



# CITTA' DI LUCCA

**Regolamento Urbanistico approvato con atto C.C. n° 25 del 16/03/2004**

**Settore Pianificazione Urbanistica, Mobilità e Arredo Urbano**

Dirigente: Arch. Maurizio Tani  
Dott.ssa Ilaria Nardi, Ing. Stefano Angelini, Geom. Mauro Baccерini  
Geom. Marco Della Lunga, Maria Angela Lezzi, Letizia Miliffi  
Collaboratori esterni:  
Arch. Elisabetta Biagioni, Arch. Nicoletta Della Nina, Geom. Stefano Petroni

**Consulenza generale**

Studio Architetti Benevolo

## **VARIANTE DI ADEGUAMENTO AL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) RELATIVA AL BACINO DELL'OZZERI**

**Settore Programmazione e Pianificazione del Territorio**

Dirigente: Arch. Maurizio Tani  
Arch. Costantino Di Piero, Geol. Ilaria Nardi, Arch. M. Etrusca Del Debbio  
Geom. Mauro Baccерini, Geom. Marco Della Lunga, Geom. Guido Barsotti  
Consulenza:  
Studio di Geologia Barsanti, Sani & Associati  
Studio Ing. Renzo Bessi

**1**

### **RELAZIONE**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA  
RELAZIONE INDAGINI IDRAULICHE  
RELAZIONE INDAGINI GEOLOGICHE

settembre 2008

**VARIANTE**  
**Regolamento Urbanistico**

**VARIANTE DI ADEGUAMENTO AL PIANO DI ASSETTO  
IDROGEOLOGICO (P.A.I.) RELATIVA AL BACINO DELL' OZZERI**

**Relazione illustrativa**

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

A seguito degli interventi realizzati dalla Provincia di Lucca sia sul Canale Ozzeri che sulle casse di espansione dei rii Vorno, Coselli e Guappero, principali affluenti di sinistra dell'Ozzeri, è nata l'esigenza di rivedere le classificazioni di pericolosità idraulica del territorio, all'interno del territorio del Comune di Lucca compreso nei bacini idrografici di questi canali, determinando, attraverso studi idraulici, il residuo rischio presente nell'area e gli interventi da adottare per la messa in sicurezza per eventi alluvionali con tempo di ritorno stimato in 200 anni.

Gli studi di cui sopra (*"Studio idraulico del sottobacino dell'Ozzeri con proposta degli interventi per l'adeguamento dei corsi d'acqua del sottobacino"*) sono stati redatti dall'Ing. Renzo Bessi e conclusivamente approvati il 10.02.2006 in sede di Conferenza dei Servizi ex art.14 L.241/90 convocata dalla Provincia di Lucca, alla quale hanno partecipato il Comune di Lucca, il Comune di Capannori, l'Autorità di Bacino del Fiume Serchio, l'Autorità di Bacino del F. Arno, l'Ufficio Regionale per la Tutela del Territorio di Lucca.

E' stato approvato il progetto complessivo delle aree da destinare a cassa di espansione dei corsi d'acqua, con il solo stralcio dei previsti impianti idrovori localizzati a Sorbano e nella zona del San Rocco, ed accolta l'individuazione delle *"aree di residua inondazione"* proposta dall'Autorità di Bacino del Fiume Serchio.

Con nota del 24.04.2007 l'Autorità di Bacino del Serchio, nel quadro delle consultazioni attivate dall'Amministrazione Comunale per la redazione della variante di cui trattasi, ha precisato che tali *"aree di residua inondazione"* devono essere classificate, nella redigenda Carta della pericolosità idraulica, come **AP** (Alta probabilità di inondazione), al pari cioè delle aree allagabili da eventi con tempi di ritorno 30 anni.

Al fine di adeguare lo strumento urbanistico vigente sia al Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico del Fiume Serchio (P.A.I.) approvato con delibera del Consiglio Regionale della Toscana n. 20 del 01.02.05, sia al nuovo regolamento 26R/2000 (*"Regolamento di attuazione dell'art.62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche"*) è stata predisposta la presente variante che introduce come elemento di novità, rispetto al Regolamento Urbanistico, la tavola denominata *"Carta dei condizionamenti di natura idraulica"* in cui sono stati definiti i condizionamenti e le limitazioni alle trasformazioni ammissibili, conseguenti i livelli di pericolosità idraulica, sovrapponendo le zone a

diverso rischio idraulico con il tessuto insediativo, che nello specifico coincide con il sistema insediativo così come individuato dal Regolamento Urbanistico.

Si fa inoltre presente che con la suddetta variante viene modificato anche il perimetro del Parco dell'Ozzeri nella parte ad est, tale da farlo coincidere con la cassa di espansione così come modificata a seguito dello studio idraulico, e nella parte ad ovest così come da apposita Conferenza dei Servizi costituita da Autorità di Bacino del Fiume Serchio, Autorità di Bacino del Fiume Arno, Provincia di Lucca e Comuni di Lucca e Capannoni, il cui atto conclusivo è rappresentato dal verbale in data 25.1.2006.

Sempre in ordine alla necessità di adeguamento al citato regolamento 26/R il quale disciplina, tra le altre cose, le direttive tecniche per le indagini atte a verificare la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico ed idraulico, la fattibilità delle previsioni e per la valutazione degli effetti locali e del sito in relazione all'obiettivo della riduzione del rischio sismico, il territorio in esame è stato riclassificato anche sotto il profilo della pericolosità geologica e sismica.

Le tavole urbanistiche sono state quindi integrate con gli interventi previsti nella cartografia di sintesi della conferenza dei servizi e, per il territorio in esame, la normativa sostituisce i corrispondenti articoli della Parte II – Fragilità ambientale e conseguenti limitazioni, di cui alle NTA del Regolamento Urbanistico.

In conseguenza degli studi idraulici redatti e dei progetti delle opere di messa in sicurezza del territorio è infine venuta meno la necessità di mantenere, per i Canali Ozzeri e Piscilla, l'ambito B (ex DCRT 230/94) che, pertanto, è stato eliminato dalle relative tavole e conseguentemente diventano inefficaci le relative disposizioni limitative, di cui agli articoli 22.4, 22.5, 22.6 delle NTA del Regolamento Urbanistico vigente.

La versione degli elaborati della presente variante (cartografia e normativa), così come viene approvata in via definitiva, differisce dalla versione adottata conseguentemente all'accoglimento di alcune osservazioni pervenute ai sensi di legge e alle modifiche richieste dall'Autorità di Bacino mediante il parere espresso in data 11.11.2008 che comprende, tra l'altro, la richiesta di previsione di realizzazione di una cassa di laminazione sugli spalti delle mura urbane.

Elenco degli elaborati:

1. La presente relazione (Relazione Illustrativa – Relazione Indagini Idrauliche – Relazione Indagini Geologiche) (QC)
2. Norme Tecniche di Attuazione (QP)

- 3.1 Destinazioni Urbanistiche del Territorio Tavola 8– stato attuale (QP)
- 3.2 Destinazioni Urbanistiche del Territorio Tavola 9– stato attuale (QP)
- 3.3 Destinazioni Urbanistiche del Territorio Tavola 10– stato attuale (QP)
- 3.4 Destinazioni Urbanistiche del Territorio Tavola 13– stato attuale (QP)
- 4.1 Destinazioni Urbanistiche del Territorio Tavola 8 – stato in variante (QP)
- 4.2 Destinazioni Urbanistiche del Territorio Tavola 9 – stato in variante (QP)
- 4.3 Destinazioni Urbanistiche del Territorio Tavola 10 – stato in variante (QP)
- 4.4 Destinazioni Urbanistiche del Territorio Tavola 13– stato in variante (QP)
- 5. Carta dei Condizionamenti di Natura Idraulica (QP)
- 6. Carta della Pericolosità Idraulica (QP)
- 7. Carta delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale (QC)
- 8. Carta della Pericolosità Geomorfologia (QP)
- 9.1 Carta degli Ambiti A1 e B e delle Aree di Pertinenza Fluviale Tavola 8 – stato in variante (QP)
- 9.2 Carta degli Ambiti A1 e B e delle Aree di Pertinenza Fluviale Tavola 9 – stato in variante (QP)
- 9.3 Carta degli Ambiti A1 e B e delle Aree di Pertinenza Fluviale Tavola 10 – stato in variante (QP)
- 9.4 Carta degli Ambiti A1 e B e delle Aree di Pertinenza Fluviale Tavola 13 – stato in variante (QP)
- 10. Carta della Vulnerabilità degli Acquiferi (QC)
- 11. Carta delle Aree Allagabili Tr 20 anni (QC)
- 12. Carta delle Aree Allagabili Tr 30 anni (QC)
- 13. Carta delle Aree Allagabili Tr 200 anni (QC)
- 14. Carta dei Comparti Idraulici – Ozzeri (QC)
- 15. Carta dei Comparti Idraulici – Serchio (QC)
- 16. Destinazioni Urbanistiche del Centro Storico - Prescrizioni relative agli spazi liberi – stato attuale (QP)
- 17. Destinazioni Urbanistiche del Centro Storico - Prescrizioni relative agli spazi liberi – stato modificato (QP)

**VARIANTE DI ADEGUAMENTO AL PIANO DI ASSETTO  
IDROGEOLOGICO (P.A.I.) RELATIVA AL BACINO DELL' OZZERI**

**Relazione indagini idrauliche**

## Indice generale

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. MODELLAZIONE IDROLOGICA DI DETTAGLIO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....</b>	<b>6</b>
2.1.1 Area di indagine per la regionalizzazione delle piogge intense.....	7
2.1.2 Stima della grandezza indice nei bacini del Comune di Lucca.....	8
2.1.3 Curve di possibilità pluviometrica puntuali e ragguaglio delle piogge all'area.....	10
<b>2.2 IETOGRAMMA DI PROGETTO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 MODELLI DI FORMAZIONE DEI DEFLUSSI DI PIENA.....</b>	<b>11</b>
2.3.1 Le perdite di bacino.....	11
2.3.2 La trasformazione afflussi deflussi.....	14
2.3.2.1 Il metodo dell'invaso lineare (SLR).....	15
2.3.2.2 L'idrogramma unitario del Soil Conservation Service (SCS).....	16
<b>2.4 LA PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI PIENA.....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 MODELLAZIONE IDROLOGICA.....</b>	<b>18</b>
2.5.1 Settore A.....	18
2.5.2 Settore B.....	19
2.5.3 Settore C.....	21
2.5.4 Settore D.....	22
<b>3. DETERMINAZIONE DELLE AREE DI ALLAGAMENTO.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 SETTORE A.....</b>	<b>24</b>
<b>3.2 SETTORE B.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3 SETTORE C.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4 SETTORE D.....</b>	<b>27</b>
<b>4 – INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA PREVISTI.....</b>	<b>29</b>

## **1. PREMESSA**

Il presente studio è stato redatto per conto dell'Amministrazione Comunale di Lucca, a corredo della variante urbanistica della zona a sud della città di Lucca.

Successivamente, durante la redazione dello studio è entrato in vigore il PAI (Piano Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino del fiume Serchio che ha fornito una sua classificazione, in termini di pericolosità idraulica, della zona oggetto di studio e precisamente la zona a sud della città di Lucca posta nel bacino del canale Ozzeri e di alcuni suoi principali affluenti fra i quali emerge il canale Piscilla che è il colatore della città di Lucca.

Vista la classificazione che il PAI ha eseguito per la zona oggetto di studio, ritenendo che la stessa possa essere modificata alla luce degli interventi eseguiti sul Canale Ozzeri e su alcuni suoi affluenti, il Comune di Lucca potrà, alla luce dell'art. 40 delle Norme di Piano del PAI suddetto, inoltrare specifica istanza all'Autorità di Bacino del fiume Serchio al fine di procedere alla modifica del PAI.

La suddetta istanza, sempre ai sensi dell'art. 40, dovrà essere corredata da idonei studi idraulici che ne giustificano la richiesta.

Per quanto sopra, sia ai sensi del 4° comma dell'art. 24 del P.T.C. sia dell'art. 40 del PAI, sia alla luce delle più recenti norme emanate dalla Regione Toscana con DPGR 27/04/2007 n° 26/R, si è provveduto ad eseguire gli studi e fornire la documentazione richiesta.

I corsi d'acqua analizzati nel dettaglio sono il Canale Ozzeri e il Canale Piscilla. Le elaborazioni effettuate portano alla definizione della pericolosità idraulica, necessaria ai fini della definizione delle fattibilità delle previsioni urbanistiche.

Si è, quindi, provveduto allo studio a scala di bacino idrografico della zona di interesse, provvedendo alla modellazione idrologica di dettaglio di tutti i corsi d'acqua che adducono le acque al canale Ozzeri.

Il limite dell'area di studio è stata determinata in base ai lavori di regimazione idraulica eseguiti sul canale Ozzeri dall'Amministrazione Provinciale di Lucca che vanno dal cosiddetto "pernio", punto di confluenza dei canali Ozzeri, Rogio ed Ozzoretto, fino alla frazione di Montuolo, in quanto era proprio in questo tratto che il canale era soggetto a fenomeni di esondazione diffusa, dando quindi luogo ad elevata pericolosità idraulica per le codeste aree. Il modello idraulico dell'Ozzeri è stato, però, eseguito fino allo sbocco nel fiume Serchio ed abbiamo potuto così



verificare che nel tratto a valle del perimetro della variante urbanistica, cioè da Montuolo al confine di Comune, il canale Ozzeri è adeguato per portate duecentennali.

Gli scenari ipotizzati si riferiscono ad una pioggia critica della durata di 36 ore, per i tempi di ritorno di 20, 30, 200 anni.

Le superfici di allagamento negli scenari previsti sono stati determinati nella peggiore condizione possibile, e cioè di transito di piena nel Canale Ozzeri (allo stato attuale è adeguato per eventi con tempo di ritorno duecentennale senza dar luogo a esondazioni), e quindi nell'impossibilità di ricevere le acque dagli affluenti, sia per la chiusura delle paratoie presenti allo sbocco di molti di essi, necessarie per impedire il rigurgito delle acque dell'Ozzeri, sia per la differenza nei tiranti idrici.

La metodologia seguita, supportata dall'utilizzo dei più avanzati codici di calcolo automatico disponibili, è quindi la seguente:

- suddivisione del territorio di interesse in settori omogenei dal punto di vista idrologico;
- determinazione delle curve di possibilità pluviometrica per l'area in esame per i tempi di ritorno considerati nell'analisi;
- modellazione idrologica di dettaglio degli affluenti del canale Ozzeri;
- determinazione dei volumi liquidi di esondazione nelle ipotesi di scenario suddette;
- perimetrazione, in base sia ai volumi ottenuti sia alle zone oggetto di transito della piena esondata, delle aree allagabili, con le relative altezze d'acqua attese.
- Individuazione degli interventi, con i relativi ambiti di destinazione, sul tempo di ritorno maggiore considerato (200 anni).

Negli elaborati grafici allegati alla presente relazione sono state riportate, oltre al modello digitale del terreno, le altezze liquide di allagamento.

Gli elaborati grafici allegati alla presente relazione sono i seguenti:

- TAVOLA 11: Carta delle aree allagate con tempo di ritorno = 20 anni, Scala 1:5000;
- TAVOLA 12: Carta delle aree allagate con tempo di ritorno = 30 anni, Scala 1:5000;
- TAVOLA 13: Carta delle aree allagate con tempo di ritorno= 200 anni, Scala 1:5000;
- TAVOLA 14: Carta dei comparti idraulici – Ozzeri - Scala 1:5000.
- TAVOLA 15: Carta dei comparti idraulici – Serchio - Scala 1:5000.

Nelle sopracitate Tav. 14 e 15 oltre alla delimitazione dei comparti, sono state indicate anche le quote dei tiranti idrici relative alla piene duecentennali.

**PROGETTO:**  
**COMMITTENTE:**  
**DATA:**

Studio idraulico a supporto della variante al regolamento urbanistico nel bacino del canale Ozzori e suoi affluenti  
Comune di Lucca  
Gennaio 2008

**N. B.** La Tav. 15 è stata redatta in base a dati dorniti direttamente dall'Autorità di bacino del Fiume Serchio.

## 2. MODELLAZIONE IDROLOGICA DI DETTAGLIO

Lo studio idrologico dei bacini idrografici oggetto dello studio che interessano il territorio comunale di Lucca è stato effettuato utilizzando il codice di calcolo HEC–HMS (Hydrologic Modeling System), sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. Il deflusso superficiale risultante dalle precipitazioni sul bacino idrografico viene simulato rappresentando il bacino come un sistema interconnesso di componenti idrologici, ognuno dei quali modella un determinato aspetto della trasformazione afflussi–deflussi.

Il sistema in esame, il cui recettore finale è in tutti i casi rappresentato dal Canale Ozzeri, è stato innanzitutto suddiviso in quattro settori, che si possono considerare omogenei sotto il profilo idrologico e territoriale, di seguito riassunti:

SETTORE A: Zona Sud dell'abitato di Lucca in sinistra dell'Ozzeri, interessato dai canali di acque alte Benassai e Formica, dal canale di acque basse Fossa Media e dalla zona di acque basse percorsa da numerose fossette a Est della Formica;

SETTORE B: Zona Sud dell'abitato di Lucca in sinistra dell'Ozzeri, interessato dai canali di acque alte Piscilla e San Rocco, e dal colatore di acque basse Cessana;

SETTORE C: destra idrografica del Canale Ozzeri, nel tratto a valle della confluenza del Guappero fino a Montuolo. In questa zona sono presenti i seguenti corsi d'acqua: Vicopelago, Gattaiola sx, Mandria, Meati, oltre a un colatore di acque basse che arriva in prossimità dei Bottacci di Guamo;

SETTORE D: frazione di Guamo in destra idrografica del Canale Ozzeri, interessata dai colatori Fossa Nuova di Guamo e Colatore 2;

Ciascuno dei Settori è stato schematizzato dal punto di vista idrologico mediante il sopracitato software; in ingresso si è fornito uno ietogramma di pioggia ad intensità costante, desunto dall'analisi statistica delle piogge del pluviometro di Lucca secondo il modello TCEV (Two Components Extreme Value). La scelta di tale tipo di idrogramma è dettata dal fatto che, per le

elaborazioni in questione, la variabile fondamentale è il volume di allagamento, e non tanto il picco di piena; per durate di pioggia elevate lo ietogramma ad intensità costante permette, in primo luogo di massimizzare i volumi, e in secondo luogo di schematizzare bene la precipitazione, con un'intensità mediata sulla durata totale.

La pioggia efficace è stata calcolata considerando le perdite per infiltrazione e per detenzione, adottando il metodo CN del Soil Conservation Service (SCS) degli U.S.A. Gli ietogrammi di pioggia efficace così ottenuti sono stati applicati all'idrogramma unitario ottenendo così il deflusso di piena in uscita dalla sezione di chiusura dei vari sottobacini. Gli idrogrammi unitari utilizzati sono l'idrogramma del serbatoio lineare (SLR) e l'idrogramma SCS. Per l'analisi della propagazione delle onde di piena nei corsi d'acqua in esame si è utilizzato il metodo di Muskingum-Cunge.

Nel seguito si riportano in dettaglio i metodi di calcolo seguiti.

## 2.1 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Per la stima delle piogge intense nei bacini del territorio comunale di Lucca si è utilizzata la metodologia messa a punto da Brath, Franchini e Galeati (1998) per l'Italia centrosettentrionale, di seguito riportata nei suoi lineamenti generali, prima di vederne l'applicazione al sistema in esame. Tale metodologia è quella consigliata dall'Autorità di Bacino dell'Arno negli studi pluviometrici per la progettazione delle casse di espansione in Toscana.

Il modello probabilistico adottato dagli Autori è quello a doppia componente (TCEV), che interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima relativa agli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi, e la seconda agli eventi massimi straordinari, meno frequenti e spesso catastrofici. La distribuzione TCEV ha espressione:

$$P(x) = \exp[-\lambda_1 \cdot \exp(-x/\theta_1) - \lambda_2 \cdot \exp(-x/\theta_2)]$$

dove  $P(x)$  indica la probabilità di non superamento del valore  $x$  della generica variabile casuale  $X$  mentre  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\theta_1$  e  $\theta_2$  sono i quattro parametri (positivi) della distribuzione.

La formula si giustifica ipotizzando che gli eventi siano indipendenti l'uno dall'altro, che siano prodotti dalle due situazioni meteoriche accennate, e che in entrambi i casi il numero di accadimenti annuo sia assimilabile ad un processo di Poisson con parametri  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  e le corrispondenti altezze massime di precipitazione di assegnata durata siano distribuite secondo due esponenziali con parametri  $\theta_1$  e  $\theta_2$ . Il massimo annuo di ciascuna delle due componenti risulta

allora distribuito secondo una legge di Gumbel, mentre il massimo di ambedue risulta distribuito secondo la legge data dal prodotto delle due funzioni di probabilità.

L'omogeneità idrologica di una regione comporta l'invarianza spaziale della curva di crescita e quindi l'invarianza spaziale del coefficiente di asimmetria e del coefficiente di variazione; d'altra parte, nel caso della funzione di distribuzione adottata si può dimostrare che i coefficienti di asimmetria e di appiattimento dipendono solo da  $\lambda$  e  $\theta$ , mentre il coefficiente di variazione dipende anche da  $\lambda$ .

Perciò per il modello TCEV la ricerca delle zone omogenee viene generalmente effettuata in due fasi (o livelli): al primo livello si ricercano le zone omogenee in termini del coefficiente di asimmetria (il che consente la stima di  $\lambda$  e  $\theta$  per ciascuna zona) e al secondo livello si individuano una o più sottozone omogenee in termini di coefficiente di variazione (il che consente la stima di  $\lambda_1 | \lambda, \theta$  per ciascuna sottozona).

Oltre alla distribuzione TCEV è stata considerata da Brath, Franchini e Galeati anche la distribuzione GEV (che comprende come caso particolare la distribuzione di Gumbel, spesso usata nell'elaborazione statistica delle piogge estreme); avendo tuttavia verificato che le curve di crescita relative ai due modelli risultavano sostanzialmente equivalenti, sono stati presi come riferimento i risultati ottenuti dalla TCEV.

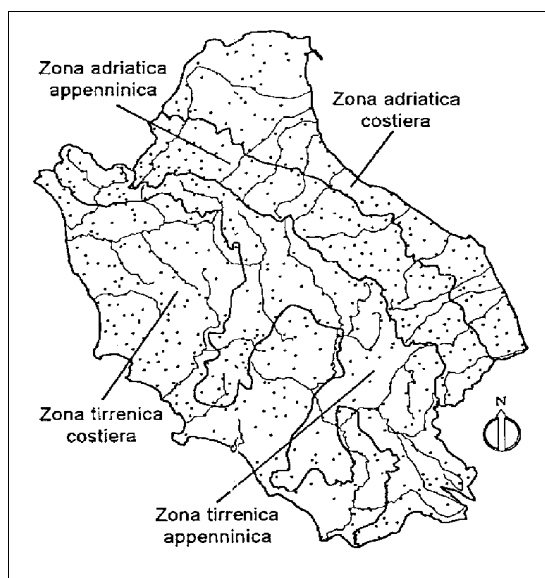
### **2.1.1 Area di indagine per la regionalizzazione delle piogge intense**

L'area su cui è stato sviluppato il modello di stima regionale coincide con il territorio di competenza dei Compartimenti SIMN di Bologna, Pisa e Roma ed è compresa tra il mare Tirreno a ovest e il mare Adriatico a Est (Figura 1).

Dall'analisi statistica è risultata la necessità di considerare 4 sottozone denominate Adriatica costiera, Adriatica appenninica, Tirrenica appenninica e Tirrenica costiera (Figura 2). La regione corrispondente ai bacini toscani, ricade dunque nelle due ultime sottozone.

In particolare la zona corrispondente al comune di Lucca ricade nella sottozona Tirrenica costiera.

**Figura 1** Area di indagine



**Figura 2** Sottozone omogenee nei riguardi delle piogge intense

Dato che la funzione di distribuzione TCEV non è invertibile analiticamente, per un agevole utilizzo delle curve di crescita sono state ricavate dagli Autori per interpolazione formule approssimate esplicite, valide per  $T \geq 5$  anni (Tabella 1). Per piogge di durata intermedia rispetto a quelle indicate si deve procedere ad una interpolazione.

**Tabella 1** Curve di crescita della variabile

Zone	$\square$	$\square$	$\square_1$	$x(T)$	Note
Adriatica Costiera	0.282	2.361	29.87	$0.4686+0.4051\ln T+0.0088\ln^2 T$	Tutte le durate
Adriatica appenninica	0.520	1.577	17.55	$0.7462+0.3171\ln T+0.0044\ln^2 T$	d=1 ora
			21.31	$0.7565+0.3023\ln T+0.0041\ln^2 T$	d=3 ore
			34.49	$0.7811+0.2719\ln T+0.0037\ln^2 T$	d=6 ore e d=1g
Tirrenica appenninica	0.073	1.406	21.01	$0.8329+0.2711\ln T+0.0023\ln^2 T$	d=1 ora
			33.03	$0.8190+0.2258\ln T+0.0165\ln^2 T$	d=3 ore e d=1g
			16.28	$0.8528+0.2524\ln T+0.0153\ln^2 T$	d=1 ora
Tirrenica Costiera	0.144	2.042	24.71	$0.5155+0.4604\ln T+0.0004\ln^2 T$	d=3 ore
			26.21	$0.3292+0.5043\ln T+0.0043\ln^2 T$	d=6 ore
			30.01	$0.2296+0.5267\ln T+0.0056\ln^2 T$	d=12 ore
			30.78	$-0.0327+0.6135\ln T+0.0083\ln^2 T$	d=24 ore, 1g

## 2.1.2 Stima della grandezza indice nei bacini del Comune di Lucca

La grandezza indice è la media delle altezze massime annuali di precipitazione di assegnata durata d. Come si nota dalla tabella precedente, per la regione tirrenica costiera, non si ha invarianza di scala rispetto alla durata per cui le piogge di diversa durata presentano curve di crescita diverse.

Per determinare l'altezza di pioggia di assegnato tempo di ritorno si procede nel modo seguente:

- dalle serie dei valori massimi si calcola il valore medio relativo alle diverse durate di pioggia
- si moltiplica il valore medio dei massimi di pioggia per la corrispondente curva di durata  $X_d(Tr)$ , in cui  $Tr$  è il tempo di ritorno considerato.

Si ottengono così le altezze di pioggia di durata d col tempo di ritorno voluto.

La stazione di pioggia considerata per l'analisi dei bacini del territorio comunale di Lucca è quella denominata "Lucca"; in tabella si riportano le medie dei valori di pioggia massimi annuali registrati al pluviometro.

I dati relativi alle singole stazioni sono riportati in allegato.

**Tabella 2** Altezze di pioggia al pluviometro Lucca: medie dei massimi annuali

Durata di pioggia	1h	3h	6h	12h	24h
Altezza [mm]	35.0	50.6	63.6	77.4	91.0

Nota l'altezza indice si sono poi trovate le altezze di pioggia con tempi di ritorno di 20, 30, 50, 100 e 200 anni, utilizzando le leggi di crescita  $X(Tr)$ ; in questo modo si sono poi determinate le curve di possibilità pluviometrica relative ai tempi di ritorno indicati.

Le curve di possibilità pluviometrica relative al territorio comunale di Lucca, elaborate secondo il modello TCEV, hanno quindi le seguenti equazioni:

TR 20 anni:	$h = 64.311 \cdot t_p^{0.3218}$
TR 30 anni:	$h = 69.450 \cdot t_p^{0.3390}$
TR 50 anni:	$h = 76.124 \cdot t_p^{0.3558}$
TR 100 anni:	$h = 85.519 \cdot t_p^{0.3727}$
TR 200 anni:	$h = 95.288 \cdot t_p^{0.3956}$

### 2.1.3 Curve di possibilità pluviometrica puntuali e ragguaglio delle piogge all'area

La curva di possibilità pluviometrica dedotta per una certa località all'interno di un bacino non può essere assunta valida in tutta l'area  $A$  del bacino stesso. La stima dell'altezza di precipitazione di assegnata durata e assegnato tempo di ritorno può essere condotta moltiplicando l'altezza di pioggia puntuale di pari durata e tempo di ritorno per un fattore di ragguaglio  $r < 1$ :

$$h_a(d;T) = rh(d;T) .$$

Infatti è ragionevole supporre che, durante il verificarsi degli eventi di massima intensità registrati in una stazione si siano verificate proprio in corrispondenza di quella stazione, o nelle sue immediate vicinanze, le massime precipitazioni tra tutte quelle cadute nei vari punti del bacino. Segue da ciò che l'altezza di pioggia media ragguagliata risulta in ciascuno degli eventi suddetti minore dell'altezza di pioggia relativa alla località considerata e quindi il fattore di ragguaglio  $r$  è minore dell'unità; esso dovrebbe risultare tanto più piccolo quanto maggiore è l'area considerata. D'altra parte  $r$  dovrebbe essere tanto più prossimo a uno quanto maggiore è la durata della precipitazione, dato che le osservazioni sperimentali hanno evidenziato come piogge di durata prolungata tendono a presentare una distribuzione nello spazio più uniforme rispetto alle piogge più brevi.

In accordo con le indicazioni dell'Autorità di Bacino dell'Arno per bacini idrografici di superficie minore di 300 Km<sup>2</sup>, e alle prescrizioni del Soil Conservation Service americano, non si è considerato l'effetto del ragguaglio delle piogge all'area, assumendo il coefficiente  $r$  pari a 1.

## 2.2 IETOGRAMMA DI PROGETTO

Le curve di possibilità pluviometrica forniscono solo l'intensità media dell'evento meteorico, non l'andamento temporale delle intensità di pioggia. A parità cioè di tempo di ritorno  $T$  e di durata  $d$  di pioggia possono aversi infinite realizzazioni dello ietogramma a ciascuna delle quali i modelli associano differenti onde  $q(t)$ .

Nel caso in esame, dato che interessano i volumi di esondazione e non le portate di picco, si sono utilizzati ietogrammi ad intensità costante, che forniscono un'ottima risposta in termini di volumi complessivi dell'onda di piena.



La durata dello ietogramma è stata assunta pari a 36 ore, che è la durata massima dell'onda di piena nel Canale Ozzeri che impedisce lo scarico delle acque negli affluenti. In questo modo si simula lo scenario peggiore possibile, nel quale la maggior parte dell'onda di piena degli affluenti non defluisce nel recettore, e di conseguenza esonda.

## 2.3 MODELLI DI FORMAZIONE DEI DEFLUSSI DI PIENA

### 2.3.1 Le perdite di bacino

Nei modelli di piena l'ingresso al sistema è costituito dalla portata di precipitazione netta, dove per precipitazione netta si intende quella parte di precipitazione che, istante per istante, dà origine al deflusso superficiale. Un aspetto molto importante è dato perciò dalla corretta interpretazione delle perdite idrologiche quali: evapotraspirazione, velo d'acqua sul terreno soggetto a tensione superficiale, infiltrazione, immagazzinamento nelle depressioni superficiali.

Le prime due, di modesta entità durante un evento di piena, sono normalmente trascurate nei modelli di piena.

L'infiltrazione sulle aree permeabili o semipermeabili è senz'altro il fenomeno quantitativamente più ragguardevole. Meno significativa, ma spesso non trascurabile (specialmente in comprensori agricoli pianeggianti, quali sono quelli che ricadono in alcuni dei sottobacini del sistema in esame), la perdita che avviene sul bacino per immagazzinamento nelle depressioni superficiali dalle quali l'acqua viene allontanata solo per evaporazione o infiltrazione.

Le perdite di bacino sono state valutate con il metodo *Curve Number (CN)*, sviluppato dal *Soil Conservation Service (SCS)* Americano.

Nel metodo CN per cui la pioggia efficace  $P_e$  al generico istante  $t$  è data da:

$$P_{net} = \begin{cases} 0 & (P < I_a) \\ \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} & (P \geq I_a) \end{cases}$$

in cui:

$P$  = altezza di pioggia cumulata all'istante  $t$

$S$  = ritenzione massima potenziale, funzione attraverso il parametro CN dell'uso del suolo, del tipo di gruppo idrologico del terreno e delle condizioni di umidità iniziale del suolo.

$$S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

valida per S espresso in mm.

la = perdite iniziali dovute all'intercezione da parte della copertura vegetale, all'immagazzinamento nelle depressioni superficiali ed al volume di acqua infiltratosi prima che di raggiungere il "ponding time". Tali perdite, che si hanno prima che inizi il deflusso superficiale, sono generalmente comprese nel seguente intervallo :

$$la = 0,10 \div 0,40 \cdot S$$

Mediamente in pratica spesso si assume  $la = 0,20 \cdot S$ . Nella valutazione del termine la si è anche fatto riferimento – a seconda delle caratteristiche dei sottobacini in esame- a dati riportati nella letteratura tecnica per quanto riguarda l'effetto della copertura boscata (dati derivati dal progetto ALTO) e l'effetto sulle perdite iniziali del volume dei piccoli invasi presenti nei comprensori agricoli pianeggianti (valutabili in capacità di invaso superficiale dell'ordine di 130-180 mc/ha secondo Milano).

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso tra 0 e 100, funzione della natura del suolo, del tipo di copertura vegetale e dalle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione. Per quanto riguarda il primo fattore, il SCS ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C e D) sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento (Tabella 3).

**Tabella 3** Classificazione dei suoli in base al metodo CN

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

**Tabella 4** Valori del CN al variare della geologia e dell'uso del suolo

Tipo di copertura (uso del suolo)	A	B	C	D
Terreno coltivato. Senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91

Terreno coltivato. Con interventi di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo. Cattive condizioni	68	79	86	89
Terreno da pascolo. Buone condizioni	39	61	74	80
Praterie Buone condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati. Terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Terreni boscosi o forestati. Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi. Buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
Spazi aperti, prati rasati, parchi. Condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (imp. 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali. Impermeabilità media 65%	77	85	90	92
Aree residenziali. Impermeabilità media 38%	61	75	83	87
Aree residenziali. Impermeabilità media 30%	57	72	81	86
Aree residenziali. Impermeabilità media 25%	54	70	80	85
Aree residenziali. Impermeabilità media 20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade. Pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Strade. Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
Strade in terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Per quanto riguarda l'influenza dello stato di imbibimento del suolo all'inizio dell'evento meteorico, il metodo individua tre classi caratterizzate da differenti condizioni iniziali (*AMC*, *Antecedent Moisture Condition*), a seconda del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico. La categoria a cui fare riferimento si può individuare in base alla precipitazione totale dei 5 giorni precedenti quello dell'evento di pioggia e in base alla stagione (vegetativa o non vegetativa) come indicato in Tabella 5.

I valori di *CN* riportati in Tabella 4 si riferiscono a una condizione di umidità del suolo di tipo standard, precisamente quella intermedia, indicata come *AMCII*. Per condizioni iniziali differenti vengono utilizzate le seguenti relazioni per la determinazione del *CN* a partire dai valori di *CN(II)* relativi alla condizione *AMCII*:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}, \quad CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}.$$

**Tabella 5** Classi di umidità antecedente alla precipitazione

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	<13	<36
II	13-28	36-54
III	>28	>54

Per i bacini in esame si è considerata (a favore di sicurezza) la condizione III di umidità iniziale del suolo; inoltre per ogni sottobacino si è considerato un valore medio del CN, calcolato come media pesata sulle aree a diverso uso del suolo.

### 2.3.2 La trasformazione afflussi deflussi

Per effettuare la trasformazione afflussi-deflussi si è adottato il metodo dell'idrogramma unitario, definito come l'idrogramma generato da una pioggia efficace di altezza unitaria ed intensità costante, distribuita uniformemente sul sottobacino, e caduta in un dato periodo di tempo assunto come unitario. Eliminati i fenomeni non lineari nel passaggio dalla pioggia totale alla pioggia efficace, nell'ipotesi di linearità ed invarianza nel tempo dei fenomeni di scorrimento superficiale, è possibile ricostruire per convoluzione l'idrogramma di risposta del bacino per qualsiasi idrogramma di pioggia efficace.

Nello studio idrologico si sono utilizzati più tipi di idrogrammi. Per bacini pianeggianti caratterizzati da pendenze ridotte e di estensione non superiore a qualche Km<sup>2</sup> si è adottato l'idrogramma dell'invaso lineare (noto in letteratura anche come SLR = Single Linear Reservoir); per i bacini caratterizzati da un reticolo idrografico di basso ordine si è utilizzato l'idrogramma adimensionale del SCS.

Di seguito si riporta una breve descrizione degli idrogrammi unitari adottati.

#### 2.3.2.1 Il metodo dell'invaso lineare (SLR)

Il metodo dell'invaso si basa sull'ipotesi che durante l'evento di piena in tutti i canali costituenti la rete idrografica del bacino la superficie libera della corrente trasli parallelamente a se stessa (funzionamento sincrono). Discende da ciò che il volume d'acqua  $W$  invasato nel bacino risulta legato univocamente all'altezza  $h$  della corrente nella sezione di chiusura, e poiché nella stessa sezione la  $h$  è legata alla portata  $q$  tramite la scala di deflusso si può scrivere  $W=W(h(q))=W(q)$ ; in particolare si assume per semplicità che il legame  $W(q)$  possa essere considerato lineare. Si può dunque scrivere, in base all'equazione di continuità,

$$\frac{dW(t)}{dt} = p(t) - q(t), \quad W(t) = kq(t)$$

Si può verificare facilmente che l'IUH (instantaneous unit hydrograph) relativo al serbatoio lineare di costante  $k$  ha la forma

$$h(t) = \frac{1}{k} e^{-t/k}$$

Nel caso dei bacini idrografici naturali la stima di  $k$  non può essere effettuata sulla base della capacità di invaso dei diversi elementi della rete di drenaggio. Essa viene allora effettuata in modo che sia ben rappresentato il tempo caratteristico di risposta del bacino. Attraverso l'analisi di numerose simulazioni Mignosa e Paoletti hanno proposto di determinare il valore della costante di tempo  $k$  secondo la relazione:

$$k = 0.7T_c$$

In cui  $T_c$  è il tempo di corrivazione del bacino. in esame

#### 2.3.2.2 L'idrogramma unitario del Soil Conservation Service (SCS)

L'idrogramma SCS è un idrogramma adimensionale definito dal Soil Conservation Service in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di dimensioni grandi e piccole. Esso ha un vasto campo di applicazione nel campo delle trasformazioni afflussi deflussi effettuate nelle applicazioni pratiche per la sua semplicità d'uso e per la sua generalità.

Per la definizione dell'idrogramma unitario adimensionale del SCS per è necessario specificare il tempo di ritardo  $T_i$  del bacino idrografico. Seguendo le indicazioni del SCS si ritiene che il tempo di ritardo sia una caratteristica del bacino: esso può essere valutato a partire dal tempo di corrivazione  $T_c$  secondo la relazione:

$$T_i \approx \frac{3}{5} T_c$$

Per il calcolo del tempo di corrivazione  $T_c$  si è suddiviso il percorso idraulico più lungo del bacino in tratti di lunghezza  $L_i$ , e per ogni tratto si è valutata la velocità  $V_i$  della corrente in condizioni di piena. Si ha così la relazione:

$$T_c = \sum_i \frac{L_i}{V_i}$$

I valori di  $T_c$  così trovati sono stati confrontati con i valori forniti dalle formule empiriche classiche (di seguito riportate), che hanno il difetto di fornire valori tra loro non sempre

concordanti. Si è trovato in alcuni casi un discreto accordo tra i valori di  $T_c$  forniti dalle formule empiriche e quelli calcolati considerando il percorso idraulico più lungo, anche se i valori calcolati con quest'ultimo metodo hanno sempre fornito valori del tempo di corrivazione inferiori a quelli trovati con le formule empiriche (anche se in alcuni casi di poco). In virtù di quest'ultima considerazione si sono adottati a favore di sicurezza i valori di  $T_c$  calcolati in base all'analisi dei tempi di percorrenza del percorso idraulicamente più lungo del bacino.

Di seguito vengono dunque riportate varie formule proposte in letteratura per la stima del tempo di corrivazione di un bacino; esse necessitano di alcuni valori relativi alle caratteristiche morfologiche, fisiografiche ed altimetriche del bacino.

Formula di Ventura

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{i}} ;$$

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}} ;$$

Formula di Kirpich

$$T_c = 0.066L^{0.77} \left[ \frac{1000L}{0.8(H_{\max} - H_0)} \right]^{0.385} ;$$

Formula di Horton

$$T_c = 3.6 \frac{L}{v} ;$$

Formula di Pasini

$$T_c = 0.108 \frac{(AL)^{1/3}}{\sqrt{i}} ;$$

Formula di Pezzoli

$$T_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i}} ;$$

Formula di Tournon

$$T_c = 0.369 \frac{L}{\sqrt{i}} \left[ \frac{A}{L^2 \sqrt{i/i_v}} \right]^{0.72} ;$$

**PROGETTO:**  
**COMMITTENTE:**  
**DATA:**

Studio idraulico a supporto della variante al regolamento urbanistico nel bacino del canale Ozzori e suoi affluenti  
Comune di Lucca  
Gennaio 2008

Formula di Puglisi

$$T_c = 6L^{2/3} [H_{\max} - H_0]^{-1/3} .$$

Nelle relazioni sopra A, i, L, H<sub>m</sub>, H<sub>max</sub> e H<sub>0</sub>, v e i<sub>v</sub> indicano rispettivamente l'area del bacino (Km<sup>2</sup>), la pendenza media dell'alveo, la lunghezza dell'asta principale (Km), l'altitudine media del bacino (m) rispetto alla sezione di interesse, l'altitudine massima del bacino (m s.l.m.), la quota della sezione di interesse (m s.l.m.), la velocità media di scorrimento (m/s) e la pendenza media dei versanti.

## 2.4 LA PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI PIENA

Per lo studio della propagazione dei deflussi di piena in uscita dai vari sottobacini si è adottato il metodo di Muskingum-Cunge, in accordo con le indicazioni in materia del Natural Environment Research Council della Gran Bretagna. Tale variante del metodo di Muskingum consente una accuratezza dello stesso ordine dei modelli parabolici di propagazione delle onde di piena: il suo impiego risulta quindi preferibile rispetto alla versione tradizionale del metodo di Muskingum.

## 2.5 MODELLAZIONE IDROLOGICA

### 2.5.1 Settore A

La porzione di territorio indicata "Settore A" è situata a Sud del Centro storico di Lucca ed è delimitata a Ovest dal Viale di San Concordio, a Nord dalla Circonvallazione di Lucca, a Est dal Canale Ozzoretto e a Sud dal Canale Ozzeri.

In questa area sono presenti due colatori di acque alte, il Benassai e il Formica, un colatore di acque basse, la Fossa Media, e un'area di acque basse percorsa da un fitto reticolo idrografico di ordine minore, il cui bacino di competenza è stato denominato OzzSud. Ciascuno dei colatori è stato modellato mediante un elemento subbasin, che simula la trasformazione afflussi-deflussi.

Per la modellazione idrologica di dettaglio si è fatto riferimento alle metodologie esposte ai paragrafi precedenti. Per quanto concerne l'uso del suolo si sono utilizzati i dati da satellite prodotti nell'ambito del progetto *CORINE Land Cover*, che produce una cartografia digitale di dettaglio dell'intera Regione Toscana.

Nella seguente tabella si riportano le caratteristiche degli elementi subbasin utilizzati per la determinazione dell'onda di piena e conseguentemente del volume di esondazione.

**Tabella 6** Caratteristiche elementi subbasin Settore A

Elemento idrologico	S [kmq]	CN <sub>III</sub>	Ia [mm]	Tc [ore]	IUH
Benassai	1,349	94,59	5,81	6	SLR
Fossa Media	0,815	91,12	9,90	3,3	SLR
Formica	0,378	91,09	9,94	2,8	SLR
OzzSud	1,709	89,38	12,07	4,5	SLR



Di seguito sono riportati gli output forniti dal software HEC-HMS in termini di volumi integrali di deflusso per i singoli corsi d'acqua al variare del tempo di ritorno, ipotizzando di avere lo scarico in Ozzeri impedito per tutte le 36 ore della durata della precipitazione.

**Tabella 7** Volumi di allagamento Settore A

Elemento idrologico	VOLUME DI ALLAGAMENTO [mc] (Durata precipitazione 36 ore)				
	TR 10 anni	TR 30 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
Benassai	176000	282000	333000	402000	472000
Fossa Media	97000	161000	191000	233000	275000
Formica	45000	74000	88000	108000	127000
OzzSud	194000	328000	391000	479000	567000

In allegato sono riportati gli output del modello idrologico in HEC-HMS in formato tabellare.

## 2.5.2 Settore B

La porzione del territorio comunale di Lucca indicata come "Settore B" è adiacente al precedente Settore A, dal quale risulta topograficamente separata dal Viale di San Concordio. In questa zona si trovano i colatori di acque alte Piscilla e San Rocco, il colatore di acque basse Cessana, e una serie di quattro colatori di acque basse che attraversano l'Autostrada A11 Firenze-Mare e confluiscono in Ozzeri, drenando la parte a sud del Canale San Rocco.

I suddetti corsi d'acqua, ad eccezione del Cessana, sono già stati studiati in dettaglio per il progetto esecutivo di "Sistemazione del Canale San Rocco nel tratto a valle della ferrovia", prodotto dal sottoscritto Ing. Renzo Bessi per conto dell'Amministrazione Comunale nel mese di Agosto 2004, al quale si rimanda per eventuali maggiori informazioni. In questa sede si riportano i risultati fondamentali ottenuti:

**Tabella 8** Caratteristiche elementi *subbasin* Settore B

Subbasin	S.Rocco M	S.Rocco V	Piscilla V1	Piscilla V2	Piscilla V3
Superficie [kmq]	0,83	0,79	0,24	1,90	0,55
CN <sub>III</sub>	95,07	91,34	96,36	94,43	93,83
Ia (CN <sub>III</sub> ) [mm]	2,64	4,81	1,92	2,99	3,34
Idrogramma unitario	SLR	SLR	SLR	SLR	SLR

**Tabella 9** Caratteristiche elementi *reach* Settore B

<i>Reach</i>	<i>Metodo</i>	<i>Shape</i>	<i>L</i>	<i>E slope</i>	<i>W</i>	<i>SS</i>	<i>n</i>
RSRocco M	Muskingum - Cunge	prism	3868	0,001630	2	1	0,02
RSRocco V	Muskingum - Cunge	prism	1888	0,001030	2	1	0,02
reach 1	Muskingum - Cunge	prism	1221	0,000900	3	1	0,03

**Tabella 10** Caratteristiche elemento *reservoir* Settore B

<i>Elevation</i>	<i>Storage</i>
12,3	0
13,5	36
13,6	39
13,7	42
13,8	45
13,9	48
14	60
14,1	66
14,2	72
14,3	78

**Scarico:** Orifice Outlet, luce a battente, tubazione diametro 30 cm

Per il Cessana si è provveduto ad una modellazione idrologica di dettaglio, costituita da un elemento subbasin che provvede ad effettuare la trasformazione afflussi-deflussi, del quale si riportano di seguito le caratteristiche fondamentali:

**Tabella 11** Caratteristiche elementi *subbasin* Cessana Settore A

<b>Elemento idrologico</b>	<b>S [kmq]</b>	<b>CN<sub>III</sub></b>	<b>Ia [mm]</b>	<b>Tc [ore]</b>	<b>IUH</b>
Cessana	1,039	92,16	8,64	3,5	SLR

Nella seguente tabella sono indicati i volumi di esondazione complessivi, dai quali andranno sottratti gli invasi negli spalti delle mura allo stato attuale, come si è verificato anche negli ultimi eventi alluvionali, e l'invaso nella cassa d'espansione di prossima realizzazione in prossimità del Canale Piscilla.

**Tabella 12** Volumi di allagamento Settore B

<b>Elemento idrologico</b>	<b>VOLUME DI ALLAGAMENTO [mc] (Durata precipitazione 36 ore)</b>				
	<b>TR 10 anni</b>	<b>TR 30 anni</b>	<b>TR 50 anni</b>	<b>TR 100 anni</b>	<b>TR 200 anni</b>
RSroccoV	111000	174000	204000	244000	285000
Reach-1	383000	606000	708000	847000	987000
Cessana	128000	209000	248000	301000	355000
Fosso Rampa2	22000	35000	42000	51000	60000
Coll. Garbini	22000	37000	44000	54000	64000
Fosso Rampa4	17000	28000	33000	41000	48000
Fosso Rampa6	25000	42000	50000	61000	72000

### 2.5.3 Settore C

Il settore indicato come "C" è quello situato in sinistra idrografica del Canale Ozzeri, nel tratto a valle dei Bottacci di Guamo fino all'abitato di Montuolo. Questo settore si differenzia dagli altri dal punto di vista topografico dato che si hanno corsi d'acqua con pendenze elevate che discendono dalle pendici del Monte Pisano, per poi sfogare nella piccola fascia di pianura in prossimità dell'Ozzeri.

I corsi d'acqua che interessano quest'area, procedendo da Est verso Ovest, sono il colatore di acque basse in prossimità del Guappero, il Rio di Vicopelago, il Rio di Gattaiola in sinistra dell'Ozzeri, il Mandria e il Meati.

Anche per la modellazione di questi corsi d'acqua si è fatto riferimento alle metodologie esposte ai paragrafi precedenti. Per quanto concerne l'uso del suolo si sono utilizzati i dati da satellite prodotti nell'ambito del progetto *CORINE Land Cover*, che produce una cartografia digitale di dettaglio dell'intera Regione Toscana.

Le caratteristiche idrologiche dei corsi d'acqua sono riportate nella seguente tabella:

**Tabella 13** Caratteristiche elementi *subbasin* Settore C

Elemento idrologico	S [kmq]	CN <sub>III</sub>	Ia [mm]	Tc [ore]	IUH
Acque Basse	0,813	89,09	12,44	1	SCS
Vicopelago	1,260	85,19	17,66	0,75	SCS
Gattaiola sx	0,634	89,54	11,86	0,42	SCS
Mandria	2,207	85,59	17,10	0,75	SCS
Meati	2,130	85,89	16,69	0,42	SCS

Nella seguente tabella sono riportati i volumi integrali di deflusso per le precipitazioni di durata 36 ore al variare del tempo di ritorno.

**Tabella 14** Volumi di allagamento Settore C

Elemento idrologico	VOLUME DI ALLAGAMENTO [mc] (Durata precipitazione 36 ore)				
	TR 10 anni	TR 30 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
Acque Basse	96000	162000	193000	236000	280000
Vicopelago	128000	226000	274000	339000	405000
Gattaiola sx	74000	124000	148000	181000	215000
Mandria	228000	400000	483000	597000	713000
Meati	222000	388000	468000	579000	690000

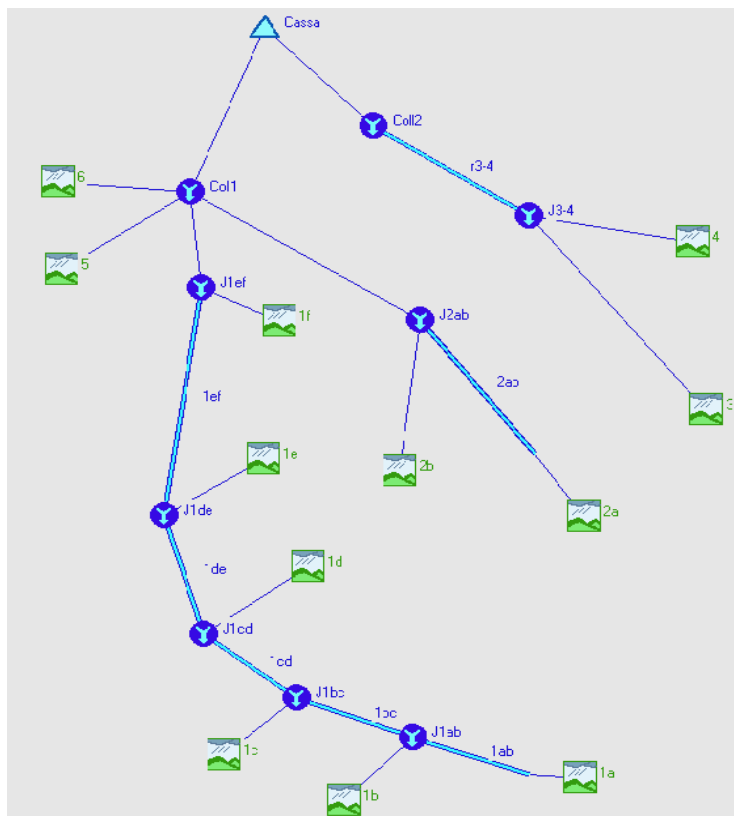
In allegato sono riportati gli output del software HEC-HMS.

#### 2.5.4 Settore D

Il settore indicato come “D” comprende la parte del territorio comunale di Lucca nella zona di Guamo, a confine con il Comune di Capannori. In questa zona sono presenti due colatori, la Fossa Nuova di Guamo e il Colatore 2, oggetto di una progettazione esecutiva di sistemazione prodotta dal sottoscritto nel mese di Luglio 2004 per conto dell'Amministrazione Comunale di Capannori.

Pertanto la modellazione idrologica di dettaglio prodotta in sede di progettazione verrà utilizzata per la determinazione dei volumi di esondazione, e la conseguente perimetrazione delle aree a rischio di inondazione.

Il modello idrologico implementato nel software HEC-HMS è riportato nella seguente figura:



**Figura 3** Schematizzazione idrologica Settore D

In questa sede si riportano i parametri idrologici ottenuti in sede di progettazione esecutiva, rimandando al progetto in questione per ulteriori approfondimenti.

**Tabella 15** Caratteristiche elementi *subbasin* Settore D

Sottobacino	A [kmq]	Tc [min]	CN2	Ia [mm]	IUH
1a	0.1714	42.00	90.00	5.64	SLR
1b	0.1485	25.00	85.00	8.96	SLR
1c	0.1137	22.00	86.00	8.27	SLR
1d	0.0579	16.00	95.00	2.67	SLR
1e	0.0466	41.00	85.00	8.96	SLR
1f	0.0285	13.00	87.00	7.59	SLR
2a	0.1693	9.00	95.00	2.67	SLR
2b	0.0995	11.00	85.00	8.96	SLR
3	0.0313	9.00	93.00	3.82	SLR
4	0.1765	36.00	88.00	6.93	SLR
5	0.2261	65.00	85.00	8.96	SLR
6	0.0707	35.00	85.00	8.96	SLR

**Tabella 16** Caratteristiche elementi *reach* Settore D

Reach	Shape	L [m]	i	Bottom W	Side Slope	n
1ab	T	128.00	0.01170	1.00	1:1	0.033
1bc	T	288.00	0.00660	1.00	1:1	0.033
1cd	T	149.00	0.00738	1.00	1:1	0.033
1de	T	370.00	0.00459	1.00	1:1	0.033
1ef	T	479.00	0.00084	1.00	1:1	0.033
2ab	C	610.00	0.00344	3.00		0.018
r3-4	T	143.00	0.00350	1.00	1:1	0.033

I volumi di deflusso ottenuti per la precipitazione critica di 36 ore al variare del tempo di ritorno sono indicati nella seguente tabella:

**Tabella 17** Volumi di allagamento Settore D

Elemento idrologico	VOLUME DI ALLAGAMENTO [mc] (Durata precipitazione 36 ore)				
	TR 10 anni	TR 30 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
Coll1 (Fossa Nuova di Guamo)	128000	215000	256000	313000	370000
Coll2 (Colatore 2)	24000	40000	48000	58000	69000

### **3. DETERMINAZIONE DELLE AREE DI ALLAGAMENTO**

Una volta determinati i volumi di acqua che causano gli allagamenti, nelle condizioni descritte al capitolo precedente, si è provveduto alla perimetrazione delle aree interessate dalle acque, e alle altezze liquide raggiunte.

Per effettuare questa operazione si è proceduto alla costruzione di un DTM (Digital Terrain Model), nel formato TIN (Triangular Irregular Network), mediante il software ArcGIS prodotto da ESRI. Il software permette da punti e linee quotati di costruire un modello tridimensionale del terreno, che ad ogni punto associ una quota, rappresentativa dell'effettiva situazione topografica. Nel caso in esame le quote sono state desunte dalla cartografia tecnica regionale in scala 1:2000, e si può pertanto ritenere che questa sia la definizione del DTM ottenuto.

Il software è in grado di elaborare in automatico il calcolo dei volumi che si trovano al di sotto di una determinata quota fissata, nell'ipotesi che il livello idrico sia rappresentabile da un piano. Nel caso in esame, dato che l'allagamento è dovuto all'impedimento di scarico in Ozzeri, la precedente ipotesi è da ritenersi più che plausibile.

Il calcolo è stato quindi effettuato per via iterativa, fornendo cioè al software un'altezza d'acqua e verificando il volume ottenuto tra il suddetto piano e il piano campagna modellato dal DTM, fino ad ottenere il volume calcolato per via idrologica.

Nel seguito si dà una descrizione dei risultati ottenuti per ciascuno dei quattro settori considerati. Negli elaborati grafici allegati (Tavole 1, 2, 3, 4, 5) sono riportate le altezze d'acqua massime ottenute nelle varie zone, secondo le classi definite all'Articolo 23 delle Norme del PTC della Provincia di Lucca, per ciascuno dei tempi di ritorno oggetto di analisi, nella Tavola 6 sono invece riportati gli interventi previsti per la regimazione delle piene con tempo di ritorno 200 anni, mentre nella tavola 7 sono riportate le delimitazioni planimetriche delle zone di allagamento in cui è stato suddiviso il territorio così come indicato nelle tabelle riepilogative seguenti.

#### **3.1 SETTORE A**

Per la perimetrazione delle aree allagabili relative al Settore A si è innanzitutto proceduto ad una separazione territoriale tra la zona interessata dalla Fossa Media e dal Benassai, limitata a Ovest dal Viale di San Concordio e a Est dalla Formica, e la zona nella quale arrivano le acque della Formica e del sottobacino denominato OzzSud, che si colloca ad Est della precedente. Per

ciascuna di queste due aree si è determinata l'altezza d'acqua raggiunta con i volumi di esondazione calcolati con la modellazione idrologica di dettaglio.

Nelle seguenti tabelle si riportano i volumi e le altezze liquide raggiunte per i vari tempi di ritorno considerati. E' da notare che per la prima zona si ha un massimo invaso di 580.000 mc, dopodiché si raggiunge quota 12.80 m slm, con sormonto delle arginature della Formica, e transito di parte delle acque verso la zona ad Est; questo si osserva dalle seguenti tabelle, dove il volume per la prima zona è sempre superiore a quello della seconda fino al tempo di ritorno 100 anni, dove si stabilizza sui 580.000 mc suddetti e va ad aumentare quello della Formica e del sottobacino OzzSud.

Tempo di ritorno 20 anni:

<b>Elementi idrologici</b>	<b>Volume complessivo [mc]</b>	<b>Quota di allagamento [m slm]</b>
Fossa Media + Benassai	380.000	12,46
Formica + OzzSud	341.000	12,26

Tempo di ritorno 30 anni:

<b>Elementi idrologici</b>	<b>Volume complessivo [mc]</b>	<b>Quota di allagamento [m slm]</b>
Fossa Media + Benassai	443.000	12.57
Formica + OzzSud	405.000	12.34

Tempo di ritorno 200 anni:

<b>Elementi idrologici</b>	<b>Volume complessivo [mc]</b>	<b>Quota di allagamento [m slm]</b>
Fossa Media + Benassai	580.000	12.80
Formica + OzzSud + parte di Fossa Media + Benassai	887.000	12.80

### 3.2 SETTORE B

Per quanto riguarda il Settore B localizzato ad ovest del viale Europa di S. Concordio si è provveduto ad una suddivisione in sei sottozone, delimitate da ostacoli topografici quali rilevati stradali, arginali etc. Per i corsi d'acqua di questo settore si è previsto che un quinto dei volumi

d'acqua provenienti dai rispettivi bacini sia in grado di defluire in Ozzori per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni escluso, mentre per quest'ultimo evento si è ipotizzata la completa trattenuta dei volumi all'interno dei bacini; questa ipotesi è stata effettuata analizzando i fenomeni di piena all'interno del recettore per eventi della stessa intensità di quelli previsti sui sottobacini afferenti.

Il calcolo dei volumi è stato quindi effettuato tenendo conto di queste ipotesi.

Tempo di ritorno 20 anni:

<b>Sottozone</b>	<b>Volume complessivo [mc]</b>	<b>Quota di allagamento [m slm]</b>
Sanconc sx	0	—
Bandettini dx	9.000	12,75
Bandettini sx	12.500	12,13
S. Donato	83.000	12,75
S. Rocco - Pisticilla	330.000	11,87
Cessana	38.000	11,65

Tempo di ritorno 30 anni:

<b>Sottozone</b>	<b>Volume complessivo [mc]</b>	<b>Quota di allagamento [m slm]</b>
Sanconc sx	0	—
Bandettini dx	10.000	12,79
Bandettini sx	16.000	12,19
S. Donato	92.000	12,80
S. Rocco - Pisticilla	405.000	11,95
Cessana	54.000	11,72

Tempo di ritorno 200 anni:

<b>Sottozone</b>	<b>Volume complessivo [mc]</b>	<b>Quota di allagamento [m slm]</b>
Sanconc sx	6.000	12,75
Bandettini dx	14.000	12,87
Bandettini sx	67.000	12,65
S. Donato	141.000	13,02
S. Rocco – Pisticilla + Cessana	1.360.000	12,39



### 3.3 SETTORE C

Per quanto riguarda il Settore C si è provveduto ad una suddivisione in tre sottozone, delimitate da ostacoli topografici costituiti da rilevati stradali. Per i corsi d'acqua di questo settore si è previsto che parte delle acque siano in grado di scaricare in Ozzeri, situazione che si verifica regolarmente in caso di piena. Il conteggio dei volumi è stato quindi effettuato tenendo conto di questo fatto.

Tempo di ritorno 20 anni:

<b>Sottozone</b>	<b>Volume complessivo [mc]</b>	<b>Quota di allagamento [m slm]</b>
OzzVgSX1	115.000	12,46
OzzVgSX2	27.000	12,46
OzzVgSX3	116.000	12,37

Tempo di ritorno 30 anni:

<b>Sottozone</b>	<b>Volume complessivo [mc]</b>	<b>Quota di allagamento [m slm]</b>
OzzVgSX1	160.000	12.65
OzzVgSX2	38.000	12.65
OzzVgSX3	155.000	12.54

Tempo di ritorno 200 anni:

<b>Sottozone</b>	<b>Volume complessivo [mc]</b>	<b>Quota di allagamento [m slm]</b>
OzzVgSX1	260.000	13.00
OzzVgSX2	60.000	13.00
OzzVgSX3	250.000	12.90

### 3.4 SETTORE D

Per la perimetrazione delle aree allagabili relative al settore D, dato che nel DTM non è riportata la cassa d'espansione in località "Bottaccione" a servizio della Fossa Nuova di Guamo e del Colatore 2, già oggetto di una progettazione definitiva per conto dell'Amministrazione Comunale di Capannori, si è provveduto a sottrarre al volume totale ottenuto da modello idrologico quello contenuto nella cassa in progetto al di sotto del piano campagna.

**PROGETTO:**  
**COMMITTENTE:**  
**DATA:**

Studio idraulico a supporto della variante al regolamento urbanistico nel bacino del canale Ozzori e suoi affluenti  
Comune di Lucca  
Gennaio 2008

La cassa ha un'estensione di circa 40.000 mq, con il fondo a -1.50 m rispetto al piano campagna; pertanto, tutti i volumi di allagamento saranno ridotti di 60.000 mc, prima di provvedere al calcolo della superficie interessata dall'esondazione negli scenari simulati.

Per gli eventi con tempo di ritorno 100 e 200 anni si è inoltre previsto il parziale scarico dei bacini di questo settore in Ozzori in quanto i livelli d'acqua previsti nel Canale per eventi della stessa entità lo consentono.

Il calcolo dei volumi è stato quindi effettuato tenendo conto di quanto sopra specificato.

Tempo di ritorno 20 anni:

<b>Settore D</b>	<b>Volume complessivo [mc]</b>	<b>Quota di allagamento [m slm]</b>
	93.000	12,41

Tempo di ritorno 30 anni:

<b>Settore D</b>	<b>Volume complessivo [mc]</b>	<b>Quota di allagamento [m slm]</b>
	195.000	12,51

Tempo di ritorno 200 anni:

<b>Settore D</b>	<b>Volume complessivo [mc]</b>	<b>Quota di allagamento [m slm]</b>
	334.000	12,83

## **4 – INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA PREVISTI**

Si passa adesso alla descrizione degli interventi di sistemazione idraulica previsti sul bacino del Canale Ozzori per la messa in sicurezza idraulica del territorio a sud di Lucca per eventi alluvionali con tempo di ritorno stimato in 200 anni e già inseriti nella modellazione idraulica eseguita.

Gli interventi di sistemazione idraulica qui appresso indicati sono comprensivi delle indicazioni scaturite dalla conferenza dei servizi del giorno 03/03/2005, che qui appresso andiamo ad elencare:

- a) indicare, a seguito di simulazioni idrauliche approfondite, le zone di regimazione delle acque provenienti dai bacini esterni alla zona, a sud della città di Lucca, oggetto di studio, rappresentate dai bacini dei rii Guappero, Vorno e Coselli e dal bacino del canale Ozzoretto.
- b) Ricalcolare le potenzialità degli impianti idrovori previsti, nell'ipotesi che una quantità delle acque, in occasione dell'evento duecentennale, possa permanere sulla campagna allagando i terreni agricoli liberi da costruzioni.

Nelle tabelle seguenti sono riportati gli interventi da eseguire con le grandezze significative di ogni interventi di sistemazione idraulica duecentennale rappresentati, anche, nella tavola grafica allegata alla presente relazione.

**PROGETTO:**  
**COMMITTENTE:**  
**DATA:**

Studio idraulico a supporto della variante al regolamento urbanistico nel bacino del canale Ozzori e suoi affluenti  
 Comune di Lucca  
 Gennaio 2008

<b>INTERVENTI DI SISTEMAZIONE PER EVENTI ALLUVIONALI CON TR200 ANNI</b>		
Elemento	Intervento	Grandezze significative
<b>Rio Guappero</b>	Tratto a monte dei Bottacci: nessuno intervento di adeguamento alla portata duecentennale. -Tratto a valle dei Bottacci: riprofilatura dell'alveo e delle arginature per l'adeguamento alla massima portata in uscita dai Bottacci.	Portata massima duecentennale stimata in 108,60 mc/sec. Portata scaricata nei Bottacci di Guamo 84,00 mc/s.
<b>Rio Coselli</b>	Nessuno intervento di adeguamento alla portata duecentennale.	Portata massima duecentennale stimata in 23,60 mc/sec. Portata scaricata nei Bottacci di Guamo 15,00 mc/s
<b>Rio Vorno</b>	Nessuno intervento per l'adeguamento alla portata duecentennale.	Portata massima duecentennale stimata in 76,00 mc/sec. Portata scaricata nei Bottacci di Guamo 71,00 mc/s
<b>Bottacci di Guamo</b>	Interventi solo sulla cassa di monte con: rialzamento di 0,5 m delle soglie del casello di monte, ampliamento di 139500 mq e rialzamento delle arginature della cassa di monte fino a quota 21,5 m sul L.M.M.	Portata massima scaricata nel rio Guappero pari a 123,40 mc/sec
<b>Canale Rogio</b>	Adeguamento sezioni e riprofilatura argini fino alla zona di natura esondazione sul Comune di Capannori secondo lo studio eseguito dal Comune di Capannori.	Lo studio di questo colatore è stato eseguito dal Comune di Capannori considerando la portata che il sistema Ozzeri-Ozzoretto è in grado di farvi defluire allo stato attuale: gennaio 2008.

**PROGETTO:**  
**COMMITTENTE:**  
**DATA:**

Studio idraulico a supporto della variante al regolamento urbanistico nel bacino del canale Ozzori e suoi affluenti  
 Comune di Lucca  
 Gennaio 2008

<b>Canale Ozzoretto</b>	Riprofilatura dell'alveo e delle arginature per l'adeguamento alla massima portata duecentennale stimata in 37,7 mc/sec proveniente dal rigurgito del canale Ozzeri, con realizzazione in sinistra idrografica della cassa di espansione nei Boschi di Verciano di 466500 mq. ed in destra idrografica della cassa di espansione in loc. "Prati alle fontane"	
<b>Bacino Ozzsud</b>	Nessun intervento previsto	Portata scaricata in Ozzeri 0,00 mc/sec
<b>Bacino Fossa Media</b>	Sistemazione della rete di colatori di acque basse, realizzazione cassa di espansione ed installazione di impianto idrovoro da 2,5 mc/s	Portata massima scaricata in Ozzori 2,5 mc/s.
<b>Bacino Colatori di Guamo</b>	Sistemazione della rete di colatori di acque basse realizzazione di 5 casse di espansione di cui 3 per le acque alte rispettivamente di 38000, 42000, 21000 mq e delle quali la seconda già finanziata, 2 per le acque basse di 17000 e 96000 mq	Portata massima scaricata in Ozzori 0,0 mc/s.
<b>Bacino Ozzvgsx1</b>	Sistemazione del Rio Guappero come indicato al punto Rio Guappero, sistemazione del Rio di Vicopelago, realizzazione di una cassa di espansione per le acque alte di 56000 mq, realizzazione delle aree di esondazione naturale del parco dell'Ozzori mediante perimetrazione delle stesse con arginature in terra	Portata massima scaricata in Ozzori 0,0 mc/s

PROGETTO:  
COMMITTENTE:  
DATA:

Studio idraulico a supporto della variante al regolamento urbanistico nel bacino del canale Ozzori e suoi affluenti  
Comune di Lucca  
Gennaio 2008

<b>Bacini Ozzvgsx2 e 3</b>	Sistemazione dei canali di acque alte e realizzazione delle aree di esondazione naturale del parco dell'Ozzori mediante perimetrazione delle stesse con arginature in terra	Portata massima scaricata in Ozzori 0,0 mc/s
<b>Bacino Cessana</b>	Sistemazione del Canale Cessana e dei colatori di acque basse, istallazione di impianto idrovoro da 6,0 mc/s	Portata massima scaricata in Ozzori 6,0 mc/s, il volume di acqua residuo ristagnerà sulla campagna.
<b>Canale Piscilla</b>	Sistemazione del Canale Piscilla tra le Mura di Lucca e il Canale Ozzori e dei colatori di acque basse, realizzazione di 3 casse di espansione da 315000, 63000, 56000 mq.	Portata massima scaricata in Ozzori 0,0 mc/s, massimo volume di acqua residuo sulla campagna 0,0 mc
<b>Bacino Colatori minori (tra Piscilla e S Rocco)</b>	Sistemazione colatori di acque basse.	Portata massima scaricata in Ozzori 0,0 mc/s, il volume di acqua ristagnerà sulla campagna.
<b>Canale S. Rocco</b>	Sistemazione del Canale S. Rocco tra la Bretella Lucca Viareggio e il Canale Ozzori, realizzazione di 2 casse di espansione; la prima a ridosso del Canale Piscilla a servizio dello scolmatore del S. Rocco di 25000 mq, la seconda a ridosso del Canale Ozzori di 103000 mq.	Portata massima scaricata in Ozzori 0,0 mc/s.
<b>Canale Ozzori</b>	Nessun intervento in quanto si ritiene adeguato con gli interventi eseguiti dall'Amministrazione provinciale di Lucca.	Portata defluente a valle dello sbocco del rio Guappero, verso il fiume Serchio, pari a 59 mc/sec circa.  Portata defluente a monte dello sbocco del rio Guappero, verso il "pernio", pari a 64 mc/sec circa.

Il Tecnico inc.

*Ing. Renzo Bessi*

**VARIANTE DI ADEGUAMENTO AL PIANO DI ASSETTO  
IDROGEOLOGICO (P.A.I.) RELATIVA AL BACINO DELL' OZZERI**

**Relazione indagini geologiche**

**STUDIO DI GEOLOGIA**  
**BARSANTI, SANI & ASSOCIATI**  
via Buiamonti 29 - 55100 LUCCA - Partita IVA: 01134410461  
Tel. 0583/467427 Fax. 0583/91090 e-mail: bar-sani@geoprove.com

## **COMUNE DI LUCCA**

**INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE DI SUPPORTO ALLA  
VARIANTE DI ADEGUAMENTO AL PIANO DI ASSETTO  
IDROGEOLOGICO (P.A.I.) RELATIVA AL BACINO DELL' OZZERI**

**Relazione Illustrativa e di fattibilità geologica**

**Settembre 2008**

**Il Geologo:**



## INDICE

PREMESSA.....	3
1. QUADRO CONOSCITIVO DI RIFERIMENTO .....	4
1.1. Generalità .....	4
1.2. La pericolosità geomorfologica e geotecnica.....	4
1.3. La pericolosità idraulica .....	4
1.4. La pericolosità sismica .....	5
1.5. La vulnerabilità degli acquiferi .....	5
2. ANALISI ED APPROFONDIMENTI SULLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' .....	6
2.1. La Pericolosità idraulica .....	6
2.2. La pericolosità geomorfologica.....	7
2.3. La carta delle ZMPSL e la Pericolosità sismica.....	8
2.4. Le problematiche idrogeologiche.....	11
2.5. Gli ambiti e le pertinenze fluviali.....	12
3. LE CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ .....	13
3.1. Generalità .....	13
3.1. La fattibilità in relazione agli aspetti idraulici.....	14
3.2. La fattibilità in relazione agli aspetti geomorfologici/geotecnici e sismici .....	17

## ALLEGATI

TAV. 6 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA - Scala 1: 10.000
TAV. 7 - CARTA DELLE ZMPSL – Scala 1: 10.000
TAV. 8 – CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA - Scala 1: 10.000
TAV. 9 – CARTA DEGLI AMBITI E DELLE PERTINENZE FLUVIALI - Scala 1: 10.000
TAV. 10 – CARTA DELLA VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI - Scala 1: 10.000

## PREMESSA

Per incarico dell'Amm.ne Comunale di Lucca - Provincia di Lucca, sono state svolte indagini di supporto alla presente variante parziale al R.U., relativa all'area del bacino del Canale Ozzeri, avente essenzialmente come oggetto quello di adeguare il Regolamento Urbanistico alle nuove condizioni di pericolosità idraulica scaturite dallo *“Studio idraulico del sottobacino dell'Ozzeri con proposta degli interventi per l'adeguamento dei corsi d'acqua del sottobacino”* redatto dall'Ing. Renzo Bessi e conclusivamente approvato il 10.02.2006 in sede di Conferenza dei Servizi ex art.14 L.241/90 convocata dalla Provincia di Lucca, alla quale hanno partecipato il Comune di Lucca, il Comune di Capannori, l'Autorità di Bacino del Fiume Serchio, l'Autorità di Bacino del F. Arno, l'Ufficio Regionale per la Tutela del Territorio di Lucca.

Dovendo però la variante in questione conformarsi anche al quadro normativo vigente, rappresentato dal Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico del Fiume Serchio (P.A.I.) e dal nuovo regolamento 26R/2000 (*“Regolamento di attuazione dell'art.62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 in materia di indagini geologiche”*) è sorta la necessità di riclassificazione del territorio anche per gli aspetti geomorfologico e sismico.

Nel rapporto che segue si illustrano le indagini eseguite, le considerazioni svolte per definire sia le nuove classificazioni di pericolosità del territorio, sia le nuove condizioni di fattibilità delle previsioni urbanistiche.

Ha collaborato alle presenti indagini il Dr. Geologo Francesco Caredio.

## 1. QUADRO CONOSCITIVO DI RIFERIMENTO

### 1.1. Generalità

Il quadro conoscitivo di carattere geologico-geomorfologico, sismico ed idrogeologico sul quale è impiantato il Regolamento urbanistico vigente rimane attuale e valido e ad esso viene fatto riferimento nella presente variante per procedere alla riclassificazione della pericolosità del territorio ai sensi del regolamento 26/R.

A seguito dei recenti studi svolti dall'Ing. Bessi il quadro conoscitivo idraulico è stato invece completamente rivisto sulla base di studi idrologico-idraulici i cui risultati sono stati qui utilizzati per l'attuale definizione della pericolosità idraulica.

### 1.2. La pericolosità geomorfologica e geotecnica

Nella Carta della Pericolosità geologica/geotecnica redatta a supporto del R.U. del Comune di Lucca la zona oggetto di variante, per la parte di pianura, ricade in parte nella classe **2l** di pericolosità geotecnica (pericolosità bassa) e in parte nella **classe 3s** di pericolosità per condizioni di potenziale subsidenza (pericolosità media).

La zona a sud che interessa le propaggini dei Monti Pisani ricade invece nelle classi 2g (bassa) e 3ag (media bassa per caratteri lito-morfologici) di pericolosità geologica.

Riguardando la variante un territorio essenzialmente di pianura, l'Autorità di Bacino del F. Serchio classifica l'intera area di variante, nella "*Carta della franosità del bacino del F. serchio*" del PAI, come "Aree di fondovalle e/o pianeggianti".

### 1.3. La pericolosità idraulica

Nella Carta della Pericolosità idraulica redatta a supporto del R.U. del Comune di Lucca la classificazione di pericolosità idraulica del territorio era stata realizzata impiegando, in accordo con le disposizioni del PTC, il criterio storico-

inventariale. Alla luce dei recenti studi idrologico-idraulici eseguiti sul bacino del canale Ozzeri tale classificazione è da ritenersi completamente superata.

Nella “*Carta di riferimento delle norme di piano nel settore del rischio idraulico*” del PAI del Serchio i livelli di pericolosità del territorio conseguono l’adozione di un criterio misto: criterio idrologico-idraulico per l’individuazione della pericolosità derivanti dal F. Serchio, da ritenersi ancora valido nei suoi risultati; criterio storico inventariale per l’Ozzeri da ritenersi superato dai nuovi studi.

Per quanto riguarda la pericolosità del F. Serchio gli studi svolti nell’ambito del PAI indicano che l’intera area di variante non è interessata da eventi alluvionali aventi tempo di ritorno  $\leq 30$  anni, mentre lo è in parte da quelli con tempo di ritorno duecentennale. Le quote dei battenti idrici di esondazione relativi alla piena duecentennale e riferibili alle quote della cartografia C.T.R. 1:10.000, sono riportate nella “*Carta dei Comparti Idraulici - Serchio*” di cui alla TAV. 15.

#### **1.4. La pericolosità sismica**

Le condizioni di pericolosità sismica dell’intero territorio comunale erano già state oggetto di valutazioni formalizzate nella redazione di una apposita variante (“*Variante di adeguamento alla normativa sismica*” del 2006).

Gli elementi conoscitivi acquisiti per la classificazione di pericolosità del territorio, comprendenti anche specifiche indagini sismiche e l’individuazione delle categorie di suolo di fondazione, sono da ritenersi tutt’oggi valide ed ad essi è stato quindi fatto riferimento per classificare il territorio sotto l’aspetto sismico ai sensi del nuovo regolamento 26/R.

#### **1.5. La vulnerabilità degli acquiferi**

Il R.U. vigente risulta essere già corredato da adeguate valutazioni sulle condizioni di vulnerabilità idrogeologica del territorio le quali, quindi, vengono riprese tal quali e trasferite nella variante.

In questa sede si ricorda solo che il riconoscimento del grado di vulnerabilità erano stati utilizzati 2 diversi criteri: il criterio parametrico a punteggio e pesi denominato SINTACS per l’area di pianura ed un criterio

semplificato, basato sulla zonazione per tipologia di acquifero, nelle aree vallive, collinari e montane.

## **2. ANALISI ED APPROFONDIMENTI SULLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA'**

### **2.1. La Pericolosità idraulica**

Gli studi svolti dall'Ing. Bessi sul sistema Ozzeri, cui si rimanda per una compiuta analisi delle metodiche utilizzate e dei risultati acquisiti, si sono concretizzate nella elaborazione degli scenari esondativi relativi ad eventi con vari tempi di ritorno. Per quanto di interesse della presente variante gli scenari esondativi – in termini di distribuzione delle aree allagate - relativi agli eventi aventi tempo di ritorno pari a 20, 30 e 200 anni sono riportati nelle TAVV. 11, 12, 13. Nella “*Carta dei Comparti Idraulici - Ozzeri*” di cui alla TAV. 14. sono invece riportate, con riferimento alle varie macrocelle utilizzate per la distribuzione dei volumi esondati, le quote dei tiranti idrici riferiti alla piena duecentennale ed alla cartografia C.T.R. 1:2.000. Tali studi coprono praticamente tutta l'area di variante ad esclusione dell'estremo settore meridionale a sud delle casse dei Bottacci. Per questo limitato settore, nel quale non sono previste previsioni insediative o infrastrutturali, la pericolosità è stata determinata su base morfologica e storico-inventariale. In particolare all'area in sponda destra del Rio Guappero – posta in situazione morfologicamente sfavorevole e sulla quale esistono notizie di passati allagamenti – è stata attribuita una pericolosità idraulica molto elevata (**I.4**), mentre all'area in sponda sinistra – posta in situazione morfologicamente sfavorevole ma sulla quale non esistono notizie di passati allagamenti - è stata attribuita una pericolosità idraulica elevata (**I.3**).

Per quanto riguarda la pericolosità derivante dal F. Serchio le quote dei battenti idrici degli allagamenti relativi alla piena duecentennale e riferibili alle quote della cartografia C.T.R. 1:10.000, sono riportate nella “*Carta dei Comparti Idraulici - Serchio*” di cui alla TAV. 15.

Le condizioni di pericolosità idraulica dell'area di variante sono sintetizzate nella TAV. 6, redatta sulla base sia dell'involuppo degli scenari esondativi elaborati dal PAI per il F. Serchio e dall'Ing. R. Bessi per il sistema Ozzeri nello “*Studio idraulico del sottobacino dell'Ozzeri con proposta degli interventi per l'adeguamento dei corsi d'acqua del sottobacino*”, sia delle prescrizioni date dall'Autorità di Bacino del F. Serchio per la delimitazione delle aree AP in sede di analisi preventiva della proposta di nuova perimetrazione avanzata dal Comune.

Più in particolare la Carta della pericolosità idraulica è stata redatta nel rispetto della classificazione dettata dal Regolamento 26/R del 2007, nel seguente modo:

- **Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):** rientrano nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata sia le aree interessate da allagamenti, transiti compresi, da eventi per  $Tr \leq 30$  anni indotti dal sistema Ozzeri, sia le aree collocate nel rilievo laser scanning effettuato dall'Autorità di Bacino sotto la quota 12 m s.l.m.. In questa categoria di pericolosità rientra anche una limitata area ubicata in sponda destra del Rio Guappero a sud delle casce dei "Bottacci", in quanto posta in situazione morfologicamente sfavorevole e sulla quale esistono notizie di passati allagamenti..
- **Pericolosità idraulica elevata (I.3):** rientrano nelle aree a pericolosità idraulica elevata le aree interessate dall'involuppo degli allagamenti da eventi per  $30 < Tr \leq 200$  anni indotti dal Serchio e dal sistema Ozzeri. In questa categoria di pericolosità rientra anche una limitata area ubicata in sponda sinistra del Rio Guappero a sud delle casce dei "Bottacci", in quanto posta in situazione morfologicamente sfavorevole.
- **Pericolosità idraulica media (I.2):** rientrano nelle aree a pericolosità idraulica media le aree di pianura interessate da allagamenti per  $Tr > 200$  anni.
- **Pericolosità idraulica bassa (I.1):** rientrano nelle aree a pericolosità idraulica bassa le aree collinari prospicienti la pianura prive di notizie storiche di inondazione e poste in situazione di alto morfologico.

Per analogia con le cartografie dell'Autorità di Bacino del Serchio tanto all'alveo attivo dei principali corsi d'acqua quanto alle casce di espansione non sono state attribuite specifiche categorie di pericolosità. Questi elementi territoriali sono stati, infatti, semplicemente definiti come "*alveo ordinario*" ed "*aree golenali*" ed assoggettati alle disposizioni del Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico del Fiume Serchio (P.A.I.) ed a quelle per l'Ambito A1 ex D.C.R.T. 230/94.

## 2.2. La pericolosità geomorfologica

Le condizioni di pericolosità geomorfologica dell'area di variante sono state valutate e sintetizzate nella TAV. 8 – "*Carta della pericolosità geomorfologica e sismica*" nel rispetto di quanto dettato dal regolamento regionale 26/R del 2007, il quale individua le seguenti 4 categorie di pericolosità:

- **Pericolosità geomorfologica molto elevata (G.4):** aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza. Tale categoria di pericolosità non risulta rappresentata nell'area di variante.
- **Pericolosità geomorfologica elevata (G.3):** aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza. In questa classe di pericolosità sono state fatte rientrare, su richiesta dell'URTAT e della Provincia di Lucca, le aree potenzialmente subsidenti.
- **Pericolosità geomorfologica media (G.2):** aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto. In questa categoria di pericolosità sono state inserite le modeste scarpate, comprensive di una fascia di 10 m estesa al bordo superiore, dei depositi conoidali, precedentemente classificate nel R.U. come 3ag per caratteri litologici e clivometrici.
- **Pericolosità geomorfologica bassa (G.1):** aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa. In questa categoria di pericolosità sono state fatte rientrare sia le rimanenti aree di pianura (ex aree 2l del R.U. secondo la classificazione PTC), sia le spianate dei depositi conoidali (ex aree 2g del R.U. secondo la classificazione PTC).

### 2.3. La carta delle ZMPSL e la Pericolosità sismica

Nonostante il quadro conoscitivo a suo tempo svolto a corredo dello strumento urbanistico generale vigente rimanga valido ed attuale, la recente normativa ha reso necessario rivisitare anche l'aspetto sismico nel rispetto delle disposizioni di riferimento rappresentate, per l'aspetto pianificatorio, dal Regolamento regionale 26/R.

La carta delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL) di TAV. 7 è stata realizzata per tutta l'area di variante sintetizzando i dati areali e lineari contenuti nelle varie cartografie esistenti già redatte a supporto del P.S., del R.U. e della Variante di adeguamento alla normativa sismica. Con riferimento all'elenco dei vari elementi richiamati negli ALL.ti 1 e 2 alle Direttive del regolamento 26/R di seguito riportati sono stati in particolare riconosciuti come esistenti e pertinenti solo quelli rappresentati da :

- (8) zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante<sup>1</sup>
- (9) depositi alluvionali granulari e/o sciolti<sup>2</sup>
- (11) conoidi alluvionali e/o coniglioni detritici.

Quanto sopra considerato, infatti, che nell'area di variante (*zona sismica* 2) non sono da prevedersi né fenomeni di liquefazione (5) né amplificazioni per effetti topografici (6,7) né sono presenti i seguenti elementi:

- (1) Movimenti franosi attivi
- (2A) Movimenti franosi quiescenti
- (2B) Zone potenzialmente franose (così come definite nell'ALL. 1)
- (3) Movimenti franosi inattivi
- (4) Cedimenti diffusi in terreni particolarmente scadenti (argille e limi "molto soffici" così come definiti nell'ALL. 1)
- (12) Contatti tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse<sup>3</sup>
- (13) Faglie e/o strutture tettoniche

---

<sup>1</sup> Le zone di bordo sono già state individuate nella "Variante sismica" del 2006, associandole alla categoria di suolo di fondazione E ex D.M. 14 Settembre 2005 – *Norme tecniche per le costruzioni*. In tale occasione è stato scelto un "buffer" di 50 m, precisando tuttavia che *le fasce tipo E ..... non hanno un significato geometrico preciso*, indicando solo *la possibilità di una laminazione del deposito alluvionale o fluviolacustre al di sopra del bedrock fino a rientrare nello spessore critico (5÷20 m)*. In questa sede riteniamo comunque cautelativo, considerata sia la modesta superficie interessata, sia il possibile futuro ampliamento del "buffer" suggerito dal Servizio Sismico regionale (da 20 a 40 m o più), mantenere la fascia di 50 m di larghezza.

<sup>2</sup> In merito alla definizione di questa tipologia, il Servizio Sismico regionale ha informalmente precisato che devono interdersi praticamente tutti i depositi alluvionali (ma anche eolici o marini, possiamo aggiungere) "granulari sciolti, poco o mediamente addensati, molto addensati e depositi coesivi poco, mediamente e molto consistenti", depositi che, secondo il D.M. 14 Settembre 2005 – *Norme tecniche per le costruzioni*, ricadono nelle categorie di suolo di fondazione B, C, D.

<sup>3</sup> Elemento in effetti presente, ma ricompreso nell'elemento 8.



## ALLEGATO 1.

Simbologia	Tipologia delle situazioni	Possibili effetti
<div>1</div> <div>2A</div> <div>2B</div> <div>3</div>	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti Zone potenzialmente franose <sup>1</sup> Zona caratterizzata da movimenti franosi inattivi	Accentuazione dei fenomeni di instabilità in atto e potenziali dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici
4	Zone con terreni particolarmente scadenti (argille e limi molto soffici, riporti poco addensati)	Cedimenti diffusi
5	Zone con terreni granulari fini poco addensati, saturi d'acqua con falda superficiale indicativamente nei primi 5m dal p.c.	Possibili fenomeni di liquefazione
<div>6</div> <div>7</div>	Zona di ciglio H > 10m costituita da scarpate con parete sub-verticale, bordi di cava, nicchie di distacco, orli di terrazzo e/o di scarpata di erosione (buffer di 10m a partire dal ciglio) Zona di cresta rocciosa sottile (buffer di 20m) e/o cocuzzolo	Amplificazione sismica dovuta ad effetti topografici
8	Zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante (buffer di 20m a partire dal contatto verso la valle)	Amplificazione sismica dovuta a morfologie sepolte
<div>9</div> <div>10</div> <div>11</div>	Zona con presenza di depositi alluvionali granulari e/o sciolti Zona con presenza di coltri detritiche di alterazione del substrato roccioso e/o coperture colluviali Aree costituite da conoidi alluvionali e/o con detritici	Amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica
<div>12</div> <div>13</div>	Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse (buffer di 20m) Contatti tettonici, faglie, sovrascorrimenti e sistemi di fratturazione (buffer di 20m)	Amplificazione differenziata del moto del suolo e dei cedimenti; meccanismi di focalizzazione delle onde

<sup>1</sup> versanti con giacitura a franapoggio meno inclinata del pendio, versanti con giacitura a reggipoggio ed intensa fratturazione degli strati, pendii con pendenza media >25% (se con falda superficiale >15%) costituiti da sabbie sciolte, argille, limi soffici e/o detriti

## ALLEGATO 2.

	Zone sismiche di riferimento*		
	Zona 2	Zona 3S	Zona 3
Movimenti franosi attivi (1)	S4	S4	S4
Movimenti franosi quiescenti (2A)	S3	S3	S3
Zone potenzialmente franose (2B)	S3	S3	S3
Movimenti franosi inattivi (3)	S2	S2	S2
Cedimenti diffusi in terreni particolarmente scadenti (4)	S3	S3	S3
Terreni suscettibili a liquefazione (5)	S4	S3	--
Amplificazione per effetti topografici (6, 7)	S2	S2	--
Amplificazione per morfologie sepolte (8)	S3	S3	S3
Amplificazione per effetti stratigrafici (9,10, 11)	S3	S3	S2
Contatti tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse (12)	S3	S3	S3
Faglie e/o strutture tettoniche (13)	S3	S3	S3

Con riferimento ai citati Allegati ed agli elementi sopra riconosciuti e mappati a supporto del P.S. e del R.U., sono state attribuite le seguenti pericolosità sismiche:

ELEMENTO	GRADO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	Possibili effetti
Depositi alluvionali granulari e/o sciolti costituenti l'intera piana alluvionale (9)	<b>Media S2</b>	Amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica
Conoidi alluvionali e/o cono detritici (11)	<b>Media S2</b>	
Zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante	<b>Elevata S3</b>	Amplificazione sismica dovuta a morfologie sepolte

### 2.4. Le problematiche idrogeologiche

Le problematiche idrogeologiche rimangono quelle già definite nella *Carta della vulnerabilità degli acquiferi* del R.U. vigente (TAVV. QC – A2.1÷A2.10) - della quale la TAV. 10 allegata alla presente variante ne rappresenta uno stralcio – nella quale il territorio viene discriminato in 6 gradi di vulnerabilità : estremamente elevato, elevato, alto, medio, basso e bassissimo.

Più in particolare nell'area di variante i gradi di vulnerabilità rappresentati sono i seguenti:

- **EE** - estremamente elevato. Interessa solo una modestissima area collinare dove affiora il calcare massiccio.
- **E** - elevato. Interessa alcune limitate zone della piana alluvionale.
- **M** – Interessa l'area dei conoidi dei M.ti Pisani e, assieme al successivo B, la gran parte della piana alluvionale.
- **B** – basso.

## 2.5. Gli ambiti e le pertinenze fluviali

Nella TAV. 9 – *Carta degli ambiti e delle pertinenze fluviali*, vengono riportati, con modeste correzioni di perimetrazione in adeguamento al PAI, gli elementi già definiti nelle TAVV. AMB – AP.1.1÷AP.1.13 del R.U. vigente, con la sola eccezione dell'ambito “B” che è stato omesso in quanto ritenuto superato dagli studi eseguiti e dalla conseguente individuazione delle aree necessarie alla messa in sicurezza del territorio. Più in particolare gli elementi presenti in carta sono:

- **alveo fluviale ordinario in modellamento attivo**: la porzione dell'alveo raggiungibile dalle piene stagionali, che quindi non necessariamente corrisponde al letto di magra, ma che risulta comunque attualmente in modellamento attivo. L'alveo fluviale è stato perimetrato solo per i corsi d'acqua maggiori.

- **aree golenali**: fasce a lato dell'alveo, comprese tra le sponde del corso d'acqua e gli argini maestri, nelle quali le acque si espandono con andamento stagnante o comunque diverso da quello della corrente principale del fiume. Per analogia a quanto riportato nel PAI sono state distinte come aree golenali quelle dei “Bottacci”, con alcune modifiche nella parte meridionale per adeguarle allo stato effettivo dei luoghi;

- **aree di naturale esondazione e di tutela dei caratteri ambientali dei corsi d'acqua**: aree essenzialmente di fondovalle caratterizzate da indicatori idrogeomorfologici naturali, riconoscibili in loco o da fotointerpretazione, nelle quali il legame con il corso d'acqua è ancora evidente, a prescindere dalla presenza di interventi antropici e dalle condizioni di pericolosità idraulica derivanti tanto dai dati storici quanto da verifiche idrauliche;

- **ambito A1** : comprende gli alvei, le golene e gli argini dei corsi d'acqua, nonché le aree ricadenti nelle due fasce di 10 metri di larghezza adiacenti ai medesimi corsi d'acqua, misurate a partire dai piedi esterni degli argini oppure, ove mancanti, dai cigli di sponda delimitanti l'alveo fluviale ordinario in modellamento attivo

### 3. LE CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ

#### 3.1. Generalità

Le condizioni di fattibilità delle trasformazioni ammesse dal R.U. nell'area di variante, così come condizionate e/o limitate dalle norme specifiche associate alla TAV. 5 – “*Carta dei condizionamenti di natura idraulica*” sono state valutate nel rispetto di quanto dettato dal regolamento regionale 26/R del 2007, con il riconoscimento delle seguenti 4 categorie di fattibilità:

- **Fattibilità senza particolari limitazioni (I)**: si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali che non necessitano di prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
- **Fattibilità con normali vincoli (II)**: si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali sono individuate le tipologie di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
- **Fattibilità condizionata (III)**: si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è definita la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.
- **Fattibilità limitata (IV)**: si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza (nel caso specifico di sola natura idraulica) che sono stati individuati e definiti nella presente variante a mezzo di studi idrologico-idraulici. Quanto sopra ad eccezione dei casi in cui gli interventi di messa in sicurezza siano riferibili ad interventi di autosicurezza la cui progettazione, da effettuarsi nel rispetto delle prescrizioni fornite nella presente relazione in conseguenza dei medesimi studi, costituisce elemento sufficiente ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

### 3.1. La fattibilità in relazione agli aspetti idraulici

La fattibilità idraulica degli interventi ammissibili dal R.U. viene individuata in matrice attraverso un abaco di correlazione tra la tipologia dell'intervento e il grado di pericolosità idraulica che caratterizza l'area sulla quale si interviene. L'attribuzione del grado di fattibilità consegue un'analisi ragionata finalizzata alla determinazione del rischio indotto da 14 possibili tipologie di intervento nelle varie condizioni di pericolosità individuate e, conseguentemente, alla individuazione delle prescrizioni per l'annullamento e/o la mitigazione del rischio medesimo. In particolare:

- in classe di fattibilità 1 rientrano, di norma, tutte quelle previsioni le cui attuazioni non comportano – a seguito di una valutazione comparata tra condizioni di pericolosità e natura degli interventi ammessi - incrementi di rischio (propri o indotti) e per le quali, conseguentemente, non si rendono necessarie prescrizioni specifiche. Rientrano quindi in questa classe sia gli interventi ricadenti in aree non inondabili dalle piene duecentennali che non necessitano di prescrizioni particolari per accrescere le condizioni di sicurezza e che non inducono incrementi di rischio in altre aree, sia gli interventi ricadenti anche in aree inondabili ma che, per la loro natura, non risultano vulnerabili e/o che non producono incrementi apprezzabili di rischio;
- in classe di fattibilità 2 sono state, di norma, fatte rientrare tutte quelle previsioni comportanti modesti incrementi di rischio, per l'attuazione delle quali vengono dettati approfondimenti d'indagine e/o prescrizioni specifiche da condursi, ovvero da applicarsi, in sede di intervento diretto al fine di accrescere le condizioni di sicurezza, ovvero al fine di evitare di incidere negativamente sulle aree contermini. In classe 2 sono stati inseriti anche gli emungimenti di acque sotterranee in aree inondabili, per i quali vengono dettate prescrizioni al fine di evitare l'insorgenza di fenomeni di inquinamento;
- in classe di fattibilità 3 sono state inserite sia quelle previsioni ricadenti in aree a pericolosità elevata o molto elevata la cui realizzazione può potenzialmente indurre incrementi di rischio in altre aree (ad esempio le modifiche morfologiche comportanti sopraelevazioni del p.c.), la cui attuazione è subordinata all'esito di specifici approfondimenti d'indagine volti ad escludere ovvero ad individuare gli interventi necessari ad evitare l'insorgere di tali incrementi di rischio, sia interventi di ampliamento di infrastrutture pubbliche ricadenti in aree a pericolosità elevata o molto elevata – non necessariamente comportanti incrementi di rischio - per i quali si rendono comunque necessari approfondimenti d'indagine finalizzati alla individuazione dei possibili interventi di messa in sicurezza, ovvero – qualora tali interventi siano incompatibili con la funzionalità dell'opera - delle possibili soluzioni per minimizzare i danni in occasione di eventi alluvionali.
- in classe di fattibilità 4 sono state infine inserite tutte le previsioni ricadenti in aree a pericolosità elevata o molto elevata comportanti incremento di rischio (nuovi interventi edificatori ed infrastrutturali, interventi sul patrimonio edilizio esistente con aumento di carico urbanistico), per la cui realizzazione è richiesta la messa in sicurezza idraulica.

In conformità al PAI le condizioni di sicurezza vanno assunte rispetto alle quote dei tiranti idrici delle piene duecentennali del F. Serchio e del Canale Ozzeri riportate, per ciascun comparto, nelle TAVV. 14 e 15.

## ABACO 1 PER LA DETERMINAZIONE DELLA FATTIBILITA' IDRAULICA

	TIPO DI INTERVENTO	GRADO DI PERICOLOSITA' IDRAULICA			
		I1	I2	I3	I4
	FATTIBILITA'				
1	Interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico	I	I	I	I
2	Interventi di ampliamento, adeguamento e di ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico.	I	II	III	III
3	Nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico	I	II	IV	IV
4	Interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria sul patrimonio edilizio esistente	I	I	I	I
5	Interventi sul patrimonio edilizio esistente senza ampliamenti planimetrici e senza aumento del carico urbanistico.	I	I	I	I
6-	Interventi sul patrimonio edilizio esistente con aumento di carico urbanistico.	I	I	IV	IV
7	Interventi di nuova edificazione, di sostituzione edilizia e di demolizione e ricostruzione. Volumi interrati.	I	II	IV	IV
8	Opere accessorie e pertinenziali, quali modesti volumi tecnici, box metallici, gazebo e tettoie a servizio di fabbricati di c.a., , pergolati, recinzioni	I	I	I	I
9	Piscine scoperte ad uso privato e relativi locali di servizio:	I	I	I	I
10	Annessi agricoli ed altri annessi di servizio anche precari con funzione agricola o zootecnica:	I	I	II	II
11	Emungimenti di acque sotterranee ad uso domestico	I	I	II	II
12	Emungimenti di acque sotterranee ad uso industriale, irriguo o connessi alla realizzazione di scavi sotto falda	I	I	II	II
13	Modifiche morfologiche	I	I	III	III
14	Viabilità privata	I	II	II	II

Le prescrizioni associate a ciascuna classe di fattibilità idraulica, così come individuata attraverso l'abaco, sono riportate nella tabella che segue.

TABELLA 1

Grado di fattibilità Idraulica	Prescrizioni
I	Nessuna prescrizione specifica
II	<p><b>2) Interventi di ampliamento, adeguamento e ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico.</b> I progetti degli interventi dovranno essere corredati da approfondimenti d'indagine finalizzati alla individuazione dei possibili interventi di messa in sicurezza, ovvero – qualora tali interventi siano incompatibili con la funzionalità dell'opera – alla individuazione delle possibili soluzioni sia per minimizzare i danni in occasione di eventi alluvionali, sia per garantire la pubblica incolumità, sia per non incrementare il rischio in altre aree</p> <p><b>3) Nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico.</b> Nel caso di volumi interrati adibiti ad utilizzazioni comportanti presenza continuativa ovvero temporanea ma frequente di persone e beni, è prescritto che le quote delle aperture e delle soglie di accesso ai vani interrati siano poste al di sopra della quota delle infrastrutture lineari (viarie od altre) eventualmente presenti e favorenti l'instaurarsi di locali condizioni di ristagno di acque. In ogni caso le quote delle aperture e delle soglie di accesso ai piani interrati dovranno essere rialzate di almeno 30 cm rispetto alle aree esterne. Le infrastrutture a sviluppo lineare devono essere progettate e realizzate in maniera tale da escludere la formazione di barriere idrauliche.</p> <p><b>7) Interventi di nuova edificazione, interventi di demolizione e ricostruzione, interventi di sostituzione edilizia, volumi interrati.</b> In sede di intervento diretto è prescritto che le quote dei piani di calpestio dei piani terra e delle soglie di accesso ai vani interrati siano poste al di sopra della quota delle infrastrutture lineari (viarie od altre) eventualmente presenti e favorenti l'instaurarsi di locali condizioni di ristagno di acque. In ogni caso le quote dei piani di calpestio dei piani terra e delle soglie di accesso ai vani interrati dovranno essere rialzate di almeno 20 cm sulla quota media del piano campagna del lotto di intervento.</p> <p><b>10) Annessi agricoli ed altri annessi di servizio anche precari con funzione agricola o zootecnica.</b> E' prescritto che gli annessi vengano realizzati con materiali non deteriorabili dall'acqua e dotati di accorgimenti tecnico costruttivi atti a ridurre la vulnerabilità (aperture a soglia rialzata e/o stagna, o dotate di paratie stagne, "soppalco" per il posizionamento degli attrezzi agricoli vulnerabili dall'acqua.</p> <p><b>11 e 12) Emungimenti di acque sotterranee.</b> E' prescritto che le testate dei pozzi siano realizzate a tenuta stagna ad evitare possibilità di inquinamento in occasione di eventi alluvionali.</p> <p><b>14) Viabilità privata.</b> La viabilità deve essere a raso. Viabilità su rilevato ammessa purchè debitamente motivata e progettata in maniera tale da escludere la formazione di barriere idrauliche.</p>
III	<p><b>2) Interventi di ampliamento, adeguamento e di ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico.</b> Ai fini della valutazione della compatibilità degli interventi previsti con le condizioni di pericolosità accertate il progetto di tali interventi dovrà contenere la valutazione dell'incremento di rischio, diretto od indiretto indotto, ovvero contenere tutte le misure atte sia alla riduzione del rischio a livello compatibile con le caratteristiche dell'infrastruttura, sia a compensare le eventuali sottrazioni di volume utile in caso di esondazione.</p> <p><b>13) Modifiche morfologiche.</b> Ai fini della valutazione della compatibilità degli interventi previsti con le condizioni di pericolosità accertate, nel caso di interventi di sopraelevazione del piano di campagna dovranno essere svolte indagini di tipo morfologico-topografico ed idraulico volte a progettare gli interventi compensativi causati dalla sottrazione di volume utile in caso di esondazione duecentennale e a verificare che non si creino incrementi di rischio idraulico in altre aree.</p>

IV	<p><b>3) Nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico:</b> gli interventi dovranno essere realizzati in condizioni di sicurezza idraulica rispetto agli eventi con tempo di ritorno duecentennale del F. Serchio e del Canale Ozzeri, senza indurre incrementi di rischio in altre aree. A tal fine dovrà essere fatto riferimento alle quote dei tiranti idrici duecentennali riportate nelle Tavole dei Comparti Idraulici n. 14 e 15 ed agli accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'art. 18.5 delle presenti norme. Nel caso di infrastrutture a rete è prescritto che debbano essere attuate tutte le dovute precauzioni per la riduzione del rischio a livello compatibile con le caratteristiche dell'infrastruttura.</p> <p><b>6) Interventi sul patrimonio edilizio esistente con aumento di carico urbanistico.</b> E' prescritto che gli edifici vengano posti in condizioni di sicurezza idraulica rispetto agli eventi con tempo di ritorno duecentennale del F. Serchio e del Canale Ozzeri. A tal fine dovrà essere fatto riferimento alle quote dei tiranti idrici duecentennali riportate nelle Tavole dei Comparti Idraulici n. 14 e 15 ed agli accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'art. 18.5 delle N.T.A...</p> <p><b>7) Interventi di nuova edificazione.</b> E' prescritto che gli interventi vengano posti in condizioni di sicurezza idraulica rispetto agli eventi con tempo di ritorno duecentennale del F. Serchio e del Canale Ozzeri, senza indurre incrementi di rischio in altre aree. A tal fine dovrà essere fatto riferimento alle quote dei tiranti idrici duecentennali riportate nelle Tavole dei Comparti Idraulici n. 14 e 15 ed agli accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'art. 18.5 delle N.T.A..</p> <p><b>7) Interventi di demolizione e ricostruzione ed interventi di sostituzione edilizia senza ampliamenti planimetrici.</b> E' prescritto che gli edifici vengano posti in condizioni di sicurezza idraulica rispetto agli eventi con tempo di ritorno duecentennale del F. Serchio e del Canale Ozzeri. A tal fine dovrà essere fatto riferimento alle quote dei tiranti idrici duecentennali riportate nelle Tavole dei Comparti Idraulici n. 14 e 15 ed agli accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'art. 18.5 delle N.T.A..</p> <p><b>7) Volumi interrati.</b> E' prescritto che le soglie di accesso ai vani interrati siano rialzate di almeno 30 cm sulle quote dei tiranti idrici duecentennali riportate nelle Tavv. dei Comparti Idraulici n. 14 e 15, tenuto anche conto degli accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'art. 18.5 delle N.T.A..</p>
----	---

A chiarimento della tabella viene precisato che le quote dei tiranti idrici del Canale Ozzeri definite per ciascun comparto idraulico nella TAV. 14 sono riferite alle quote della C.T.R. 1:2000, mentre le quote dei tiranti idrici del F. Serchio definite per ciascun comparto idraulico nella TAV. 15, sono riferite alle quote della C.T.R. 1:10.000.

Nella specifica area sita in frazione di Pontetetto ed interessata dal "Progetto di Contratto di Quartiere II", così come delimitata nella "CARTA DEI CONDIZIONAMENTI DI NATURA IDRAULICA", per la quale è già stato redatto un progetto di opere di messa in sicurezza idraulica per tempi di ritorno di 200 anni ed acquisito il parere favorevole dell'Autorità di Bacino valgono, come condizioni di fattibilità idraulica, le prescrizioni dettate in sede di approvazione del relativo Piano Attuativo.

### 3.2. La fattibilità in relazione agli aspetti geomorfologici/geotecnici e sismici

La fattibilità geomorfologica-geotecnica e sismica degli interventi ammissibili dal R.U. viene individuata in matrice attraverso un abaco di correlazione tra la tipologia dell'intervento e il grado di pericolosità geomorfologica e sismica che caratterizza l'area sulla quale si interviene, assumendo come criterio di analisi quello già esplicitato per la fattibilità idraulica,



facendo anche riferimento alla *Carta delle categorie di suolo di fondazione ex d.m. 19 settembre 2005* già realizzata per l'intero territorio comunale nel 2006.

Premesso che il territorio interessato dalla presente variante è un territorio essenzialmente di pianura privo di problematiche geomorfologiche da frana (le aree a pericolosità G3 si riferiscono, infatti, solo ad aree con pericolosità potenziale da subsidenza) i criteri generali che hanno condotto alla valutazione delle condizioni di fattibilità geomorfologica-geotecnica, sono così sintetizzabili:

- in classe di fattibilità geomorfologica 1 sono state fatte rientrare tutte quelle le previsioni le cui attuazioni – in relazione alla natura degli interventi ammessi ed alla classe di pericolosità dell'area in cui ricadono (bassa, media o elevata) – non comportano incrementi di rischio e non presentano caratteristiche tali da incidere negativamente sulle condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area. Per l'attuazione delle previsioni ricadenti in questa classe di fattibilità non vengono, conseguentemente, dettate prescrizioni particolari;
- in classe di fattibilità geomorfologica 2 sono state, di norma, fatte rientrare sia le previsioni ricadenti in aree a pericolosità bassa o media comportanti incrementi di rischio (in quanto associate ad utilizzi comportanti una presenza continuativa di persone) e/o tali da incidere negativamente sulle condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area, sia quelle previsioni ricadenti in aree a pericolosità elevata, relative a modeste opere edilizie con presenza sporadica di persone (piscine ad uso privato e annessi agricoli) per le quali vengono dettati approfondimenti d'indagine e/o prescrizioni specifiche da condursi, ovvero da applicarsi, in sede di intervento diretto;
- in classe di fattibilità geomorfologica 3 sono state fatte rientrare tutte quelle previsioni, ricadenti in aree a pericolosità geomorfologica elevata per potenziale subsidenza, comportanti incrementi di rischio e/o suscettibili di incidere negativamente sulle condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area, la cui attuazione è subordinata sia all'esito di specifici approfondimenti d'indagine finalizzate ad accertare la compatibilità delle opere previste con le accertate reali condizioni di stabilità, sia alla preventiva realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza. In questa classe rientrano quindi sia tutte le nuove previsioni edificatorie ed infrastrutturali pubbliche o di interesse pubblico, sia quelle previsioni che comportano aumenti significativi di rischio sul patrimonio edilizio esistente e sul sistema infrastrutturale, nonché gli emungimenti di acque sotterranee (diversi da quelli domestici) e le modifiche morfologiche;
- in classe di fattibilità geomorfologica 4 non rientra nessuna previsione edificatoria o infrastrutturale.

Premesso altresì che il regolamento regionale 26R/2007 esclude dalla necessità di prescrizioni specifiche per gli aspetti sismici le aree caratterizzate da pericolosità sismica bassa (S1) e media (S2), nella presente variante si è ritenuto tuttavia opportuno dettare alcune prescrizioni di indagini suppletive, da condursi a livello di intervento diretto, anche per alcune tipologie di intervento (di carattere

edilizio, infrastrutturale o funzionale) comportanti incremento di rischio e ricadenti in aree a pericolosità sismica media. Alle medesime tipologie di intervento ricadenti in pericolosità sismica locale elevata (S3) è invece stata associata una fattibilità sismica 3.

### ABACO 2 PER LA DETERMINAZIONE DELLA FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA E SISMICA

	TIPO DI INTERVENTO	GRADO DI PERICOLOSITÀ' GEOMORFOLOGICA E SISMICA				
		G1	G2	G3	S2	S3
		FATTIBILITA'				
1	Interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico	I	I	I	I	I
2	Interventi di ampliamento, adeguamento e di ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico.	II	II	III	II	III
3	Nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico	II	II	III	II	III
4	Interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria sul patrimonio edilizio esistente	I	I	I	I	I
5	Interventi sul patrimonio edilizio esistente senza ampliamenti plano-volumetrici e senza aumento di carico urbanistico.	I	I	I	I	II
6	Interventi sul patrimonio edilizio esistente con ampliamenti plano-volumetrici e/o aumento di carico urbanistico.	II	II	III	II	III
7	Interventi di nuova edificazione, di sostituzione edilizia e di demolizione e ricostruzione. Volumi interrati	II	II	III	II	III
8	Opere accessorie e pertinenziali, quali modesti volumi tecnici, box metallici, gazebo e tettoie a servizio di fabbricati, pergolati, recinzioni	I	I	I	I	I
9	Piscine scoperte ad uso privato e relativi locali di servizio:	II	II	II	I	II
10	Annessi agricoli e altri annessi di servizio anche precari con funzione agricola o zootecnica:	I	II	II	I	II
11-	Emungimenti di acque sotterranee ad uso domestico	I	I	I	I	I
12-	Emungimenti di acque sotterranee ad uso industriale, irriguo o connessi alla realizzazione di scavi sotto falda	II	II-	III	I	I
13-	Modifiche morfologiche	II	II	III	I-	II
14-	Viabilità privata	I	I	I	I	I

Le prescrizioni associate a ciascuna classe di fattibilità geomorfologica-geotecnica e sismica, così come individuate attraverso l'abaco e dettagliate in Appendice 1 per la tipologia ed il grado di approfondimento delle indagini, sono riportate nelle tabelle che seguono.

TABELLA 2

Fattibilità geomorfologica ÷geotecnica	Prescrizioni
<b>I</b>	Nessuna prescrizione specifica
<b>II</b>	<p><b>2)Interventi di ampliamento, adeguamento e di ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico. 3)Nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico. 6) Interventi sul patrimonio edilizio esistente con ampliamenti plano-volumetrici. 7) Interventi di nuova edificazione, di sostituzione edilizia e di demolizione e ricostruzione. Volumi interrati. 9) Piscine scoperte ad uso privato e relativi locali di servizio. 10) Annessi agricoli e altri annessi di servizio anche precari con funzione agricola o zootecnica. 12) Emungimenti di acque sotterranee ad uso industriale, irriguo o connessi alla realizzazione di scavi sotto falda. 13) Modifiche morfologiche.</b> Sono prescritte indagini di approfondimento, condotte a norma del D.M. 11/03/88 e del D.M. 16/01/96, ovvero del <i>D.M. 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni</i>, richieste sia nel caso di intervento diretto, sia di Piano Complesso di Intervento, sia di Piano Attuativo. Coefficiente amplificativo <math>S = 1.25</math> (o superiore, in funzione della morfologia del sito e/o di valutazioni affinate degli effetti locali) secondo D.M. 14/09/05, Coefficiente di fondazione <math>\varepsilon = 1.15</math> per le categorie B,C; <math>\varepsilon = 1.3</math> solo per la categoria E (o superiori, in funzione della morfologia del sito e/o di valutazioni affinate degli effetti locali) secondo D.M. 16/01/96. In particolare le indagini di supporto alla progettazione edilizia dovranno essere finalizzate alle consuete valutazioni delle tensioni ammissibili, dei cedimenti assoluti e differenziali, dei possibili fenomeni di ritiro e rigonfiamento dei terreni per variazione delle condizioni di umidità del suolo nonché, nei casi di costruzione su pendio, alla valutazione della stabilità del pendio medesimo.</p>
<b>III</b>	<p><b>2)Interventi di ampliamento, adeguamento e di ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico. 3)Nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico. 6) Interventi sul patrimonio edilizio esistente con ampliamenti plano-volumetrici. 7) Interventi di nuova edificazione, di sostituzione edilizia e di demolizione e ricostruzione.</b> Ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di potenziale pericolosità da subsidenza sono prescritte indagini di approfondimento, condotte a norma del D.M. 11/03/88 e del D.M. 16/01/96, ovvero del D.M. 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni, richieste sia nel caso di intervento diretto, sia di Piano Complesso di Intervento, sia di Piano Attuativo. Coefficiente amplificativo <math>S = 1.25</math> (o superiore, in funzione della morfologia del sito e/o di valutazioni affinate degli effetti locali) secondo D.M. 14/09/05, Coefficiente di fondazione <math>\varepsilon = 1.15</math> per le categorie B,C; <math>\varepsilon = 1.3</math> solo per la categoria E (o superiori, in funzione della morfologia del sito e/o di valutazioni affinate degli effetti locali) secondo D.M. 16/01/96. In particolare le indagini di supporto alla progettazione edilizia dovranno essere finalizzate, oltre alle consuete valutazioni delle tensioni ammissibili, dei cedimenti assoluti e differenziali propri e indotti al contorno, nonché dei possibili fenomeni di ritiro e rigonfiamento dei terreni per variazione delle condizioni di umidità del suolo.</p> <p><b>12)Emungimenti di acque sotterranee ad uso industriale, irriguo o connessi alla realizzazione di scavi sotto falda.</b> Progetti di nuovi emungimenti approvabili soltanto se corredati da valutazioni sulla compatibilità del prelievo basate sulla verifica degli effetti al contorno, tenuto conto delle condizioni locali stratigrafiche e di soggiacenza piezometrica.</p> <p><b>13) Modifiche morfologiche.</b> Nel caso di rilevati e riporti significativi di terreno è prescritto che siano svolti accertamenti geognostici e valutazioni geotecniche volte ad escludere l'insorgenza di fenomeni di subsidenza indotta da sovraccarichi, anche in riferimento alla stabilità delle opere limitrofe presenti.</p>

**TABELLA 3**

<b>Fattibilità sismica</b>	<b>Prescrizioni</b>
<b>I</b>	Nessuna prescrizione specifica
<b>II</b>	<p><b>2) Interventi di ampliamento, adeguamento e di ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico. 3) Nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico. 6) Interventi sul patrimonio edilizio esistente con ampliamenti piano-volumetrici. 7) Interventi di nuova edificazione, di sostituzione edilizia e di demolizione e ricostruzione. 9) Piscine scoperte ad uso privato e relativi locali di servizio. 13) Modifiche morfologiche</b> (nel caso di rilevati di altezza superiore a 2 m. Sono prescritte, sia nel caso di intervento diretto, sia di Piano Complesso di Intervento, sia di Piano Attuativo, <u>solo qualora</u> la progettazione avvenga secondo la nuova normativa sismica (D.M 14 Gennaio 2008. – <i>Norme tecniche per le costruzioni</i>), indagini geofisiche sismiche, condotte secondo i criteri stabiliti dalle Istruzioni Tecniche del Progetto V.E.L. della Regione Toscana, che definiscano spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica tra terreni tra alluvioni e bedrock sismico, ovvero alla definizione della “Categoria di sottosuolo” ex D.M 14 Gennaio 2008 – <i>Norme tecniche per le costruzioni</i>.</p>
<b>III</b>	<p><b>2) Interventi di ampliamento, adeguamento e di ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico. 3) Nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico. 6) Interventi sul patrimonio edilizio esistente con ampliamenti piano-volumetrici. 7) Interventi di nuova edificazione, di sostituzione edilizia e di demolizione e ricostruzione.</b> Ai fini della valutazione della compatibilità degli interventi previsti con le condizioni di pericolosità accertate sono prescritte, sia nel caso di intervento diretto, sia di Piano Complesso di Intervento, sia di Piano Attuativo, indagini geofisiche sismiche, condotte secondo i criteri stabiliti dalle Istruzioni Tecniche del Progetto V.E.L. della Regione Toscana, opportunamente estese ad un intorno significativo, che definiscano in termini di geometrie la morfologia sepolta del bedrock sismico ed i contrasti di rigidità sismica (rapporti tra velocità sismiche in termini di velocità di Vsh delle coperture e del substrato), qualunque sia la normativa sismica di riferimento, ovvero D.M. 16/01/96 o D.M 14 Gennaio 2008 – <i>Norme tecniche per le costruzioni</i>: in quest'ultimo caso le indagini concorreranno anche alla definizione della “Categoria di sottosuolo”.</p>

\*\*\*\*\*

Lucca, 08 settembre 2008

STUDIO DI GEOLOGIA BARSANTI, SANI & ASSOCIATI

Dr. Paolo Sani

## APPENDICE 1

### **TIPOLOGIA E LIVELLO DI APPROFONDIMENTO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE DI SUPPORTO AI PIANI COMPLESSI DI INTERVENTO, AI PIANI URBANISTICI ATTUATIVI O ALL'INTERVENTO DIRETTO (PROGETTO EDILIZIO)**

La completezza degli elaborati di supporto ai Piani complessi di intervento, ai Piani Urbanistici Attuativi o, in loro assenza, all'intervento diretto (progetto edilizio), è verificata in sede di istruttoria della pratica: la fattibilità definitiva dell'opera viene valutata dal Responsabile del Procedimento sulla base delle documentazioni geologica, geotecnica e geofisica prodotte, ove necessarie.

La relazione geologica e geotecnica dovrà essere redatta a norma dei D.M. 11/03/88 e D.M. 16/01/96, ovvero del D.M. 14 gennaio 2008 – *Norme tecniche per le costruzioni*, nel rispetto delle “*Linee Guida per la redazione delle Indagini Geologiche e Geotecniche*” dell’Ordine dei Geologi della Toscana e degli standards suggeriti dallo stesso Ordine, nonché delle “*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*” dell’Associazione Geotecnica Italiana. Le indagini saranno commisurate all’importanza dell’opera in progetto ed alla complessità della situazione geologico-stratigrafica, geotecnica e sismica locale e saranno finalizzate alla ricostruzione del modello geologico s.l. del sito edificando. Le indagini dovranno contenere tra l’altro:

- 1) l’inquadramento dell’intervento rispetto alle varie cartografie di supporto al RU, con definizione della Classe di fattibilità dell’intervento;
- 2) i dati di progetto – Scala 1:500÷1:200;
- 3) la documentazione fotografica delle indagini geognostiche e geofisiche;
- 4) i certificati delle prove in sito e delle analisi di laboratorio;
- 5) i dati relativi alle superfici permeabili, semipermeabili ed impermeabili nello stato pre progetto e di progetto ed i calcoli relativi al «*Contenimento della impermeabilizzazione del suolo*», ove necessario;
- 6) la definizione della stratigrafia di dettaglio e delle caratteristiche geomeccaniche di ciascun strato individuato (parametri geomeccanici medi e parametri caratteristici) con sezioni in scala adeguata (1:100÷1:500);
- 7) il livello della/e falda/e acquifera/e e la relativa escursione stagionale,

oltre alle consuete valutazioni delle tensioni ammissibili e dei cedimenti assoluti e differenziali (da eseguire con maggiore attenzione nelle aree a pericolosità G3 per potenziale subsidenza), dei possibili fenomeni di ritiro e rigonfiamento dei terreni per variazione delle condizioni di umidità del suolo nonché, nei casi di costruzione su pendio, della stabilità del pendio medesimo.

Sono ammesse solo prospezioni geognostiche eseguite con strumenti standard, ovvero:

- Sondaggi geognostici a carotaggio continuo
- Prove penetrometriche Standard Penetration Test (SPT) a fondo foro di sondaggio
- Prove penetrometriche statiche standard a punta meccanica (CPT), a punta elettrica (CPTE) o piezocono (CPTU)
- Prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH)
- Prove di permeabilità in foro di sondaggio
- Prove di permeabilità di superficie con permeametri a pozzetto quadrato o cilindrico
- Analisi di laboratorio su campioni di terreno indisturbato

Prospezioni geognostiche non standard come i saggi con escavatore meccanico possono essere utilizzate esclusivamente per integrare prospezioni standard su ampie superfici o in situazioni geologiche chiaramente definibili già sulla base di rilievi di superficie (roccia affiorante o subaffiorante); in ogni caso si dovranno raggiungere le profondità dal piano di campagna interessate dalle opere di fondazione e dagli sforzi di taglio da esse indotti nel terreno. I saggi in fondazione, gli affioramenti rocciosi e gli scavi geognostici dovranno essere documentati fotograficamente.

Con riferimento alle già citate Linee Guida dell'Ordine dei Geologi della Toscana ed alla Direttiva n. 11 del Piano di Bacino Stralcio "Assetto Idrogeologico" del Fiume Serchio, l'uso del penetrometro dinamico tipo leggero o medio (massa battente da 20 o 30 kg, altezza di caduta 20 cm) è ammesso solo nel caso sia dimostrata l'impossibilità di fare uso di altra strumentazione per motivi tecnico – logistici. In tal caso si deve utilizzare lo strumento con le dovute cautele e con spirito critico (evitando correlazioni empiriche tra il numero di colpi e i valori di angolo di attrito interno e/o di coesione non drenata, che non hanno alcun valore scientifico), limitandosi a fornire una valutazione qualitativa dei terreni ed eventualmente una stima del campo di variabilità dei parametri geotecnici.

Per quanto attiene la tipologia delle indagini sismiche e geofisiche, sono ammesse solo quelle condotte secondo le Istruzioni Tecniche del Programma V.E.L. della Regione Toscana (scaricabili dal sito <http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/index.htm>), sia per quanto concerne gli affinamenti di indagine richiesti dalle condizioni di pericolosità e fattibilità sismica (*definizione in termini di geometrie della morfologia sepolta sismico ed i contrasti di rigidità sismica – rapporti tra velocità sismiche in termini di  $V_{sh}$  delle coperture e del substrato*), sia per quanto concerne la determinazione delle  $V_{s30}$  e la definizione della “Categoria di sottosuolo” in caso di progettazione secondo la nuova normativa sismica (D.M. 14 gennaio 2008 – *Norme tecniche per le costruzioni*).

Per la determinazione delle  $V_{s30}$  è necessaria la misura diretta in sito, attraverso le seguenti metodologie di indagine:

- prospezioni sismiche a rifrazione con onde di volume P ed Sh
- prospezioni sismiche in foro di sondaggio tipo downhole o crosshole
- prospezioni sismiche tipo downhole in foro di prova penetrometrica (“cono sismico”)
- prospezioni sismiche con onde superficiali (onde Raleigh) tipo SASW e MASW

E’ sconsigliata la derivazione delle  $V_{s30}$  dal numero di colpi della prova di penetrazione standard (SPT) o dal valore della coesione non drenata  $c_u$ .

E’ parimenti sconsigliato, secondo le indicazioni della Regione Toscana, il ricorso a metodi basati sull’analisi delle onde superficiali con tecniche passive (“microtremori” - “rumore ambientale”).

Sono ammesse infine anche altre tipologie di indagini geofisica come il georadar, i sondaggi elettrici verticali (S.E.V.), le tomografie elettriche etc., sempre che siano eseguite ad integrazione di prospezioni geognostiche di tipo standard e non interpretate da sole con finalità geomeccaniche÷geotecniche.

### **Livello di approfondimento delle indagini sismiche**

In caso di progettazione secondo la nuova normativa sismica (D.M. 14 Gennaio 2008 – *Norme tecniche per le costruzioni*), è necessario accertare la Categoria di sottosuolo così come definita al Cap. 3.2.3.2.1. delle norme.

La “Carta delle Categorie di Suolo di Fondazione” già realizzata a supporto della variante sismica del 2006, rappresenta per il Proprietario ed il

Progettista dell'opera lo strumento per la preventiva caratterizzazione del sito sotto il profilo sismico e per l'impostazione della progettazione: per ultimo, ma non ultimo, la Carta consente di evitare approfondimenti di indagine che andrebbero a gravare eccessivamente sul cittadino, in rapporto al valore delle opere, nel caso di costruzioni modeste.

Si conferma in questa sede lo schema già proposta per la variante sismica:

a) Adeguamenti di altezze, piccoli ampliamenti di fabbricati per civile abitazione, commerciali, artigianali ed industriali; fabbricati per civile abitazione fino a 2 piani di altezza e/o di superficie  $\leq 100$  mq; fabbricati commerciali, artigianali ed industriali fino a 7 m di altezza e/o di superficie  $\leq 100$  mq: non è richiesta l'indagine geofisica in sito, si può fare riferimento alla Carta delle Categorie di Suolo di Fondazione e della Pericolosità sismica, eventualmente valutando la corrispondenza tra Categoria di suolo di fondazione desunta dalla Carta e  $V_{s30}$  stimata dalle indagini geotecniche in sito (CPT, DPSH, Nspt). Nei territori di collina o montagna caratterizzati da formazioni litoidi affioranti o subaffioranti, è comunque necessario il controllo e l'accertamento dello spessore della copertura detritica, il quale discrimina tra l'attribuzione alla Categoria di suolo di fondazione "A", nel caso di spessore  $\leq 5$  m, ed una delle altre Categorie (più frequentemente "E", ma possibile anche "B"), nel caso di spessore  $> 5$  m.

b) fabbricati per civile abitazione di altezza superiore a 2 piani e/o di superficie  $> 100$  mq, fabbricati commerciali, artigianali e industriali di altezza superiore a 7 m e/o di superficie  $> 100$  mq: sono necessari accertamenti geofisici in sito con misura della  $V_{s30}$ .

c) fabbricati "strategici" e "rilevanti": sono necessari accertamenti geotecnici sismici e geofisici di dettaglio con misura della  $V_{s30}$  (sondaggi, prelievo campioni ed eventuali analisi dinamiche, prospezioni sismiche di superficie ed in foro tipo downhole, etc.).

Per i Piani Complessi di Intervento ed i Piani Urbanistici Attuativi sono necessari accertamenti geofisici quando la previsione urbanistica è riferibile ai casi b) e c), mentre negli altri casi (cambi destinazione d'uso, piccoli ampliamenti etc.) si può fare riferimento alla Carta delle Categorie di Suolo di fondazione, con i necessari controlli diretti.

\*\*\*\*\*

STUDIO DI GEOLOGIA BARSANTI, SANI & ASSOCIATI  
dr. Paolo Sani