

**PDC**

2012 COMUNE DI BOLOGNA

**PIANO  
OPERATIVO  
COMUNALE**

**RUE**

2012 COMUNE DI BOLOGNA

**REGOLAMENTO  
URBANISTICO  
EDILIZIO**

Variante al Poc e al Rue vigenti  
per la disciplina di parte dell'ambito in trasformazione  
n. 129 Bertalia-Lazzaretto  
(art. 20 del Quadro normativo del Psc vigente)

Segretario Generale  
Luca Uguccioni

Assessore Urbanistica, Ambiente, Qualità Urbana e Città Storica  
Patrizia Gabellini

Direttore Settore Urbanistica Edilizia  
Mauro Bertocchi



## Indice

Relazione tecnica illustrativa	5
Relazione di ValSAT	27
Studio geologico e sismico	
Tavola 1 (stralcio) “Interventi edilizi, urbanistici, di valorizzazione commerciale” – Variante	

### Gruppo di lavoro

Mauro Bertocchi, Luca Bianconi, Giovanni Fini, Maria Grazia Fini, Serena Persi Paoli, Claudio Savoia, Claudio Stagni.



# RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA



## L'iter dell'Accordo tra Comune e Fondazione Malvasi e le modifiche apportate agli strumenti urbanistici

Il 18 luglio 2005 il Consiglio comunale, con OdG n. 153, approvò l'accordo, ai sensi dell'art. 11 della L 241/90 e dell'art. 18 della LR n. 20/00, tra il Comune di Bologna e la Fondazione Malvasi, finalizzato all'acquisizione tramite permuta, da parte del Comune, di un'area ubicata in zona collinare soggetta a vincolo paesaggistico, acquistata dalla Fondazione per la realizzazione della nuova sede dell'Istituto Manzoni, allo scopo di preservare l'area in questione dall'edificazione, stabilendo di avviare una trattativa con la Proprietà – resasi disponibile – per concordare una diversa localizzazione dell'intervento.

L'Accordo prevedeva di cedere alla Fondazione, a titolo di permuta, un'area di proprietà comunale compresa nel Prg '85, in quel momento vigente, nella zona integrata di settore R5.3 Bertalia-Lazzaretto, di superficie territoriale pari a circa 20.000 mq, alla cui esatta identificazione si sarebbe provveduto previa adozione di variante specifica che avrebbe destinato la stessa a "zona per l'istruzione superiore CM (zona omogenea F)", disciplinata da specifica scheda normativa che prevedesse la possibilità di realizzare una potenzialità edificatoria pari a complessivi 11.300 mq di superficie utile.



L'accordo è stato sottoscritto il 14 settembre 2005.

Il 12 dicembre 2005 il Consiglio comunale, con OdG n. 266, adottò la "Variante grafica e normativa al vigente PRG ai sensi dell'art. 15 della LR n. 47/78 e successive modifiche e integrazioni per la rilocalizzazione della nuova sede dell'istituto "A. Manzoni" - Fondazione Malvasi - (Quartiere Navile)".

La variante al Prg fu successivamente approvata il 19 giugno 2006, con OdG n. 142, ed entrò in vigore il 5 luglio 2006.

La disciplina normativa dell'area individuata dalla Variante era la seguente:

*SCHEDA CM2 – FONDAZIONE MALAVASI*

*Nell'area disciplinata dalla presente scheda è realizzabile, mediante intervento edilizio diretto di nuova costruzione NC, la nuova sede dell'Istituto "A. Manzoni", liceo scientifico parificato, comprensivo dell'annesso collegio.*

*La massima superficie utile netta consentita è di 11.300 mq; tale capacità edificatoria costituisce trasferimento di pari potenzialità localizzata nel piano vigente nell'area di mq 34.864 destinata a "zona per l'istruzione superiore CM (zona omogenea F)", disciplinata dall'articolo 28 delle Norme di Attuazione, sita in via Villari, come identificata nell'accordo procedimentale stipulato in data 14 settembre 2005 in esecuzione della deliberazione consiliare OdG n. 153 del 18 luglio 2005.*

*In base alla variante, nell'ambito di tale Su potranno essere inoltre insediate tutte le funzioni scolastiche anche di grado diverso da quello superiore ascrivibili alla funzione terziaria di servizio (B/2), i relativi spazi accessori e di servizio ed attività complementari collegate e/o correlate a quella principale.*

*In considerazione della vicinanza a sorgenti sonore primarie (via Terracini, via del Lazzaretto, via Zanardi, Ferrovia Bologna - Padova, aeroporto Marconi), della sensibilità degli usi (attrezzature scolastiche) e delle profonde trasformazioni territoriali previste nell'ambito, in sede di definizione esecutiva degli interventi dovranno essere adottati tutti i possibili miglioramenti e le ottimizzazioni - in termini di opere di contenimento - del clima acustico.*

*A tale fine sarà necessario caratterizzare in maniera approfondita le sorgenti sonore disturbanti attraverso l'approfondimento della migliore localizzazione delle nuove superfici da realizzare, con particolare riguardo alla distribuzione delle attività all'interno delle stesse ed agli accorgimenti progettuali idonei a minimizzare il disturbo acustico negli spazi interni ed esterni.*

*Sarà inoltre necessario valutare le future previsioni infrastrutturali capaci di modificare il clima acustico futuro nell'ambito in oggetto, considerando anche i nuovi carichi urbanistici della zona R5.3 - Lazzaretto.*

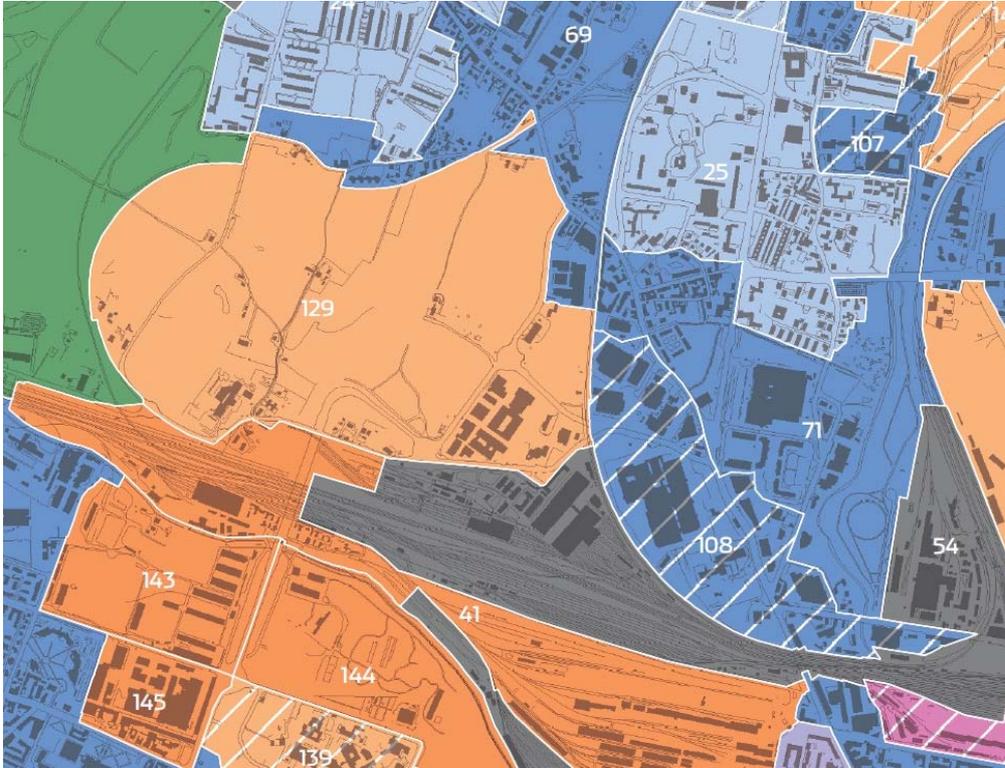
L'area di proprietà della Fondazione oggetto di permuta è stata destinata in seguito a "zona per verde pubblico attrezzato V (zona omogenea G)" col provvedimento "VARIANTE GRAFICA - SU NUOVA BASE CARTOGRAFICA CTC - E NORMATIVA, AI SENSI DELL'ART. 15 DELLA LR N. 47/78 E DELL'ART. 41, COMMA 2, DELLA LR 20/00, PER L'ADEGUAMENTO DELLA DISCIPLINA DI TUTELA E SALVAGUARDIA DELLA ZONA COLLINARE", adottata con OdG n. 160 del 17 luglio 2006, approvata con OdG n. 125 del 30 giugno 2008, esecutiva dal 13 agosto 2008.

I nuovi strumenti hanno recepito i contenuti dello strumento urbanistico previgente.



*Prg '85 vigente*





*Stralcio del Psc vigente*

Stralcio dell'art.20 del Quadro normativo del Psc vigente:

n. 129 Bertalia-Lazzaretto

a) Strumenti attuativi della trasformazione

(...) - Accordo ai sensi dell'art. 18 della Lr 20/2000, sottoscritto in data 14 settembre 2005, parte integrante dello strumento di pianificazione approvato con deliberazione consiliare O.d.G. n. 142 del 19 giugno 2006 per la rilocalizzazione della nuova sede dell'Istituto "A. Manzoni - Fondazione Elide Malavasi".

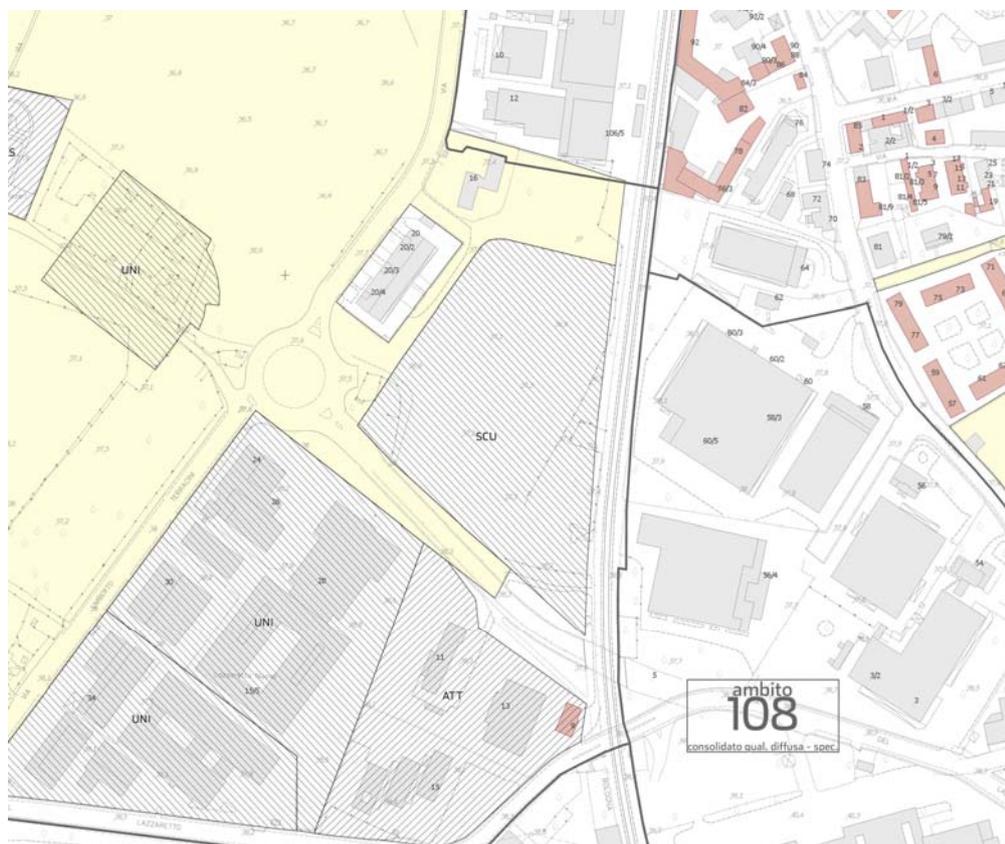
b) Carichi insediativi previsti

(...) Fondazione Malavasi (intervento edilizio diretto): Su pari a 11.300 mq.

c) Obiettivi della trasformazione

(...) Realizzare un nuovo plesso scolastico superiore nei pressi di quello esistente in via della Volta.

Nel Rue l'area viene individuata come attrezzatura, "scuole" (SCU), di proprietà privata e di uso pubblico, disciplinata dall'art. 45 ("Attrezzature").



*Stralcio del Rue vigente*

## Il nuovo accordo

Successivamente alla stipula dell'accordo, anche per effetto dello scioglimento del Consiglio di Amministrazione della Fondazione Malavasi, avvenuto con decreto prefettizio in data 27 novembre 2006, e alla conseguente nomina di un Commissario Straordinario, l'Istituto si orienta autonomamente verso un complessivo mutamento degli originari programmi di sviluppo.

In particolare la Fondazione non ritiene più idonea, tenuto conto del bacino di utenza della scuola, la localizzazione della nuova struttura scolastica, oggetto di accordo e variante al Prg, e recepita dai nuovi strumenti (Psc, Rue), per la nuova sede del "Manzoni", chiede in un primo tempo di individuare nuove localizzazioni più idonee, in assenza di immobili di proprietà comunale con tali caratteristiche, chiede in un secondo tempo all'Amministrazione, con nota in data 11 marzo 2009, avente ad oggetto "sede scuole Alessandro Manzoni", di valutare l'ipotesi di un diverso bene da proporre in permuta, più facilmente collocabile sul mercato.

Non essendo disponibili immobili idonei a tale fine, per portare comunque a compimento gli impegni assunti nel 2005, la Fondazione chiede da ultimo al Comune di Bologna di modificare la destinazione urbanistica dell'area del Lazzaretto (derivante dalla variante al Prg concordata), con previsione di una rinnovata destinazione urbanistica per l'insediamento di funzioni prevalentemente commerciali - direzionali, tali da permettere

allo stesso Istituto di reperire, dall'alienazione, risorse reinvestibili nei nuovi programmi di sviluppo edilizio.

Il 3 giugno 2009 la Giunta, ravvisata l'opportunità di pervenire ad una soluzione definitiva, anche allo scopo di consentire alla Fondazione Malavasi di realizzare i propri obiettivi, con atto di indirizzo approva la costituzione di uno specifico gruppo di lavoro intersettoriale per l'individuazione di adeguate soluzioni in relazione agli aspetti di carattere urbanistico, patrimoniale e di offerta scolastica, in coerenza con gli indirizzi degli strumenti urbanistici vigenti.

In precedenza (nel marzo 2009), la Fondazione, avendo definito il proprio progetto di nuovo polo scolastico, aveva comunicato al Comune di Bologna di aver individuato, nell'ambito del Villaggio del Fanciullo, sito in via Scipione dal Ferro, Quartiere San Vitale, la soluzione auspicata, ove insediare le proprie attività scolastiche.

Mentre la Fondazione valuta preferibile la possibilità di modificare la destinazione urbanistica dell'area in zona Lazzaretto, privilegiando lo svolgimento di attività commerciali - direzionali che ne rendano maggiormente proficua l'alienazione, l'Amministrazione valuta di interesse l'ipotesi di destinare parte di tale area alla localizzazione di un nuovo Centro Produzione Pasti sulla base dei programmi di razionalizzazione e potenziamento del servizio di refezione scolastica.

Con ulteriore atto di indirizzo viene rinnovata dal Commissario Straordinario in data 16 dicembre 2010 la necessità di dare una soluzione alla vicenda attraverso una proposta tecnica condivisa.

Il gruppo di lavoro intersettoriale incaricato, costituito anche dai rappresentanti della Fondazione Malavasi, definisce:

- delimitazione e consistenza di due lotti minimi necessari per corrispondere adeguatamente alle nuove destinazioni;
- potenzialità edificatoria insediabile, compatibilmente con i valori in campo per quanto concerne la permuta con la Fondazione Malavasi;
- una prima valutazione di accessibilità ai lotti e delle criticità indotte dalle nuove destinazioni d'uso prospettate.

Il Settore Patrimonio provvede alla determinazione del più probabile valore di mercato della nuova consistenza dell'area da permutare con la Fondazione Malavasi, tenuto conto del necessario adeguamento degli strumenti urbanistici vigenti.

Alla Fondazione viene riconosciuta una capacità edificatoria di 7.360 mq per usi commerciali e terziari, da realizzare su una parte dell'area di circa 18.000 mq, da definire attraverso un necessario frazionamento catastale. La restante parte, di circa 6.000 mq, sarà utilizzabile per la realizzazione di un nuovo Centro Produzione Pasti.

Il 15 aprile 2011 la valutazione viene trasmessa dal Comune di Bologna all'Agenzia del Territorio, Ufficio Provinciale di Bologna, per il visto di congruità del più probabile valore di mercato stimato dal Settore Patrimonio, trattandosi di permuta tra Enti con finalità di pubblico interesse e, in data 3 maggio 2011, perviene all'Amministrazione il suddetto giudizio di congruità tecnico.

In data 24 ottobre 2011 il Comune di Bologna e la Fondazione Malavasi sottoscrivono un nuovo accordo, ai sensi degli artt. 11 e 15 della L 241/90 e dell'art. 18 della LR 20/2000 che modifica, limitatamente all'art. 2, l'accordo preliminare di permuta sottoscritto il 14 settembre 2005 e approvato con deliberazione consiliare OdG n. 153 del 18 luglio 2005, mantenendo invariati tutti gli altri patti e condizioni in esso contenuti.

Alla Fondazione vengono riconosciuti – con cessione in permuta – 7.360 mq di superficie utile per usi commerciali e terziari su un'area di circa 18.000 mq di superficie da definirsi con specifico frazionamento; l'Amministrazione mantiene la proprietà dell'area residua, di circa 6.000 mq di superficie, per la futura realizzazione del nuovo Centro Produzione Pasti. La disciplina su tali aree sarà quindi definita dalla necessaria modifica degli strumenti urbanistici (variante al Poc e al Rue vigenti).

In considerazione delle tipologie definite dal vigente Ptcp (art. 9.5) per gli esercizi commerciali richiesti dalla Fondazione, la previsione commerciale ipotizzata (5.000 mq complessivi di superficie di vendita Sv) è classificabile come aggregazione di medie strutture con carattere di unitarietà per l'utenza, di attrazione sovracomunale (tipologia 21), e necessita di piano urbanistico attuativo (Pua) per essere attuata.

Pertanto Fondazione e Comune provvederanno a realizzare i propri interventi in maniera coordinata sulla base di un Pua a cui è affidato il compito di definire l'assetto complessivo e condiviso dell'area, che dovrà risultare coerente anche con le previsioni del piano particolareggiato vigente della zona R5.3 Bertalia Lazzaretto.

Tale Pua dovrà prevedere anche la realizzazione, sulle aree di proprietà comunale adiacenti a quelle in oggetto, le opere idonee a garantire, in maniera adeguata ed efficace in relazione ai carichi urbanistici previsti, tutti i necessari collegamenti - carrabili, pedonali e ciclabili - con la viabilità esistente e con la prevista Fermata "Zanardi" del Servizio Ferroviario Metropolitano.

## Le previsioni del Psc

Gli Ambiti in trasformazione (art. 20 del Quadro normativo del Psc) sono costituiti dalle parti di territorio con strumenti urbanistici attuativi adottati o approvati, o con interventi diretti previsti in attuazione del Prg previgente, le cui previsioni sono confermate dal Psc, che le considera "parti significative del nuovo progetto di città, integrandole nelle strategie di piano". Gli Ambiti in trasformazione comprendono parti di territorio in cui sono confermati dal Psc interventi di interesse pubblico, in attesa o in corso di esecuzione, da attuarsi tramite accertamento di conformità alle norme urbanistiche ed edilizie ai sensi dell'art. 7 della LR 31/2002 o ai sensi dell'art. 81 del DPR 616/1977 e smi.

All'interno di questi Ambiti valgono le norme e i parametri stabiliti dagli strumenti urbanistici ed edilizi vigenti al momento di approvazione del Psc, richiamati nelle schede dell'art. 20, o gli accordi i cui contenuti sono recepiti dal Psc in tali schede.

Pertanto la programmazione degli interventi inclusi nell'Ambito, qualora non compresi negli strumenti attuativi vigenti, come quelli in oggetto, richiedono l'inserimento nel Poc.

Il presente provvedimento pertanto varia il Poc vigente.

Si ritiene che quanto oggetto del presente provvedimento sia del tutto congruente con le indicazioni della scheda dell'ambito n. 129 Bertalia-Lazzaretto dell'art. 20 del Quadro

normativo del Psc vigente, con gli obiettivi della trasformazione in essa indicati, col ruolo definito per l'ambito. Si evidenzia inoltre la riduzione della Su prevista complessivamente: da 11.300 mq a 9.660 mq.

## Obiettivo della variante al Poc e al Rue

Obiettivo della presente variante specifica è il recepimento dei contenuti dell'Accordo sottoscritto ai sensi degli artt. 11 e 15 della L. 241/90 e dell'art. 18 della LR 20/00 tra il Comune di Bologna e la Fondazione Elide Malvasi per l'acquisizione, tramite permuta, di un'area ubicata in via Villari.

In particolare le modifiche all'accordo preliminare di permuta sottoscritto il 14 settembre 2005, che sono state definite dal successivo accordo sottoscritto il 24 ottobre 2011, limitatamente all'art. 2, mantenendo invariati tutti gli altri patti e condizioni in esso contenuti:

- Il Comune di Bologna si impegna a cedere in permuta alla Fondazione Malvasi, che si impegna ad accettare, la piena proprietà di terreno che sarà reso edificabile in Bologna in prossimità di Via Terracini, censito al catasto terreni di Bologna al foglio 41 mappali per la consistenza catastale definita e indicata nella perizia conservata in atti, PG n. 72801 del 5 aprile 2011; a cura della U.O. Tecnica del Settore Patrimonio, precisando, che in merito ai mappali n. 490, 513, 527, il Comune di Bologna o suo delegato procederà al necessario frazionamento catastale funzionale all'identificazione dell'area destinata alla realizzazione del nuovo centro pasti;
- L'edificabilità su tali aree sarà quindi, di comune accordo, realizzata attraverso la necessaria modifica agli strumenti urbanistici, tale da prevedere sull'area di circa mq 18.000 di superficie il riconoscimento di una potenzialità edificatoria pari a 7.360 mq di Su per usi terziari e commerciali (anche con previsione di realizzare strutture medio-grandi alimentare e non), mentre sull'altra parte di circa 6.000 mq sarà invece prevista una quota di edificabilità pari a 2.300 mq di Su con destinazione pubblica per la realizzazione del nuovo centro pasti.

(Atto del Commissario Straordinario - con i poteri del Consiglio - esecutivo dal 27 maggio 2011 - Oggetto: Individuazione di un innovato utilizzo dell'area di proprietà del Comune di Bologna, in località Bertalia Lazzaretto, già oggetto di un accordo con la Fondazione Malvasi, in coerenza con gli obiettivi degli attuali strumenti urbanistici.)

Come evidenziato in precedenza, gli interventi previsti dovranno essere realizzati in maniera coordinata, mediante un Pua che progetti l'assetto complessivo dell'area condiviso con l'Amministrazione, coerente anche con le previsioni del piano particolareggiato vigente della zona R5.3 Bertalia Lazzaretto. Dovranno essere realizzate, da entrambi gli attuatori, sulle aree di proprietà comunale adiacenti a quelle in oggetto, le opere idonee a garantire, in maniera adeguata ed efficace in relazione ai carichi urbanistici previsti, tutti i necessari collegamenti - carrabili, pedonali e ciclabili - con la viabilità esistente e con la prevista Fermata "Zanardi" del Servizio Ferroviario Metropolitano.

Le aree oggetto del presente provvedimento erano comprese, nella pianificazione previgente, nella zona integrata di settore R5.3, della quale costituivano un comparto, a cui, col provvedimento specifico, a seguito del primo accordo, fu impressa nuova

destinazione (per attrezzatura di proprietà privata e uso pubblico), recepita poi dai nuovi strumenti nell'ambito in trasformazione misto n. 129.

In considerazione di quanto previsto dal piano particolareggiato di iniziativa pubblica vigente ed in fase di attuazione per la zona integrata di settore R5.3 – Bertalia Lazzaretto:

*superficie territoriale  $St = 732.780\text{ mq}$ ,*

*superficie utile netta realizzabile  $Su = 215.050\text{ mq}$ ,*

*standard complessivo =  $374.005\text{ mq}$ , comprensivo di parcheggi pubblici, verde pubblico e superfici fondiarie degli usi pubblici,*

che prevede dotazioni eccedenti (verde pubblico e parcheggi pubblici) rispetto ai minimi richiesti dal previgente PRG, il nuovo Centro Produzione Pasti, costituente, come gli altri Centri esistenti dello stesso tipo, attrezzatura di proprietà pubblica e uso pubblico SCU, dovrà garantire la dotazione prevista dal Rue di parcheggi pertinenziali PE, mentre il nuovo insediamento delle funzioni prevalentemente commerciali - direzionali dovrà invece garantire la dotazione prevista dal Rue di parcheggi pubblici PU e pertinenziali PE.

Un eventuale utilizzo alternativo al CPP da parte del Comune di Bologna dell'area di sua proprietà dovrà in ogni caso escludere l'uso abitativo.



Stralcio del piano particolareggiato del comparto R5.3 – Bertalia Lazzaretto

**LEGENDA**

	PERIMETRO PUA (ST 28.500 mq circa)
	PERIMETRO AREA COMUNE DI BOLOGNA (S1) = 5.650 mq circa
	PERIMETRO AREA FONDAZIONE MALAVASI (S2) = 18.350 mq circa
	ALTRE AREE COMUNE DI BOLOGNA (S3) = 4.500 mq circa
	PARCHEGGIO PERTINENZIALE COMUNE DI BOLOGNA = 1.300 mq circa
	PARCHEGGIO PERTINENZIALE FONDAZIONE MALAVASI = 4.000 mq circa
	PARCHEGGIO PUBBLICO FONDAZIONE MALAVASI = 3.300 mq circa







**LEGENDA**

- PERIMETRO PUA (ST 28.500 mq circa)
- - - PERIMETRO AREA COMUNE DI BOLOGNA (S1) = 5.650 mq circa
- - - PERIMETRO AREA FONDAZIONE MALAVASI (S2) = 18.350 mq circa
- - - ALTRE AREE COMUNE DI BOLOGNA (S3) = 4.500 mq circa
- SUPERFICIE PERMEABILE PUA = 15% ST
- PERCORSO PERTINENZIALE CON SERVIZI DI PASSAGGIO A FAVORE AREA S1 - COMUNE DI BOLOGNA
- AREA CARICO/SCARICO COMUNE AREE S1 E S2



## Variante al Piano Operativo Comunale I contenuti del provvedimento

In relazione a quanto in precedenza evidenziato il Poc vigente viene variato introducendo la scheda di seguito riportata.

### Ambito in trasformazione misto n. 129 – area ad est di via Terracini

La proposta di intervento è l'esito dell'accordo sottoscritto in data 24 ottobre 2011 tra il Comune di Bologna e la Fondazione Malavasi, ai sensi degli artt. 11 e 15 della L. 241/90 e dell'art. 18 della LR 20/2000 che modifica, limitatamente all'art. 2, l'accordo preliminare di permuta sottoscritto il 14 settembre 2005 e approvato con deliberazione consiliare OdG n. 153 del 18 luglio 2005, mantenendo invariati tutti gli altri patti e condizioni in esso contenuti.

#### 1. *Prestazioni*

Il nuovo accordo prevede la cessione alla Fondazione Malavasi di una parte dell'area con St = 18.000 mq circa, da destinare ad insediamento commerciale e terziario, con capacità edificatoria Su = 7.360 mq, e previsione sulla parte restante dell'area, di St = 6.000 mq circa, di una destinazione pubblica per la realizzazione di un nuovo Centro Produzione Pasti, con edificabilità pari a 2.300 mq di Su.

La strategia è integrare le funzioni già previste nell'ambito con l'insediamento di nuove attività compatibili con le caratteristiche proprie dell'area, nel quadro delle finalità di utilità sociale e di interesse generale già in essere.

Gli obiettivi prioritari sono:

- integrare e rinnovare la rete dei centri esistenti, mediante la realizzazione di un nuovo centro, localizzato in maniera ottimale rispetto al bacino di utenza, di caratteristiche e capacità produttiva adeguata, nel processo, in corso, di adeguamento e innovazione di tali attrezzature.
- integrare le attività di servizio alla residenza e alle altre funzioni previste dal piano particolareggiato del comparto Lazzaretto, in aree adiacenti alla fermata "SFM Zanardi", in accordo con le previsioni della pianificazione sovraordinata.

Nel comparto sono previsti i seguenti insediamenti:

- nuovo centro produzione pasti;
- attività commerciali e terziarie.

Un eventuale utilizzo alternativo da parte del Comune di Bologna per l'area di sua proprietà dovrà in ogni caso escludere l'uso abitativo.

Il PUA definirà l'assetto complessivo dell'area.

#### 2. *Carichi insediativi*

Edificabilità complessiva

La superficie utile (Su) massima realizzabile, mediante interventi di nuova costruzione è pari a 9.660 mq.

### *Usi*

Comune di Bologna: Su pari a 2.300 mq con destinazione pubblica per la realizzazione di un nuovo centro produzione pasti. Eventuali utilizzazioni per usi alternativi debbono in ogni caso escludere l'uso abitativo.

Fondazione Malavasi: Su pari a 7.360 mq con le seguenti possibilità di articolazione degli usi commerciali e terziari:

- usi 4a, 4b, 4c e 4d fino a 5.000 mq di Sv e fino a Su max fino a 7.000 mq, di cui fino a 2.500 mq di Sv per una struttura medio-grande alimentare o non alimentare, con possibilità di realizzare strutture medio-piccole non alimentari ed esercizi commerciali di vicinato;
- altri usi terziari (5c pubblici esercizi, 3a e 3b uffici, artigianato di servizio, ecc.) con Su complessiva fino a Su max = 4.000 mq, nel rispetto comunque del valore complessivo massimo di Su = 7.360 mq.

### *3. Dotazioni.*

Interventi previsti in sede attuativa:

- Centro Produzione Pasti: dovrà garantire la dotazione prevista dal RUE di parcheggi pertinenziali PE. In caso di insediamento di usi alternativi dovrà essere garantita la relativa dotazione prevista dal RUE di parcheggi pubblici PU e pertinenziali PE.
  - nuovo insediamento delle funzioni prevalentemente commerciali - direzionali: dovrà garantire la dotazione prevista dal RUE di parcheggi pubblici PU e pertinenziali PE.
- Dovranno essere attuate le misure per la sostenibilità previste dalla ValSAT dello specifico provvedimento di variante.

Permeabilità minima da garantire nel PUA: almeno 15% della St.

### *4. Strumenti e modalità di attuazione.*

PUA di iniziativa privata; infatti, con riferimento alle tipologie definite dal vigente PTCP per gli esercizi commerciali possibili sull'area, la previsione commerciale in oggetto è classificabile come tipologia per singole strutture medie e medio-grandi (tipo 15, 16, 17, 18, 19 o 20) di competenza comunale, come centro commerciale di competenza provinciale (tipo 11), o, in alternativa, aggregazione di medie strutture con carattere di unitarietà per l'utenza, di attrazione sovracomunale (tipologia 21), che necessita di PUA per essere attuata.

Gli interventi previsti dovranno essere realizzati in maniera coordinata, mediante un PUA che progetti l'assetto complessivo condiviso con l'Amministrazione, coerente anche con le previsioni del piano particolareggiato vigente della zona R5.3 Bertalia Lazzaretto.

Dovranno essere realizzate, da entrambi gli attuatori, sulle aree di proprietà comunale adiacenti a quelle in oggetto, le opere idonee a garantire, in maniera adeguata ed efficace in relazione ai carichi urbanistici previsti, tutti i necessari collegamenti - carrabili, pedonali e ciclabili - con la viabilità esistente e con la prevista Fermata "Zanardi" del Servizio Ferroviario Metropolitano.

Il progetto di assetto complessivo potrà proporre soluzioni condivise tra gli attuatori per la realizzazione dei parcheggi pertinenziali PE complessivamente dovuti con intervento unitario a servizio di entrambi gli insediamenti, definendo altresì lo specifico utilizzo delle aree e le eventuali necessarie ricomposizioni fondiari.

Lo schema di massima indicativo dell'assetto del comparto è precisato in allegato.

Si evidenzia che il Poic della Provincia di Bologna, Norme Tecniche di Attuazione (art. 9.5 del Ptcp) – punto 4 “Strumenti di pianificazione e procedure attuative”, specifica che:

1 – Gli strumenti e le procedure per l’attuazione degli insediamenti commerciali sono:  
(...)

i Piani Urbanistici Attuativi (Pua) di cui all’art.31 delle legge regionale 20/2000, ivi compreso il ricorso al Pua per dare attuazione ai progetti di valorizzazione commerciale di aree urbane previsti dal Poc, se comprensivi di iniziative commerciali rilevanti; con riferimento al punto 4.2.3., lettera e) della Deliberazione del Consiglio Regionale 1253/1999 è fatto obbligo ai Comuni di attuare gli insediamenti commerciali attraverso Pua in tutte le tipologie contrassegnate in elenco con i numeri da 1 a 16 e da 21 a 23.

Il punto 2 dell’art. 9.5 “Aggregazioni di medie strutture” specifica:

Tipo 21 – aggregazioni di medie strutture con carattere di unitarietà per l’utenza, di attrazione sovracomunale, con superficie di vendita complessiva oltre 2.500 mq nei comuni con meno di 10.000 abitanti, e oltre 3.500 mq nei comuni con più di 10.000 abitanti, e fino a 5.000 mq, con possibile presenza di:

medie strutture alimentari (di tipo 15, 17)

medie strutture non alimentari (di tipo 16, 18)

strutture miste costituite da esercizi più piccoli accostati, con superficie di vendita complessiva entro la soglia massima delle medie strutture.

Tipo 11 – centri commerciali con medie strutture, di competenza provinciale, con superficie di vendita complessiva oltre 2.500 mq nei comuni con meno di 10.000 abitanti, e oltre 3.500 mq nei comuni con più di 10.000 abitanti, e fino a 5.000 mq; possono essere comprensivi di:

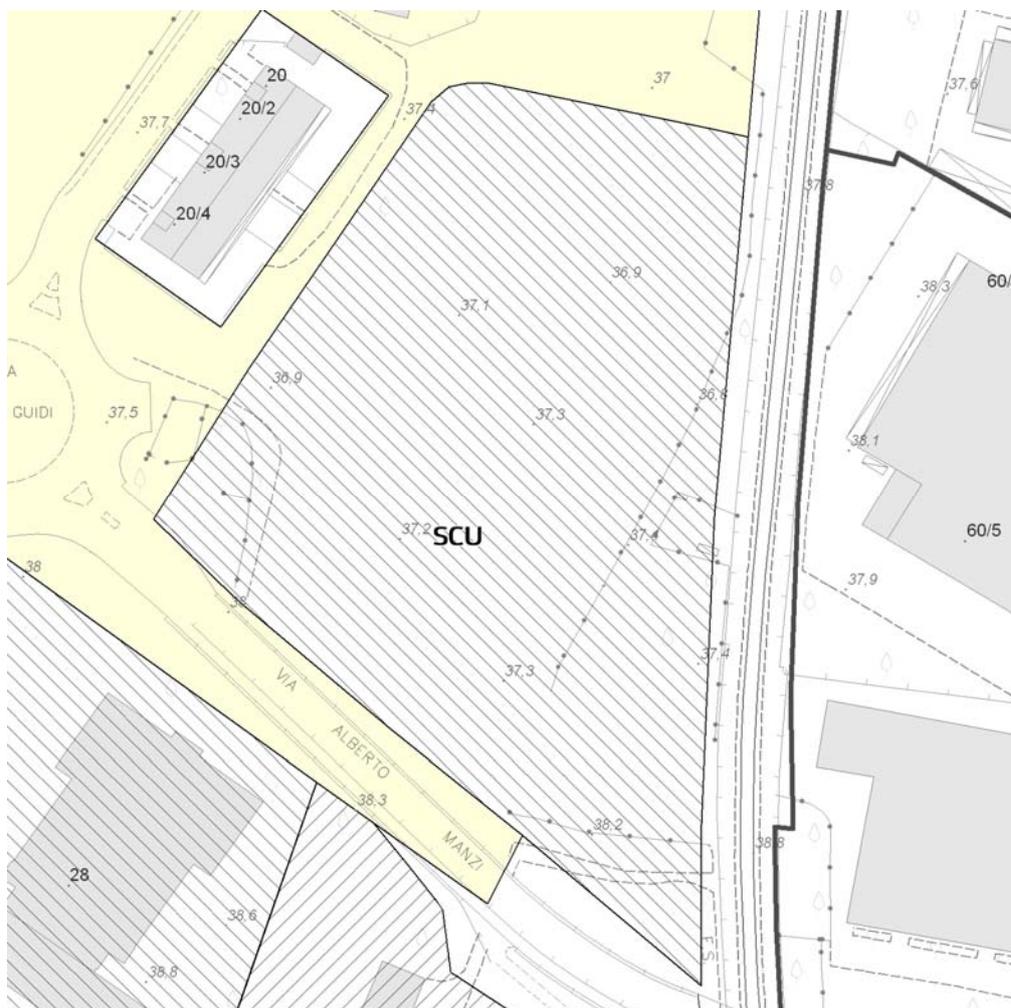
medie strutture alimentari (di tipo 15) o comunque di medie e/o piccole strutture alimentari (di tipo 15, 17, 19) fino a 2.500 mq di superficie di vendita complessiva;

medie strutture non alimentari (di tipo 16), o comunque di medie e/o piccole strutture (di tipo 16, 18, 20) fino a 2.500 mq di superficie di vendita complessiva.



## Variante al Regolamento Urbanistico Edilizio

Con il presente provvedimento si elimina l'indicazione di attrezzatura, "scuole" (SCU), di proprietà privata e di uso pubblico, riportata nel foglio 29 della tavola "Disciplina dei materiali urbani e classificazione del territorio", scala 1:2.000, del Rue vigente. A seguito della realizzazione del nuovo Centro Produzione Pasti, la porzione riservata allo stesso potrà essere individuata con l'indicazione SCU di proprietà pubblica e uso pubblico.



*Rue vigente*



*Rue modificato*

## RELAZIONE DI VALSAT



## Inquadramento urbanistico dell'area nella pianificazione comunale vigente

Area interna all'Ambito: 129 Bertalia-Lazzaretto - Situazione Bertalia



L'area è inserita in un "ambito di trasformazione misto", normato agli artt. 20 del Psc e 74 del Rue.

All'art. 20 sono normate le parti di territorio incluse in perimetri all'interno dei quali sono stati adottati o approvati strumenti urbanistici attuativi: l'area in oggetto è inserita nell'ambito 129, con le specifiche indicazioni:

a) *Strumenti attuativi della trasformazione*

Accordo ai sensi dell'art. 18 della LR 20/2000, sottoscritto in data 14 settembre 2005, parte integrante dello strumento di pianificazione approvato con deliberazione consiliare O.d.G. n. 142 del 19 giugno 2006 per la rilocalizzazione della nuova sede dell'Istituto "A. Manzoni - Fondazione Elide Malavasi".

b) *Carichi insediativi previsti*

Fondazione Malavasi (intervento edilizio diretto): Su pari a 11.300 mq.

c) *Obiettivi della trasformazione*

Realizzare un nuovo plesso scolastico superiore nei pressi di quello esistente in via della Volta.

e) *Condizioni per la sostenibilità*

L'attuazione è subordinata al potenziamento del sistema di trasporto pubblico, in termini di capacità, frequenza e copertura del territorio.

Al di là degli strumenti, dei carichi insediativi e degli obiettivi indicati (che si riferiscono alla vigente situazione normativa, ma che sono oggetto della presente variante), va rilevata

l'indicazione delle condizioni per la sostenibilità, che devono costituire la linea guida per la valutazione della compatibilità delle nuove funzioni proposte.

La scheda "Situazione Bertalia" indica le principali azioni per la qualificazione dell'ambito Bertalia-Lazzaretto: per l'area in oggetto è indicata la realizzazione di percorsi pedociclabili connessi alla rete generale dei percorsi e un parcheggio collegato alla presenza della stazione SFM Zanardi (a nord dell'area stessa).



L'articolo 74 del Rue norma "le parti di territorio incluse in perimetri all'interno dei quali sono stati adottati o approvati strumenti urbanistici attuativi o previsti interventi diretti in attuazione del Prg previgente, le cui previsioni, in attesa o in corso di esecuzione, vengono confermate dal Psc". Per le parti non comprese nel perimetro di strumenti urbanistici attuativi, il Rue rimanda all'art. 62 (Ambiti consolidati di qualificazione diffusa misti). La normativa di Rue è peraltro indirizzata al territorio già urbanizzato.

Il Poc definisce le caratteristiche della fermata SFM Zanardi che, pur esterna all'area, rappresenta una significativa opportunità di connessione con la rete del trasporto pubblico.

### FERMATA SFM ZANARDI

#### Descrizione

La fermata ha una struttura molto semplice ed essenziale :

- Le due banchine hanno una larghezza di 4 metri e la corrispondente piattaforma ferroviaria ha larghezza 15 metri e lunghezza 300 metri.
- Gli elementi di copertura sono costituiti da pensiline di lunghezza 50 metri, poste in corrispondenza della via Zanardi.

Per la realizzazione della suddetta piattaforma, il progetto prevede l'allargamento del sedime ferroviario ad ovest della via Zanardi, sui due fianchi, variabile da metri 0,50 a metri

2,00 al di fuori della proprietà ferroviaria.

*Obiettivi*

Il servizio consiste nella creazione di un sistema di trasporto pubblico collettivo su rotaia che, utilizzando le vie di corsa ferroviarie esistenti, attraverso l'istituzione di nuove fermate in ambito di aree metropolitana e regionale offre un servizio regolare e cadenzato per gli spostamenti (pendolari e non) di piccolo e medio raggio.

Nel caso specifico, la fermata Zanardi serve sia le residenze/attività esistenti nel sub-bacino Zanardi Lama, sia i nuovi insediamenti Universitari previsti dal Psc in zona Lazzaretto Bertalia.



*Stralcio della tavola "Strategie per la qualità - Attrezzature e spazi collettivi" del Psc*

Dotazione di aree attuate e in corso di attuazione	
	di proprietà pubblica e uso pubblico
	aree verdi
	spazi fruibili in territorio rurale
	centri e impianti sportivi
	piazze
	parcheggi in superficie
	parcheggi interrati e in struttura
	scuole
	sedi per attività culturali, sociali e politiche
	attrezzature socio-sanitarie
	ospedali
	di interesse pubblico
	sedi per amministrazione, sicurezza e protezione civile
	spazi per il culto
	di proprietà privata e uso pubblico
	centri e impianti sportivi
	piazze
	scuole
	sedi universitarie
	sedi per attività culturali, sociali e politiche
	attrezzature socio-sanitarie
	ospedali
	<b>Dotazione di nuove aree</b>
	aree da acquisire tramite perequazione urbanistica (comprensivo di una stima dei parcheggi di progetto non visualizzati in tavola)
	ambiti e porzioni di ambiti dove recuperare aree tramite perequazione urbanistica e accordi

In considerazione dell'esiguità dimensionale dell'area interessata dalla variante (circa il 3% dell'intero ambito 129 "Bertalia-Lazzaretto"), si può affermare che la variazione proposta non comporta significative ricadute sulla valutazione complessiva di ValSAT del Psc.

## Valutazione di sostenibilità della variante

### Premessa

Il presente capitolo costituisce la scheda di valutazione di sostenibilità del Piano Operativo Comunale, che fornisce le condizioni di sostenibilità per l'intervento previsto dalla Variante al Psc.

### Dati generali

*[Accordo, ai sensi degli artt. 11 e 15 della L. 241/90 e dell'art. 18 della LR 20/00 tra Comune di Bologna e la Fondazione Elide Malavasi]*

**Superficie dell'area** St = mq 24.000, suddivisa in due sub-ambiti:

- 1. Fondazione Malavasi: mq 18.000 circa
- 2. Comune di Bologna: mq 6.000 circa

**Su complessiva** mq 9.660 di cui

- 1. Fondazione Malavasi
  - usi commerciali 4a, 4b, 4c e 4d fino a 5.000 mq di SV e fino a Su max fino a 7.000 mq, di cui fino a 2.500 mq. di Sv per una struttura medio grande alimentare o non alimentare, con possibilità di realizzare strutture medio piccole non alimentari ed esercizi commerciali di vicinato,
  - altri usi terziari (5c pubblici esercizi, 3a e 3b uffici, artigianato di servizio, ecc.) con Su complessiva fino a Su max = 4.000 mq,
  - nel rispetto comunque del valore complessivo massimo di Su = 7.360 mq.
- 2. Comune di Bologna
  - mq 2.300 di Su a destinazione pubblica (nuovo Centro Produzione Pasti). Eventuali utilizzazioni per usi alternativi debbono in ogni caso escludere l'uso abitativo.

### Dotazioni territoriali minime richieste

In considerazione di quanto previsto dal P.P. di iniziativa pubblica della Zona Integrata di Settore R.5.3 Bertalia Lazzaretto, che prevede dotazioni eccedenti (verde pubblico e parcheggi pubblici) rispetto ai minimi richiesti dal pre-vigente Prg, per l'attuazione dell'ambito dovranno essere garantite le seguenti dotazioni:

- insediamento per funzioni prevalentemente commerciali-direzionali:  
dovrà garantire la dotazione prevista dal Rue di parcheggi pubblici PU e pertinenziali PE.

- centro produzione pasti:

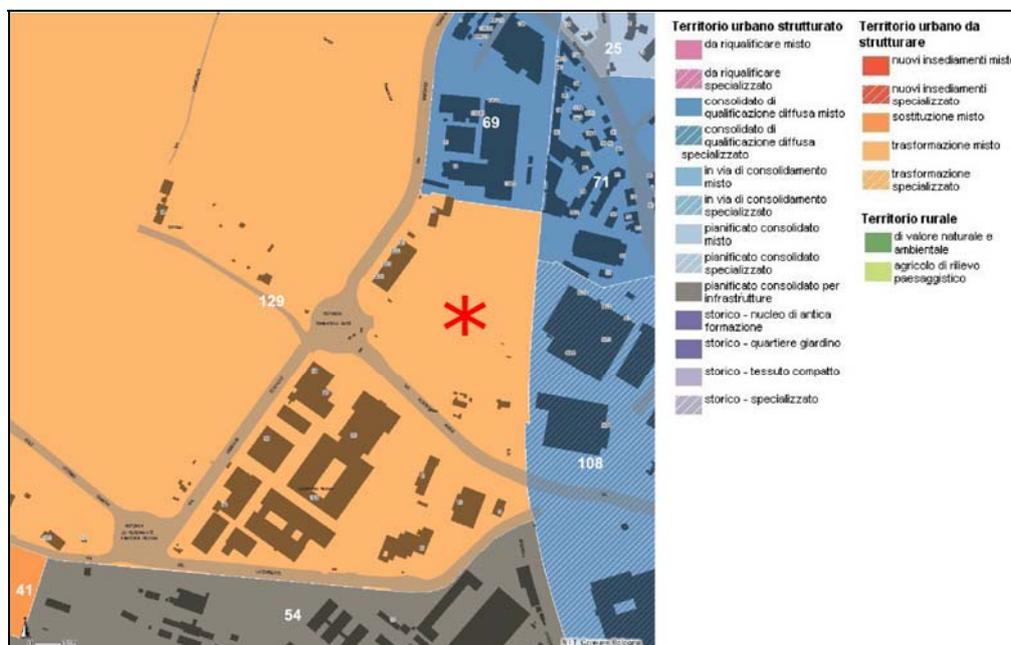
dovrà garantire la dotazione prevista dal Rue di parcheggi pertinenziali. In caso di insediamento di usi alternativi dovrà essere garantita la relativa dotazione prevista dal Rue di parcheggi pubblici PU e pertinenziali PE.

### Strumenti e modalità di attuazione

- Pua di iniziativa privata. Infatti, con riferimento alle tipologie definite dal vigente Ptcp per gli esercizi commerciali possibili sull'area, la previsione commerciale in oggetto è classificabile come tipologia per singole strutture medie e medio-grandi (tipo 15, 16, 17, 18, 19 o 20) di competenza comunale, come centro commerciale di competenza provinciale (tipo 11), o, in alternativa, aggregazione di medie strutture con carattere di unitarietà per l'utenza, di attrazione sovracomunale (tipologia 21), che necessita di Pua per essere attuata.

Gli interventi previsti dovranno essere realizzati in maniera coordinata, sulla base di un progetto di assetto complessivo concordato con l'Amministrazione, coerente anche con le previsioni del piano particolareggiato vigente della zona R5.3 Bertalia Lazzaretto. Dovranno essere realizzate, da entrambi gli attuatori, sulle aree di proprietà comunale adiacenti a quelle in oggetto, le opere idonee a garantire, in maniera adeguata ed efficace in relazione ai carichi urbanistici previsti, tutti i necessari collegamenti - carrabili, pedonali e ciclabili - con la viabilità esistente e con la prevista Fermata "Zanardi" del Servizio Ferroviario Metropolitano.

Il progetto di assetto complessivo potrà proporre soluzioni condivise tra gli attuatori per la realizzazione dei parcheggi pertinenziali PE complessivamente dovuti con intervento unitario a servizio di entrambi gli insediamenti, definendo altresì lo specifico utilizzo delle aree e le eventuali necessarie ricomposizioni fondiarie.



Le valutazioni che seguono sono state sviluppate in modo cautelativo nell'ipotesi di insediamento, nel sub-ambito 1, della massima superficie ammissibile per strutture commerciali, considerata la situazione più gravosa dal punto di vista degli impatti sul territorio.

### Carico urbanistico

Nel caso della struttura commerciale, la punta di carico urbanistico generato - in termini di utenti e, conseguentemente, di veicoli circolanti - si verifica al sabato pomeriggio nella fascia oraria 18,00 - 19,00, con una percentuale oscillante attorno al 10,5% del totale giornaliero (orario di apertura 9,00 - 21,00). Altre fasce orarie di punta sono il sabato mattina 11,00 - 12,00 (11,2%) e il venerdì pomeriggio 18,00 - 19,00 (12,2% del totale giornaliero). Le due punte del sabato sono pressoché equivalenti, ma la fascia del pomeriggio ha un peso maggiore in quanto anche l'ora precedente e quella seguente sono di forte afflusso. La fascia oraria di punta del venerdì invece, anche se percentualmente significativa nella gior-

nata, lo è meno in valore assoluto in quanto gli afflussi complessivi del venerdì sono circa il 70% di quelli del sabato.

Una struttura di queste dimensioni emette circa 16.500 scontrini alla settimana, di cui il 19% circa al venerdì e il 28% circa al sabato. Nell'ora di punta del sabato (18-19) si concentra il 12% circa degli scontrini (circa 390). A questi scontrini corrisponde, applicando i parametri di uso dell'auto (80%) e di scontrini per auto (1,1) un flusso di circa 700 viaggi totali (andata e ritorno) nell'ora di punta del sabato e di circa 550 viaggi totali nell'ora di punta del venerdì (78% di quelli del sabato).

Per quanto riguarda gli addetti, in relazione alle dimensioni della struttura si può valutare un numero variabile tra 100 e 120 persone, con una contemporaneità (turni nella giornata e turni settimanali) dell'80%, pari a 80 - 96 presenze. A questi vanno aggiunti i circa 50 addetti relativi alla quota di terziario prevista (circa 2.300 mq di superficie lorda, pari a circa 1.900 mq di superficie netta). Il peso di questi spostamenti nell'ora di punta del sabato è peraltro irrilevante, se si tiene conto inoltre del fatto che nell'ora di punta del sabato le attività terziarie non generano traffico in quanto non in funzione.

Per il Centro Produzione Pasti sono previsti circa 40 addetti, presenti contemporaneamente nella struttura solo tra le 8,00 e le 9,30 e tra le 13,30 e le 14,00. Gli orari di funzionamento della struttura sono dalle 6,30 alle 14,30.

- approvvigionamento: 5-6 veicoli al giorno; orario indicativo: 6,30 - 11,00; tutte le tipologie di veicoli commerciali
- consegne: 8-10 veicoli/giorno; orario indicativo: 8,30 - 10,30; furgoni di medie e piccole dimensioni
- Nessuno di questi spostamenti avviene nell'ora di punta. Il Centro prepara la ristorazione scolastica per le scuole pubbliche primarie e dell'infanzia (che al sabato sono chiuse), e quindi non si hanno interferenze nemmeno il sabato mattina.

### Aria

#### *Stato*

Con riferimento alla zonizzazione della qualità dell'aria, l'area appartiene all'agglomerato di Bologna, caratterizzato da elevate criticità in termini di inquinamento da PM10 e NOx.

Essa è posta in adiacenza alla linea ferroviaria Bologna-Padova in un contesto di insediamenti a carattere misto, prevalentemente produttivi nell'intorno immediato.

E' caratterizzata dalla presenza di una forte infrastrutturazione per la mobilità sia su ferro sia su gomma. Per quest'ultima, in particolare, si rilevano ottime condizioni di accessibilità veicolare attraverso la viabilità esistente.

Allo stato attuale manca un adeguato servizio di trasporto pubblico; in progetto la linea People Mover con la fermata Lazzaretto e la nuova stazione SFM Zanardi.

#### *Impatto potenziale da Psc*

Il nuovo carico urbanistico rispetto a quello ammesso dalla vigente pianificazione genererà un incremento degli spostamenti e una diversa distribuzione degli stessi sia nel corso della giornata sia nell'arco della settimana.

#### *Misure per la sostenibilità*

Nello sviluppo delle nuove destinazioni d'uso nell'area è importante la realizzazione di un efficiente rete ciclopedonale di collegamento con il trasporto pubblico - sia esistente sia di progetto - e la realizzazione di una adeguata dotazione di parcheggi.



*Schema planimetrico dell'insediamento Bertalia - Lazzaretto*

## Rumore

### *Stato*

L'area è esposta alle emissioni della linea ferroviaria Bologna-Padova (ad est) e della viabilità circostante. Da questo punto di vista, la modifica delle destinazioni d'uso costituisce un aspetto positivo in quanto si sostituisce ad una destinazione sensibile (attrezzature per l'istruzione) una destinazione compatibile con il clima acustico prevedibile per l'area. Va inoltre rilevato che l'intorno dell'area è costituito in prevalenza da attività produttive, e che l'insediamento del Lazzaretto (in corso) prevede aree verdi in corrispondenza dell'area in

oggetto.

Il nuovo carico urbanistico potrà generare un incremento del traffico veicolare con un conseguente peggioramento del clima acustico; a questo proposito va rilevato che nell'intorno immediatamente adiacente l'insediamento non sono presenti insediamenti residenziali: i più vicini sono situati a nord, oltre la linea ferroviaria, a sud oltre la via del Lazzaretto (tratto in trincea), ed anche l'assetto planimetrico del nuovo insediamento del Lazzaretto (ad est, oltre la via Terracini) non prevede edifici residenziali in corrispondenza dell'area.

***Impatto potenziale da Psc***

L'area è interessata dal completamento della viabilità generale conseguenza all'attuazione del Pua Bertalia-Lazzaretto (in corso), che consentirà buoni collegamenti con il sistema tangenziale e con la città. È presumibile che il potenziamento della viabilità induca un incremento dei livelli di rumore da traffico ed è di conseguenza positiva la sostituzione dell'uso sensibile (scuola) con attività maggiormente congruenti con l'ambiente acustico (terziario e commercio).

***Misure per la sostenibilità***

Valutare in fase attuativa la necessità di mitigazioni sulla viabilità direttamente connessa alle attività da insediare.

**Acqua**

***Stato***

L'area è inserita nelle "Aree di ricarica della falda, settore B", articolo 11 del Psc, per le quali si applicano le disposizioni dell'art. 45 del PTA e dell'art. 5.3 del Ptcp (Variante 2008 in recepimento del Pta). Riguardo a quest'ultimo articolo, al comma 3 si stabilisce che, per le aree comprese all'interno del territorio urbanizzato, non sono fissate percentuali minime di superficie permeabile ma, "nel caso di interventi in tali ambiti i Comuni dovranno comunque perseguire l'obiettivo di miglioramento quantitativo della funzione di ricarica dell'acquifero, prescrivendo significative percentuali minime di superficie permeabile da garantire, tendenti a raggiungere le percentuali richieste agli ambiti per i nuovi insediamenti".



### *Impatto potenziale da Psc*

La modifica delle destinazioni non comporta un significativo aumento dei consumi idrici futuri e del carico sul sistema fognario.

#### Misure per la sostenibilità

Oltre a prevedere interventi di risparmio idrico a scala di involucro edilizio (per i quali si demanda al Rue), si ipotizza come principale azione il riutilizzo delle acque meteoriche, in modo da poter conseguire un alto indice di separazione delle reti. Come già indicato nella ValSAT del Psc, la laminazione delle acque meteoriche potrà avvenire in corpo idrico superficiale a seguito di opportuni approfondimenti e non dovrà sovraccaricare il sistema fognario.

Nei comparti oggetto di trasformazioni occorre provvedere a una separazione delle acque meteoriche di dilavamento (o "acque bianche") dalle acque reflue di scarico, tramite una rete di deflusso separata, allo scopo di realizzare una agevole laminazione delle acque bianche, di attuare politiche di riutilizzo ad uso irriguo, di non incrementare gli apporti d'acqua meteorica di dilavamento al sistema di trattamento dei reflui e quindi permettere al depuratore – non sovraccaricato dall'apporto delle acque bianche – un più continuo funzionamento. Come indicato nella Valsat del Psc, per la raccolta delle acque meteoriche di dilavamento e il successivo rilascio in corpo idrico superficiale si dovrà giungere alla raccolta di valori minimi dal 95% al 75% dell'acqua meteorica di dilavamento (Ambiti di nuovo insediamento).

#### Suolo e sottosuolo

##### *Stato*

L'area non presenta particolari condizionamenti o limiti dal punto di vista della vulnerabilità dell'acquifero.

Gli studi di microzonazione sismica effettuati consentono di affermare con buona sicurezza che il contesto geologico e quello idrogeologico (assenza di falda) depongono a favore della esclusione della la propensione alla liquefazione dei sedimenti: infatti, la profondità e potenza del primo intervallo granulare insaturo fornisce un fondamentale contributo all'esclusione della liquefazione, per il buon grado di confinamento che può indurre ad eventuali intervalli granulari saturi più profondi. La coincidenza tra frequenze di risonanza naturale del terreno e frequenze di vibrazione delle strutture può invece causare amplificazioni nel caso di impulsi ciclici dovuti ad un evento sismico (effetto di "doppia risonanza"). Per l'Ambito studiato, le registrazioni HVSR evidenziano un marcato picco di amplificazione dello spettro H/V alla frequenza di circa 5 hz (riflettore sismico corrispondente al tetto del primo banco ghiaioso): ciò si può pertanto tradurre nella possibilità di risonanza per edifici di altezze pari a circa 7÷13 metri (circa 2÷3 piani).

### Energia

#### *Stato*

L'area, non edificata, svolge allo stato attuale un potenziale ruolo di sequestro di gas serra, con effetti microclimatici positivi, peraltro mitigati dalla ridotta dimensione.

#### *Impatto potenziale da Psc*

I nuovi interventi, in assenza di applicazione di interventi di mitigazione e compensazione, comporterebbero in valore assoluto un aumento del fabbisogno di energia, corrispondente ad un incremento annuale delle emissioni climalteranti complessive cittadine, anche se tale incremento si riduce sensibilmente se si confronta la previsione della presente Variante con quella del vigente Psc. A queste devono essere sommate le emissioni aggiuntive derivanti dal maggior carico urbanistico sul sistema dei trasporti, anch'esso significativo in valore assoluto ma contenuto nel confronto tra le due situazioni.

#### *Misure per la sostenibilità*

L'applicazione delle Linee guida per l'energia come indicate nello scenario Energy saving del Pec consente di ridurre i consumi.

### Elettromagnetismo

#### *Stato*

L'area non presenta particolari condizionamenti o limiti dal punto di vista dell'inquinamento elettromagnetico; si segnala la presenza di impianti fissi per la telefonia mobile, la cui presenza è compatibile con le attività insediabili.



### Habitat naturali e paesaggio

#### *Stato*

La cartografia relativa alle reti ecologiche non evidenzia elementi strategici, confermata anche dalla lettura delle foto aeree nelle quali si può segnalare solo la presenza di vegetazione spontanea lungo la linea ferroviaria.

### Mobilità

#### *Stato*

L'area è situata ad ovest della linea ferroviaria Bologna-Padova in un'area caratterizzata da importante infrastrutturazione stradale (via del Lazzaletto, via U. Terracini). Per quanto riguarda il trasporto pubblico urbano, i tracciati delle linee 11 e 35 arrivano in prossimità dell'area.

#### *Impatto potenziale da Psc*

Il nuovo carico urbanistico produrrà – rispetto a quello dell'attuale situazione – una modifica della tipologia e degli orari di punta degli spostamenti generati e attratti dall'area di intervento. Come indicato nel paragrafo "Carico Urbanistico", la quantità maggiore di spostamenti avverrà al venerdì pomeriggio (18-19), al sabato mattina (11-12) e al sabato pomeriggio (18-19).

Considerati gli usi previsti nella Variante, gli spostamenti più significativi sono quelli relativi agli usi commerciali che hanno però ore di punta non coincidenti con quelle del traffico urbano generale. Nell'ora di punta del mattino, infatti, gli spostamenti per motivi di studio si sommano a quelli per motivi di lavoro e costituiscono una componente significativa del traffico generale, mentre pressoché nullo è l'apporto degli spostamenti afferenti alle

strutture commerciali.

L'ora di punta degli spostamenti afferenti alle strutture commerciali si colloca al sabato nella fascia oraria tra le 17 e le 20, variabile in funzione della tipologia di insediamento commerciale. La coincidenza tra un'ora di semi-punta del traffico urbano e un'ora di punta del traffico afferente alle strutture commerciali si verifica al venerdì pomeriggio nella fascia tra le 17 e le 19.

I diversi comportamenti portano a concludere che la modifica degli usi ammessi per l'area - rispetto alla situazione futura - porterà ad un miglioramento nelle ore di punta del mattino di tutta la settimana ed ad un incremento nella fascia di punta del venerdì.

Sulla base della stima del carico urbanistico effettuata, si possono stimare per le due strutture:

- fasce orarie del mattino 8,00 – 9,00 (addetti, conferitori), nuovi spostamenti: 90 addetti + 10 conferitori. A questi spostamenti corrisponde un numero di veicoli pari a 45-50 per gli addetti e 10 per i conferitori
- fascia oraria di punta del venerdì pomeriggio (utenti), 18,00 - 19,00, 550 nuovi spostamenti, contributo trascurabile da parte di addetti e conferitori.

#### *Misure per la sostenibilità*

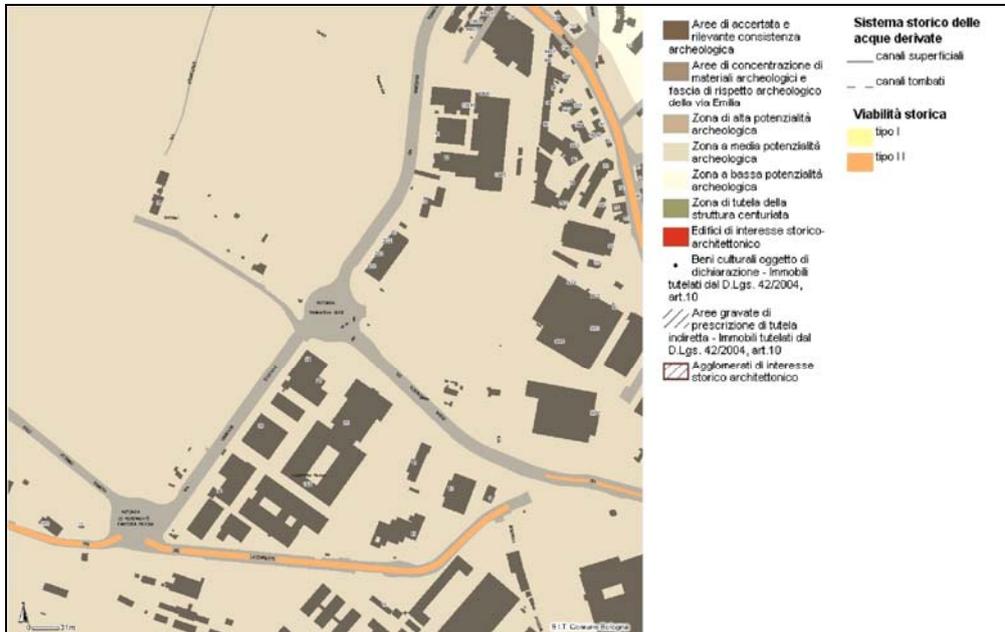
I 550 circa spostamenti aggiuntivi generati e attratti dall'ambito nell'ora di punta, rappresentano la quota su auto degli spostamenti totali, pari a circa l'80%. Il restante 20% degli spostamenti può essere indicativamente attribuito per circa il 15% al trasporto pubblico e circa il 5% ad altre modalità di trasporto.

La domanda di mobilità su trasporto pubblico su gomma ipotizzata può essere soddisfatta all'interno delle misure previste nel quadro dell'attuazione del Pua Bertalia-Lazzaretto, in quanto i circa 80 utenti in più generabili dalle attività commerciali rappresentano una quota marginale rispetto al complesso di utenti, addetti e residenti generati dal Pua stesso. Per quanto riguarda il trasporto privato, occorrerà prevedere una verifica dei livelli di servizio delle strade e dell'efficienza delle immissioni carrabili sulla viabilità principale conseguente alle modifiche previste e la realizzazione di adeguate misure per il mantenimento delle prestazioni della rete stradale. Allo scopo di garantire il necessario interscambio tra il trasporto privato, il trasporto pubblico e le modalità alternative (bici e pedonale), occorrerà completare e qualificare la rete dei collegamenti ciclopedonali, migliorare l'accessibilità e garantire una adeguata connessione con le fermate del trasporto pubblico.

#### *Testimonianze storiche e archeologiche*

##### *Stato*

La cartografia relativa non evidenzia elementi strategici. Come si può osservare nello stralcio della tavola dei vincoli archeologici riportato in basso, gli unici elementi significativi nell'intorno sono rappresentati da tratti di viabilità storica di tipo II (via Zanardi, via A.Manzi parte e via del Lazzaretto), che non hanno peraltro interferenze con l'area.



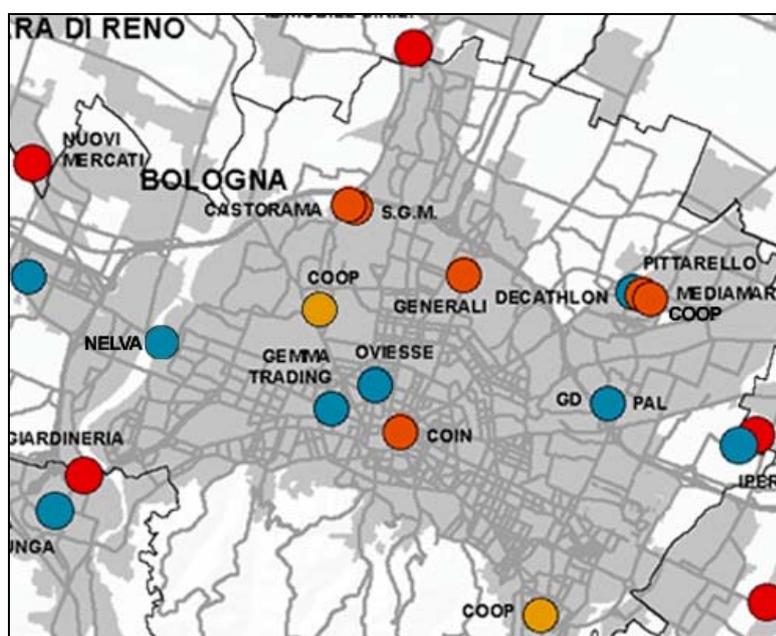
## Relazione sulla qualità urbana

L'insediamento oggetto di Variante si inserisce nel Pua "Bertalia - Lazzaretto", che prevede la realizzazione di oltre 2.000 nuove abitazioni, oltre alle nuove sedi della Facoltà di Ingegneria e ad altri edifici destinati ad usi integrati alla residenza, come uffici, negozi e spazi pubblici.

L'obiettivo del progetto di Pua è disegnare una nuova centralità invece che una nuova periferia, creare un insediamento di alta qualità, che sappia rileggere in chiave contemporanea le caratteristiche architettoniche e la variegata composizione sociale della città storica, ma dotato, allo stesso tempo, di tutti i servizi che la città storica fatica ad ospitare<sup>1</sup>.

Gli aspetti di qualità urbana sui quali l'intervento oggetto di variante può avere influenza sono relativi alla organizzazione della rete commerciale della parte nord di Bologna, e conseguentemente al livello di servizio che potrà essere offerto alla popolazione dell'area di influenza, e all'articolazione della rete dei percorsi pedonali e ciclabili che collegheranno la viabilità esistente con la prevista stazione SFM Zanardi.

Nel Pua, in corso di attuazione, a fronte dell'insediamento di un numero significativo di abitanti e della presenza giornaliera di un numero altrettanto importante di "utenti della città", non sono peraltro previste strutture commerciali di dimensioni congruenti con quelle dell'insediamento.



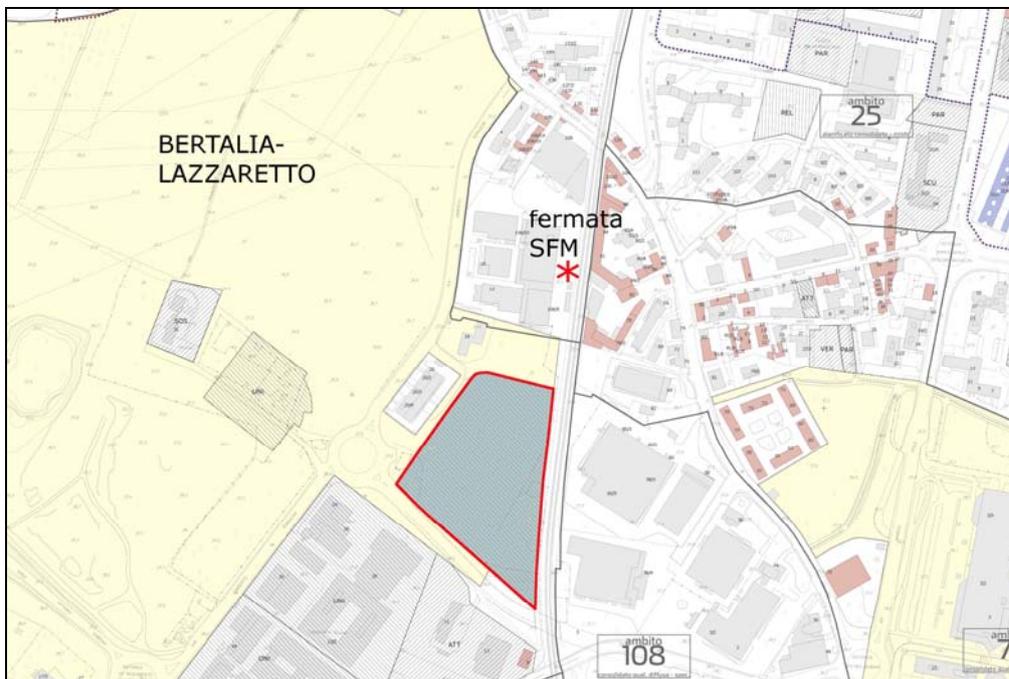
*Distribuzione degli esercizi commerciali di rilevanza sovra-comunale. (Fonte: Poic, Provincia di Bologna)*

Nella figura si può notare che la distribuzione di esercizi di rilevanza sovra-comunale appare abbastanza sbilanciata nella zona nord di Bologna, per quanto riguarda gli alimentari (giallo) e i misti (blu), a favore di strutture non alimentari (rosso).

L'insediamento di un complesso commerciale di questo livello a tipologia mista può quindi rappresentare un fattore di equilibrio e di qualità del servizio alla popolazione. Allo stesso modo, la realizzazione di un nuovo centro di produzione pasti comunale rappresenta un

<sup>1</sup> Fonte: Urban Center, Comune di Bologna

elemento di qualità nell'ambito della ristorazione scolastica, in quanto consente un servizio più capillare, con tempi di consegna contenuti.  
 Come previsto dall'accordo ex art. 18 L.R. 20/2000 tra Comune di Bologna e Fondazione Malavasi, alla base della presente Variante, nell'ambito del Pua dovranno essere realizzati collegamenti pedonali e ciclabili tra la viabilità esistente e la prevista Fermata "Zanardi" del Servizio Ferroviario Metropolitano. Anche questo rappresenta un aspetto di miglioramento della qualità urbana in quanto valorizza il trasporto pubblico connettendo alla rete dei percorsi una fermata SFM di accessibilità non immediata per quanto riguarda il nuovo Pua "Bertalia-Lazzaretto".



## Condizioni di fattibilità economico-finanziaria Agenda dell'attuazione

L'Art. 30 della LR 20/2000, come modificato dalla LR 6/2000, prevede al comma 2, con la nuova lettera f bis), di integrare gli elaborati del Poc con "una relazione sulle condizioni di fattibilità economico-finanziaria dei principali interventi disciplinati, nonché una agenda attinente all'attuazione del piano, che indichi i tempi, le risorse e i soggetti pubblici e privati chiamati ad attuarne le previsioni, con particolare riferimento alla dotazioni territoriali, alle infrastrutture per la mobilità e agli interventi di edilizia residenziale sociale".

Nel caso specifico si tratta di una variante puntuale al Poc vigente finalizzata all'attuazione di un accordo sottoscritto ai sensi dell'art. 18 della L.R. 20/2000 e s.m.i.

L'attuazione dell'intervento avverrà, così come previsto dalla normativa e dall'accordo sottoscritto, attraverso la predisposizione del Piano particolareggiato relativo intera area (parte a destinazione commerciale e parte Centro produzione pasti).

Nel Pua, regolamentato da specifico atto convenzionale, dovranno essere specificate le fasi di intervento nonché gli interventi prioritari: opere di urbanizzazione, viabilità e parcheggi pubblici. Nell'ambito degli interventi previsti non risulta necessario procedere ad espropri per l'attuazione delle opere di urbanizzazione.

I costi di urbanizzazione relativi alle opere stradali, ai parcheggi e all'estensione di reti e allacciamenti ai servizi saranno posti a carico degli attuatori a scomputo del contributo di concessione per la parte afferente gli oneri di urbanizzazione primaria dovuti per l'attuazione degli interventi di nuova costruzione e le modalità attuative definite nell'atto convenzionale.

A seguito della definizione del Pua potranno essere rilasciati i Permessi di Costruire inerenti le strutture commerciali e terziarie ed i Permessi di Costruire per gli interventi urbanizzativi.

L'avvio dei lavori, per quanto riguarda l'attuazione della parte commerciale, è presumibilmente riferibile alla struttura alimentare – della quale è sentita l'esigenza nell'area in relazione all'attuazione, in corso, del Pua Bertalia-Lazzaretto; ad essa seguiranno, anche in funzione delle richieste / esigenze del mercato, le altre strutture.

La realizzazione del centro produzione pasti avverrà in modo indipendente e il Comune di Bologna potrà dare attuazione all'intervento con modalità legate alla concessione in gestione della struttura.

Il Completamento degli interventi potrà avvenire in un arco temporale di cinque anni.

La fattibilità economico-finanziaria degli interventi di urbanizzazione è pertanto garantita dal concorso economico privato legato all'attuazione del Pua.

# STUDIO GEOLOGICO E SISMICO





**Comune:** COMUNE DI BOLOGNA

**Oggetto:**

VARIANTE AL POC E AL RUE VIGENTI PER LA DISCIPLINA DI  
PARTE DELL'AMBITO IN TRASFORMAZIONE  
N.129 BERTALIA-LAZZARETTO (ART. 20 DEL QUADRO  
NORMATIVO DEL PSC VIGENTE

**STUDIO GEOLOGICO E SISMICO DI III LIVELLO (ai  
sensi della DAL n.112/2007)**

**Stesura:** settembre 2012

**Elaborazione:** Dott. geol. Samuel Sangiorgi

**Committente:** Oikos Ricerche Srl



## Indice generale

<b>1 Premessa.....</b>	<b>2</b>
<b>2 Metodo di lavoro.....</b>	<b>3</b>
2.1 Dati di riferimento e di repertorio.....	3
2.2 Piano delle indagini effettuate.....	4
<b>3 Caratterizzazione geologica dell'area di studio.....</b>	<b>7</b>
3.1 Inquadramento geologico e idrogeologico.....	7
3.2 Pericolosità sismica di base.....	10
<b>4 Caratterizzazione geotecnica di massima.....</b>	<b>13</b>
<b>5 Modellazione numerica della risposta sismica locale (III livello).....</b>	<b>15</b>
5.1 Elaborazione del modello sismico.....	15
5.2 Elaborazione degli effetti di amplificazione.....	17
5.3 Esiti dell'analisi e conclusioni.....	21
<b>6 Liquefazione e cedimenti post sisma (III livello speditivo).....</b>	<b>26</b>

## 1 Premessa

Lo Studio scrivente è stato incaricato dalla società Oikos Ricerche Srl di espletare lo studio geologico e sismico integrativo a corredo della Variante al POC e al RUE vigenti per la disciplina di parte dell'Ambito in trasformazione n.129 “Bertalia-Lazzaretto”.

La Regione Emilia-Romagna, attraverso uno specifico apparato normativo (LR 20/2000 e delibera Regionale n.112/2007 (“Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica”) ha imposto l'elaborazione di 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 in questione, visto che per il Comune di Bologna non è ancora dotato dello studio di Micro Zonazione Sismica (MZS) del territorio amministrativo (urbanizzato e di previsione), l'approvazione della Variante è dunque subordinata alla elaborazione di una specifica analisi di risposta sismica locale di “III livello” conoscitivo dell'Ambito in questione come richiesto dal Comune di Bologna.

Per quanto detto, nelle successive pagine della relazione si esporranno le metodologie seguite e gli esiti dello studio di MZS; in particolare, si propone una specifica sintesi che descrive:

- il contesto geologico ed idrogeologico;
- l'approfondimento sismico di III livello relativo all'analisi degli effetti locali potenziali (modellazione numerica di risposta sismica locale; propensione alla liquefazione; cedimenti post sisma);
- la caratterizzazione geotecnica di massima.

## 2 Metodo di lavoro

Il lavoro analitico svolto è stato impostato riferendosi a dati geognostici di repertorio e a prove geofisiche eseguite “in situ” per questo lavoro.

### 2.1 Dati di riferimento e di repertorio

Per il contesto geologico, e idrogeologico locale → ci si è riferiti ai dati di repertorio dello Studio scrivente, ai dati della Banca Dati geognostica della Regione Emilia-Romagna (figura 2.1) e alla cartografia pubblicata dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli (SGSS) della nostra Regione (Carta Geologica e Carta delle Sezioni Geologiche della Pianura emiliano-romagnola)



Figura 2.1 - Stralcio della Cartografia geologica della Regione Emilia-Romagna pubblicata on-line nel sito della Regione. I punti indicano le terebrazioni contenute nella B/D RER (sondaggi; penetrometrie; ecc.). L'area di studio è compresa nel cerchiato rosso.

Per l'elaborazione della Risposta Sismica Locale semplificata → ci si è attenuti alla Delibera Regionale n.112/2007. La delibera fornisce tabelle e formule di riferimento per la valutazione semplificata dell'amplificazione locale (<<Il livello>> di approfondimento), elaborate sulla base degli esiti delle indagini sismiche che la Regione Emilia-Romagna ha effettuato nel territorio regionale; inoltre definisce i criteri di approfondimento differenziati a seconda delle fasi di programmazione affrontate e del contesto di pericolosità locale riscontrato.

## 2.2 Piano delle indagini effettuate

Prove penetrometriche statiche a punta meccanica CPT → sono state eseguite tre prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT), spinte fino a “rifiuto strumentale”:

CPT1 → 11,8 metri dal piano campagna (p.c.)

CPT2 → 13,0 metri dal p.c.

CPT3 → 12,2 metri dal p.c.

Le terebrazioni sono state realizzate con un penetrometro dotato di spinta da 200 kN, montato su mezzo semovente cingolato con ancoraggi laterali per incrementare il contrasto durante la penetrazione profonda (foto 2.1). La punta utilizzata per la prova CPT presenta le dimensioni standard europee: apertura di 60°, diametro di 35,7 mm e area di 10 cmq per la misura della pressione di rottura ( $q_c$ ), manicotto di attrito per la misurazione delle resistenze di attrito laterale ( $f_s$ ) con superficie di 150 cmq, velocità di penetrazione della punta-manicotto pari a 2 cm/sec. La speciale attrezzatura utilizzata permette l'acquisizione dei dati ogni 20 cm di avanzamento attraverso lettura diretta delle resistenze. I dati di penetrazione ( $q_c$ ,  $f_s$ ) sono stati elaborati per la stima automatica dei principali parametri meccanici fondamentali (vedi grafica in appendice): quota di falda locale, resistenza alla punta normalizzata ( $Q_{c1n}$ ),  $I_c$ , D.R.,  $\varphi'$ ,  $c_u$ , OCR, Modulo Edometrico. Gli esiti delle prove sono riportati nella grafica in appendice al testo.



*Foto 2.1 – Mezzo semovente utilizzato per le prove CPT (l'immagine riprende la prova CPT1)*

Piezometro a tubo aperto → nel foro della penetrometria CPT2 è stato posizionato un piezometro a tubo aperto (diametro 3/4 pollice) spinto a 13 metri. Le cannule sono state fessurate solamente nell'intervallo più profondo (ultimi tre metri) per il controllo dell'eventuale presenza stagionale di falda nel primo acquifero granulare raggiunto dalle prove penetrometriche.

Indagine sismica attiva MASW → è stata eseguito uno stendimento al fine di poter ricavare i valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ . La prova consiste nel produrre una sollecitazione sulla superficie del terreno e nel registrare le

vibrazioni prodotte a distanze note e prefissate. Nel sito si sono disposti 24 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura regolare di 1 m, si eseguono diversi “scoppi” in linea (come riportato nello schema esemplificativo di figura 2.2) con lo stendimento alle seguenti distanze dal primo geofono: 2m – 4m – 6m - 8m - 10m – 12m.

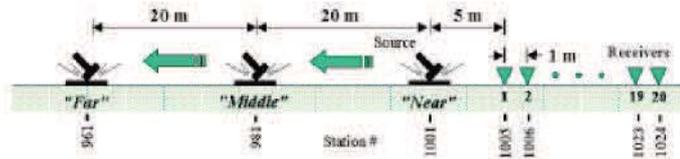


Figura 2.2 – Schema di stendimento MASW

Le acquisizioni avvengono a 7642 Hz per 1s. Su questa acquisizione è eseguita un’analisi  $\omega$ -p (trasformata  $\tau$ -p & trasformata di Fourier) al fine di discriminare l’energia associata alle onde di Rayleigh (R). Si riporta il grafico ad isolinee sul quale è identificata la curva di dispersione delle onde di Rayleigh (Figura 2.3) e sulla quale si esegue il picking del modo fondamentale. Al fine di ottenere l’andamento delle Vs con la profondità, la curva ottenuta dal picking è invertita mediante una procedura automatica ai minimi quadrati (metodo Levenberg-Marquardt). Successivamente viene creato il profilo delle onde S associato alla curva teorica ottenuta.

Nella tabella sono riportati il miglior modello individuato dall’inversione ai minimi quadrati e quindi viene calcolato Il valore di Vs30 con la seguente formulazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

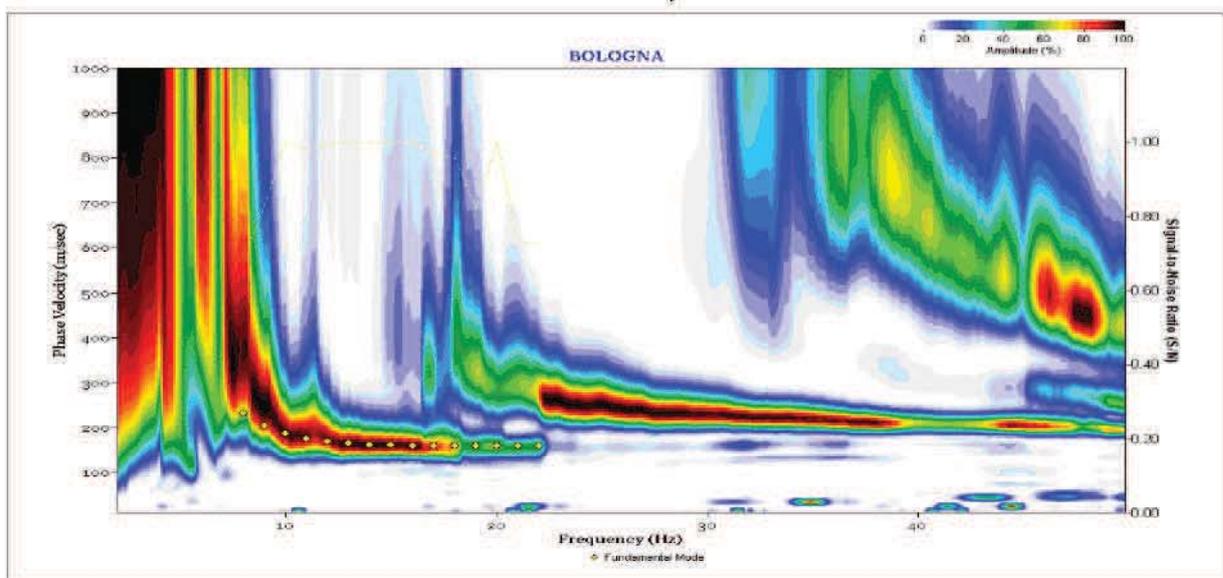


Figura 2.3 - “Picking del modo fondamentale

Registrazioni del rumore sismico (microtremori) del sottosuolo con tecnica HVSR→ Sono state eseguite n.3 registrazioni con strumentazione tomografica portatile in dotazione dello Studio scrivente. Lo strumento dispone di tre canali di acquisizione connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione, in grado di misurare le componenti della velocità (moto) di ogni strato lungo le direzioni N-S; E-W; H-V. L'elaborazione del microtremore misurato, fornisce i rapporti spettrali HVSR o H/V (Nogoshi & Igarashi, 1970), risultando efficace per la stima delle frequenze fondamentali di risonanza  $f_r$  del sottosuolo:  $f_r = V_s/4*H$  (con  $H$  = spessore dello strato).

In questo modo, gli esiti delle misure tomografiche, opportunamente calibrati con la stratigrafia direttamente desunta dalle penetrometrie e dai dati di sottosuolo pregressi forniscono un ulteriore e utile supporto alla ricostruzione di sottosuolo ed alla stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di sottosuolo investigato; la stima delle frequenze amplificanti del terreno consente anche una preliminare valutazione delle eventuali “doppie risonanze” con le tipologie di manufatti di progetto.

La figura 2.4 localizza le prove geognostiche e geofisiche di riferimento per questo lavoro.

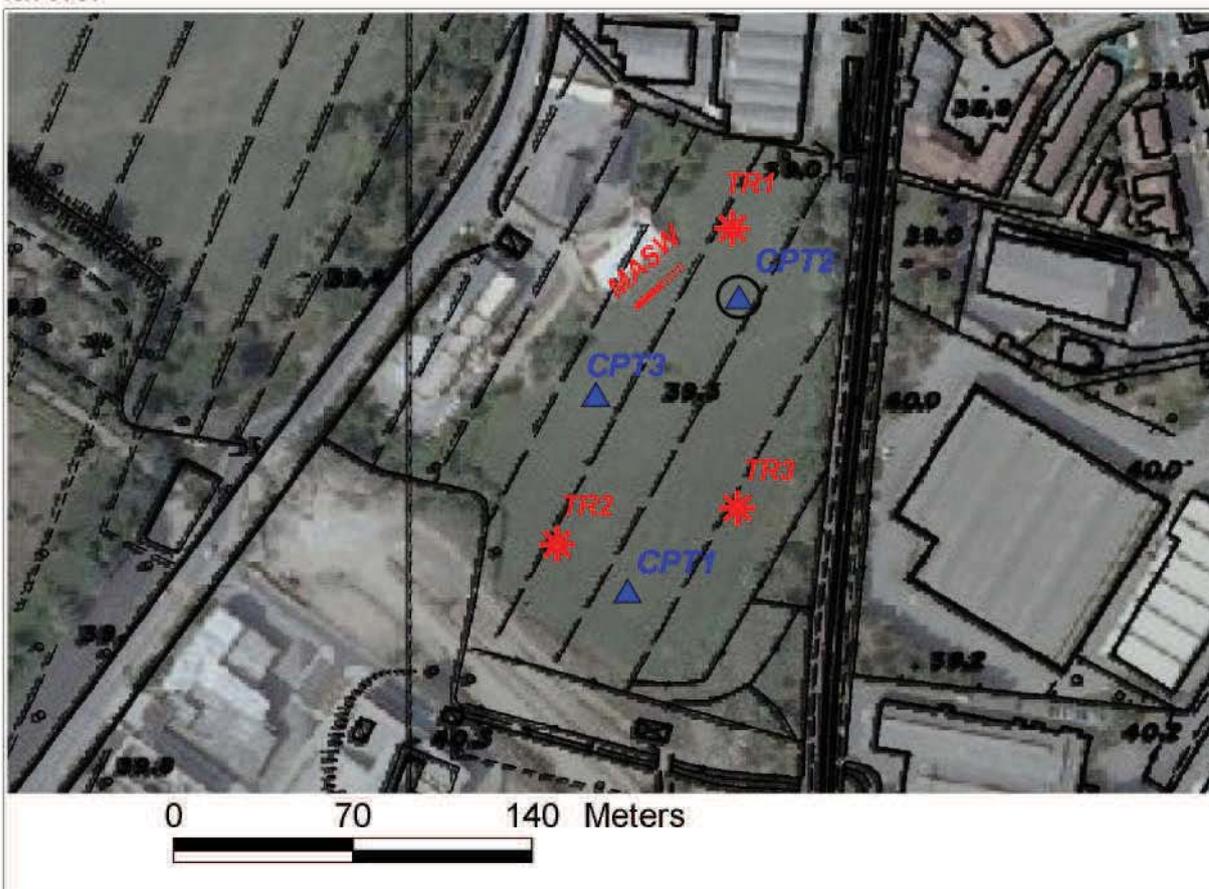


Figura 2.4 – Localizzazione delle prove geognostiche e geofisiche eseguite per questo lavoro (base cartografica: CTR scala 1:5.000; Foto Aerea: AGEA 2010)

### 3 Caratterizzazione geologica dell'area di studio

#### 3.1 Inquadramento geologico e idrogeologico

L'area studiata si colloca nel contesto deposizionale di Conoide del Fiume Reno. Il sottosuolo è pertanto costituito da "sheet" ghiaiosi, più o meno fusi tra loro, separati da intervalli di sedimenti più fini (limi e argille, a costituire "acquitardi"). La cartografia geologica della Regione Emilia-Romagna, pubblicata e consultabile anche on line nel sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli regionale (SGSS), include l'area nei depositi alluvionali affioranti AES8a (Unità di Modena), caratterizzati da tessiture prevalentemente limoso sabbiose (figura 3.1).

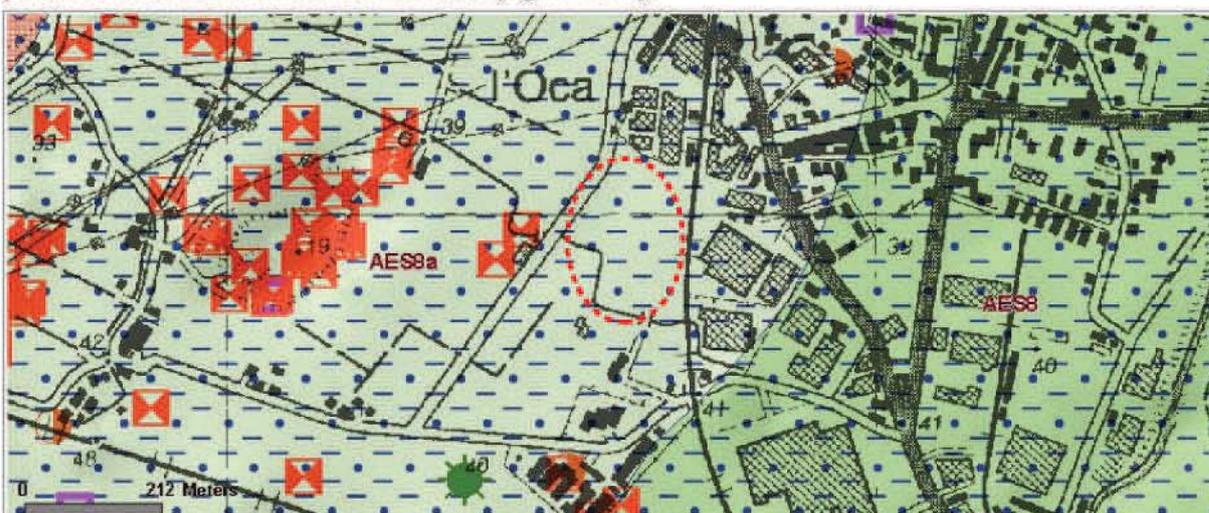


Figura 3.1 – Stralcio della Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna on line (sito dell'UGSS regionale). In cerchiato rosso l'area di studio

Le indagini di repertorio, reperibili nella B/D regionale (sondaggi a carotaggio continuo; prove penetrometriche) ed eseguite nelle aree edificate limitrofe, indicano infatti la presenza di una coltre alluvionale più superficiale costituita da sedimenti per lo più fini e di potenza stimata pari 8÷10 m. Le prove penetrometriche CPT eseguite per questo studio hanno confermato la presenza di questo primo intervallo superficiale, costituito da sedimenti fini, e di potenza variabile da 11,5 m (CPT1) a circa 13 m (CPT2). Questo intervallo sovrasta il primo banco granulare insaturo, pressoché continuo in tutta l'area di studio. Anche le indagini HVSR confermano questo contesto generale.

La figura 3.2 propone il confronto delle tre tracce H/V, che evidenziano la correlabilità laterale del contesto stratigrafico sopra descritto. In particolare le tracce evidenziano un picco di amplificazione ben marcato a circa 5 hz, che corrisponde al riflettore sismico meno profondo e cioè al tetto del primo banco ghiaioso.

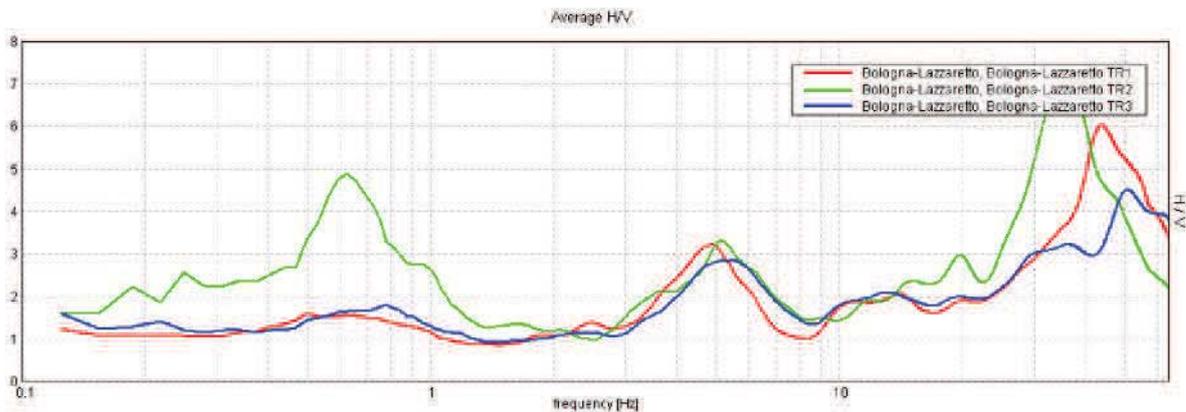


Figura 3.2 – Confronto delle curve H/V misurate nell'area di studio

Per quanto riguarda il sottosuolo più profondo, le informazioni sono anch'esse desunte dal sito del SGSS. La figura 3.3 propone uno stralcio della sezione geologica n.46, pubblicata nel sito delle sezioni geologiche della RER; la sezione distingue le unità dal punto di vista idrogeologico (sezione idrostratigrafica), cioè fornisce anche uno schema idrogeologico generale, riferito alle principali riserve idriche sotterranee della regione, fondato sugli esiti delle ricerche stratigrafiche profonde effettuate da ENI-AGIP in collaborazione con il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (SGSS) della Regione Emilia-Romagna.

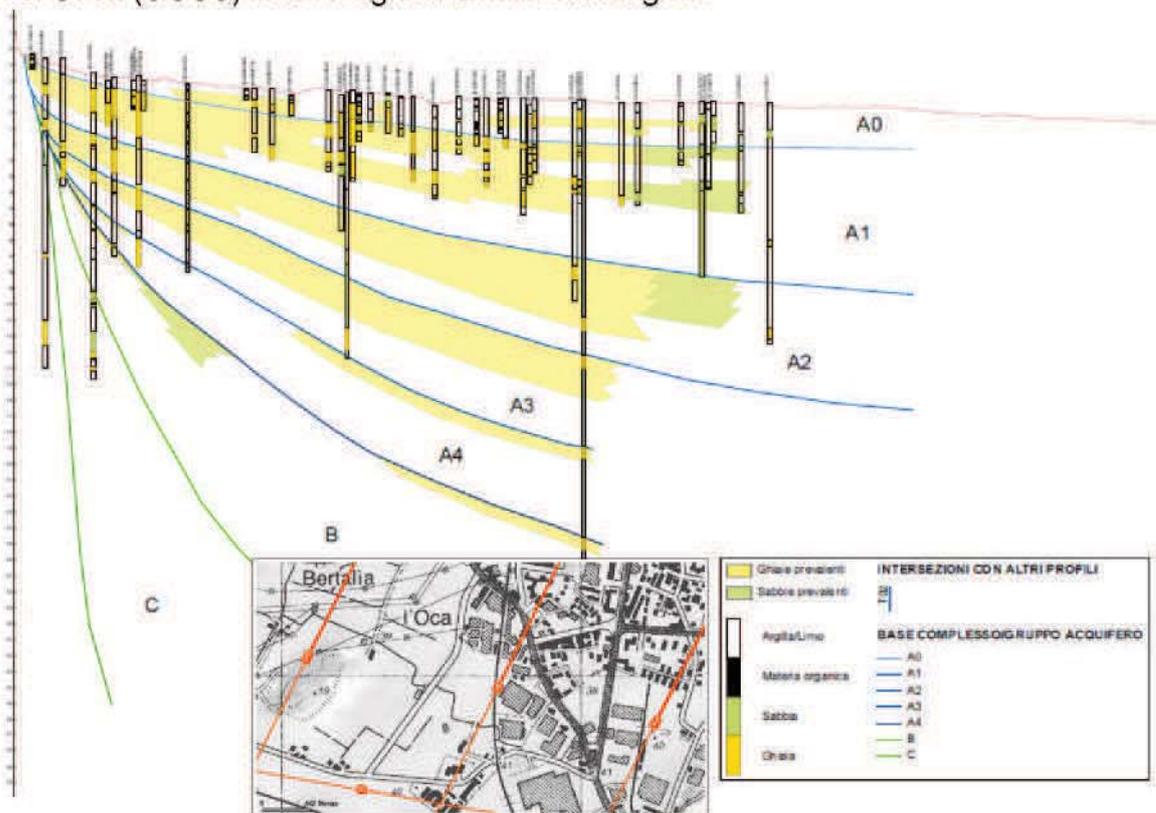


Figura 3.3 – Sezione idrostratigrafica tipo degli acquiferi A, B, C; sezione n.46 - Bologna

Nell'inquadramento stratigrafico proposto dal SGSS come modello di sottosuolo della nostra pianura (figura 3.4), sono distinte tre principali unità stratigrafiche, suddivisibili a loro volta in unità di rango inferiore, a cui corrispondono altrettante unità idrostratigrafiche. Le corrispondenze tra le unità sono le seguenti:

- il <<Supersistema del Quaternario Marino>> corrisponde al “Gruppo acquifero C”
- il <<Sistema emiliano-romagnolo inferiore>> corrisponde al “Gruppo acquifero B”
- il <<Sistema emiliano-romagnolo superiore>> corrisponde al “Gruppo acquifero A”

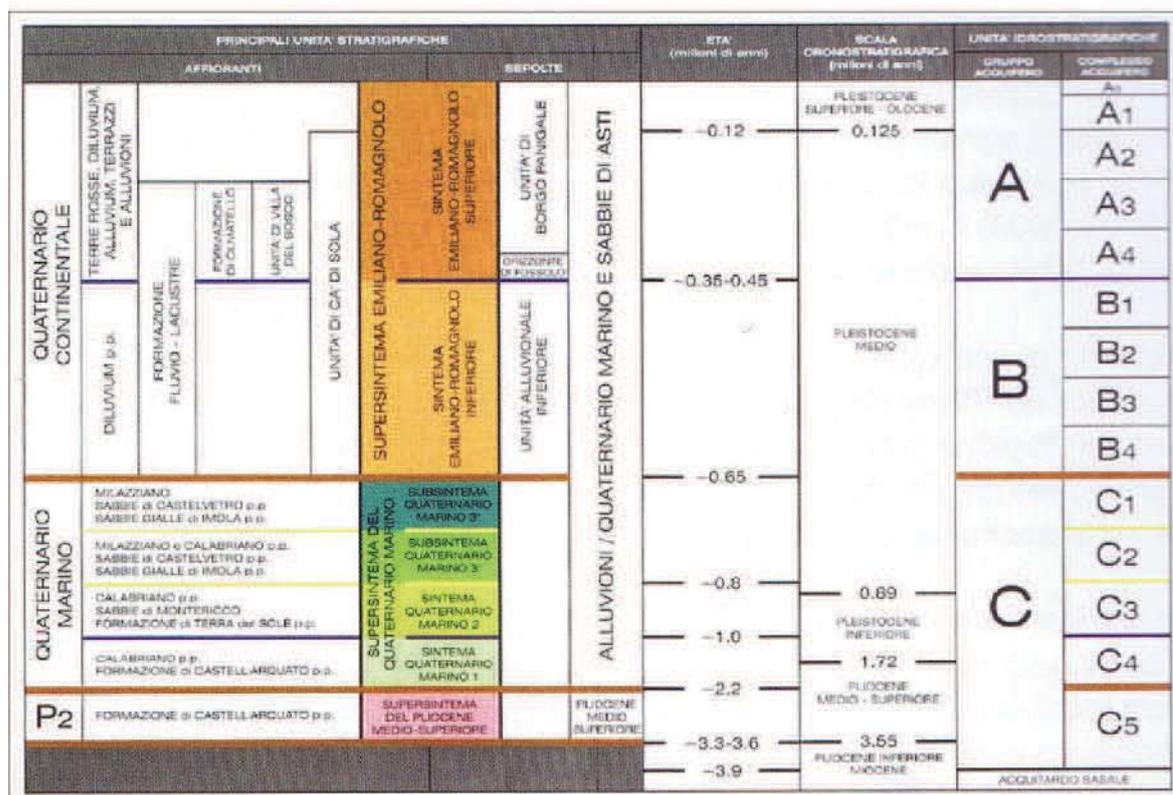


Figura 3.4 – Schema stratigrafico del margine appenninico e della pianura emiliano-romagnola (da: Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998, modif.)

Lo spessore di ciascuno dei gruppi acquiferi è molto variabile ed arriva fino all'ordine di alcune centinaia di metri. I limiti basali di queste unità sono costituiti da potenti intervalli limoso-argillosi caratterizzati da geometrie tabulari e da notevole estensione e continuità laterale: questi corpi a tessiture fini costituiscono barriere di permeabilità più o meno efficaci (“acquiclude” o “acquitard”) e consentono un notevole grado di separazione idraulica fra i principali gruppi acquiferi. Ciascuno dei gruppi acquiferi sopra citati è articolato al suo interno secondo una organizzazione ciclica molto marcata, che ne consente l'ulteriore suddivisione gerarchica in “complessi” (o “sistemi”) acquiferi. All'interno del più recente gruppo acquifero A, costituito dalla successione deposizionale continentale del Pleistocene medio-superiore all'Oleocene, sono individuati cinque complessi acquiferi, rispettivamente denominati dal basso verso l'alto A4, A3, A2, A1 ed infine A0; quest'ultimo rappresenta l'acquifero freatico.

In sintesi, i depositi che costituiscono i complessi acquiferi del gruppo A nel settore di interesse sono riconducibili a strutture sedimentarie sepolte delle conoidi alluvionali appenniniche (prevalentemente caratterizzate da depositi grossolani – ghiaie e sabbie – più o meno amalgamate tra loro a formare corpi tabulari anche coalescenti) ed a sedimenti di pianura alluvionale appenninica (caratterizzati da assenza di ghiaie e dominanza di depositi fini). Nel nostro specifico caso, la falda più superficiale, risulta storicamente depressa per il forte condizionamento dei vicini pozzi HERA di prelievo d'acqua della zona "Tiro a Segno". Si hanno comunque scarsi dati a disposizione sulla idrogeologia meno profonda. In questo senso, si può citare lo studio idrogeologico elaborato per il PAE del Comune di Bologna che riporta la ricostruzione della tavola d'acqua (rilevamento dei pozzi del 2000) dell'acquifero meno profondo (indicato come "sup 1"): nella cartografia citata, la quota statica della falda nell'area di studio è individuata a circa 12 m slm, pertanto la soggiacenza media è stimata pari a circa 28 m.

Le terebrazioni eseguite nell'area di studio confermano il contesto idrogeologico sopra descritto: le prove non hanno riscontrato acqua nei fori. È stato comunque posizionato un piezometro a "tubo aperto", per consentire eventuali controlli per appurare la presenza o meno di falda stagionale al tetto del banco ghiaioso meno profondo (tetto a circa 11,5÷13 metri).

### **3.2 Pericolosità sismica di base**

Per quanto riguarda la pericolosità sismica di riferimento, a livello nazionale si è giunti, attraverso varie fasi di studi e revisioni, all'ultima zonazione sismogenica del territorio nazionale nota con la semplice sigla "ZS9" (2004) prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questa zonazione rappresenta il più recente riferimento per gli studi di pericolosità sismica del territorio italiano, elaborata riferendosi anche i più recenti background informativi sui terremoti ed in particolare le ultime banche dati relative alle sorgenti sismogeniche italiane DISS<sup>1</sup> 2.0 e il catalogo CPTI<sup>2</sup>.

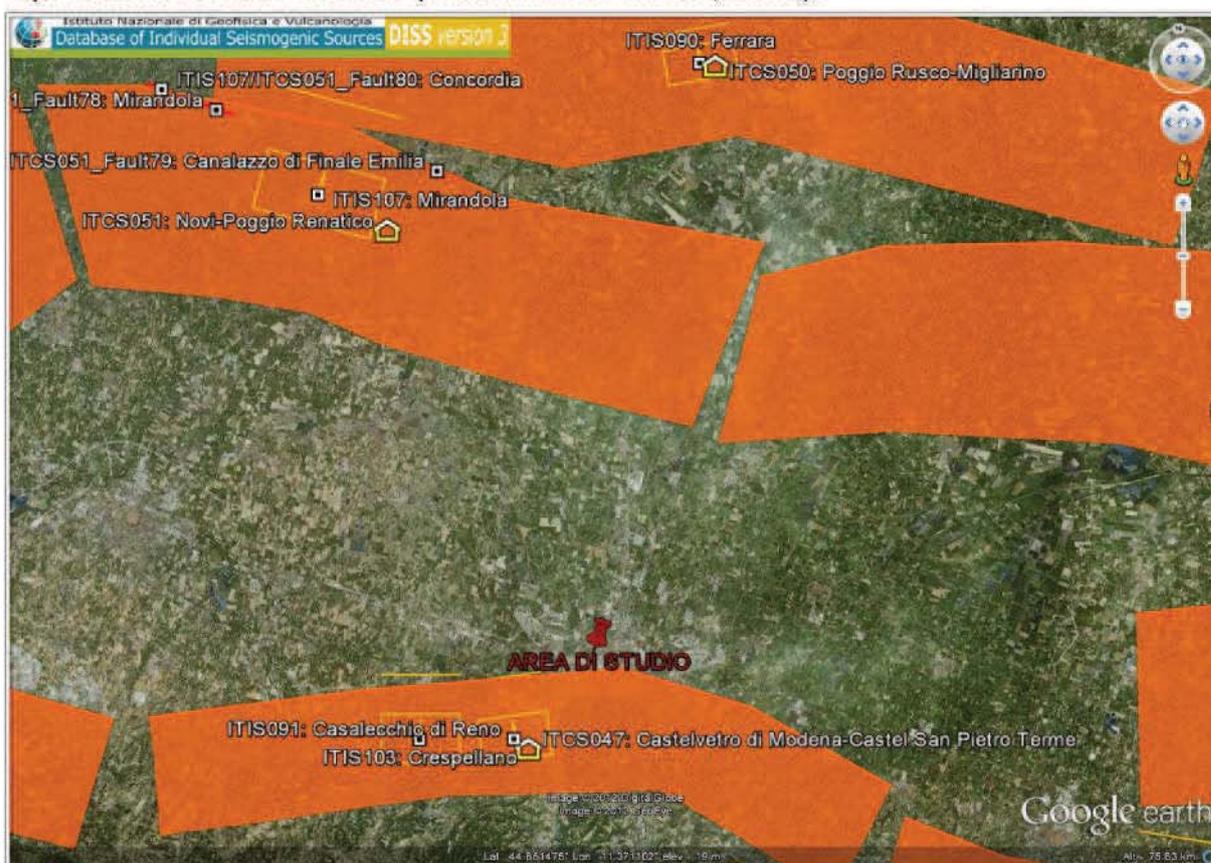
La figura 3.5 propone la sovrapposizione del territorio di Bologna con la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database più aggiornato e disponibile DISS 3.1. Si evince che l'area studiata ricade nell'ampia zona sismica che rappresenta la fascia più esterna dell'arco appenninico settentrionale. La sismicità è correlabile alla tettonica attiva del fronte compressivo del margine appenninico

---

<sup>1</sup> <<Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy>> (Valensise e Pantosti, 2001)

<sup>2</sup> <<Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani", Gruppo di lavoro CPTI, 1999-2002>>

sepolto più avanzato che giunge fino all'attuale Po. Più nel dettaglio la banca dati DISS 3.1 indica che il territorio di Bologna lambisce la “fascia” sismogenetica ITCS047 Castelvetro di Modena – Castel San Pietro Terme, che interessa i territori appenninici e pedeappenninici con una magnitudo di riferimento di  $M_w = 5,6$ , che deriva dalle energie stimate dei terremoti più significativi modenesi (1399) e bolognesi (1505 e 1929). Più in particolare la banca dati DISS 3.1 evidenzia la “sorgente” sismogenetica più prossima all'area di studio: la “ITIS091 – Casalecchio di Reno”, a cui è attribuita una  $M_w = 5,5$  associata al terremoto bolognese del 3 gennaio 1505 (fonte: CPTI, 2004); la zona epicentrale è stata stimata tra Zola Predosa e Bologna e sono documentati danni più consistenti a Zola Predosa, Bologna e S. Lorenzo in Collina (grado IX della scala Mercalli, cfr. Zecchi, 1882) con effetti indotti dal sisma: frane, fratture superficiali (Boschi et al., 2000), effetti di liquefazione a Zola Predosa (Prestininzi e Romeo, 2000).



*Figura 3.5 - Zonazione sismogenetica ZS9 e distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute in DISS 3.1 (foto aerea: Google Earth). Le sigle ITCS corrispondono alle “zone” mentre le sigle ITIS corrispondono a “sorgenti” sismogenetiche*

Lo studio sismico elaborato per il PSC di Bologna ha inoltre elaborato una specifica cartografia della pericolosità locale: la <<Tav. E2 - Carta comunale delle aree suscettibili di effetti locali>> (a cura di dr. A. Fiori et al., 2007) e la <<Tav. E3 - Carta di sintesi dei livelli di approfondimento>> (a cura di dr. A. Fiori et al., 2007). Da

questi elaborati si evince l'area di studio è inclusa nelle zone potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti, e per queste condizioni sono richiesti approfondimenti quantitativi di dettaglio (“terzo livello” conoscitivo).

## 4 Caratterizzazione geotecnica di massima

Le penetrometrie eseguite hanno dimostrato la presenza di uno spessore di sedimenti argilloso limosi, di spessore variabile da 11,5 m a circa 13 metri (figura 4.1).

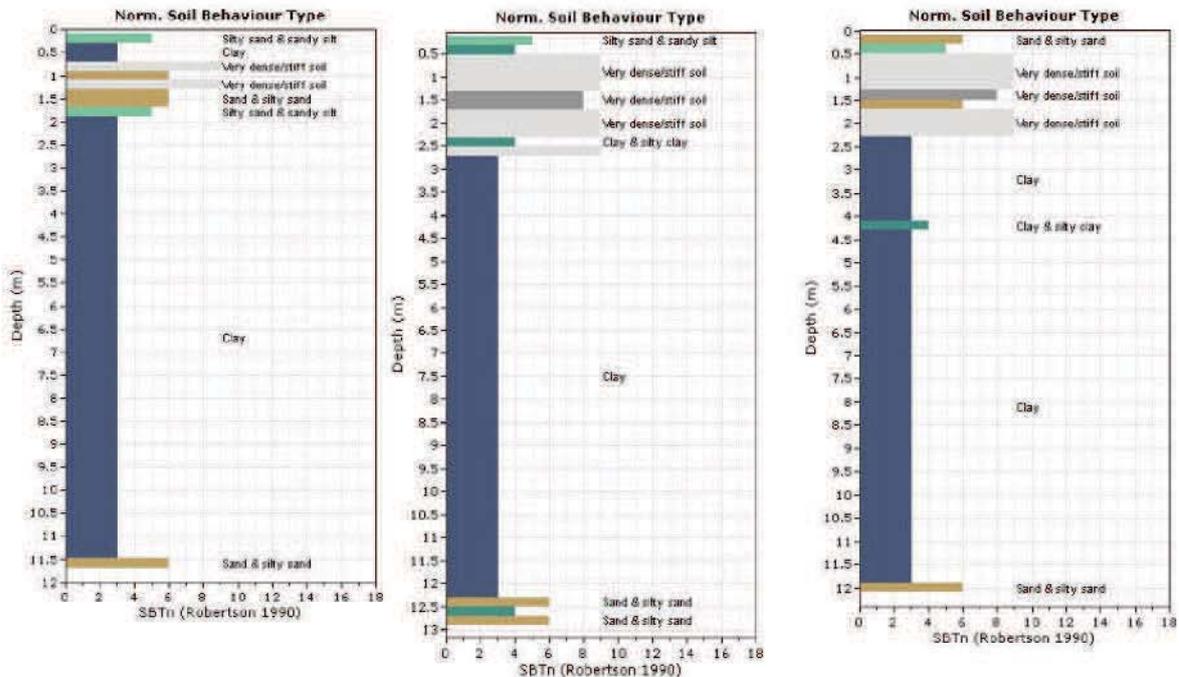
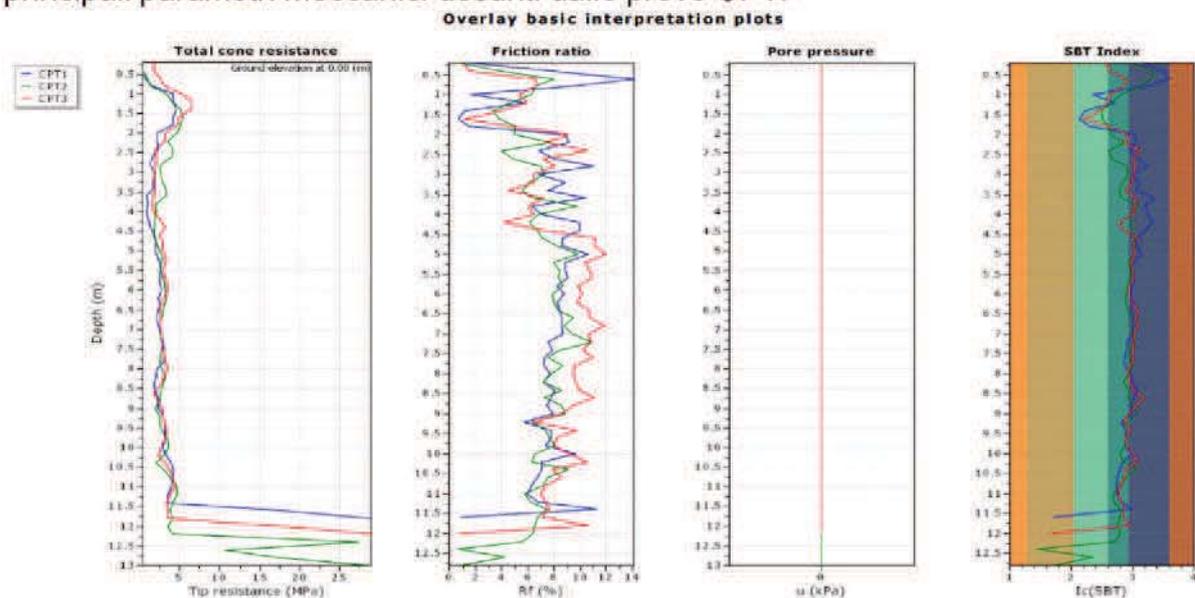
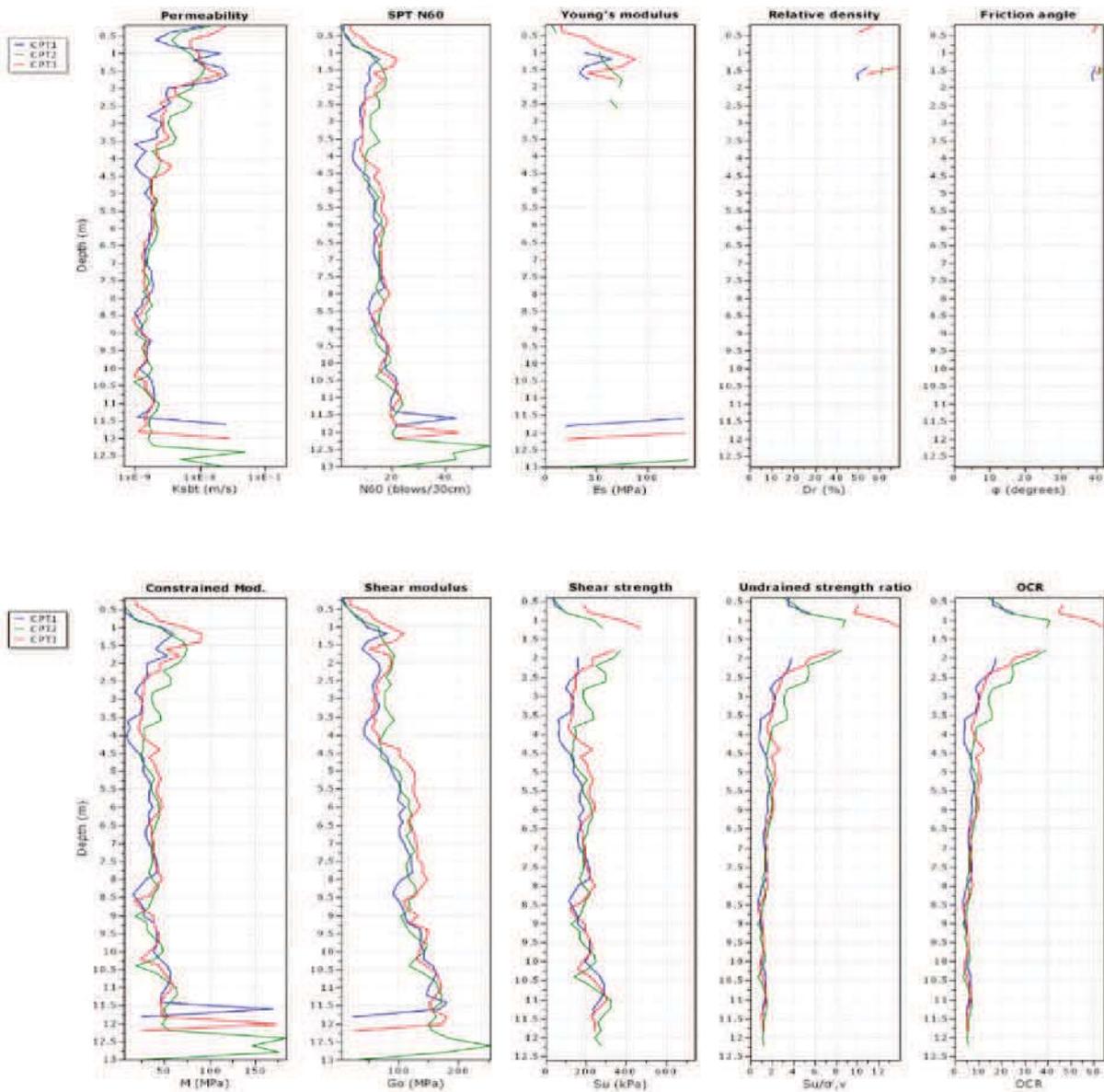


Figura 4.1 – Tessiture desunte dalle prove penetrometriche eseguite nell'area di studio: CPT1 (a sinistra); CPT2 (al centro); CPT3 (a destra)

Si tratta di sedimenti con resistenze di punta  $q_c$  discreti dal punto di vista meccanico (maggiori di 1.000 kPa), sebbene sia evidente l'elevato grado di essiccamento che induce esiti di OCR elevati. I diagrammi sottostanti, riportano la distribuzione dei principali parametri meccanici desunti dalle prove CPT:





In conclusione, non emergono particolari condizioni geotecniche di inedificabilità.

## 5 Modellazione numerica della risposta sismica locale (III livello)

Il contesto di pericolosità sismica evidenziato nel Quadro Conoscitivo del PSC di Bologna ha richiesto un approfondimento della Risposta Sismica Locale (RSL), finalizzata a quantificare gli effetti indotti da sisma. Lo studio ha comportato la modellazione numerica della RSL utilizzando lo specifico codice di calcolo "SHAKE2000". L'elaborazione ha permesso di valutare l'amplificazione dell'impulso sismico al suolo e di quantificare gli spettri di risposta sulla base di terremoti di riferimento (TR 475 anni con smorzamento pari al 5%) forniti dalla Regione Emilia-Romagna per le analisi di "terzo livello".

I dati geognostici profondi desunti dalla B/D della Regione Emilia-Romagna e in particolare sintetizzati nella sezione geologica n.46 (§ paragrafo 3.1), i dati di sottosuolo ricavati dalle tre prove penetrometriche eseguite nell'area di studio e, infine, gli esiti dello stendimento MASW e delle registrazioni sismiche passive HVSR, consentono l'elaborazione di una modellazione numerica di risposta sismica. Lo Studio scrivente dispone del software SHAKE 2000, un programma di calcolo realizzato per verifiche monodimensionali, in grado di raggiungere, tramite una sequenza di analisi lineari complete, valori di rigidità  $G$  e di smorzamento  $D$  compatibili con le caratteristiche delle colonne litologiche oggetto di studio.

La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale, tramite l'utilizzo di Shake si compone di due fasi: elaborazione del modello e simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto.

### 5.1 Elaborazione del modello sismico

La prima fase consiste nel costruire la colonna di sottosuolo di riferimento, rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio  $S$  ( $V_s$ ).

Per la stima della distribuzione delle  $V_s$  nel sottosuolo, si sono considerati gli esiti della prova MASW eseguita nell'area di studio. La bontà di acquisizione del segnale sismico e gli esiti elaborati sulla scorta dei dati geognostici di repertorio, consentono una stima accettabile della  $V_s$  fino ad una profondità di circa 30 metri dall'attuale piano campagna (figura 5.1). La prova ha dunque fornito una velocità equivalente nei primi 30 metri di sottosuolo pari a 261 m/s.

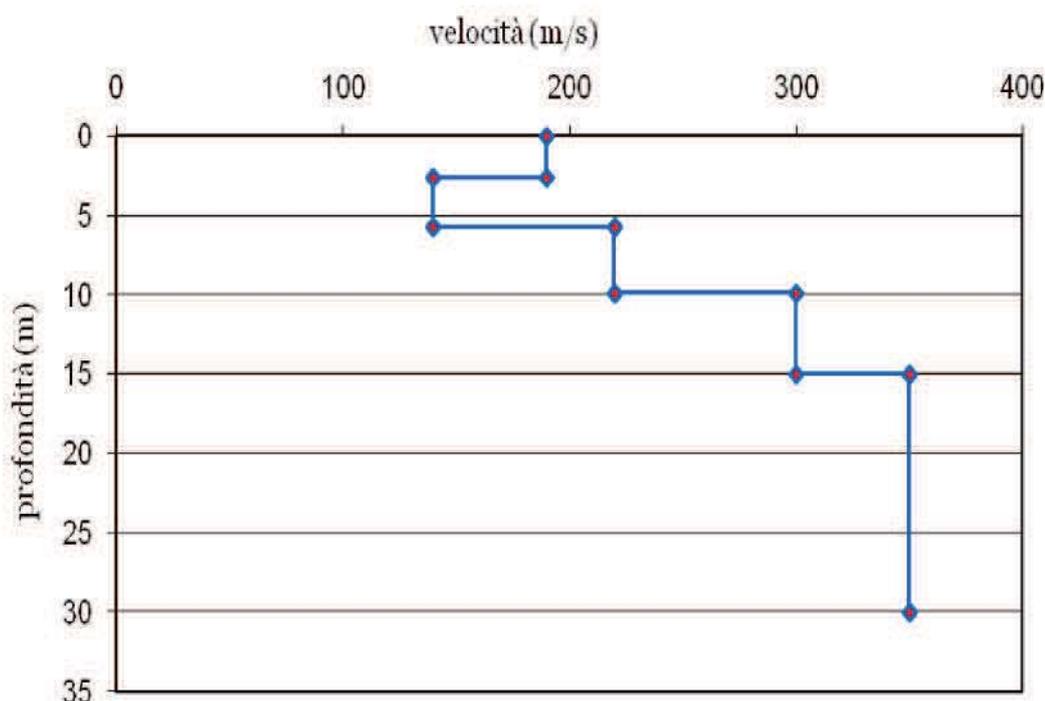


Figura 5.1 – Profilo di velocità delle onde S stimato nell'Ambito di studio

All'interno del modello geologico utilizzato per l'analisi di RSL si sono quindi implementati i seguenti sismostrati (layer), caratterizzati da contrasti d'impedenza coerenti anche con gli esiti dell'acquisizione tomografica eseguita nell'area di studio:

Layer n.	Profondità (m)	Descrizione	VS (m/s)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
1	0 ÷ 12	Sedimenti prevalenti: argille e limi poco plastici IP 10 -20	230	18
2	12 ÷ 50	Ghiaie e sabbia	450	20
3	50 ÷ 85	Ghiaie e sabbia	500	21
4	> 85	Bedrock sismico	650	22

Il bedrock sismico è stato impostato a -85 metri dal p.c., nei depositi alluvionali del Pleistocene medio costituiti da alternanze cicliche di spessore pluridecamentrico di depositi prevalentemente ghiaioso sabbiosi (tetto del complesso acquifero A3 – subsistema AES5). Tale limite, desunto dalla sezione geologica n.46 (§ paragrafo 3.1), possiede le fondamentali caratteristiche (geometria; età deposizionale; grado di addensamento; rigidità, ecc.) per essere assunto come pseudobedrock sismico, sebbene le velocità di taglio che caratterizzano gli spessori alluvionali siano certamente inferiore a 800 m/s.

La seguente figura 5.2 riassume graficamente i parametri implementati nel modello di sottosuolo.

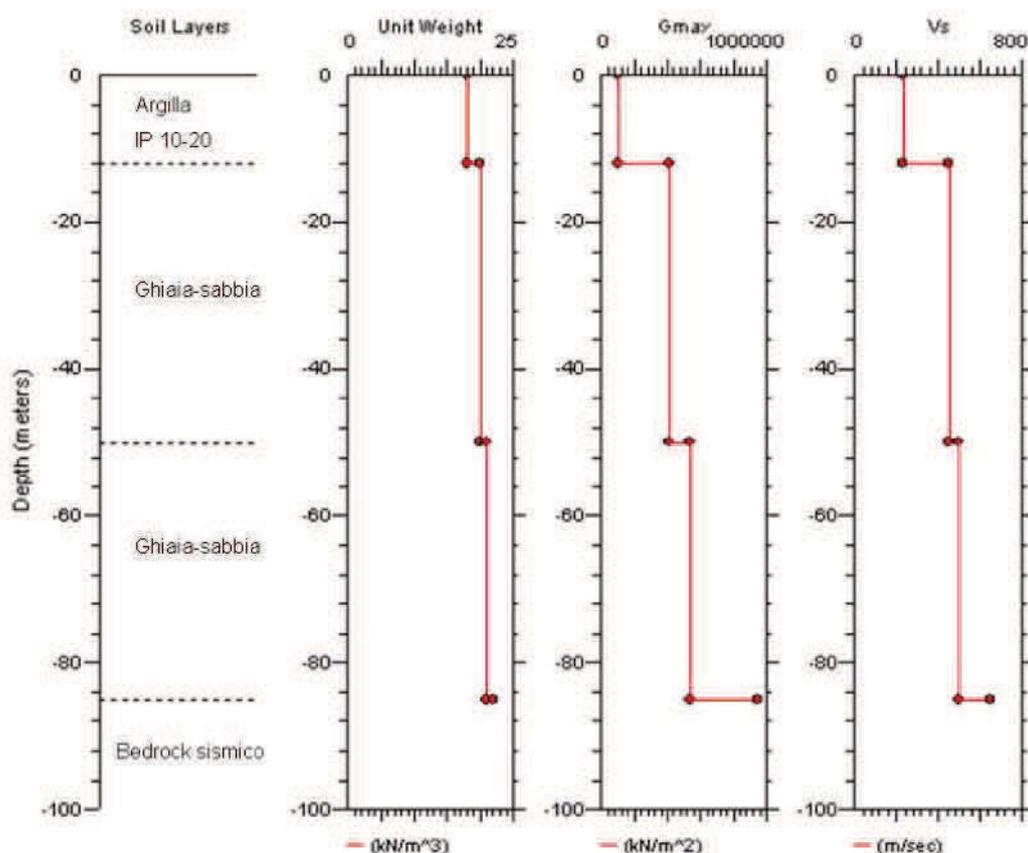


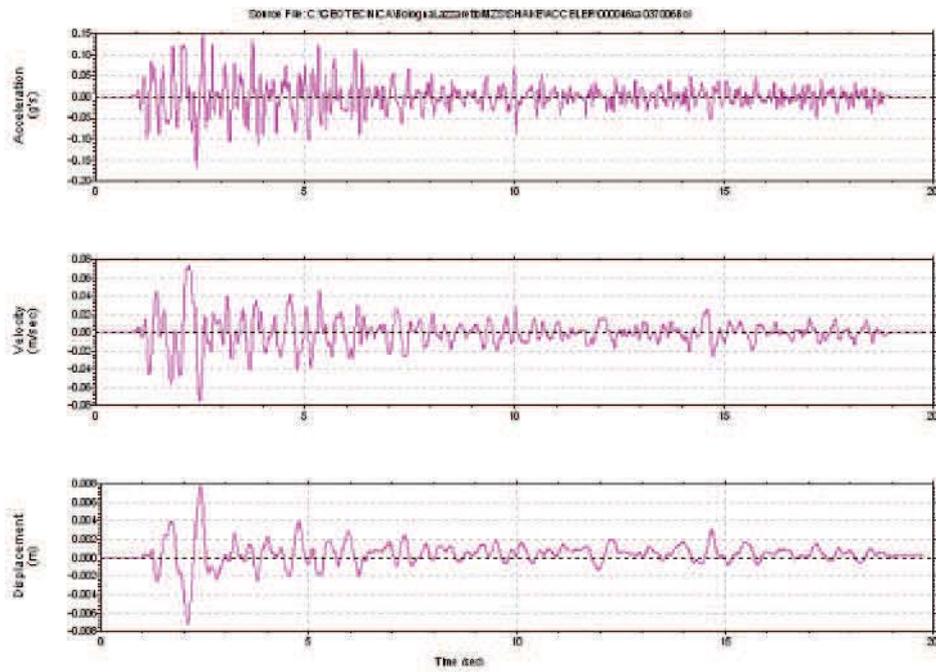
Figura 5.2 – Stratigrafia di riferimento schematica utilizzata per la modellazione sismica con SHAKE2000.

Occorre poi l'inserimento degli input sismici, desunti dai segnali di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database" e forniti dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale. Si tratta di tre tipologie di segnali, già "scalati" per il territorio comunale a cui si riferiscono e sono rappresentati dai tre differenti accelerogrammi di progetto riprodotti della figura 5.3:

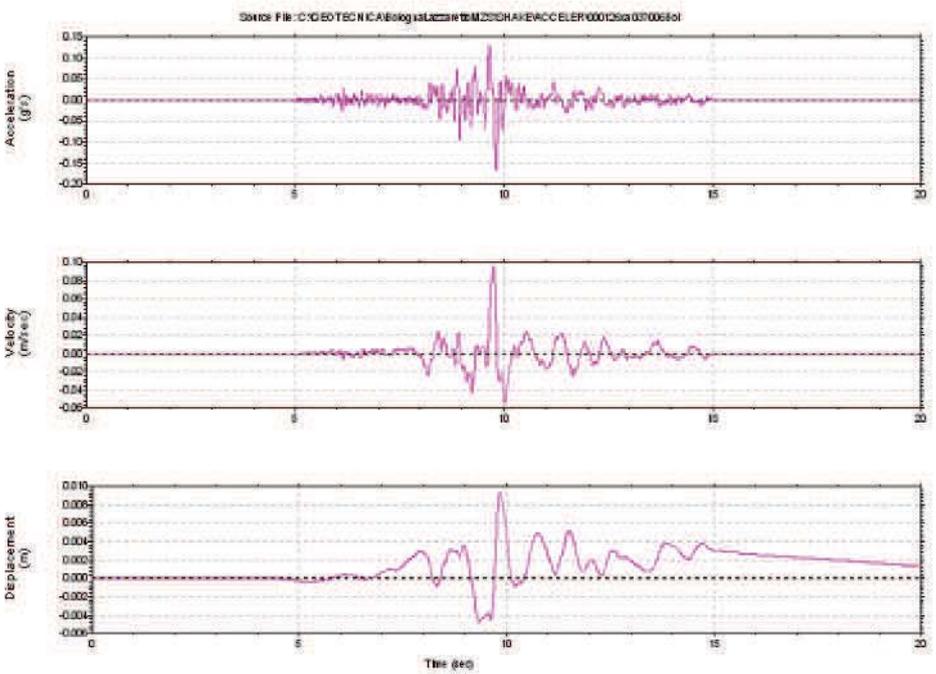
- 1) impulsivo
- 2) con ampio contenuto in frequenze
- 3) con componente predominante alle alte frequenze.

## 5.2 Elaborazione degli effetti di amplificazione

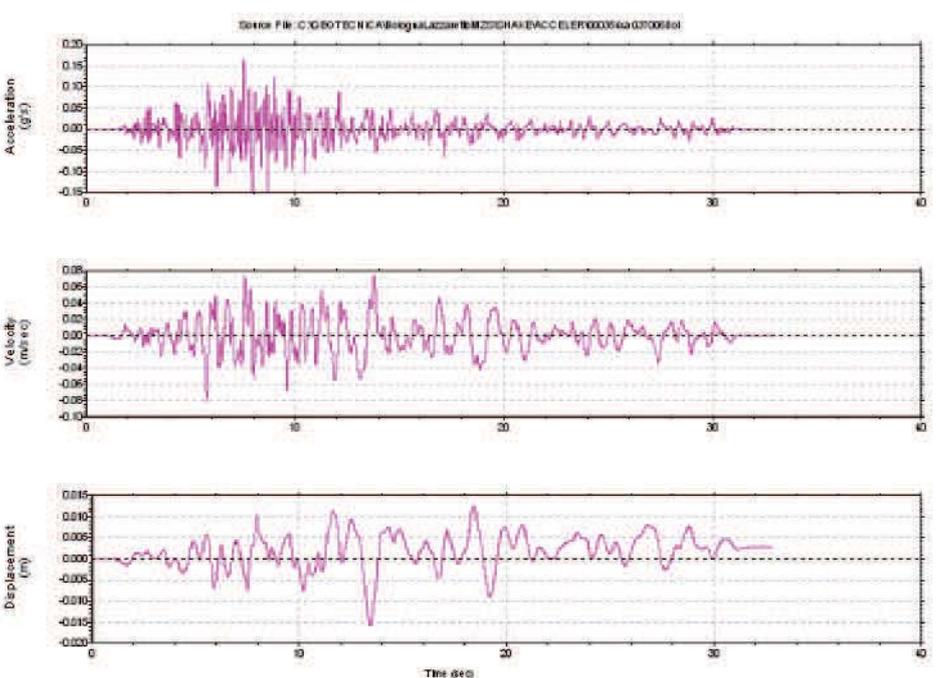
La seconda fase di elaborazione consente di ottenere tre differenti "spettri di risposta", ognuno dei quali descrive il diverso comportamento relativo ad ogni singolo strato della colonna litologica tipo, rispetto all'input sismico utilizzato. Questi "spettri" sono utilizzati nell'ambito della progettazione per la verifica sismica delle strutture.



Input046\_Bologna.xy



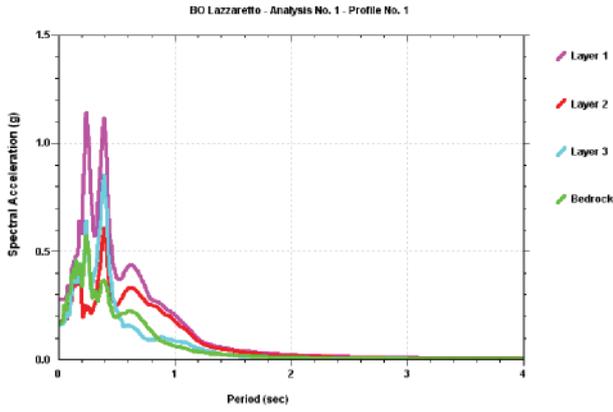
Input126\_Bologna.xy



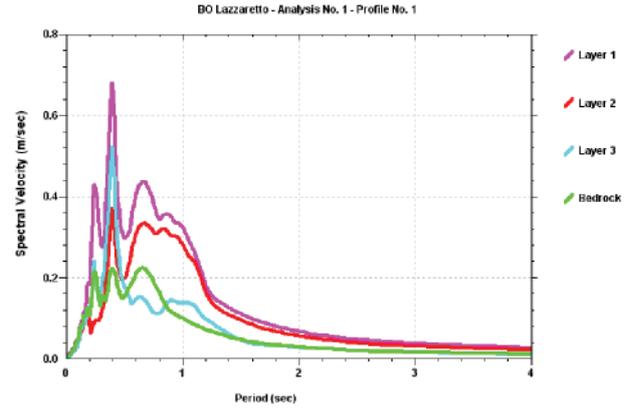
Input354\_Bologna.xy

Figura 5.3 – Accelerogrammi di progetto

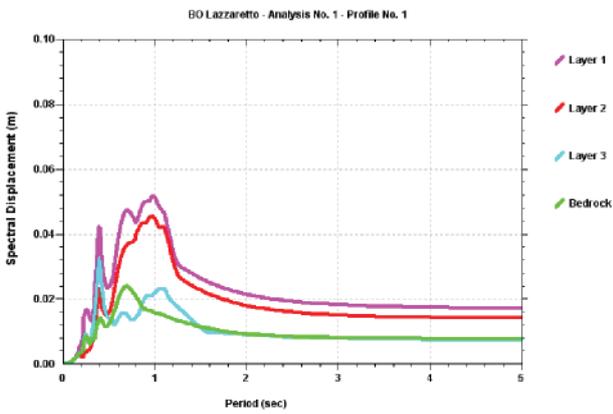
Spettro di risposta  
PSA smorzamento 5% Input 046



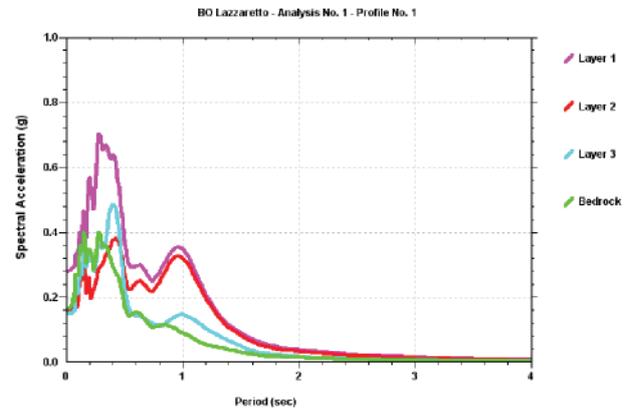
Spettro di risposta  
PSV smorzamento 5% Input 046



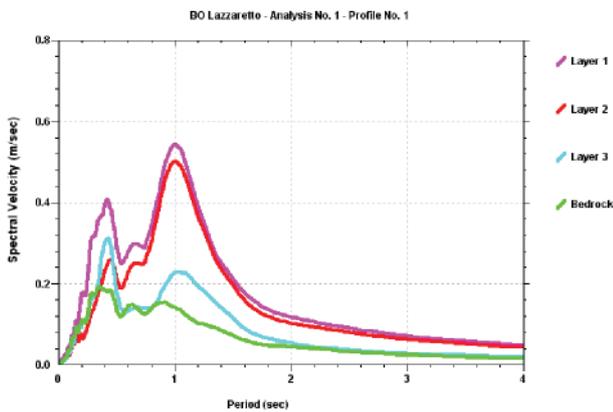
Spettro di risposta  
SD smorzamento 5% Input 046



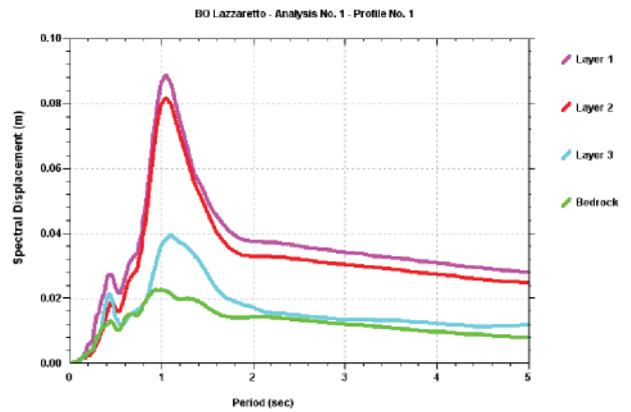
Spettro di risposta  
PSA smorzamento 5% Input 126



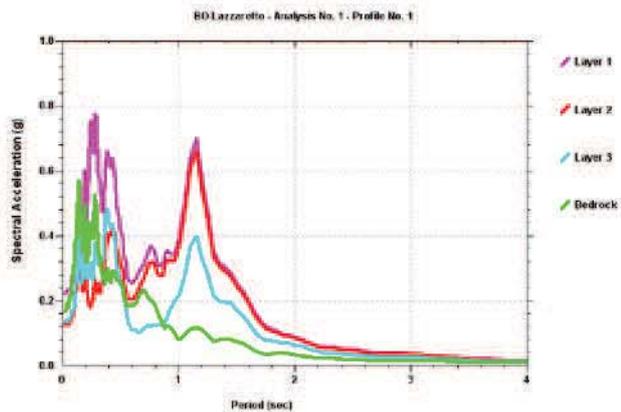
Spettro di risposta  
PSV smorzamento 5% Input 126



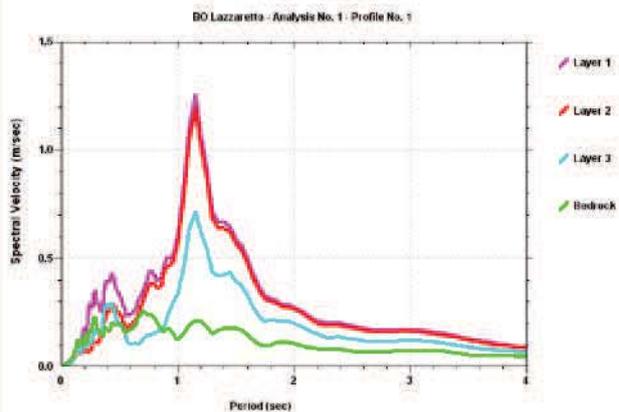
Spettro di risposta  
SD smorzamento 5% Input 126



Spettro di risposta  
PSA smorzamento 5% Input 354



Spettro di risposta  
PSV smorzamento 5% Input 354



Spettro di risposta  
SD smorzamento 5% Input 354

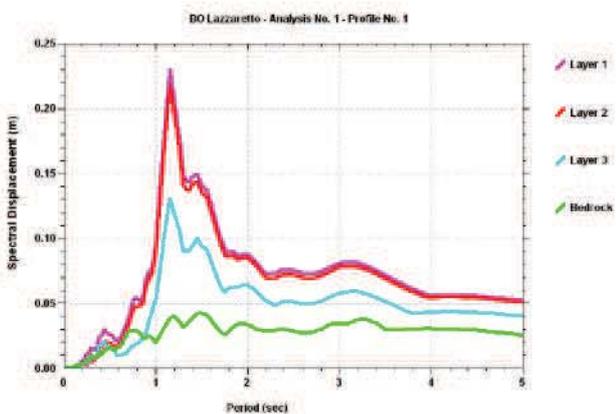


Figura 5.4 – Spettri di risposta sismica locale

Dall'implementazione del modello all'interno del codice di calcolo, si ottengono diverse informazioni relative ad alcuni parametri fondamentali quali: pseudoaccelerazione spettrale (PSA), pseudovelocità spettrale (PSV), spostamento spettrale (SD).

- Il primo spettro (figura 5.4) ottenuto riguarda la PSA. Nel grafico viene mostrato il comportamento dell'accelerazione spettrale attraverso i diversi strati che compongono la colonna litologica tipo, utilizzata nella modellazione per diversi valori di periodo, da 0 a 4 secondi (valori equiparabili ad edifici di altezza variabile da un piano fino a torri molto alte).
- Il secondo spettro ottenuto (figura 5.4) riguarda la PSV, ossia la pseudovelocità. Questo grafico mostra il comportamento della velocità spettrale, in funzione del periodo compreso tra 0 e 4 secondi, nei diversi layers della colonna litologica, in base all'input sismico applicato. I risultati di questa analisi sono utilizzabili per il calcolo del fattore SI, Intensità spettrale di Housner. L'intensità di Housner-SI è un indicatore della pericolosità sismica ed è definito come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità in un intervallo prefissato di frequenze. Questa grandezza è direttamente correlabile all'energia che viene dissipata nelle strutture durante un terremoto, e quindi espressione del possibile grado di danneggiamento subito dagli edifici.
- Il terzo spettro ottenuto (figura 5.4) è relativo al parametro SD. Nelle figure si evidenzia il comportamento dello spostamento spettrale in funzione del periodo compreso fino a 10 secondi. Lo spostamento spettrale SD è un parametro utilizzato per la valutazione del danno strutturale a cui è soggetta una costruzione dopo il sisma.

### 5.3 Esiti dell'analisi e conclusioni

La modellazione consente la valutazione dell'amplificazione locale intesa come rapporto  $PGA/PGA_0$  ossia come rapporto dell' $a_{gmax}$  al suolo (calcolata con SHAKE 2000) rispetto all' $a_{gmax}$  al suolo rigido. Si rammenta che per il Comune di Bologna la DAL 112/2007 riporta una  $a_{gmax}$  al suolo rigido pari a 0,166g.

Gli esiti dimostrano le significative discrepanze fra le risposte del modello di sottosuolo in relazione ai diversi input sismici assegnati: il rapporto  $PGA/PGA_0$  più cautelativo al suolo (cioè il più elevato) è ricavato dall'input 126: la  $a_g$  di picco ricavata al suolo risulta infatti pari a 0,28g (figura 5.5):

input 046  $a_g = 0,28g$

input 126  $a_g = 0,28g$

input 355  $a_g = 0,22g$

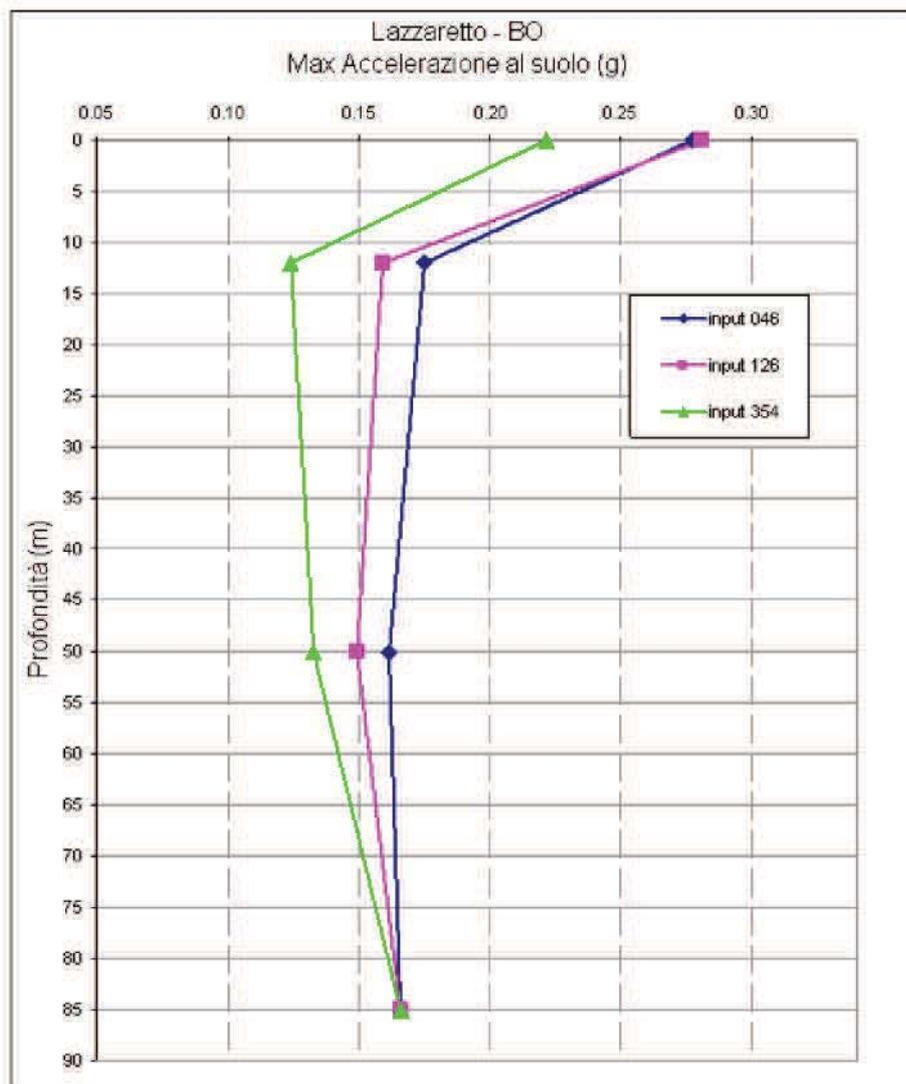


Figura 5.5 – Distribuzione delle accelerazioni orizzontali di picco per i tre input sismici di riferimento (B/D RER) elaborate dal programma SHAKE 2000.

La risposta sismica locale deve essere anche valutata in funzione delle amplificazioni del moto di vibrazione in termini frequenze dell'impulso sismico, considerando i fattori di smorzamento  $D$  e i rapporti tra le impedenze sismiche dei sismostrati. La variazione del fattore di amplificazione con la frequenza definisce la funzione di amplificazione  $A(f)$  della colonna sismo stratigrafica.

Il moto sismico può dunque essere amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, corrispondenti alle frequenze naturali  $f_n$  di vibrazione della colonna strigrafica. In questo senso, molto importante risulta la prima frequenza naturale di vibrazione  $f_1$  denominata frequenza fondamentale, in corrispondenza della quale la funzione di amplificazione assume un valore massimo.

Dalle funzioni di amplificazione ricavate dalle elaborazioni risulta che la frequenza fondamentale assume un valore locale pari a circa 1,9 Hz. Le frequenze naturali di possibile risonanza sono (figura 5.6):

F1 = 0,8÷0,9 Hz → amplificazione = 1,9

F2 = 2,45÷2,55 Hz → amplificazione = 1,5

F3 = 3,9÷4 Hz → amplificazione = 1,4

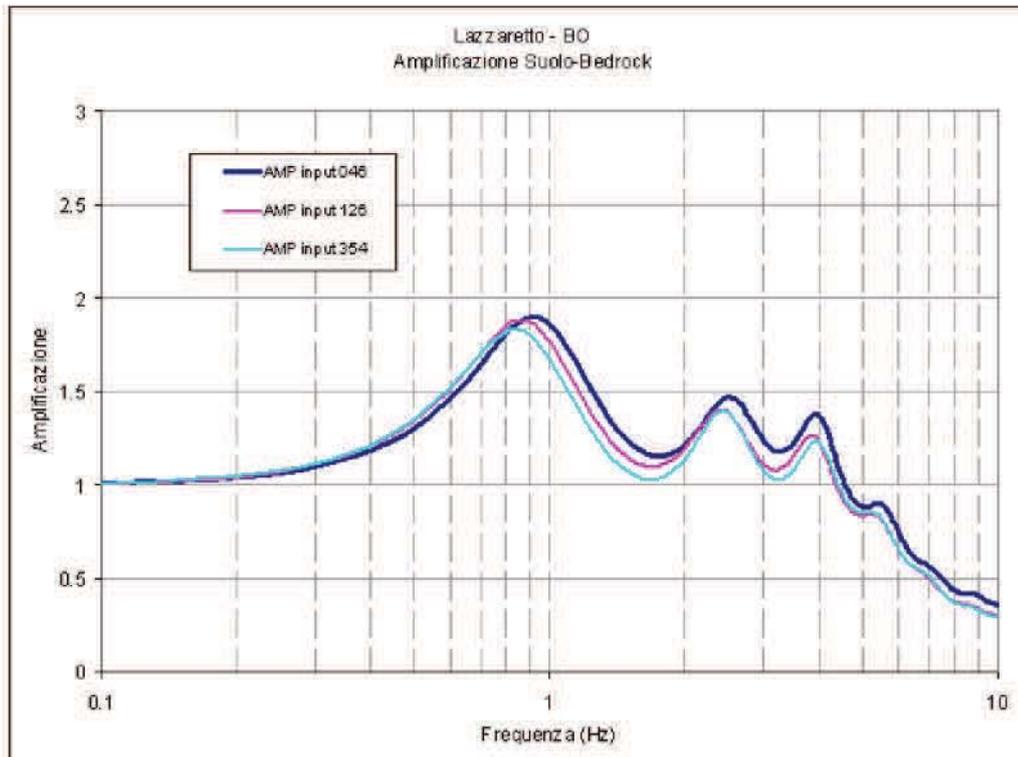


Figura 5.6 – Funzione di trasferimento del moto oscillatorio del sisma lungo tutta la colonna litologica tipo per ogni input sismico di riferimento

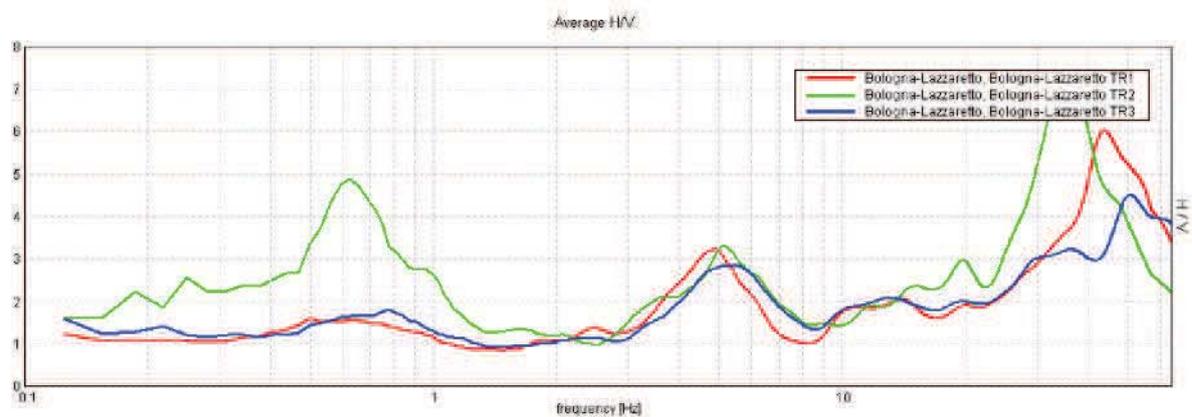


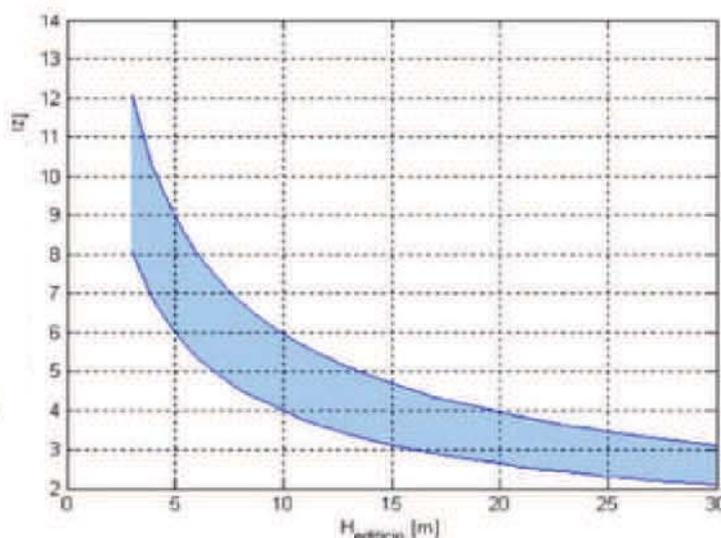
Figura 5.7 – Confronto degli spettri H/V ottenuti dalle registrazioni sismiche passive HVSR

Si precisa che la modellazione numerica elaborata dal software SHAKE2000 è stata limitata alla stima dell'amplificazione entro i 10 Hz, limite più utile ai fini ingegneristici (analisi delle interazioni sottosuolo/strutture).

La figura 5.7 mostra invece il dettaglio dello spettro di amplificazione H/V ricavato dalla traccia TR1. Si evince una sufficiente correlazione tra l'esito numerico della modellazione e l'esito strumentale della registrazione passiva, sebbene lo spettro H/V non consente valutazioni quantitative di amplificazione.

Le figure 5.6 e 5.7 rappresentano un utile strumento per la valutazione della vulnerabilità dei manufatti di previsione e/o esistenti rispetto agli effetti di amplificazione locale del moto sismico. È infatti noto come le strutture siano caratterizzate da differenti modi di vibrazione, in funzione di molti parametri tra cui l'elevazione, la tipologia, il materiale costruttivo, etc. Dal punto di vista analitico, la vibrazione di un edificio è governata soprattutto dalla sua altezza. In questo senso, la figura 5.8 riporta un abaco di possibile relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza propria.

*Figura 5.7– Abaco di relazione tipica tra altezza edificio in c.a. - primo modo flessionale (da Masi et al., 2007)*



Un'ulteriore relazione empirica che lega la frequenza di vibrazione di un edificio e la sua altezza è la seguente:  $f = (10+12)/n$ .piani.

La coincidenza tra frequenze di risonanza naturale del terreno e frequenze di vibrazione delle strutture può dunque causare pericolose amplificazioni nel caso di impulsi ciclici dovuti ad un evento sismico (effetto di "doppia risonanza").

Per quanto detto, per finalità di interesse ingegneristico la modellazione evidenzia possibilità di picchi significativi per frequenze <4,6 Hz, mentre l'analisi tomografica indica possibilità di amplificazioni a frequenze di circa 5 Hz e un'ulteriore picco, sebbene più blando a 0,7 ÷ 0,8 Hz. In conclusione, si potrebbero avere effetti di "doppia risonanza" per edifici maggiori di 2 ÷ 3 piani e/o manufatti di altezza maggiore di circa 7 ÷ 8 metri.

Per quanto riguarda la stima dell'intensità spettrale di Housner (SI), intesa come rapporto fra gli spettri PSV al suolo e PSV al bedrock, la modellazione espletata con SHAKE 2000 (figura 5.8) ha permesso di rivavare gli esiti negli intervalli temporali rispettivamente di 0,1s ÷ 0,5s e 0,5s ÷ 1,0s, come richiesto dalla DAL 112/2007:

INPUT_046_Bologna.xy	INPUT_126_Bologna.xy	INPUT_354_Bologna.xy
F.A. SI/SI0 [0.1s-0.5s] = 2.14	F.A. SI/SI0 [0.1s-0.5s] = 1.85	F.A. SI/SI0 [0.1s-0.5s] = 1.72
F.A. SI/SI0 [0.5s-1.0s] = 2.27	F.A. SI/SI0 [0.5s-1.0s] = 2.68	F.A. SI/SI0 [0.5s-1.0s] = 2.20

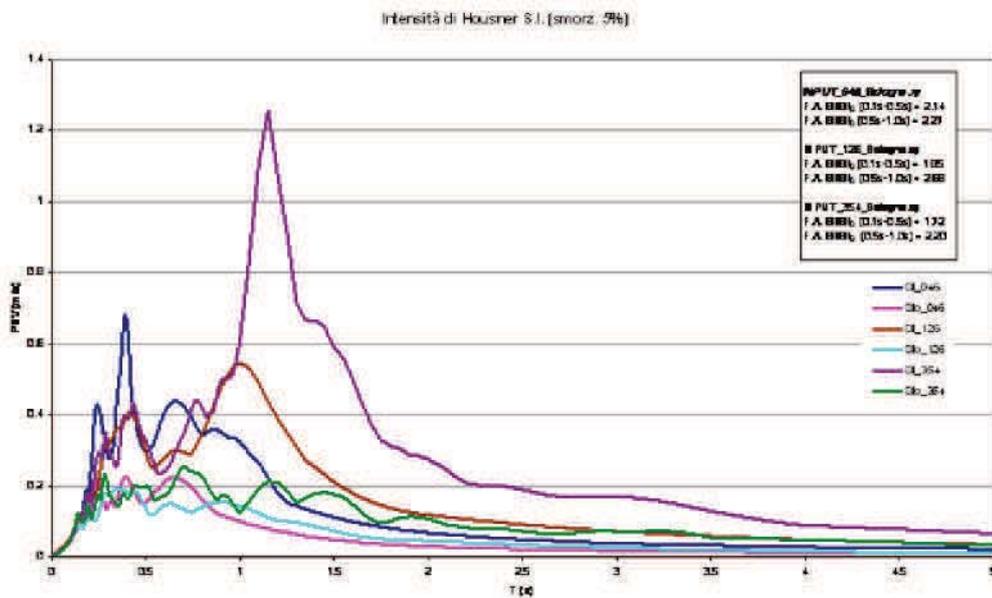


Figura 5.8 – Intensità di Housner S.I. riferite al bedrock e al suolo per i tre input sismici di riferimento.

## 6 Liquefazione e cedimenti post sisma (III livello speditivo)

La suscettibilità alla liquefazione dei sedimenti rappresenta un parametro molto importante da valutare nelle analisi di pericolosità sismica anche a piccola scala, in particolare nella pianura alluvionale dove si ha la maggiore concentrazione dell'urbanizzato sia storico che di previsione.

Per liquefazione si intende l'annullamento di resistenza al taglio di terreni granulari saturi sotto sollecitazioni di taglio cicliche ed in conseguenza delle quali il sedimento raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Il meccanismo di liquefazione è governato da molti fattori e tra questi i principali sono: caratteristiche dell'impulso sismico; (magnitudo  $M > 5,0$ ); densità relativa ( $DR < 50 \div 60\%$ ); pressioni di confinamento (non sono riportati casi in letteratura di liquefazione in strati granulari profondi oltre 15-20 metri); fuso granulometrico; falda superficiale.

In condizioni di sisma, vi possono anche essere effetti "riordino" dei sedimenti, con possibilità di cedimenti significativi e che possono coinvolgere sia i depositi granulari poco addensati e recenti (olocenici), sia i sedimenti fini poco coesivi. Nell'ultimo decennio sono state elaborate procedure di stima delle potenziali deformazioni post-sisma anche nei sedimenti fini (limi e argille a comportamento "non drenato") provocate da perdite di resistenza. Quest'ultimo fenomeno è noto con il termine "cyclic softening" (Idriss & Boulanger, 2004-2007).

Le verifiche di propensione alla liquefazione e dei cedimenti potenziali indotti da sisma possono essere valutati utilizzando correlazioni empiriche basate sui risultati delle prove CPT. Il vantaggio dell'uso delle penetrometrie statiche è da ricercarsi nella maggiore accuratezza e ripetibilità della CPT rispetto ad altre prove, nella sua relativa economicità e soprattutto nella possibilità di avere profili continui con la profondità e che forniscono informazioni dettagliate anche sulla stratigrafia.

La procedura di verifica della liquefacibilità la stima dei cedimenti post sisma nei sedimenti sia granulari che fini poco coesivi, utilizzata per questo lavoro, si basa sull'approccio attualmente più accreditato per le prove CPT di Seed e Idriss (1971) e Robertson & Wride (1998), recentemente aggiornato dallo stesso P.K. Robertson (2009-2010)<sup>3</sup>. Si deve precisare che gli esiti delle prove CPT devono essere opportunamente corretti per tenere conto della differente geometria della punta meccanica rispetto alla punta elettrica: infatti, i valori misurati non si equivalgono perfettamente per quanto riguarda la resistenza alla punta e differiscono

---

<sup>3</sup> P.K. Robertson, 2009. "Performance based earthquake design using the CPT", Keynote Lecture, International Conference on Performance-based Design in Earthquake Geotechnical Engineering - from case history to practice, IS-Tokyo, June 2009

Robertson, P.K. and Lisheng, S., 2010, "Estimation of seismic compression in dry soils using the CPT" FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN GEOTECHNICAL EARTHQUAKE ENGINEERING AND SOIL DYNAMICS, Symposium in honor of professor I. M. Idriss, SAN diego, CA

sensibilmente negli esiti di resistenza laterale per l'adesione terreno-manicotto. Nelle prove CPT le resistenze laterali risultano sempre maggiori di quelle misurate da prove con punta elettrica e nelle sabbie il valore di  $f_s$  può essere fino a due volte quello ricavato da prove CPTe/CPTU. Anche il rapporto delle resistenze risente di queste differenze e infatti i diagrammi interpretativi dei risultati distinguono i due tipi di punta. Ciò detto, gli esiti delle CPT sono stati cautelativamente corretti, dimezzando le resistenze  $f_s$  negli intervalli caratterizzati da un rapporto  $R_f < 2,2$  (sabbie, seconda la corretta classificazione tessiturale di Schmertmann da prove CPT).

Per quanto detto, la verifica stima la propensione alla liquefazione di un sedimento attraverso il calcolo del fattore di sicurezza  $FL = (CRR_{(7,5)}/CSR_{(7,5)}) * MSF$  con:

- $CSR$  = sollecitazione tangenziale ciclica (Cyclic Stress Ratio) prodotta da un sisma e stimata sulla base di correlazioni empiriche dalle caratteristiche del terremoto, magnitudo e accelerazione tangenziale del suolo. Il  $CSR$  viene calcolato dalla nota equazione semiempirica proposta da Seed e Idriss (1971) per terremoti di  $M = 7,5$ . La  $a_{max}$  di ingresso per la valutazione semplificata del  $CSR$  è ricavata utilizzando i dati della caratterizzazione sismica di riferimento
- $MSF$  = coefficiente correttivo per eventi sismici di magnitudo differente da 7,5 (come nel nostro caso). Fra le equazioni proposte, le raccomandazioni NCEER consigliano di utilizzare per terremoti di  $M < 7,5$  i valori correttivi di Andrus e Stokoe (1997). Per questo lavoro, a scopo ulteriormente cautelativo si è assunto come riferimento correttivo l'equazione proposta da Idriss (1986), che fornisce i valori di  $MSF$  più bassi raccomandati dal NCEER.
- $CRR$  = resistenza alla liquefazione ciclica (Cyclic Resistance Ratio) dei sedimenti attraversati, ricavata dagli esiti penetrometrici secondo la procedura empirica proposta da Robertson & Wride, 1998 per terremoti di  $M = 7,5$ . La procedura si fonda su equazioni che determinano i valori di  $CRR$  dei sedimenti con diverso contenuto di fini dai dati delle prove CPT, attraverso la normalizzazione a 100 kPa (pressione atmosferica) delle resistenze alla punta penetrometrica e la correzione in funzione delle caratteristiche granulometriche (desunte dalla classificazione dei terreni di Robertson, 1990).

Si è quindi proceduto al calcolo automatico della liquefacibilità e dei cedimenti post sisma con il software "Cliq", sviluppato dalla GeoLogiki Geotechnical Engineers in collaborazione con lo stesso P.K. Roberson, utilizzando i dati di input di pericolosità sismica di base e l' $ag_{max}$  al suolo desunta dalla modellazione numerica di RSL:

- magnitudo del terremoto  $M_w = 5,6$
- $ag_{max}$  suolo = 0,28g (modello RSL)

A ulteriore verifica si è ricalcolata la simulazione implementando:

- magnitudo del terremoto  $M_w = 6,0$
- $ag_{max}$  suolo = 0,40g

Gli esiti, ovviamente, non evidenziano la propensione alla liquefazione per le condizioni tessiturali dei sedimenti attraversati e per l'assenza di falda. Per la stima dei cedimenti post sisma, si è ancora proceduto alla verifica basata sulla classificazione di comportamento di tutti i terreni proposta da Robertson (1990; 2009). La figura 6.1 propone il diagramma (Qtn-F) di classificazione nella quale si distinguono le zone di potenziale di liquefazione e/o di "cyclic softening": le zone A1 e A2 corrispondono ai sedimenti di bassa coesione attribuibili a comportamento granulare e suscettibili di liquefazione ciclica, in particolare i sedimenti che ricadono nella zona A2 risultano più suscettibili a perdite anche significative di resistenza in caso di sisma; le Zone B e C ( $I_c > 2,6$ ) corrispondono invece ai terreni coesivi a comportamento argilloso ed entrambi sensibili a "cyclic softening", in particolare i sedimenti che ricadono nella zona C risultano più suscettibili a perdite di resistenza post-sisma. Limi non plastici saturi spesso cadono nella zona C, tuttavia, il loro CRR è fortemente controllato dalla coesione non drenata  $C_u$ .

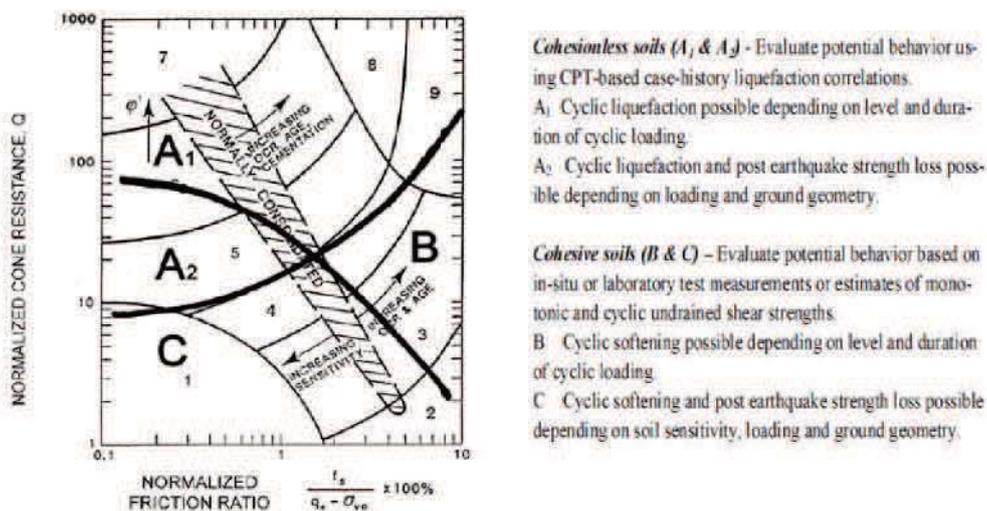


Figura 6.1 - Carta della classificazione di comportamento dei sedimenti da prove CPT (da P.K.Robertson, 2009)

La successiva figura 6.2 riporta il plottaggio delle tre prove CPT eseguite: si evince che i sedimenti attraversati dalle penetrometrie si distribuiscono in entrambe le zone A1 e A2. I depositi fini ricadono principalmente nella zona B3 e per lo più all'interno del fuso sovra-consolidato, pertanto con scarsa propensione ad effetti di "cyclic softening".

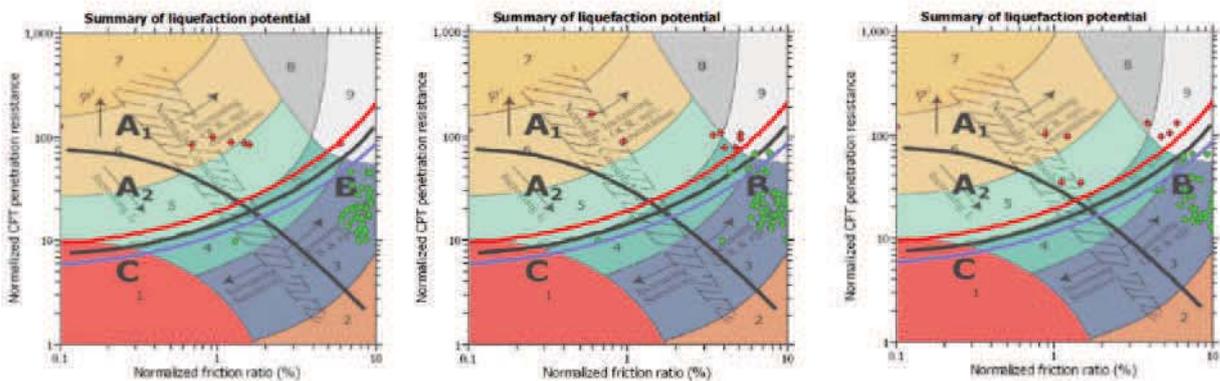


Figura 6.2 – Plottaggio degli esiti penetrometrici CPT1 (a sinistra), CPT2 (al centro) e CPT3 (a destra) sulla carta della classificazione di P.K.Robertson (2009)

Nei sedimenti fini coesivi a comportamento argilloso (zone B e C), il cedimento è causato principalmente da fenomeni di riconsolidazione conseguenti alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto e al manifestarsi di deformazioni da taglio indotte dalle sollecitazioni cicliche. Generalmente, le deformazioni di riconsolidazione post-sisma sono ritenute molto più piccole di quelle osservate nei sedimenti granulari ed i cedimenti rilevati in seguito a sismi recenti (Loma Prieta; Chi-Chi; Kocaeli) risultano statisticamente modesti anche per potenti intervalli di depositi di argille compressibili (Boulanger and Idriss, 2007). Nella letteratura scientifica, si reputa che le deformazioni volumetriche medie di strati a grana fine siano contenute entro l'1%. Esperienze empiriche hanno dimostrato che le deformazioni per riconsolidamento nelle argille sono controllate principalmente dallo sforzo di taglio massimo, funzione di un fattore di sicurezza  $FS_{v=3\%} = CRR_M / CSR_M = CRR_{7,5} / CSR_{7,5}$  (Boulanger and Idriss, 2007) e dello stato tensionale dei sedimenti OCR). Il fattore di sicurezza è stato dunque calcolato come  $Fsy = 3\% = CRR_{5,6} / CSR_{5,6}$  con fattore di scala della magnitudo per argille, secondo Idriss). Le deformazioni volumetriche sono state calcolate secondo il metodo di Robertson (2009), utilizzando le seguenti relazioni:

$$CRR_{7,5} = 0.8 (s_u / \sigma'_{vo})$$

or

$$CRR_{7,5} = 0.18 (OCR)^{0.8}$$

$$\varepsilon_{vol} = [0.8 - 2.66 \log (FS)] / [0.33 A (Q_m)^3]$$

$$A = 10 - 9 \log (OCR)$$

$$\text{When } FS \leq 0.84 \text{ set } r_u = 1.0 \text{ \& limit } \varepsilon_{vol} \leq 1\%$$

In conclusione, le verifiche basate sulle prove CPT non evidenziano particolare propensione alla liquefazione e non si riscontrano cedimenti post sisma significativi. Le figure 6.3 e 6.4 riportano gli esiti delle simulazioni.

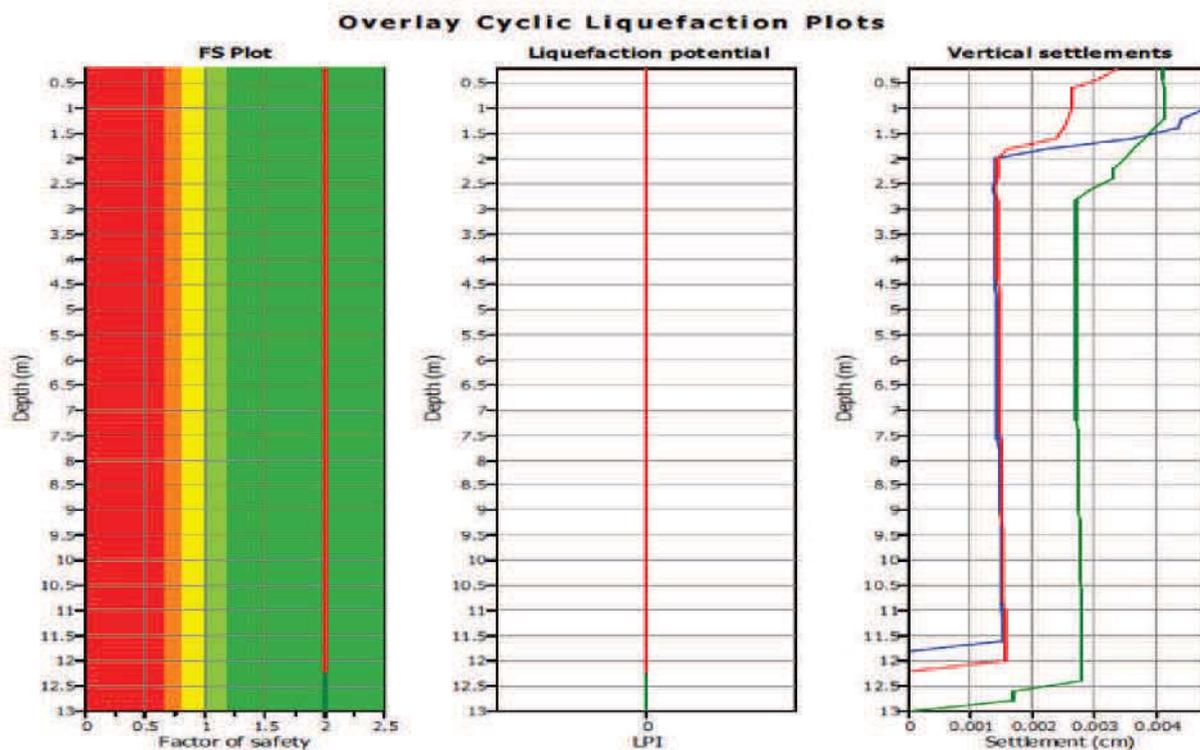


Figura 6.3 – Grafici relativi agli esiti delle verifiche di liquefazione e della stima dei cedimenti post sisma ( $M = 5,6$ ;  $ag\ picco\ suolo = 0,28$ )

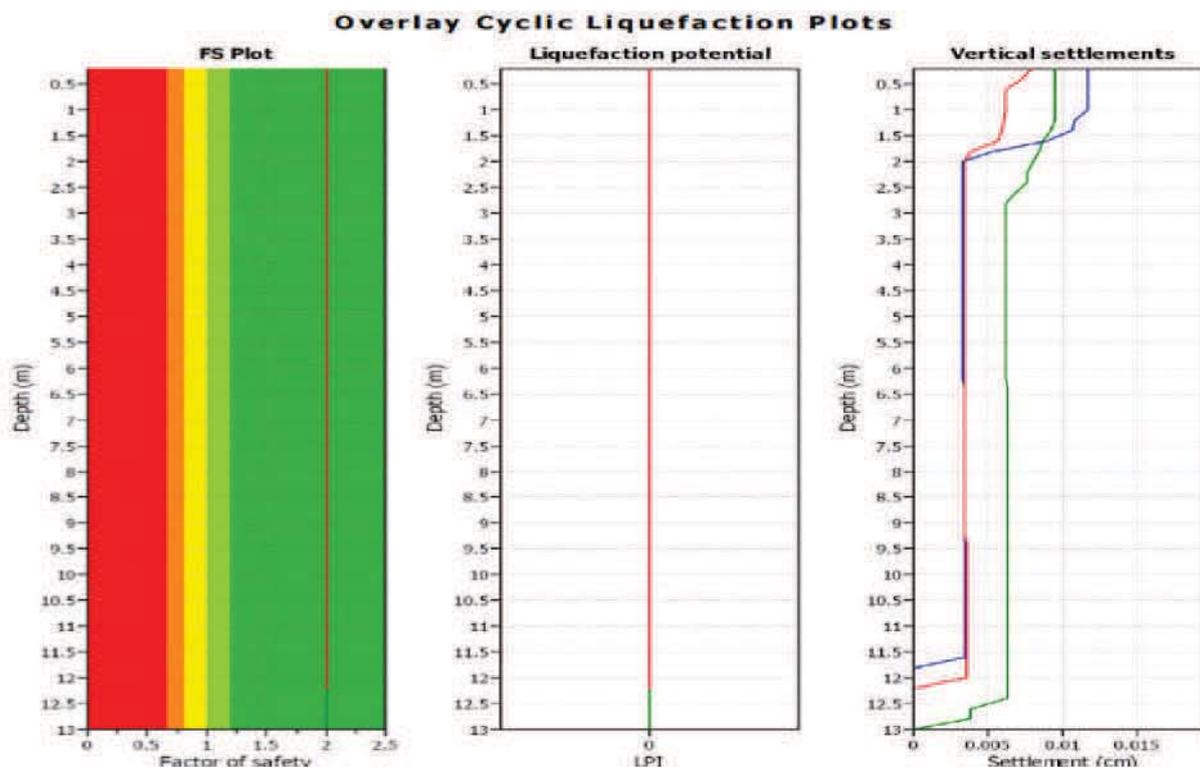


Figura 6.4 – Grafici relativi agli esiti delle verifiche di liquefazione e della stima dei cedimenti post sisma ( $M = 6,0$ ;  $ag\ picco\ suolo = 0,40$ )



**TAVOLA 1 (STRALCIO) "INTERVENTI EDILIZI,  
URBANISTICI, DI VALORIZZAZIONE  
COMMERCIALE" - VARIANTE**



## Tavola 1

Interventi edilizi, urbanistici, di valorizzazione commerciale

## Variante

per la disciplina di parte dell'ambito  
in trasformazione n. 129 Bertalia-Lazzaretto  
scala 1 : 20.000



# Interventi Poc

## Interventi edilizi e urbanistici

1

### Previgente sistema di pianificazione

Aree soggette a specifiche indicazioni normative (Titolo 2, capo I art. 11)

- 1 AR.1 Ampliamento del "Villaggio della Speranza"
- 2 AR.3 Via Alamandini/Osservanza
- 3 AR.6 Via Piave
- 4 AR di Ronzano
- 5 AR via del Tuscolano
- 6 AS.3 Centro Agreste San Donato
- 7 CH.2 Casa di cura Villalba
- 8 CH.8 Via Sostegnazzo
- 9 CI.1 Cimitero per animali d'affezione
- 10 CT.4 Deposito-Officina Metrotranvia
- 11 CT.5 Deposito people mover
- 12 MD Via dell'industria
- 13 MS.1 Artgiancar 1
- 14 P1.7 Via Carracci
- 15 P1.10 G.D. via Speranza
- 16 P3.1 Via del Traghetto
- 17 P7.13 Lotto via Stalingrado
- 18 P7.14 Via Speranza
- 19 P8.1 Via Colombo
- 20 P8.2 Via Industria
- 21 P8.3 Via Selva di Pescarola
- 22 R1.22 Via Toscana
- 23 R1.24 Via Piana
- 24 R3.13A Fossolo
- 25 R5.1 Zona Fiera Stalingrado via della Villa
- 26 R5.5b Zona Fossolo
- 27 R5.5d Zona Fossolo
- 28 S2 Via Melozzo da Forlì
- 29 TP.6 Azienda agricola Prati
- 30 TP.7 Azienda agricola Casali
- 31 TP.9 Via Sabbiuino
- 32 TRC Campeggio comunale
- 33 VS.1 Ippodromo Arcoveggio
- 34 MD Via de Gasperi
- 35 R6 Via Quarto di Sopra
- 36 MD Via Zanardi
- 37 TP.8 Fondo Belfiore
- 38 Via del Conciatore Zincaturificio Bolognese
- 39 Via del Tornitore Arel

40

### Strumenti urbanistici preventivi

Non approvati/non convenzionati (Titolo 2, capo I art. 12 comma 2)

- 40 P5 Via Salute
- 41 R3.54\* Ex Euroaquarium
- 42 R4 Via della Guardia
- 43 R5.7a Via Larga
- 44 Riordino delle corti - EGF Ronzano
- 45 Riordino delle corti - Via di Gaibola 28
- 46 Riordino delle corti - Via di Sabbiuino 11

### Nuovo sistema di pianificazione (Titolo 2, capo II)

#### Progetti

- A Bolognina (art. 14)
- B Massarenti (atr. 15)
- C Croce del Biacco (art. 16)
- D Museo della città' (art. 17)
- E ex Officine SABIEM
- F **Fondazione Malavasi - Comune di Bologna**

A



## Interventi di valorizzazione commerciale (Titolo 4)

Aree per nuovi Progetti di valorizzazione commerciale

### Regole - Classificazione del territorio in ambiti

#### Territorio urbano da strutturare

Ambiti per i nuovi insediamenti

misti

specializzati

Ambiti di sostituzione

misti

Ambiti in trasformazione (Titolo 2, capo I art. 12 comma 3)

misti

specializzati

#### Territorio urbano strutturato

Ambiti da riqualificare

misti

specializzati

Ambiti consolidati di qualificazione diffusa

misti

specializzati

Ambiti in via di consolidamento

misti

specializzati

Ambiti pianificati consolidati

misti

specializzati

per infrastrutture

Ambiti storici

nucleo di antica formazione

quartieri giardino

tessuti compatti

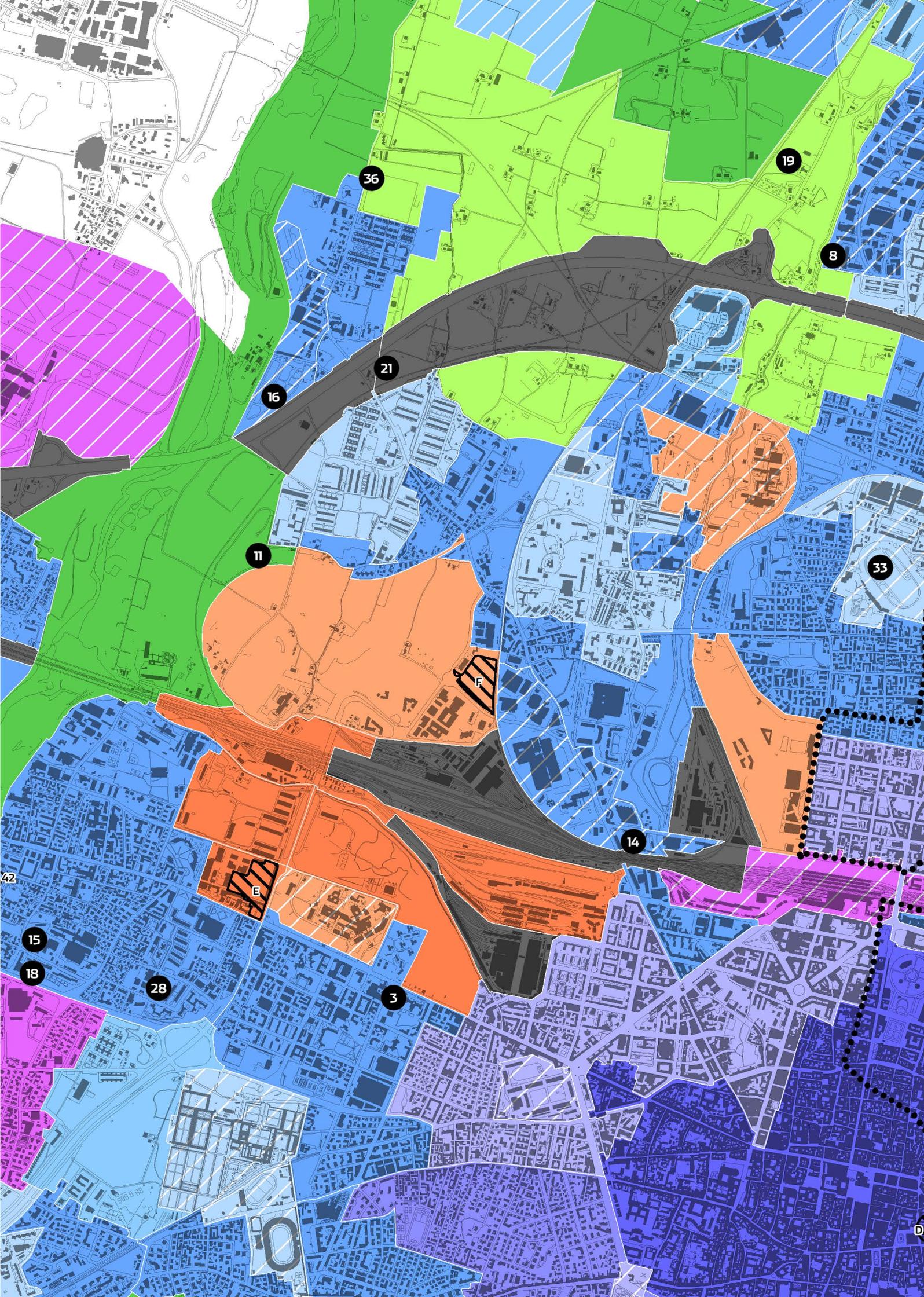
specializzati

#### Territorio rurale

Ambiti di valore naturale e ambientale

Ambiti agricoli di rilievo paesaggistico





36

19

8

21

16

11

33

F

14

E

42

15

18

28

3

D

