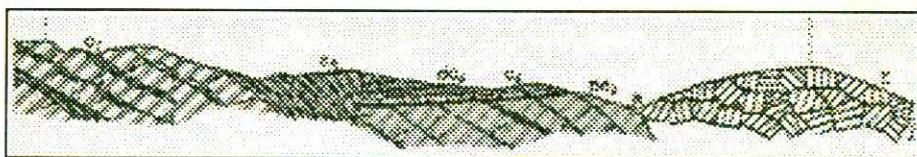
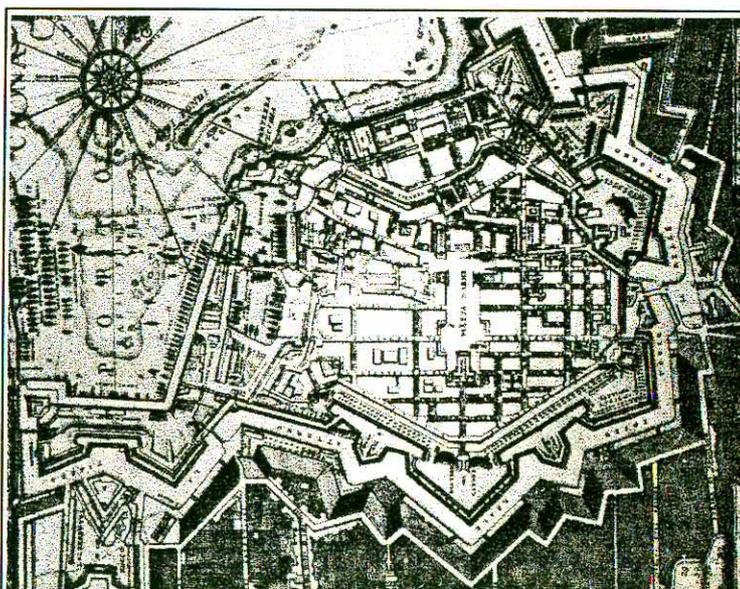
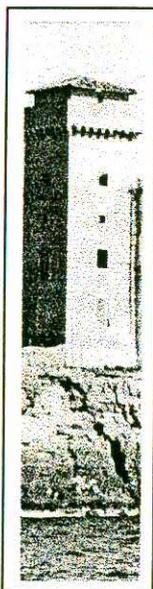




COMUNE DI LIVORNO
Ufficio Urbanistica

Piano Strutturale

*Indagini geologico-tecniche di supporto
alla pianificazione urbanistica*



RELAZIONE

di supporto alla carta della pericolosità

- settembre 1996 -



Studi geologici
libero michelucci e antonio rafanelli
Piazza della Repubblica 59 - Via del Mare 34
LIVORNO



INDICE

1. PREMESSA
2. IL PIANO STRUTTURALE
3. LOCALIZZAZIONE DELLE AREE
4. OPERAZIONI SVOLTE E METODOLOGIA USATA
5. ASPETTI FISIOGRAFICI DEL TERRITORIO CONTINENTALE
 - 5.1. LINEAMENTI MORFOLOGICI
 - 5.2. CARATTERI GEOLOGICO-STRUTTURALI
 - 5.3. CARATTERI LITOLOGICI DELLE ROCCE E DELLE COLTRI DI COPERTURA
 - 5.4. LA COSTA
 - 5.5. DINAMICA E STABILITÀ DEI VERSANTI
 - 5.6. LA RETE IDROGRAFICA
 - 5.7. ASSETTO GEOIDROLOGICO
6. CARTOGRAFIA TEMATICA DEL TERRITORIO CONTINENTALE
 - 6.1. CARTA CLIVOMETRICA - Tav. 1
 - 6.2. CARTA GEOLITOLOGICA - Tav. 2
 - 6.3. CARTA DELLE SEZIONI LITOLOGICHE - Tav. 3
 - 6.4. CARTA DEI DATI DI BASE - Tav. 4
 - 6.5. CARTA DELLE SEZIONI LITOTECNICHE - Tab. 5
 - 6.6. CARTA GEOMORFOLOGICA - Tav. 6
 - 6.7. CARTA DI RISPOSTA OMOGENEA ALL'EVENTO SISMICO - Tav. 7
 - 6.8. CARTA IDROGEOLOGICA - Tav. 8
 - 6.9. CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO - Tav. 9
 - 6.10. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ - Tav. 10
7. ASPETTI FISIOGRAFICI DELL'ISOLA DI GORGONA
 - 7.1. LINEAMENTI MORFOLOGICI
 - 7.2. CARATTERI GEOLOGICO-STRUTTURALI
 - 7.3. CARATTERI LITOLOGICI DELLE ROCCE E DELLE COLTRI DI COPERTURA
 - 7.4. DINAMICA E STABILITÀ DEI VERSANTI
8. CARTOGRAFIA TEMATICA DELL'ISOLA DI GORGONA
 - 8.1. CARTA CLIVOMETRICA -Tav. 1/A
 - 8.2. CARTA GEOLITOLOGICA-Tav. 2/A
 - 8.3. CARTA GEOMORFOLOGICA-Tav. 3/A
 - 8.4. CARTA DELLA PERICOLOSITA' -Tav. 4/A

ALLEGATO

Verifica delle sezioni idrauliche del Rio Ardenza tra Collinaia e la foce.

APPENDICE

Documentazione fotografica e disegni, dati di base, aree adibite ad attività estrattive attualmente dismesse

1. PREMESSA

Il Comune di Livorno, in osservanza delle nuove normative regionali (L.R. 5/95), sta predisponendo il Piano Strutturale per il governo del suo territorio.

Per conto della Amministrazione Comunale, Disposizione Sindacale n. 21904 del 17/06/1996, gli scriventi sono stati incaricati di redigere tutta la documentazione di analisi ambientale (caratteristiche morfologiche, geologiche, litotecniche e idrogeologiche) per l'intero territorio, verificandone le condizioni di pericolosità e di fattibilità ai sensi della L.R. 17/04/84 n.21, della Del. C.R. 12/02/85 n.94 e della Del. C.R. 21/06/94 n.230 e Dec. GR 19/06/1995 n. 8.

La presente relazione costituisce la prima fase dello studio che si identifica nella verifica delle sole caratteristiche di pericolosità.

2. IL PIANO STRUTTURALE

(da Le Proposte del Piano Strutturale-Nuovo PRG del Comune di Livorno)

Lo Schema Strutturale commissionato dalla Regione e dalle Provincie, ha come obiettivo la tutela e la riqualificazione, attraverso regole di utilizzo, dell'intero territorio in esame. Procedo quindi alla classificazione dell'intero sistema territoriale nelle tre accezioni di sistema ambientale, insediativo ed infrastrutturale.

Il Piano Strutturale, essendo il principale veicolo normativo attraverso il quale la comunità livornese si confronta con il futuro della propria città e ne decide le sorti, mediante la strumentazione prevista dalla Legge Regionale, configura, per quello che gli compete, i principali contenuti del progetto urbano e territoriale.

La predisposizione del Piano Strutturale ha comportato l'individuazione dei sistemi e dei sottosistemi, secondo quanto previsto dalla legge regionale. Ogni sistema e sottosistema individuato coincide con una specifica parte di territorio e della città, accomunata da uguali caratteristiche fisiche ed ambientali, da uguali regole di impianto o ancora da medesime caratteristiche funzionali, per le quali il Piano riconosce obiettivi, regole di trasformazione e modalità attuative comuni.

Il Piano Strutturale, al fine di garantire lo sviluppo sostenibile del territorio, nel rispetto del carattere ambientale, storico-artistico, urbanistico che lo caratterizza, in conformità con gli obiettivi da perseguire descritti agli articoli 1 e 5 della LR 5/95, organizza la gestione del territorio nei seguenti sistemi:

1) Sistema di tutela ambientale; 2) Sistema di salvaguardia e recupero ambientale; 3) Sistema insediativo con valore storico ambientale; 4) Sistema insediativo consolidato; 5) Sistema insediativo consolidato di riqualificazione; 6) Sistema insediativo consolidato di ristrutturazione urbanistica; 7) Sistema insediativo di trasformazione; 8) Sistema insediativo di trasformazione per servizi; 9) Sistema insediativo di riqualificazione ambientale; 10) Sistema insediativo per le attività; 11) Sistema portuale; 12) Sistema dei grandi servizi; 13) Sistema infrastrutturale

Nel Piano sono prese in considerazione quattro condizioni principali:

- la fascia costiera
- l'area insediata della città consolidata
- la fascia pedecollinare
- i Monti Livornesi.

Esso tiene conto delle indagini compiute in tema ambientale e geomorfologico e vincola alla non edificabilità tutta l'area del futuro Parco dei Colli Livornesi e buona parte delle fasce pedecollinari, ma approfitta della risorsa naturale ed ambientale per costruire nuovi assetti geografici, ritenendo la città ed il suo territorio naturale come un unico oggetto di indagine e proposta urbanistica.

Gli interventi maggiormente articolati sono previsti all'interno della fascia compresa tra la città ed il Parco, proprio per il suo ruolo di "trait-d'union" tra area urbana ed area naturale. Lungo tutto il perimetro del Parco verso la città vengono salvaguardate le aree ancora libere o vengono previsti nuovi servizi di supporto al Parco.

La città si volge verso il proprio entroterra, che si insinua a sua volta entro la maglia urbana con intervalli inediti connessi con i parchi ed i giardini esistenti, o entro i grandi parchi previsti dalle trasformazioni (Nuovo centro), giungendo fino al mare. Il grande Parco dei Colli Livornesi non è quindi un'astratta perimetrazione vincolistica, ma una risorsa territoriale integrata con la città esistente.

L'articolazione degli assetti normativi per l'area pedecollinare tiene conto della sua estrema frammentazione: le misure di salvaguardia (inedificabilità delle aree ancora discretamente integre) o gli indirizzi di trasformazione (piani di riassetto per le aree a baracchini, ormai compromesse), tendono a frenare processi di ulteriore compromissione ed a garantire, nel tempo, la permeabilità tra fascia costiera ed area collinare.

Gli interventi previsti o le misure di tutela dettate per la fascia costiera tendono a salvaguardare la geografia di alcuni dei suoi tratti ed a regolarne la fruibilità in modo da rendere compatibile l'uso delle risorse ambientali come risorse turistiche.

Lungo tutta la costa (urbana e non) vengono salvaguardate le aree ancora libere e potenziati i servizi di supporto; il valore paesaggistico della costa viene tutelato, ma ne viene contemporaneamente incentivata la funzione turistico-balneare.

3. LOCALIZZAZIONE DELLE AREE

Il territorio interessato dalla presente indagine è costituito dall'intero comune di Livorno, ovvero la fascia costiera compresa fra Calambrone a nord e dalla foce del torrente Chioma a sud, il Mar Tirreno a ponente e lo spartiacque longitudinale dei Monti Livornesi ad est.

Esso, con una estensione di 104.79 Km², è delimitato a settentrione dallo Scolmatore dell'Arno che segna il confine con il Comune di Pisa mentre a nord-est ed est è diviso dal Comune di Collesalveti dal corso del Torrente Ugione.

Nella parte più alta dei colli, nei paraggi della Valle Benedetta, inizia il confine con il Comune di Rosignano M^o. e l'elemento di separazione per tutta la parte a sud è costituito dal Torrente Chioma, fino alla foce nella omonima località.

La posizione geografica, con riferimento al centro città "Palazzo comunale" corrisponde ad una latitudine nord di 43° 33' 10" ed una longitudine est da Greenwich di 10°17'45" (ovest Monte Mario 2°8'38").

Il territorio continentale è mostrato nella Corografia generale in scala 1:100.000 (v. Fig. 1 seguente).

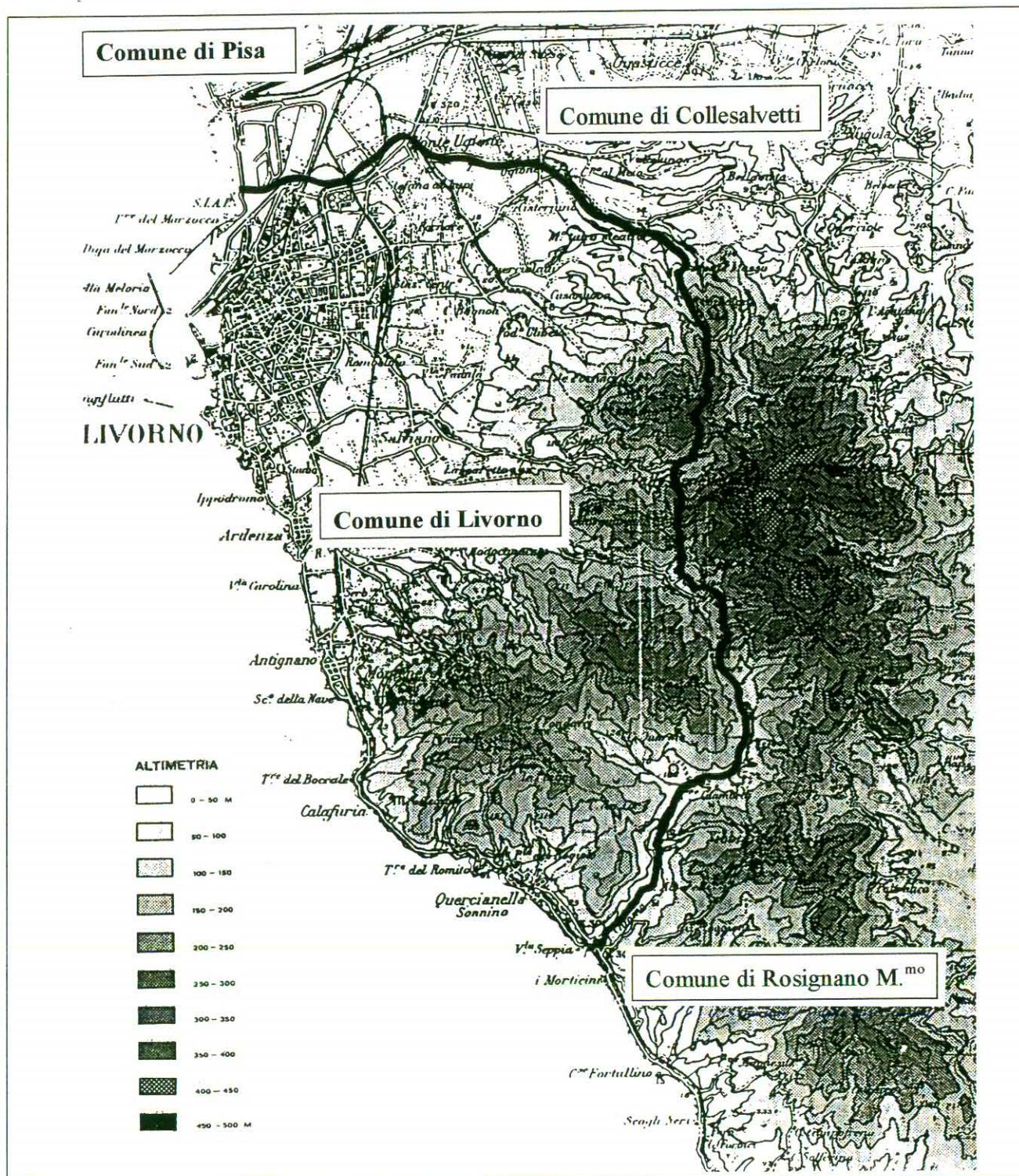
Del Comune di Livorno fa parte l'Isola di Gorgona che è situata a circa 33 Km a ovest della città ed ha una superficie di 2.33 Km².

L'isola, in corrispondenza del Semaforo di Punta Gorgona, occupa una posizione a 43°25'37" di latitudine nord e a 9°53'42" longitudine est da Greenwich

Fig. 1

COROGRAFIA

scala 1:100.000



4. OPERAZIONI SVOLTE E METODOLOGIA USATA

Dopo aver preso visione dei lineamenti del Piano Strutturale, sono stati riesaminati preliminarmente le indagini di fattibilità geologica via via predisposte dal Comune di Livorno per varie aree.

- Variante per le Attività produttive e portuali (zone portuali e zone per la piccola e media industria)
- Variante anticipatrice al PRG "Mediceo-Bellana" (Porta di Mare); area costiera a sud del vecchio Porto Mediceo.
- Variante anticipatrice al PRG "Industriale"; area compresa fra i quartieri di Coteto e Salviano.
- Variante anticipatrice al PRG "Direzionale" (Porta di Terra)
- PIP "Picchianti" - Nuova adozione; area de I Picchianti alla periferia nord-est.
- Variante per la delimitazione dell'area per la discarica comunale di Vallin dell'Aquila
- Variante insediamenti residenziali a La Leccia
- PEEP La Scopaia
- Piano Particolareggiato Stazione - Zona 6
- Variante Area Sanitaria - Via E. Zola
- Variante Area Scolastica Villa Umberto I°
- Varianti Generali al PRG. Edilizia Residenziale
- Piano Particolareggiato per il quartiere Venezia
- Piano Particolareggiato per il quartiere Corea
- Piano della costa
- Piano di Recupero e Particolareggiato per il quartiere Shangai
- Variante Isolato 410 di Via F. Filzi - Shangai
- Piano distribuzione impianti carburanti

Le zone indagate riguardano principalmente la parte settentrionale del territorio comunale, in pratica tutta la zona portuale, industriale ed artigianale e la fascia settentrionale ed orientale dei quartieri della città.

Sono stati poi elaborati i dati più significativi relativi a varie indagini territoriali e geologico-tecniche condotte nell'area del comune.

Si tratta di un'ampia documentazione composta da stratigrafie e diagrammi ottenuti con sondaggi a carotaggio continuo, saggi geognostici, prove penetrometriche statiche, prove penetrometriche dinamiche, trivellazioni per ricerche idriche e stendimenti geoelettrici.

Qualche zona è stata oggetto di sopralluoghi per verificare e correlare le condizioni geostratigrafiche, litotecniche e idrogeologiche con l'immediato intorno.

I rilievi di campagna, disponibili da pubblicazioni e da studi inediti, sono stati integrati con l'analisi stereoscopica delle foto aeree, analisi estesa a tutto il territorio comunale.

Per la quantità di dati a disposizione, geostratigrafici e litotecnici, non sono state eseguite campagne geognostiche per ulteriori verifiche dirette dei terreni.

Per l'inquadramento morfologico e geologico, oltre ad alcune ricognizioni, sono state consultate le monografie più recenti e aggiornate sulla geologia del territorio livornese, in particolare lo studio "Geologia e morfologia dei Comuni di Livorno e Collesalveti" di Lazzarotto ed altri Autori (1990), pubblicato sui quaderni del Museo di Storia Naturale di Livorno, corredato da una Carta geologica in scala 1:25.000.

E' stata visionata la relazione geologico-ambientale redatta di F. Villa, consulente del Comune di Livorno per il settore ambiente.

Sono risultati molto utili i dati di nostri precedenti studi geomorfologici, idrogeologici e territoriali in senso lato eseguiti nel livornese.

L'indagine sulla Pericolosità, dopo avere esaminato gli aspetti fisiografici del territorio, è stata condotta con l'analisi di tematiche specifiche: clivometria, geolitoologia, idrogeologia, situazione idraulica dei corsi d'acqua, risposta all'evento sismico.

Il Comune di Livorno è classificato sismico ed è stato inserito nella classe 3 secondo la normativa della Regione Toscana.

Il risultato che ne deriva è un rapporto organico con riferimenti alla cartografia di analisi consultata.

Lo studio di pericolosità risulta così corredato con la seguente serie di elaborati grafici:

Tav. 1	Carta Clivometrica
Tav. 2	Carta Geolitoologica
Tav. 3	Carta delle Sezioni Litologiche
Tav. 4	Carta dei Dati di Base
Tav. 5	Carta delle Sezioni Litotecniche
Tav. 6	Carta Geomorfologica
Tav. 7	Carta di Risposta omogenea all'evento sismico
Tav. 8	Carta Idrogeologica
Tav. 9	Carta del Rischio Idraulico
Tav. 10	Carta della Pericolosità

Tutte le tavole prodotte, ad eccezione della Carta della Pericolosità, sono alla scala 1:10.000.

Per comodità e praticità di lettura il territorio comunale (base topografica tratta dalla C.T.R. 1:5.000 - Regione Toscana-I^a edizione 1984) è stato suddiviso in due parti, Livorno Nord e Livorno Sud, per cui ciascuna tavola risulta composta da due Fogli.

La Carta di sintesi della Pericolosità è alla scala 1:5.000. Tutti gli elaborati, sedici (16) Fogli in tutto per coprire il territorio continentale del comune, hanno come base la medesima C.T.R. della Regione Toscana. Il rilievo aerofotogrammetrico laddove era disponibile, è stato sostituito con la nuova cartografia digitale edita dal Comune -I^a Edizione 1994, ripresa aerea 10/03/1993.

Le Sezioni Litologiche sono alla scala 1:10.000 mentre le Sezioni Litotecniche sono in scala 1:5.000/1:200.

Per l'Isola di Gorgona è stata utilizzata la cartografia ufficiale di base 1:2.000 (edizione 1984) ridotta alla scala 1:5.000.

Lo studio di pericolosità per la Gorgona si compone dei seguenti elaborati, tutti in scala 1:5.000.

Tav. 1/A	Carta Clivometrica
Tav. 2/A	Carta Geolitoologica
Tav. 3/A	Carta Geomorfologica
Tav. 4/A	Carta della Pericolosità

5. ASPETTI FISIOGRAFICI DEL TERRITORIO CONTINENTALE

5.1 LINEAMENTI MORFOLOGICI

L'area del Comune di Livorno, esclusa l'Isola di Gorgona, comprende una porzione dei Monti Livornesi e delle Colline Livornesi, la Piana (Terrazzo) di Livorno e una piccola parte dell'orlo meridionale della Pianura di Pisa.

Per "Monti Livornesi", viene intesa una entità morfologica ben definita, ovvero l'insieme dei rilievi alti che si estendono a SE della Città di Livorno fino a Rosignano M.mo, limitati ad est dalla valle del Torrente Tora e del Fiume Fine.

Questa giogaia contrasta in modo assai evidente con il circostante paesaggio del "Terrazzo alto" che contraddistingue la fisionomia delle Colline Livornesi, ovvero l'insieme dei blandi rilievi che circondano i lati NO, N ed E dei Monti Livornesi.

Per Piana di Livorno si indica l'area pianeggiante e dolcemente declive verso il mare che corrisponde al "Terrazzo basso" costiero su cui si estende la città.

Esso è delimitato a settentrione dall'orlo meridionale della Pianura di Pisa, collegata ad episodi erosivi e sedimentari dell'Arno.

Tralasciando l'evoluzione paleogeografica nelle ere più remote, nel Miocene Superiore (10÷5 milioni di anni fa), l'area dei Monti Livornesi era circondata dal mare e nel Pliocene Inferiore il dominio marino raggiungeva la sua massima estensione, con le cime più elevate che dovevano costituire un arcipelago di piccole isole (v. Disegno 1 in Appendice).

A partire dal Pliocene Medio, con il graduale ritiro del mare, ed al cessare dell'azione morfologica ad esso connessa, è andata sviluppandosi nel tempo una diffusa rete idrografica con spiccata tendenza erosiva.

Per questo motivo non ci sono residui di strutture geomorfologiche superficiali più antiche di queste ere.

Questo limite vale per la zona montana; per la piana di Livorno non possono essersi conservate naturalmente morfologie più antiche dell'età dei vari terrazzi eustatici che la compongono.

Qui la conformazione idrografica è certamente posteriore al Tirreniano (100.000 anni fa), poichè le aste fluviali incidono il terrazzo riferibile a questo piano.

La rete ha assunto la conformazione attuale durante le glaciazioni del Wurm.

Si può ritenere comunque che anche prima delle trasgressioni tirreniane non esistesse un sistema di valli ben incise, che la morfologia fosse pianeggiante e che i fenomeni di deposizione successivi abbiano sepolto queste lievi ondulazioni, formando una piana in debolissima pendenza sulla quale i corsi d'acqua devono avere dilavato in superficie, operando soltanto delle impercettibili incisioni.

Attualmente, la fascia costiera del territorio livornese, dal Calambrone-sbocco dello Scolmatore dell'Arno, a settentrione, alla foce del Chioma, a meridione, ha lineamenti morfologici molto variabili in cui si distinguono un'ampia pianura prospiciente la costa dove è sviluppata la città, una zona collinare-montana rappresentata dai rilievi occidentali dei Monti Livornesi, ed una zona pedecollinare, caratterizzata da una serie di spianate morfologiche, che raccordano la piana con i rilievi più alti.

La piana di Livorno ha la forma di un ampio triangolo isoscele col vertice a mezzogiorno, ad Antignano-Maroccone, la base a tramontana, tra la foce del Calambrone e la fattoria Suese a Stagno, il lato di ponente rappresentato dalla linea di costa e quello di levante corrispondente all'orlo occidentale dei Monti Livornesi.

La zona collinare-montana è costituita dalla dorsale dei Monti Livornesi, che si allinea in direzione N-S da Bocca di Gesso-Le Parrane fino a Castiglioncello-Rosignano M.mo.

Malgrado non si raggiungano i 500 m di altitudine, questa catena è bene delineata perchè circondata da zone più depresse.

A partire dalla foce del Botro Maroccone e fino al promontorio di Castiglioncello, i rilievi si affacciano direttamente sul mare, con una falesia rocciosa molto elevata.

A nord del Maroccone fino alla foce del Rio Ardenza ed a Quercianella, la falesia è invece limitata superiormente dalla spianata del Terrazzo di Livorno.

I Monti Livornesi sono attraversati da due spartiacque principali, tra loro quasi perpendicolari, e dei quattro settori determinati dagli spartiacque, i due occidentali interessano la fascia costiera.

Lo spartiacque a direzione mediana unisce le cime del M.Maggiore (454 m) con il Poggio Lecceta ed il Poggio Corbolone; l'altro, in senso E-W, unisce il M.Maggiore al

Poggio Caprone, al M. Nero e, attraverso il Poggio Telegrafo, termina sulla costa alta di Calafuria.

Tutta la fascia pedecollinare, da Calafuria fino al piede di Poggio Corbolone a settentrione, le Colline Livornesi, è caratterizzata da una serie di spianate morfologiche.

Il terrazzo più interno e più elevato è il Terrazzo di Fattoria delle Pianacce (loc. sopra Antignano), che si trova tra le quote 120 e 60 m ed occupa una fascia larga al massimo un paio di chilometri, orlando in direzione NNE-SSW i Monti Livornesi, dalle colline di Guasticce, a nord, a Calafuria.

La seconda spianata, ovvero il Terrazzo di Villa Padula, è invece ridotta arealmente e si estende fino alle quote massime di 40 m, tra il Rio Popogna-Ardenza ed il Rio Paganello, a nord.

Il terrazzo più basso, il Terrazzo di Livorno, coincide con la piana della città, e raggiunge la quota massima di 20-25 m.

Il terrazzo morfologico di Quercianella è perfettamente correlabile con quello di Livorno.

5.2 CARATTERI GEOLOGICO-STRUTTURALI

L'area comunale si estende in un territorio geologicamente complesso per il succedersi di unità differenti per caratteri litologici ed assetto tettonico.

Affiorano sia le rocce che formano il substrato antico della Toscana marittima, sia i sedimenti marini e fluvio-lacustri del ciclo neogenico (dal Miocene Superiore al Quaternario): le rocce più antiche costituiscono l'ossatura della dorsale dei Monti Livornesi; i sedimenti neogenici colmano le depressioni tettoniche e formano le zone collinari terrazzate e le piane.

Esaminando la successione delle rocce, si distinguono tre complessi sovrapposti. Dal basso verso l'alto si hanno:

- un complesso antico con formazioni arenacee della Serie Toscana e con formazioni argillitico-marnose, comprendenti anche strati calcarei e silicei e grandi ammassi di ofioliti, delle Successioni Liguri.
- un complesso neogenico, rappresentato da sedimenti lacustri e marini del Miocene Superiore e dai depositi marini del Pliocene.
- un complesso quaternario, costituito dai sedimenti marini della fascia costiera.

L'area della fascia costiera livornese può essere schematizzata in una zona più elevata, corrispondente al pilastro tettonico dei Monti Livornesi, costituita da rocce dell'alloctono ligure, con l'eccezione del lembo arenaceo di Calafuria della Serie Toscana (complesso antico); una zona pianeggiante, corrispondente alla fossa tettonica della Piana di Livorno, con depositi plio-miocenici in basso, fino al substrato profondo, presumibilmente ancora costituito dall'alloctono ligure e sedimenti quaternari in affioramento (complesso neogenico e quaternario).

Ad eccezione di una placca appartenente alla Serie Toscana autoctona che affiora sulla costa a sud della città (l'arenaria oligocenica di Calafuria, 35/40 milioni di anni), l'ossatura dei Monti Livornesi è costituita da complessi alloctoni del Dominio Ligure.

Secondo una più recente interpretazione, si possono distinguere tre complessi: alloctono inferiore, intermedio e superiore. Si tratta di formazioni rocciose appartenenti ad unità tettoniche traslate-almeno in parte per scivolamenti gravitativi-dall'area tirrenica durante il parossismo tettonico che ha investito l'Appennino nel Miocene, intorno ai 20 Ma fa. In queste Successioni Liguri di età Giurese Superiore-Paleocene Superiore (160-45 Ma), manca talvolta qualche termine per le grandi dislocazioni, laminazioni e scompaginamenti avvenuti prima e durante la loro messa in posto nell'area attuale.

A partire dal Miocene Superiore, circa 10 Ma, inizia e si sviluppa nella Toscana marittima una fase di estensione con bacini di sprofondamento (la Piana di Livorno, la Piana di Pisa, il bacino del Tora-Fine), separati da aree più elevate (i Monti Livornesi).

Questa tettonica continua a fasi alterne per tutto il Pliocene (nel Pliocene Medio si ha una fase di lento sollevamento generale) ed è attiva fino al Pleistocene Inferiore, intorno a 1.5 Ma fa.

Fino ad allora la piana litoranea continua a fare parte di un bacino in subsidenza interessato da repentini ma limitati sprofondamenti. Con la fine del Pleistocene Inferiore, il modellamento geomorfologico cessa di essere guidato dai movimenti lungo le faglie ed assumono importanza le grandi oscillazioni del livello del mare legate all'eustatismo glaciale; ciò almeno lungo la fascia costiera interessata dai terrazzi eustatici.

Durante il Pleistocene Medio, che inizia 700.000 anni fa e dura circa 600.000 anni, si ha un lentissimo sollevamento che si esaurisce intorno ai 100.000 anni fa.

In questo periodo vengono modellati i terrazzi che orlano verso mare i Monti Livornesi. La spianata più alta, il Terrazzo di fattoria delle Pianacce, si è formata nell'interglaciale Mindel-Riss (250/400.000 anni fa), mentre il terrazzo intermedio di Villa Padula è di probabile età intrarissiana (200.000 anni).

Col Pleistocene Superiore iniziano le trasgressioni marine tirreniane, tre in tutto, sempre seguite da altrettanti periodi glaciali: le fasi Wurmiane.

Durante queste oscillazioni si ha il modellamento della spianata più bassa, il Terrazzo di Livorno, corrispondente più a sud a quello di Quercianella.

Con l'ultima-Wurm III-circa 20.000 anni fa, si ha il massimo abbassamento del livello marino, fino a 100 m rispetto a quello attuale.

Diecimila anni or sono inizia la grande risalita del mare -trasgressione Versiliana- fino al raggiungimento della posizione attuale.

Nell'area livornese, l'attività della tettonica postparossistica è dunque documentata fino al Pleistocene Inferiore.

Per età più recenti, gli elementi di valutazione sono incerti ed opinabili, soprattutto per la difficoltà di cogliere dislocazioni tettoniche in genere di modestissima entità, perchè avvenute in tempi geologicamente brevi.

È da rilevare che nessuno dei terrazzi descritti è stato dislocato da faglie; le inclinazioni delle spianate di base di questi terrazzi sono sempre piuttosto lievi e sembrano dovute al processo di avanzamento della costa durante il progressivo innalzarsi del mare nelle fasi eustatiche positive.

La spianata di abrasione del Terrazzo di Livorno non è stata nemmeno interessata da fenomeni di sollevamento o sprofondamento in qualche modo dimostrabile.

Si sottolinea perciò la sostanziale stabilità dell'area in tempi più recenti, almeno a partire da 100.000 anni fa.

Nella parte centro-meridionale della Piana, la stratigrafia del sottosuolo a partire dall'alto può essere così schematizzata:

- formazioni marine e salmastre del Pleistocene Inferiore, argille, argille sabbiose e sabbie;
- formazioni marine del Pliocene; marne, calcareniti, argille con intercalazioni sabbiose, sabbie;
- formazioni marine e salmastre del messiniano (Miocene Superiore): conglomerati, calcari organogeni, depositi evaporitici, sabbie.

Il substrato del complesso antico, presumibilmente rocce dell'Alloctono Ligure, diventa sempre più profondo procedendo verso settentrione.

Nel centro urbano, ad esempio, questo è già ad una profondità di diverse centinaia di metri.

L'arenaria di Calafuria "macigno" (v. Fot. 1 in Appendice), unica formazione del Dominio Toscano, affiora lungo la costa di Calafuria-Calignaia, dal Botro Maroccone alla Cala del Leone. La placca ha un'estensione massima di ca 1 km; lo spessore della formazione è di qualche centinaio di metri.

Si tratta di arenarie quarzose, stratificate, gradate, con sottili intercalazioni argillitico-marnose.

Tra i complessi del Dominio Ligure prevalgono nettamente gli argilloscisti con interstrati di calcari silicei e marnosi "palombini" e "alberese"; marne, marnoscisti e siltiti con calcareniti, normalmente a giacitura caotica.

Il Complesso Alloctono Inferiore, risalente al Cretaceo Superiore-Paleocene Superiore, è costituito da diverse formazioni:

- le Argilliti varicolori del Fortulla, di colore rosso e verde, presenti in strati di spessore decimetrico, ed aventi una potenza complessiva stimabile in alcune centinaia di metri. L'ambiente di deposizione di questa formazione è quello di scarpata continentale. Gli affioramenti migliori si trovano nella zona di Valle Benedetta, dove è ben visibile il rapporto con le soprastanti unità del Complesso Alloctono Intermedio e Superiore.

- Formazione di Antignano, formata da argilliti, arenarie calcarifere, marne, siltiti e subordinati livelli di breccie (v. Fot. 2 in Appendice). Siltiti ed argilliti si presentano in livelli di spessore decimetrico di colore grigio scuro, in cui sono intercalati strati calcarei color nocciola, aventi uno spessore di alcuni decimetri, e banchi di calcari marnosi di color grigio chiaro. Questi depositi si sono formati in un ambiente di scarpata continentale. Sono inoltre presenti, sia pure in quantità subordinata, livelli di breccie costituite da ciottoli di natura calcarenitica e calcareo-marnosa, immersi in una matrice fine di natura argillitica. L'intera formazione ha uno spessore stimabile in alcune centinaia di metri. Gli affioramenti più evidenti si trovano lungo il litorale, nei pressi di Antignano, lungo il Rio Maroccone, e a Monte La Poggia-Valle Benedetta.

Nella parte meridionale della piana, fra Ardenza-Collinaia ed il Marroccone, queste rocce costituiscono anche il substrato della parte meridionale del Terrazzo di Livorno: affiorano infatti su tutta la scarpata di costa ed al piede delle prime pendici.

- Flysch calcareo-marnoso di Poggio S. Quirico (v. Fot. 3 in Appendice). La formazione è costituita da livelli calcareo-marnosi, marnosi con base arenacea, argillitici e arenacei; sono inoltre presenti livelli di breccie ad elementi calcareo-marnosi. L'ambiente di deposizione di quest'unità è quello di piana in facies torbidity, ed il suo spessore totale è stimabile in alcune centinaia di metri; gli affioramenti migliori si trovano nei pressi di Monte La Poggia e di Montenero e fra i fossi della Banditella e delle Pianacce, sopra Antignano.

Nel Complesso Alloctono Intermedio (Cretaceo Superiore) sono distinguibili diverse unità litostratigrafiche:

- arenarie, siltiti ed argilliti con Pithonella e livelli di breccie: questa formazione, depostasi in ambiente di scarpata continentale, è costituita principalmente da livelli di siltiti ed argilliti di colore grigio con intercalazioni di arenarie in strati decimetrici e subordinati livelli di breccie con clasti marnosi, siltitici ed arenacei. Lo spessore stimato è di un centinaio di metri circa ed affioramenti consistenti si ritrovano in varie località, le pendici sopra Limoncino, lungo il Botro del Molino, in Popogna, nella valle del Quarata.

- Flysch calcareo-marnoso di Monteverdi M.mo (v. Fot. 4 in Appendice): questa unità si caratterizza per la sua elevata variabilità litologica, dovuta alla presenza di livelli di natura molto diversa: sono infatti presenti strati di marne arenacee in cui sono intercalati orizzonti di spessore decimetrico di arenaria argillitica, a cui seguono, in sequenza, banchi di calcare marnoso, un banco di circa 10 metri di potenza con ciottoli di varia natura e dimensioni, immersi in una matrice fine argillitica. La sequenza stratigrafica termina con strati di calcare marnoso. La deposizione di questa formazione è avvenuta in

ambiente pelagico in facies torbidity. Notevoli affioramenti sono osservabili nella zona di Monte La Poggia.

Segue poi, sempre in concordanza stratigrafica, il Complesso Alloctono Superiore, riferibile al Giurese Superiore-Cretaceo Inferiore, caratterizzato da litotipi di natura molto eterogenea, comprendendo rocce di origine ofiolitica: serpentiniti, gabbri, breccie di gabbro, plagiograniti e basalti (v. Fot. 5 in Appendice) ed altre di origine sedimentaria, i diaspri, le argilliti con calcari "palombini".

Questi litotipi così eterogenei affiorano in aree molto vaste del territorio del Comune di Livorno: le serpentiniti sono visibili a Poggio Corbolone ed a Monte Maggiore, i gabbri a Torre del Romito, i plagiograniti a Poggio Caprone e a Poggio delle Monachine, i basalti a Poggio Castello ed al Romito.

Le argilliti e calcari "palombini" (v. Fot. 6 in Appendice) sono presenti un pò ovunque e formano tra l'altro i rilievi di Castellaccio, il Montaccio e, più a meridione, i colli di Quercianella, dal Botro Rogiolo fino al Torrente Chioma.

I diaspri (v. Fot. 7 in Appendice) costituiscono invece piccoli affioramenti di modesto spessore e si rinvengono sempre associati alle ofioliti.

La serie stratigrafica prosegue poi con le formazioni appartenenti al Complesso Neoauctono, di età Miocene Superiore

- Conglomerati rossi e verdi, talora lignitiferi: questa formazione si presenta in rapporto di discordanza stratigrafica col sottostante Alloctono Ligure ed è costituita, dal punto di vista litologico, da ciottoli di dimensioni assai variabili, derivanti dalle sottostanti unità, immersi in una matrice sabbioso-siltosa di colore rosso. Presenta uno spessore molto vario da zona a zona ma sempre minore a cento metri. La sua deposizione è avvenuta in ambiente deltizio; gli affioramenti più significativi sono nei pressi di Poggio Corbolone e di Quarata.

- Sedimenti della Formazione del Calcare di Rosignano riferibile ad un ambiente deposizionale di scogliera:

- Calcare dell'Acquabona: unità costituita da breccie calcaree di colore bianco formate da frammenti di colonie coralline ed algali. Due piccolissimi lembi sono presenti nella zona di Ardenza.

- Conglomerato di Villa Mirabella: ciottoli subarrotondati provenienti dalle formazioni del sottostante Complesso Alloctono, immersi in una matrice sabbiosa con elevato cemento calcareo. L'ambiente deposizionale è di delta.

- Calcare di Castelnuovo: unità calcarea corallifera che presenta numerose interdigitazioni di materiale terrigeno (sabbie, ciottoli), che fanno ritenere che la sua deposizione sia avvenuta in un ambiente transizionale, di tipo deltizio.

Gli affioramenti del conglomerato e del calcare si notano nei pressi di Villa Limone, a Limoncino, in Popogna, a Cafaggio e in Quarata.

- Marne e Marne argillose depostesi in ambiente lagunare, ed anch'esse affioranti dove si rinvengono la Formazione del Calcare di Rosignano.

- Gessi e marne calcareo-sabbiose di Case Pian di Torri: unità costituita da alternanze di livelli gessosi e marnosi in banchi di spessore intorno ai 10 m, depostesi in ambiente evaporitico (lagunare chiuso). Gli unici e minuscoli affioramenti sono nei pressi del Rio della Puzzolente ed a Limoncino.

- Sabbie e conglomerati della Villa di Poggio Piano, appartenenti ad un ambiente deposizionale di tipo transizionale: si rinvengono quasi esclusivamente nella zona del Rio Paganello alle pendici settentrionali de La Poggia.

La sequenza stratigrafica prosegue con le formazioni del Pliocene Inferiore-Medio:

- Argille azzurre (v. Fot. 8 in Appendice), depostesi in ambiente di bacino marino profondo con scarse comunicazioni col mare aperto; si trovano lungo il Torrente Ugione,

il Rio dell'Acqua Puzzolente, sul Rio Paganello, a Pian di Rota, nei pressi della Cigna ed a Le Corti.

Per gran parte della Piana di Livorno esse costituiscono il substrato sul quale poggiano i depositi del Terrazzo.

La serie stratigrafica affiorante nella zona del livornese prosegue con le formazioni del Quaternario. I sedimenti delle varie unità stratigrafiche si sono via via addossati a quelle precedenti, determinando una morfologia a terrazzi debolmente degradanti dalle pendici collinari verso il mare.

Per questa complessità di sedimentazione si hanno continue variazioni verticali e rapidi passaggi laterali nel pacco di terreni più superficiali.

Le unità sono caratterizzate dalla presenza di sedimenti marini di esiguo spessore alla base, più in alto di sedimenti ancora marini e di colmamento, di modesto spessore, e, al tetto, di sedimenti continentali eolico-dunari, salmastro-palustri e deltizio-fluviali, sempre di spessore modesto.

- Conglomerati di Villa Umberto I° e conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci costituiti da ciottoli provenienti dallo smantellamento di unità del Complesso Alloctono e del Flysch di Calafuria; questa formazione si è deposta in un ambiente di mare basso e deltizio-lacustre. I conglomerati sono visibili su tutto il Terrazzo alto di Fattoria delle Pianacce.

- Sabbie rosse, calcareniti sabbiose di Villa Padula: si tratta di depositi di origine continentale, eolica, che affiorano nella zona tra Collinaia e Salviano, sul Terrazzo di Villa Padula-Salviano.

- Conglomerato di S.Stefano: costituito da ciottoli provenienti dallo smantellamento di unità del Complesso Alloctono e della Serie Toscana, immersi in una matrice sabbiosa. Dal punto di vista paleoambientale, questi depositi testimoniano una fase trasgressiva con l'impostazione di condizioni deposizionali tipiche di mare basso. Affioramenti minuscoli si trovano nella zona di S.Stefano ai Lupi.

- Calcareniti sabbiose di Castiglioncello "panchina" (v. Fot. 9 in Appendice): nei livelli inferiori questa unità presenta caratteri deposizionali tipici di ambiente marino litorale, mentre nei livelli superiori di tipo continentale. Gli affioramenti si trovano in grande abbondanza sul Terrazzo di Livorno, lungo tutto il litorale da Ardenza fino al Marroccone e sulla spianata di Quercianella fino a Chioma.

- Conglomerati, calcareniti sabbiose e sabbie limose di Rio Maggiore, di ambiente di tipo fluvio-lacustre; gli unici affioramenti osservabili si trovano nei dintorni di Salviano.

- Sabbie di Ardenza (v. Fot. 10 in Appendice): si tratta di una formazione costituita da sabbie fini derivanti da accumulo di tipo eolico affiorante su un'ampia fascia del Terrazzo di Livorno, da Antignano a S.Stefano ai Lupi.

Infine, chiudono la complessa sequenza stratigrafica del livornese, i depositi di età variabile dal Pleistocene Superiore all'Olocene: si tratta principalmente di alluvioni recenti dei corsi d'acqua, depositi di spiaggia, sedimenti palustri alluvionali e di colmata. Questi ultimi occupano tutta l'area bassa a settentrione della città, fra il bordo del terrazzo (la cosiddetta Gronda dei Lupi) e lo Scolmatore dell'Arno.

5.3 CARATTERI LITOLOGICI DELLE ROCCE E DELLE COLTRI DI COPERTURA

Nelle formazioni rocciose dei Monti Livornesi e nei depositi della piana di Livorno, i litotipi sono molto numerosi.

In base alle caratteristiche litologiche e di coesione, le rocce possono essere raggruppate nelle seguenti categorie:

- rocce incoerenti o scarsamente cementate, a prevalente composizione sabbioso-limoso-ciottolosa;
- rocce pseudocoerenti a prevalente composizione argilloso-limosa;
- rocce semicoerenti, comprendenti rocce con facile tendenza alla sfaldabilità o con scarso grado di cementazione;
- rocce coerenti, di consistenza litoide.

Area collinare-montana

Gli argilloscisti con calcari, le argilliti con siltiti e marne con intercalazioni di varia natura, per la loro sfaldabilità e fissilità, come compagine d'insieme, cioè in riferimento all'intera massa della roccia, possono essere considerate rocce semicoerenti.

Per queste formazioni molto eterogenee è però necessario fare delle distinzioni da luogo a luogo, in particolare dove prevalgono i calcari.

Fa invece parte delle rocce coerenti il gruppo delle ofioliti: serpentiniti massive, gabbri più o meno alterati, basalti (diabasi massivi o a "pillows"), breccie ofiolitiche, oficalciti.

Anche i diaspri stratificati, in letti sottili e fittamente fissurati, sono rocce coerenti.

Ancora in questo raggruppamento si ha l'arenaria di Calafuria, arenarie quarzose gradate con strati di spessore 0.5÷4 m, con sottili intercalazioni argillitico-marnose, discontinue e di spessore variabile.

In superficie risultano densamente fratturate e fessurate; la stratificazione è interrotta da frequenti diaclasi e faglie a debole rigetto.

Area pedecollinare (terrazzi alti) e area pianeggiante (terrazzo di Livorno)

Nelle unità stratigrafiche presenti sui terrazzi alti e nella piana si ha una grande varietà di termini litologici: conglomerati, sabbie, ghiaie, limi ed argille, con tutti i termini di passaggio; molto tipica e frequente è la "panchina", roccia calcarenitica che si trova in almeno due livelli nel sottosuolo più superficiale del Terrazzo di Livorno.

Nell'insieme, il pacco superficiale è costituito da terreni incoerenti.

Per quanto concerne le formazioni del sottosuolo più profondo, nelle zone pedecollinari si hanno le rocce che costituiscono l'ossatura dei rilievi e nella piana si rinvengono alternanze di terreni incoerenti o scarsamente cementati con terre pseudocoerenti.

Depositi eluviali ed eluvio-colluviali

Si tratta dei prodotti dell'alterazione fisico-chimica del substrato roccioso, a luoghi di carattere di suolo più o meno evoluto, conservati in posto o sottoposti a mobilizzazione prevalentemente da parte delle acque di ruscellamento diffuso.

Sono di norma contraddistinti da un'omogeneità litologica, mentre la granulometria varia in funzione della roccia madre, del grado di evoluzione e della profondità.

Lo spessore delle coltri è generalmente modesto, in genere pochi metri, e in questi casi di scarsa importanza.

Coperture estese e spesse, anche aree di paleofrane stabilizzate, e quindi importanti ai fini della stabilità dei versanti sono comunque molto diffuse sul territorio.

Depositi alluvionali

Costituiscono i prodotti dell'attività di sedimentazione recente ed attuale dei corsi d'acqua. Sono presenti lungo i tratti pianeggianti dei corsi d'acqua principali, ove determinano fasce contigue all'alveo, localmente poco rilevate rispetto ad esso, e con estensione laterale variabile ma sempre limitata.

I depositi sono sciolti e scarsamente addensati; la potenza è variabile da luogo a luogo ma sempre modesta. Per le aste minori non ha praticamente senso parlare di terreni alluvionali.

Depositi palustri alluvionali e di colmata

In questi sedimenti presenti nell'area bassa a settentrione della città fino al confine nord, il riconoscimento preciso fra la frazione palustre e quella alluvionale e di colmata non è facile.

Si tratta di terreni saturi in acqua tendenzialmente limo-argillosi e limo-sabbiosi le cui caratteristiche geomeccaniche possono variare anche in virtù di una diversa e locale miscelazione delle componenti sabbiosa-limoso-argillosa, dovuta alle diverse condizioni di sedimentazione.

Un altro fattore importante è la variazione del contenuto in materia organica, in speciale misura verificata per uno spessore dei primi 20-30 m di sedimento, relazionabile al contenuto algale o di marcite di ambiente lagunare.

Esistono tuttavia entro i primi 10-15 m di profondità, secondo allineamenti pseudoparalleli alla linea di costa con andamento NW-SE, tracce di cordoni dunali sepolti (paleo tomboli), che vanno a costituire isole di terreno per diversi metri di spessore e con qualità geomeccaniche migliori.

5.4 LA COSTA

La costa, dalla foce dello Scolmatore dell'Arno a Chioma, si sviluppa per una lunghezza di circa 20 km. Il litorale non ha carattere di uniformità ed è possibile riconoscere in esso sostanzialmente quattro tipi di costa.

Nel tratto che va dal Calambrone, confine settentrionale del Comune, alla Torre del Marzocco, la costa è bassa e sabbiosa (v. Fot. 11 in Appendice). Rari sono gli affioramenti di panchina (la Torre del Marzocco e le Torri del Porto Pisano sono state costruite su lembi rocciosi calcarenitici), poichè essa o è stata erosa durante le fasi fluviali wurmiane e successivamente demolita dalla trasgressione versiliana o giace sotto i sedimenti olocenici.

Tutta l'area fino al promontorio su cui sorge la Fortezza Vecchia è stata interessata dall'avanzamento della linea di riva per l'apporto dei sedimenti fluviali distribuiti dalle correnti secondo le principali direzioni N-W e S-W.

Negli ultimi decenni, l'imponente attività antropica (costruzione e ampliamento delle strutture portuali e sistemazione idraulica dell'entroterra) ha scavalcato in velocità ed ampiezza il fenomeno naturale, provocando ulteriore avanzamento artificiale della riva.

Nel tratto prospiciente alla città, tra il porto e la foce del Rio Popogna-Ardenza, la costa è caratterizzata dalla panchina (v. Fot. 12 in Appendice), che forma la "beach rock" (spiaggia fossile cementata). Essa è ben visibile in vari siti (Terrazza Mascagni, S. Jacopo in Acquaviva, S. Leopoldo, Rotonda di Ardenza), altrimenti è coperta dai moli, dalle infrastrutture portuali e dai numerosi stabilimenti balneari: In questo stesso tratto sono, o furono, presenti piccole baie costituite da spiagge più o meno ciottolose (spiagge a tasca), formatesi in corrispondenza dello sbocco a mare dei corsi d'acqua o al riparo sottoflutto rispetto ai moti ondosi dominanti; si segnalano quella della Bellana ai Cantieri Navali, ormai distrutta alla foce del Botro Mulanacci, attualmente ridotto a fogna; quella sita tra i Bagni Fiume ed il moletto di Ardenza, in corrispondenza del Botro Feliciaio; quella dei Tre Ponti alla foce del Rio Ardenza, che ha subito profonde modificazioni. Altre ne dovevano esistere a S. Jacopo in Acquaviva e all'antico Forte dei Cavalleggeri.

Tra le foci dei Rii Popogna-Ardenza e Maroccone, la costa diventa progressivamente alta e rocciosa (v. Fot. 13 in Appendice), poichè assume l'aspetto di falesia per la presenza della scarpata a mare del Terrazzo di Livorno che raggiunge quote intorno ai 10 m, massimo 15 m, sul livello del mare.

Tale scarpata è impostata sulle rocce delle Successioni Ligure Alloctone, che formano un complesso a volte caotico a volte stratificato con argilloscisti e calcari, ed il litorale

assume così aspetto frastagliato con piccoli promontori e baie con ridotte spiaggette ciottolose.

Tra il Maroccone ed il Rogiolo (v. Fot. 14 in Appendice), la costa presenta imponenti scogliere e dirupi a picco sul mare per la presenza degli affioramenti arenacei del Macigno di Calafuria e dello sperone ofiolitico del promontorio del Romito. Le rare spiaggette sono costituite da ciottoli eterometrici trasportati dai corsi del Botro Calafuria e Botro Calignaia e rielaborati dal mare. Alle estremità del promontorio, sotto il Castello Sonnino, si trovano due piccoli arenili ghiaiosi, alimentati dallo smantellamento dei sovrastanti terreni ofiolitici: uno è stabile, l'altro, posto sotto la ferrovia, è in crescita.

Nel tratto più meridionale, fino alla foce del Rio Chioma, la costa riprende i caratteri di falesia per la presenza del terrazzo morfologico marino, correlabile a quello di Livorno e giacente su un medesimo substrato composto da argilloscisti e calcari.

Allo sbocco del Rio Quercianella si segnala una piccola cala ghiaiosa limitata dal porticciolo e dai moletti in cemento.

Il fondo marino

Gli elementi morfologici più salienti del fondo marino prospiciente la costa sono: la presenza di un'ampia piattaforma rocciosa (probabilmente panchina) di bassissima profondità a NW di Livorno (Secche della Meloria); la dorsale (profondità media 100 m) ed i Valloni della Gorgona; un'idrografia sommersa rintracciabile fino all'isobata 10 m; il margine della scarpata continentale, segnata tra -150 e -200 m.

La fascia litoranea sommersa più vicina alla costa nel tratto di cui ci stiamo occupando, presenta segni evidenti di rimodellamento subaereo e risulta in corso di livellamento per gli apporti terrigeni costieri. Le depressioni valliformi, alquanto addolcite, appaiono disposte secondo sistemi regolari e rappresentano il naturale prolungamento della corrispondente morfologia terrestre.

Per quanto concerne il tratto della costa livornese, sono da evidenziare i seguenti aspetti:

Foce dello Scolmatore dell'Arno (Calambrone)

Il tratto terminale dello Scolmatore si interra continuamente. Tra le cause si possono individuare: lo scarso tiraggio del canale artificiale ed il gioco delle correnti locali. Nell'area della foce c'è un sostanziale equilibrio, con un debole trasporto da sud verso nord, e anche la direzione della foce, verso sud, potrebbe concorrere all'interramento.

Spiaggia tra Calambrone e la Torre del Marzocco

La piccola spiaggia sarebbe in equilibrio naturale, ma le modifiche apportate per la costruzione delle strutture portuali hanno alterato e alterano continuamente la fisionomia del sito. L'origine recentissima del lido costiero e la natura dei sedimenti, così come per l'entroterra limitrofo, consigliano di tenere presente il fenomeno della subsidenza.

Spiaggetta della Bellana

Negli ultimi anni è praticamente scomparsa la spiaggetta che esisteva lungo la spalletta della passeggiata a mare. È probabile che sulla sua erosione abbia influito il ripristino ed il potenziamento del molo sud dello scalo Morosini.

Spiaggia ai Tre Ponti-Foce del Rio Ardenza

Una particolare attenzione merita la spiaggia alla foce del Rio Ardenza poichè essa in pochissimi anni ha subito notevoli modificazioni.

Si sono verificate consistenti dispersioni della lama sabbiosa, con conseguente interrimento della foce del Rio e l'accumulo a sud della piattaforma (costruita verso mare e collegata al lido) e l'avanzamento della linea di spiaggia sotto Villa Carolina.

È invece scomparso tutto l'arenile al piede della spalletta del viale d'Antignano, ormai lambito direttamente dal mare.

La falesia tra Villa Carolina ed il Rio Maroccone

L'erosione marina al piede della falesia è attiva ed energica. C'è da aggiungere il dilavamento superficiale sulle pareti, determinato dalla natura litologica delle rocce affioranti. In vari siti della scarpata si segnalano movimenti di frana e di crollo. Questi fenomeni sono ben visibili lungo il Viale di Antignano, ai lati della scalinata, di fronte a Villa Pendola, sia a nord che ad ovest il Cimitero di Antignano ed al campeggio Miramare.

Di rilevante significato è l'arretramento dell'orlo della falesia, molto rapido in certi punti come tra l'insenatura dell'hotel Rex e la foce del Rio Maroccone.

La costa alta dal Castello del Boccale al Botro Rogiolo

L'erosione marina è molto attiva, ma le rocce di questo tratto della riviera sono tenaci e compatte. L'arenaria di Calafuria è molto resistente all'azione disgregatrice dei marosi. Le "pietre verdi" del Castel Sonnino, pur dotate di una buona resistenza, si sgretolano più facilmente e sono possibili frane di crollo lungo il promontorio, dalla cala del Leone fino al porticciolo del Rogiolo. Recenti sono i distacchi di grossi blocchi di roccia all'estremità sud della spiaggetta del Leone.

La falesia tra Quercianella e la foce del Torrente Chioma

Valgono le considerazioni fatte per la falesia di Ardenza-Antignano. Non si segnalano però movimenti franosi di crollo o vistosi arretramenti dell'orlo di scarpata, poichè su quasi tutto il tratto di costa vi sono opere di sostegno e di protezione, data la continuità degli insediamenti abitativi e strutture balneari.

5.5 DINAMICA E STABILITÀ DEI VERSANTI

La zona montana è la zona che pone più problemi per la stabilità dei versanti. Oltre a presentare le maggiori elevazioni e le incisioni più profonde da parte dei terreni, mostra anche gli affioramenti più articolati, e cioè le formazioni dei Complessi Liguri con assetto caotico o con strutture tettoniche (anticlinali, sinclinali, pieghe), in continua variazione.

La maggiore estensione degli affioramenti è costituita da argilliti con interstrati calcarei. I due litotipi della formazione hanno proprietà opposte nei confronti degli agenti erosivi: i calcari sono impermeabili e resistenti; gli argilloscisti impermeabili nella massa con innumerevoli piani di fissilità, formano invece un reticolo fitto di vie d'acqua più o meno capillare, in prossimità della superficie morfologica.

Ne consegue uno svuotamento delle superfici argilloscistose, che si sfasciano in minute scaglette ed il crollo dei banchi calcarei intercalati.

Questa attitudine, unitamente all'assetto dislocato e frantumato dell'intera massa rocciosa, e la presenza di antiche superfici di scorrimento tettonico (storia deformativa delle masse alloctone), costituiscono elementi di instabilità dei pendii.

Per i caratteri litologici ed in particolare per la componente argilloscistosa predominante, gli affioramenti sono accompagnati da una coltre detritica e da materiale di alterazione superficiale, talora molto abbondanti.

Tra le cause che provocano movimenti gravitativi in questa formazione, è importante anche il processo di scalzamento alla base operato dai corsi d'acqua.

Per l'assetto caotico dei terreni, l'individuazione delle frane è talora molto difficile e la loro evoluzione può essere nell'insieme molto lenta. Per la difficoltà di riconoscimento e

per la lentezza dei movimenti, possono essere scambiati per stabili anche versanti con equilibrio molto precario.

I diaspri, se molto tettonizzati ed alterati, possono essere assimilati agli argilloscisti con palombini, ma la loro presenza è esigua.

Negli affioramenti di ofioliti (serpentiniti, gabbri, basalti), si sviluppano versanti nell'insieme stabili. Queste rocce, non stratificate, compatte e massive, mostrano una buona resistenza agli agenti atmosferici. L'alterazione superficiale favorisce il distacco di piccoli blocchetti di roccia che si accumulano in fasce di detriti.

Un analogo comportamento può essere attribuito all'arenaria macigno.

La copertura boschiva, estesa a gran parte dei rilievi, contribuisce alla difesa del suolo dall'erosione.

Per quanto riguarda la stabilità delle aree dei terrazzi, in particolare per quello di Livorno, si deve parlare della stabilità intrinseca dei sedimenti. La panchina, i conglomerati, le sabbie, le sabbie limose, le argille marine, hanno buone caratteristiche geomeccaniche e non presentano normalmente problemi di stabilità. La presenza in superficie di limi o argille limoso-torbose con comportamento geotecnico scadente, richiede una maggiore attenzione, ma in genere si tratta di lenti di piccolo spessore e di limitata estensione areale.

5.6 LA RETE IDROGRAFICA

La situazione idrografica del territorio del Comune di Livorno è caratterizzata da un notevole numero di corsi d'acqua di limitata grandezza.

Essi, a secondo della loro posizione rispetto ai due spartiacque principali dei Monti Livornesi da cui nascono, uno longitudinale e l'altro trasversale che si intersecano al Monte Maggiore, possono essere divisi in due gruppi.

Nell'area settentrionale e centrale, in pratica in tutto il territorio su cui si estende la città, i corsi d'acqua attraversano la parte alta del bacino e raggiungono la piana con direzione nord-ovest ed ovest.

A nord essi terminano il loro corso canalizzati nella zona più depressa della piana, secondo l'allineamento Pian di Rota-Ponte Ugione-Cimitero de I Lupi. I più importanti sono il Torrente Ugione con i suoi tributari di sinistra il Rio Paganello-Puzzolente-Vallelunga e quasi allo sbocco in mare il Rio Cigna.

A questi avrebbe dovuto essere aggiunto il Rio Riseccoli se non fosse stato intubato molto tempo fa.

Nella zona centrale le aste idriche attraversano la parte alta montano-collinare in direzione nord-ovest e all'altezza della piana piegano in direzione ovest, per sfociare perpendicolarmente alla linea di costa: il Rio Maggiore, il Botro Feliciaio, il Rio Popogna-Ardenza.

Fra queste possono essere inseriti i piccoli botri che interessano la frazione di Antignano, fra cui il Fosso della Banditella.

Il secondo gruppo comprende le aste idriche che scorrono verso sud-ovest direttamente al mare: i principali sono il Fosso del Maroccone, Botro Calafuria, Botro Calignaia, Fosso del Rogiolo, Botro Quercianella, Fosso della Madonnina ed infine il Torrente Chioma che segna il confine sud del comune di Livorno.

Riguardo alla traccia idrografica, il territorio comunale può essere suddiviso in due zone. Nella zona centro-nord, dall'Ugione fino all'Ardenza, i torrenti ed i rii sono ben sviluppati e dotati di un reticolo evidente e di tutta una serie di piccoli e medi affluenti posti soprattutto nelle parti alte del bacino.

Nella zona costiera Antignano-Romito-Quercianella, botri e rii scorrono in valli piuttosto strette ed aperte in roccia, praticamente prive di alluvioni, essendo molto rari i tratti

pianeggianti. Essi appaiono caratterizzati da una traccia idrografica ben approfondita, ma da uno sviluppo modesto e quasi lineare e con profili longitudinali a forti pendenze.

Tutti i corsi d'acqua presentano un regime idrico fortemente condizionato dalle precipitazioni. Per la maggior parte dell'anno c'è una situazione di magra cui si contrappongono episodi di piena concentrati in coincidenza degli afflussi meteorici di maggiore entità.

Durante le piogge intense e prolungate, i corsi mostrano il loro carattere torrentizio, con flusso impetuoso ed elevata velocità della corrente che determina intenso dilavamento con presa in carico e trascinarsi di notevoli quantità di materiale anche di discrete dimensioni.

In questo regime torrentizio si hanno periodi di magra accentuati nelle stagioni siccitose estive ed invernali ed episodi di piena in autunno e primavera.

Nell'area settentrionale e centrale, nel Torrente Ugione ed in alcuni suoi rami principali, nel Rio Maggiore e nel Rio Ardenza, anche nei periodi di magra è presente una certa circolazione idrica superficiale.

Per i botri costieri meridionali il regime tipicamente torrentizio è ancor più accentuato a causa delle forti pendenze e delle rotture geomorfologiche nette.

Tutti questi corsi d'acqua hanno bacini di limitata estensione e le manifestazioni delle piene sono talvolta violente, con tempi di corrivazione vicinissimi ai valori di piovosità critica.

La forma del bacino imbrifero, le pendenze dell'alveo, il forte potere di trasporto, le dimensioni del materiale e la quasi totale impossibilità di deposito, specialmente nelle parti montano-collinari, indicano che i corsi d'acqua attraversano una fase giovanile.

Quasi tutti i materiali portati dalle piene vengono depositati in foce e danno origine a lidi rimodellati dai marosi sulle linee di riva.

In vari corsi d'acqua, in particolare nei tratti urbanizzati, si rileva una scarsa manutenzione idraulica compreso l'abbandono di gran parte delle antiche opere di regimazione ancor oggi esistenti.

5.7 ASSETTO GEOIDROLOGICO

Caratteristiche di permeabilità dei terreni

I terreni possono essere suddivisi in base alle caratteristiche geo-idrologiche soprattutto per quanto concerne il tipo ed il grado di permeabilità.

I depositi alluvionali, le coltri detritiche, le sabbie, le ghiaie, i conglomerati, la panchina, possiedono una buona permeabilità per porosità.

Nelle coltri eluviali e colluviali, la permeabilità è medio-bassa, sempre per porosità.

Le ofioliti ed i diaspri risultano mediamente permeabili e localmente molto permeabili per fratturazione. Le arenarie (macigno) sono invece da scarsamente a mediamente permeabili, ancora per fratturazione.

Gli argilloscisti con interstrati calcarei sono da considerarsi impermeabili e sono localmente permeabili per fissilità e fratturazione.

I limi e le argille, infine, sono impermeabili.

Gli affioramenti nella zona montana e pedecollinare costiera sono rappresentate in prevalenza dai "galestri" con calcari. La circolazione idrica è limitata alle coperture detritiche e coltri eluviali e colluviali ed alla parte superficiale ed alterata del substrato roccioso.

Falde acquifere sono possibili, ma limitatamente a coperture detritiche continue e di un certo spessore.

Gli argilloscisti con calcari hanno mediamente una permeabilità molto bassa, tale da essere considerati impermeabili nella massa. Questi litotipi possono essere permeabili per

L'unica roccia che permette una circolazione idrica fino ad una certa profondità è rappresentata dalle ofioliti.

Per le altre rocce, la circolazione è limitata all'alterazione superficiale (qualche decina di metri) e non può contribuire alla ricarica di falde più profonde.

Per la piana della città, già si è detto di orizzonti (o meglio di reti capillari che nell'insieme possono costituire orizzonti) acquiferi alternati a livelli impermeabili, il tutto nei primi 20 metri del sottosuolo.

Gli acquiferi più interessanti, sono intorno ai 10 m di profondità, nella zona centro-meridionale e un pò più superficiali verso meridione.

Nel settore montano-collinare e nella piana sono assenti manifestazioni sorgive di una qualche importanza.

Sui rilievi sono rari anche i pozzi e limitati alle aree urbanizzate, e tutti superficiali.

6. CARTOGRAFIA TEMATICA DEL TERRITORIO CONTINENTALE

Le tematiche sviluppate sono quelle che generalmente vengono indicate come maggiormente significative allo scopo di determinare la "parametrizzazione" ambientale di un comprensorio; qui di seguito, in osservanza agli indirizzi metodologici indicati dalla Regione Toscana, viene fornito per ogni documento cartaceo, una sintetica descrizione, e le modalità dell'individuazione della tipologia della legenda.

E', a nostro parere, infatti massimamente significativo, il documento in se e le informazioni che da questo ognuno può trarre; considerando in primo luogo che le tematiche affrontate sono servite per argomentare i primi cinque capitoli del presente rapporto e giungere alla determinazione delle classi di pericolosità.

6.1 CARTA CLIVOMETRICA - Tav. 1

La carta clivometrica, alla scala 1:10.000, è tratta da un recente lavoro pubblicato nel libro "Atlante del territorio del Comune di Livorno". Essa è stata elaborata operando una suddivisione del territorio comunale in aree di pendenza omogenee con una scelta delle classi clivometriche che ha ripreso i contenuti della carta provinciale delle acclività alla scala 1:25.000 (1989):

Classe 1	Pendenze inferiori all' 8%
Classe 2	Pendenze comprese tra l'8% ed il 24%
Classe 3	Pendenze comprese tra il 24% ed il 35%
Classe 4	Pendenze superiori al 35%

Dall'analisi territoriale di questa carta possiamo distinguere due zone ben precise:

- La prima è situata ad Est del centro urbano ed ha il suo limite fisiografico meridionale intorno al Rio Banditella (loc. Antignano); qui assistiamo con una buona gradualità ad un innalzamento dei rilievi. Procedendo in direzione ortogonale alla costa e verso l'entroterra troviamo una discreta "piana" [Classe 1] nella quale s'intagliano le parte terminali di numerosi corsi d'acqua. Si formano quindi una serie di "palmature" dalle forme tipiche talvolta piuttosto estese in cui la [Classe 2] è molto frequente.

Intorno a due profili sub-paralleli che uniscono in maniera spezzata il primo alto morfologico del Poggio Corbolone fino alla Valle Benedetta, ed il Monte Maggiore, La Poggia fino al Poggio Montioni, la pendenza si irrigidisce drasticamente ed in sostanza le classi più rappresentate sono quelle [3 e 4].

Facendo infine centro sull'abitato della Valle Benedetta per un raggio di circa 5 Km. risulta rarissimo trovare rappresentata la [Classe 1], mentre sono diffusi dei piani compresi in pendenze maggiori e rappresentati principalmente dalla [Classe 2].

L'unica roccia che permette una circolazione idrica fino ad una certa profondità è rappresentata dalle ofioliti.

Per le altre rocce, la circolazione è limitata all'alterazione superficiale (qualche decina di metri) e non può contribuire alla ricarica di falde più profonde.

Per la piana della città, già si è detto di orizzonti (o meglio di reti capillari che nell'insieme possono costituire orizzonti) acquiferi alternati a livelli impermeabili, il tutto nei primi 20 metri del sottosuolo.

Gli acquiferi più interessanti, sono intorno ai 10 m di profondità, nella zona centro-meridionale e un pò più superficiali verso meridione.

Nel settore montano-collinare e nella piana sono assenti manifestazioni sorgive di una qualche importanza.

Sui rilievi sono rari anche i pozzi e limitati alle aree urbanizzate, e tutti superficiali.

6. CARTOGRAFIA TEMATICA DEL TERRITORIO CONTINENTALE

Le tematiche sviluppate sono quelle che generalmente vengono indicate come maggiormente significative allo scopo di determinare la "parametrizzazione" ambientale di un comprensorio; qui di seguito, in osservanza agli indirizzi metodologici indicati dalla Regione Toscana, viene fornito per ogni documento cartaceo, una sintetica descrizione, e le modalità dell'individuazione della tipologia della legenda.

E', a nostro parere, infatti massimamente significativo, il documento in se e le informazioni che da questo ognuno può trarre; considerando in primo luogo che le tematiche affrontate sono servite per argomentare i primi cinque capitoli del presente rapporto e giungere alla determinazione delle classi di pericolosità.

6.1 CARTA CLIVOMETRICA - Tav. 1

La carta clivometrica, alla scala 1:10.000, è tratta da un recente lavoro pubblicato nel libro "Atlante del territorio del Comune di Livorno". Essa è stata elaborata operando una suddivisione del territorio comunale in aree di pendenza omogenee con una scelta delle classi clivometriche che ha ripreso i contenuti della carta provinciale delle acclività alla scala 1:25.000 (1989):

Classe 1	Pendenze inferiori all' 8%
Classe 2	Pendenze comprese tra l'8% ed il 24%
Classe 3	Pendenze comprese tra il 24% ed il 35%
Classe 4	Pendenze superiori al 35%

Dall'analisi territoriale di questa carta possiamo distinguere due zone ben precise:

- La prima è situata ad Est del centro urbano ed ha il suo limite fisiografico meridionale intorno al Rio Banditella (loc. Antignano); qui assistiamo con una buona gradualità ad un innalzamento dei rilievi. Procedendo in direzione ortogonale alla costa e verso l'entroterra troviamo una discreta "piana" [Classe 1] nella quale s'intagliano le parte terminali di numerosi corsi d'acqua. Si formano quindi una serie di "palmature" dalle forme tipiche talvolta piuttosto estese in cui la [Classe 2] è molto frequente.

Intorno a due profili sub-paralleli che uniscono in maniera spezzata il primo alto morfologico del Poggio Corbolone fino alla Valle Benedetta, ed il Monte Maggiore, La Poggia fino al Poggio Montioni, la pendenza si irrigidisce drasticamente ed in sostanza le classi più rappresentate sono quelle [3 e 4].

Facendo infine centro sull'abitato della Valle Benedetta per un raggio di circa 5 Km. risulta rarissimo trovare rappresentata la [Classe 1], mentre sono diffusi dei piani compresi in pendenze maggiori e rappresentati principalmente dalla [Classe 2].

Le due classi più acclivi si sviluppano in aree dove in maniera più diffusa affiorano i Complessi Alloctono Inferiore ed Intermedio in particolare intorno al Monte Maggiore ed al Poggio Corbolone dove affiorano rocce ofiolitiche.

- La seconda area è compresa tra la costa mista fra Antignano ed il Torrente Chioma, qui in pratica risulta deserta la [Classe 1] ed è altrettanto poco frequente la [Classe 2]. La costa è istantaneamente scoscesa dal livello del mare con molte zone in [Classe 4] e ampie zone in [Classe 3].

Soltanto ad Est dell'abitato di Quercianella, si estende una specie di "cintura" semicircolare che risale verso Nord e chiude pressappoco circa ad 1 Km. a Sud di Montenero dove le pendenze si attenuano e dove troviamo rappresentata frequentemente la [Classe 2].

Sotto un profilo statistico risulta interessante l'elaborazione degli "scarti" di pendenza più importanti presenti nel territorio comunale per l'utilità che essa può rappresentare ai fini di interpretazioni morfologiche generali e tettoniche.

Da un'analisi complessiva, è possibile rilevare una serie di scarti di pendenza anche piuttosto forti nella zona costiera del Romito e nella parte collinare posta ad Est, Nord-Est dell'abitato urbano di Livorno.

Sempre in linea generale, partendo dall'unghia pedecollinare e procedendo verso l'interno, si ritrova dapprima una fascia estesa verso l'interno di circa 1,5 km, in cui sono praticamente presenti scarti di pendenza tra le classi clivometriche 1 e 3 e pochi scarti di pendenza tra le classi clivometriche 1 e 4 mentre lasciato questo bordo troviamo un insieme territoriale in cui sono presenti solo scarti tra le classi clivometriche 2 e 4.

Sotto il profilo litologico è possibile evidenziare che per gli affioramenti dei Complessi Alloctoni si registrano frequenti bordi di scarto pendenza legati tra l'altro alla presenza di faglie e contatti di sovrascorrimento.

6.2 CARTA GEOLITOLOGICA - Tav. 2

Come in parte già accennato l'area collinare è caratterizzata dalla sovrapposizione tettonica di varie unità strutturali appartenenti al dominio ligure interno ed esterno, e costituite in prevalenza da unità stratigrafiche di natura flyscioide, nelle quali a strati e banchi di arenarie, calcareniti o calcari marnosi si alternano livelli di argilliti. Questo carattere conferisce alle aree d'affioramento di queste unità una scarsa stabilità morfologica, accentuata peraltro dal loro assetto spesso caotico e dalla loro intensa fratturazione. Localmente, all'interno di queste unità strutturali si trovano anche litologie a comportamento più rigido quali le unità ofiolitiche e unità flyscioidi a minor contenuto argilloso quali la Formazione di Poggio S. Quirico ed il Flysch arenaceo di Calafuria. Non si possiedono dati sulle impedenze acustiche in queste litologie, tuttavia si ritiene possibile che al contatto tra unità molto compatte, ben cementate, e relativamente poco fratturate come ad esempio il Flysch arenaceo di Calafuria, e unità ad alto contenuto argillitico, molto fratturate e ad assetto caotico, quali la Formazione di Antignano o le Argille a Palombini, si possano verificare dei sensibili contrasti di impedenza. Potenzialmente maggiori dovrebbero essere i contrasti di impedenza tra i depositi dei terrazzi medio pleistocenici ed il substrato laddove costituito da unità più rigide quali il Flysch di Poggio S. Quirico.

L'area di terrazzo è caratterizzata da litologia omogenea su tutta l'area. Lungo la costa affiora la cosiddetta "Panchina" ossia una calcarenite grossolana-conglomerato fine molto ben cementata e caratterizzata a tratti da elevata porosità. In più punti del terrazzo

sono riconoscibili due livelli distinti di "Panchina" separati da un sottile intervallo di argille e limi.

Lo spessore complessivo massimo dei due livelli di panchina, laddove non è visibile l'intercalazione argillosa raggiunge i 7-9 m. Al di sopra della "Panchina" giacciono le Sabbie di Ardenza costituite da sabbie molto fini ed omogenee e prive di strutture sedimentarie rilevabili.

Il terrazzo giace su un substrato che affiora in alcuni punti in corrispondenza di incisioni vallive ed è costituito per una vasta area compresa tra il Rio Ardenza ed il Porto da argille marine del Pliocene inferiore. In corrispondenza del Rio Ardenza il substrato è invece costituito da calcari organogeni del Messiniano, dall'area di Banditella fino al Maroccone il terrazzo giace sulla Formazione di Antignano, ed ancora più a sud piccoli lembi correlati al terrazzo di Livorno giacciono sul Flysch arenaceo di Calafuria. In corrispondenza del Bacino di Carenaggio invece giace su argille e sabbie marine del Pleistocene inferiore.

La piana alluvionale nel territorio livornese è costituita da sedimenti palustri e di colmata (limi e torbe), depositi in epoca storica e soggetti a cedimenti per compattazione molto elevati. Il contatto tra questi depositi ed i depositi più antichi del terrazzo e del suo substrato corrisponde verosimilmente alla superficie di erosione connessa all'ultima fase glaciale (Wurm III)

La produzione della tematica in oggetto si è basata principalmente sulla rielaborazione della cartografia geologica esistente accorpando per classi geolitologiche le formazioni affioranti, risulta pertanto una carta di tipo "compilativo".

La carta geolitologica mostra le formazioni definite in base a criteri litologici e fisico-meccanici e raggruppate nelle seguenti sei classi:

Classe 1 - Rocce coerenti ad elevata e media resistenza

Classe 2 - Rocce semicoerenti conglomeratiche

Classe 3 - Rocce incoerenti sabbiose

Classe 4 - Rocce coerenti di scarsa resistenza

Classe 5 - Rocce pseudocoerenti argilloso-sabbiose

Classe 6 - Rocce pseudocoerenti argillose

Nella Classe 1 sono state inserite:

la Formazione del Calcare di Rosignano: Calcari di Castelnuovo (m4), la Formazione del Calcare di Rosignano: Calcari dell'Acquabona (m2), le Radiolariti (g), i Basalti (Δ), i Plagiograniti (PG), i Gabbri e Breccie di Gabbro (Γ), le Serpentiniti (Σ), il Flysch calcareo-marnoso di Monteverdi M.^{mo} (c7), il Flysch calcareo marnoso di Poggio S. Quirico con livelli di breccie (pe2), le Argilliti varicolori del Fortulla con banchi di brecciole, calcari a grana fine ed arenarie (c5a) ed il Flysch arenaceo di Calafuria (o).

Le sigle sono quelle usate nella Carta geologica in scala 1:25.000 allegata allo studio "Geologia e morfologia dei Comuni di Livorno e Collesalveti" di Lazzarotto ed altri Autori (1990).

Le rocce raggruppate in questa classe hanno caratteristiche litotecniche assai eterogenee. I Calcari di Rosignano hanno costituzione in netta prevalenza lapidea in banchi massivi e talora in strati più o meno fratturati e friabili.

Il gruppo delle ofioliti, serpentiniti, gabbri e breccie di gabbro, a cui sono associati basalti, plagiograniti e radiolariti, consiste in rocce litoidi massicce, la cui compagine d'insieme può variare in relazione al grado fratturazione, generalmente notevole, e di degradazione superficiale.

Le caratteristiche geomeccaniche del gruppo comprendente il flysch calcareo-marnoso di Monteverdi M.mo, quello di Poggio S. Quirico e le argilliti varicolori del Fortulla, si differenziano a seconda che si tratti di calcari marnosi, di argilloscisti o marnoscisti o di breccie degli stessi litotipi. Per le caratteristiche di queste rocce, le intercalazioni di

marnoscisti ed argilliti rappresentano l'elemento che caratterizza le condizioni geomeccaniche della formazione.

Il flysch arenaceo di Calafuria ha buone caratteristiche geomeccaniche ed è normalmente duro, compatto e ben cementato; soltanto localmente, se alterato, ha un minor grado di cementazione ed è friabile. Le intercalazioni argilloso-siltoso-marnose, dove si infittiscono, conferiscono all'ammasso roccioso caratteristiche geomeccaniche inferiori. Le caratteristiche migliorano con la profondità, dove la roccia è integra o poco alterata.

La Classe 2 comprende:

le Sabbie di Ardenza (q9), le Calcareniti sabbiose di Castiglioncello (q8), le Sabbie rosse (talora con ciottoli), e calcareniti sabbiose di Villa Padula (q7), i Conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci (q6), i Conglomerati rossi e verdi talora lignitiferi (m).

Per quanto riguarda questi litotipi, si tratta di terre con buone caratteristiche geomeccaniche, salvo qualche livello localmente meno consistente comunque di esiguo spessore. Le calcareniti, cioè la tipica "panchina" livornese, si rinvengono in banchi o lastre, e sono talora detritiche e alternate da livelli sabbioso-limosi e da conglomerato con clasti calcarei più o meno cementati. Questo litotipo se in condizioni di alterazione può essere assimilato ad una ghiaia o ad una sabbia medio-grossolana.

Alla Classe 3 appartengono:

i depositi di Spiaggia (s), le Alluvioni (a), le Alluvioni terrazzate (at), le Sabbie gialle (p3), le Sabbie e conglomerati della Villa di Poggio Piano (mg).

Il gruppo dei depositi alluvionali, ed alluvioni terrazzate, è formato da litotipi che, in generale, presentano caratteristiche geomeccaniche piuttosto variabili.

Le caratteristiche geotecniche tendono a diventare scadenti solo in presenza di limi ed argille con basso grado di consolidazione.

Le formazioni a dominante sabbiosa, sabbie gialle e conglomerati della Villa di Poggio Piano, a cui possono essere associate i depositi di spiaggia, sono costituite da sedimenti per lo più a grana fine o medio-fine, sciolte o, talora, debolmente cementate, con intercalazioni di livelli da limosi ad argillosi o di lenti calcarenitiche.

Figurano nella Classe 4:

i Gessi (m7), le Marne e marne argillose (m5), le Argilliti e calcari silicei "Palombini" (c2), le Arenarie, siltiti, argilliti con *Pithonella* (c6), Formazione di Antignano: Argilliti, arenarie calcarifere, marne e siltiti (c5b).

Il gruppo comprendente i gessi e le marne e marne argillose, è costituito da un'alternanza di banchi marnosi, marnoso-argillosi, argillosi, con intercalazioni di diatomiti stratificate e di gessi. Quest'ultimi si possono presentare talora in bancate, con fratturazioni e anche con cavità per fenomeni carsici.

La non buona compattezza d'insieme delle argilliti e calcari silicei "Palombini", delle arenarie, siltiti, argilliti con *Phitonella* e dai litotipi della Formazione di Antignano, deriva sia dall'essere costituite da associazioni di litotipi con diverse caratteristiche fisico-meccaniche. Alle sequenze di litotipi lapidei in banchi o strati più o meno intensamente fratturati, si alternano livelli siltosi o argillitici con elevata fissilità derivante da intensi processi tettonici.

Sono stati classificati in Classe 5 i Detriti e le frane (d) e le Sabbie e argille ad Arctica (q2).

Gli accumuli detritici, di frana e di paleofrana derivano da litotipi con caratteristiche alquanto eterogenee. Per la loro composizione litologica si deve fare riferimento a quella dell'unità litotecnica da cui sono stati originati.

La formazione delle sabbie e argille ad Arctica è costituita da alternanze di livelli argillosi e di strati sabbiosi con prevalenza abbastanza netta di argille plastiche.

Nella Classe 6 sono state inseriti i Sedimenti palustri, alluvionali e di colmata (t) e le Argille azzurre (p).

Nei sedimenti palustri, alluvionali e di colmata prevalgono i limi e le argille melmose, i limi e le sabbie con livelli di torba.

La formazione delle argille azzurre possiede una variabilità geotecnica ampia in virtù delle caratteristiche giaciture e di alterazione litologia, anche se la componente argillosa pura prevale rispetto alle frazioni di argilla più o meno marnosa, siltosa o sabbiosa.

I Siti di discarica ed i Riempimenti terrigeni risultano rispettivamente nella Classe D e D1

Sulla carta sono state riportate le tracce delle sezioni litologiche.

6.3 CARTA DELLE SEZIONI LITOLOGICHE - Tav. 3

La situazione litostratigrafica e litologica è illustrata con n. 4 sezioni, in scala 1:10.000, che attraversano tutto il territorio comunale.

Due sezioni, A-A' e B-B' tra loro parallele, sono tracciate in senso longitudinale NNW-SSE, dalle alture del Macigno di Calafuria a sud sino alla zona bassa dello Scolmatore dell'Arno-Ponte Ugione al confine nord.

Le altre, C-C' e D-D', sempre parallele fra loro, sono orientate in senso NE-SW, cioè quasi ortogonalmente alle prime, dalle colline al mare.

Lo sviluppo delle sezioni evidenzia le relazioni giaciture e strutturali tra i litotipi affioranti lungo gli allineamenti significativi tracciati.

Si può rilevare come l'ossatura dell'area montana-collinare e pedecollinare sia costituita da rocce a consistenza lapidea e che esse si immergano rapidamente verso mare in corrispondenza della piana della città.

Delle rocce presenti nel territorio comunale vengono indicati i campi di variabilità delle due caratteristiche geomeccaniche più significative, coesione e angolo di attrito interno.

Per le rocce litoidi stratificate questi parametri non tengono conto delle caratteristiche dei vari litotipi che compongono le formazioni rocciose, ma si riferiscono all'insieme dell'ammasso roccioso.

I valori assegnati tengono conto pertanto delle condizioni di fessurazione, fratturazione e fissilità, delle diaclasi, dello stato di degrado e di alterazione superficiale delle varie unità litostratigrafiche, nonché della rugosità e della natura del materiale di riempimento dei giunti di stratificazione e della Classificazione geomeccanica secondo Bieniawski, 1989.

Nella Classe 1 - Rocce coerenti ad elevata e media resistenza - si possono individuare tre sottogruppi a diverso comportamento.

Per i Calcari di Rosignano la coesione varia tra 6 e 10 t/mq, mentre l'angolo di attrito interno varia tra 15 e 25°.

Per il gruppo delle ofioliti, a cui si possono associare i plagiograniti, le radiolariti ed il flysch arenaceo di Calafuria, le variazioni della coesione e dell'angolo di attrito interno sono comprese tra 25 e 45 t/mq e tra 25° e 35°.

Per il flysch calcareo-marnoso, calcareo-marnoso con breccie, i parametri geomeccanici sono molto variabili per le condizioni litologiche locali e non è significativo quantizzarne il campo di variabilità.

Nelle argilliti con breccie le condizioni geomeccaniche sono caratterizzate dagli strati siltitici e argilloscistosi. Per questa formazione appaiono importanti i valori di resistenza

che si registrano nella roccia sottoposta a grandi sforzi ovvero i parametri residui: essi possono valere 2-5 t/mq per la coesione e 10-20° per l'angolo di attrito interno.

Nella Classe 2 - Rocce semicoerenti conglomeratiche - le diverse unità: sabbie, sabbie con ciottoli, calcareniti, calcareniti sabbiose, conglomerati hanno parametri sufficientemente uniformi con coesione variabile fra 0 e 10 t/mq e angolo di attrito interno di 20-38°.

Nella Classe 3 - Rocce incoerenti sabbiose - i depositi di spiaggia, le sabbie gialle e le sabbie e conglomerati hanno coesione praticamente nulla ed angolo di attrito interno di 25-42°.

Le alluvioni e le alluvioni terrazzate possiedono valori di angolo di attrito compreso nel campo assai ampio di 10-30° a secondo della prevalenza dei limi o della componente sabbiosa ed una coesione normalmente bassa.

Nella Classe 4 - Rocce coerenti di scarsa resistenza - si possono distinguere due sottogruppi.

I gessi e le marne argillose hanno caratteri fisico meccanici variabili a seconda della loro costituzione litologica, ma nell'insieme appaiono dotati di medio-scarso resistenza. Per i gessi i valori di coesione, fra 10 e 15 t/mq, sono più alti che nelle marne mentre l'angolo di attrito è normalmente maggiore in queste ultime dove si registrano 22-28°.

Per le Argilliti e calcari silicei "Palombini", le Arenarie, siltiti, argilliti con *Pithonella* e le Argilliti, arenarie calcarifere, marne e siltiti della Formazione di Antignano le condizioni geomeccaniche sono fortemente caratterizzate dagli strati argillitici, siltitici e marno-argilloscistosi.

Per questi ammassi rocciosi appaiono determinanti i valori di resistenza che si registrano quando essi sono sottoposti a grandi sforzi ovvero i loro parametri residui. In tal caso la coesione può valere 2-5 t/mq e l'angolo di attrito interno 10-20°.

Classe 5 - Rocce pseudocoerenti argilloso-sabbiose.

Nelle sabbie e argille ad Arctica la prevalenza di livelli argillosi plastici alternati a strati sabbiosi determina condizioni d'insieme scadenti con bassi valori di coesione e angolo di attrito interno.

Per gli accumuli detritici, di frana e di paleofrana le caratteristiche risultano eterogenee ma normalmente i parametri geomeccanici sono decisamente bassi e solo nelle paleofrane si ha un maggior grado di compattazione delle terre.

Classe 6 - Rocce pseudocoerenti argillose.

I sedimenti palustri, alluvionali e di colmata sono dotati di caratteristiche fisico-meccaniche molto scadenti, con bassissimi valori di resistenza.

Nelle argille azzurre, dove è dominante la componente argillosa pura, il comportamento è di tipo coesivo con valori nel campo 10-20 t/mq. Negli strati limo-sabbiosi-argilloso la coesione è minore e l'angolo di attrito interno è di 20-25°.

6.4 CARTA DEI DATI DI BASE - Tav. 4

In questa carta sono stati riportati i principali siti indagati dagli Studi di geologia Michelucci e Rafanelli dal 1978 ad oggi, per conto di varie Committenze pubbliche e private, con prospezioni geognostiche eseguite principalmente ai fini della caratterizzazione geotecnica, di ricerche idriche e per indagini territoriali di vario genere.

Le zone indicate, per un totale di 19 aree interessate da indagini di fattibilità e 242 siti, riguardano per lo più la piana della città e la parte settentrionale del territorio comunale, in pratica tutta la zona portuale, industriale ed artigianale e la fascia centro-settentrionale ed orientale dei quartieri della città.

Si tratta di un'ampia documentazione composta da stratigrafie e diagrammi ottenuti con sondaggi a carotaggio continuo, saggi geognostici, prove penetrometriche statiche in assetto pesante e leggero, prove penetrometriche dinamiche in assetto pesante e leggero, trivellazioni per ricerche idriche e stendimenti geoelettrici.

Per alcune aree ove negli ultimi dieci-quindici sono stati realizzati o sono in corso d'opera numerosi interventi edilizi, come ad esempio il PIP Picchianti, i nuovi quartieri de La Leccia e La Scopaia, i siti prescelti sono fra i più indicativi e costituiscono una parte della documentazione a disposizione.

Fra i lavori più significativi eseguiti non è indicata la Variante Aurelia che attraversa il territorio comunale da Salviano a Chioma ovvero un tratto di circa 11.4 km che attraversa l'intera fascia costiera meridionale del comune.

Considerata la notevole mole di dati geologico-tecnici relativi alle indagini curate dai nostri Studi in questi anni si è ritenuto poco utile aggiungere nella Carta i siti indagati da altri studi professionali od altre imprese operanti nel campo delle prospezioni del sottosuolo e di cui sono noti i risultati geologici.

Nella legenda si evidenziano le informazioni che vengono racchiuse in un logotipo formato da un cerchio, che circonda il numero di riferimento del lavoro eseguito.

La figura geometrica nera (quadrato, cerchio o triangolo) tangente in apice destro, indica la tipologia prevalente del lavoro (geotecnica-geognostica, o idraulico-forestale o idrogeologica).

La figura geometrica bianca (quadrato, cerchio o triangolo) tangente in pedice sinistro, indica il tipo di Committenza (Pubblica, Azienda Municipalizzata -altri Enti o Privata).

La carta, alla quale si allega in Appendice l'elenco dei lavori e delle indagini effettuate (v. appendice dati di base 1÷6), mette in evidenza la conoscenza territoriale per lo specifico geologico-tecnico-stratigrafico di riferimento alla costituzione delle sezioni litotecniche più rappresentative.

6.5 CARTA DELLE SEZIONI LITOTECNICHE- Tav. 5

Sulla piana della città e nell'area bassa che si estende a settentrione, sono state tracciate alcune sezioni per illustrare in dettaglio questo territorio su cui si sviluppa il tessuto urbano, il porto e la maggior parte delle attività produttive.

La situazione litotecnica è illustrata con n. 5 sezioni in scala orizzontale 1:5.000 e scala delle altezze 1:200, di cui due passanti in senso longitudinale alla costa e tre ortogonalmente ad esse.

Le sezioni stratigrafiche sono significative per evidenziare i rapporti tra le coltri terrigene che costituiscono il pacco geotecnicamente più rappresentativo, perchè maggiormente influenzato dai carichi delle strutture in edificazione.

Lo spessore di tali orizzonti, prevalentemente investigato con metodiche di tipo diretto (sondaggi a carotaggio continuo e prove penetrometriche) non supera i 35 -40 metri; risultando la profondità di 20-25 metri più investigata.

Con opportuna simbologia nelle sezioni si sono distinti i tipi litotecnici ai quali si sono attribuiti i valori medi ricavati dalle analisi di laboratorio eseguite, per le caratteristiche di peso di volume, angolo di attrito e coesione.

Si possono evidenziare due domini geomorfologici, l'area alta costituita dal Terrazzo di Livorno e la zona bassa rappresentata dall'area depressa di Ponte Ugione.

Essi risultano separati da una scarpata naturale, la cosiddetta Gronda dei Lupi, che si sviluppa sinuosamente da Suese (Stagno) a Ponte Ugione, Cimitero dei Lupi, zona S.Marco, fino alla Fortezza Vecchia.

I depositi del Terrazzo, indicati con la lettera (B); a partire dal basso sono rappresentati da calcareniti in lastre e trovanti lapidei (panchina) o alterate, erose e detritiche, indicate come (B1), sabbie limose mediamente addensate e a tratti cementate, sabbie medio-fini con ciottoli e ghiaietto, sabbie grossolane, ciottoli ad addensamento variabile (B2), con coesione variabile da 0 a 5 t/mq ed angolo di attrito interno tra 30 e 40°.

In alto si hanno limi sabbiosi ed argillosi con ghiaietto e noduli di Fe e Mn, di media consistenza, ed argille limose di media consistenza (B3), con coesione di 10-20 t/mq ed angolo di attrito interno di 0-20°.

I sedimenti della zona depressa, indicati con la lettera (C), sempre ad iniziare dal basso, sono costituiti da ghiaie sabbiose molto grossolane addensate (C1), con un angolo di attrito interno di 35-40°, da sabbia fine argillosa passante ad argilla limosa (C2); la sabbia ha valori di coesione fino a 3 t/mq ed angolo di attrito interno di 25-30°, mentre per le argille tali valori sono rispettivamente di 2-5 t/mq e 20-25°.

Con (C3) sono indicate le soprastanti sabbie limose, con coesione 0-1.5 t/mq e angolo di attrito interno tra 0 e 20°.

Alla sigla (C4) corrisponde l'argilla limosa passante a sabbia argillo-limosa, che mostra valori di coesione tra 7 e 12 t/mq e valori di Φ tra 0 e 20°.

Per i terreni più superficiali (C5) si riferisce alle argille limose leggermente sabbiose passanti ad argille limose, ed alla sabbia limosa addensata (tomboli sepolti), i cui valori di coesione ed di angolo di attrito interno sono, rispettivamente, di 2-5 t/mq e 7-15°, e 0-0.8 t/mq e 35-40°.

Alla base dei depositi del terrazzo e dei sedimenti dell'area di Ponte Ugione si rinvengono i terreni indicati con la lettera (A), costituiti da argille ed argille sabbioso-limose consistenti. Nel settore centrale ed orientale della piana di Livorno esse rappresentano il substrato pliocenico mentre nell'area occidentale e settentrionale il substrato argilloso è di età pleistocene inferiore (argille ad Arctica).

Con la lettera D si indicano materiali di riempimento saturo ed eterogeneo (D1) e materiali di riempimento eterogeneo (D2), caratterizzati da valori di coesione ed angolo di attrito interno pari a 0-1.5 t/mq e 20-25° per D1, a 0-1.5 t/mq e 0-12° per D2.

6.6 CARTA GEOMORFOLOGICA - Tav. 6

Il territorio livornese, come descritto, è suddivisibile dal punto di vista morfologico in tre aree principali: l'area collinare, il terrazzo, la piana alluvionale.

L'area collinare si estende nella porzione sudorientale del territorio comunale. Presenta pendii solo occasionalmente accentuati ed è solcata da un reticolo idrografico costituito da diversi torrenti, a decorso est-ovest nella parte meridionale e sudest-nordovest nella parte settentrionale.

Lo spartiacque che separa i bacini idrografici di tali corsi d'acqua da quelli degli affluenti del Tora disegna un andamento a segmenti di direzione sudest-nordovest, raccordati da tratti di direzione ortogonale. La fascia di colline che si raccorda all'area di terrazzo presenta anch'essa depositi terrazzati, a quote più alte di quelle del terrazzo principale. Vasti settori di quest'area sono interessati da piccoli e diffusi fenomeni di dissesto franoso.

Il territorio livornese è caratterizzato dalla presenza di almeno tre ordini di terrazzi marini, di età compresa tra il Pleistocene medio ed il Pleistocene superiore. Il più recente

di essi, attribuito alla trasgressione Tirreniana, occupa tutta l'area compresa tra le pendici occidentali delle colline ed il mare e si sviluppa a quote che variano tra il livello del mare ed i 25 m.

La superficie sommitale presenta una bassissima dorsale in corrispondenza dell'allineamento Salviano-centro storico della città, che separa l'area nella quale i torrenti hanno decorso est-ovest, da quella in cui scorrono verso nordovest. Rispettivamente a nord e a sud di tale allineamento il Rio dell'Acqua Puzzolente, ed il Rio Ardenza incidono il terrazzo fino al substrato che nel primo caso è costituito dalle argille del Pliocene inferiore, mentre nel secondo da calcari di scogliera del Messiniano.

La piana alluvionale settentrionale si raccorda al terrazzo attraverso una scarpata che raramente supera i 10 m di dislivello ed è spesso mascherata dall'urbanizzazione. Quest'area è stata colmata dai depositi dell'Arno in tempi storici, ed alcuni settori di essa costituiscono tuttora area palustri non bonificate. Alla base dei depositi di colmata è stata riconosciuta in sottosuolo a profondità variabili dai 30 ai 60 m, una superficie d'erosione interpretata come l'effetto dell'ultima regressione glaciale del Wurm III.

La produzione della tematica geomorfologica si è rivolta quindi alla identificazione dei motivi modificatori salienti che interagendo in maniera più marcata e veloce, più di altri hanno contribuito alla definizione dell'attuale assetto morfologico del paesaggio.

Essendo questa una carta prettamente applicativa e funzionale alla stesura della carta di pericolosità si è ritenuto maggiormente utile svolgere una ricerca che come scopo avesse quello di uniformare, per tutto il territorio comunale, le conoscenze dello stato di dissesto in atto e prevedibile e renderle manifeste in modo chiaro.

A questo scopo, oltre all'utilizzo delle conoscenze acquisite, si sono svolti specifici sopralluoghi ed uno studio specifico fotointerpretativo condotto su due serie ben distinte di voli, quelle eseguite nel 1978 e le più recenti del 1993, con restituzione cartografica rispettivamente alle scale medie di 1:13.000 e 1:6.500 circa.

Dalla lettura della carta geomorfologica, risulta che le zone maggiormente problematiche per dissesti quiescenti o in atto si ritrovano in corrispondenza delle località di Quercianella, Castellaccio, Montenero e Valle Benedetta ed in generale in corrispondenza dei medi ed alti bacini dei torrenti Maggiore ed Ardenza.

Inoltre, si è ritenuto utile inserire in questa carta l'identificazione delle aree adibite in passato a cava di inerte, prevalentemente materiale litoide, ed ora dismesse ad eccezione di quelle de La Poggia e Bocca di Gesso.

A ciascun sito di cava è stato attribuito un numero d'ordine, al quale corrisponde una scheda in Appendice (v. appendice cave 1÷12).

6.7 CARTA DI RISPOSTA OMOGENEA ALL'EVENTO SISMICO - Tav. 7

Il Comune di Livorno è stato inserito dalla L.R. 17/4/84 n. 21 nella classe 3 di rischio sismico. Nel piano regolatore non sono prescritti pertanto dalla suddetta Legge accertamenti concernenti l'amplificazione sismica per effetto morfologico e litologico. Da un recente studio sulla pericolosità sismica in Toscana tuttavia, (Meletti, Petri & Scandone, 1996) l'intero territorio livornese, incluso in una zona sismica che occupa gran parte della Toscana marittima centrale, è caratterizzato da pericolosità sismica¹ dell'ordine di 0.5×10^{-2} - 0.39×10^{-2} per un evento del X grado MCS in un intervallo di 20 anni. Un valore non alto, se paragonato a quelli di aree ad alta sismicità in Toscana

¹ La pericolosità sismica è definita come la probabilità di eccedenza di un qualche parametro descrittivo del moto del suolo in un dato tempo.

quali Garfagnana-Lunigiana e Mugello (rispettivamente 0.3×10^{-1} e 0.74×10^{-2}), ma pur sempre ragguardevole.

All'interno di questa zona, peraltro, Livorno costituisce un'area a rischio sismico relativamente alto, a causa dell'elevata densità abitativa e industriale rispetto al resto della zona sismica. Le valutazioni di dettaglio del rischio sismico in aree limitate sono attualmente disponibili solo per alcune aree ad elevata pericolosità; Angeletti et alii (1996) ad esempio hanno effettuato tali valutazioni su alcuni comuni della Garfagnana.

La presente relazione esula da tale scopo, cionondimeno si ritiene utile fornire in questa sede tutti gli elementi ricavabili dall'esame della letteratura geologica esistente sul territorio livornese, che possano costituire la base di dati geologici da cui avviare in futuro una microzonazione sismica. Questi dati sono sintetizzati nella carta, che classifica e rappresenta le aree che, per costituzione litologica, morfologia e caratteri strutturali sono propense a dare effetti negativi omogenei da un evento sismico di data intensità.

Gli effetti negativi valutati nella stima delle classi riportate includono pertanto la possibilità di amplificazione dell'onda sismica per effetti morfologici, l'innescò di dissesti morfologici, la liquefazione di terreni saturi.

I dati di partenza per la realizzazione della carta attengono dunque a tre categorie principali: morfologia, litologia, assetto strutturale dell'area.

Avendo già trattato della morfologia e litologia, risulta che le unità strutturali dell'area collinare sono impilate una sull'altra lungo superfici di sovrascorrimento tettonico a basso angolo. Queste, attive fino al Miocene inferiore, sono state tagliate a partire dal Miocene superiore da sistemi di faglie normali ad alto angolo, di direzione prevalentemente nordovest-sudest. La continuità di queste strutture, come visibile dalla citata carta geologica di Livorno-Collesalveti, è di frequente interrotta da faglie di direzione ortogonale (nordest-sudovest).

Il primo di questi sistemi di faglie normali è responsabile dell'apertura dei bacini nei quali si sono deposte potenti successioni di sedimenti marini a partire almeno dal Pliocene inferiore. Il sistema nordest-sudovest ha funzionato come raccordo del movimento di estensione tra i vari bacini orientati nordovest-sudest, ma non allineati tra di loro.

Un sistema di faglie con direzioni leggermente ruotate verso nord (sudsudovest-nordnordest) caratterizzano fortemente la struttura del territorio livornese. L'esame delle unità stratigrafiche che costituiscono il substrato del terrazzo di Livorno infatti indica inequivocabilmente l'esistenza di ragguardevoli rigetti stratigrafici a cavallo di lineamenti di direzione circa $N 30^\circ$. Questi rigetti sono suturati dal terrazzo di Livorno e dunque le faglie che li hanno provocati sono ferme almeno dal Tirreniano.

Anche le maggiori strutture nordovest-sudest non mostrano macroscopiche evidenze geologiche di attività recente. Tuttavia, l'apertura di fessure nel suolo, in direzione nordovest-sudest presso Stagno e lungo la piana del Tora tra Luciana e Lorenzana, ed in direzione sudovest-nordest in vicinanza di Casciana in conseguenza dell'ultimo evento sismico distruttivo (terremoto di Orciano, Agosto 1846, IX-X MCS), sembra suggerire che queste strutture siano tuttora sismogeniche.

Nel caso del terremoto di Orciano si può ipotizzare che la rottura sia avvenuta lungo una superficie appartenente al sistema di faglie del bacino del Tora-Fine. Riguardo ai numerosi sismi di modesta intensità che devono avere avuto epicentro in mare a nordovest del nucleo storico di Livorno sembra più logico ipotizzare un'origine lungo le strutture sudovest-nordest.

L'attribuzione a queste ultime di un potenziale sismogenico inferiore a quello delle strutture nordovest-sudest si inserisce bene nel quadro dell'evoluzione tettonica degli ultimi 8 milioni di anni del margine tirrenico dell'appennino, nel quale la tettonica distensiva si realizza lungo strutture nordovest-sudest che quindi costituiscono le superfici attive del sistema, mentre le strutture sudovest-nordest rappresentano superfici

di trasferimento passivo dei movimenti distensivi da un bacino all'altro, lungo le quali dunque l'accumulo di energia è potenzialmente minore.

Per quanto sopra, risultando oltremodo difficoltoso giungere ad una zonizzazione sismica in senso stretto del territorio livornese, in prospettiva di una maggiore attenzione a tale problematica, si è prodotta la carta di "risposta omogenea all'evento sismico", che costituisce il risultato di una ricerca del tutto sperimentale.

Si è tentato di coniugare le conoscenze ambientali di base con semplici regole geometriche e principi fisici in relazione alle risultanze degli effetti combinati delle varie incidenze, ai fini dell'ottenimento di semplici areali all'interno dei quali probabilisticamente si rinvencono simili attitudini comportamentali di risposta all'evento sismico, secondo una gradualità crescente di pericolosità dalla classe 1 alla 5.

La carta prodotta non rappresenta una carta di pericolosità in quanto non parametrizza il rischio sia in termini di danno che di probabilità dell'accadimento dell'evento e/o della sua magnitudo.

Piuttosto cerca di fornire una zonizzazione di aree nelle quali per condizioni strutturali, giaciture e geomorfologiche il sisma si propaga secondo una gradualità diversa per impatto, attribuendo questa differenziazione tra aree sia per l'effetto variamente ammortizzante delle singole formazioni geologiche che costituiscono il substrato roccioso, che per lo spessore e la tipologia e/stato di dissesto delle coltri superficiali.

Le cinque classi individuate, si articolano dalla più bassa 1, dove si ritrovano le condizioni più favorevoli al massimo smorzamento dell'onda sismica per l'esistenza del substrato argilloso molto spesso e per l'assoluta uniformità, coerenza e assetto morfologico di pianura della coltre terrigena di copertura; sino alla classe 5 dove invece si presentano le condizioni peggiori, quindi di maggiore rigidità del substrato e di presunta maggiore amplificazione in superficie per ragioni stratigrafiche, litologiche, morfologiche e strutturali.

6.8 CARTA IDROGEOLOGICA - Tav. 8

Il territorio dell'area livornese è stato suddiviso per classi di permeabilità dei terreni affioranti secondo le due tipologie principali, porosità e fratturazione e relativa intensità. Questa suddivisione con accorpamento in cinque classi, dalla più permeabile a quella impermeabile, mette in evidenza una generale prevalenza nella zona collinare della tipologia Lpf, localmente permeabile per fratturazione, mentre nelle zone terrazzate, sulle quali si sviluppa la parte urbana e periurbana di Livorno, prevalgono i terreni che vanno a formare la classe permeabile per porosità Pp.

Significativa è l'esistenza, entro la categoria dei terreni siglati con Pp, di uno scorrimento idrico sotterraneo di tipo semiconfinato, che, anche se non utilizzabile per fini potabili, è, e potrebbe essere maggiormente e più razionalmente, utilizzato a fini irrigui.

Il fenomeno è stato messo in evidenza riportando per l'areale interessato la superficie piezometrica mediante il tracciamento delle curve isopieze per il periodo osservato, (dicembre 79/gennaio 80).

In tale periodo infatti per l'area comunale fu eseguito uno studio idrogeologico che partendo da un inventario dei punti d'acqua (circa quattrocento pozzi) ha contribuito ad una migliore definizione della reale consistenza dello scorrimento idrico sotterraneo.

Considerando che per l'inventario furono individuati solo la metà dei pozzi esistenti, e che da allora sono trascorsi oltre sedici anni, è ragionevole supporre che nella piana livornese attualmente esista un numero ben maggiore di pozzi.

Questo fenomeno tuttavia non deve indurre a considerazioni ottimistiche circa la stima produttiva della "falda idrica", anzi sembra vero il contrario. Infatti, soltanto per alcune zone è lecito parlare di scorrimento idrico in falda di qualche interesse, là dove si raggiungono portate unitarie costanti durante tutto l'anno intorno ai 2-3 litri /sec.

Le aree più significative si ritrovano in corrispondenza delle paleoalluvioni del rio Ardenza e del Rio Maggiore o comunque sono ad essi collegati mediante scorrimenti di sub-alveo.

I pozzi di buona potenzialità produttiva rappresentano una modesta frazione del totale, non superando il centinaio di unità e, verosimilmente, tale valutazione si riduce ulteriormente per quelli che mantengono una costanza produttiva nell'intero anno.

6.9 CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO- Tav. 9

La recente normativa (Del. CR 21/06/94 n. 230 e Dec. GR 19/06/1995 n. 8) sui provvedimenti per il rischio idraulico, ha inserito nell'elenco dei corsi d'acqua tutte le aste principali del comune di Livorno. Esse, a partire da nord, sono:

canale Scolmatore dell'Arno con la sigla PI3044, canale navigabile dei Navicelli (tributario Scolmatore) LI624, torrente Ugione LI2928, rio dell'Acqua della Puzzolente (tributario Ugione) LI1971, rio Cigna LI2078, rio Maggiore LI2270, rio Ardenza-Popogna LI1988, botro Folconi (o Forconi) (tributario Ardenza) LI332, rio del Molino Nuovo (tributario Ardenza) LI2218, botro delle Prugnolicce (tributario Ardenza) LI402, botro Rosso (tributario Ardenza) LI448, botro delle Carrozze (o fosso della Banditella o di Antignano) LI285, rio Maroccone LI2206, botro di Calafuria LI264, botro del Rogiolo LI445, botro Quercianella LI404, torrente Chioma LI2543.

Tutti i corsi d'acqua sono classificati con ambito AB, ad eccezione del B.Rosso, R.Maroccone, B.Calafuria e B.Rogiolo, che sono in ambito A.

LE CARATTERISTICHE DEI CORSI D'ACQUA

Per i vari corsi d'acqua che attraversano la fascia costiera livornese, sono descritti i caratteri geomorfologici essenziali e per quelli di maggior interesse vengono fornite le principali grandezze utili per i calcoli delle portate.

I dati sono tratti per la maggior parte da studi redatti da tecnici di Enti pubblici ai quali compete la sorveglianza dei fiumi, principalmente il Consorzio di Bonifica Fiumi e Fossi di Pisa e la Regione Toscana-Genio Civile di Livorno, o da studi di Specialisti di idraulica che, per conto del Comune di Livorno, hanno seguito o curano alcune problematiche inerenti i corsi d'acqua del livornese.

Sono indicate la superficie totale del bacino (S), la lunghezza complessiva dell'asta principale (L), ed il coefficiente di uniformità di Gravelius (F) che ha una influenza diretta sulle caratteristiche dei deflussi durante le piene e sulla entità dei fenomeni erosivi lungo le pendici e conseguentemente per i processi di trasporto solido.

Sono specificati il valore dell'altezza media del bacino (Hm) dedotto dall'analisi della curva ipsografica e quello del tempo di corrivazione (Tc) calcolato dalla formula empirica del Giandotti, molto usata dai tecnici per i bacini di cui non si hanno dati idrometrici atti a calcolare le piene, come è per tutte le aste in questione.

Per la valutazione del coefficiente di deflusso (C) che stima il contributo sotto forma di ruscellamento delle acque meteoriche in alveo, sembrano necessarie nel prosieguo degli studi ulteriori considerazioni sulle caratteristiche del territorio di drenaggio di ogni singolo bacino.

Poichè la quantità di deflusso dipende anche dal grado di saturazione ed immagazzinamento del suolo al momento della precipitazione, si riterrebbe opportuno procedere a puntuali ed approfondite analisi e verifiche con metodi che trovano oggi sempre maggiore applicazione, ad esempio utilizzando l' S.C.S. Curve Number.

Delle aste maggiormente studiate, l'Ugione, il Felciaio, l'Ardenza, i botri della zona di Quercianella e parzialmente il Cigna, vengono fatte considerazioni sul rischio idraulico in maniera non omogenea, cioè con tempi di ritorno diversi per ciascuna di esse.

La situazione dell'Ugione è stata analizzata con Tr approssimativamente di 50 anni, l'Ardenza con Tr di 100 anni, il Felciaio ed i botri di Quercianella di 200 anni ed il Cigna di 50-100 anni.

I corsi descritti, a partire da quelli che si trovano nella zona settentrionale, sono nell'ordine lo scolmatore dell'Arno, il torrente Ugione, il rio Cigna, il rio Maggiore, il rio Felciaio, il rio Ardenza, i botri della zona di Antignano, i botri della zona di Calafuria-Calignaia, i botri della zona di Quercianella, il torrente Chioma.

1. SCOLMATORE DELL'ARNO

La fascia settentrionale di confine con il Comune di Pisa, da Stagno fino al Calambrone, presenta una idrografia superficiale caratterizzata dal Canale Scolmatore dell'Arno.

In questo tratto terminale di circa 3.7 km, in esso confluiscono in sinistra il Fosso Toretta, l'Antifosso delle Acque Chiare ed il Canale Navigabile dei Navicelli.

Tutta la piana è molto bassa con quote topografiche di poco sopra il livello del mare e quindi in una situazione morfologica teoricamente sfavorevole rispetto alla vulnerabilità idraulica.

Si deve evidenziare però che lo Scolmatore dell'Arno, realizzato per le piene straordinarie del fiume, non può dar luogo ad episodi di sormonto e di esondazione e ciò vale anche per i tributari.

A questo si deve aggiungere che in tutta la zona, prossima alla linea di costa, il livello dell'acqua dello Scolmatore e dei canali coincide esattamente con quello marino.

2-TORRENTE UGIONE

(Studi del Consorzio di Bonifica Fiumi e Fossi di Pisa e note di altri tecnici specialisti)

Il corso d'acqua delimita il confine tra i comuni di Collesalveti e di Livorno, ed il bacino imbrifero si sviluppa a nord ed ad est di Livorno, confinando a nord con il bacino dell'Acqua Salsa, che sfocia nello Scolmatore d'Arno, e quindi ad est con il bacino del Rio Morra e del Rio Tanna, affluenti de torrente Tora.

A sud è delimitato dal bacino del Rio Maggiore, mentre ad ovest confina con l'area urbana della città di Livorno.

La linea spartiacque ha una lunghezza complessiva di circa 239.5 km.

Prendendo il via dalla foce e procedendo in senso orario, la linea spartiacque tocca la zona industriale, dove è insediata la AgipPetroli, ed attraversa Ponte Ugione; quindi seguendo un andamento verso est, passa per Colle dei Ghiacci (55 m), Poggio al Tesoro (78 m), Poggio ai Fichi (86 m).

Piegando verso sud, tocca Poggio Bellavista (91 m), Monte Masso (118 m), Poggio della Quercia (312 m), Poggio i Pari (403 m), Poggio delleVaccaie (451 m) e Poggio ai Tre Molini (435 m).

Quindi, seguendo un andamento in direzione ovest, coincide con la linea spartiacque del Rio Maggiore, fino alla ferrovia Pisa-Roma. Qui, la linea spartiacque si dirige verso nord seguendo la ferrovia stessa e si chiude presso il porto industriale.

L'intero bacino, rivestito di boschi cedui nella parte montana e con carattere prevalentemente agricolo nell'ampia zona valliva, si trova in buone condizioni e con limitati movimenti franosi e smottamenti.

L'area totale dell'intero bacino è pari a $S=34.70 \text{ km}^2$.

A partire dall'origine, sotto il Poggio delle Vaccaie, una volta aggirato il Poggio Corbolone (q. 270 m s.l.m.) si presenta dopo circa 8 Km al ponte alla Via Ajacca, dove inizia il tratto arginato vero e proprio. Un tratto di 2.16 Km che riceve in sinistra il contributo del Rio Puzzolente (il cui sviluppo è di circa 6 km). a breve distanza, 237 m, verso valle in destra, è presente lo scarico dei tubi di mandata dell'idrovora del Cateratto. Dopo ancora 1.91 Km, si immette, sempre in sinistra, il Rio Cigna (sviluppo 8.75 Km). Non rimangono che 400 per arrivare allo sbocco nella Darsena. Complessivamente quindi l'Ugione ha un corso di circa 12.7 Km

Il torrente Ugione corre parallelo a strade provinciali solamente lungo brevi tratti di pianura; nel tratto montano è difficilmente raggiungibile e solamente in alcuni punti vi sono strade carreggiate e campestri che offrono la possibilità di arrivare fino all'alveo.

Tra gli affluenti di destra, che peraltro hanno un'importanza limitata sui deflussi del torrente Ugione, il primo è costituito dal Rio Vallelunga di Suese, con un bacino di area $S = 2.40 \text{ km}^2$ e con un alveo lungo 3.8 km, il quale raccoglie le acque relative alle pendici di Poggio ai Fichi.

Quindi, dopo meno di un chilometro, vi è la confluenza del Rio La Valletta, piccolo corso d'acqua lungo 3.5 km e con un bacino di raccolta di 1.90 km^2 .

Proseguendo verso monte, non vi sono più affluenti lungo la sponda destra, e l'alveo principale del torrente Ugione corre assai vicino alla linea spartiacque che da monte Masso va in direzione sud fino al Poggio ai Tre Molini.

Gli affluenti di sinistra sono molto più importanti; partendo da mare, ad appena 500 m circa dalla foce, in corrispondenza della località dove si trova il Cimitero di S. Stefano ai Lupi, vi è la confluenza con il Rio Cigna, che a sua volta riceve il contributo del Rio Cignolo.

Il sottobacino del Cigna (vedere di seguito) ha un'area di circa 9 km^2 , mentre l'alveo ha una lunghezza pari a circa 8 km.

Quindi, subito prima del ponte sull'Aurelia, vi è la confluenza di un secondo importante affluente, il Rio dell'Acqua Puzzolente, che a sua volta ha un reticolo idrografico molto articolato, ricevendo in destra il contributo del Rio Vallelunga, del Rio Paganello e del Rio del Lupo. L'intero sottobacino dell'Acqua Puzzolente si sviluppa sopra un'area complessiva di 11.60 km^2 , con un alveo di lunghezza $L = 5.9 \text{ km}$.

Infine, a monte il torrente Ugione riceve il contributo del Botro dell'Arme, con un bacino di 1.1 km^2 ed una lunghezza dell'alveo di 2.2 km.

La "densità di drenaggio" dell'intero bacino, pari al rapporto tra la somma complessiva delle lunghezze di tutti i corsi d'acqua che compongono il reticolo idrografico e l'area del bacino stesso, è più bassa rispetto a corsi d'acqua limitrofi.

Il bacino del torrente Ugione si sviluppa infatti sopra un'area che ha bassi rilievi e che si presenta con un'ampia zona di valle di natura relativamente più permeabile degli altri bacini del livornese.

I terreni di collina si presentano con una buona copertura vegetale, ma la capacità d'immagazzinamento è bassa.

La pendenza del torrente Ugione, eccettuato un breve tratto montano, è contenuta entro limiti relativamente ristretti, con una pendenza media pari a 0.015.

Il coefficiente di uniformità F è uguale a 1.40. Tale valore basso di F testimonia la notevole uniformità del bacino del torrente Ugione, che infatti si presenta abbastanza vicino alla forma ideale circolare, con coefficiente di uniformità unitario.

L'altezza media H_m del bacino del torrente Ugione è di 73.90 m.

L'Ugione scorre in gran parte in zone di basse colline ed in zone pianeggianti. Più dei 3/4 del bacino dell'Ugione di trova al di sotto dei 100 m s.l.m.

Il tronco arginato terminale passa con la sponda destra l'abitato di Ponte Ugione, per attraversare poi la vasta area industriale fino allo sbocco in mare che avviene alla Darsena Ugione, all'interno del Porto Industriale.

Il valore del tempo di corrivazione alla foce, in conseguenza del basso valore di Hm, risulta abbastanza elevato e pari a $T_c=6.26$ ore.

L'Ugione presenta un carattere tipicamente torrentizio ed è molto sensibile a piogge di breve durata ed intense (da 1 a 3 ore).

Dal punto di vista idraulico il bacino è suddivisibile in tre sottobacini principali: dell'alto Ugione, con sezione di riferimento alla Via Ajaccia, superficie di 12 Km²; del Rio Puzzolente, con sezione di chiusura allo sbocco dell'omonimo torrente, superficie di 13.1 Km² (la cima più alta è il monte La Poggia a quota di 384 m s.l.m); del Rio Cigna, con sezione di chiusura all'ingresso della zona urbana, superficie di 3.8 Km² (la cima più alta è a quota 295 m s.l.m).

A questi, che compongono il bacino idrografico naturale dell'Ugione, deve essere aggiunto il bacini del fosso Cateratto, in passato tributario del bacino dell' Acqua Salsa.

Il collegamento avviene in via artificiale, attraverso il funzionamento di un impianto idrovoro.

RISCHIO IDRAULICO

Il Torrente Ugione, così come gli ultimi tributari di sinistra, in occasione di eventi piovosi intensi e prolungati, quali i violenti nubifragi che si sono più volte abbattuti sul territorio livornese negli anni '90, più volte hanno mal sopportato il carico idraulico.

Nel periodo 1990-1993, si sono verificati complessivamente tre rilevanti eventi di piena, che hanno provocato allagamenti e gravi danni, in particolare durante l'alluvione dell'1 Ottobre '93, fu temuto il peggio in quanto si corse concretamente il rischio di collassi delle arginature, con possibili effetti catastrofici.

In quell'occasione, quando alla stazione pluviometrica di Nugola si registrarono 149.8 mm di pioggia nelle 24 h (48 mm nelle prime 6 h e 112.4 mm in 12 h), in alcuni punti dell'asta principale e dei suoi tributari, anch'essi pensili, si sono verificate tracimazioni con rischio per i rilevati arginali in terra.

L'alluvione, che può colpire le zone limitrofe al torrente Ugione, in particolare quelle che più interessano e cioè quelle situate a valle della S.S. Variante Aurelia, può essere analizzata come fenomeno composto di una pluralità di situazioni con origine e conseguenza diverse.

Lo scenario degli eventi alluvionali che hanno interessato nel passato recente le aree di pertinenza del corso d'acqua e di quelli che potenzialmente potrebbero verificarsi in futuro, è stato delineato dal Consorzio di Bonifica Fiumi e Fossi di Pisa per la redazione di un progetto di sistemazione idraulica dell'asta, sulla base di un'analisi sul campo e di uno studio idrologico.

Possono presentarsi due scenari differenti di evento alluvionale, uno di tipo diretto, causato dal cedimento dei rilevati arginali o di tracimazione all'interno delle aree, l'altro di tipo indiretto dovuto all'effetto di propagazione di masse d'acqua da zone di esondazione localizzate a monte.

Sono stati elencati pertanto i singoli fatti alluvionali, che sono effettivamente avvenuti e sono stati registrati nel passato recente, ma anche quelli potenziali, evidenziati soprattutto dall'ultimo evento verificatosi il 1° Ottobre '93:

- Onda di piena proveniente dalla zona Suese, allagata dall'Ugione nel tratto non arginato, che, per sormonti e rottura di un tratto d'argine traverso la campagna, parallelo alla Via Ajaccia, si trasferisce lungo il fondovalle in destra, terminando in località Ponte Ugione, con allagamento dell'area compresa tra la S.S. Aurelia e la S.S. Variante Aurelia per circa 12-23 h: il bacino invaso è quello del fosso Cateratto che presenta due recapiti, l'omonimo impianto idrovoro con scarico nell'Ugione stesso, e l'Acqua Salsa, mediante una paratoia ad azionamento manuale (evento verificato).

- Potenziale rottura degli argini sinistro e destro, compresi tra la Via Ajaccia (inizio tratto arginato) e la S.S. Variante Aurelia, per sormonto o cedimento del rilevato arginale, non adeguato come struttura resistente. Conseguenti allagamenti: in destra della zona Ponte Ugione con effetti amplificati rispetto alla situazione precedentemente descritta, possibile oltrepasso della S.S. Aurelia ed allagamento dell'area della raffineria AgipPetroli; in sinistra allagamento della zona industriale in località Vallin Buio, rigurgito del Rio Vallelunga con allagamento della S.P. delle Sorgenti, possibile sormonto degli argini del Rio Puzzolente con conseguente allagamento della zona lungo la S.S. Aurelia. Bacino colpito quello di bonifica a scolo meccanico della Paduletta. (evento potenziale).

- Tracimazione e rottura dell'argine sinistro del Rio Puzzolente per rigurgito dovuto all'Ugione, con conseguente allagamento delle aree lungo la S.S. Aurelia. Bacino colpito la bonifica a scolo meccanico della Paduletta. (evento verificato).

- Tracimazione lungo gli argini sinistro e destro compresi tra la S.S. Variante e lo sbocco, con allagamento delle aree industriali limitrofe per circa 12-24 h. Bacini colpiti bonifica della Paduletta e Cateratto. (evento verificato).

- Rottura arginale per tracimazione o cedimento strutturale per insufficienza della massa resistente nel tratto compreso tra la S.S. Variante Aurelia e lo sbocco. È l'evento con conseguenze massime, in certi casi potrebbe assumere carattere catastrofico con rischio di perdita di vite umane, allagamenti con tempi e diffusione non quantificati (evento potenziale).

- Allagamenti zona Aurelia a sud del torrente Ugione per deflussi provenienti da zona Picchianti e S. Stefano ai Lupi.

Il bacino colpito è quello della Paduletta a scolo meccanico (evento verificato). Pur non essendo conseguente al comportamento dell'Ugione, questa situazione viene segnalata per completare il quadro alluvionale dell'area e perchè il recapito finale di queste acque dovrebbe essere prevedibilmente il torrente Ugione (vedere di seguito).

I fenomeni meteorici che possono provocare tali situazioni hanno un tempo di ritorno che, con sufficiente approssimazione è dell'ordine dei cinquanta anni.

A titolo indicativo i dati di portata massima consentita attualmente dalle sezioni, ovvero la portata contenuta entro l'alveo con incipiente tracimazione, possono essere così stimati.

Per il tratto subito a monte della Via Ajaccia $Q=113$ mc/sec, nel tratto arginato a valle della Via Ajaccia $Q = 105$ m³/s, nel tratto a valle del Rio Puzzolente $Q = 165$ m³/s, nel tratto a valle del Rio Cigna $Q = 203$ m³/s e nel tratto allo sbocco in mare $Q = 135$ m³/s.

Il contributo dell'idrovoro sul Cateratto è di 1.5 m³/sec.

LA SISTEMAZIONE IDRAULICA

Lo studio delle caratteristiche idrauliche del bacino evidenzia che le sezioni dell'alveo non sono tali da garantire una sufficiente portata massima, con uniforme e prefissato grado di rischio lungo il corso d'acqua, nè esistono realistiche possibilità di adeguamento.

L'analisi combinata degli scenari d'esonazione potenziali e degli eventi accaduti a seguito delle piene degli anni passati, hanno consentito al Consorzio di Bonifica Fiumi e

Fossi di Pisa di definire i criteri d'intervento e le opere prioritarie per messa in sicurezza della zona urbana.

E' emersa la necessità di intervenire per regimare le portate di colmo, con la costruzione di casse di espansione a monte del tratto urbano, e per operare un diffuso consolidamento delle difese esistenti, nonchè prevedere nuove opere ove necessarie, anche in conseguenza del mutato assetto del territorio.

È stato elaborato un progetto esecutivo di emergenza per la sistemazione idraulica del torrente Ugione che ha perseguito i seguenti obiettivi:

- regimazione della piena prima del suo ingresso nel tratto arginato urbano, grazie alla realizzazione di casse d'espansione;
- difesa della zona urbana dall'invasione di acque esterne provenienti dai fondovalle, per fuoriuscita dagli alvei, attraverso la realizzazione di argini traversi in campagna;
- consolidamento delle opere di difesa esistenti, ad evitare effetti catastrofici anche in caso di situazione estrema, per mezzo di rivestimento in calcestruzzo del paramento esterno dei rilevati arginali o di jet-grouting;
- interventi di risagomazione delle sezioni di deflusso del torrente, con modellamento degli argini e rialzamento degli stessi nel tratto urbanizzato per consentire il deflusso delle portate di progetto con un certo franco di sicurezza sui coronamenti.

LE OPERE REALIZZATE E DA REALIZZARE

Il progetto di emergenza, messo a punto dal Consorzio di Bonifica, è in via di completamento per quanto concerne gli interventi nel tratto arginato urbano e per quanto riguarda la costruzione di argini traversi in campagna.

Sono già stati eseguiti interventi sul tratto del corso idrico che va dalla foce alla ferrovia Pisa-Livorno, con rialzamento e rivestimento a spritz-beton, e sono praticamente terminati l'argine traverso (argine remoto di seconda difesa) in sinistra orografica, a valle della confluenza con il Rio della Puzzolente, a Ponte Ugione.

E' stata realizzata la vasca di espansione con relativa idrovora in destra orografica in località Vallin Buio (è stata aggiunta una nuova pompa da 500 l/sec a quelle da 700 l/sec ed al gruppo elettrogeno esistenti) e la cassa di espansione in destra orografica in località Via Aiaccia.

Terminata la fase relativa a questo progetto di sistemazione, da parte del suddetto Ente competente per l'Ugione, sarà dato avvio ad uno studio generale per il riassetto idraulico globale, compresa anche la parte alta del bacino.

Vengono di seguito esaminate due zone, molto critiche dal punto di vista idraulico, che si trovano in adiacenza al tratto terminale dell'Ugione e che ricadono quindi, anche se non direttamente, nel suo ambito.

Allagamenti della zona adiacente l'Aurelia, tra Ponte Ugione e la ferrovia

Il segmento finale arginato del torrente, da Ponte Ugione allo sbocco in mare, attraversa tutta la zona della Paduletta, ma ad eccezione di una piccola porzione di territorio in vicinanza degli svincoli stradali tra la SS n.1, la Variante Aurelia e il raccordo S.S. n° 206 per Collesalveti, non drena nessuna zona in fregio ad esso.

Il corso d'acqua è infatti pensile, sopraelevato rispetto all'area depressa in cui scorre e al pelo libero dell'acqua dei capofossi dell'intorno, e non può ricevere le acque dei terreni adiacenti, sia a sud che a nord.

Nella zona fra Ponte Ugione e la linea ferroviaria Pisa-Livorno, ovvero nella fascia bassa in sinistra, le acque superficiali confluiscono nelle fosse ai lati della S.S. Aurelia fino all'altezza del sottopassaggio della ferrovia.

Da qui, che è il punto più basso della zona, il deflusso idrico avviene mediante un collettore che si dirige a nord.

Questa fossa sottopassa l'Ugione mediante una "botte" (da qui il nome Fossa della Botticina) e dopo un percorso di 800 m termina alla idrovora di sollevamento posta accanto alla stazione ferroviaria di Calambrone.

A Ponte Ugione la zona maggiormente critica è quella in destra, cioè quella che fa capo al Fosso del Cateratto. I fenomeni di esondazione si verificano in località Campo al Melo-Podere Aiaccia, circa 2,5 Km a monte.

E' accaduto però che anche l'argine in sinistra sia stato superato. Su questa sponda le zone dove si sono verificate tracimazioni sono quelle alla confluenza del Rio dell'Acqua Puzzolente e del Rio Vallelunga.

Il tratto più critico è sotto il ponte della S.S. Variante Aurelia dove, nel citato nubifragio del '93 è stato superato l'argine per 200-300 metri.

Le acque tracimate, per la fisionomia della zona, possono defluire verso l'idrovora del Calambrone solo attraverso le due fossette poste ai lati della strada statale Aurelia.

A causa della lontananza dell'idrovora e della difficoltà dello smaltimento, l'allontanamento delle acque non avviene efficientemente e si hanno allagamenti e ristagni nei punti più depressi.

A questa massa d'acqua c'è da aggiungere poi quella proveniente dalla piana alta de I Picchianti.

Le acque meteoriche di tutta la porzione settentrionale della piana recapitano solo in minima parte nel Rio Cigna e nel Rio della Puzzolente ed in grande quantità scolaro direttamente verso la Via Provinciale Pisana-S.S. Aurelia cioè verso l'area critica in questione.

L'allagamento interessa una fascia di terreno tra l'Ugione e la S.P. n.4 delle Sorgenti, estendentesi verso sud-ovest tra l'Aurelia e via Provinciale Pisana e l'area tra il torrente e la statale, a valle del ponte di Via Enriquez .

Generalmente il ristagno dell'acqua si prolunga per alcune ore (con interruzione del traffico sulla statale), ma è accaduto che la zona sia rimasta sott'acqua per un paio di giorni (Ottobre 1993).

Si deve osservare però che nella striscia fra Ponte Ugione e Via Enriquez, laddove il piano campagna originario è stato rialzato, anche nelle situazioni più critiche, non si sono verificati allagamenti.

L'idrovora del Calambrone, che attraverso la rete drenante delle fosse e capofossi, serve tutta la zona a nord dell'asta torrentizia, fino a poco tempo fa aveva una capacità di pompaggio di 1.500 litri al secondo (due pompe da 750 l/sec).

Con i recenti interventi di sistemazione idraulica d'emergenza, l'impianto è stato potenziato con l'aggiunta di due nuove pompe da 1.200 l/sec ciascuna, per una portata complessiva attuale di 3.900 l/sec.

Subito a valle della confluenza del Rio della Puzzolente nel torrente, fra la S.P. delle Sorgenti e l'Ugione, è stato costruito un argine traverso per il contenimento delle eventuali tracimazioni in sinistra.

La situazione della zona, con il potenziamento dell'idrovora e la costruzione dello sbarramento, è oggi decisamente mutata e migliorata.

Rimane il problema della regimazione delle acque provenienti dalla piana de I Picchianti.

Allagamenti della zona di Paduletta (stabilimento ex Ginori)

Anche l'area posta tra la Via F. Filzi, la ferrovia Calambrone-Stazione S.Marco ed il ponte di Via Genova, attualmente occupata dallo stabilimento industriale delle Ceramiche Livornesi (ex Richard-Ginori), è sottoposta ad allagamento e ristagni d'acqua.

L'area è depressa rispetto all'intorno e le acque meteoriche, attraverso il sistema fognario, vengono raccolte e convogliate nel punto altimetricamente più basso, posto al vertice nord occidentale dei piazzali, nei pressi della ferrovia.

Da qui, esse sottopassano i binari in cunicolo e, sempre mediante fognoli sotterranei, si dirigono verso la via delle Cateratte ed il Fosso delle Cateratte. Non potendo più sfociare nel Fosso, poichè esso è stato interrato, lo scarico è collegato alla condotta comunale che termina in Darsena Ugione.

Da aggiungere che il carico idraulico dell'area anni addietro era minore, poichè la parte dell'area posta a levante, vicina alla S.S. Aurelia, tributava le acque meteoriche direttamente nel fosso Cignolo e quindi nel Rio Cigna, all'altezza del cimitero de I Lupi.

Oggi, essendo il fosso intubato ed i terreni di questa zona rialzati, tutte le acque si riversano ad occidente del punto di raccolta più depresso, lungo la ferrovia.

Per la lunghezza del tratto da attraversare e per la sinuosità di questo, ma soprattutto per le minime pendenze del percorso, lo scorrimento in fogna avviene con estrema difficoltà.

In occasione di eventi piovosi intensi e prolungati l'impianto fognario "non riceve", causando allagamenti sui piazzali ed entro i reparti del piano terra dello stabilimento, come è stato rilevato nell'ottobre del 1993, quando si è registrata per una buona mezza giornata la permanenza di qualche decimetro di battente d'acqua.

3-RIO CIGNA

(Studi di tecnici specialisti eseguiti per il Comune di Livorno e per la Regione Toscana-Genio Civile di Livorno)

Il Rio Cigna, ultimo tributario di sinistra del Torrente Ugione, presenta un bacino imbrifero di forma allungata, ubicato ad est della città di Livorno. Il bacino è delimitato ad ovest dalla linea ferroviaria Pisa-Roma ed è compreso tra i bacini del Rio Maggiore a sud ed il bacino del Rio dell'Acqua della Puzzolente, tributario dell'Ugione, a nord-est.

La topografia del bacino è caratterizzata da due zone ben distinte. Infatti si hanno aree a sensibile pendenza e quindi limitati tempi di corrivazione nella parte collinare fino alla isoipsa di 50 m ed aree a debole pendenza e tempi di corrivazione più elevati nella zona a mare.

La parte del bacino collinare si trova in buone condizioni, rivestito in parte di boschi cedui a rotazione regolare. Tale zona non presenta problemi di disordine idraulico, nè fenomeni di smottamenti e franamenti.

Anche i fenomeni di erosione delle pendici sono di entità limitata, per cui l'alveo presenta un trasporto solido di scarsa consistenza.

La utilizzazione dei terreni di gran parte del bacino, ha carattere di natura prevalentemente agricola con scarsa copertura vegetale. Peraltro, negli ultimi anni, una sempre più consistente zona di valle è stata urbanizzata ed è stata interessata da infrastrutture insediative di vario genere, le quali hanno alterato sensibilmente la originaria fisionomia del Rio Cigna, che nell'asta di valle, da corso d'acqua naturale, è divenuto un canale di drenaggio delle acque meteoriche.

Il reticolo idrografico del bacino, in verità non molto articolato, è fondamentalmente caratterizzato da due sole aste: Rio Cigna e Rio Cignolo.

Il Rio Cignolo confluisce nel Rio Cigna a valle della Via della Padula, all'altezza del cavalcavia ferroviario posto subito a nord della stazione.

L'area del bacino è di $S=8.844 \text{ km}^2$, la lunghezza dell'asta è $L=7.00 \text{ km}$ e l'altezza media $H_m=38.0 \text{ m}$. Il coefficiente di deflusso, stimato secondo le tabelle di Beinar, risulta $C=0.70$.

RISCHIO IDRAULICO

Il Rio Cigna, così come il suo tributario di destra, Rio Cignolo, in occasione di precipitazioni intense e prolungate, durante gli anni '70-'80, aveva dato luogo ad importanti episodi alluvionali.

Tra i più significativi si ricordano quelli occorsi negli anni 1973 e 1986 quando fra le altre vennero allagate una fascia lungo il rio a tergo della stazione ferroviaria, compreso i sottopassaggi dello scalo medesimo, ed alcune zone in località La Cigna.

Oggi la situazione dell'asta nel tratto urbano, da Rombolino fin quasi alla foce (il Rio Cigna si immette nell'Ugione a 500 metri dal suo sbocco in mare che avviene alla Darsena Ugione) è molto cambiata.

Su una apprezzabile superficie drenata dal rio, in passato sempre ad uso agrario, si è passati ad aree destinate ad attività artigianali ed industriali, ad abitazioni ed a estese aree urbanizzate.

In particolare il Cigna, quasi nella parte terminale, drena la fascia di ponente della piana de I Picchianti, dove attualmente i campi e la rete drenante originaria sono del tutto scomparsi con la realizzazione degli insediamenti produttivi, e la viabilità e lo smaltimento delle acque meteoriche avviene attraverso la nuova rete fognaria.

Nello stesso tempo sono stati apportati notevoli cambiamenti all'alveo dell'asta idrica con importanti opere di sistemazione da parte degli Enti competenti.

Sulla base di specifici studi idrologici-idraulici, è stato eseguito un generale riordino del corso d'acqua regolarizzando e ingrandendo le sezioni dell'alveo e dei ponti e rivestendo le arginature per migliorare il deflusso.

Attualmente tutto l'alveo a partire dalla località Rombolino, 2 Km a monte de I Picchianti, fino alla foce è completamente canalizzato.

Di recente è stato infatti completato il rivestimento anche nell'ultimo tratto, all'altezza de I Picchianti, che ne era privo, circa 400 m, da via Guarini allo stabilimento Pirelli.

La sezione del corso d'acqua è ampia e viene regolarmente effettuata la sua manutenzione.

In concomitanza degli eccezionali eventi piovosi che hanno colpito l'area livornese negli ultimi anni, non c'è stata una particolare difficoltà di smaltimento.

A monte di Rombolino, cioè dal ponte della S.S. Variante Aurelia, le caratteristiche del corso d'acqua sono quelle naturali.

Il percorso ha un andamento abbastanza sinuoso e il Cigna scorre prevalentemente incassato e solo in alcuni tratti con argini in terra rialzati di poco dal piano campagna.

Esso ha una sezione trapezia, con larghezza delle sponde di circa 7-10 m e letto dell'alveo intorno ai 3-4 m. Risalendo verso l'origine la sezione tende a ridursi gradualmente.

Nella fascia lungo il rio, tra il ponte della Variante Aurelia e la Via Cambini (lungo la ferrovia), in seguito ad eventi pluviometrici eccezionali, si sono verificati alcuni episodi di alluvionamento, gli ultimi in ordine di tempo nell'ottobre 1990 e nell'ottobre 1993. L'evento alluvionale più esteso e dannoso è stato quello del 1990.

In quella occasione, oltre alle piogge eccezionali, l'episodio fu determinato da diverse concause.

La fisionomia del corso d'acqua in questa zona era molto diversa da quella odierna poiché da tempo si era generato un totale stato di abbandono.

La sezione era in vari punti molto ridotta e sia il letto che gli argini erano ricoperti da una fitta vegetazione, detriti e materiali di discarica con notevole ostacolo anche per il normale deflusso e conseguente ristagno di acque putride.

La piccola luce del ponte di Via della Padula, per come era costruito, non appena le acque di piena trasportavano una grossa quantità di tronchi e materiale solido, si dimostrava non idonea e ostruendosi diventava uno dei punti più critici del rio.

Il vecchio muro di contenimento in sinistra prima del ponte di Via della Padula era fatiscente ed in concomitanza al periodo piovoso particolarmente prolungato, che alzò il livello del rio, la costruzione andò definitivamente distrutta.

In seguito al crollo si accumularono nell'alveo varie decine di metri cubi di macerie che ostruirono ulteriormente il deflusso e in seguito al protrarsi dei fenomeni meteorologici concorsero a provocare lo straripamento del corso d'acqua all'altezza delle attuali ultime anse del Cigna.

Durante gli eventi critici sono stati allagati i terreni adiacenti più bassi mentre le aree che sono state rialzate non sono state invase dalle acque.

La permanenza delle acque nelle aree alluvionate si è sempre limitata a periodi brevi, normalmente di poche ore; la naturale morfologia della zona con pendenze dirette verso il rio fa sì che le acque di esondazione riconfluiscono rapidamente nell'alveo del corso d'acqua.

Dopo l'ultima alluvione del 1993 di entità inferiore alla precedente e verificatasi mentre il nuovo ponte di Via della Padula era in costruzione, il Cigna non ha più raggiunto livelli preoccupanti.

L'area corrispondente all'alluvione del '90, per la concomitanza degli eventi che contribuirono a causarla, sarebbe stata in ogni caso la massima esondabile.

Così come la situazione imponeva, in questo tratto dell'asta idrica, da parte degli Enti competenti sono stati realizzati di recente importanti lavori di sistemazione idraulica.

Come accennato, già prima della piena del '93 era iniziata la ricostruzione del ponte di Via della Padula eseguita secondo specifici studi idraulici e con sezione idonea a portate di piena per tempi di ritorno di cento anni.

Oggi il corso d'acqua ha una fisionomia del tutto mutata rispetto a pochi anni fa. Il nuovo ponte, la riedificazione del muro in c.a. al posto di quello crollato, la sistemazione idraulica dell'intero tratto di Rombolino con verifica delle sezioni e con la regolare ripulitura e manutenzione dell'alveo, hanno ridotto in maniera notevolissima il rischio idraulico della zona.

A ciò si deve aggiungere la sistemazione dell'intero percorso a parte a valle del Cigna, già precedentemente realizzata.

Per quanto riguarda i calcoli di portata, in località Rombolino, al ponte di Via della Padula, con una superficie del bacino pari a 3.44 km^2 ed una lunghezza dell'asta di 4.45 km, il tempo di corrivazione T_c è di 2.44 ore e la portata massima con tempo di ritorno di 50 anni è di circa 45 mc/sec col metodo razionale e di 53 mc/sec se calcolata con metodo del Giandotti.

Con tempo di ritorno $T_r=100$ anni, con i due metodi la portata vale rispettivamente 50 mc/sec e 59 mc/sec.

All'altezza del ponte della Via Provinciale Pisana il tempo di corrivazione è di 4.24 ore.

Con tempo di ritorno di 50 anni, è stata calcolata una portata variabile da 82 a 100 mc/sec a secondo dei metodi impiegati.

4-RIO MAGGIORE

(Studi eseguiti dal Comune di Livorno e dalla Regione Toscana-Genio Civile di Livorno)

Il Rio Maggiore ha un bacino imbrifero orientato in senso ovest-est, confina a nord, prima con l'abitato di Livorno, quindi con il bacino del Rio Cigna che sbocca nell'Ugione. Ad est, per un brevissimo tratto, confina con il bacino del Rio Ardenza, ed in corrispondenza della zona di pianura, con il bacino del Botro Felciaio.

La linea spartiacque si sviluppa per una lunghezza complessiva pari a circa 21 Km.

Procedendo in senso orario e partendo dalla foce, tale linea, dopo aver attraversato l'abitato di Livorno, in corrispondenza del quartiere Fabbrocotti, si sviluppa in direzione est tra l'alveo del Rio Maggiore e l'alveo del Rio Cigna.

Attraversa l'abitato di Limoncino e quindi tocca Monte la Poggia (384 m), Poggio Cancelliaia (384 m) e poggio ai Tre Molini (435 m), che costituisce il punto più orientale del bacino.

Quindi piegando verso ovest, dopo Poggio Lecceta (462 m), si identifica con la linea di separazione tra il bacino del Rio Maggiore ed il bacino del Rio Ardenza fino alla località Lazzeretto (92 m).

Nella zona di pianura la linea spartiacque attraversa l'abitato di Salviano, la zona dello stadio e si chiude alla foce in località S. Leopoldo.

Il bacino del Rio Maggiore è di natura prevalentemente impermeabile; al di sopra dei 50 m, risulta coperto da una folta vegetazione, mentre nella parte piana terminale, che ha una limitatissima estensione, sono per lo più presenti insediamenti urbani.

L'area totale del bacino è pari a $S=8.78 \text{ Km}^2$. L'asta principale, dalla foce fino all'origine, presso valle Benedetta misura una lunghezza complessiva pari a $L = 9.5 \text{ Km}$.

Tale asta in pratica corre parallelamente alla strada provinciale che conduce alla Valle Benedetta e quindi alla SS 206.

L'ultimo tratto del corso d'acqua, subito dopo il Cimitero della Misericordia fino alla foce, è stato coperto e le acque defluiscono fino al mare in una struttura scatolare in calcestruzzo armato.

Il Rio Maggiore presenta una serie di colatori minori ugualmente distribuiti sulla sponda sinistra e sulla sponda destra. Tutti gli affluenti sono comunque di scarsa importanza, sia perchè hanno aste di limitata lunghezza, sia perchè raccolgono le acque di bacini di estensione assai limitata.

La pendenza del corso d'acqua è molto variabile. La pendenza media è pari all'1.85 %. Il coefficiente di uniformità di Gravelius F risulta essere $F = 1.98$.

Tale valore traduce in modo quantitativo la poca uniformità del bacino del Rio Maggiore che in effetti si presenta stretto e lungo, con un sensibile sviluppo longitudinale rispetto all'estensione trasversale.

Da un punto di vista quantitativo tale disuniformità del bacino del Rio Maggiore, si traduce in un'onda di piena, che a parità di tutte le altre condizioni (pluviometriche, climatologiche, geologiche, orografiche, pedologiche, vegetazionali, ecc.), si manifesta con una forma allungata e con picchi di massima piena poco pronunciati.

La determinazione dell'altezza media hm del bacino da luogo ad un valore pari a $Hm=142.50 \text{ m}$

Il tempo di corrivazione T_c relativo alla foce, secondo la formula empirica dovuta al Giandotti, molto usata nei calcoli idraulici per studi di bacini per i quali non esistono dati di natura idrometrica necessari a calcolare le piene, vale $T_c = 2.73 \text{ ore}$

Causa la urbanizzazione della zona, per esigenze sanitarie, il tratto terminale dell'asta è stato man mano coperto negli anni '70-'80 ed oggi a partire da Via Cattaneo e fino allo sbocco, per una lunghezza di circa 1 Km, è interamente sostituito da un collettore.

Si tratta di una struttura scatolare in c.a. con chiusini che permettono l'accesso per l'opera di manutenzione e sorveglianza.

La sezione utile interna del collettore ha una larghezza di 5.7 m ed una altezza di 3.6 m ed è idonea a smaltire una portata di 106 mc/sec calcolata secondo Bazin con un invaso di acqua di 3.3 m ovvero con 30 cm di franco.

Il deflusso delle acque provenienti dal bacino alla sezione iniziale dello scatolare fu stimato in 74 mc/sec.

La valutazione di detta portata massima fu fatta in riferimento alla situazione pluviometrica più sfavorevole (i calcoli sono del 1981) rappresentata dal nubifragio del 2 ottobre 1935 quando si registrarono 160 mm di pioggia nelle 24 ore.

I contributi unitari di piena furono valutati in 7.4 mc/sec per Km² di superficie, valore che per un bacino sotteso di 10 Km² comporta appunto una portata di 74 mc/sec.

5-BOTRO FELCIAIO (O FELICIAIO O FERCIAIO)

(Studio eseguito per il Comune di Livorno)

Il bacino tributario del Botro Felciaio, situato alla periferia SE di Livorno, ha origine sulle prime pendici delle Colline Livornesi ed è interessato, nella sua parte a monte della ferrovia, dal nuovo quartiere della Scopaia-Leccia, mentre a valle della medesima è del tutto antropizzato attraverso il tessuto urbano fino al mare.

Le acque che alimentano il Felciaio seguono, pertanto, un ciclo idrologico naturale solo nella parte pedecollinare del bacino, in quanto nelle aree più a valle, interessate alla urbanizzazione in atto, i deflussi superficiali sono condizionati dalla impermeabilizzazione di vaste aree e dalla canalizzazione delle acque meteoriche nella rete fognaria delle acque bianche.

A valle della ferrovia, il Felciaio è completamente tombato sino alla foce e non riceve contributi idrici di deflusso naturale, ma solo quelli dei collettori delle fognature urbane che in varie epoche, occasioni e forme vi sono state allacciate.

Il Felciaio ha origine nei versanti occidentali che scendono da quote di circa 110 m s.l.m. in località Lazzaretto; circa 500 m più a valle il Felciaio comincia ad avere l'aspetto di un fosso, con alveo inciso nel fondo di una valletta ben definita e senza confluenti.

Senza ricevere, quindi, contributi idrici di pur piccoli affluenti, il Felciaio sottopassa Via di Collinaia, prosegue tra le contrade della Scopaia e Le Corti, devia, quindi, verso nord tra i terreni ormai quasi pianeggianti fino alla confluenza del Fosso del Querciaio.

Questo fosso aveva in tempi passati un bacino imbrifero naturale ben delineato, che si spingeva oltre la Leccia, ma l'alveo era di piccole dimensioni e poco profondo.

A seguito della costruzione del nuovo quartiere della Leccia, il Querciaio è stato intubato per notevole tratto, fino a valle della ex cava di argilla, ora riempita.

Da questo punto e fino alla confluenza nel Felciaio, distante poco più di 400 m, l'alveo del Querciaio aumenta di dimensioni ed in particolare di profondità, ciò non tanto per i contributi idrici che raccoglie, quanto per effetto della confluenza del Felciaio, dall'alveo più profondo.

A valle di tale confluenza, il Felciaio prosegue verso valle fino al ponte della Via di Popogna, al successivo sottopasso della superstrada ed al ponte della ferrovia.

Subito dopo tale ponte ha inizio il tronco coperto del Felciaio.

Il Felciaio ha una lunghezza complessiva di km 4.90, dei quali gli ultimi 1.435 km, a partire dal ponte della ferrovia, sono stati tombati, per tronchi, in epoche differenti (prima il tronco a monte e quello alla foce, poi quello intermedio).

Il bacino imbrifero naturale della parte scoperta del Felciaio ha una superficie di 1.720 km².

Di tale superficie, la parte in destra del botro è largamente occupata dagli insediamenti in gran parte già realizzati, mentre in sinistra sono attualmente in costruzione altri fabbricati.

La superficie del bacino del Felciaio interessata dalla urbanizzazione, già attuata o prevista, è di circa 0.595 km^2 , pari al 35 % del bacino imbrifero sotteso all'inizio del tronco tombato

Le formazioni geologiche che affiorano nel bacino del Felciaio appartengono al complesso neoautoctono e sono in massima parte pleistoceniche.

Nella parte collinare e fino quasi alla confluenza con il Querciaio si trovano i conglomerati, più in quota, e calcareniti sabbiose del Pleistocene Medio.

Non essendovi aree significative in dissesto tale da influenzare il deflusso idrico superficiale, dal punto di vista idrologico il carattere di maggiore rilievo è rappresentato dalla permeabilità dei terreni.

Per quanto concerne la copertura vegetale naturale, va segnalato che la zona era un tempo dedicata quasi esclusivamente a seminativi asciutti, semplici o prevalentemente arborati con alcuni modesti uliveti ai piedi delle colline ed al margine dell'ex sanatorio. Una buona vegetazione arborea ripariale fiancheggia a tratti il Felciaio e, in forma ridotta, il Querciaio.

All'inizio del tronco tombato, cioè all'altezza dell'attraversamento della linea ferroviaria, il Felciaio ha una superficie sottesa di 1.722 km^2 , con una lunghezza dell'asta di 3.465 km ed un perimetro del bacino di 6.400 km . L'altitudine media è di 37 m s.l.m. , mentre la massima è di 110 m . Il fattore di forma F vale per quest'area 2.35 , ed il tempo di corrivazione T_c è pari a 2.33 ore.

Alla medesima chiusura del bacino, la portata Q del Felciaio è pari a 16.92 mc/sec per un tempo medio di ritorno T_r di 100 anni, e di 18.59 mc/sec per un tempo medio di ritorno di 200 anni.

CONDIZIONI ATTUALI - RISCHIO IDRAULICO

Dal punto di vista del contenimento delle piene, in generale, l'alveo attuale diviene sempre più inciso man mano che si procede verso valle e riesce a contenere piene anche molto severe. Tale situazione non si verifica nei tronchi a monte di alcuni manufatti, che costituiscono restringimenti localizzati del botro.

Mentre i ponti più recenti e quelli in corso di progettazione consentono agevolmente il passaggio delle onde di piena eccezionali, i ponticelli antichi dell'era rurale sono tutti inadeguati in tal senso.

Tra la confluenza del Querciaio ed il ponte della Via di Popogna, sulla sponda in sinistra orografica ci sono costruzioni precarie o definitive, realizzate da privati frontisti che sono causa di riduzione della relativa sezione idrica.

Il progressivo abbandono della pratica agricola nei campi limitrofi ha comportato poi l'interruzione della ordinaria ripulitura e manutenzione del corso d'acqua.

A tali ostacoli ai deflussi di piena e stato di abbandono sono quindi da attribuire gli allagamenti verificatisi in passato in occasione di forti piene.

Negli ultimi anni, specie nell'autunno '90 e '91, il Felciaio in occasione di nubifragi, ha esondato in destra orografica all'altezza de Le Corti, allagando per qualche decina di metri la fascia di terreno attiguo.

Le esondazioni hanno avuto una durata molto breve e, favorite dal profilo orografico e dalla pendenza, le acque sono rientrate in alveo in meno di un'ora.

Vanno però ricordati i danni provocati per allagamento dei vani interrati dei fabbricati da poco realizzati.

SOLUZIONI PER OPERE IDRAULICHE

L'impossibilità materiale di aumentare la capacità di smaltimento del tronco tombato del Felciaio, progettato per una portata di 15.92 mc/sec e la volontà di dimensionare il tronco scoperto a monte per la portata al colmo della piena duecentennale (18.59

mc/sec), ha portato alla necessità di laminare tale piena in modo da far giungere all'imbocco del tratto tombato la portata da esso recepitibile.

Ciò può essere ottenuto realizzando, poco a monte del ponte della via di Popogna, una cassa di espansione che raccoglie tutti gli eccessi di deflusso rispetto ai 15.92 mc/sec. Tenuto conto degli sfasamenti degli apporti di piena che si immettono nel Felciaio e nel Querciaio e degli sfasamenti degli apporti di piena dovuti alle dimensioni dei singoli bacini scolanti ed alla differente velocità di smaltimento sui terreni agricoli e sui terreni urbanizzati (superfici impermeabilizzate e razionale rete fognaria), la più efficace laminazione della piena duecentennale viene ottenuta laminando ancora prima l'onda di piena del Felciaio, a monte della confluenza del Querciaio.

Le aree destinate ad accogliere le due casse di espansione sono reperibili dove il PEEP prevede aree per servizi, destinate a verde, ai bordi del corso d'acqua, in sinistra del Felciaio a monte della confluenza del Querciaio, ed in destra subito a monte della via di Popogna.

In corrispondenza di tali siti, è stata fatta una valutazione idraulica della decapitazione del colmo di piena, in termini di differenza tra la portata al colmo e quella massima che defluisce a valle della cassa di espansione, a sua volta dipendente dalle caratteristiche della piena e dal volume della cassa stessa.

La prima cassa di espansione avrà un volume d'invaso di circa 4250 m³ e si realizza con uno scavo di circa 5000 m³ di terreno per una profondità media di 2.85 m. Il bordo interno della cassa è inclinato con scarpa 2/3 ed ha una superficie di circa 2700 m² in sommità e di circa 1600 m² al fondo. Sui bordi lungo il Felciaio è realizzato un argine in terra largo in sommità 2 m, il quale assicura un franco di 1 m, nell'ipotesi di cassa completamente piena.

Durante la piena duecentennale lo sfioro di acqua durerà poco meno di 90 minuti. La cassa entrerà in funzione nel caso di piene con portate al colmo superiori a 4.20 mc/sec, ovvero con tempo di ritorno medio di 25 anni. In tutti gli altri anni la cassa raccoglierà le acque di pioggia, che saranno smaltite tramite una rete di drenaggi con lo stesso scarico di fondo a valle della confluenza de Querciaio.

La seconda cassa di espansione, posta in destra del Felciaio, e, da un punto di vista idraulico, del tutto simile alla precedente. Il massimo volume d'acqua invasato è di circa 3850 m³ ed è realizzato con uno scavo di poco superiore ai 7000 m³ di terreno, con una profondità media di scavo di circa 3.3 m.

La superficie della vasca è di quasi 1600 m² al fondo e di 1900 m² al livello di massimo invaso.

La soglia sfiorante, lunga 16.60 m, entra in funzione con una portata di 15.92 mc/sec e raggiunge il massimo tirante d'acqua di 0.20 m con la portata di 18.59 mc/sec.

Anche per questa cassa è prevista una vasca di dissipazione ai piedi della soglia sfiorante, un sistema di drenaggio, uno scarico di fondo ed una vasca di sedimentazione. Questa cassa si invaserà fino al massimo livello ogni 200 anni in media ed entrerà in funzione ogni 70 anni di media; per il resto non sarà interessata dalle piene del Felciaio.

Oltre alle due casse di espansione, altri interventi lungo gli alvei del Felciaio e del Querciaio consistono nella risagomatura di alcuni tratti dell'alveo e di consolidamento delle sponde, il ripristino di opere idrauliche esistenti come briglie, muri di sponda, piccoli ponti con sezione idrica insufficiente a far defluire la portata di massima piena, pur se laminata dalle casse di espansione. Per quanto riguarda i muri di sponda, attualmente realizzati dai singoli proprietari in maniera eterogenea come posizione ed allineamento, tipo e resistenza dei materiali, altezza rispetto al livello di massima piena, gli interventi previsti, diversificati da punto a punto, riguardano il rafforzamento o la ricostruzione dei muri fino alla quota di 1 m superiore alla piena duecentennale.

Gli interventi sulle sponde, in genere di tipo naturalistico, consistono nel taglio selettivo di vegetazione, abbattimento di alberi non recuperabili o d'ingombro al libero deflusso delle acque, la piantumazione di nuove specie arboree, la stabilizzazione delle sponde con interventi di vario tipo come gradonature con talee, fascinate, viminate e con grate in legno.

Per i terreni bassi di sponda che sarebbero inondati dalla piena duecentennale sono previsti argini, sagomati in progetto a sezione trapezia con scarpa 2/3, oppure, in sostituzione, potranno essere realizzati cordoni arginali, raccordantisi con la morfologia naturale dei terreni circostanti.

6-RIO ARDENZA

(Studio del tratto terminale eseguito per il Comune di Livorno)

Il bacino del Rio Ardenza si sviluppa secondo un asse orientato lungo la direttrice est-ovest.

Confina a nord, nella zona di pianura, con il bacino del Botro Feliciaio, il quale sfocia presso i Bagni Fiume a nord del Porticciolo di Ardenza, e successivamente nella zona alta di collina con il bacino del Rio Maggiore.

Per un breve tratto confina ad est (spartiacque principale longitudinale del Monti Livornesi) con il bacino del Torrente Morra, che si getta nel Torrente Tora; quindi confina a sud, per un lungo tratto, con il bacino del Torrente Chioma ed in prossimità del mare, con i due piccoli bacini litoranei del Rio Maroccone e del Botro delle Carrozze che scende dalla Collina di Montenero.

La linea spartiacque, che delimita l'intero bacino, si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 24 Km.

Iniziando dalla foce e seguendo il verso orario, la linea spartiacque attraversa prima l'abitato di Ardenza e successivamente quello di Collinaia; quindi con andamento relativamente regolare ovest-est, tocca la Fattoria La Leccia (22 m) e tutta una serie di modesti rilievi che non superano i 500 m: Colle Bellosguardo (185 m), Castellaruccio (262 m), Poggio Montioni (346 m). Dopo l'abitato di Valle Benedetta ed il Poggio Lecceta (462 m), che costituisce il punto più elevato del bacino del Rio Ardenza, la linea spartiacque piega decisamente verso sud toccando il Poggio Querciolaia (421 m) ed il Monte Maggiore (454), il quale segna il punto più orientale del Bacino; quindi, proseguendo in direzione ovest, passa lungo il crinale di Poggio Ginepraio (344 m) e tocca Poggio Castello (316 m) e Monte Nero (313 m).

Nell'ultimo tratto, dopo avere lasciato a sinistra l'abitato di Montenero e la Funicolare che conduce alla Piazza del Santuario Mariano, attraversa la località Le Fornaci, passa per il Castello e per la zona, immediatamente prospiciente il mare, della Banditella e si chiude alla foce del Rio Ardenza, in località Tre Ponti.

La maggior parte del bacino alto, fino alle curve di livello dei 70-80 m, è in generale coperta da una sparsa macchia di tipo mediterraneo, mentre la parte pianeggiante del bacino al di sotto di 50 m, dove sono presenti numerosi abitati, è per lo più costituita da terreni coltivati.

L'area totale del bacino drenato dal reticolo idrografico del Rio Ardenza risulta pari a $S=21.14 \text{ Km}^2$

Il bacino del Rio Ardenza ha la classica forma allungata di numerosi corsi d'acqua minori della Toscana; comunque l'asta principale non divide simmetricamente il bacino stesso in quanto si ha che la superficie del bacino in sinistra è pari a 13.74 Km^2 , mentre la superficie del bacino in destra risulta di 7.40 Km^2 .

La lunghezza complessiva dell'asta principale del Rio Ardenza risulta pari a $L= 9.90 \text{ Km}$.

L'asta principale dalla foce fino alla confluenza tra il Botro Rosso ed il Rio di Popogna, in cui a monte (presso lo Stabilimento della Barcas) si suddivide il Rio Ardenza, ha lunghezza pari a $L' = 7.5$ Km.

L'asta del Botro Rosso fino all'origine, posta tra Poggio Lecceta e Poggio Querciolaia, misura una lunghezza pari a circa $L'' = 2.3$ Km.

L'asta del Rio di Popogna, fino alle origini presso Monte Maggiore, è pari a circa $L''' = 2.4$ Km.

L'intero alveo del Rio Ardenza, dall'abitato di Ardenza fino quasi alle sorgenti del Rio di Popogna, corre pressochè parallelo alla strada provinciale che conduce, prima a Gabbro e quindi alla SS No 206. Pertanto risulta assai agevole seguire l'andamento del corso d'acqua, che risulta raggiungibile direttamente dalla strada in numerosissimi punti.

Questa circostanza si è dimostrata in passato senza dubbio positiva, poichè ha permesso, e dovrebbe tuttora continuare a permettere, tutta una serie di interventi di carattere sia idraulico che idrogeologico di manutenzione e di salvaguardia dell'alveo e delle pendici del bacino atti a regimare il corso d'acqua mediante la creazione di manufatti quali briglie, salti di fondo, difese di sponda, gabbionate ed attraverso frequenti operazioni di pulizia e di sfalcio della vegetazione che spontaneamente si sviluppa sopra tutto il letto del corso d'acqua.

Si deve per altro sottolineare che la facile agibilità dell'alveo del Rio Ardenza ha anche il suo aspetto altamente negativo in quanto, come hanno messo in luce in modo evidente i sopralluoghi effettuati in più di una occasione lungo il Rio, l'alveo del Rio Ardenza è divenuto in molti punti una discarica incontrollata di ogni genere di rifiuti solidi, che da una parte deteriorano in modo significativo l'ambiente naturale compromettendo l'abitato circostante e dall'altra in alcuni casi creano notevoli ostacoli al deflusso naturale delle onde di piena.

Come è lecito attendersi, data la dissimmetria del bacino tributario con un'area in sinistra che, come in precedenza sottolineato, è quasi doppia di quella in destra, i principali affluenti del Rio Ardenza si trovano a sinistra del corso d'acqua principale.

A destra, partendo dal mare, vi è il Rio Valle Corsa che possiede un piccolo sottobacino di area $S_b = 0.93$ Km² ed un alveo di lunghezza pari a circa $L_b = 2.6$ Km; quindi, dopo una serie di colatori minori che scendono direttamente dalle pendici delimitate dalla linea spartiacque e che hanno scarsa importanza sul regime idraulico del Rio Ardenza, vi è il Botro Rosso con un bacino $S_b = 1.60$ Km².

A sinistra, sempre prendendo le mosse dal mare, subito a monte del ponte della ferrovia, vi è la confluenza con il Botro Folconi, il quale a sua volta riceve il Botro Le Brescie; l'intero sottobacino dei due corsi d'acqua ha un'area complessiva $S = 3.77$ Km², mentre le lunghezze dei due alvei sono rispettivamente pari a $L = 3.10$ Km (Botro Folconi) e $L = 3.60$ Km (Botro Le Brescie).

In corrispondenza della località Collinaia si getta nel Rio Ardenza, il Botro del Molino Nuovo, separato dal Botro Le Brescie da Monte Rotondo; il sottobacino del Botro Molino ha area $S = 3.88$ Km², mentre l'asta ha lunghezza $L = 4.30$ Km. Dopo una serie di colatori minori, tra i quali Botro del Diavolo e Fosso Capannone, subito a valle della località Fonte all'Amore, vi è il Rio di Popogna, uno dei due rami in cui a monte si divide il Rio Ardenza, il quale possiede un sottobacino con area $S = 4.08$ Km².

Non tenendo conto di una lunghezza iniziale pari al 15% e di una lunghezza finale pari al 10%, la pendenza media dell'alveo non sistemato del Rio Ardenza è pari a $I_m = 129/7200 = 0.018$.

Tale valore della pendenza media risulta molto elevato e ciò ha giustificato e dovrebbe continuare a giustificare a tutt'oggi la necessità di interventi sull'alveo tesi a ridurre, mediante la realizzazione di briglie e salti di fondo, la pendenza di fondo dei singoli tratti dell'asta torrentizia.

La curva ipsografica indica che l'altezza media dell'intero bacino relativa alla sezione di chiusura del rio è $H_m = 156.50$ m.

Il tempo di corrivazione T_c , relativo alla foce è $T_c = 3.3$ ore.

RISCHIO IDRAULICO - SISTEMAZIONI

In passato il Rio Ardenza, in occasione di eventi pluviometrici intensi e prolungati, aveva dato luogo ad importanti episodi alluvionali.

In particolare si ricordano quello del Giugno 1961, del Novembre 1966, del 18/19 Giugno 1970 (l'acqua raggiunge l'altezza di 1.60 m nello scantinato della Chiesa di Collinaia e defluisce in 24 h), del 10 Ottobre 1975 (l'acqua lambisce la Chiesa e le case, allaga gli annessi agricoli e travolge animali). In tempi più recenti si sono verificati altri episodi di esondazione, fra cui il più rilevante è quello occorso il 4/5 Ottobre 1990, dopo il grande incendio verificatosi sui Monti Livornesi.

A seguito di autorevoli studi applicativi sull'asta idrica, sono state avanzate proposte per la sistemazione idraulica del tratto terminale del Rio.

Il primo provvedimento da prendere per scongiurare pericoli di esondazione lungo il tratto terminale del Rio Ardenza è quello di tenere quanto più possibile sotto controllo e sotto sorveglianza l'alveo assicurando la pulizia e le periodiche operazioni di manutenzione, per evitare che l'incuria ed il degrado riducano il Rio stesso ad una discarica.

Una riduzione della sezione liquida di efflusso in conseguenza della parziale ostruzione delle luci dei ponti a causa dei rottami, alberi, rami, ciocchi di tronchi, detriti, rifiuti solidi di vario genere trascinati a valle dall'onda di piena crea un impedimento allo scorrimento delle acque e contribuisce anche in misura notevole ad aumentare i livelli del pelo libero a monte dei ponti.

Tale fenomeno, che non è stato valutato con la giusta attenzione, si è verificato in molte delle ultime esondazioni, come ad esempio nell'evento calamitoso dell'Ottobre 1990.

In secondo luogo si deve osservare che sono intervenuti alcuni nuovi fattori che hanno reso necessario rivedere in generale i criteri di sistemazione del Rio Ardenza ed in particolare hanno suggerito la ricalibratura del tratto terminale dell'alveo.

Tali fattori possono così essere individuati:

- Indagini statistiche più approfondite, rese possibili grazie alla elaborazione dei dati storici di pioggia raccolti nei decenni passati;
- mutate condizioni di deflusso superficiale sull'intero bacino sia per la destinazione diversa di aree originariamente destinate ad espansione delle piene, sia per la urbanizzazione di superfici situate nel tratto di valle del Rio, sia per la mutata e meno curata sistemazione agricolo-forestale delle pendici della zona collinare di monte;
- necessità di diminuire il rischio idraulico di esondazioni che in passato potevano interessare aree a destinazione agricola e che oggi interessano invece aree di intenso insediamento urbano.

Oggi la situazione dell'asta nel tratto urbano, da Lo Stillo-Collinaia alla foce, è molto mutata rispetto a qualche anno fa.

È stato eseguito un generale riordino del corso d'acqua regolarizzando ed ingrandendo le sezioni dell'alveo e rivestendo le arginature per migliorarne il deflusso (lavori eseguiti a partire dall'Autunno 1993).

Alla foce al vecchio ponte a tre luci, i Tre Ponti, ne è stata aggiunta una quarta, con la predisposizione anche di un'ulteriore quinta.

In considerazione delle particolari condizioni di criticità presentate dal Rio Ardenza nel suo tratto terminale, tra la frazione di Collinaia e la foce, ovvero per l'intero segmento urbanizzato, si è ritenuto utile verificarne l'idoneità delle sezioni attuali.

Oltre che per la sua importanza, questo tratto fluviale è stato scelto perchè di esso si è potuto disporre dei necessari rilievi topografici di dettaglio.

Per lo studio, redatto con la collaborazione del Dott. Geol. Luciano Cauli, specialista in materia, è stato usato tra l'altro, un sistema di analisi che fa uso del metodo S.C.S. (Curve Number) per la determinazione della portata di massima piena con tempo di ritorno T_r di 200 anni.

La relazione "Verifica delle sezioni idrauliche del Rio Ardenza tra Collinaia e la foce" è riportata nell'Allegato.

7-I BOTRI DELLA ZONA DI ANTIGNANO E DI MONTENERO

(Studio eseguito dal Comune di Livorno)

Nella zona di Antignano, il corso d'acqua principale è rappresentato dal Botro delle Carrozze (o Fosso della Banditella o di Antignano). Altri corsi d'acqua presenti nella zona sono il Fosso delle Pianacce, completamente intubato nel suo tratto terminale, a valle della linea ferroviaria, e, ancora verso sud, il Fosso della Sanguigna ed il Fosso del Malpasso.

Il Botro delle Carrozze è il corso d'acqua principale. Si tratta di un impluvio completamente secco nella stagione asciutta. Il suo bacino di alimentazione è di circa 1.5 Km².

Idealmente il bacino può dividersi in tre parti fisiografiche: la prima, in prossimità della foce fino alla curva di livello dei 50 m. s.l.m. ed in cui il corso attraversa il centro abitato, è praticamente poco acclive; una parte mediana fino ai 90 m. s.l.m. in cui le pendenze d'alveo cominciano a crescere ed in cui nell'interno vi sono numerose aree agricole-forestali e una parte superiore in cui i corsi scorrono su linee fortemente pendenti e praticamente all'interno dell'abitato di Montenero.

La foce del Rio Banditella è situata in località Antignano nei pressi del porticciolo, circa 100 metri più a valle del viale a mare. Presso la foce si estende una piccola spiaggia formata da materiale piuttosto grossolano ed estremamente eterogeneo.

I limiti di spartiacque appaiono piuttosto incerti nella prima parte urbanizzata situata presso la foce, poi divengono più chiari e netti: il periplo misurato è di complessivi 8,00 Km. Il bacino è allungato e stretto fino alla confluenza in sinistra idraulica con il sistema composto dal Fosso di Montenero-Fosso della Lecceta-Botro ai Fichi, mentre verso monte mostra l'allargamento tipico delle parti di bacino di ricezione.

Nella parte alta di Montenero vi sono due corpi idraulici ben distinti: il primo è il Botro Stringaio che a valle di Montenero basso diventa il Rio della Banditella; il secondo è il Botro delle Casine affluente in sinistra idraulica del Fosso della Prugnoliccia, tributario del Rio Ardenza in prossimità della Via della Fontanella.

Il Botro delle Casine esso scorre circa parallelo al Botro dello Stringaio nella parte alta di Montenero presso la Via G. Byron e la Via del Castellaccio, poi diverge verso nord, ruota attorno alla pendice di Villa delle Rose e va a formare la Prugnoliccia.

RISCHIO IDRAULICO - SISTEMAZIONI

Poco prima dello sbocco in mare, subito a monte del Viale di Antignano il Rio Banditella è intubato per un breve tratto. Anni addietro si sono verificati piccoli allagamenti in due punti, all'altezza del ponte di Viale del Tirreno ed a monte del tratto intubato.

Altri episodi di allagamento, che hanno creato disagi e danni, sono accaduti nella parte alta del bacino, sulle pendici di Montenero, sempre causati da difficoltà di deflusso in piccoli tratti intubati.

I tratti in questione sono sul Botro Stringaio in prossimità di Piazza delle Carrozze, sul Fosso di Montenero in prossimità di Via delle Pianacce e sul Fosso del Governatore all'altezza di Via dei Gerani.

Tra gli anni 1990 e 1996 il bacino del Rio Banditella è stato oggetto di numerosi interventi da parte degli organi competenti mirati soprattutto al riassetto idrogeologico ed alla manutenzione del corpo idraulico.

8-I BOTRI DELLA ZONA DI CALAFURIA-CALIGNAIA

Il promontorio che va da Calafuria a Calignaia-Romito è attraversato da una serie di aste che con percorso parallelo ed a pettine raggiungono rapidamente il mare.

Il bacino idrografico maggiore è rappresentato da quello più a nord, il Rio Maroccone, che ha un'estensione di circa 2.31 Km².

Seguono il Botro di Calafuria ed il Botro di Calignaia, rispettivamente con una superficie di 1.455 Km² e 2.80 Km².

9-I BOTRI DELLA ZONA DI QUERCIANELLA

(Studio eseguito per il Comune di Livorno)

Il reticolo idrografico dei botri che sottendono l'abitato di Quercianella, dai Bagni di Rogiolo alla località la Chioma, è costituito da rii di modesta lunghezza ed elevata pendenza i quali, dopo aver attraversato il centro abitato e sottopassato la S.S. Aurelia e la linea ferroviaria, affluiscono direttamente al mare.

Il bacino idrografico, con estensione complessiva di 5.3 Km², si presenta morfologicamente complesso, di tipo collinare-montano, anche se con quote inferiori a 250 m s.l.m., e contraddistinto da aree instabili e potenzialmente tali, oltre che da corsi d'acqua con bruschi ed improvvisi regimi di piena in concomitanza di piogge di breve durata e forte intensità, tali da determinare frequenti fenomeni esondativi nella parte bassa del loro tracciato proprio in corrispondenza delle aree urbanizzate.

Del bacino di Quercianella fanno parte il Fosso del Rogiolo, il Botro di Quercianella, il Botro dell'Albatro, il Botro Forconi, il Fosso della Madonnina, il Fosso della Stazione, il Fosso del Convento ed il Fosso della Chioma.

Il Fosso del Rogiolo ha una superficie di 0.43 Km² ed una lunghezza di 1.19 Km con altezza media di 123 m s.l.m e con un tempo di corrivazione pari a 0.52 ore.

Il Botro di Quercianella ha una superficie di 3.28 Km² ed una lunghezza di 2.65 Km con altezza media di 128 m s.l.m e con un tempo di corrivazione pari a 1.25 ore.

Il Botro dell'Arbatro ha una superficie di 0.64 Km² ed una lunghezza di 0.8 Km con altezza media di 139 m s.l.m e con un tempo di corrivazione pari a 0.66 ore.

Il Botro Forconi ha una superficie di 1.22 Km² ed una lunghezza di 1.65 Km con altezza media di 118 m s.l.m e con un tempo di corrivazione pari a 0.9 ore.

Il Fosso della Madonnina ha una superficie di 0.50 Km² ed una lunghezza di 1.38 Km con altezza media di 104 m s.l.m e con un tempo di corrivazione pari a 0.64 ore.

Il Fosso della Stazione ha una superficie di 0.17 Km² ed una lunghezza di 1.02 Km con altezza media di 96 m s.l.m e con un tempo di corrivazione pari a 0.45 ore.

Il Fosso del Convento ha una superficie di 0.15 Km² ed una lunghezza di 0.86 Km con altezza media di 100 m s.l.m e con un tempo di corrivazione pari a 0.39 ore.

Il Fosso della Chioma ha una superficie di 0.07 Km² ed una lunghezza di 0.44 Km con altezza media di 79 m s.l.m e con un tempo di corrivazione pari a 0.29 ore.

Il valore del coefficiente di deflusso per tutti i sottobacini, calcolato in funzione dei tempi di ritorno varia da 0.55 per Tr=2 anni a 0.61 per Tr=200 anni.

Di tutti i corsi d'acqua, con tre diversi metodi, Kutter, Bazin e Manning, sono state valutate le portate massime ammissibili per le sezioni trasversali rilevate.

Sulla base delle considerazioni sul rischio idraulico dei singoli rii sono state avanzate proposte di sistemazione.

RISCHIO IDRAULICO - SOLUZIONI PROPOSTE

Fosso Rogiolo

Il tratto terminale, dal ponte sulla SS n.1 fino al mare è interessato da una serie di interventi, mentre subito a monte della Aurelia è prevista la realizzazione di un pettine in alveo e di retrostante invaso di accumulo.

Oltre ai vari lavori proposti dall'Amministrazione Comunale, intorno a quota 16 m, è previsto un intervento di riprofilatura della sponda sinistra, con protezioni laterali in blocchi ciclopici e talee; l'attuale sponda, infatti, costituita da terreno detritico riportato, non è adeguata a contenere eventi di piena, a causa della sua scarsa resistenza all'erosione.

Più a valle, per un tratto all'altezza del ponte della ferrovia, è previsto l'ampliamento della sezione, con rialzamento della sponda destra e riprofilatura della sponda sinistra, nel tratto subito a valle del ponte. Subito a valle, la riprofilatura è resa necessaria per la presenza di una strozzatura, in modo da aiutare il deflusso delle acque una volta superato il ponte ferroviario.

Tutti gli interventi di tipo idraulico hanno la funzione di garantire il deflusso delle acque verso il mare.

Botro di Quercianella

Nella zona apicale del corso d'acqua, nei pressi dell'area Camping, a causa della litologia e della pendenza, l'intervento di regimazione idraulica dovrebbe tradursi nella realizzazione di un adeguato numero di briglie per unità di lunghezza.

Il tratto terminale del fosso, a partire da quota 18 m fino al mare, è stato in passato soggetto a problemi di origine idraulica: due zone sono state allagate dalla tracimazione del botro ed è stata individuata una zona dove, pur senza notizie storiche in tal senso, vi è una buona probabilità che ciò succeda.

Notizie certe di tracimazione si hanno tra le quote 17 e 14 m, in destra, ma i problemi in questo tratto vanno attribuiti a fenomeni di ostruzione da parte del materiale vegetale trasportato dal botro e che, incastrandosi in alcuni punti tra le sponde, può provocare impedimenti al deflusso e tracimazioni. La stessa problematica può essere proposta per l'area dove non si hanno notizie storiche di tracimazione cioè per un tratto compreso tra il viadotto della SS n.1 ed il ponte sotto la ferrovia.

L'altro tratto dove si sono verificate tracimazioni si colloca sempre in destra, tra il ponte sotto la ferrovia ed il ponte di Via Pascoli. A causa delle correnti marine, il materiale trasportato in mare dal corso d'acqua viene infatti spiaggiato lungo il medesimo tratto di costa, fino a rendere la luce del ponte estremamente variabile in conseguenza dell'azione del moto ondoso, che trasporta i ciottoli al di sotto del ponte. In coincidenza degli eventi di piena, il ponte non riesce pertanto a smaltire le acque, determinando un effetto diga, con conseguente innalzamento delle acque in alveo a monte, fino alla tracimazione in destra.

Per tutto il tratto tra quota 18 m ed il mare, è previsto pertanto un intervento di riprofilatura ed adeguamento dell'alveo, che prevede un ampliamento del ponte a quota

18 m, adeguandolo alla portata del suo bacino idrografico, la sostituzione dei materiali attualmente costituenti le sponde, inadeguati alla funzione assegnata, con rilevato compatto e rinforzato, stabilizzazione delle sponde con inserimento di talee e contenimento del materiale sciolto con georeti per formare un alveo stabile al deflusso delle acque, costruzione di un pettine a monte per la trattenuta del materiale trasportato dalle acque.

Il regime idrico del Botro Quercianella può essere ulteriormente migliorato, intervenendo sull'affluente Fosso Forconi-Botro dell'Albatro, realizzando una briglia a bocca tarata con protezioni laterali delle sponde d'invaso, in modo da decapitare sensibilmente le portate di picco.

Botro dell'Albatro-Fosso Forconi

Nel tratto iniziale del corso d'acqua, sono presenti tre tratti in cui sono necessari interventi di regimazione d'acqua tramite briglie.

Sono presenti due sottopassi situati a quota 70 m e 28 m. Entrambi i sottopassi sono risultati inadeguati dal punto di vista idraulico, ed inoltre appaiono ostruiti dal materiale vegetale. Per risolvere queste problematiche è previsto l'ampliamento e l'adeguamento di entrambi i sottopassi. Inoltre, sono state previste due briglie a pettine in alveo: la prima a monte della sezione a quota 70 m, subito a valle dell'immissione di un fosso tributario, la seconda verrà posta tra i due sottopassi, a quota 66 m, lontano da quella a valle.

La realizzazione dei due pettini è resa necessaria dalla previsione di una briglia a bocca tarata che verrà posizionata all'incirca a quota 46 m e che creerà un invaso temporaneo in alveo per la laminazione delle piene. La sua funzione è quella di decapitare la portata di picco e recare così miglioramento ai regimi di quest'asta torrentizia.

Fosso della Madonnina

Le due sezioni d'alveo misurate, una all'ingresso del tratto intubato e l'altra sotto il ponte di Via Puccini, si sono dimostrate compatibili con le portate previste. L'ingresso del sottopasso è però risultato soggetto ad ostruzione da parte dei detriti vegetali trasportati dall'acqua.

Ci sono notizie su più tracimazioni in questo punto, dovute proprio alla parziale o totale occlusione della luce del tratto intubato.

A questo proposito, nel tratto a monte dell'imbocco è stata prevista la realizzazione di briglie, protezioni di sponda, sostituzione e ricollocamento del pettine esistente, munendolo inoltre di retrostante vasca di accumulo e sedimentazione.

Nel tratto subito a monte della SS n.1, all'uscita del tratto intubato, è prevista un'apertura nel muro di sponda sinistra per la reimmissione in alveo delle acque di ruscellamento concentrato lungo la viabilità: tale intervento impedirà alle acque di ruscellamento di raggiungere la SS n.1, come già accaduto in passato, creando grossi problemi.

Nel tratto tra la ferrovia ed il mare sono presenti grossi alberi sulle sponde del corso d'acqua. L'azione erosiva dell'acqua ha già fatto cadere alcuni di questi, asportando il terreno da sotto le radici, ragione per cui alcuni sono in precarie condizioni di equilibrio; eventi meteorici particolarmente intensi come vento e trombe d'aria, non infrequenti nelle zone di mare, potrebbero farli crollare di colpo, andando ad ostruire il corso d'acqua.

Fosso della Stazione

Tutti gli interventi dalla SS n.1 verso monte prevedono una regimazione idraulica mediante briglie. La sezione d'alveo all'imbocco del tratto intubato è risultata compatibile, mentre quella misurata al sottopasso dell'Aurelia è risultata inadeguata.

In passato si sono verificati allagamenti della statale, dovuti alla ridotta sezione del sottopasso e alla sua completa otturazione; tali eventi hanno provocato danni alla stazione.

Per quanto riguarda le acque di ruscellamento concentrato, è prevista la costruzione di una canaletta di raccolta, che indicativamente potrebbe essere tracciata lungo Via del Gabbiano oppure lungo Via De Amicis.

In alveo al corso d'acqua è prevista la costruzione di una briglia a pettine, da realizzarsi all'altezza di Via del Gabbiano. Per il sottopasso della SS n.1 è previsto un ampliamento.

Fosso del Convento

Nel tratto medio-alto del fosso sono richiesti interventi di regimazione idraulica da attuarsi con briglie. Tutto il tratto dal sottopasso a monte della SS n.1 fino al mare è soggetto a problemi di origine idraulica. Storicamente si sono verificati allagamenti sia della SS n.1 che della Via Puccini, con danni e disagi.

Sezioni all'imbocco del tratto intubato a monte della SS n.1, all'altezza del sottopasso della SS n.1, immediatamente a monte della ferrovia e all'altezza di Via Puccini, si sono dimostrate insufficienti rispetto alle portate attese.

Sarebbe necessario il ripristino del naturale andamento del corso d'acqua, che attualmente è intubato nel primo tratto, e la ridefinizione dell'imbocco del sottopasso della SS n.1, in funzione dell'intervento a monte.

All'altezza di Via del Gabbiano è inoltre richiesta la costruzione di una briglia a pettine per trattenere il materiale vegetale e solido trasportato dal corso d'acqua.

Un altro intervento è richiesto nel tratto che va da poco prima della sede ferroviaria fino al mare, che consiste nell'eliminazione delle ostruzioni artificiali in alveo e l'ampliamento del tratto intubato con imbocco sotto Via Puccini e ridefinizione dell'uscita a mare.

Fosso della Chioma

Sono richiesti interventi di dinamica fluviale nel tratto medio ed apicale del corso d'acqua, mediante la realizzazione di briglie. Le problematiche legate a questo fosso sono dovute principalmente ai periodici allagamenti della sede della SS n.1 ed alle difficoltà di smaltimento delle acque dovuto al fatto che il suo scarico a mare è stato ostruito a causa dell'urbanizzazione. Attualmente il fosso si interrompe direttamente sulla sede ferroviaria e le acque vengono drenate dalle canalette di scolo della ferrovia stessa.

Per la risoluzione di questi problemi è necessario un intervento complessivo, dalla SS n.1 fino alla sede ferroviaria, articolato nell'ampliamento o nella riapertura a giorno del tratto intubato, il riadeguamento della sezione d'alveo attualmente a cielo aperto e la riattivazione dello scarico a mare del tratto sepolto dall'urbanizzazione. A monte è richiesta inoltre la costruzione di una briglia a pettine, per il trattenimento del materiale vegetale e solido con retrostante invaso d'accumulo.

10-TORRENTE CHIOMA

Il Torrente Chioma rappresenta il limite amministrativo di separazione tra il Comune di Livorno e quello di Rosignano M.^{mo}; il suo bacino è ubicato al centro dei Monti Livornesi e si estende per circa 18.2 km², di cui 9.5 compresi nel territorio di Livorno, in un territorio prevalentemente collinare 18.2 km². Soltanto nella parte terminale la vallata si allarga in una modesta piana.

La quota più elevata non supera i 350 m. s.l.m. ed è rappresentata dal Poggio Ginepraio, in prossimità del quale si trova l'origine del torrente.

Al fine di indicare i numerosi affluenti è stato costruito un profilo altimetrico del Chioma, ottenuto dalla elaborazione della cartografia alla scala 1:5.000 (si veda Disegno 2 in Appendice) in cui sono stati evidenziati nella parte inferiore gli affluenti di destra, mentre nella parte superiore gli affluenti di sinistra; altri siti evidenziati riguardano ponti o guadi che è possibile incontrare lungo il percorso fluviale.

Il torrente ha una lunghezza di circa 8400 metri: nei primi 1400 metri ha una pendenza del 13%, mentre per i restanti 6 Km. la pendenza si mantiene intorno al 2%. Nella maggior parte dell'area del bacino si evidenzia la presenza di formazioni alloctone (liguridi) consistenti fondamentalmente nell'affioramento di Argille e calcari "Palombini".

6.10 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ - Tav. 10

La classificazione di pericolosità del territorio del comune di Livorno si è basata su due elementi: il pericolo geomorfologico, comprendendo in esso la caratterizzazione dei livelli compressibili nelle varie situazioni ed ambienti sedimentari, ed il pericolo idraulico.

PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

Per quanto riguarda la classificazione di pericolosità geomorfologica, è stato seguito sostanzialmente il criterio proposto dalla Provincia di Pisa nel proprio Piano Territoriale di Coordinamento.

In base alle condizioni limitanti geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, strutturali, stratigrafiche e litotecniche, il territorio è stato suddiviso in quattro classi di pericolosità:

- 1- Pericolosità irrilevante
- 2- Pericolosità bassa
- 3- Pericolosità media
- 4- Pericolosità elevata

A sua volta la classe di pericolosità media, in virtù della probabilità di accadimento dell'evento franoso/dissesto/cedimento temuto, è stata suddivisa in tre sottoclassi:

- 3a- medio bassa
- 3b- media
- 3c- medio elevata

La Classe 1 - pericolosità irrilevante - non viene presa in considerazione, poichè nessuna area del territorio è inseribile in essa.

La Classe 2 - pericolosità bassa - comprende:

zone collinari peneplanate : aree distanti da scarpate e nicchie di frana con sottosuolo costituito da terre di buone caratteristiche geotecniche o da rocce di media resistenza.
zone pianeggianti : aree corrispondenti a vecchi tracciati di alvei fluviali o alle piane distanti dai corsi d'acqua. Il sottosuolo è costituito da alternanze di sedimenti con resistenza media con buone caratteristiche geotecniche.

Nella Classe 3 - pericolosità media - si hanno le aree con condizioni geologico-tecniche e morfologiche tali da far ritenere che esse si trovino al limite dell'equilibrio, in base al diverso grado di propensione all'instabilità si distinguono:

Sottoclasse 3a - pericolosità medio bassa - per:

zone collinari : versanti in terreni incoerenti e pseudocoerenti nei quali la pendenza è minore all'angolo critico proprio del litotipo affiorante ed i pendii in rocce lapidee ad elevata resistenza e bassa franosità. I movimenti gravitativi coinvolgono unicamente le coltri detritiche residuali.

zone pianeggianti : aree di sedimentazione recente in ambiente di pianura alluvionale marginale con sottosuolo eterogeneo costituito da alternanze di terreni da scarsamente a medianamente consolidati, con intercalati livelli a maggior resistenza ma di modesto spessore, parametri geotecnici nell'insieme mediocri.

Sottoclasse 3b - pericolosità media - per:

zone collinari : versanti costituiti da terreni incoerenti e pseudocoerenti con pendenza superiore alla soglia critica propria della classe litotecnica; pendii costituiti da rocce

lapidee di scarsa resistenza ed elevata franosità e versanti al cui piede affiorano formazioni geologiche con litotipi in prevalenza argillosi di bassa resistenza.

zone pianeggianti : aree di sedimentazione recente in ambiente palustre o di pianura alluvionale marginale con sottosuolo costituito in prevalenza da terre fini non o scarsamente consolidate, con rare intercalazioni di livelli a maggior resistenza ma di modesto spessore, parametri geotecnici nel complesso scadenti.

Sottoclasse 3c - pericolosità medio elevata - per:

zone collinari : aree coinvolte in passato da movimenti franosi, attualmente in condizioni di inattività o di quiescenza per le quali non si può escludere l'instabilità generalizzata per una ripresa dei movimenti gravitativi in occasione di periodi di piogge molto intense e prolungate, di terremoti ed errate azioni antropiche.

piane alluvionali e costiere, fondovalle: aree di sedimentazione recente naturale o per colmata, in ambiente palustre, con sottosuolo costituito in prevalenza da terre fini poco consolidate, sature o in acqua, resistenza alla compressione quasi nulla, parametri geotecnici molto scadenti e substrato litotecnico profondo.

In Classe 4 - pericolosità elevata - sono inserite le aree in dissesto attivo:

zone collinari: frane in atto e frane storiche anche se oggetto di interventi di sistemazione, scarpate verticali e fronti di cava molto acclivi soggetti a crollo

piane alluvionali e costiere, fondovali: alvei fluviali e torrentizi e fascia di territorio circostante, zone palustri.

PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Anche per quanto riguarda la definizione delle classi di pericolosità per il rischio idraulico, è stato seguito il criterio proposto dalla Provincia di Pisa nel proprio Piano Territoriale di Coordinamento.

Nell'approntamento del PTC, sono state introdotte infatti alcune specificazioni rispetto alle classi di pericolosità indicate nella Del. C.R. n° 230/94.

La classe 4 (pericolosità elevata) individua aree dove l'evento di esondazione o sommersione può essere definito attivo, cioè individua il corso d'acqua vero e proprio o aree interessate da eventi definibili "ordinari", ovvero che possono avvenire ogni 2 anni.

Nella classe 3 (pericolosità media) sono state introdotte tre sottoclassi.

Per la definizione di queste tre sottoclassi di pericolosità sono stati utilizzati riferimenti oggettivi come la definizione di una scala dei tempi di ritorno, che separa, per convenzione, gli eventi "ordinari" ($Tr < 2$), da eventi "straordinari" ($2 < Tr < 20$), da altri più rari definiti "eccezionali" ($Tr > 20$).

I riferimenti del tempo di ritorno nella scala 2, 20, 200 anni non risultano a questo proposito casuali. Il tempo di ritorno biennale, che definisce l'evento "attivo" con una probabilità all'incirca del 50 %, risulta infatti nello stesso ordine di grandezza (e coincide nel caso di distribuzioni simmetriche) dei valori dell'evento più frequente (moda) ma anche dell'evento più rappresentativo (medio).

È riconosciuta da più parti, inoltre, una periodicità degli eventi eccezionali "rari" in cicli di 20-30 anni, notata anche nella successione degli eventi storici più frequenti, da quelli dei primi anni '30 a quello del 1966, fino ai recenti 1990-91-92-93.

Parlare invece di eventi con periodicità duecentennale, quando le lunghezze dei periodi di osservazione disponibili possono risultare nei casi migliori di 15-20 anni, va inteso più come un limite fiduciario, una sorta di coefficiente di sicurezza, che possiamo applicare per ottenere un valore di piena di progetto che ci cauteri nei riguardi delle semplificazioni operate per la stima delle piene, tenuto conto anche delle durate limitate dei periodi di osservazione.

Il significato anche fisico delle classi di pericolosità può risultare tale da poter ritracciare, con facilità, l'ambito anche in assenza di una precisa modellizzazione idrologico-idraulica, quando si riconosca, in ultima analisi, che:

- 2 anni rappresenta l'evento ordinario più frequente e che dà luogo al mantenimento dell'incisione stessa. L'ambito è di solito esplicitato come elemento della morfologia, corrispondendo alle scarpate d'alveo attivo.

- tra 2 e 20 anni si individua la zona nella quale si ha spandimento e deflusso, se pur con velocità molto ridotte, considerate le basse profondità della corrente, delle piene così definite straordinarie ma non infrequenti. L'ambito può ancora esplicitarsi morfologicamente presentando, ove residui, connotati caratteristici del paesaggio fluviale (vegetazione di ripa, percorsi abbandonati, ect.).

- oltre i 20 anni si riconoscono gli ambiti interessati dagli eventi eccezionali, di importanza storica. A questo proposito va notato che in occasione di questi eventi assai critici per il sistema idraulico, non risultano più valide molte ipotesi sia del moto uniforme normale, come gli ampissimi rigurgiti dalle sezioni ristrette dei ponti, sia del moto permanente, come l'occlusione temporanea delle sezioni di deflusso oppure il cedimento improvviso di argini e rilevati. Ragione per cui la delimitazione più attendibile per il riconoscimento di questi ambiti, diventa ancora una volta quella rilevata a posteriori sul terreno, con gli effetti prodotti dalla piena.

Il limite superiore dei 200 anni per questo ambito è da intendere, come visto, più come possibile riferimento per la progettazione delle opere di messa in sicurezza di queste aree per un utilizzo pieno delle stesse, anche a fini insediativi.

La suddivisione in tre sottoclassi permette successivi approfondimenti di maggiore dettaglio che dovranno riferirsi a studi idrologici più accurati che tengano conto del processo di trasformazione afflussi-deflussi secondo le caratteristiche particolari del bacino (litologia, morfometria, copertura, ect.), a sezioni rilevate direttamente e/o comunque aggiornate ed in ultimo a determinazioni meno semplicistiche del profilo del pelo libero, con modelli di moto permanente o vario, capaci di valutare gli effetti di situazioni locali (ponti, restringimenti in genere, spargimenti per collassi arginali).

L'esigenza di produrre una cartografia su tutto il territorio con delle indicazioni di pericolosità idraulica finalizzate anche ad una valutazione in positivo di vocazione delle diverse aree, ha reso necessario perimetrare anche ambiti dove ragionevolmente si può escludere per gradi il problema del rischio idraulico.

È stata così definita una prima classe (pericolosità irrilevante), che deriva nella sostanza dalla esclusione delle formazioni alluvionali o palustri oloceniche dal contesto. Oltre la classe definita dall'assenza di testimonianze storiche o comunque dalla verifica delle opere di messa in sicurezza per tempi di ritorno duecentennali, si adotta ancora un criterio qualitativo di tipo geomorfologico.

Per il limite della seconda classe (pericolosità bassa), laddove possibile, è stato ricercato un elemento di confinamento morfologico di una certa importanza, che sembra coincidere solitamente con la scarpata di terrazzo fluviale che separa i depositi alluvionali contemporanei dall'ultimo ciclo eustatico, che inizia circa 18.000 anni fa con l'abbassamento di oltre 100 m dal livello attuale.

La classificazione di pericolosità idraulica viene così esplicitata:

CLASSE 1:

PERICOLOSITÀ IRRILEVANTE

Riguarda le aree collinari e montuose distanti dai corsi d'acqua in cui sono impossibili gli eventi di esondazione o sommersione; si individuano su base geologica escludendo le formazioni di origine alluvionale o palustre di età olocenica.

CLASSE 2:

PERICOLOSITÀ BASSA

Riguarda le aree, anche se costituite da depositi di origine alluvionale o palustre di età olocenica, non coinvolgibili da eventi di esondazione o sommersione; si individuano su base geomorfologica e corrispondono ai depositi terrazzati, distanti in quota dall'attuale reticolo fluviale.

CLASSE 3:

PERICOLOSITÀ MEDIA

Corrisponde nel complesso alle aree connotate da variabili gradi di propensione ad essere coinvolte da eventi di esondazione o sommersione; esse sono articolate in:

SOTTOCLASSE 3a:

PERICOLOSITÀ MEDIO BASSA

Riguarda le aree per le quali non si ha disponibilità di precise testimonianze storiche di episodi esondativi e di sommersione; si individuano su base geomorfologica, storica o con riferimento a modelli idrologici-idraulici, verificando nel caso la ricorrenza statistica di possibile esondazione o sommersione comunque superiore ai 200 anni; vi sono altresì comprese le aree coinvolte da eventi storici, protette successivamente da opere di difesa o bonifica idraulica, progettate e verificate per il deflusso o lo smaltimento di eventi con ricorrenza duecentennale e per le quali non sono evidenti elementi di criticità.

SOTTOCLASSE 3b:

PERICOLOSITÀ MEDIA

Riguarda le aree soggette ad esondazione o sommersione in occasione di eventi eccezionali, cioè di eventi con ricorrenza compresi tra i 20 ed i 200 anni; si individuano su base geomorfologica, storica o con riferimento a modelli idrologici-idraulici. Spesso il limite esterno coincide con le perimetrazioni degli ultimi eventi alluvionali.

SOTTOCLASSE 3c:

PERICOLOSITÀ MEDIO ELEVATA

Riguarda le aree soggette ad esondazione o sommersione in occasione di eventi con tempi di ricorrenza compresi tra i 2 ed i 20 anni; si individuano su base geomorfologica, storica o con riferimento a modelli idrologici-idraulici.

CLASSE 4:

PERICOLOSITÀ ELEVATA

Riguarda i corpi idrici e relative aree di pertinenza che condizionano gli ambiti di deflusso individuati dall'evento ordinario di ricorrenza biennale.

Per quanto attiene le classi di Pericolosità 4 (P. elevata), 3c (P. medio-elevata) e negli ambiti delle aree 3b (P. media) per i quali gli studi idrologici-idraulici, già in corso e comunque necessari per la definizione delle classi di Fattibilità, verificheranno tempi di ritorno inferiori a 100 anni, dovranno essere previsti interventi di messa in sicurezza atti alla riduzione del rischio ma non alteranti il livello dello stesso nelle aree adiacenti.

Tali interventi dovranno dimostrare il raggiungimento di un livello di rischio di inondazione per piene con tempo di ritorno superiore a 100 anni e dovranno essere coordinati con altri eventuali piani idraulici esistenti.

LA SUDDIVISIONE IN CLASSI DI PERICOLOSITA'

La classificazione del territorio secondo la pericolosità idraulica è stata effettuata tenendo conto di:

- rilevamenti e documentazione ufficiale prodotti dai competenti Enti pubblici (Regione Toscana-Genio Civile di Livorno, Consorzio di Bonifica Ufficio Fiumi e Fossi di Pisa, Provincia di Livorno, Comune di Livorno). La delimitazione delle aree alluvionate si riferisce ad eventi verificatesi negli ultimi anni.
- studi idrologici-idraulici condotti su alcune aste idriche
- notizie e conoscenze acquisite direttamente in studi di carattere territoriale.
- verifiche di campagna effettuate allo scopo.
- elaborazione dei dati idrologici.
- interventi di sistemazioni idrauliche eseguiti od in corso di ultimazione

Gli studi già ultimati, ad eccezione di quelli del bacino del Felciaio e dei botri della zona di Quercianella, si riferiscono solo ai tratti terminali dei corsi principali dove essi lambiscono o attraversano direttamente le zone urbane e periferiche della città.

Per quanto riguarda le portate di piena i calcoli sono stati effettuati sulle diverse aste fluviali senza un criterio di uniformità, con tempi di ritorno e parametri idraulici diversi.

Nessuna delle indagini condotte, ad eccezione dell'Ugione, è stata finalizzata alla valutazione dei teorici scenari derivanti da esondazioni per valori di massime piene.

In altri termini non è stato possibile verificare analiticamente l'estensione delle probabili aree di allagamento conseguenti ad onde di piena calcolate in funzione di tempi di ritorno prefissati.

Per il calcolo dell'altezza idrometrica di piena, ovvero per la definizione dell'entità di possibili tracimazioni, si è potuto disporre solo di poche verifiche relative a qualche sezione d'alveo in corrispondenza di alcuni tratti urbani e suburbani della piana della città.

Occorre peraltro sottolineare che in molti casi la situazione dei corsi d'acqua si presenta ben diversamente da quando si sono registrati gli episodi alluvionali degli anni '90.

Infatti a seguito degli indirizzi applicativi degli autorevoli studi idrologici-idraulici a cui è stato fatto riferimento, sono state effettuate di recente varie ed importanti sistemazioni delle aste fluviali.

In particolare, per il Rio Ardenza, per l'Ugione, per il Rio Cigna e per il Rio Maggiore è stato eseguito un primo riordino dei tratti urbani, con regolarizzazioni e locali ingrandimenti delle sezioni dell'alveo e con rivestimenti delle arginature.

Per i principali corsi d'acqua, il T. Ugione, il R. dell'Acqua della Puzzolente, il R. Cigna, il R. Maggiore, il F. Felciaio, il R. Ardenza, il B. delle Carrozze, i botri di Quercianella, sono state inoltre avanzate proposte per ulteriori interventi di regimazioni e riprofilature, allo scopo di migliorarne il deflusso e ad esse sarà data attuazione a tempi rapidi.

La suddivisione del territorio nelle varie classi di pericolosità idraulica è quindi legata ad una serie di elementi conoscitivi e si basa nella sostanza ad uno studio complessivo a livello qualitativo di cui il presente capitolo costituisce sintesi.

Per una attribuzione delle future classi di Fattibilità geologica basata su analisi quantitative si rendono necessari specifici studi idrologici-idraulici con approfondimenti circa il processo di trasformazione afflussi-deflussi secondo le caratteristiche particolari del bacino, il rilievo in dettaglio delle sezioni attuali ed infine determinazioni meno semplicistiche del profilo del pelo libero, con modelli di moto permanente o vario, capaci di valutare gli effetti di situazioni locali (ponti, restringimenti in genere, spargimenti per collassi arginali).

Nel caso del Rio Cigna, del Torrente Ugione, del Rio dell'Acqua della Puzzolente (bacino dell'Ugione), Rio di Valle Corsa e Botro del Molino Nuovo (bacino dell'Ardenza), sono già avviati studi di bacino al fine di avere un quadro conoscitivo completo sulle loro problematiche idrauliche.

ATTRIBUZIONE DELLE CATEGORIE DI PERICOLOSITÀ

Poichè la carta di pericolosità edita alla scala 1:5.000 per tutto il territorio comunale viene prodotta congiuntamente per i due aspetti geomorfologico (in senso lato) ed idraulico, si è ritenuto più vantaggioso per una migliore comprensione, far coesistere le due attribuzioni di pericolosità distinguendo la simbologia numerica in numeri arabi per la geomorfologica ed in numeri romani per la idraulica.

Le classi di pericolosità sono state così schematizzate:

Pericolosità geomorfologica

Classe 2 - pericolosità bassa - Basso grado di accadimento dell'evento franoso/dissesto/cedimento

Classe 3 - pericolosità media di accadimento dell'evento franoso/dissesto/cedimento

Sottoclasse 3a - pericolosità medio bassa

Sottoclasse 3b - pericolosità media

Sottoclasse 3c - pericolosità medio alta

Classe 4 - pericolosità elevata - Erosione marcata in atto, dissesto attivo

Pericolosità idraulica

Classe I - pericolosità irrilevante - Evento di esondazione non possibile in aree collinari

Classe II - pericolosità bassa - Evento di esondazione non possibile o molto poco probabile in aree alluvionali e/o terrazzate

Classe III - pericolosità media

Sottoclasse IIIa - pericolosità medio bassa - Evento di esondazione con ricorrenza > 200 anni

Sottoclasse IIIb - pericolosità media - Evento di esondazione con ricorrenza tra 20 e 200 anni

Sottoclasse IIIc - pericolosità medio elevata - Evento di esondazione con ricorrenza tra 2 e 20 anni

Classe IV - pericolosità elevata - Evento di esondazione con ricorrenza < 2 anni

Per l'attribuzione delle categorie di pericolosità si è considerata prevalente la categoria di valore più alto.

Ad esempio, nel caso di un areale con problematiche idrauliche tali da essere inserito in categoria II, ma con attribuzione geomorfologica 4 per condizioni di probabile dissesto, in cartografia tale area risulta con la sola attribuzione 4.

In alcuni casi in cui le classi di pericolosità si ritrovavano con lo stesso numero di attribuzione, è stato evidenziato il fenomeno ponendo la doppia numerazione (sia araba che romana).

Come regola generale, infatti, si evidenzia che le zone dove è maggiore la problematica del dissesto (escluse le aree di stretta pertinenza degli alvei torrentizi) e per le quali è alta la classe di pericolosità geomorfologica, quella idraulica risulta bassa.

7. ASPETTI FISIOGRAFICI DELL'ISOLA DI GORGONA

7.1 - LINEAMENTI MORFOLOGICI

La Gorgona è una piccola isola dell'Arcipelago Toscano con una superficie di 2.23 kmq, situata a circa 33 km a Ovest di Livorno.

L'isola è in posizione sub-centrale nel Bacino Tirrenico Toscano, all'interno della piattaforma continentale e presso il limite di scarpata.

La morfologia delle coste è strettamente dipendente dalle strutture tettoniche e dalla provenienza ed energia dei marosi. All'interno dell'isola sono presenti i relitti di una paleoidrografica con direzione O-E che, in epoche passate, doveva estendersi su di un'area molto più ampia.

Per evidenziare i rapporti tra i principali affioramenti e la morfologia è utile immaginare di iscrivere planimetricamente l'isola di Gorgona in due rombi. Il più grande è posto a SO ed ha i lati maggiori a direzione NO-SE ed i lati minori a direzione SO-NE. Il secondo rombo, molto più piccolo, costituisce l'estremità nord orientale dell'isola, con i lati maggiori a direzione NO-SE ed i lati minori a direzione SO-NE.

Nel "Grande Rombo di SO" affiorano le Metareniti di Cala di Pancia ed i Calcescisti di Punta Gorgona, i lati maggiori hanno la stessa direzione delle strutture tettoniche più importanti dell'isola; i lati minori sono perpendicolari al fronte delle onde di libeccio, il mare dominante.

Nel "Piccolo Rombo di SE" affiorano le Metabasiti di Punta Maestra, la linea di accavallamento tra queste ed i Calcescisti di Punta Gorgona coincide con il lato SO del Piccolo Rombo; quindi l'orientamento di entrambi i rombi è strettamente dipendente dalla struttura tettonica.

Le coste

La planimetria costiera della Gorgona è determinata principalmente dagli affioramenti delle Metareniti di Cala di Pancia maggiormente resistenti, rispetto ai Calcescisti di Punta Gorgona, alla forte azione erosiva dei marosi di libeccio.

Nella costa occidentale, tra Capo Zirri e Punta di Cala Scirocco vi sono due affioramenti di Calcescisti di Punta Gorgona che non presentano le insenature profonde e gli stretti promontori che invece caratterizzano la stessa formazione nella costa settentrionale, tra Capo Zirri e Cala Maestra e nella costa sud-orientale, tra Punta di Cala Scirocco e Cala Martina.

Questo sembra dovuto ai diversi mari predominanti nei differenti settori costieri; infatti, nelle zone sottoposte alla prevalente azione devastante del libeccio, i marosi demoliscono senza distinzione sia i livelli calcarei che quelli argilloso-filladici, quindi il profilo costiero si mantiene verticale per il susseguirsi di grandi frane di crollo.

Tra Capo Zirri e Cala Maestra e da Punta di Cala Scirocco a Cala Martina è predominante l'azione dei mari di scirocco e di maestrale che, essendo molto meno potenti di quello di libeccio, esercitano un'azione erosiva diversificata scavando più profondamente negli affioramenti argilloso-filladici.

A causa della intensa erosione dei versanti a prevalente azione marina ed eolica, la fascia costiera ha una morfologia aspra e dirupata, caratterizzata dai ripidi solchi delle valleciole (Bacino di Grecale, B. di Cala Maestra, B. di Ponente, B. di Libeccio, B. del Pollaio),

mentre la parte centrale dell'isola presso il Bacino dello Scalo, il B. Centrale e la parte alta del B. di Cala Scirocco, ha una morfologia relativamente dolce.

La rete idrografica

La rete idrografica di Gorgona è caratterizzata dalla presenza di un gran numero di corsi d'acqua molto ripidi e corti (pochi superano i 200 m), a disposizione circa radiale, che contornano tutta l'isola lungo le coste fortemente dirupate.

Il botro della Valle dello Scalo, da ovest ad est, traversa tutta l'isola dalla Torre Vecchia allo Scalo. Il botro della Valle di Cala Martina, ancora da ovest ad est, incide la metà centro-orientale dell'isola. Il botro di Cala Scirocco, dopo un primo andamento in un valle a direzione ovest-est, da Casa Colonica a Punta 191, volge di 90° verso SE e raggiunge la Cala Scirocco con questa direzione, dopo aver ricevuto i due affluenti che scorrono a NE e a SO di Casa Bellavista.

E' evidente come l'azione delle acque superficiali, incanalate in strette e ripide vallecole con andamento preferenziale lungo gli affioramenti più argilloso filladici, insieme all'azione dei marosi abbia contribuito alla formazione delle piccole cale e dei promontori dell'isola.

Il rilievo

Tutta la parte centrale dell'isola, in corrispondenza del Bacino dello Scalo, di quello Centrale e della parte alta del Bacino di Cala Scirocco, è modellata in modo relativamente dolce, in netto contrasto con i ripidi solchi delle vallecole che circondano l'isola.

La linea dei massimi rilievi passa per Punta 225, per Punta Gorgona (punto più alto dell'isola con 255 m s.l.m.), per la quota 225 a nord della Torre Vecchia, per Punta Zirri a quota 213 e coincide quasi totalmente con lo spartiacque tra il Bacino dello Scalo ed il Bacino di Ponente.

Le grotte

Nell'isola di Gorgona vi sono due grotte (la Grotta del Bue Marino sulla costa SE e la Grotta di San Gorgonio ad ovest della Casa Colonica), entrambe nei Calcescisti di Punta Gorgona.

La Grotta del Bue Marino si trova al livello del mare e la sua origine è dovuta al modellamento ed alla azione erosiva da parte delle onde; la Grotta di San Gorgonio ha il tetto formato da banchi a reggipoggio e la piccola nicchia sottostante è probabilmente dovuta ad uno svuotamento per frana di crollo.

7.2 - CARATTERI GEOLOGICO-STRUTTURALI

L'isola di Gorgona è costituita da due complessi litologico-strutturali in contatto tettonico tra loro: il primo, nella parte centro-meridionale, è definito "Unità Metasedimentaria" ed il secondo, nell'estremità nord-orientale, "Unità Ofiolitica".

L'Unità Metasedimentaria è differenziata litostratigraficamente in due formazioni distinte: le Metareniti di Cala di Pancia e i Calcescisti di Punta Gorgona.

Le Metareniti di Cala di Pancia affiorano all'estremità SO dell'isola e sono caratterizzate da strati e banchi con potenza da decimetrica a metrica, di aspetto massiccio e colore grigio.

Sembra che le Metareniti siano in posizione basale rispetto ai Calcescisti.

I Calcescisti di Punta Gorgona (v. Fot. 15 in Appendice) costituiscono la maggior parte dell'isola e sono una associazione a calcescisti predominanti con presenza di metapeliti nere (località Ferro di Cavallo) e di marmi a silicati (Cala Maestra, Casa Bellavista e ad ovest della Casa Colonica).

L'Unità Ofiolitica affiora nell'estremità NE dell'isola ed è distinta in due unità litostratigrafiche: le Serpentiniti di Cala Maestra e le Metabasiti di Punta Maestra.

Le Serpentiniti di Cala Maestra sono costituite da serpentiniti e serpentinoscisti mentre le Metabasiti di Punta Maestra (v. Fot. 16 in Appendice) sono rappresentate da metabasiti con tasche di metagabbri.

Nell'Unità Ofiolitica sembra di poter individuare una polarità stratigrafica in cui le serpentiniti costituiscono la base, sormontata da metagabbri e metabasalti sempre più ricchi in termini vulcanici.

Mentre l'Unità Metasedimentaria ha subito almeno tre fasi plicative sovrapposte, nell'Unità Ofiolitica ne sono riconoscibili due sovrapposte.

Il contatto tra l'Unità Metasedimentaria e l'Unità Ofiolitica avviene secondo una fascia di pochi metri di spessore concordante con le principali superfici di entrambe le unità.

Tale fascia è costituita da scisti cloritici e tremolitici e rappresenta un contatto avvenuto in ambiente metamorfico interpretabile come un contatto di sovrascorrimento dell'Unità Ofiolitica su quella Metasedimentaria.

7.3 - CARATTERI LITOLOGICI DELLE ROCCE E DELLE COLTRI DI COPERTURA

In base alle caratteristiche litologiche e di coesione, le rocce possono essere raggruppate nelle seguenti categorie:

- rocce incoerenti o scarsamente cementate, a prevalente composizione sabbioso-limoso-ciottolosa;
- rocce pseudocoerenti, a prevalente composizione argilloso-limosa;
- rocce semicoerenti, comprendenti rocce tendenza alla sfaldabilità o con scarso grado di cementazione;
- rocce coerenti di consistenza litoide.

Per quanto riguarda l'Unità Metasedimentaria, mentre le Metareniti di Cala di Pancia sono rocce coerenti, per i Calcescisti di Punta Gorgona è necessario distinguere i termini calcarei di tipo coerente da quelli argilloso-filladici di tipo semicoerente.

Nell'Unità Ofiolitica sia le Serpentiniti di Cala Maestra che le Metabasiti di Punta Maestra sono rocce coerenti.

Appartengono alla categoria delle rocce incoerenti i detriti derivanti dalle frane di calcescisti e dalle frane dei terrazzamenti (i secondi sono molto più limitati rispetto ai primi) e le alluvioni (Valle dello Scalo e tratto superiore della Valle di Cala Scirocco).

Le coltri di copertura sono costituite da depositi alluvionali, depositi eluviali ed eluvio-colluviali e depositi detritici derivanti da frane.

Nell'isola di Gorgona i depositi alluvionali sono molto scarsi trovandosi solo nella Valle dello Scalo e nel tratto superiore della Valle di Cala Scirocco. Poiché queste valli furono sbarrate nel passato da più muri trasversali reggialluvioni, molto probabilmente i depositi alluvionali sono "artificiali" e recenti.

I depositi eluviali ed eluvio-colluviali derivano dalla alterazione fisico-chimica del substrato roccioso e possono rimanere in posto o essere dislocati dalle acque di ruscellamento. Lo spessore di tali coltri è generalmente molto modesto.

I depositi detritici possono derivare sia da frane che interessano le compagini rocciose che da quelle che riguardano coltri detritiche, naturali o artificiali, terrazzate per lo sfruttamento agricolo. Le prime derivano da frane di crollo che interessano principalmente i Calcescisti di Punta Gorgona.

7.4 - DINAMICA E STABILITÀ DEI VERSANTI

La zona costiera é quella che pone i maggiori problemi di stabilità dei versanti; infatti le aspre e dirupate coste dell'isola di Gorgona sono soggette a frane di crollo o per scalzamento diretto da parte del mare o per eccessiva ripidità.

Le frane di maggiori dimensioni si trovano nella costa di ponente, maggiormente esposta all'azione demolitrice dei marosi e la loro evoluzione sembra che proceda in modo assai rapido.

All'interno dell'isola é in atto un processo di grave degrado dei versanti dovuto all'abbandono delle opere di manutenzione dei terrazzamenti eseguiti per ricavare dai versanti superfici coltivate.

Il decadimento di queste strutture comporta una notevole vulnerabilità dei versanti all'erosione da parte delle acque meteoriche.

8. CARTOGRAFIA TEMATICA DELL'ISOLA DI GORGONA

8.1 CARTA CLIVOMETRICA-Tav. 1/A

Per l'esecuzione della carta clivometrica, alla scala 1:5.000, sono state seguite le stesse procedure e metodologie adottate per la stesura della carta clivometrica del territorio continentale.

Le classi in cui è stato suddiviso il territorio dell'isola, risultano:

Classe 1	Pendenze inferiori all' 8%
Classe 2	Pendenze comprese tra l'8% ed il 24%
Classe 3	Pendenze comprese tra il 24% ed il 35%
Classe 4	Pendenze superiori al 35%

Dall'analisi di questa carta possiamo evidenziare che la classe nettamente predominante è la 4. Il paesaggio è infatti contraddistinto da una morfologia aspra ed accidentata.

8.2 CARTA GEOLITOLOGICA- Tav.2/A

Con gli stessi criteri adottati per la cartografia del territorio continentale, la carta geolitoologica alla scala 1:5.000, mostra le formazioni in affioramento definite in base a criteri litologici e fisico-meccanici.

Le varie unità litotecniche sono state raggruppate nelle seguenti classi:

- Classe 1 - Rocce coerenti ad elevata e media resistenza
- Classe 3 - Rocce incoerenti sabbiose
- Classe 4 - Rocce coerenti di scarsa resistenza
- Classe 5 - Rocce pseudocoerenti argilloso-sabbiose

Nella Classe 1 sono state inserite:

le Metareniti di Cala di Pancia (Ma), le Serpentiniti di Cala Maestra (Σ), le Prasiniti di Cala Martina (Pr), le Metabasiti di Punta Maestra (Mb).

Le sigle sono ancora quelle usate nella Carta geologica in scala 1:25.000 allegata allo studio "Geologia e morfologia dei Comuni di Livorno e Collesalveti" di Lazzarotto ed altri Autori (1990).

La formazione delle metareniti di Cala di Pancia è caratterizzata da strati e banchi con potenza da decimetrica a metrica, d'aspetto massiccio, evidenziati dall'interposizione di sottili livelli pelitico-filladici.

Le metabasiti di Punta Maestra sono rappresentate da metabasiti con tasche di metagabbri. In alcuni casi sono di chiara derivazione da basalti, quando ad esempio sono riconoscibili tessiture a pillows, mentre in altri casi non può essere esclusa una loro derivazione da gabbri.

Le Serpentiniti di Cala Maestra sono costituite da serpentiniti massive e serpentinoscisti e i due esigui affioramenti di prasiniti costituiscono intercalazioni metabasiche nelle unità offiolitiche.

Nella Classe 3 sono state inserite le Alluvioni (a) ed i depositi di Spiaggia (s).

I depositi alluvionali, sbarrati da muri trasversali reggialluvioni in modo da trattenere i materiali del dilavamento dei versanti, sono recenti e probabilmente artificiali, e formati da litotipi che presentano caratteristiche geomeccaniche e grado di consolidazione variabili.

La piccola spiaggia allo scalo, è costituita da sedimenti per lo più a grana fine o medio-fine, da sciolti a poco addensati.

Nella Classe 4 sono state inseriti i Calcescisti di Punta Gorgona (Cs).

Questo litotipo consiste in un'associazione a calcescisti predominanti, con presenza di metapeliti, con alcuni episodi più decisamente calcarei e marmi a silicati.

I livelli argilloso-filladici sono meno resistenti e più erodibili di quelli più calcarei e possono favorire frane di crollo in versanti ripidi.

Nella Classe 5 sono raggruppati i Detriti (d), le Frane di Calcescisti (dCs) e di Metabasiti (dMb).

Le frane sono di crollo, impostate nei Calcescisti di Punta Gorgona e legate allo scalzamento alla base dovuto ai marosi e all'eccessiva ripidità dei versanti. Solo una frana riguarda le metabasiti ed è di origine artificiale.

Coperture detritiche, talora estese interessano la compagine rocciosa dei Calcescisti di Punta Gorgona.

8.3 CARTA GEOMORFOLOGICA- Tav. 3/A

Dalla lettura di questa carta alla scala 1:5.000, si evince che nell'isola sono evidenti i fenomeni di dissesto attivo dovuti alla forte acclività e all'azione dei marosi.

Le frane rientrano nel processo di arretramento delle coste aperte nei calcescisti di Punta Gorgona. Questo processo sembra assai rapido, come indicato dal fatto che le frane di dimensioni maggiori si trovano nella costa di ponente, più esposta all'azione demolitrice delle mareggiate.

Il degrado di molti versanti dell'isola è inoltre imputabile all'abbandono della manutenzione delle numerose opere di terrazzamento eseguite in passato per ottenere delle aree coltivabili ed alle erosioni incanalate sulle linee di massima pendenza.

8.4 CARTA DELLA PERICOLOSITA'- Tav. 4/A

L'isola di Gorgona è caratterizzata da una pericolosità piuttosto elevata, sia sotto il profilo geomorfologico, soprattutto per le condizioni già esposte (elevata acclività, azione dei marosi), sia da un punto di vista idraulico. In quest'ultimo caso però, la pericolosità è concentrata soprattutto nei pochi siti in cui affiorano le alluvioni ed in cui è presente un reticolo idrografico ben organizzato.

Nella Valle dello Scalo malgrado la presenza di sbarramenti costituiti da più muri trasversali reggialluvioni, in occasione di fortissimi nubifragi si sono verificati episodi di alluvionamento.

Fra i più importanti accaduti in passato se ne ricorda uno catastrofico del secolo scorso, storicamente documentato, in cui si lamentarono notevoli danni.

Anche in tempi recenti, in occasione di un violento nubifragio che ha investito l'isola, nella Valle dello Scalo si è verificata un'alluvione che ha comportato notevoli disagi.

Livorno, Settembre 1996





