

Comune di
PIEVE DI CENTO



POC

2013 - 2018

PIANO OPERATIVO COMUNALE

*Relazione geologica e sismica
schede ambiti*

Sindaco
Sergio Maccagnani

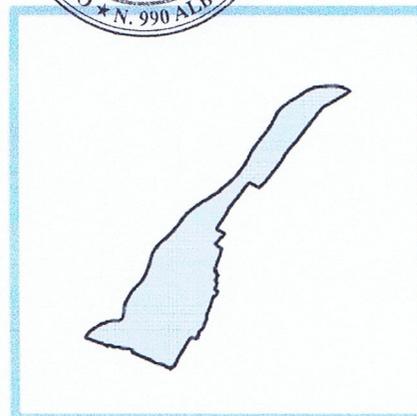
Segretario comunale
Dott. Mario Criso

Responsabile Ufficio Pianificazione Territoriale
Arch. Piero Vignali

Per il Comune di Pieve di Cento
Arch. Antonella Mantarro
Geom. Angela Lamberti
Arch. Michela Volonnino

Elaborazione:
Studio Dott. Geol. Samuel Sangiorgi

adozione delib. C.C n. del
approvazione delib. C.C n. del



Indice generale

1	Introduzione.....	2
2	Metodo di lavoro.....	6
2.1	Contesto geologico e idrogeologico preliminare.....	6
2.2	Indagini geognostiche e geofisiche di riferimento.....	6
2.3	Zonizzazione geotecnica preliminare.....	6
2.4	Pericolosità sismica.....	9
2.4.1	<i>Gli elaborati cartografici di riferimento.....</i>	<i>9</i>
2.4.2	<i>Le aree suscettibili di effetti locali (Tavola A e Tavola 1).....</i>	<i>11</i>
2.4.3	<i>Microzonazione sismica (tavola 2).....</i>	<i>12</i>
3	Proposta normativa per gli ambiti inseriti nel POC.....	15
4	Schede di sintesi per gli ambiti e sub ambiti di POC.....	17
	AMBITO B	18
	AMBITO 3	20

1 Introduzione

La relazione geologica del Piano Operativo Comunale ha il compito di precisare le caratteristiche fisiche che descrivono i singoli ambiti di futuro intervento, con riferimento alle possibilità e alle eventuali limitazioni edificatorie locali. Se per gli aspetti geomeccanici i compiti e le prestazioni di una relazione geologica preliminare appaiono chiari ed ormai “consueti”, per gli aspetti connessi alla pericolosità sismica occorre fare riferimento alla nuova normativa vigente, in particolare al DM 14/01/08 e alla Delibera Assemblea Legislativa (DAL) della Regione Emilia Romagna n.112/2007 (“Indirizzi per gli studi di Microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica”).

Con la DAL n.112/2007 la nostra Regione ha imposto l'elaborazione degli studi di pericolosità e di Microzonazione sismica nella pianificazione territoriale, definendo criteri di approfondimento differenziati (<<livelli>>) a seconda delle fasi di programmazione affrontate e del contesto di pericolosità locale riscontrato.

Nel caso di Pieve di Cento, la Relazione geologica elaborata per il Quadro Conoscitivo (QC) del Piano Strutturale in forma associata, includeva le analisi geomorfologiche e idrogeologiche del territorio studiato e una caratterizzazione geotecnica preliminare delle principali aree urbane (capoluoghi). Il Qc del Piano Strutturale in forma associata ha inoltre elaborato un'analisi della pericolosità sismica equiparabile al “primo livello” richiesto dalla citata delibera regionale, all'epoca non ancora vigente.

Da questa prima analisi, era emerso che i fusi granulometrici delle sabbie sepolte (paleovalvei) del Reno, recuperate da sondaggi di letteratura ed effettuati nel Comune di Bologna, Castel Maggiore e Argelato, ricadevano costantemente entro il fuso predisponente la liquefacibilità.

Per questo motivo, gli studi geologici e sismici successivamente elaborati (dal 2007 al 2010) per i Piani Strutturali dei singoli Comuni dell'Unione, hanno consentito ulteriori approfondimenti, anche in merito alle valutazioni quantitative della possibilità di liquefazione dei sedimenti granulari saturi in caso di sisma. In questo senso, nelle aree urbanizzate (capoluogo e principali frazioni) e urbanizzabili, sono state espletate verifiche che hanno richiesto indagini geognostiche (sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni; penetrometrie CPTE/CPTU), indagini geofisiche (MASW; Re.Mi.; SCPT; tomografie sismiche a rifrazione; acquisizioni HVSR), e prove di laboratorio anche molto raffinate e costose su campioni di sabbie (prove triassiali

cicliche) prelevati da terebrazioni (nei Comuni di Castel Maggiore e Argelato).

Lo studio geologico e sismico elaborato per il PSC del Comune di Pieve di Cento (Viel & Sangiorgi, 2008) ha dunque permesso di zonizzare il territorio anche in termini di amplificazione (“secondo livello” di approfondimento, ai sensi della DAL n.112/2007) e potenziale propensione alla liquefazione, partendo dagli esiti delle sopracitate analisi, dai documenti geologici e idrogeologici e stratigrafici già elaborati per il QC del PSC associato.

Successivamente agli studi geologici e sismici elaborati per il PSC, la Provincia di Bologna ha adottato (delibera n.4 del CP del 14 gennaio 2013) la Variante al PTCP in materia di “rischio sismico” che, sulla base delle indicazioni della DAL n.112/2007 ha sviluppato il “primo livello” di approfondimento geologico sismico, dando disposizioni ai Comuni su come e dove effettuare i successivi livelli di approfondimento, che potranno integrare e meglio definire le informazioni elaborate alla scala provinciale. La Variante al PTCP ha prodotto una specifica cartografia della pericolosità sismica preliminare: la tavola 2C “Rischio Sismico – Carta degli Effetti Locali Attesi” alla scala 1:65.000 per la pianura e 1:25.000 per la collina e montagna; ha inoltre elaborato una nuova normativa finalizzata alla riduzione del rischio sismico, che definisce e chiarisce i ruoli e gli approfondimenti richiesti nei vari strumenti urbanistici comunali, il loro rapporto con la pianificazione sovraordinata e i tempi richiesti per il loro adeguamento alla Variante stessa.

Alla luce di questo ulteriore aggiornamento del PTCP, tutti i Comuni dell'Unione Reno-Galliera (e pertanto anche Pieve di Cento) hanno manifestato l'interesse, già in sede di conferenza di pianificazione della citata Variante al PTCP di rivedere la propria cartografia e normativa in materia di rischio sismico, a recepimento dei contenuti riportati nella successiva Variante al PTCP in tema di rischio sismico (Tavola 2C e disposizioni normative). L'aggiornamento degli studi sismici, ha permesso di rivedere in modo non sostanziale la Microzonazione Sismica, ai fini di una migliore coerenza degli esiti tra tutti i Comuni dell'Unione, che costituisce riferimento anche per questa ulteriore fase di pianificazione.

Per quanto detto, lo Studio scrivente è stato incaricato dall'Amministrazione, delle analisi di caratterizzazione edificatoria preliminari relative agli Ambiti inseriti nel POC (figura 1.1), necessarie per le successive scelte progettuali alla scala di PUA e per indirizzare le più dettagliate analisi geologiche che dovranno accompagnare le fasi progettuali di massima ed esecutive.

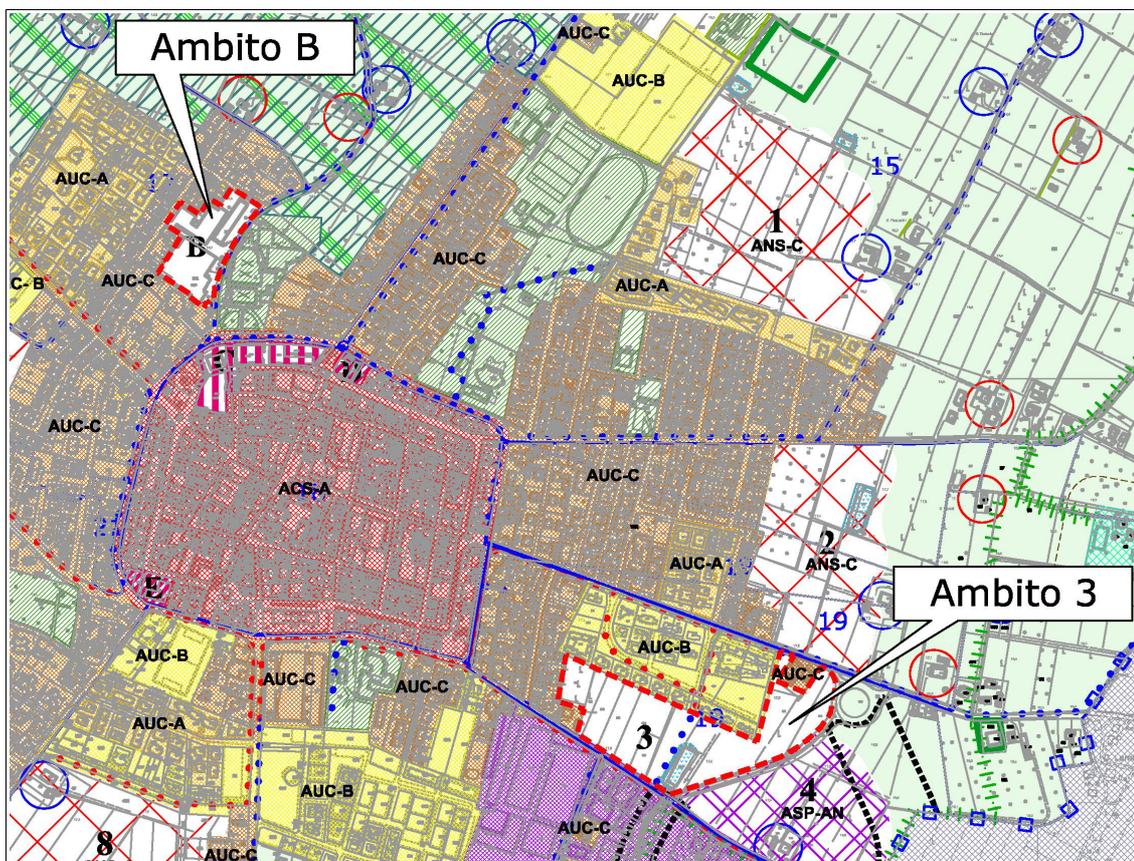


Figura 1.1 – Stralcio della Tavola 1 elaborata per il POC di Pieve di Cento alla scala 1:10.000. In Tratteggiato rosso sono perimetrare le due aree inserite nel POC 2013-2018

I successivi studi geologici da espletarsi nelle fasi attuative (PUA) o esecutive (solamente per gli interventi puntuali) dovranno approfondire anche lo studio di caratterizzazione sismica locale, ai sensi della citata DAL n.112/2007.

Nelle successive pagine della relazione si esporranno le metodologie seguite e gli esiti del lavoro espletato. In conclusione, si è giunti a elaborare una proposta normativa generale per tutti gli ambiti inseriti nel POC, infine a elaborare per ogni Ambito una scheda di sintesi specifica scheda sintesi che descrive:

- il contesto geologico ed idrogeologico;
- la caratterizzazione geotecnica preliminare del sottosuolo desunta dagli esiti delle prove geognostiche e geofisiche di repertorio;
- la caratterizzazione sismica di riferimento (estrapolata dagli studi di pericolosità e di Microzonazione sismica elaborati per il PSC);
- l'approfondimento sismico da espletarsi nelle fasi di PUA e/o esecutive, in merito

all'analisi degli effetti locali potenziali (amplificazione del segnale sismico al suolo; potenziale di liquefacibilità dei sedimenti granulari saturi);

- prescrizioni relative alle modalità tecniche e strumentali di indagine, al numero minimo di prove, ad eventuali maggiori profondità di prospezione, da effettuarsi nella fase di PUA, in relazione al contesto geologico, geotecnico e di Microzonazione sismica.

2 Metodo di lavoro

2.1 Contesto geologico e idrogeologico preliminare

Per la caratterizzazione geologica e idrogeologica dei singoli ambiti inseriti nel POC si sono assunte le analisi già elaborate per la redazione della Relazione Geologica allegata al Quadro Conoscitivo – Sistema Naturale e Ambientale – del PSC in forma associata (Comuni dell'Unione Reno-Galliera. In particolare ci si è riferiti alle seguenti tavole:

- Tav. AC 1.1b – Carta Litologica – Morfologica (scala 1/25.000)
- Tav. AC 1.2b – Carta Idrogeologica (scala 1/25.000)
- Tav. AC 1.5.3 – Carta Geologica (scala 1/25.000)

2.2 Indagini geognostiche e geofisiche di riferimento

Per lo studio dei singoli Ambiti del POC si sono utilizzate informazioni di sottosuolo pregresse desunte:

- dalle indagini già di riferimento per il Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale Comunale del 2008;
- dalla banca dati geognostica aggiornata della Regione Emilia Romagna (penetrometrie, sondaggi a catoraggio continuo o trivellazioni, stratigrafie di pozzi esplorativi per ricerche idrogeologiche).

All'interno delle indagini relative al PSC si rendono ovviamente disponibili sia le prove penetrometriche con punta elettrica CPTE/CPTU che le terebrazioni, oltre che alle numerose prove geofisiche, fra cui MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) e misure HVSR (tromografie) eseguite dalla Studio scrivente.

La figura 2.1 riporta un inquadramento delle prove geognostiche e geofisiche di riferimento per gli Ambiti inseriti nel POC.

2.3 Zonizzazione geotecnica preliminare

Le conoscenze di sottosuolo acquisite con le prove penetrometriche consentono di estrapolare, per ogni Ambito studiato, le caratteristiche geotecniche necessarie per la

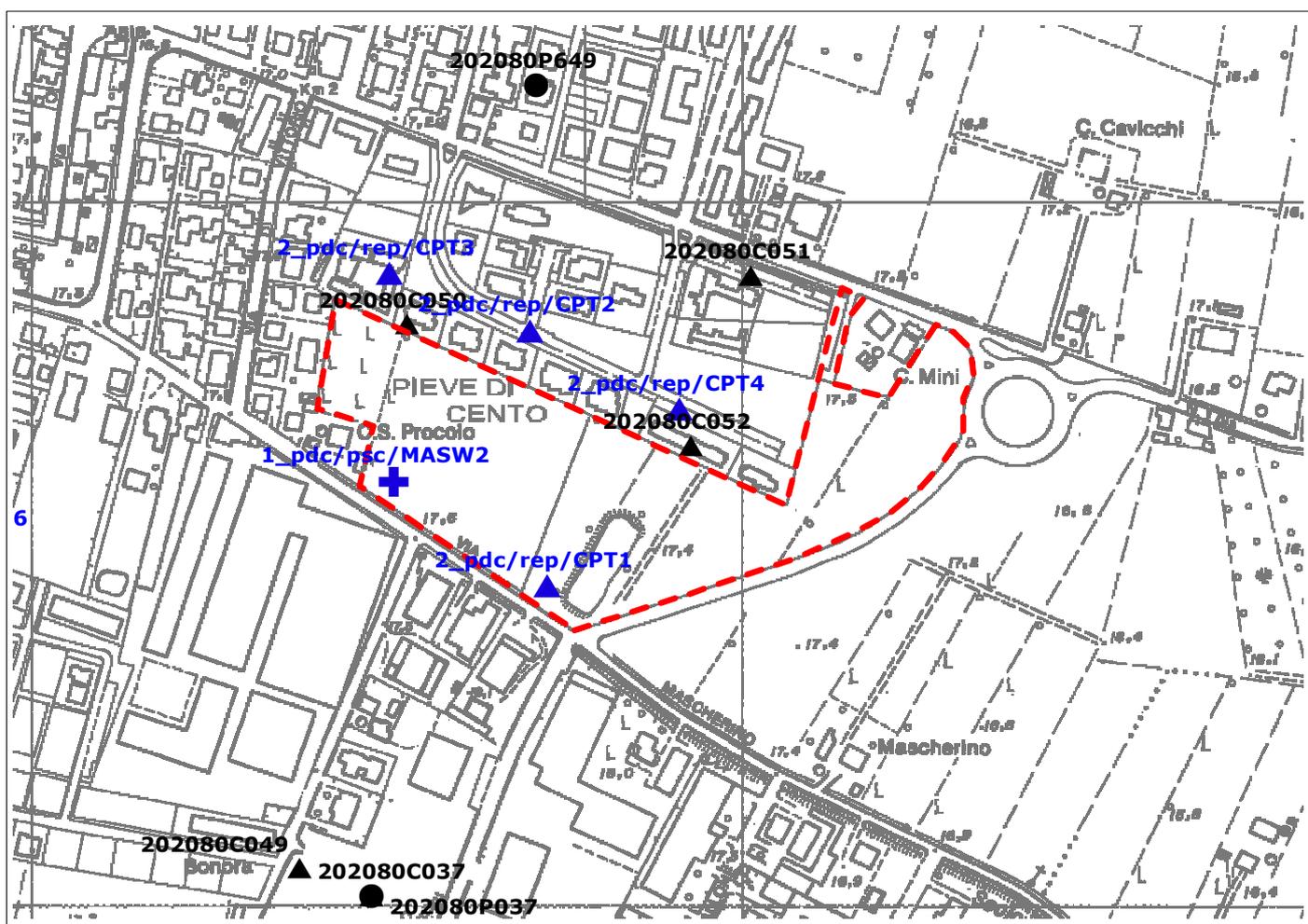
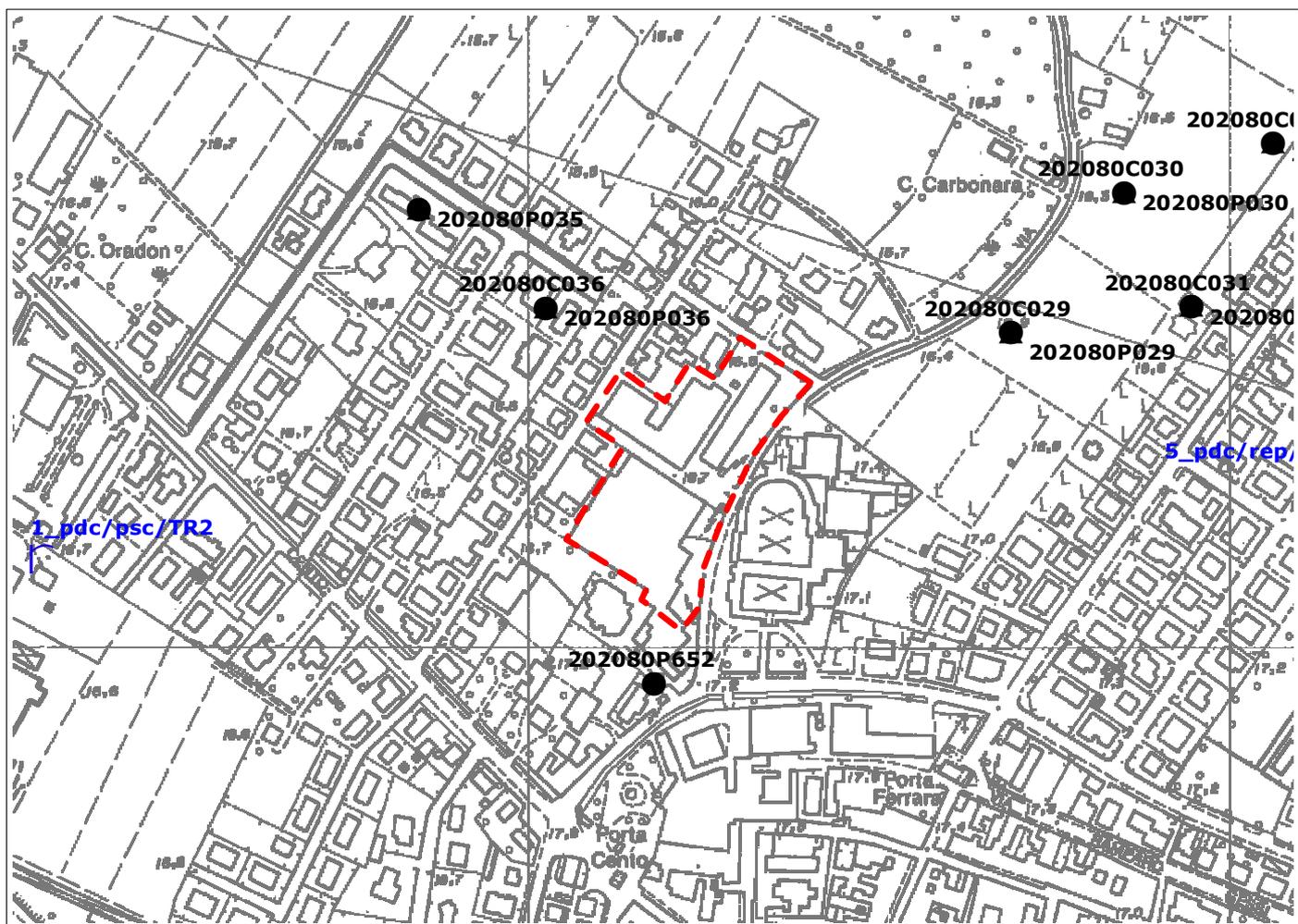


Figura 2.1 - Localizzazione delle indagini geognostiche e geofisiche di riferimento per le due Ambiti di POC (il perimetro delle aree è indicativo)

definizione preliminare di edificabilità. Per questo lavoro si è voluto proporre una zonizzazione geotecnica preliminare di riferimento per tutti i comparti studiati, basata sugli esiti delle penetrometrie statiche (resistenze di punta) nei due intervalli più utili ai fini edificatori per costruzioni di normale impegno costruttivo:

- da -1 a -5 metri sotto il piano campagna (p.c.) → è l'intervallo entro cui si collocano le strutture di fondazione superficiali. La conoscenza della qualità meccanica di questo intervallo è quindi importante per le valutazioni di ammissibilità delle pressioni imposte ai terreni sia in termini di "rottura" dei sedimenti, sia in termini di "interazione terreni-struttura";
- da -5 a -10 metri sotto il p.c. → questo secondo spessore rappresenta l'intervallo di sedimenti entro cui normalmente si esauriscono i cedimenti indotti da sovrappressioni distribuite da fondazioni superficiali.

Per quanto detto, sono state distinte classi geotecniche caratterizzate da differenti qualità edificatorie, per fornire una "guida" preliminare alla campagna gnostica delle successive fasi (PUA e progettazione specifica), obbligatoria ai sensi del D.M. 11/03/1988 e rammentando che solamente prove geognostiche specifiche, effettuate con la dovuta densità, potranno definire correttamente le caratteristiche meccaniche dei terreni (noti i parametri strutturali degli interventi insediativi da definire nelle successive fasi progettuali). Occorre infine evidenziare che nella valutazione della qualità meccanica, i valori ricavati dalle penetrometrie (resistenze di punta) sono stati mediati in modo cautelativo, enfatizzando i valori bassi entro i due intervalli considerati.

Per la zonizzazione, si sono dunque proposte le seguenti classi:

- SS = Zone caratterizzate da terreni di qualità scadente ($r_p < 1.000$ kPa) sia nel primo che nel secondo intervallo considerato. Possono essere considerate edificabili con le normali tecniche costruttive (fondazioni superficiali a "nastro" - trave rovescia continua legata -), per insediamenti di modesto impegno (pressioni di esercizio non superiori a 10 t/ml). Per edifici anche di normale impegno (pressioni di esercizio di 10÷12 t/ml), possono presentarsi limitazioni dovute sia all'interazione struttura-sedimenti (cedimenti assoluti e differenziali), sia all'entità della pressione di esercizio, tali da richiedere fondazioni particolari;
- SD = Zone caratterizzate da terreni di qualità scadente ($r_p < 1.000$ kPa) nel primo intervallo (fino a - 5 m dal p.c.), e da terreni di qualità da normale ($1.000 < r_p < 1.500$ kPa) a discreta (> 1.500 kPa) nel secondo strato. Sono zone edificabili con normali tecniche costruttive, per insediamenti di modesto impegno; le caratteristiche meccaniche dei terreni benché complessivamente migliori della classe "SS" richiedono comunque cautela ed analisi geognostiche dettagliate. Per edifici di un certo impegno (pressioni di esercizio > 12 t/ml)

possono rivelarsi necessarie fondazioni che trasferiscano i carichi statici al secondo intervallo di qualità migliore. I comparti interessati da questa zona di edificabilità possono presentare limitazioni, all'impiego di fondazioni superficiali, legate all'entità della pressione di esercizio e dei cedimenti assoluti e differenziali;

- DS = Zone caratterizzate da terreni dotati di qualità meccaniche da normali ($1.000 < r_p < 1.500$ kPa) a discrete (> 1.500 kPa) nel primo intervallo (fino a -5 m dal p.c.), e da qualità scadente ($r_p < 1.000$ kPa) nel secondo strato. Sono aree edificabili con normali tecniche costruttive (fondazioni superficiali a "nastriiformi" continue e legate), per insediamenti di normale impegno (edifici residenziali fino a due piani, con pressioni fino a 12 t/ml di fondazione). In questa zona di edificabilità, per alcuni comparti, possono presentarsi limitazioni legate all'interazione sedimenti-struttura, cioè ai cedimenti assoluti o differenziali ed all'entità delle pressioni di esercizio;
- DD = Zone dotate di terreni di qualità meccaniche da normali ($1.000 < r_p < 1.500$ kPa) a discrete (> 1.500 kPa) per entrambi gli strati considerati. In questa zona di edificabilità, le possibili variazioni di caratteristiche tra il primo ed il secondo intervallo possono essere molto grandi, tali da richiedere ulteriori suddivisioni in sottoclassi. Le due sottoclassi DD₁ e DD₂, rappresentano rispettivamente un andamento del parametro meccanico (r_p) vicino, rispettivamente, alle situazioni della classe SD, oppure della classe DS. L'edificabilità con normali tecniche costruttive è in genere assicurata, per questa classe. Nei casi in cui sono verificate caratteristiche meccaniche classificabili come classe DD₁ o classe DD₂, vi possono essere limitazioni anche per edifici di normale impegno o a causa dei cedimenti assoluti o differenziali, oppure alle pressioni di esercizio.

2.4 Pericolosità sismica

2.4.1 Gli elaborati cartografici di riferimento

Il panorama legislativo in materia di sismica, è stato profondamente trasformato dalle recenti normative nazionali (Ordinanza PCM. n. 3274/2003, D.M. 159/2005, Ordinanza PCM. n. 3519/2006, infine dalle Norme Tecniche per le costruzioni con D.M. Del 14/01/2008) che entrate in vigore il 1 luglio 2009.

Per quanto attiene la normativa di programmazione territoriale, la Regione Emilia-Romagna ha approvato (con Delibera Regionale n. 112 del maggio 2007) gli <<Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione

territoriale e urbanistica>>, elaborati sulla scorta degli esiti delle indagini sismiche che la Regione Emilia-Romagna ha effettuato nel territorio regionale. La delibera fornisce tabelle e formule propedeutiche alla valutazione semplificata dell'amplificazione locale e definisce criteri di approfondimento differenziati (per <<livelli>>) a seconda delle fasi di programmazione affrontate e del contesto di pericolosità locale riscontrato.

Sulla base dei contenuti della delibera regionale n.112/2007 lo studio sismico elaborato per il PSC di Pieve di Cento e il suo recente adeguamento (si rimanda all'Introduzione) hanno prodotto gli specifici elaborati cartografici e le normative di riferimento per il POC. In sintesi, l'adeguamento espletato dal Comune di Pieve di Cento, è consistito:

- nella stesura della “Tavola A – Pericolosità sismica – Tavola sovracomunale delle aree suscettibili di effetti locali”, alla scala 1/25.000, che rappresenta un'ulteriore rielaborazione degli esiti del “primo livello” di approfondimento per i Comuni dell'Unione Reno-Galliera e per il Comune di Malalbergo e assumendo gli esiti dello studio sismico preliminare contenuti nella Variante al PTCP in materia sismica, con particolare riferimento alla già citata Tavola 2C. Questo nuovo elaborato sostituisce, pertanto, la corrispondente cartografia alla scala 1/25.000, elaborata nel 2006, in sede di PSC associato (“Tavola 3 – Carta Macro-zone Sismiche”);
- nella stesura della “Tavola 1a – Pericolosità Sismica – Tavola comunale delle aree suscettibili di effetti locali”, alla scala 1/5.000 che riporta gli esiti di tale approfondimento alla scala cartografica di maggior dettaglio, così come richiesto dalla DAL n.112/2007. Questa cartografia riporta gli esiti degli ulteriori approfondimenti di pericolosità sismica per quanto riguarda la propensione alla liquefazione, espletati nel territorio urbanizzato e urbanizzabile. Questo nuovo elaborato sostituisce la corrispondente cartografia alla scala 1/5.000, elaborata nel 2008, in sede di PSC (“Tavola 1 – Microzonazione Sismica”);
- nella stesura della “Tavola 2 – Microzonazione Sismica semplificata”, alla scala 1/5.000 che riporta gli esiti dell'approfondimento della risposta sismica semplificata (secondo livello) alla scala cartografica di maggior dettaglio, così come richiesto dalla DAL n.112/2007. Questo nuovo elaborato sostituisce la corrispondente cartografia alla scala 1/5.000, elaborata nel 2008, in sede di PSC (“Tavola 1 – Microzonazione Sismica”);
- nella stesura di una nuova specifica normativa di PSC e di indirizzi operativi in materia sismica
- nella stesura di una ulteriore “appendice” da allegare al RUE comunale che riporta i

criteri applicativi per gli ulteriori approfondimenti sismici (“terzo livello”) richiesti nel territorio comunale.

Resta bene inteso che, per gli approfondimenti geologici e sismici, si rimanda anche alla Relazione Geologica e alle cartografie elaborate per il QC del PSC associato (2004; 2006) e alla Relazione Geologia e Sismica redatta per il PSC di Pieve di Cento (2008).

2.4.2 *Le aree suscettibili di effetti locali (Tavola A e Tavola 1)*

L’analisi della pericolosità di liquefazione affrontata negli studi per i PSC dei Comuni dell’Unione Reno–Galliera ha consentito di proporre una classificazione di pericolosità ancora generale e preliminare, fondata sulla ricostruzione paleogeografica del sottosuolo e sugli esiti delle analisi quantitative della liquefacibilità. Questo ulteriore approfondimento, rispetto a quanto evidenziato nel QC del PSC associato, ha interessato la porzione di territorio comunale urbanizzato e urbanizzabile, cioè dove si concentrano maggiormente le informazioni di sottosuolo pregresse; nelle nuove aree di previsione si sono maggiormente concentrate le nuove indagini geognostiche e geofisiche eseguite per il PSC. In particolare, la tavola 1 – Pericolosità sismica – rielaborata in occasione della Variante al PSC in materia di rischio sismico individua le aree omogenee suscettibili di effetti locali nel territorio comunale studiato e cioè:

II ≡ *possibilità di liquefazione con cedimenti, tessiture e spessore da controllare* → corrispondono alle situazioni in cui risultano segnalate sabbie pulite e/o sabbie con abbondante matrice fine nei primi 15 metri di sottosuolo, con spessori generalmente compresi tra 1÷4 metri. Queste aree risultano equivalenti dal punto di vista normativo alle aree “L2” definite dal PTCP (§ art.6.14 delle NTA);

III ≡ *liquefazione poco probabile* → corrispondono alle situazioni in cui la presenza di tessiture granulari è verificata, almeno nei primi 10÷12 metri, spesso con abbondante matrice fine o con potenze degli strati molto inferiori al metro. Queste aree risultano equivalenti dal punto di vista normativo alle aree “L2” definite dal PTCP (§ art.6.14 delle NTA);

L1 ≡ *Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione* → corrispondono a situazioni in cui vi può essere una potenziale presenza di sabbie prevalenti, sulla base di esiti diretti ricavati da prove geognostiche eseguite in aree limitrofe a quelle di interesse; queste aree risultano equivalenti dal punto di vista normativo alle aree “L1” definite dal PTCP (§ art.6.14 delle NTA)

C ≡ area con propensione alla liquefazione non riscontrata, soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti → queste aree risultano equivalenti dal punto di vista normativo alle aree “C” definite dal PTCP (§ art.6.14 delle NTA).

La tavola 1a distingue quali aree suscettibili di effetti locali in caso di sisma necessitino di un’analisi semplificata (secondo livello) e quali di esse necessitino di analisi più approfondite (terzo livello). È dunque possibile attribuire a ogni ambito inserito nel POC la relativa pericolosità locale e individuare quali di essi necessitino di indagini più approfondite, da espletarsi in ossequio alla specifica normativa vigente (DAL n.112/2007; art. 6.14 del PTCP; Norme e indirizzi operativi in materia sismica elaborati per il PSC in forma associata; Norme del PS comunale e Appendice al RUE con i criteri applicativi per gli approfondimenti).

La Tavola 1 sostituisce la corrispondente cartografia alla scala 1/5.000 precedentemente elaborata in sede di Piano Strutturale Comunale (Tav. 1 – Microzonazione sismica).

2.4.3 Microzonazione sismica (tavola 2)

La “Tavola 2 – Microzonazione Sismica semplificata” del Comune di Pieve di Cento, riporta gli esiti della Microzonazione Sismica di “secondo livello” di approfondimento, così come richiesto dalla DAL n.112/2007. Quest'ultima revisione, rispetto a quanto già elaborato in sede di studi per il PSC, ha permesso di:

- omogeneizzare le zone di eguale risposta sismica;
- rivedere le sigle delle zone, in quanto non si è più tenuto conto della “categoria di sottosuolo” desunta dalle NTC 2008, che era stata implementata nella Microzonazione per meglio evidenziare le porzioni di territorio in cui le Vs equivalenti (Vs30) risultavano <180 m/s o al limite con la categoria D;
- rivedere i limiti dello studio di Microzonazione, sulla base della cartografia e dei perimetri aggiornati delle aree urbanizzate e urbanizzabili.

La Microzonazione Sismica semplificata è stata elaborata sulla base:

1. del macro contesto geologico → per Pieve di Cento: “*Pianura 2*” (Pianura caratterizzata da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie – di spessore anche decine di metri - con substrato profondo \geq di 100 metri da piano campagna);

2. della risposta sismica locale semplificata → secondo la stima di coefficienti di amplificazione (PGA/PGA_0 e SI/SI_0 per gli intervalli 0,1-0,5 s e 0,5-1 s), fondata sulla distribuzione delle velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo ($V_s 30$) e sugli esiti definiti dagli abachi riportati nella DAL n° 112/2007 (allegato 2). Per il territorio studiato di Pieve di Cento si sono distinti con numero arabo i seguenti esiti di risposta sismica locale semplificata:

$$3 \equiv FA (PGA) = 1,5; \quad FA SI (0,1-0,5 s) = 1,8; \quad FA SI (0,5-1 s) = 2,5$$

In conclusione, la tavola 2 individua cartograficamente, nel territorio studiato di Pieve di Cento, le seguenti microzone con caratteristiche “omogenee” dal punto di vista sismico (amplificazione e classi di propensione alla liquefazione derivate dagli approfondimenti già riportati nella Tavola 1), indicando per ognuna di esse se risultano subordinate o meno allo svolgimento di ulteriori indagini di “terzo livello”:

ZONA 3

Liquefazione: non si riscontrano sedimenti liquefacibili nei primi 15 metri di sottosuolo.

Fattori di amplificazione locale semplificata: $FA(Pga) = 1,5$ $FA SI (0,1s \div 0,5s) = 1,8$ $FA SI (0,5s \div 1,0s) = 2,5$.

Analisi e approfondimenti: non sono richiesti particolari approfondimenti di carattere sismico; non si richiedono prove penetrometriche CPTU preventive. Se le indagini puntuali riscontrassero sedimenti potenzialmente liquefacibili lo studio dovrà prevedere ulteriori verifiche quantitative seguendo le procedure indicate nell'Appendice del RUE e in coerenza con i contenuti della DAL n°112/2007 (allegato 3).

ZONA L1-3

Liquefazione: liquefazione potenziale da verificare. Corrisponde a situazioni in cui vi può essere una potenziale presenza di sabbie prevalenti, sulla base di esiti diretti ricavati da prove geognostiche eseguite in aree limitrofe a quelle di interesse. Queste aree risultano equivalenti dal punto di vista normativo alle aree “L1” definite dal PTCP (§ art.6.14 delle NTA)

Fattori di amplificazione locale semplificata: $FA(Pga) = 1,5$ $FA SI (0,1s \div 0,5s) = 1,8$ $FA SI (0,5s \div 1,0s) = 2,5$.

Analisi e approfondimenti: sono richiesti approfondimenti quantitativi della liquefacibilità e dei cedimenti post sisma (III livello conoscitivo) seguendo le procedure indicate nell'Appendice del RUE e in coerenza con i contenuti della DAL 112/2007 (allegato 3). A tal fine è opportuno espletare anche un approfondimento relativamente al contesto idrogeologico locale (stima delle soggiacenze minime).

ZONA III-3

Liquefazione: possibilità di liquefazione poco probabile. A questa Zona corrispondono situazioni in cui la presenza di tessiture granulari è verificata, almeno nei primi 10÷12 metri, spesso con abbondante matrice fine o con potenze degli strati molto inferiori al metro. Si tratta comunque di sedimenti in cui occorre verificare la propensione effettiva alla liquefazione, sotto impulsi ciclici dotati di magnitudo $\geq 5,5$.

Fattori di amplificazione locale semplificata: $(Pga) = 1,5$ FA SI (0,1s÷0,5s) = 1,8 FA SI (0,5s÷1,0s) = 2,5.

Analisi e approfondimenti: sono richiesti approfondimenti quantitativi della liquefacibilità e dei cedimenti post sisma (III livello conoscitivo) seguendo le procedure indicate nell'Appendice del RUE e in coerenza con i contenuti della DAL n°112/2007 (allegato 3). A tal fine è opportuno espletare anche un approfondimento relativamente al contesto idrogeologico locale (stima delle soggiacenze minime).

ZONA II-3

Liquefazione: possibilità di liquefazione con cedimenti, tessiture e spessori da controllare. A questa Zona corrispondono situazioni in cui risultano presenti sabbie e/o sabbie con abbondante matrice fine nei primi 10÷12 metri di sottosuolo, con spessori generalmente compresi tra 1 ÷ 4 metri. Si tratta di sedimenti in cui è possibile che avvenga liquefazione, sotto impulsi ciclici dotati di magnitudo $\geq 5,5$.

Fattori di amplificazione locale semplificata: $FA(Pga) = 1,5$ FA SI (0,1s÷0,5s) = 1,8 FA SI (0,5s÷1,0s) = 2,5.

Analisi e approfondimenti: sono richiesti approfondimenti quantitativi della liquefacibilità e dei cedimenti post sisma (III livello conoscitivo) seguendo le procedure indicate nell'Appendice del RUE e in coerenza con i contenuti della DAL n°112/2007 (allegato 3). A tal fine è opportuno espletare anche un approfondimento relativamente al contesto idrogeologico locale (stima delle soggiacenze minime).

È dunque possibile identificare in quale microzona sismica ricade ogni ambito inserito nel POC e individuare per quali di essi siano necessarie indagini più approfondite, da espletarsi in ossequio alla specifica normativa vigente (DAL n.112/2007; art. 6.14 del PTCP; Norme e indirizzi operativi in materia sismica elaborati per il PSC in forma associata; Norme del PS comunale e Appendice al RUE con i criteri applicativi per gli approfondimenti).

La Tavola 2 sostituisce la cartografia alla scala 1/5.000 precedentemente elaborata in sede di Piano Strutturale Comunale (Tav. 1 – Microzonazione sismica).

3 Proposta normativa per gli ambiti inseriti nel POC

Per le aree inserite nel POC di Pieve di Cento, sono state elaborate norme e prescrizioni, in particolare per definire gli approfondimenti geotecnici, idrogeologici e sismici da espletare nella successiva fase attuativa PUA e/o esecutiva. Queste indicazioni sono riportate nelle schede relative ad ogni singolo ambito.

Di seguito, si riportano le norme di carattere generale, valide per tutti gli areali inseriti nel POC:

- Lo studio geologico e sismico da espletarsi in fase di POC/PUA (ai sensi del par.4 delle <<Norme ed Indirizzi operativi in materia sismica>> del PSC), dovrà risultare coerente con i contenuti richiesti dalla legge n. 64 del 02/02/1974, dal DM dell'11/03/1988 e DM 14/01/2008 e DAL 112/2007 della Regione Emilia-Romagna. Lo studio dovrà risultare inoltre coerente con la normativa sismica elaborata per il PSC e con quanto indicato nell'appendice al RUE (<<Indirizzi e Criteri operativi per le indagini e gli approfondimenti in materia sismica nel territorio comunale>>).
- Le schede di POC riportano il numero minimo di indagini geognostiche e geofisiche da eseguirsi in ogni areale del POC; il numero delle verticali d'indagine e la loro profondità, dovranno essere congrui all'importanza delle opere di progetto e dovranno essere spinte in profondità fino a garantire un intervallo di conoscenza proporzionato alle strutture, ma comunque al minimo di 20 metri dal piano campagna.
- Per gli ambiti specificati nelle schede, sono richiesti approfondimenti sismici di terzo livello per quanto riguarda gli aspetti quantitativi di propensione alla liquefazione, di cedimenti post sisma dei sedimenti e di risposta sismica locale. Gli ulteriori approfondimenti, se richiesti nella relativa scheda, dovranno prevedere, ineludibilmente, prove penetrometriche elettriche con piezocono (CPTU) da spingersi fino a 20 metri di profondità. Le indagini geognostiche e geofisiche da realizzare dovranno confermare o rettificare gli esiti dello studio di MZS comunale semplificata che dovrà essere riferimento per le analisi del POC e del PUA.
- Le analisi più speditive di quantificazione della liquefacibilità e dei cedimenti post sisma elaborate sulla base degli esiti delle prove CPTU potranno basarsi sulla stima del rapporto CRR/CSR e dovranno utilizzare i seguenti parametri sismici di riferimento:
accelerazione massima orizzontale al suolo a_g definita per Pieve di Cento dalla DAL

112/2007 ($a = 0,158g$) moltiplicata per il fattore di amplificazione $FA(Pga)$ attribuito alla Zona sismica omogenea della MZS ($FA = 1,5$)

terremoto di progetto con $M \geq 5.9$ (come definito nella banca dati DISS - "Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M 5.5 in Italy")

- Nel caso gli esiti speditivi ricavati dalle prove CPTU riscontrassero intervalli liquefacibili e/o cedimenti post sisma significativi, con effetti non trascurabili in superficie o alle quote di incastro delle possibili fondazioni di progetto, si dovrà procedere ineludibilmente alle seguenti verifiche più approfondite:
 - modellazione numerica della risposta sismica locale, da espletarsi con programma di calcolo, in grado di fornire anche i parametri necessari per la valutazione del CSR (Cyclic Stress Ratio)
 - prelievo di campioni di sedimenti negli intervalli più critici interessati da potenziale liquefazione, per effettuare specifiche prove geotecniche di laboratorio (es. prove triassiali cicliche), e finalizzate alla valutazione delle resistenze alla liquefazione (CRR) dello strato/intervallo in questione
 - prelievo di campioni di sedimenti fini a bassa coesione, negli intervalli interessati da potenziale perdita di resistenza ("cyclic softening") e cedimenti, per effettuare specifiche analisi di laboratorio (contenuto d'acqua; limiti di Atterberg; prove edometriche, ecc.).
- Le indagini dovranno essere finalizzate alla definizione del livello statico della falda locale (fondamentale anche per gli aspetti sismici – liquefazione e cedimenti), alla determinazione dei parametri meccanici di massima e alla definizione tessiturale del sottosuolo indagato.

4 Schede di sintesi per gli ambiti e sub ambiti di POC

Si riportano le schede delle singole aree inserite nel POC. Le schede forniscono una sintesi del contesto geologico e idrogeologico, della caratterizzazione geotecnica preliminare, della pericolosità sismica locale (aree suscettibili di effetti locali e Microzonazione Sismica elaborate per il PSC). Le schede indicano le principali prove geognostiche e geofisiche di riferimento per le analisi relative agli Ambiti di POC (figura 2.1, capitolo 2).

Infine, le schede riportano le prescrizioni e gli ulteriori approfondimenti da espletarsi nella successiva fase attuativa e/o esecutiva.

AMBITO B (Capoluogo; figura 2.1)

Prove geognostiche/geofisiche di riferimento

Prove geognostiche → 220080P036; 220080C036; 202080C029; 220080P652

Prove geofisiche → 1_pdc/psc/TR1

I diagrammi delle prove di repertorio comunale ("psc" e "rep") sono riportati nell'«Archivio prove geognostiche e geofisiche di riferimento» allegato alla variante specifica al PSC 1/2012), mentre le prove d'archivio della B/D geognostica regionale sono consultabili nel sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Inquadramento geologico e idrogeologico

Tessiture superficiali e ambiente deposizionale (Tav AC 1.1b e Tav. AC 1.5.3 del QC PSC in forma associata) → sabbie di piana alluvionale - depositi di canale del Reno e di argine prossimale.

Idrogeologia (Tav AC 1.2b del QC PSC in forma associata) → prima falda con soggiacenza media di circa 4 m. Deflusso sotterraneo verso NNE.

Caratterizzazione geotecnica preliminare

Zonizzazione geotecnica → SD ≡ zone caratterizzate da terreni di qualità scadente ($rp < 1.000$ kPa) nel primo intervallo (fino a - 5 m dal p.c.), e da terreni di qualità da normale ($1.000 < rp < 1.500$ kPa) a discreta (> 1.500 kPa) nel secondo strato. Sono zone edificabili con normali tecniche costruttive, per insediamenti di modesto impegno; le caratteristiche meccaniche dei terreni richiedono comunque cautela ed analisi geognostiche dettagliate. Per edifici di un certo impegno (pressioni di esercizio > 12 t/ml) possono rivelarsi necessarie fondazioni che trasferiscano i carichi statici al secondo intervallo di qualità migliore. I comparti interessati da questa zona di edificabilità possono presentare limitazioni, all'impiego di fondazioni superficiali, legate all'entità della pressione di esercizio e dei cedimenti assoluti e differenziali.

Pericolosità e Microzonazione sismica semplificata (DAL n.112/2007)

Aree suscettibili di effetti locali (Tav. 1 Variante PSC) → Area L1 ≡ liquefazione potenziale da verificare. Queste aree risultano equivalenti dal punto di vista normativo alle aree "L1" definite dal PTCP (§ art.6.14 delle NTA) ovvero area «soggetta ad amplificazione e a potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione – sabbie prevalenti potenziali».

Microzonazione sismica (Tav. 2 Variante PSC) → Zona L1-3 ≡ contesto "Pianura 2"; amplificazione FA(Pga) =1,5, FA SI (0,1s÷0,5s) =1,8, FA SI (0,5s÷1,0s) =2,5; liquefazione potenziale da verificare (richiesti approfondimenti di terzo livello).

Prescrizioni e approfondimenti richiesti per la fase di PUA

- Lo studio geologico e sismico da espletarsi in fase di POC/PUA (ai sensi del par.4 delle citate «Norme ed Indirizzi operativi in materia sismica» del PSC), dovrà risultare coerente con i contenuti richiesti dalla legge n. 64 del 02/02/1974, dal DM dell'11/03/1988 e DM 14/01/2008 e DAL 112/2007 della Regione Emilia-Romagna. Lo studio dovrà risultare inoltre coerente con la normativa sismica elaborata per il PSC e con quanto indicato nell'appendice al RUE («indirizzi e criteri operativi per le indagini e gli approfondimenti in materia sismica nel territorio comunale»).
- Il numero delle verticali d'indagine e la loro profondità dovranno essere congrui all'importanza

delle opere di progetto e dovranno essere spinte in profondità fino a garantire un intervallo di conoscenza proporzionato alle strutture, ma comunque al minimo di 20 metri dal piano campagna.

- Sono richiesti approfondimenti sismici di terzo livello per quanto riguarda gli aspetti quantitativi di propensione alla liquefazione, di cedimenti post sisma dei sedimenti e di risposta sismica locale. Gli ulteriori approfondimenti, nei casi sopra indicati, dovranno prevedere, ineludibilmente, prove penetrometriche elettriche con piezocono (CPTU) da spingersi fino a 20 metri di profondità. Le indagini geognostiche e geofisiche da realizzare dovranno confermare o rettificare gli esiti dello studio di MZS comunale semplificata che dovrà essere riferimento per le analisi del PUA.
- Per l'ambito si richiedono le seguenti indagini minime da espletarsi in fase di PUA:

TIPO INDAGINI	N° MINIMO	PROF. MINIMA
Penetrometrie statiche elettriche con piezocono (CPTU)	3	20m
Indagine geofisica per la stima della Vs30 (MASW; Re.Mi; HVSR; ecc.)	1	30m

- Le analisi più speditive di quantificazione della liquefacibilità e dei cedimenti post sisma elaborate sulla base degli esiti delle prove CPTU potranno basarsi sulla stima del rapporto CRR/CSR e dovranno utilizzare i seguenti parametri sismici di riferimento:

accelerazione massima orizzontale al suolo ag definita per Pieve di Cento dalla DAL 112/2007 ($a = 0,158g$) moltiplicata per il fattore di amplificazione FA(Pga) attribuito alla Zona sismica omogenea della MZS (FA = 1,5)

terremoto di progetto con $M \geq 5.9$ (come definito nella banca dati DISS - "Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M 5.5 in Italy")

- Nel caso gli esiti speditivi ricavati dalle prove CPTU riscontrassero intervalli liquefacibili e/o cedimenti post sisma significativi, con effetti non trascurabili in superficie o alle quote di incastro delle possibili fondazioni di progetto, si dovrà procedere ineludibilmente alle seguenti verifiche più approfondite:

modellazione numerica della risposta sismica locale, da espletarsi con programma di calcolo, in grado di fornire anche i parametri necessari per la valutazione del CSR (Cyclic Stress Ratio)

prelievo di campioni di sedimenti negli intervalli più critici interessati da potenziale liquefazione, per effettuare specifiche prove geotecniche di laboratorio (es. prove triassiali cicliche), e finalizzate alla valutazione delle resistenze alla liquefazione (CRR) dello strato/intervallo in questione

prelievo di campioni di sedimenti fini a bassa coesione, negli intervalli interessati da potenziale perdite di resistenza ("cyclic softening") e cedimenti, per effettuare specifiche analisi di laboratorio (contenuto d'acqua; limiti di Atterberg; prove edometriche, ecc.).

- Le indagini dovranno essere finalizzate alla definizione del livello statico della falda locale (fondamentale anche per gli aspetti sismici – liquefazione e cedimenti), alla determinazione dei parametri meccanici di massima e alla definizione tessiturale del sottosuolo indagato.

AMBITO 3 (Capoluogo; figura 2.1)

Prove geognostiche/geofisiche di riferimento

Prove geognostiche → 2_pdc/rep/CPT1-CPT2-CPT3-CPT4; 202080C050; 202080C052

Prove geofisiche → 1_pdc/psc/MASW2;

I diagrammi delle prove di repertorio comunale (“psc” e “rep”) sono riportati nell’<<Archivio prove geognostiche e geofisiche di riferimento>> allegato alla variante specifica al PSC 1/2012), mentre le prove d’archivio della B/D geognostica regionale sono consultabili nel sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Inquadramento geologico e idrogeologico

Tessiture superficiali e ambiente deposizionale (Tav AC 1.1b e Tav. AC 1.5.3 del QC PSC in forma associata) → sabbie e sabbie fini di piana alluvionale - depositi di canale del Reno e di argine prossimale.

Idrogeologia (Tav AC 1.2b del QC PSC in forma associata) → prima falda con soggiacenza media di circa 2,5 m. Deflusso sotterraneo verso NE.

Caratterizzazione geotecnica preliminare

Zonizzazione geotecnica → l’area viene attribuita cautelativamente alla zona SS = caratterizzata da terreni di qualità scadente ($r_p < 1.000$ kPa) sia nel primo che nel secondo intervallo considerato. Possono essere considerate edificabili con le normali tecniche costruttive (fondazioni superficiali a “nastro” - trave rovescia continua legata -), per insediamenti di modesto impegno (pressioni di esercizio non superiori a 10 t/ml). Per edifici anche di normale impegno (pressioni di esercizio di 10÷12 t/ml), possono presentarsi limitazioni dovute sia all’interazione struttura-sedimenti (cedimenti assoluti e differenziali), sia all’entità della pressione di esercizio, tali da richiedere fondazioni particolari.

Pericolosità e Microzonazione sismica semplificata (DAL n.112/2007)

Aree suscettibili di effetti locali (Tav. 1 Variante PSC) → Area II e L1 (porzione est dell’Ambito). In particolare per area II ≡ possibilità di liquefazione con cedimenti, tessiture e spessore da controllare. Corrispondono alle situazioni in cui risultano segnalate sabbie pulite e/o sabbie con abbondante matrice fine nei primi 15 metri di sottosuolo, con spessori generalmente compresi tra 1÷4 metri. Si tratta di sedimenti in cui è possibile che avvenga liquefazione, sotto impulsi ciclici dotati di magnitudo $\geq 5,5$ (richiede analisi approfondite di terzo livello). Queste aree risultano equivalenti dal punto di vista normativo alle aree “L2” definite dal PTCP (§ art.6.14 delle NTA). Alla porzione di Ambito ricadente nell’Area L1 si attribuisce invece liquefazione potenziale da verificare; risultano equivalenti dal punto di vista normativo alle aree “L1” definite dal PTCP (§ art.6.14 delle NTA) ovvero area <<soggetta ad amplificazione e a potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione – sabbie prevalenti potenziali>>

Microzonazione sismica (Tav. 2 Variante PSC) → Zona II-3 e L1-3 (porzione est dell’Ambito). Contesto “Pianura 2”; amplificazione FA(Pga) =1,5, FA SI (0,1s÷0,5s) =1,8, FA SI (0,5s÷1,0s) =2,5; liquefazione: (per zona II-3 possibilità di liquefazione con cedimenti, tessiture e spessori da controllare, mentre per zona L1-3 da verificare; in ogni caso, per l’intero Ambito sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

Prescrizioni e approfondimenti richiesti per la fase di PUA

- Lo studio geologico e sismico da espletarsi in fase di POC/PUA (ai sensi del par.4 delle citate <<Norme ed Indirizzi operativi in materia sismica>> del PSC), dovrà risultare coerente con i contenuti richiesti dalla legge n. 64 del 02/02/1974, dal DM dell'11/03/1988 e DM 14/01/2008 e DAL 112/2007 della Regione Emilia-Romagna. Lo studio dovrà risultare inoltre coerente con la normativa sismica elaborata per il PSC e con quanto indicato nell'appendice al RUE (<<indirizzi e criteri operativi per le indagini e gli approfondimenti in materia sismica nel territorio comunale>>).
- Il numero delle verticali d'indagine e la loro profondità dovranno essere congrui all'importanza delle opere di progetto e dovranno essere spinte in profondità fino a garantire un intervallo di conoscenza proporzionato alle strutture, ma comunque al minimo di 20 metri dal piano campagna.
- Sono richiesti approfondimenti sismici di terzo livello per quanto riguarda gli aspetti quantitativi di propensione alla liquefazione, di cedimenti post sisma dei sedimenti e di risposta sismica locale. Gli ulteriori approfondimenti, nei casi sopra indicati, dovranno prevedere, ineludibilmente, prove penetrometriche elettriche con piezocono (CPTU) da spingersi fino a 20 metri di profondità. Le indagini geognostiche e geofisiche da realizzare dovranno confermare o rettificare gli esiti dello studio di MZS comunale semplificata che dovrà essere riferimento per le analisi del PUA.
- Per l'ambito si richiedono le seguenti indagini minime da espletarsi in fase di PUA:

TIPO INDAGINI	N° MINIMO	PROF. MINIMA
Penetrometrie statiche elettriche con piezocono (CPTU)	4	20m
Indagine geofisica per la stima della Vs30 (MASW; Re.Mi; HVSR; ecc.)	1	30m

- Le analisi più speditive di quantificazione della liquefacibilità e dei cedimenti post sisma elaborate sulla base degli esiti delle prove CPTU potranno basarsi sulla stima del rapporto CRR/CSR e dovranno utilizzare i seguenti parametri sismici di riferimento:
 - accelerazione massima orizzontale al suolo ag definita per Pieve di Cento dalla DAL 112/2007 ($a = 0,158g$) moltiplicata per il fattore di amplificazione FA(Pga) attribuito alla Zona sismica omogenea della MZS ($FA = 1,5$)
 - terremoto di progetto con $M \geq 5.9$ (come definito nella banca dati DISS - "Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M 5.5 in Italy")
- Nel caso gli esiti speditivi ricavati dalle prove CPTU riscontrassero intervalli liquefacibili e/o cedimenti post sisma significativi, con effetti non trascurabili in superficie o alle quote di incastro delle possibili fondazioni di progetto, si dovrà procedere ineludibilmente alle seguenti verifiche più approfondite:
 - modellazione numerica della risposta sismica locale, da espletarsi con programma di calcolo, in grado di fornire anche i parametri necessari per la valutazione del CSR (Cyclic Stress Ratio)
 - prelievo di campioni di sedimenti negli intervalli più critici interessati da potenziale liquefazione, per effettuare specifiche prove geotecniche di laboratorio (es. prove triassiali cicliche), e finalizzate alla valutazione delle resistenze alla liquefazione (CRR) dello strato/intervallo in questione
 - prelievo di campioni di sedimenti fini a bassa coesione, negli intervalli interessati da potenziale perdite di resistenza ("cyclic softening") e cedimenti, per effettuare specifiche analisi di laboratorio (contenuto d'acqua; limiti di Atterberg; prove edometriche, ecc.).

- Le indagini dovranno essere finalizzate alla definizione del livello statico della falda locale (fondamentale anche per gli aspetti sismici – liquefazione e cedimenti), alla determinazione dei parametri meccanici di massima e alla definizione tessiturale del sottosuolo indagato.