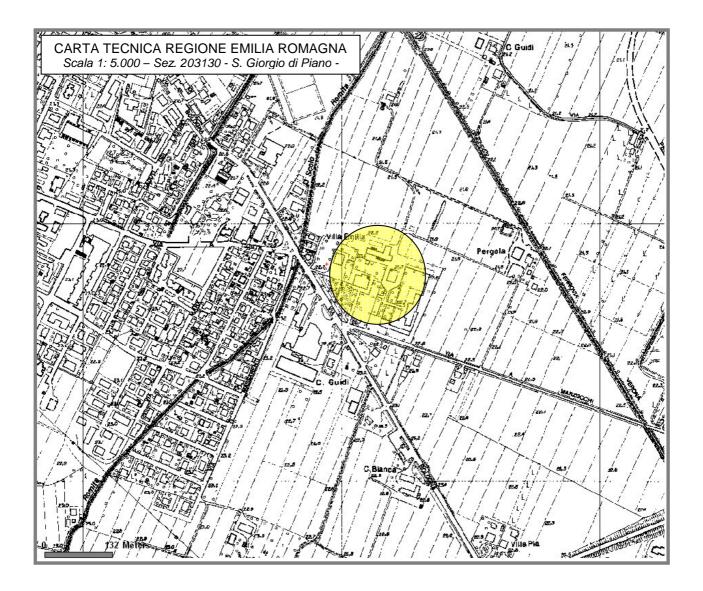
• N. 2 PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE

Per l'ubicazione delle prove si rimanda alla tavola allegata (TAV.1).

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

2.1 UBICAZIONE DELL'AREA OGGETTO DI VERIFICA

L'area in cui è sito l'ospedale di San Giovanni in Persiceto si trova a quota 22,5 m s.l.m circa, ed è collocata in un distretto di pianura, ad ovest del T. Samoggia, alla sinistra idrografica del F. Reno, in una zona di vecchia bonifica.



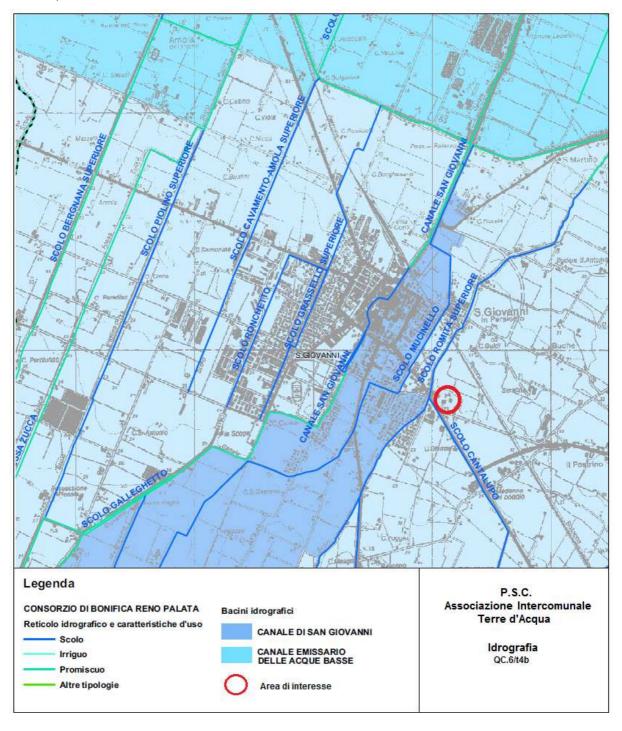
2.2 ASSETTO IDROGRAFICO

L'idrografia della zona è rappresentata da corsi d'acqua del reticolo idrografico minore, costituiti da canali artificiali ad uso scolante, irriguo e promiscuo che drenano le acque di circolazione superficiale verso i corsi d'acqua principali.

Nella Tavola QC.6/t4 "Idrografia" del PSC dell'Associazione Intercomunale Terre d'Acqua, di cui fa parte San Giovanni in Persiceto, vengono individuati tutti i corsi d'acqua presenti sul territorio, distinti per destinazione d'uso prevalente (irriguo, scolo, promiscuo).

Il canale principale della zona è il Canale di San Giovanni (che poco a sud della frazione di San Matteo della Decima è denominato Canale di Cento), le cui origini risalgono al 391 a.c..

Nasce dai fontanili e dal drenaggio del suolo agrario, a sud dell'abitato di Castelfranco Emilia, scorre poi verso N-NE, attraversando i territori comunali di S. Giovanni in Persiceto, Cento e Ferrara, immettendosi infine nel Po di Volano. Nel tratto che scorre nel Persicetano il canale di San Giovanni assume funzione sia irrigua, che propriamente idraulica, per la presenza di una cassa di espansione al confine con il comune di San Giovanni in Persiceto (cassa di espansione di Manzolino).



Nella zona la gestione delle acque è per buona parte in carico al Consorzio di Bonifica Reno –Palata.

Le opere di bonifica che gestiscono le acque del territorio di pianura sono impostate sul principio della separazione tra le acque dei terreni alti e le acque dei terreni depressi. Queste ultime sono immesse nei fiumi riceventi attraverso stabilimenti idrovori; le acqua alte sono regolate da chiaviche emissarie e da casse di espansione. In particolare, i collettori di acque alte, in condizioni normali, sono in grado di scaricare le proprie acque direttamente nei torrenti riceventi attraverso le cosiddette chiaviche.

In condizioni di sovraccarico idraulico tali acque, attraverso manufatti definiti scaricatori o scolmatori, sono immesse nel sistema dei "canali bassi" e afferiscono agli impianti idrovori, ai quali affluiscono normalmente tutte le acque del territorio più depresso (acque basse).

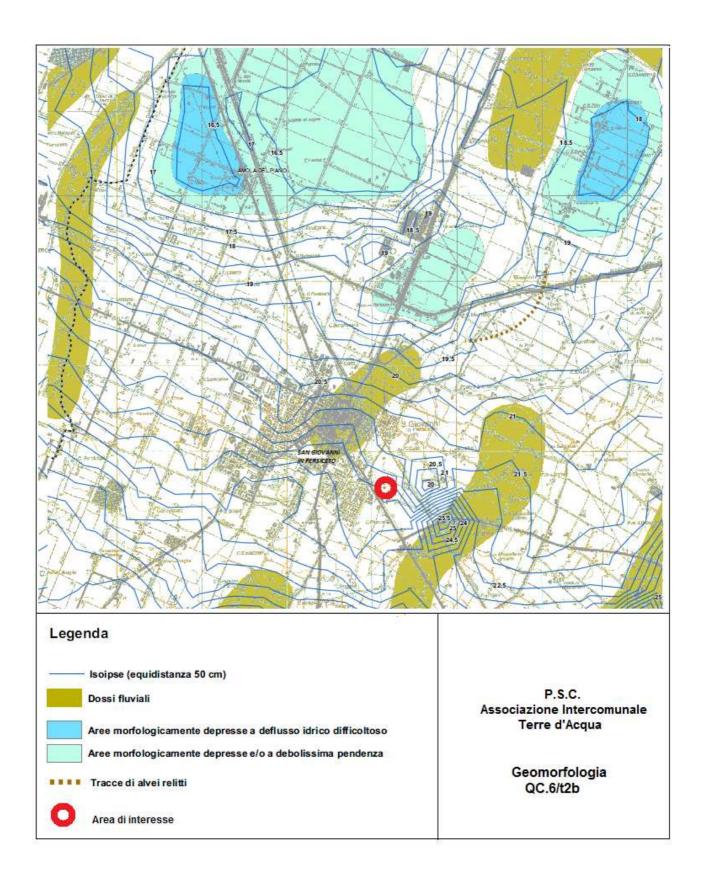
2.3 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'area di pianura è caratterizzata da un "microrilievo" di origine fluviale caratterizzato dalla presenza di forme rilevate, dette "dossi", corrispondenti ad alvei antichi o ad alvei attuali pensili e da zone morfologicamente depresse, dette "valli", all'interno delle quali l'acqua tenderebbe a ristagnare, se non fosse allontanata dai canali di bonifica.

Come si può vedere dalla figura seguente, che riporta lo stralcio della tavola QC.6/t2 "Geomorfologia" del PSC, i dossi sono di forma generalmente allungata e sinuosa, con sviluppo in direzione NW-SE, raccordati dolcemente alle superfici adiacenti.

Le aree morfologicamente depresse invece possono formare delle vere e proprie depressioni chiuse che presentano talora forti difficoltà di deflusso e possono provocare, in caso di eventi metereologici estremi, fenomeni di ristagno, mettendo in crisi tutta la rete scolante.

La distribuzione dei dossi e dei bacini interfluviali condiziona l'assetto idraulico di superficie ed ha condizionato l'evoluzione storica degli insediamenti antropici: infatti mentre le aree depresse sono state sede di paludi malsane, fino all'avvento della bonifica, le strutture rilevate (dossi), sono state scelte preferenzialmente dall'uomo per lo sviluppo insediativo e viario, a causa della migliore difesa dalle esondazioni e delle migliori condizioni geotecniche dei terreni.



3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La formazione della pianura in cui è situato il territorio in esame, è legata all'evoluzione tettonico-sedimentaria del bacino padano.

Le prospezioni geofisiche ed i sondaggi effettuati dall'Agip per la ricerca di idrocarburi hanno individuato nel sottosuolo padano strutture profonde, di età compresa tra il Miocene superiore ed il Pleistocene, generate dalla tettonica compressiva, che ha caratterizzato l'evoluzione strutturale di tutto l'Appennino.

Le numerose strutture plicative, marcate da fronti di sovrascorrimento, sono rappresentate da pronunciate pieghe anticlinali asimmetriche, vergenti a N-NE, con asse orientato mediamente NW-SE.

Le prospezioni geofisiche hanno inoltre evidenziato la presenza di un importante sistema di faglie (noto in letteratura come "sovrascorrimento pedeappenninico") in cui l'attività compressiva è tutt'ora in atto. Tale attività viene testimoniata dal sollevamento del margine appenninico e dall'abbassamento dell' antistante pianura interessata dalla subsidenza, nonché dai terremoti.

Il colmamento del bacino padano si è realizzato principalmente in seguito all'attività sedimentaria dei corsi d'acqua appenninici.

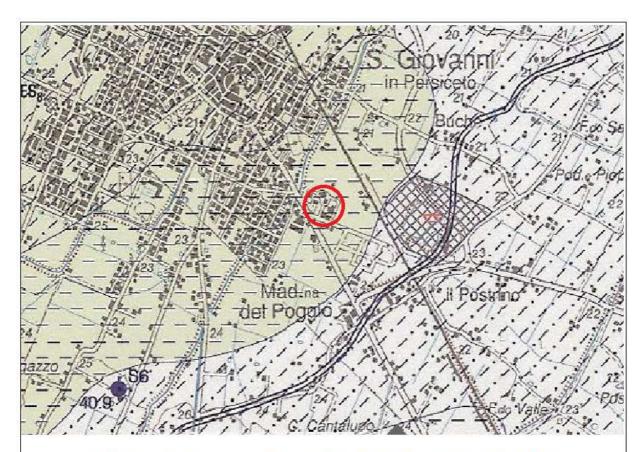
Stratigraficamente la sequenza dei sedimenti dal basso verso l'alto è rappresentata dapprima da sedimenti di origine marina, successivamente sedimenti transizionali (lagunari e costieri) ed infine depositi di origine francamente continentale che costituiscono le alluvioni quaternarie.

In particolare il passaggio marino/continentale non si è attuato in maniera continua e progressiva, ma è marcato da un contatto discordante, derivato da eventi tettonici parossistici separati da periodi di forte subsidenza bacinale.

Lo spessore del ciclo continentale è molto variabile a seconda delle zone considerate. In prossimità del fiume Reno la facies di transizione all'ambiente marino si incontra ad una profondità di circa 400 m.

La successione quaternaria continentale, secondo la terminologia della nuova "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", elaborata secondo i concetti di stratigrafia sequenziale, viene definita con il termine "Supersintema Emiliano Romagnolo" suddiviso in numerosi Sintemi e Unità.

Come evidenziato nella tavola seguente che riporta lo stralcio della cartografia geologica CARG a scala 1:10.000,la zona d'indagine è caratterizzata da terreni attribuiti all' *Unità di Modena* e al *Subsintema di Ravenna*, sedimentati tra la fine del Pleistocene e l'Olocene-attuale e costituiti da limi argillosi e limi sabbiosi con intercalazioni sabbiose.



CARTOGRAFIA GEOLOGICA CARG - REGIONE EMILIA ROMAGNA **FOGLIO 202 SAN GIOVANNI IN PERSICETO**

SUCCESSIONE POST-EVAPORITICA DEL MARGINE PADANO-ADRIATICO

SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

Unità di estensione regionale comprendente i depositi alluvionali delle porzioni intravallive e i sedimenti prevalentemente alluvionali, subordinatamente deltizi, litorali e marini del sottosuolo della pianura padana. Limite inferiore inconforme, non affiorante, sulle Sabbie di Imola (depositi quaternari marini). Limite superiore coincidente con il piano topografico. Comprende due sintemi (sintema emilianoromagnolo inferiore, non affiorante, e sintema emiliano-romagnolo superiore). Spessore massimo di 500 m circa

SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE

Depositi alluvionali organizzati in cinque alternanze cicliche di alcune decine di metri di spessore e comprendenti intervalli temporali dell'ordine dei 40-100Ka, costituite da sedimenti grossolani e fini nella alta pianura e prevalentemente fini nella media pianura. Il ciclo superiore (subsintema) è affiorante, mentre i quattro inferiori sono solo sepolti. Il limite inferiore non affiora; risulta dubitativamente inconforme con il sintema emiliano-romagnolo inferiore nelle porzioni sepolte della media pianura. PLEISTOCENE MEDIO-OLOCENE

Subsintema di Ravenna

Unità sommitale del Supersintema Emiliano-Romagnolo. Comprende in prevalenza limi, limi sabbiosi e limi argillosi, in subordine ghiaie e ghiaie sabbiose. Ambiente alluvionale. Il limite inferiore risulta inconforme su AES7 (visibile in sondaggio), passante a conforme nelle aree depocentrali della pianura. Limite superiore coincidente con il piano topografico o con il piano di calpestio romano. Al tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm; gli orizzonti sono parzialmente decarbonatati, con profilo di tipo A/Bw/Bk(C)(colore giallo-bruno). La unità è coincidente in gran parte con l'ultimo interglaciale. Le aree soggette a sedimentazione solida anche dopo la fine dell'età romana sono state differenziate (Unità di Modena).

Potenza massima di circa 20 m.

PLEISTOCENE SUP-OLOCENE (età radiometrica della base: 14.000)

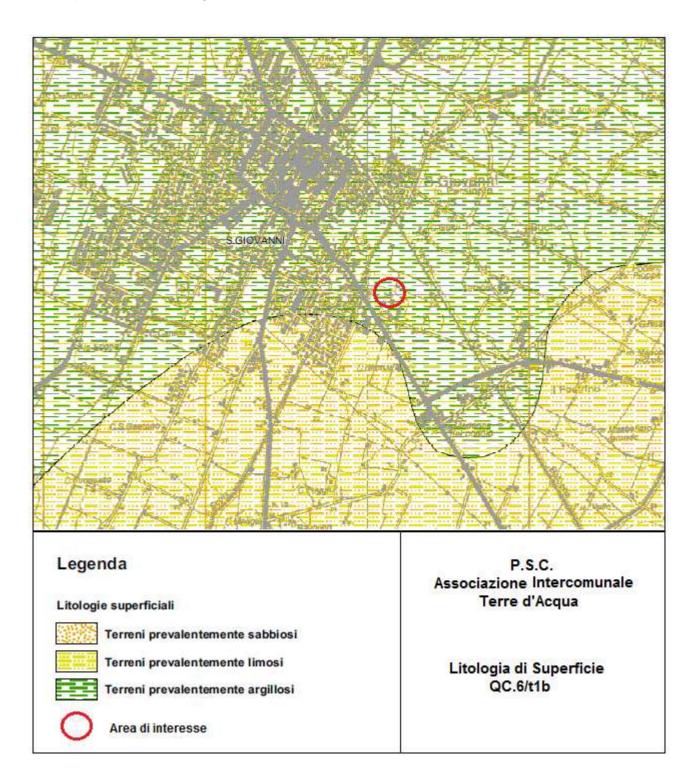
Unità di Modena

Ciclo di rango inferiore che costituisce la parte sommitale del Subsintema di Ravenna. El costituita da depositi grossolani, ghiaiosi, presso le aste fluviali e da depositi fini nelle aree distali. Limite superiore sempre affiorante, coincidente con il piano topografico e definito sulla base della presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione con profilo potente meno di 100 cm, e orizzonti A/C subordinatamente A/Bw/C (colore grigio-giallastro). Si caratterizza per la buona preservazione delle forme deposizionali originarie. Ambiente alluvionale. Ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C., Include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione bi che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente. Spessore di alcuni metri (<10 m).

POST-IV sec. d.C.-Attuale



Più in dettaglio, la Cartografia litologico-morfologica del PSC che tiene conto di indagini geognostiche di bibliografia, riportata in stralcio nella figura seguente, inquadra i terreni dell'area in studio nell'ambito dei sedimenti di piana alluvionale e li definisce granulometricamente come terreni prevalentemente argillosi.



4. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE

Le caratteristiche stratigrafiche dell'area ospedaliera sono state dedotte sia dai dati di bibliografia, sia dall'indagine geofisica effettuata ad hoc, consistita in N.2 profili sismici a rifrazione in area circostante l'ospedale.

La ricerca documentale e bibliografica effettuata ha consentito di analizzare le stratigrafie dei sondaggi e logs penetrometrici relativi al progetto di ampliamento del complesso ospedaliero effettuato negli anni 1995-1996.

L' indagine geologico- geotecnica reperita e consultata è la seguente:

 GEIMCO spa – Casalecchio di Reno (Bologna), 1995 – Dott. Ing. G. Marchi - Relazione Geotecnica - Appalto per la progettazione esecutiva e la costruzione dell'Ospedale Generale di Base dell'Unità Sanitaria Locale n.26 – Loc.San Giovanni in Persiceto – Edil coop Crevalcore.

I dati di sondaggio e penetrometrici sono stati criticamente rivisti e uniformati, al fine di ricostruire una più completa situazione geologico-stratigrafica dell'area ospedaliera che è stata elaborata in planimetria attraverso la **TAV. N. 1**.

Dall' analisi comparativa delle stratigrafie di letteratura e delle indagini eseguite ad hoc emerge che la situazione stratigrafica è abbastanza uniforme.

I depositi alluvionali quaternari nell'area dell'ospedale presentano dunque una sequenza di sedimenti schematizzabile tramite il seguente MODELLO STRAGRAFICO:

- Superficialmente è presente una coltre di *TERRENO VEGETALE E DI RIPORTO* (**RV**) che ha spessori limitati (1.00 m).
- Al di sotto sono presenti ARGILLE E LIMI DI COLORE BRUNO, da molto consistenti a consistenti (AL). Lo spessore si aggira intorno a 2 m.
- Segue da m 3.20 e m 7.20 un deposito costituito da *ALTERNANZE DI LIVELLI DI ARGILLE LIMO- SABBIOSE E SABBIE FINI LIMOSE*, consistenti (**AS**). Gli spessori di questo deposito sono variabili tra m 5.40 e m 9.60.
- Al di sotto, fino alla profondità di 30 m, seguono ARGILLE CON LIMI DEBOLMENTE SABBIOSE (AG). Sotto la profondità di 10 m m circa le argille sono alternate a livelletti di sabbia fine grigia.

5. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Nel territorio un cui l'area è inserita, l'andamento, la profondità e la direzione della falda freatica, sono legati oltre che agli eventi meteorici, anche alla rete di canali e di scoli presenti.

Infatti l'evoluzione geomorfologica della pianura, che ha prodotto paleoalvei, geometrie sovrapposte di vari ambienti deposizionali, aree depresse e pensilità dei corsi d'acqua, ha condizionato non solo l'assetto idraulico di superficie, ma anche la disposizione e l'andamento delle falde freatiche.

Nel caso in questione la falda freatica, ubicata nel livello più superficiale della serie idrogeologica locale, ha caratteristiche di falda libera; è delimitata solo inferiormente da un substrato relativamente impermeabile, mentre il suo limite superiore (o superficie freatica) è variabile in funzione dell'alimentazione.

Le principali direzioni di drenaggio seguono gli assi direzionali delle canalizzazioni o sono influenzate dalla presenza di impianti idrovori; gli spartiacque coincidono in parte con quelli dei bacini artificiali, in parte con quelle dei paleoalvei.

In linea generale l'acquifero è caratterizzato da un mezzo poroso costituito dal vario alternarsi di materiali sia limoso argillosi impermeabili, che sabbiosi (generalmente sabbie mediofini, con percentuali variabili della frazione limoso argillosa).

I rapporti spaziali risultano molto complessi e sono quelli tipici dei sedimenti alluvionali; in generale sono riconducibili ad una distribuzione lenticolare con spesse e ramificate interdigitazioni tra i termini prevalentemente argillosi e quelli più marcatamente sabbiosi e relativamente più permeabili.

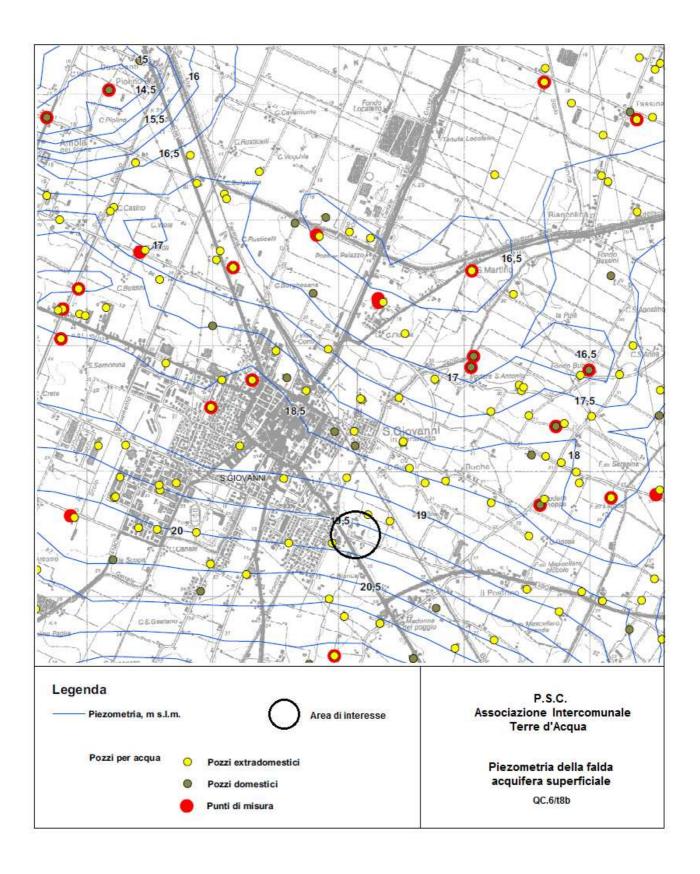
Nelle tavole tratte dal PSC comunale relative alla "Piezometria della falda acquifera superficiale" (tav. QC6/t8) e della "Soggiacenza della falda acquifera superficiale" (tav. QC6/t9), prodotte in stralcio nelle figg. seguenti, l'andamento della piezometria e della soggiacenza è rappresentato tramite curve isopiezometriche aventi equidistanza di 0,5 m.

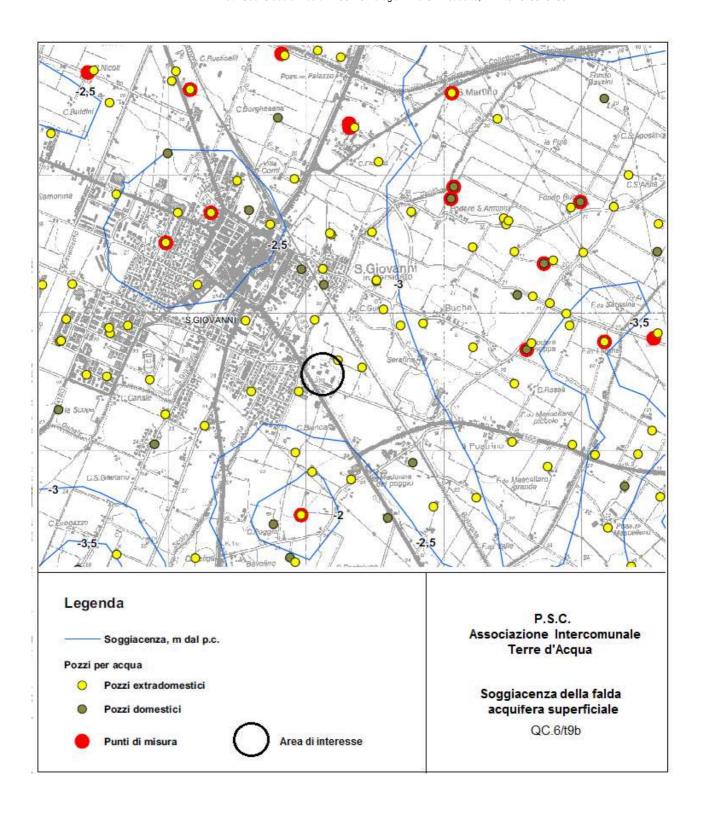
Nell'area ospedaliera la falda idrica presenta soggiacenza abbastanza regolare, con un valore medio che si aggira intorno a 2,0-2,50 m di profondità dal piano di campagna.

Le curve isopiezometriche presentano inoltre andamento decrescente da sud-ovest verso nord-est.

Nel corso della campagna geognostica effettuata nel 1995 il piezometro installato nel sondaggio ha fornito valori della quota piezometrica della falda intorno ad 1 m dal piano campagna.

Viste le condizioni altimetriche, geomorfologiche e di regimazione delle acque e in considerazione della profondità del livello piezometrico e le sue variazioni stagionali, si ritiene probabile che la falda possa interessare la quota a cui presumibilmente sono attestate le fondazioni degli edifici ospedalieri.





6 - CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Dall' indagine geotecnica di letteratura, basata soprattutto su prove penetrometriche statiche CPT, si è pervenuti alla caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti al di sotto dell'orizzonte superficiale vegetale e di riporto.

Le indagini sismiche effettuate mostrano una stratigrafia di terreni le cui caratteristiche geotecniche migliorano gradualmente con la profondità, senza mostrare netti contrasti di rigidità.

Seguendo il Modello stratigrafico proposto al Paragrafo 4, la seguente tabella riporta il range di valori dei parametri geotecnici ricavati empiricamente dai valori di resistenza meccanica delle prove C.P.T. che risultano in letteratura.

Modello stratigrafico di riferimento		Resistenza alla punta in prove CPT	Peso di volume	Coesione non drenata	Angolo di attrito interno non drenato	Grado di consoli- dazione	Modulo Edometrico
		Qc (MPa)	γ (t/mc)	Cu (KPa)	φ u (°)	OCR	Med (MPa)
ARGILLE E LIMI DI COLORE BRUNO	AL	0.5-1.3	20.2.00	65	0.00	4-6	11
ALTERNANZE DI LIVELLI DI ARGILLE LIMO- SABBIOSE E SABBIE FINI LIMOSE	AS	0.5-1.5	19.00	35-70	0.00	1-2	5.0-7.5
ARGILLE CON LIMI DEBOLMENTE SABBIOSI	AG	1.5-2.6	19.50	70-100	0.00	1.2-2.1	8-9

Per le loro caratteristiche granulometriche i litotipi descritti <u>non sono suscettibili di liquefazione in fase sismica</u>.

7 – SUBSIDENZA

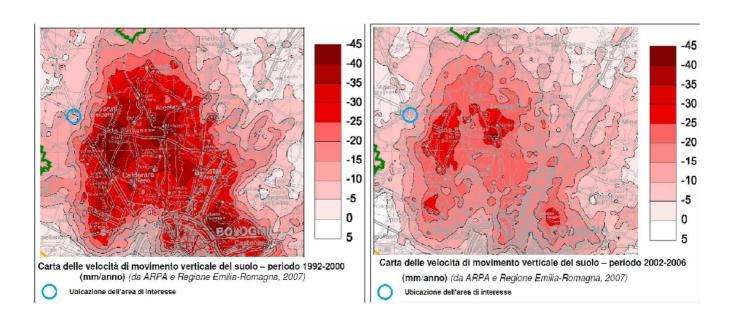
La zona della pianura bolognese è interessata da un accentuato fenomeno di subsidenza, l'origine del quale è legata a due cause principali, i cui effetti si sovrappongono:

- cause naturali, da connettere all'evoluzione geodinamica del territorio
- interventi antropici, soprattutto in relazione all'estrazione di fluidi dal sottosuolo

.Come si evince dalle carte delle velocità di movimento verticale al suolo elaborate effettuati da ARPA e Regione Emilia-Romagna, riportate nelle fig. seguenti, la situazione dell'area di interesse è assai meno preoccupante dell'area urbana di Bologna, in quanto vengono segnalati valori di abbassamento dell'ordine di 5 mm/anno.

E' tuttavia stato rilevato da monitoraggi più recenti (periodo compreso tra il 2002 ed il 2006) effettuati da ARPA e Regione Emilia-Romagna che l'andamento di tale fenomeno è in diminuzione in quanto vengono segnalati valori di abbassamento dell'ordine di circa 5 mm/anno, ampiamente compatibili con quelli relativi alle sole cause naturali. Ciò è da mettere in connessione alla generale riduzione dell'eccessivo sfruttamento delle falde idriche e dell'estrazione del gas metano.

Trattandosi di un fenomeno non localizzato, ma diffuso su vasta scala con un'evoluzione molto lenta e comunque tendenzialmente in diminuzione, si ritiene che esso non incida sugli scenari di pericolosità sismica locale.

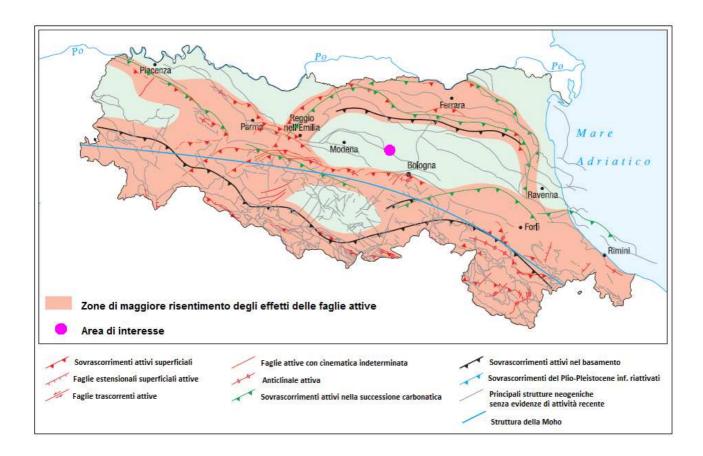


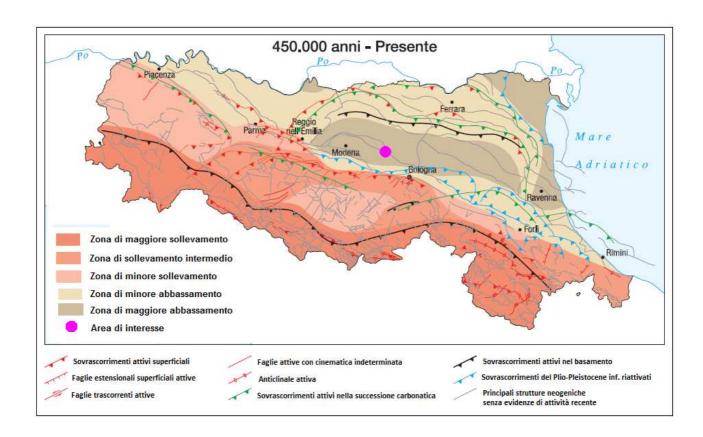
8. CARATTERISTICHE SISMICHE

8.1 CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE

In funzione delle strutture tettoniche presenti, dei terremoti storici, dei dati strumentali reperiti negli ultimi decenni, delle manifestazioni naturali associate ai sistemi di faglie (risalita di gas, di salse, ecc.), la Regione Emilia Romagna ha redatto la "Carta delle aree di maggior risentimento degli effetti delle faglie attive" e la "Carta delle aree a diverso sollevamento e abbassamento" che rappresentano uno schema di sintesi sull'attività neotettonica in Emilia-Romagna (v. figg. seguenti).

Emerge che la zona in studio non è interessata da faglie superficiali attive e che rientra nell'area a maggiore abbassamento, con tassi >1 mm/anno, essendo soggetta, rispetto alle altre aree, a fenomeni di subsidenza.





8.2 SISMICITÀ STORICA

L'esame della carta degli epicentri, distinti per classi di magnitudo, verificatisi nel territorio emiliano-romagnolo a partire dal 1100 (Catalogo Parametrico "unificato" dei Terremoti Italiani - CNR) evidenzia la sostanziale mancanza di fenomeni sismici di una particolare gravità nell'area di progetto.

Una limitata attività sismica si è verificata nel passato in corrispondenza degli assi delle Pieghe sepolte Ferraresi, di quelle minori tra Budrio ed Argenta e del fronte delle Pieghe interne ravennate.

In Emilia i terremoti di maggiore intensità si sono verificati in corrispondenza del rilievo appenninico,lungo i fronti di sovrascorrimento del Macigno, e della fascia al margine della pianura (da Modena fino a Forlì), in cui gli ipocentri si collocano in prevalenza a profondità non moltoelevate (da 5-10 km a 20 km circa).

La magnitudo massima dei terremoti storici è compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e l'intensità è del IX-X grado della scala Mercalli- Cancani-Sieberg (MCS).

Per quanto riguarda, in particolare, la storia sismica della Provincia di Bologna, nel "Catalogo dei Terremoti" del CNR, che raccoglie informazioni sui terremoti verificatisi dall'anno 1.000 ad oggi, vengono riportati diversi sismi, di cui solo uno (quello del 20/04/1929) è classificato con un'intensità pari al VIII grado della Scala Mercalli.

In pratica Bologna e la sua provincia, risulterebbero essere state interessate da effetti confrontabili al massimo con un VII grado della Scala Mercalli.

Nelle tabelle seguenti sono riportati gli elenchi degli eventi sismici più significativi per l'area di interesse, rispettivamente in un raggio di 40 Km (tutti) ed in un raggio di 60 Km (quelli superiori al VI grado della scala Mercalli).

Anno	Mese	Giorno	Area massimi effetti	Intensità massima (MCS)	Intensi tà epicentra	Latitudine epicentrale	Longitudine epicentrale
1323	2	25	Bologna	65	5	44.5	11.33
1365	7	25	Bologna	75	6	44.5	11.33
1399	7	20	Modenese	70	7	44.47	11.07
1433	5	4	Bologna	70	6	44.5	11.33
1455	2	6	Bolognese		7	44.4	11.25
1455	12	20	Media valle del Reno	75	7	44.42	11.27
1505	1	3	Bologna	70	7	44.48	11.25
1505	5	15	Bolognese	55	5	44.498	11.34
1574	3	17	Finale Emilia	70	7	44.833	11.294
1666	4	14	Bologna		6	44.5	11.333
1780	2	6	Bolognese	65	5	44.62	11.32
1801	10	8	Bologna	55	5	44.498	11.34
1834	10	4	Bologna	60	5	44.6	11.37
1889	3	8	Bologna	60	6	44.518	11.237
1908	6	28	Finale Emilia sud		6	44.8	11.3
1929	4	20	Bolognese	80	7	44.47	11.13
1966	5	26	Monteveglio		6	44.5	11.2
1986	12	6	Bondeno	60	6	44.879	11.334
	Terremoti localizzati nel raggio di 40 Km dal territorio di interesse						

Anno	Mese	Giorno	Area massimi effetti	Intensità massima (MCS)	Intensità epicentrale (MCS)	Latitudine epicentrale	Longitudine epicentrale
1346	2	22	Ferrara	75	75	44.92	11.02
1365	7	25	Bologna	75	65	44.	11.33
1399	7	20	Modenese	70	70	44.47	11.07
1433	5	4	Bologna	70	60	44.	11.33
1455	2	6	Bolognese		75	44.	11.25
1455	12	20	Media valle del Reno	75	70	44.42	11.27
1505	1	3	Bologna	70	70	44.48	11.25
1574	3	17	Finale Emilia	70	70	44.833	11.294
1586	1	12	Spilamberto		60	44.583	11
1666	4	14	Bologna		60	44.	11.333
1850	9	18	Modena	60	60	44.614	10.965
1864	3	15	Zocca	65	65	44.337	11.059
1869	6	25	Vergato	75	75	44.314	11.116
1881	1	24	Bolognese	70	65	44.32	11.35
1889	3	8	Bologna	60	60	44.518	11.237
1901	1	20	Poggio Rusco		60	4	11.1
1908	6	28	Finale Emilia sud		60	44.	11.3
1929	4	20	Bolognese	80	70	44.47	11.13
1951	10	29	Valle del Panaro	50	50	44.458	10.989
1957	8	27	Zocca	60	60	44.394	10.994
1966	5	26	Monteveglio		60	44.	11.2
1967	10	1	Formigine		50	44.567	10.95
1986	12	6	Bondeno	60	60	44.879	11.334
1999	7	7	Frignano	55	50	44.308	10.944
Те	Terremoti superiori al VI grado della scala Mercalli localizzati nel raggio di 60 Km dal territorio di interesse						

8.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 ha disposto nuovi criteri per la valutazione preliminare della risposta sismica del sottosuolo operando su due piani differenti:

-a livello nazionale, suddividendo il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi gradi di pericolosità espressi in termini di accelerazione massima orizzontale al suolo ag con probabilità di superamento del 10% in 50 anni;

-a livello propedeutico alla progettazione ed alla verifica delle costruzioni, stabilendo una nuova classificazione del sottosuolo in "categorie di suolo di fondazione", basata sulla stima di alcuni parametri fondamentali (Vs, Nspt, cu, profondità del bedrock).

L'OPCM 3274/2003 non è mai entrata in vigore, ma le classificazioni sono state riprese nelle norme tecniche per le costruzioni D.M. 159/2005 e successivo D.M. 14/01/2008.

La classificazione è stata successivamente integrata dall'Ordinanza PCM. n. 3519/2006, con la pubblicazione della mappa della pericolosità sismica di riferimento per tutto il territorio nazionale e di una tabella che attribuisce i valori di ag orizzontale massima da utilizzarsi per la costruzione degli spettri di risposta, così come riportato nelle precedenti Norme Tecniche per le Costruzioni del 2005 (D.M. 159/2005).

ZONE	ACCELERAZIONE CON PROBABILITA' DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI [ag]	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA CONVENZIONALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO [ag]
1	0,25 < a _g 0,35 g	0,35 g
2	0,15 < ag 0,25 g	0,25 g
3	0,05 < a _g 0,15 g	0,15 g
4	0,05 g	0,05 g

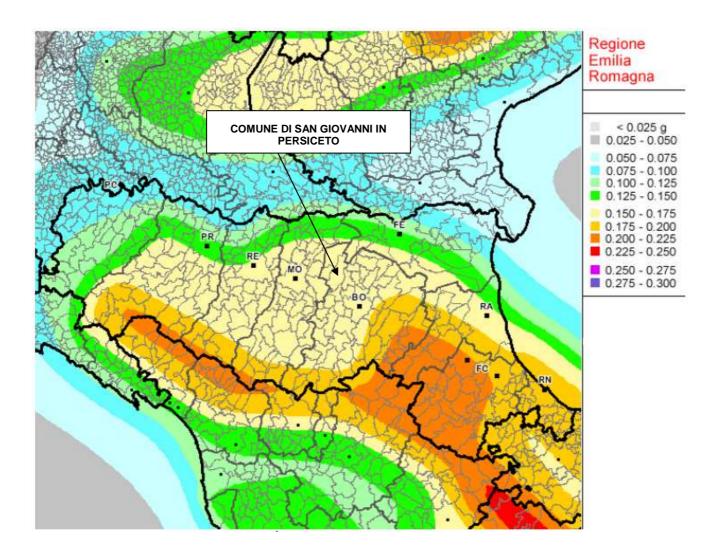
Con l'entrata in vigore (dal 1 luglio 2009) delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) vengono imposti nuovi e precisi criteri prestazionali di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica si può effettuare sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di ag e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di

amplificazione massima F0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T*c).

Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito http://esse1.mi.ingv.it/.

Nell'ambito di tale normativa nazionale la Regione Emilia Romagna ha effettuato valutazioni più accurate, calandole a scala comunale.

Come indicato nella figura seguente, il COMUNE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO, che prima era "non classificato", nella nuova normativa è stato identificato in zona 3 (a sismicità mediobassa), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresi tra 0,05*g e 0,15*g (dove g è l'accelerazione di gravità).



9. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

La pericolosità sismica viene calcolata nell'effettiva posizione geografica del sito sulla base delle seguenti coordinate rappresentative dell'area d'intervento ipotizzando, in prima fase, che il sito sia caratterizzato da un substrato affiorante (sottosuolo di tipo A) da una morfologia pianeggiante (T1) e non siano presenti altri edifici.

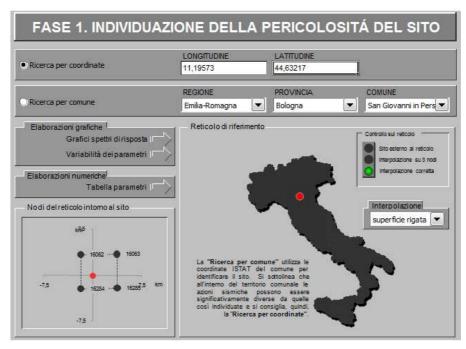
Coordinate del punto rappresentativo per l'area ospedaliera di San Giovanni in Persiceto				
LATITUDINE 44.63217				
LONGITUDINE	11.19573			

La pericolosità sismica di "base" è definita nel § 3.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) di cui al D.M. 14/01/2008 attraverso i seguenti parametri di scuotimento:

- a_g accelerazione orizzontale di picco attesa in condizioni di campo libero su suolo di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (suolo di categoria A);
- **F**₀ e **T**_C* parametri dello spettro di risposta elastico in accelerazione (componente orizzontale) su suolo rigido (categoria A) e superficie topografica orizzontale.

I parametri a_g, F₀ e T_C* sono definiti (Allegato B, NTC) in termini probabilistici con riferimento a prefissate *probabilità di eccedenza* (PVR) nella *vita di riferimento* (VR) del manufatto su tutto il territorio nazionale attraverso lo stesso reticolo di riferimento dello studio INGV (passo 0,05°).

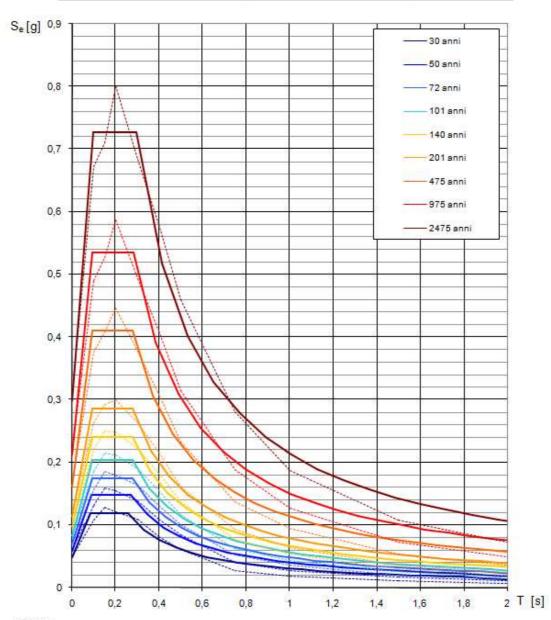
Nel sito di riferimento, attraverso l'applicazione della media pesata sui parametri spettrali corrispondenti a ciascun nodo della maglia che contiene il punto d'interesse (Tab. 1 allegato B delle NTC 2008), è stato possibile ottenere lo spettro di risposta relativo al sito d'interesse per i vari tempi di ritorno di riferimento.



Valori dei parametri a_q, F_o, T_C* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T _R	ag	F _o	T _C *
[anni]	[g]	[-]	[s]
30	0,048	2,478	0,256
50	0,059	2,516	0,271
72	0,070	2,487	0,277
101	0,083	2,471	0,277
140	0,097	2,472	0,278
201	0,114	2,499	0,277
475	0,161	2,545	0,277
975	0,213	2,512	0,282
2475	0,299	2,436	0,294

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

10. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Ai fini della definizione dell'Azione Sismica di Progetto, seguendo le prescrizioni delle NTC-08, è stato valutato l'effetto della risposta simica locale dello specifico sito di costruzione mediante *l'Approccio Semplificato*.

Tale procedura richiede la definizione della categoria topografica e di sottosuolo da effettuarsi sulla base di specifiche valutazioni che tengono conto sia dell'assetto litostratigrafico sia delle condizioni topografiche relative al sito d'intervento entro cui l'opera risulta inserita.

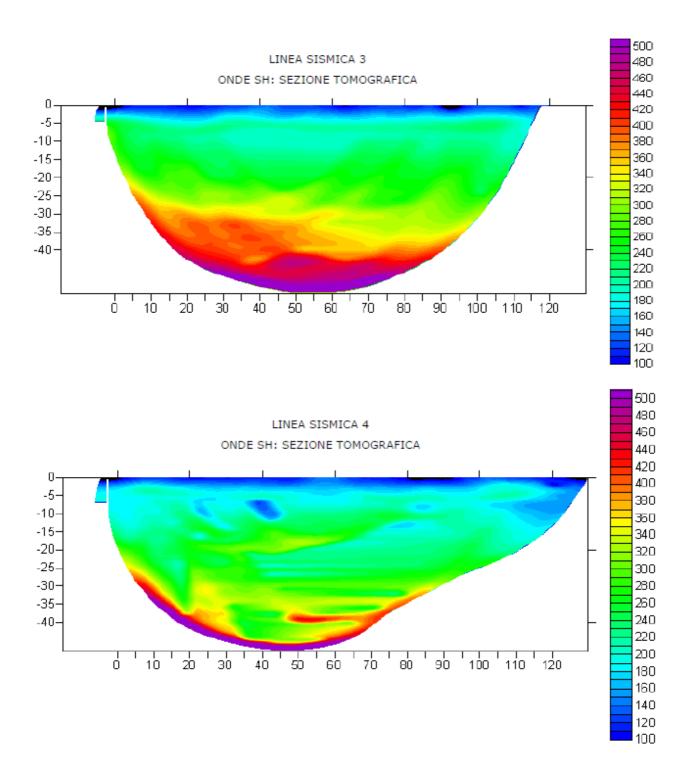
10.1 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per lo studio in oggetto, trattandosi di un opera di rilevanza strategica, è stato ritenuto necessario eseguire una adeguata campagna di indagini geofisiche finalizzate alla parametrizzazioni, in termini di velocità delle onde di taglio Vs_H, e spessori, dei singoli sismostrati soggiacenti l'area del complesso ospedaliero. Sulla base di tali parametri è stato pertanto possibile ricostruire l'andamento delle velocità Vs in funzione delle profondità e quindi attribuire la Categoria di Sottosuolo al sito di studio.

Il numero di indagini (nº2 Prospezioni sismiche a rifrazione in onde SH) è stato definito sia sulla base delle informazioni ottenute da dati relativi a studi pregressi, sia sulla base di problemi logistici connessi alla fitta rete dei sottoservizi ospedalieri presenti.

Per quanto concerne l'ubicazione delle indagini, per le modalità esecutive dalle stesse e l'attrezzatura utilizzata si faccia riferimento alla "Relazione tecnica e documentazione fotografica" a firma del Dott. Geol. G. Braccesi (Ditta IGEA s.a.s.), allegata alla presente relazione.

Dall'interpretazione dei dati ottenuti in fase di acquisizione è emerso un quadro nel complesso abbastanza conforme con gli aspetti stratigrafici e geotecnici emersi in corrispondenza dei sondaggi eseguiti in corrispondenza dell'area ospedaliera.



In particolare le interpretazioni sopra riportate, relative all'indagine sismica di superficie (Linea 3 e Linea 4), abbastanza congruenti tra loro, si ricava un modello di terreno caratterizzato da tre sismostrati principali con valori delle velocità delle onde S crescenti gradualmente con la profondità senza la presenza di contrasti di rigidità.

In particolare nell'ambito di 30 metri di profondità per le Linee sismiche si osserva:

- un primo strato mediamente caratterizzato da Vs = 100-160m/s, di spessore fino ad un massimo di 3-4 metri circa, riferibile al terreno vegetale insieme alle argille e limi color bruno.
- un secondo strato, mediamente caratterizzato da Vs = 160-220m/s, e il cui letto ha profondità massima compresa tra 7 e 10 m; è riconducibile allo strato di alternanze di livelli argillo limosi e sabbio-limosi
- Un terzo strato, attribuibile alle argille grigio scure, caratterizzato, tra 10 m e 25 m dal p.c ,da un aumento graduale dei valori di Vs, in un range compreso tra 220m/s 300 m/s, per arrivare a valori massimi di 360 m/s, tra 25 m a 30 m di profondità.

L'assenza di un contrasto di rigidità sismica nel sottosuolo conferma in generale le caratteristiche del modello litostratigrafico derivante dai sondaggi di bibliografia, descritti nel Cap.4

La normativa vigente di riferimento (**N.T.C. 01/08**) prescrive che la definizione della categoria del suolo di fondazione (A, B, C, D, E o S1-S2) si debba determinare tramite la velocità media delle Vs entro 30 m di profondità (denominata appunto Vs30) secondo la seguente relazione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

dove: Vs30 = Velocità media su 30 m hi = spessore (m) Vi = velocità delle onde di taglio Vs (m/s)

In base ai risultati dei profili di sismica a rifrazione in onde SH, i valori di Vs30 calcolati risultano dalla tabella seguente:

TIPO DI PROVA	VS30 [m/s]
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE : LINEA 3	209 m/s
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE : LINEA 4	222 m/s

La normativa definisce le categorie di suolo classificandole secondo quanto seque:

Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V _{s,30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
В	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s,30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero N _{SPT,30} > 50 nei terreni a grana grossa e c _{u,30} > 250 kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 \le N_{SPT,30} \le 50$ nei terreni a grana grossa e $70 \le c_{u,30} \le 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s,30} inferiori a 180 m/s (ovvero N _{SPT,30} < 15 nei terreni a grana grossa e c _{u,30} < 70 kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800 \text{ m/s}$).

Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 \le c_{u,30} \le 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Confrontando quindi i risultati ottenuti nei due profili sismici a rifrazione (linea 1 e linea 2) con le definizioni a cui sopra, è possibile determinare la corrispondente categoria di suolo di fondazione:

PROSPEZIONI SISMICHE	CATEGORIA DI SUOLO
Linea3	C
Linea 4	180 <vs<360< td=""></vs<360<>

10.2 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per quanto concerne le condizioni topografiche al sito relativo all'OSPEDALE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO, trattandosi di area pianeggiante, può essere attribuita una Categoria Topografica T1 e quindi un coefficiente di amplificazione topografica St = 1

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Categoria	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	ST
topografica		
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

10.3 - AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti SS e CC valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di FO e TC relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. seguente, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S _S	Сс
A	1,00	1,00
В	$1,00 \le 1,40 - 0,40 \cdot F_{\delta} \cdot \frac{a_{\frac{g}{2}}}{g} 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
С	$1,00 \le 1,70 - 0,60 \cdot F_{\delta} = \frac{a_{g}}{g} = 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \le 2,40-1,50 \cdot F_6 = \frac{a_g}{g} = 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \le 2,00 - 1,10 \cdot F_{\delta} = \frac{a_{g}}{g} = 1,60$	1,15 · (T _C *) ^{-0,40}

10.4 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Da quanto emerso in fase di indagini geognostiche condotte sia a corredo del presente studio che da studi pregressi, i terreni presenti nel sito non risultano assoggettabili, in ragione della composizione granulometrica e del grado di addensamento che li contraddistingue, a fenomeni di liquefazione e pertanto la verifica viene volutamente omessa. Per i dettagli stratigrafici si rimanda al cap. 6.

10.5 STABILITÀ GRAVITATIVA IN CHIAVE SISMICA

Essendo l'area di studio ubicata all'interno di una area estesamente pianeggiante non sussistono problematiche di natura gravitativa (frane) e pertanto la verifica viene volutamente omessa.

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA ROMAGNA AZIENDA AUSL DI BOLOGNA

OSPEDALE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO - VERIFICA SISMICA

UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE

TAV. 1

GEOTER AMBIENTE - Dott. Geol. Claudia Ribaldi - 06123 Perugia - Via S. Elisabetta, 11 - tel/fax 075-5734604

LEGENDA

SUPERFICI OGGETTO DI VERIFICA SISMICA

SUPERFICI NON OGGETTO DI VERIFICA SISMICA

Indagini geognostiche e geofisiche



Ubicazione sondaggi di bibliografia



Ubicazione stendimenti sismici a rifrazione eseguiti ad hoc

Simbologia delle Stratigrafie

Terreno vegetale e di riporto

Argilla con limo di colore bruno oliva da molto consistente a consistente

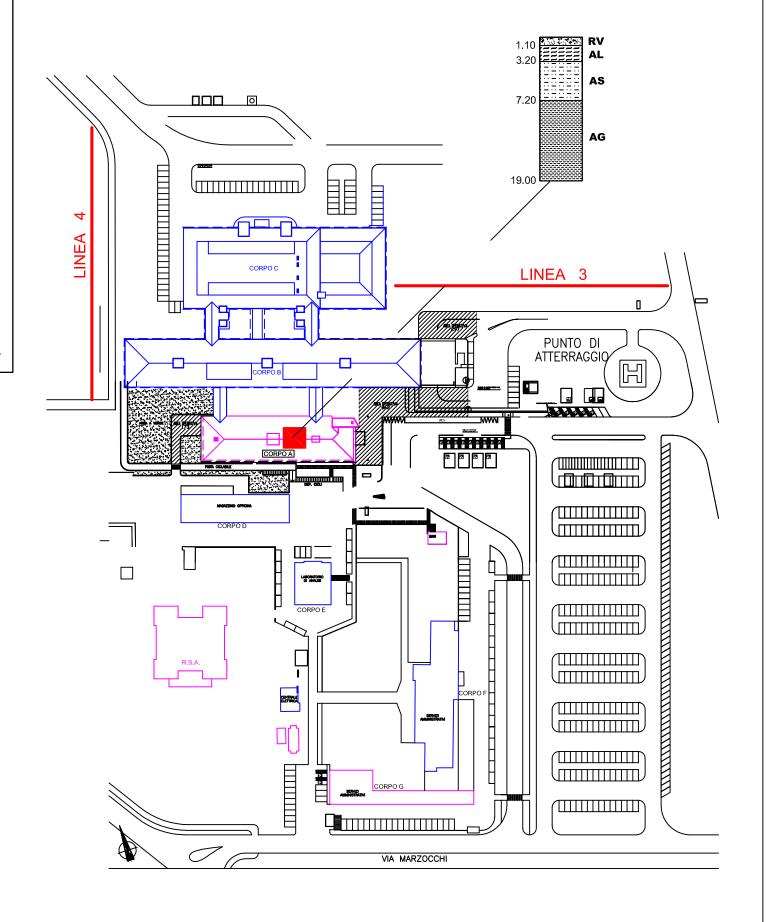
Alternanze di argille limoso sabbiose e/o limi argillosi consistenti con

sabbie fini limose; colore bruno oliva



Argille con limi debolmente sabbiose, moderatamente consistenti di colore grigio scuro. Sotto la profondità di m 9.80 alternanze con

sabbie fini grigie



ALLEGATI

Stralcio delle Relazioni tecniche e documentazione fotografica eseguite dalla IGeA sas-Dott. Geol. Guglielmo Braccesi, relative all'Ospedale di San Giovanni in Persiceto (BO).



INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI

CODIFICA DOCUMENTO								FOGLIO	
<u>C</u>	<u>DOCUMENTI</u>	2011	SAS2011	<u>27</u>	<u>11</u>	001	1_	<u>1</u>	

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA AZIENDA UNITA' SANITARIA LOCALE DI BOLOGNA

PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE SH PER LA VERIFICA DI SICUREZZA STRUTTURALE DEGLI OSPEDALI

RELAZIONE TECNICA E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

IGeA sas

Dott. Geol. Guglielmo Braccesi

			1		1		
1.0	20/06/11	C:/Documenti/2011/sas 2011/27_11_ASL Bologna/Relazione sismica.doc					
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR	APTR	OVATO	AUTOR

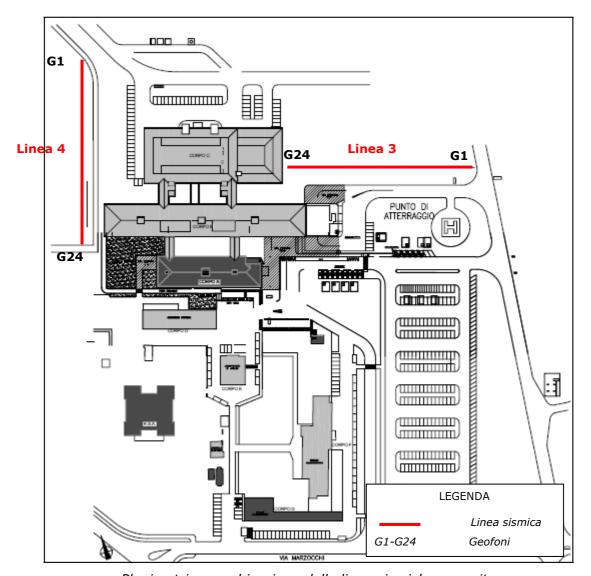


INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI

		REV.	FOGLIO					
<u>C</u>	DOCUMENTI	2011	SAS2011	<u>27</u>	<u>11</u>	001	1_	<u>18</u>

OSPEDALE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO - LINEE SISMICHE 3 E 4

Il giorno 30/05/2011 sono state realizzate due linee sismiche della lunghezza di 120 metri con acquisizione delle onde SH secondo lo schema di seguito riportato.



Planimetria con ubicazione delle linee sismiche eseguite



INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI

		REV.	FOGLIO					
<u>C</u>	<u>DOCUMENTI</u>	2011	SAS2011	<u>27</u>	<u>11</u>	001	1_	<u>19</u>

La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche orizzontali per la generazione delle onde SH e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente orizzontale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde SH è stata scomposta in cinque fasi fondamentali:

- Individuazione del primo arrivo in SH;
- Ricostruzione delle dromocrone e relativa interpretazione in SH;
- Elaborazione delle sezioni tomografiche.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prova è composta delle seguenti parti:

- Sistema sorgente;
- Sistema di ricezione;
- Sistema di acquisizione dati;
- Trigger.

Come sorgente di energia per le onde SH è stato utilizzato un martello da 50 Kg ancorato ad un cingolato ed una trave di forma tale da poter essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità. Quest'ultima è stata gravata di un carico statico addizionale (cingolato) in modo che potesse rimanere aderente al terreno sia al momento in cui veniva colpita, sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venisse in parte dispersa.

Con questo dispositivo è stato possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

Le linee sono state registrate con 6 energizzazioni, secondo il seguente schema:

<u>Linea 1</u>

Esterno a sx E1 (20 metri dal 1° geofono)

Estremo a sx A (2.5 metri dal 1° geofono)

Intermedio a sx D1 (tra il 6° ed il 7° geofono)

Centrale C (tra il 12° ed il 13° geofono)

Intermedio a dx D2 (tra il 18° ed il 19° geofono)

Estremo a dx B (2.5 metri oltre il 24° geofono)



		REV.	FOGLIO					
<u>C</u>	DOCUMENTI	2011	SAS2011	<u>27</u>	<u>11</u>	001	1_	<u>20</u>

Linea 2

Estremo a sx A (2.5 metri dal 1° geofono)

Intermedio a sx D1 (tra il 6° ed il 7° geofono)

Centrale C (tra il 12° ed il 13° geofono)

Intermedio a dx D2 (tra il 18° ed il 19° geofono)

Estremo a dx B (2.5 metri oltre il 24° geofono)

Esterno a dx E2 (15 metri oltre il 24° geofono)

Il sistema di ricezione è costituito da 24 geofoni orizzontali per le onde SH con frequenza di 10 Hz e posizionati ad una distanza intergeofonica di 5 metri.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca AMBROGEO, modello ECHO 12/24, sistema multicanale (24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit.

Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

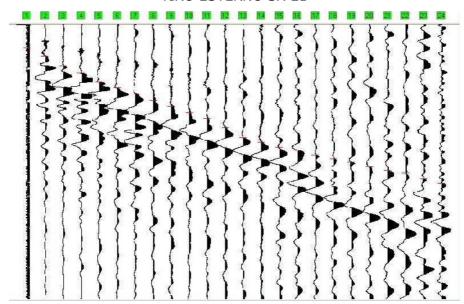


		REV.	FOGLIO					
<u>C</u>	DOCUMENTI	2011	SAS2011	27	<u>11</u>	001	1_	21

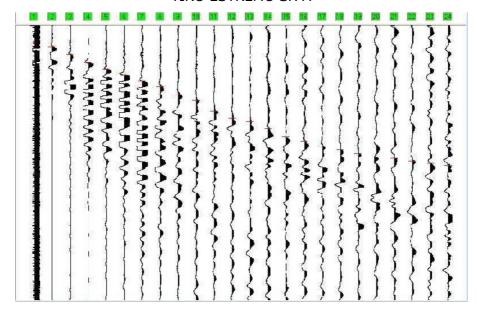
LINEA SISMICA 3

ONDE SH: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

TIRO ESTERNO SX E1



TIRO ESTREMO SX A



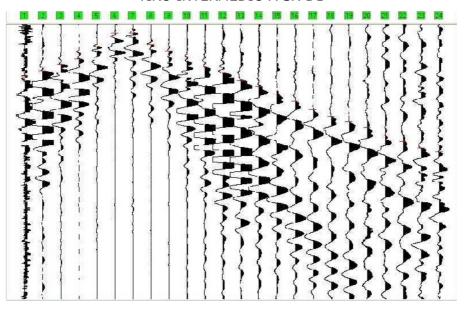


		REV.	FOGLIO					
<u>C</u>	<u>DOCUMENTI</u>	2011	SAS2011	<u>27</u>	<u>11</u>	001	1_	<u>22</u>

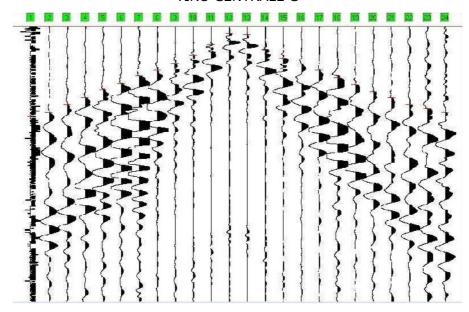
LINEA SISMICA 3

ONDE SH: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

TIRO INTERMEDIO A SX D1



TIRO CENTRALE C



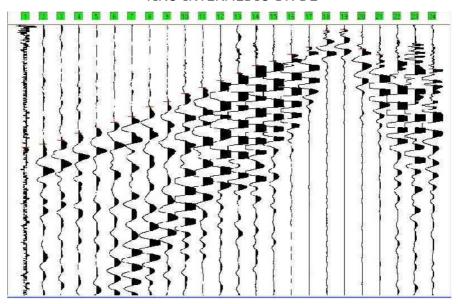


		REV.	FOGLIO					
<u>C</u>	<u>DOCUMENTI</u>	2011	SAS2011	<u>27</u>	<u>11</u>	001	1_	<u>23</u>

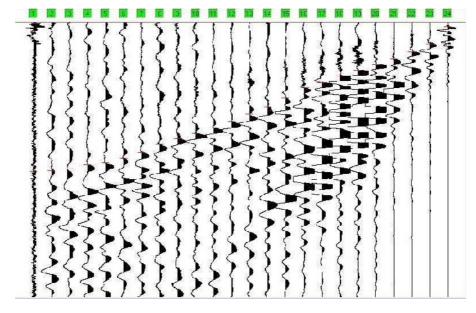
LINEA SISMICA 3

ONDE SH: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

TIRO INTERMEDIO DX D2



TIRO ESTREMO DX B



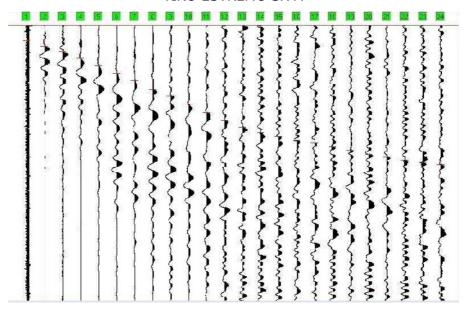


		REV.	FOGLIO					
<u>C</u>	<u>DOCUMENTI</u>	2011	SAS2011	<u>27</u>	<u>11</u>	001	1_	<u>24</u>

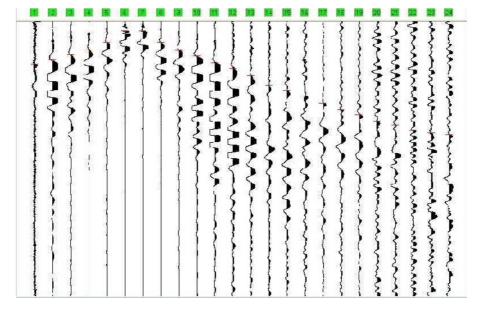
LINEA SISMICA 4

ONDE SH: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

TIRO ESTREMO SX A



TIRO INTERMEDIO A SX D1



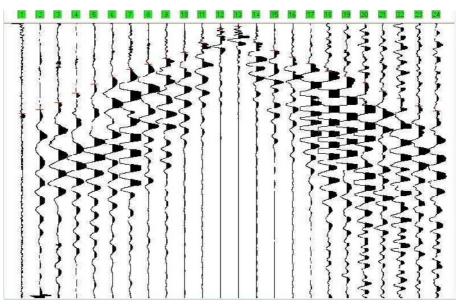


		REV.	FOGLIO					
<u>C</u>	<u>DOCUMENTI</u>	2011	SAS2011	<u>27</u>	11	001	1_	<u>25</u>

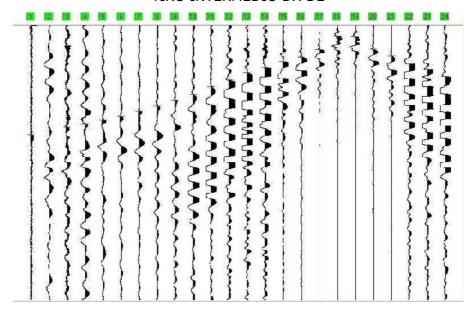
LINEA SISMICA 4

ONDE SH: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

TIRO CENTRALE C



TIRO INTERMEDIO DX D2



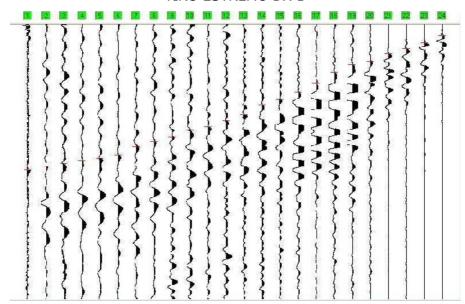


		REV.	FOGLIO					
<u>C</u>	DOCUMENTI	2011	SAS2011	<u>27</u>	<u>11</u>	001	1_	26

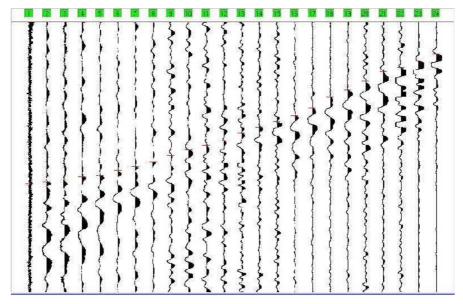
LINEA SISMICA 4

ONDE SH: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

TIRO ESTREMO DX B

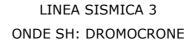


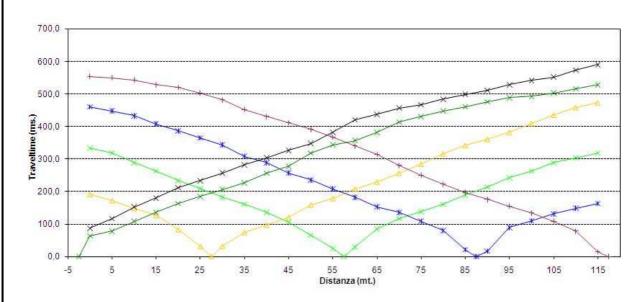
TIRO ESTERNO DX E2



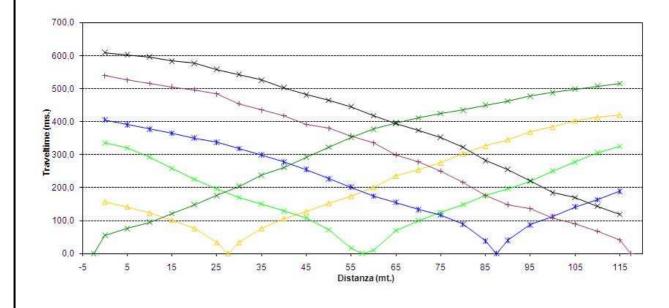


		REV.	FOGLIO					
<u>C</u>	DOCUMENTI	<u>2011</u>	SAS2011	27	11	001	1_	27





LINEA SISMICA 4 ONDE SH: DROMOCRONE





		REV.	FOGLIO					
<u>C</u>	<u>DOCUMENTI</u>	2011	SAS2011	<u>27</u>	<u>11</u>	001	1_	<u>28</u>

LINEA SISMICA 3

ONDE SH: TEMPI DI PROPAGAZIONE

Tempo di arrivo

geofono	E1	A	D1	C	D2	В
1	87.00	63.70	191.10	333.40	460.80	554.20
2	116.80	78.40	172.00	318.50	448.10	550.00
3	152.90	108.30	148.60	288.80	433.20	543.60
4	180.50	135.90	127.40	263.30	407.70	528.80
5	212.30	163.50	82.80	233.60	386.50	520.30
6	233.60	184.70	31.80	210.20	365.20	503.30
7	256.90	206.00	31.80	182.60	344.00	481.90
8	282.40	227.20	74.30	161.40	307.90	452.30
9	303.60	256.80	97.60	135.90	288.80	431.10
10	327.00	278.20	121.00	106.00	256.90	412.00
11	348.20	318.50	159.10	65.80	235.70	390.70
12	382.20	344.00	178.20	25.30	208.10	367.40
13	420.50	356.60	208.10	29.70	182.60	339.60
14	437.40	382.10	229.30	84.90	152.90	314.30
15	456.60	414.10	256.80	116.80	135.90	280.30
16	467.20	431.10	284.40	138.00	108.30	250.60
17	484.20	448.10	316.40	161.40	80.70	222.80
18	499.00	460.80	341.90	189.00	21.20	197.50
19	511.80	475.70	361.00	214.40	16.90	176.20
20	528.80	488.40	382.10	242.10	89.10	155.00
21	541.50	492.70	409.70	263.30	110.40	133.60
22	552.10	503.30	435.30	288.80	131.60	108.30
23	573.40	516.00	458.70	303.60	148.60	78.40
24	590.40	528.80	473.40	318.50	163.50	14.80



		REV.	FOGLIO					
<u>C</u>	<u>DOCUMENTI</u>	2011	SAS2011	<u>27</u>	<u>11</u>	<u>001</u>	1_	<u>29</u>

LINEA SISMICA 4

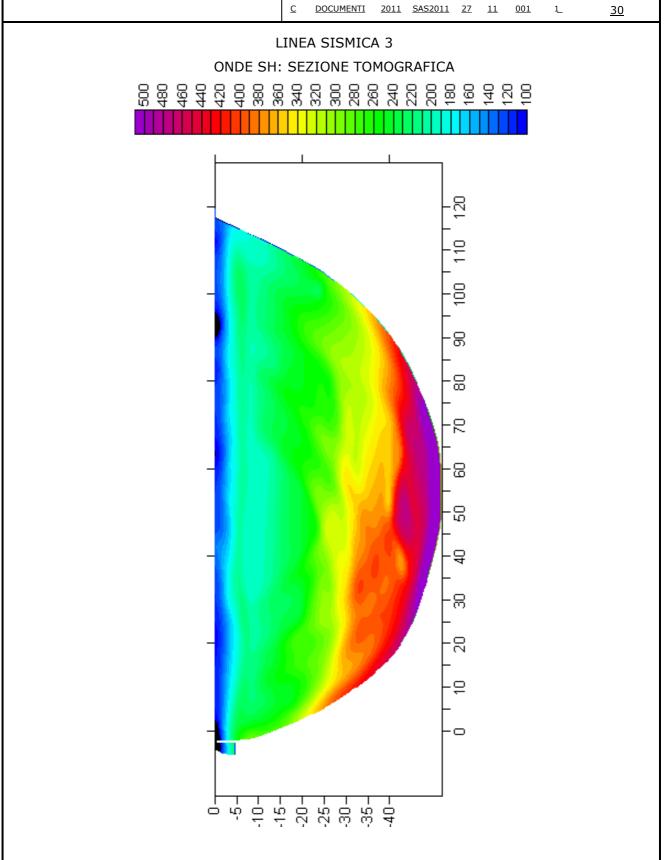
ONDE SH: TEMPI DI PROPAGAZIONE

Tempo di arrivo

geofono	A	D 1	C	D2	В	E2
1	55.20	157.10	335.50	405.60	539.40	609.50
2	76.40	142.20	320.60	390.70	526.60	603.10
3	95.50	123.10	293.00	378.00	516.00	596.70
4	121.00	101.90	259.00	365.20	505.40	584.00
5	148.60	76.40	225.10	350.40	496.90	577.60
6	176.20	33.90	197.50	337.60	484.20	558.50
7	203.70	33.90	169.80	318.50	454.40	543.60
8	237.80	76.40	150.70	299.40	435.30	526.60
9	261.20	106.10	129.50	278.20	418.30	503.30
10	292.90	127.40	108.30	254.80	392.80	482.00
11	322.80	152.90	72.20	227.20	380.10	465.00
12	352.50	174.10	16.90	201.70	356.70	445.90
13	378.00	201.70	10.60	174.10	335.50	418.30
14	397.10	235.70	70.00	155.00	299.40	395.00
15	412.00	254.80	99.80	133.70	278.20	373.70
16	424.70	275.90	125.30	116.80	250.60	352.50
17	435.30	303.50	148.60	89.10	216.60	322.80
18	450.20	327.00	176.20	38.20	176.20	282.40
19	462.90	346.10	197.50	40.30	148.60	254.80
20	477.80	369.50	218.70	87.00	135.90	220.80
21	488.40	384.20	250.60	112.50	108.30	184.70
22	499.00	403.50	278.20	142.20	89.10	169.70
23	507.50	414.10	305.80	163.50	67.90	144.40
24	516.00	420.50	324.90	189.00	40.30	118.90

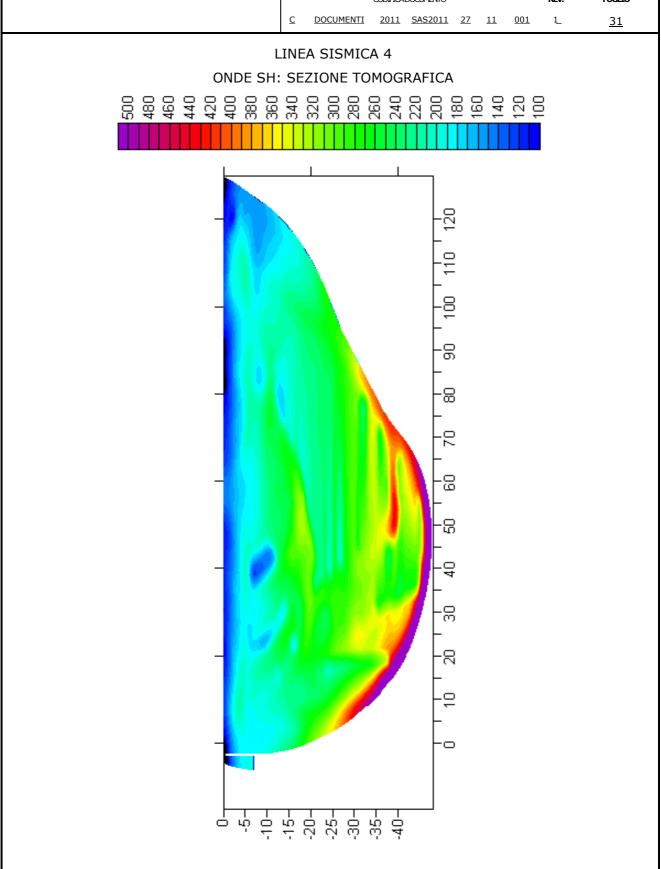


		REV.	FOGLIO					
<u>C</u>	DOCUMENTI	2011	SAS2011	<u>27</u>	<u>11</u>	001	1_	30





CODIFICADOCUMENTO								FOGLIO
<u>C</u>	DOCUMENTI	<u>2011</u>	SAS2011	27	<u>11</u>	001	1_	31





CODIFICADOCUMENTO								FOGLIO
<u>C</u>	<u>DOCUMENTI</u>	2011	SAS2011	<u>27</u>	11	001	1_	32

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

<u>Linea 3</u>





Linea 4



