

Geologia dell'Ambiente

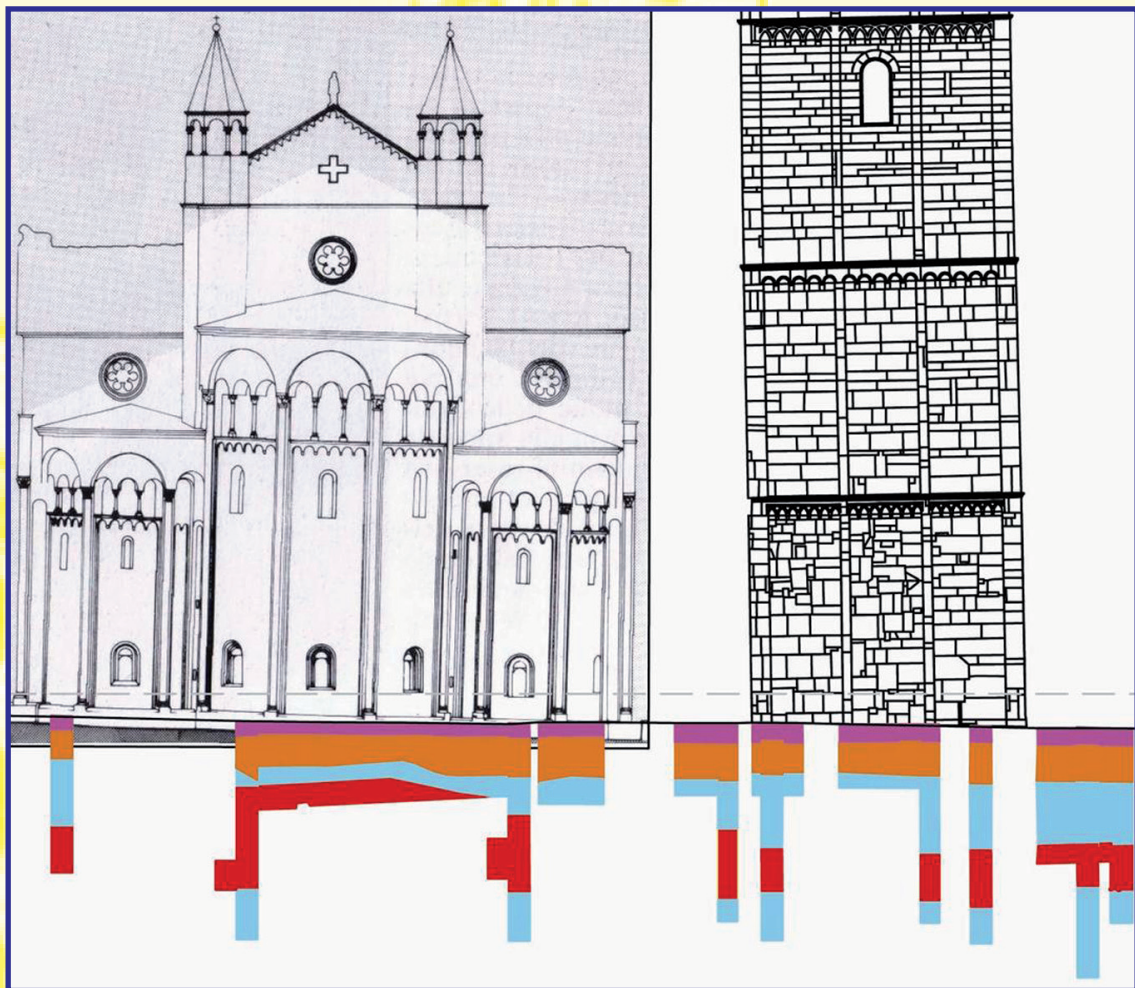
Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale



2/2010

ISSN 1591-5352

ATTI DEL CONVEGNO SULLA **GEOLOGIA URBANA DI MODENA, 2008**



SIGEA, Comune di Pereto, Associazione Idrotecnica Italiana Sezione Italia centrale, AIAPP Sezione Peninsulare organizzano il CONVEGNO su

“I mulini ad acqua: risorsa di ieri e di domani”

Pereto (AQ) sabato 24 luglio 2010

Con il patrocinio di: Eurosolar Italia, Ordine dei geologi del Lazio, CATAP Coordinamento Associazioni Tecniche per Ambiente Paesaggio.

Obiettivo: i mulini ad acqua hanno condizionato per secoli la vita nella realtà italiana e non solo italiana, come strumenti per trasformare l'energia idraulica in energia meccanica, sia per macinare le granaglie che per azionare altre macchine, ad esempio nell'industria tessile e conciaria (folloni o gualchiere), nell'industria metalmeccanica, ecc. Sono stati attivi fino a pochi decenni or sono e alcuni funzionano ancora. I mulini ad acqua sono considerati come bene culturale e in tutta Italia sono oggetto di studio e di valorizzazione anche turistica. Meritano approfondimento e dibattito non solo i fabbricati destinati alla macinazione dei cereali, che hanno caratterizzato e segnato capillarmente il territorio, ma tutti quei manufatti accomunati dall'utilizzo dell'acqua come forza motrice, ad esempio i canali di adduzione e di scarico dell'acqua, i serbatoi di accumulo, le macine di pietra. Importanti anche i fattori di inserimento nel paesaggio circostante come, innanzitutto, il rapporto con i corsi d'acqua e, pertanto, lo stato di conservazione di sistemi e apparati tecnico-meccanici che ne regolavano il funzionamento. Quindi merita ricordare il loro indispensabile ruolo socio-economico, gli aspetti idraulici e idrogeologici, ingegneristici, tecnologici, anche allo scopo di censire quelli ancora funzionanti, quelli di cui restano le vestigia, al fine di farli conoscere al più ampio pubblico e di indirizzare gli amministratori a svolgere un'opera di informazione-educazione e, nei casi dove sia possibile, di recuperarli a scopi culturali e didattici.

Svolgimento degli argomenti

MATTINA: *Aspetti generali*

- Angeli e demoni delle acque: mugnai e mulini, economia e società dalla trattatistica rinascimentale e moderna (Franca Fedeli Bernardini)
- I mulini ad acqua in Abruzzo dall'eversione della feudalità ai primi del '900 (Edoardo Micati)
- Aspetti paesaggistici e opportunità turistiche: l'esempio della “Passeggiata delle Rogge”, sistema di canali e mulini di origine medioevale, recuperati in Friuli Venezia Giulia (Cristina Tullio)
- Archeologia e mulini ad acqua (Gioacchino Lena)
- I mulini come risorsa energetica alternativa (Pasquale Penta)

POMERIGGIO: *Casi di studio*

- Mulini a energia idraulica in Sabina e a Rieti tra VIII e XIII secolo (Tersilio Leggio)
- I mulini romani antichi, prospettive di ricerca e scoperte (Leonardo Lombardi)
- Il mulino ad acqua di Santo Stefano di Borgorose (RI) (Domenico Martorelli, Franco D'Anastasio)
- Un mulino ad acqua attivo: Vivaro Romano (RM) (Giuseppe Gisotti),
- L'industrializzazione legata all'acqua: l'energia idraulica dal fiume Gizio-Sulmona (Antonio Mancini)

Eventuale visita a mulini in zona

Comitato organizzatore: Giuseppe Gisotti (SIGEA), Giovanni Meuti (Sindaco di Pereto), Marcello Benedini (AII Associazione Idrotecnica Italiana), Michele Sciò (Associazione Lumen), M. Cristina Tullio (Presidente Sezione Centro Peninsulare AIAPP Associazione Italiana di Architettura del Paesaggio), Pierluigi Meuti (Pereto), Gioacchino Lena (Università della Tuscia), Franco D'Anastasio (SIGEA), Leo Lombardi (SIGEA), Pasquale Penta (AII), Antonio Mancini (Geologo, Sulmona), Pierluigi Martini (AII).

Richiesti Crediti ai fini APC per geologi iscritti all'Albo e all'Elenco Speciale

Per informazioni

e-mail: info@sigeaweb.it
tel. 06 5943344



Geologia dell'Ambiente
Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale

N. 2/2010

Anno XVIII - aprile-giugno 2010

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229
del 31 maggio 1994

Comitato scientifico

Mario Bentivenga, Aldino Bondesan,
Giancarlo Bortolami, Aldo Brondi,
Felice Di Gregorio, Giuseppe Gisotti,
Giancarlo Guado, Gioacchino Lena,
Giulio Pazzagli, Giancarlo Poli,
Giacomo Prosser, Giuseppe Spilotro

Procedura per l'accettazione degli articoli

I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione, dopo che la redazione abbia verificato la loro pertinenza con i temi di interesse della rivista, saranno sottoposti a giudizio di uno o più «Referees», che dovranno vagliare il lavoro sia sotto l'aspetto dei contenuti, sia sotto quello formale ed esprimere la propria opinione circa l'accettabilità del lavoro stesso. Ciascun «Referee» classificherà le proprie osservazioni in «vincolanti» e «discrezionali». Sono «vincolanti» le osservazioni riguardanti contenuti palesemente non corretti e «discrezionali» quelle attinenti questioni opinabili, interpretative o formali; solo in quest'ultimo caso, l'Autore potrà accettare o meno i suggerimenti proposti.

Comitato di redazione

Federico Boccalaro, Giorgio Cardinali, Giovanni Conte, Gioacchino Lena, Paola Mauri, Maurizio Scardella

Direttore responsabile

Giuseppe Gisotti

Redazione

SIGEA: tel./fax 06 5943344
Casella Postale 2449 U.P. Roma 158
info@sigeaweb.it
www.sigeaweb.it

Progetto grafico e impaginazione

Fralerighe
tel. 0774 554497 - fax 0774 2431193
info@fralerighe.it
www.fralerighe.it

Pubblicità

SIGEA

Stampa

Tipolitografia Acropoli, Alatri - FR

Abbonamento annuale: Euro 30,00

Sommario

La Geologia Urbana oggi in Italia GIUSEPPE GISOTTI	3
Geologia Urbana e piano territoriale di coordinamento provinciale di Modena ERIUCCIO NORA	18
Il sottosuolo di Modena e la salvaguardia del patrimonio archeologico DONATO LABATE, LUIGI MALNATI	22
Dall'Egitto all'Istria: viaggio tra le pietre di Modena STEFANO LUGLI	34
Idrografia storica e sicurezza idraulica ALESSANDRO ANNOVI	42
Vulnerabilità idrogeologica e subsidenza nella città di Modena GIORGIO BARELLI, ALESSANDRO MACCAFERRI	49
Pericolosità sismica e governo del territorio LUCA MARTELLI	59

In copertina: Modena, piazza Grande col Duomo. Profilo stratigrafico ricostruito sulla base della lettura di carotaggi e di alcuni saggi di scavo archeologico.



Provincia
di Modena



Comune
di Modena



SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale



Ordine dei Geologi della
Regione Emilia-Romagna



Società Geologica
Italiana



Geologia urbana di Modena: sostenibilità ambientale e territoriale

21 novembre 2008 | ore 9.00

Camera di Commercio di Modena | Via Ganaceto 134 | Modena

9.00 REGISTRAZIONE DEI PARTECIPANTI

9.30 SALUTO AUTORITÀ E INIZIO LAVORI

Giovanni Franco Orlando

Assessore alle Politiche Ambientali del Comune di Modena

Luca Demicheli

Segretario Generale Commissione Italiana per l'Anno Internazionale del Pianeta Terra – Servizio Geologico d'Italia/Dipartimento Difesa del Suolo ISPRA

Maurizio Zaghini

Presidente OGER

SESSIONE ANTIMERIDIANA

MODERATORE:

Forese Carlo Wezel

Presidente Società Geologica Italiana

La Geologia urbana oggi in Italia

Giuseppe Gisotti

Presidente SIGEA

Geologia urbana e Pianificazione Territoriale ed Urbanistica

Eriuccio Nora

Area Pianificazione Provincia Modena

Marco Stancari

Settore Urbanistica Comune di Modena

Il sottosuolo di Modena e la salvaguardia del patrimonio archeologico

Luigi Malnati, Donato Labate

Soprintendenza Beni Archeologici Emilia-Romagna

11.30 PAUSA CAFFÈ

Le pietre di Modena

Stefano Lugli

Dipartimento di Scienze della Terra Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Idrologia storica e sicurezza idraulica

Alessandro Annovi

Servizio Risorse e Territorio Comune di Modena

13.00 CHIUSURA DEI LAVORI SESSIONE ANTIMERIDIANA

Marioluigi Bruschini

Assessore alla Sicurezza territoriale, Difesa del Suolo e della Costa, Protezione Civile

13.30 PAUSA BUFFET

15.00 RIPRESA DEI LAVORI

SESSIONE POMERIDIANA

MODERATORE:

Pietro Antonio De Paola

Presidente Consiglio Nazionale Geologi

Bonifica delle aree industriali da riutilizzare ai fini urbanistici

Adelio Pagotto

E.G. Engineering Geology, Carate Brianza (MI)

Vulnerabilità idrogeologica e subsidenza

Giorgio Barelli

Servizio Risorse del Territorio Provincia Modena

Alessandro Maccaferri

Libero professionista e Consigliere OGER

Pericolosità sismica e governo del territorio

Luca Martelli

Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione Emilia-Romagna

Sfruttamento energetico del sottosuolo urbano

Domenico Savoca

Struttura Sviluppo Attività Estrattive Regione Lombardia

DIBATTITO

18.00 CONSIDERAZIONI FINALI E CHIUSURA DEL CONVEGNO

Maurizio Maletti

Assessore alle Politiche Urbanistiche e Qualità del Territorio della Provincia di Modena

CON IL PATROCINIO DI



Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Modena e Reggio Emilia
Regione Emilia-Romagna
Consiglio Nazionale dei Geologi
Coordinamento Associazioni tecnico-scientifiche per l'Ambiente ed il Paesaggio

COMITATO ORGANIZZATORE

dr. Alessandro Annovi (Comune di Modena)
dr. Giuseppe Gisotti (SIGEA)
dr. Giancarlo Guado (SIGEA)
dr. Alessandro Maccaferri (OGER)
dr. Eriuccio Nora (Provincia di Modena)
dr. Maurizio Zaghini (OGER)

COMITATO SCIENTIFICO

prof. Forese Carlo Wezel
Presidente Società Geologica Italiana
dr. Giancarlo Guado
Vice Presidente SIGEA
dr. Pietro Antonio De Paola
Presidente Consiglio Nazionale dei Geologi
dr. Raffaele Pignone
Dirigente Serv. Geol. Regione Emilia-Romagna
dr. Eriuccio Nora
Direttore Area Pianificazione Provincia Modena
dr. Alessandro Annovi
Dirigente Servizio Risorse e Territorio del Comune di Modena

CON IL SOSTEGNO DI:



Progetto di ricerca sui paesaggi industriali e sulle cave



Accreditamento ai fini APC per geologi iscritti all'Albo e all'Elenco Speciale n.7 crediti.

L'URBANIZZAZIONE E I PROBLEMI DERIVANTI

Discutere sull'ambiente urbano significa da una parte esaminare come l'uomo abbia modificato l'ambiente naturale in cui si è insediato, concentrandosi in uno spazio relativamente piccolo, dall'altra come la natura inglobata nella città si sia modificata per resistere a condizioni artificiali. L'altro aspetto riguarda l'interferenza tra la città e gli ambienti adiacenti, in quanto l'insediamento dipende dalle risorse naturali circostanti e nello stesso tempo riversa fuori di esso i rifiuti, i prodotti del suo metabolismo (Gisotti, 2007).

La gente della città vive in un ambiente creato da innumerevoli sforzi umani, spesso reso spiacevole dagli effetti collaterali dell'attività umana, frequentemente pieno di problemi derivanti da inquinamento, affollamento, abitazioni inadeguate e insoddisfacente situazione sanitaria, inoltre non immune da pericoli naturali quali inondazioni, invasioni marine dovute a eccessi climatici e/o subsidenza artificiale, frane, terremoti, maremoti (tsunami), eruzioni vulcaniche, ecc.

Poiché il fenomeno al quale si assiste è la crescita inarrestabile della popolazione globale ma ancor più di quella urbana, bisognerà fare i conti con tale fenomeno per cercare di vivere meglio nelle città: la concentrazione di esseri umani nella città, abnorme rispetto al passato anche recente, è causa dei vari problemi sopra accennati. Qui si vuole trattare della interferenza fra l'attività umana e il substrato geologico, ossia dell'argomento che viene chiamato Geologia urbana.

Peraltro questo argomento non va considerato come autonomo rispetto agli altri aspetti che sono coinvolti nel dinamismo della città, perché essi sono strettamente interdipendenti: infatti esso è collegato ad esempio alla Idrologia urbana, al Bilancio di massa; in quest'ultimo caso (volendo restare nel campo delle sole risorse geologiche) è evidente che fra i materiali in entrata nella città vi sono gli inerti, il calcestruzzo, le pietre ornamentali, il bitume, ecc., che rientrano nella attività estrattiva, campo di interesse della geologia, e fra i materiali in uscita vi sono i rifiuti solidi, i quali accumulati nelle discariche vanno a far parte, col processo di mineralizzazione, della crosta terrestre.

La fondazione di una città o di un suo nuovo quartiere crea un paesaggio ben diverso da quello naturale precedente, con alte, spoglie rupi di cemento e di vetro, profondi canyon urbani e lunghe monotone pianure, talvolta interrotte da fiumi naturali o rettificati artificialmente o da nuovi decorativi corpi idrici. La creazione di questo nuovo paesaggio coinvolge la modificazione massiccia della circolazione dell'energia, dell'acqua e della materia nel sistema urbano.

Però il nuovo paesaggio non può essere creato senza fare i conti con il paesaggio e il substrato preesistenti. I processi geomorfici influenzeranno sempre la vita della città e d'altra parte le fondazioni degli edifici e delle infrastrutture dovranno essere progettate per essere stabili sui terreni sotto di loro. In altre parole, il tessuto urbano dovrà adeguarsi a una combinazione di vari aspetti della componente suolo-sottosuolo.

Pertanto il ruolo dell'ambiente geologico nella scelta del sito dove fondare la città è stato sempre presente nell'operato dei fondatori, sia per quanto riguarda le limitazioni imposte dalla componente ambientale "suolo-sottosuolo" e quindi anche dai pericoli geologici, che per la presenza di processi geomorfici e di georisorse necessarie allo sviluppo dell'insediamento, quali acque potabili, corpi idrici navigabili, materiali di cava, suoli fertili, ecc. (Gisotti, 2005).

Si può quindi fare ricorso ad alcuni approcci che affrontano sotto varie ottiche lo studio della città, che sono i seguenti:

- approccio storico-evoluzionistico: nascita – crescita – morte;
- approccio ecologico-metabolico;
- approccio dei pericoli geologici peculiari della città.

APPROCCIO STORICO-EVOLUZIONISTICO: NASCITA – CRESCITA – MORTE

Le città si trovano spesso in una situazione contraddittoria, sempre in bilico tra forze che tendono ad arrestarne lo sviluppo socio-economico, culturale, biofisico, ambientale e forze che agiscono in senso contrario. Alcune città passano da una fase di rapida crescita, a una fase di miglioramento tecnologico, raggiungendo un picco di efficace gestione ambientale urbana, con apprezzabili sistemi di circolazione di energia, acqua e materiali, e con buone condizioni biogeografiche, prima di entrare nella fase di deterioramento del sistema urbano. Questo concetto si può applicare ad alcuni casi, come la rapida crescita, il declino, fino a diventare città insignificanti o morte, di tante città minerarie del Nord America o dell'Australia.

In vari casi la componente geologica riveste un ruolo determinante nell'evoluzione urbana.



Figura 1 – L'isola Tiberina a Roma.

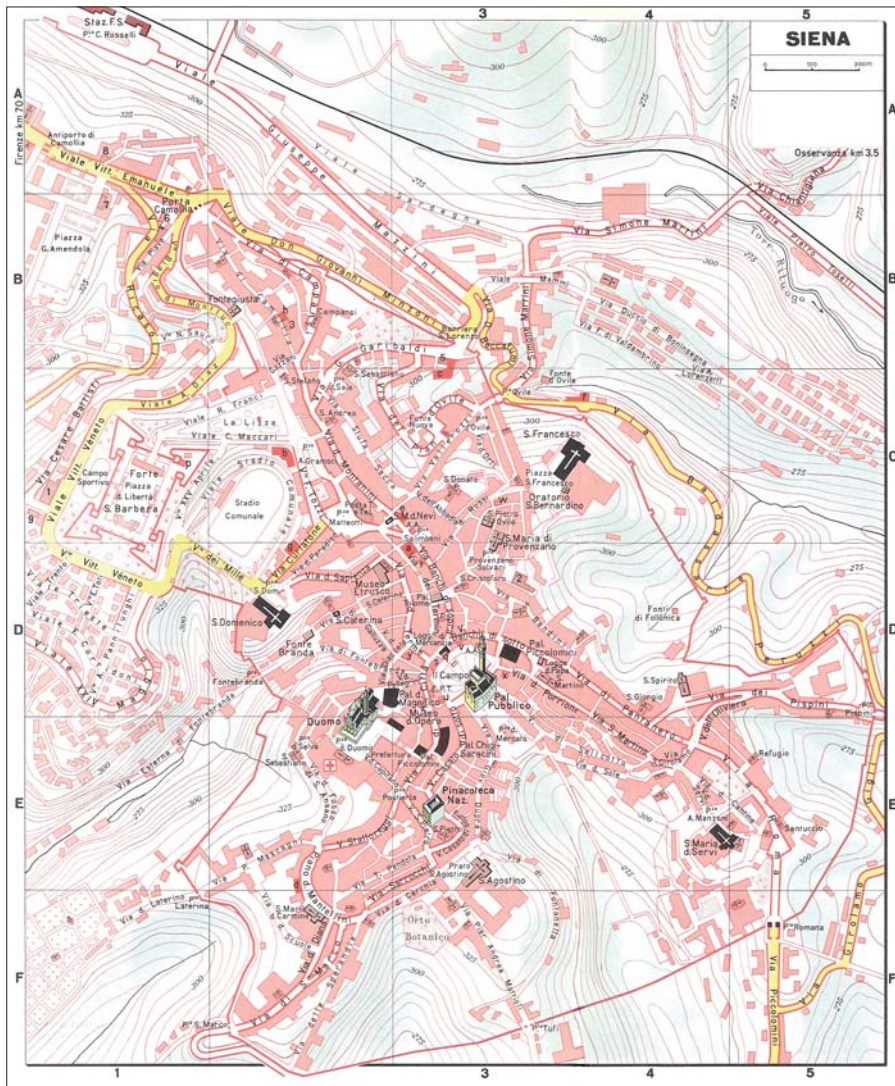


Figura 2 – Planimetria della città di Siena, adagiata su una dorsale di Sabbie Gialle, da cui si dipartono vallecicole a raggiata, in direzione centrifuga. La ubicazione sulla sommità del crinale (posizione facilmente difendibile) e le testate delle vallecicole determinano la forma della città.

NASCITA: il sito viene prescelto a motivo delle sue risorse geologiche determinanti: inerti e pietre per costruire la città, acqua potabile, minerali utili (città minerarie), suoli fertili. Si illustrano alcuni esempi.

ROMA

Già a partire dalla media Età del Bronzo (XIII-XII secolo a. C.) gli scambi commerciali che si svolgevano tra il Lazio meridionale e l'Etruria e in generale tra i territori a nord e a sud del fiume Tevere trovarono la convenienza di attraversare il Tevere in corrispondenza di un isolotto al centro del fiume, che permetteva un più facile attraversamento (Fig. 1). In questo punto strategico si ebbe uno dei primi insediamenti di genti del luogo, allo scopo di controllare i traffici e in qualche modo di trarne vantaggio. In particolare l'insediamento si sviluppò sul colle erto prossimo al guado che lo dominava. Questa posizione elevata venne scelta non solo perché permetteva più facili azioni di difesa-offesa, ma anche perché probabilmente l'area ai piedi del colle e prossima al fiume era acquitrinosa e pertanto malsana. I primi

abitatori del luogo furono avvantaggiati dalla situazione geomorfologica (passaggio del fiume e colle), dalla presenza di sorgenti con ottima acqua potabile, dalla abbondanza di materiale lapideo ma facilmente lavorabile, il tufo vulcanico, e dai boschi presenti sul colle, il cui legname oltre che per gli usi domestici servì probabilmente anche per alimentare forni fusori per metalli. Questo insediamento costituì probabilmente il primo nucleo urbano di Roma, intorno al 750 a. C., e anche col passare del tempo il colle Capitolino (Campidoglio) e l'isolotto (Isola Tiberina) mantennero un ruolo preminente nelle vicende della città.

LONDRA

Londra fu fondata nel più conveniente attraversamento di un fiume soggetto a maree, in un luogo dove il Tamigi aveva terrazzi alluvionali ghiaiosi su ambedue le rive, di cui quello sulla sponda settentrionale (sinistra idrografica) era ampio e ben drenato (Douglas, 1983). Sia a monte che a valle del sito e a est lungo il fiume Lee (affluente di sinistra del Tamigi), paludi occupavano le sponde flu-

viali. Londra fu fondata come città coloniale pianificata, nel luogo più favorevole dell'area, evitando i terreni paludosi e occupando quelli asciutti e ben drenati. Una valutazione, consapevole o intuitiva, della geomorfologia e del drenaggio del sito fu eseguita dagli amministratori coloniali Romani prima di decidere sull'utilizzo del luogo. Le autorità coloniali avranno pensato alle necessità di una comunità urbana all'altezza degli stili di vita e della tecnologia dei loro tempi. Man mano che la città crebbe nei secoli successivi, i fattori economici provocarono l'espansione dell'edificato su terreni di fondazione molto meno idonei rispetto ai precedenti, e incoraggiarono lo sviluppo e l'applicazione di nuove tecnologie per utilizzare parte della piana alluvionale del Tamigi, per costruire bacini portuali e più tardi abitazioni e stabilimenti industriali anche dove si trovavano le paludi. Questo nuovo sviluppo urbanistico ha richiesto molta attenzione, non solo ai problemi di fondazione, ma anche agli effetti del costruito sul paesaggio circostante, sui fiumi adiacenti e sui luoghi situati a valle della città.

SIENA

Siena (città prima etrusca e poi romana) fu fondata su una dorsale costituita dalla "serie regressiva" pliocenica delle "Argille Azzurre" nella parte bassa del rilievo e dalle "Sabbie Gialle" alla sommità dello stesso. L'elemento saliente del paesaggio è rappresentato dal rilievo di Siena, alla cui sommità fanno capo le linee di impluvio, costituite da circa sette vallecicole che si espandono a raggiata, in direzione centrifuga. Lo spartiacque pertanto non è lineare ma caratterizzato da un andamento sinuoso, determinato dalle testate delle citate vallecicole. Per cui la dorsale (ossia lo spartiacque principale) è formata dalla alternanza dei displuvi e degli impluvi (le vallecicole). Queste giungono fino a controllare fortemente la forma della città: ad esempio la piazza del Campo (dove si tiene il Palio) ha la forma a valva di conchiglia perché costituisce la testata della vallecicola orientata a sud-est. Lo stadio comunale è adagiato sul fondo di una vallecicola orientata a sud-ovest e l'orto botanico si trova alla testata di una vallecicola orientata a sud (Fig. 2).

CORTEMAGGIORE

In altre situazioni il centro abitato è sorto in un'area di pianura ma i fondatori hanno scelto un luogo il più possibile sopraelevato, allo scopo di ridurre il pericolo di essere invasi dalle inondazioni dei corsi d'acqua. Un caso emblematico è quello di Cortemaggiore (PC), nella pianura padana, che occupa l'apice di un cono di deiezione, connesso ad antiche e locali esondazioni del torrente Arda e ancora oggi ben testimoniato dalla disposizione a

ventaglio degli appezzamenti di terreno che si sviluppano a valle e che costituiscono il dorso della conoide stessa. Nell'esempio viene spiegata anche la formazione di tale conoide (Fig. 3).

CRESITA

L'insediamento continua a crescere anche a motivo delle georisorse sempre presenti e della situazione geomorfologica favorevole, in assenza di pericoli geologici di elevata "magnitudo".

Si assiste al fenomeno della "stratificazione" non solo fisica dei materiali che hanno costituito la città nelle varie epoche storiche ma anche a una sorta di stratificazione culturale.

ROMA

Il substrato dell'attuale tessuto urbano è caratterizzato dalla sovrapposizione di più strati di interesse archeologico, ciascuno legato a uno specifico periodo storico: alle più antiche testimonianze della città protostorica concentrate sui colli Campidoglio e Palatino e nel Foro Romano, si succedono ininterrottamente tutte le fasi storiche (fasi arcaica, repubblicana, imperiale, rinascimentale, barocca, attuale) con crescita dei livelli stratigrafici e sovrapposizioni urbanistiche, di cui una delle più famose è quella di piazza Navona sullo stadio di Domiziano, che rendono Roma e il suo sottosuolo uno straordinario libro le cui pagine sono leggibili anche e soprattutto nella complessità delle sue stratigrafie (Fig. 4).

ATENE

Un altro esempio di stratificazione archeologica è quello di Atene, dove i reperti archeologici che si rinvenivano nello scavo delle gallerie per la linea metropolitana vengono recuperati e mostrati ai viaggiatori (Fig. 5).

ROMA

I Geositi urbani possono essere anche considerati come documenti del passato geologico utili per la crescita urbanistica futura.

Gli studi geologici nelle aree urbane scontrano alcuni condizionamenti tra i quali quello più evidente è l'assenza di affioramenti geologici, che sono stati nel tempo obliterati, scavati e comunque nascosti da un "continuum" di asfalto e cemento.

Tanto è vero che in area urbana non si potrebbe "fare" geologia senza l'ausilio di sondaggi geognostici, i quali però, pur permettendo una ricostruzione dell'evoluzione del paesaggio preurbano, non sono in grado di mostrare i corpi geologici ormai spariti.

In questo contesto, e nell'ambito della geologia urbana, acquistano pertanto notevole utilità tutte le informazioni circa l'assetto

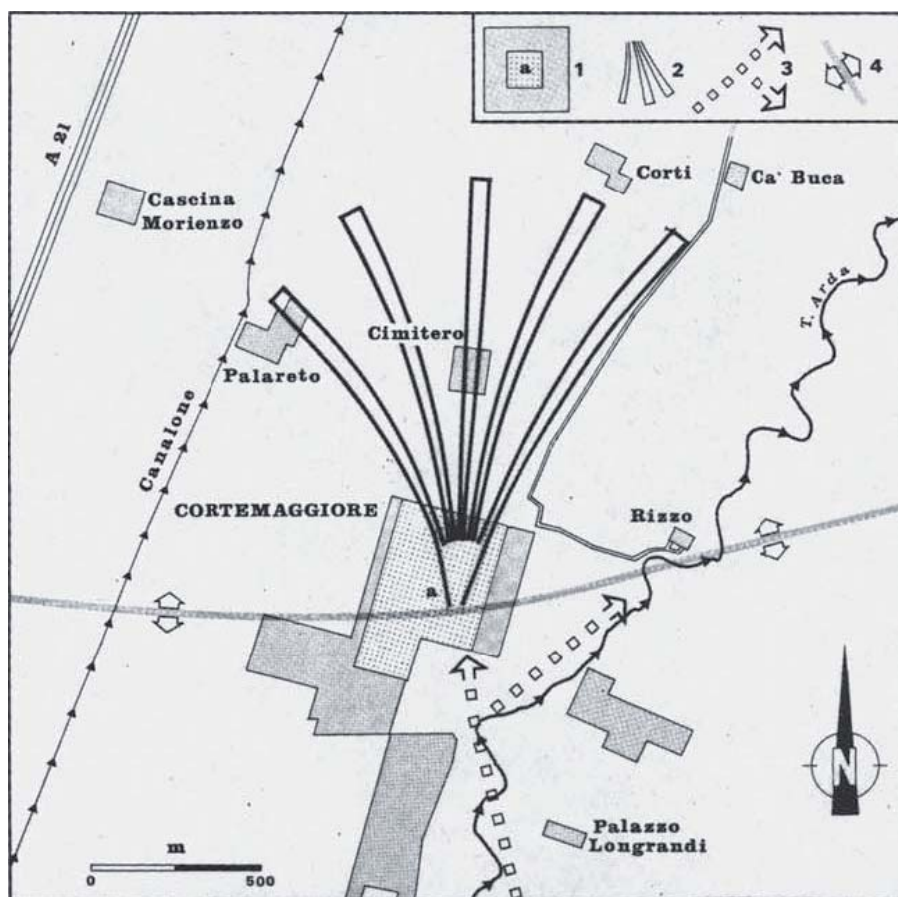


Figura 3 – Situazione geomorfologica caratterizzante l'abitato di Cortemaggiore. È evidente nel disegno e nell'immagine fotografica, la presenza di una antica conoide, collocata subito a valle di un "gomito di deviazione" segnato dal torrente Arda. Nella zona apicale di tale conoide, leggermente sopraelevata rispetto alla pianura circostante, è sorto l'abitato di Cortemaggiore. La formazione del cono di deiezione è presumibilmente da ricollegare a un recente movimento (inarcamento) dell'anticlinale sepolta di Cortemaggiore: il torrente Arda ha inizialmente tentato di aprirsi un varco all'interno della "gibbosità" in via di accrescimento, depositando a valle i materiali erosi (e quindi formando la conoide); successivamente ha trovato più comodo deviare il proprio percorso, con ciò non costituendo più un pericolo (Fonte: Marchetti, Dall'Aglio, 1990). 1 = nucleo abitato; 2 = conoide; 3 = deviazione (digressione) del torrente Arda; 4 = anticlinale sepolta di Cortemaggiore (dati AGIP).



Figura 4 – Stratificazione Roma. Spaccato storico tipologico della città di Roma, via Arenula. Trasformazioni del paesaggio urbano negli ultimi due millenni: dalla piazza di età imperiale al tracciato stradale medievale, dalla stretta via dei mercanti alla larga arteria prodotta dagli sventramenti del XX secolo (Fonte: Quarry & Construction n. 8/2008, da Manacorda, 2001).



Figura 5 – Atene, linea metropolitana. I reperti archeologici rinvenuti durante i lavori vengono mostrati insieme al loro contenitore geologico (Foto M. Lanzini).

geologico, geomorfologico e idrogeologico in epoca preurbana e tali informazioni, per una città come Roma, possono essere acquisite attraverso una numerosa cartografia topografica e geologica storica e attraverso la documentazione fotografica disponibile dalla fine del XIX secolo fino alla prima metà del XX secolo (dopo la guerra è iniziata infatti una esplosiva espansione edilizia che ha cancellato radicalmente molti aspetti geomorfologici della città di Roma).

Fra gli esempi di importanti obliterazioni di aspetti geologici che possiamo citare c'è quello degli affioramenti pleistocenici di monte Ciocci, quasi del tutto cancellati dai lavori e dalle sistemazioni di versante della ferrovia Roma-Pisa; oppure delle numerose aree di accesso alle cave in sotterraneo di pozzolane nel settore orientale della città (situazione questa che determina una condizione di rischio dei fabbricati sopra le reti caveali, delle quali si è persa la memoria e non si ha nessuna idea del loro sviluppo piano-altimetrico).

Tuttavia nell'area urbana della città di Roma sono ancora presenti locali affioramenti, anche se spesso di modesta estensione, che permettono di ricostruire la geologia locale.

In questo contesto la SIGEA Sezione Lazio si propone di documentare sia gli affioramenti rimasti come testimoni all'interno della struttura urbana, sia quelli che presumibilmente sono destinati a scomparire o sono già

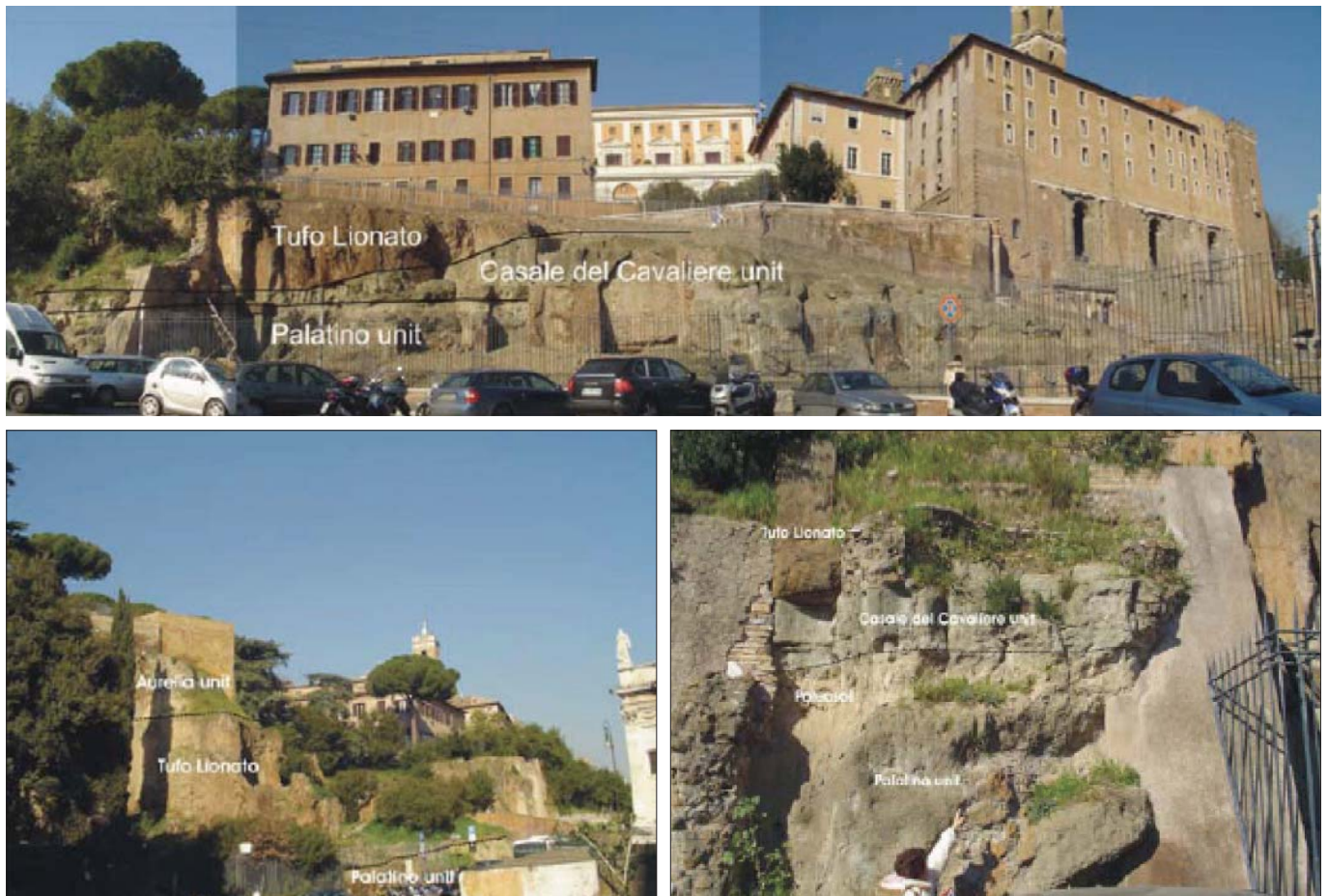


Figura 6 – La Rupe Tarpea (Foto di M. Fabbri e M. Lanzini).



Figura 7 – Fotografia aerea del terrapieno di Barcola-Bovedo nei primi anni del duemila.

scomparsi magari dietro un muro e dei quali però si mantiene ancora una documentazione fotografica.

Gli affioramenti qui considerati non debbono avere necessariamente una valenza di qualità paesaggistica e/o di valore scientifico-culturale (per esempio la Rupe Tarpea), ma possono semplicemente rappresentare una memoria geologica che merita di essere documentata (per i geologi del futuro), come a noi oggi risultano utili i documenti dei secoli passati che ci permettono di ricostruire aspetti di geologia urbana e di evoluzione del paesaggio.

Possono altresì essere oggetto di censimento anche quegli affioramenti che pur non essendo presenti all'interno del territorio urbano, rappresentano un aspetto che concorre all'esistenza di questo complesso ecosistema, come ad esempio le cave di Ponte Galeria da dove si estrae ghiaia utilizzata nell'edilizia (Fig. 6).

TRIESTE

Il problema della città di Trieste è quello della scarsità di spazio per la sua crescita industriale e portuale, specialmente in seguito alla cessione dell'Istria alla ex Jugoslavia: da una parte c'è infatti il mare, dall'altra c'è l'altopiano del Carso, area sensibile dal punto di vista ambientale e fortemente vincolata. Pertanto la città tende a espandersi verso il golfo di Trieste, creando terrapieni con lo scarico a mare di materiali di risulta, ad esempio materiali ricavati dallo scavo di gallerie e di trincee stradali o ferroviarie.

A cominciare dal 1968-1970 si è verificato uno scarico di materiali inerti provenienti da scavi e gallerie ("terre e rocce da scavo") tendenti a costituire un terrapieno a mare fra

il Porto Vecchio di Trieste e la foce del torrente Bovedo, alla periferia nord della città. Tale terrapieno, che si configura come una discarica peraltro autorizzata dalle autorità competenti, ha continuato ad ampliarsi fino ai primi anni del duemila, tanto da diventare un tratto fisiograficamente importante della costa triestina, con una superficie pari a 71000 m², mentre il volume complessivo dei materiali abbancati ammonta a circa 435.000 m³; nella porzione più antica è sede di società sportive (Fig. 7).

Durante lo scarico di materiale è accaduto che oltre alle "terre e rocce da scavo" venissero abbancati anche notevoli quantità di rifiuti di demolizione e le scorie e ceneri dell'inceneritore di rifiuti solidi della città. Nei primi anni del duemila la situazione, dal punto di vista dell'inquinamento ambientale, diventava insostenibile e la Magistratura è intervenuta ponendo sotto sequestro l'intero terrapieno di Barcola-Bovedo, chiedendo la consulenza di tecnici esperti allo scopo di avere un quadro esauriente dello stato di degrado. In seguito alle ricerche dei consulenti, svoltesi nel 2006 tramite indagini geognostiche ed esami di laboratorio a carico dei rifiuti abbancati nel terrapieno, e alle analoghe indagini eseguite dall'Autorità Portuale di Trieste, proprietaria del terreno, veniva evidenziato che le scorie dell'inceneritore ivi presenti contenevano diossine, IPA, PCB e metalli pesanti (tutte sostanze cancerogene) ben al di sopra dei limiti di legge (d.m. 471/1999 e seguenti), per un volume complessivo di circa 35000 m³ (Fig. 8).

A questo punto scattava la procedura per cui il terrapieno di Barcola veniva inserito nel programma di bonifica dei siti inquinati (d.m. 471/1999) inerente all'intera area portuale e

industriale di Trieste, e veniva eseguito il relativo piano di caratterizzazione a cura dell'Autorità Portuale.

Il problema ambientale e urbanistico sta nel fatto che l'area, prima di poter essere soggetta a un uso urbanistico, dovrà essere soggetta a una difficile e costosa operazione di bonifica.

MILANO

Il fenomeno dell'innalzamento della falda interferisce con l'utilizzo del suolo e, soprattutto, del sottosuolo. La prossimità della superficie della falda freatica al piano di campagna ha storicamente scongiurato, per la limitata soggiacenza, uno sviluppo verticale delle costruzioni nel sottosuolo di Milano.

Invece il drastico abbassamento di tale superficie nel periodo intercorso tra l'inizio e la fine del secolo XX, in seguito alla notevole crescita industriale, ha favorito l'utilizzo di diverse porzioni di sottosuolo, dove sono state allocate strutture e infrastrutture di vario tipo;



Figura 8 – Terrapieno di Barcola, Bovedo. Una buca eseguita tramite escavatore, profonda 4-5 m. La stratigrafia mostra la presenza di uno spesso strato di scorie nere da inceneritore, intercalato fra terre e rocce da scavo e rifiuti da demolizione (Foto G. Gisotti).

per esempio, le autorimesse sotterranee, i sottopassi, i seminterrati, le linee di trasporto metropolitano. L'attuale innalzamento interferisce quindi con questi manufatti, che vengono danneggiati, sia dal punto di vista strutturale, sia da quello funzionale, dalle infiltrazioni e dagli allagamenti dovuti alla diminuita soggiacenza rispetto alle originarie ipotesi di progetto. Il più forte abbassamento della falda per elevati prelievi idrici si è verificato nel periodo 1960-1976, a causa del "boom industriale" (Beretta, Avanzini, 1998). Dai primi anni '80 al 1990 si sono verificate alternanze fra abbassamenti e innalzamenti, mentre dal 1990 al 2000 si è consolidata la tendenza all'innalzamento della falda (Fig. 9).

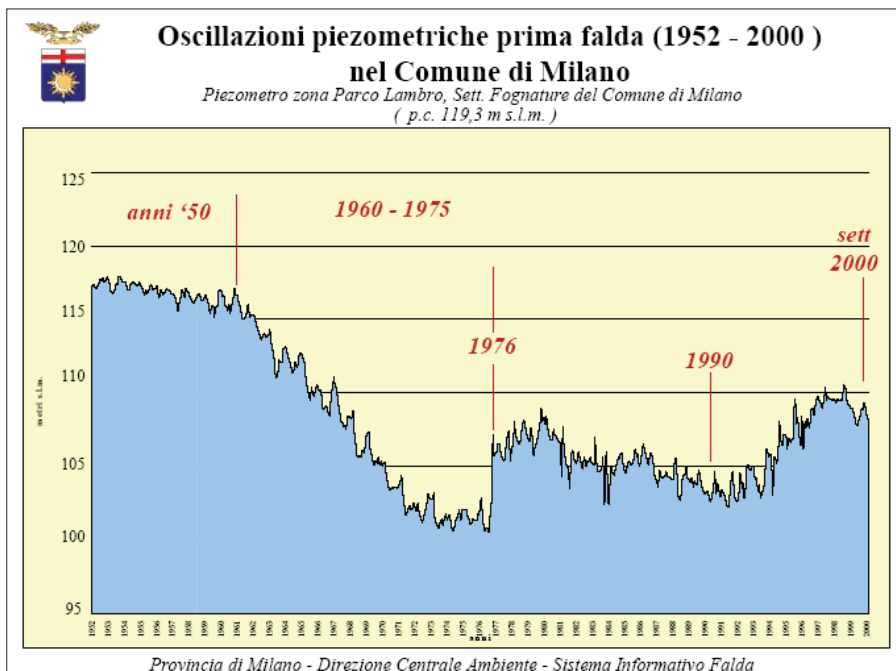


Figura 9 – Oscillazioni del livello della falda freatica a Milano, dai primi anni '50 al 2000.



Figura 10 – Le ex cave di pozzolana vengono utilizzate a Roma per la coltivazione dei funghi, a causa dell'ambiente idoneo. Le "fungaie" costituiscono quindi una risorsa per la città, ma anche un rischio, poiché l'improvviso crollo della volta delle gallerie può comportare il ferimento o la morte degli operai addetti (Foto G. Gisotti).

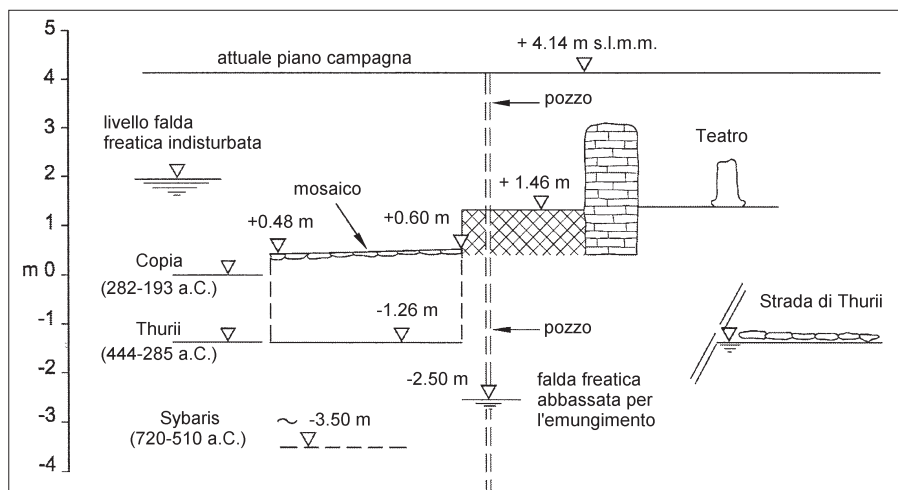


Figura 11 – Attuali profondità degli antichi piani abitativi nell'area archeologica di Sibari, località Parco del Cavallo (Fonte: Pagliarulo, 2006).

ROMA

I vuoti nel sottosuolo vengono creati a bella posta, per alloggiarvi servizi, oppure vengono creati per estrarre materiali di cava, come nel sottosuolo di Roma e Napoli. In queste città l'utilizzazione del sottosuolo scavato è avvenuta secondo una stratificazione che copre l'arco di alcuni millenni: affiancando agli usi originari, come l'attività estrattiva, nuovi usi, come funzione misterica e funeraria, quella acquedottistica, poi rifugi antiaerei, autorimesse (Gisotti, 2007). Recenti usi sono a Roma la coltivazione di funghi (Fig. 10), a Napoli il deposito abusivo di rifiuti.

Col passare del tempo e man mano che la città diventa sempre più grande, assume rilevanza la qualità del sottosuolo, lo spazio sotterraneo o quarta dimensione, a causa della crescente scarsità dello spazio in superficie, allo scopo di inserire nel sottosuolo i servizi e i sottoservizi, metropolitane, autorimesse, ecc. e liberare in superficie spazi per il verde pubblico.

MORTE

La fine di una città, sempre restando nel campo delle cause di origine geologica, può dipendere dall'esaurimento delle risorse geologiche sulle quali si basava il sostentamento della stessa città (ad esempio risorse minerarie, come è stato il caso di alcune città minerarie degli USA nel 1800), o da eventi catastrofici, quali eruzioni vulcaniche (casi di Pompei e Ercolano), terremoti (casi di alcune città greche dell'Asia Minore), pericoli idrogeologici come subsidenza, frane, alluvioni.

SIBARI

La Sibari arcaica (720 – 510 a. C.), forse la più fiorente e opulenta città della Magna Grecia, occupava una pianura costiera, alla foce del fiume Crati era ubicata sui sedimenti alluvionali scarsamente consolidati e quindi altamente compressibili depositati dal fiume Crati. Oggi i suoi resti archeologici giacciono a circa 3,5 metri al di sotto del livello del mare. Gli scavi archeologici hanno identificato tre piani di calpestio sovrapposti, il più profondo relativo alla Sybaris greco-arcaica, già soggetta al fenomeno di subsidenza (abbassamento del suolo), cui seguono le città successivamente sovrainposte alla stessa, la Thurium ellenistica e quindi la Copia romana, che indicano un continuità di vita nel sito subsidente a partire dal VI fino al I secolo avanti Cristo. Questi siti hanno subito decrementi di quota assoluta di vari metri: la subsidenza dell'area è effetto di tre componenti, una dovuta a fenomeni neotettonici, una dovuta alle oscillazioni glacio-eustatiche del livello del mare e una (la più importante) dovuta alla compressione/consolidazione dei sedimenti fluviali a grana fine ivi giacenti (Pagliarulo, 2006). Man mano che il sito

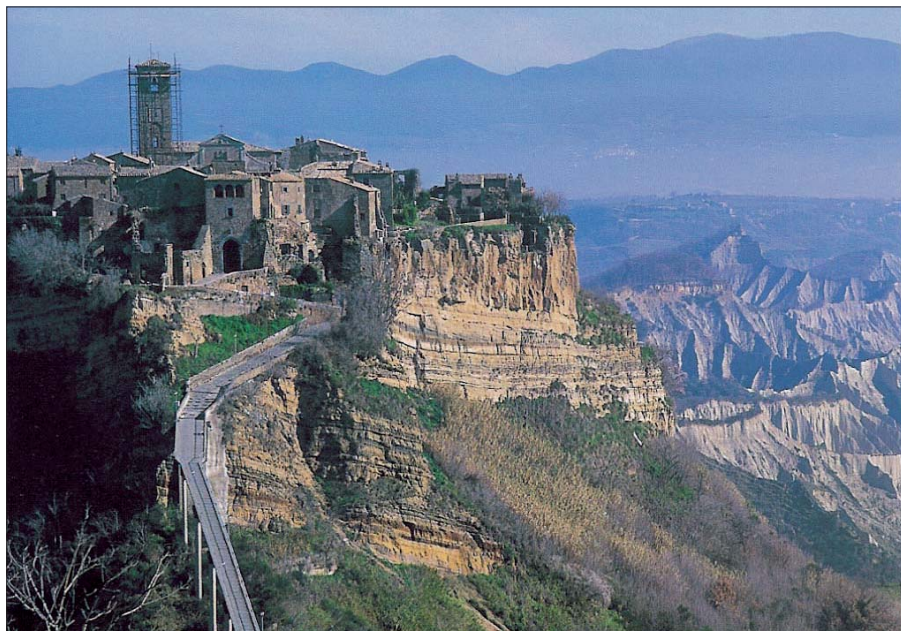


Figura 12 – Il colle di Civita di Bagnoregio, assediato dai fenomeni franosi, che tendono sempre più a demolirlo. Si nota come la cittadina sia costruita su un rilievo tabulare di tufo vulcanico (che ha fornito il materiale da costruzione), che sormonta le tenere Argille Azzurre, colpite da erosione accelerata e calanchi. L'antico borgo era collegato a Bagnoregio fino ai primi anni del 1600 con una strada di accesso; poi terremoti, eventi franosi ed erosione accelerata demolirono poco alla volta il crinale sul quale correva la strada, per cui si fu costretti a costruire un ponte. Successivamente i dissesti continuarono a colpire il terreno sul quale appoggiava il ponte, che crollava e che veniva ricostruito più volte, fino ad arrivare all'attuale passerella pedonale, che poggia su una sottile sella argillosa. Dai documenti d'archivio, indicativi dell'evoluzione della sella dal XVIII secolo ad oggi, si evince la velocità della demolizione che colpisce i terreni; ad esempio fra il 1830 e il 1944 l'abbassamento della sella è stato di 20-25 metri (Fonte: Margottini, Polci, 1993).

sprofondava, vi venivano realizzati al di sopra nuovi insediamenti, fino a quello ultimo di Copia, che è stato abbandonato definitivamente, perché anche esso subsidente.

CIVITA DI BAGNOREGIO

Civita di Bagnoregio, la “città che muore”, è un borgo fortificato di origine etrusca situato nel Viterbese, su un colle circondato da pareti sub verticali, alla cui sommità si trova un banco di tufo vulcanico, che sormonta strati di argille tenere e molto erodibili. Il rilievo è soggetto da secoli a erosione accelerata, calanchi e frane, che demoliscono progressivamente la rupe e i fabbricati ivi esistenti; negli ultimi secoli il crinale lungo il quale si sviluppava la strada di collegamento con il capoluogo Bagnoregio è andato sempre più assottigliandosi, fino a scomparire. Infatti questo crinale, altrimenti chiamato sella, ha subito una rapida evoluzione geomorfologica, per cui dal 1765 (da quell'anno abbiamo dati di archivio sulla quota della sella) agli anni recenti si è verificato un abbassamento della stessa sella molto pronunciato, che ha costretto gli amministratori a costruire prima un ponte e poi, demolito anche questo dai processi erosivi, l'attuale passerella pedonale (Fig. 12).

Dal punto di vista paesaggistico, il borgo “appollaiato” sul colle, circondato da processi erosivi che tendono a demolirlo, diventa fonte di emozione e assume un forte valore culturale, per cui i dissesti da detrattori tendono a diventare elementi di qualificazione paesaggistica.

CRACO

Craco è un centro abitato di origine medievale che ricade nella zona collinare della provincia di Matera ed occupa il crinale di una dorsale orientata NW-SE (Fig. 13). Esso è attualmente abbandonato dalla popolazione in forza del d.P.R. 23 aprile 1965, che lo includeva tra quelli da trasferire a cura e a spese dello Stato ai sensi della legge 9 luglio 1908 n. 445, che regolamentò il trasferimento degli abitati minacciati da frane. Tale trasferimento è avvenuto in un'area di pianura, situata nella valle del Fosso Bruscata, affluente destro del torrente Salandrella.



Figura 13 – Il centro storico di Craco. Come si nota, esso è costruito sui conglomerati, che danno luogo a forme aspre. Essi sono affiancati alle Argille Varicolori, che si notano nella parte bassa dei versanti. In particolare la pendice sud-occidentale della dorsale è interessata da un “movimento gravitativo profondo di versante” (Foto: M. Bentivenga).

Un vasto e profondo movimento franoso a più riprese ha interessato l'abitato già dall'Ottocento e si è manifestato con particolare virulenza nei primi anni '60: l'abitato è costruito sui conglomerati pliocenici della Fossa Bradanica, contigui alle Argille Varicolori scagliose, formazione notoriamente predisposta a dissesti che, una volta manifestatisi, difficilmente possono essere contrastati. Le Argille Varicolori hanno coinvolto nei cedimenti i soprastanti conglomerati: praticamente l'intera collina di Craco, dalla sommità alla sua base, è segnata da frane, che hanno dissestato sia l'abitato, rendendolo pericoloso per gli abitanti, che le infrastrutture (Bentivenga *et alii*, 2004). Malgrado vari interventi mirati a bonificare tali dissesti, la gravità dei fenomeni franosi ha fatto sì che l'abitato fosse inagibile e ciò ha convinto le amministrazioni a decretare l'abbandono del sito.

Il vecchio paese è rimasto tuttavia parte del paesaggio, sia per la sua posizione svettante sulla dorsale, ben visibile da tutte le vallate circostanti, sia per essere sfiorato, al margine delle macerie ancora oggi dalla strada statale 1034, anch'essa più volte distrutta dalle frane e più volte ricostruita pochi metri più a monte. Il vecchio paese, che in più punti è praticamente demolito dai continui crolli di vecchie abitazioni, rimane tuttavia dotato di un fascino particolare, tanto è vero che vari film sono stati ambientati a Craco, quali “Cristo si è fermato a Eboli” (regia di Francesco Rosi), “King David” (con Richard Gere), “Fiorile” (regia di Paolo e Vittorio Taviani), “Ninfa Plebea” (regia di Lina Wertmuller), ecc. Attualmente si pensa a un recupero e restauro degli edifici del centro storico ai soli fini scenografici, previa sua messa in sicurezza e sistemazione idrogeologica delle pendici circostanti. Tale intervento

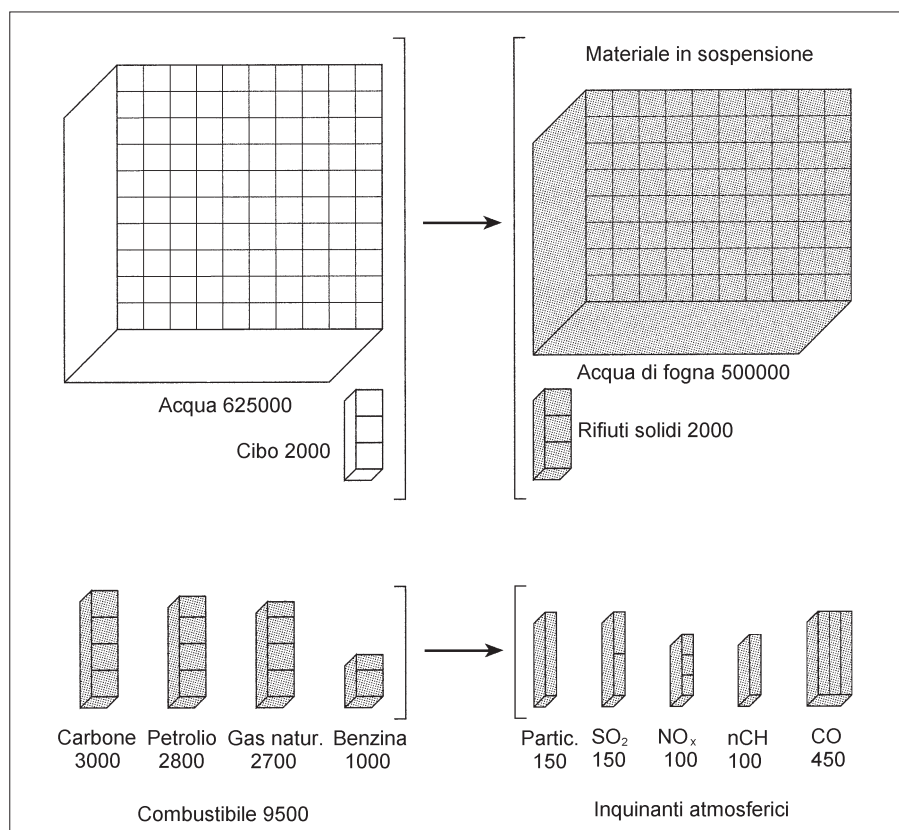


Figura 14 – Il metabolismo della città presenta i suoi input e i suoi output. Gli input comuni a tutte le realtà urbane sono l'acqua, il cibo e il combustibile. Gli output sono gli scarichi idrici fognari, i rifiuti solidi e i contaminanti atmosferici. Ogni sostanza è valutata in tonnellate/giorno per abitante, relative a una ipotetica città degli USA di 1 milione di abitanti (Fonte: Abel Wolman, 1965).

di recupero non prevede un riutilizzo a fini residenziali.

APPROCCIO METABOLICO-ECOLOGICO

IL BILANCIO URBANO DEI MATERIALI METABOLICI

Il concetto di *metabolismo urbano* fu definito per la prima volta da Abel Wolman (1965) e sta a indicare il flusso totale dei materiali attraverso il sistema urbano, intesi non solo come cibo per gli umani ma in generale come risorse naturali e prodotti necessari alle loro attività, quindi acqua, combustibili, materiali da costruzione, ecc. Secondo Abel Wolman innumerevoli sono i flussi che entrano ed escono dalla città, e li possiamo distinguere in tre in entrata (input), acqua, cibo e combustibili e tre in uscita (output), acque reflue, rifiuti solidi e inquinanti atmosferici. Abel Wolman aveva anche ipotizzato il bilancio di una ipotetica città americana di 1 milione di abitanti sulla base dei tre input e dei tre output (Fig. 14).

Abel Wolman fu uno dei primi a offrire una lettura inedita della città, organismo che esercita sempre più forti pressioni sull'ambiente naturale e sui suoi abitanti.

A parte il fatto che egli ha preso in considerazione solo una parte dei materiali in entrata (ad esempio non considera le materie prime "geologiche", quali pietre da costruzione, cemento, calcestruzzo, metalli, ecc.), la critica che si può fare a questo autore (col senno di poi, a oltre 40 anni di distanza) è che egli, dopo aver constatato che la città, con

la sua crescita, innesca problemi ambientali di notevole gravità, dalla cui soluzione siamo ancora lontani, si limita a proporre l'adozione di più sofisticati sistemi e dispositivi tecnologici, senza mettere in crisi o ridiscutere i parametri che condizionano e orientano le scelte di pianificazione e gestione urbanistico-territoriale (Bettini, 1996).

Da quanto esposto sopra deriva la necessità di definire il bilancio dei materiali che entrano nel ciclo urbano, tenendo conto del fatto che esistono due cicli, uno esaminato in termini di approvvigionamento e flusso di nutrienti metabolici necessari per sostenere la vita dell'uomo nella città, l'altro destinato ad alimentare i flussi della produzione, del commercio e del consumo (mediante l'approvvigionamento e il flusso di tutti gli input metabolici quali cibo, combustibili, indumenti, beni durevoli, risorse geologiche, ecc.).

Se il concetto di metabolismo urbano di Abel Wolman mette in evidenza la possibilità di considerare la città come un organismo, altri studiosi hanno sviluppato la ricerca su questo approccio, per giungere a considerare la città come un ecosistema.

LA CITTÀ COME ECOSISTEMA

L'ecosistema include gli organismi di una data area (la comunità), i quali interagiscono con l'ambiente fisico in un flusso di energia che porta a una definita struttura trofica, a una diversità biologica e a una ciclizzazione

della materia (cioè a scambi di materia tra viventi e non viventi) all'interno del sistema; pertanto i flussi di energia e di materia che attraversano l'ecosistema, ossia il suo *metabolismo*, sono parte integrante del suo funzionamento. Se vogliamo analizzare la città applicando a essa i principi e i metodi dell'ecologia, dobbiamo applicare all'insediamento urbano il concetto di metabolismo, per cui la conoscenza dei processi metabolici urbani è essenziale per comprendere le molteplici e sottili interrelazioni che si producono all'interno della città tra le sue diverse componenti (Gisotti, 2007).

Fra gli anni '70 e '80 Eugene P. Odum (1971, 1983) ha cercato di applicare le leggi dell'ecologia alla città, e ha definito la città un "ecosistema eterotrofo", anzi un incompleto ecosistema eterotrofo, dipendente da ampie aree limitrofe (e non) per l'energia e la materia, come il cibo, le fibre, l'acqua, i materiali da costruzione, i metalli, ecc. Secondo Odum la città differisce da un ecosistema eterotrofo naturale, dal momento che presenta un metabolismo molto più intenso per unità di area, il quale richiede un flusso in entrata molto più consistente di energia concentrata (attualmente costituita per la maggior parte dai combustibili fossili), una richiesta in entrata di materia come materiali da costruzione e metalli, per uso commerciale e industriale, oltre a quelli veramente indispensabili al sostentamento della vita, un'uscita molto più forte di sostanze di rifiuto tossiche, molte delle quali sintetizzate dall'uomo.

Il fratello di Eugene P. Odum, Howard T. Odum (1971), ha elaborato uno dei primi modelli in grado di schematizzare quantitativamente i flussi di energia che entrano negli ecosistemi, sia come combustibili fossili che come radiazione solare, o che ne escono come calore: per illustrare questi concetti fa l'esempio di un noto ecosistema naturale, la colonia di ostriche, confrontandolo con quanto avviene nel sistema città (Fig. 15).

Limitandosi al solo aspetto geologico, si illustra lo schema del flusso di materia in entrata e in uscita dalla città (Fig. 16).

A questo proposito per alcune città è stato redatto il bilancio dei materiali urbani (Nebbia, 2004; 2005), per cui è possibile quantificare il flusso di materia. È possibile valutare le tonnellate di materiale da costruzione *pro capite* che vengono incorporate ogni anno nel costruito della città e le tonnellate di manufatti che vengono demoliti *pro capite* ogni anno; la stima della produzione di "rifiuti da costruzione e demolizione" è un indicatore sempre più importante sia dal punto di vista economico che ambientale, che viene valutato nei processi decisionali e pianificatori. Ad esempio questo indicatore del rapporto fra il quantitativo di macerie prodotte per anno e

il numero di residenti nell'area considerata, per l'Italia vale circa 0,6 tonnellate/abitante anno (Gisotti, 2008).

L'approccio ecologico alla città trova ancora vari problemi metodologici non risolti: per approfondire questo argomento si possono consultare Bettini (1996, 2004), Scandurra (2004), Gisotti (2007).

Un caso di studio che mostra come gli scarti della città costituiscano una componente importante del bilancio della materia

L'impianto di smaltimento di RSU entrò in funzione nel 1974; nel 1987, a seguito del d.P.R. 915/82, si attuò un intervento di bonifica del sito. La zona della discarica venne circondata da una paratia stagna di cemento e bentonite compattati, larga da 0,6 a 1,0 metri e lunga 5483 metri, che venne intestata nelle argille basali, con l'intento di isolare idraulicamente la massa dei rifiuti e il relativo percolato e sottrarre i contaminanti, connessi al percolato, alla circolazione idrica

superficiale e profonda. In tal modo il progetto di isolare i rifiuti e in particolare il percolato fu perseguito realizzando una barriera laterale artificiale o *polder*, che continuava con una barriera geologica che costituiva il fondo del contenitore.

La profondità del diaframma plastico varia da 8 a 48 m, e le differenti profondità raggiunte dal diaframma sono dipese dalla morfologia della zona e dalla variabile quota della parte superiore ("tetto") delle argille di base. La superficie circoscritta dal diaframma è di 161 ettari.

Viene eseguito l'emungimento del percolato che si forma al di sotto dei rifiuti; tale effluente di lisciviazione viene trattato all'interno dell'area della discarica presso un apposito impianto. Ad esempio il quantitativo di percolato trattato nel 2004 è stato di 19.280 m³. È stata realizzata una rete di pozzi-spia all'interno e all'esterno del diaframma, intestati anche essi nelle argille di base, allo scopo di tenere sotto controllo l'efficacia del sistema di contenimento idraulico. Le acque sotterranee estratte con regolarità da tali pozzi vengono testate da un laboratorio dell'università di Roma. Ogni pozzo interno (identificato con la lettera V) è contiguo al polder e ne fronteggia uno esterno (contrassegnato con la lettera Z), anche esso contiguo al diaframma. Vengono regolarmente misurate le concentrazioni di 15 parametri, indicatori della qualità delle acque sotterranee, fra cui la conducibilità elettrica (direttamente correlata alla salinità).

Nel grafico di Fig. 18 vengono riportati i valori degli 11 parametri di riferimento (i numeri originali sono stati trasformati in numeri logaritmici) misurati l'11 luglio 2004, a rappresentare un fenomeno ripetitivo per quasi tutti i pozzi-spia citati (Gisotti, 2005).

Dall'esame di questo e degli altri grafici relativi a buona parte delle coppie dei pozzi interni ed esterni al polder, e prendendo le misure in un lungo arco di tempo, si nota il

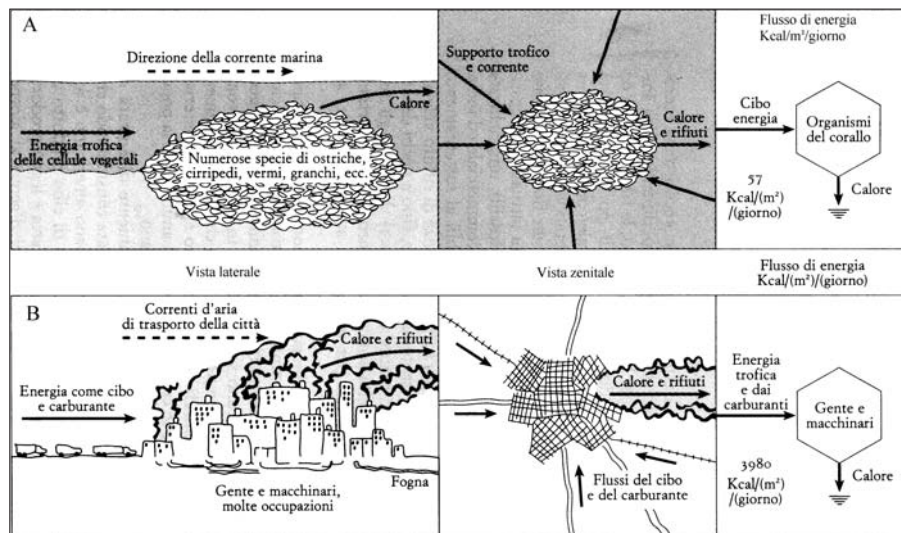


Figura 15 – A: Una colonia di ostriche è dipendente dal flusso di cibo ed energia proveniente da un'ampia area circostante. B: Una città industrializzata è mantenuta da un enorme flusso di combustibili fossili, di cibo, di acqua, di materiali da costruzione, con un altrettanto enorme flusso in uscita di rifiuti e di calore. La richiesta energetica, sulla base di un metro quadrato, è circa 70 volte quella della colonia di ostriche, cioè circa 4000 Kcal/giorno. La città importa anche da molto lontano i materiali di cui ha bisogno ed esporta anche molto lontano i suoi rifiuti (o cataboliti) (Fonte: H. T. Odum, 1971).

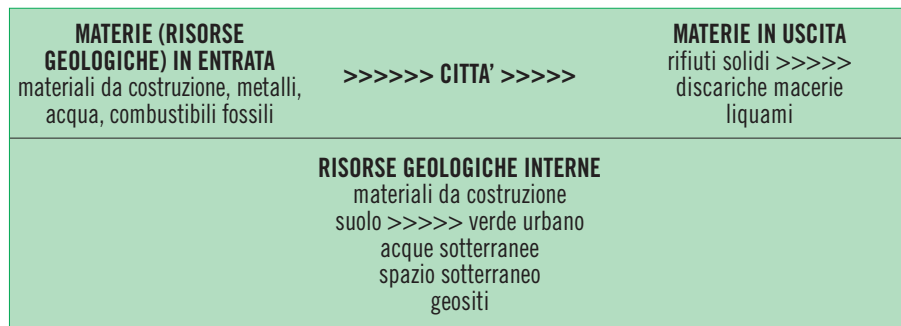


Figura 16 – La circolazione della materia in città.

urbana e come vadano aa impegnare siti più o meno lontani dalla città che li produce è quello della discarica di RSU del comune di Roma, sita il località Malagrotta (Gisotti, 2007).

La discarica comunale di Malagrotta, una delle più grandi discariche attive in Italia, è sorta pochi chilometri a NW di Roma, per lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani della capitale. Tali rifiuti vengono abbancati in una estesa e profonda cavità risultante da una attività estrattiva dismessa di inerti per costruzioni, sabbia e ghiaia; infatti la cava era stata abbandonata una volta che l'utilizzazione era arrivata al livello della formazione argillosa stratigraficamente sottostante le sabbie e le ghiaie, le Argille grigio-azzurre del Calabrian (Fig. 17).



Figura 17 – Immagine della discarica di Malagrotta.

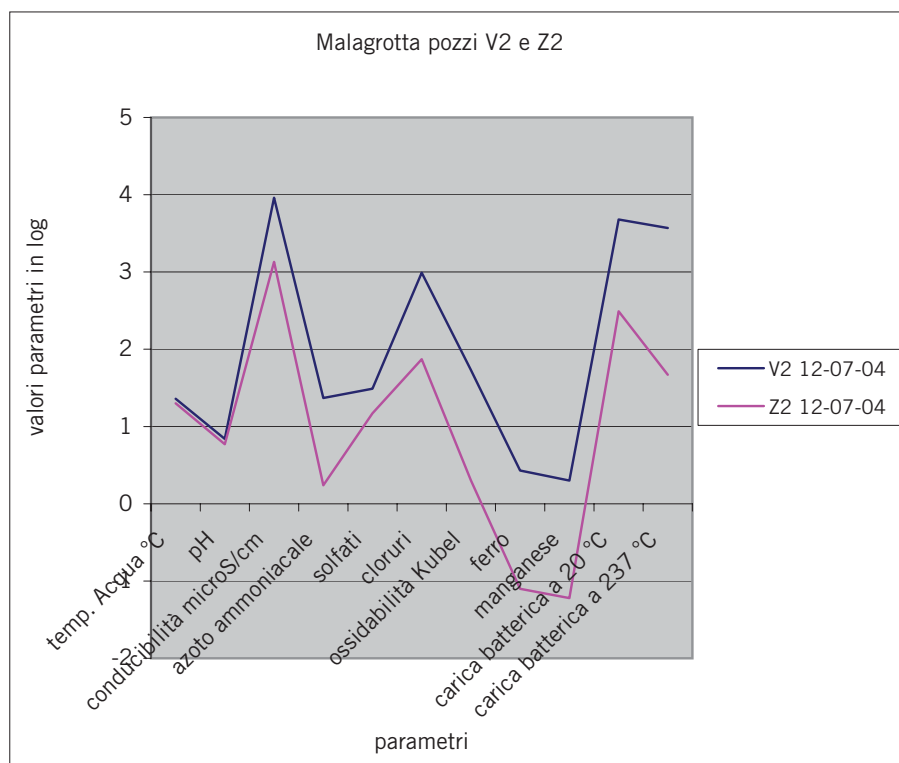


Figura 18 – Discarica di Malagrotta, Roma. Valori di 11 parametri misurati nelle acque sotterranee (falda profonda) della coppia di pozzi V2 (interno) e Z2 (esterno) al diaframma, il giorno 12/07/2004.

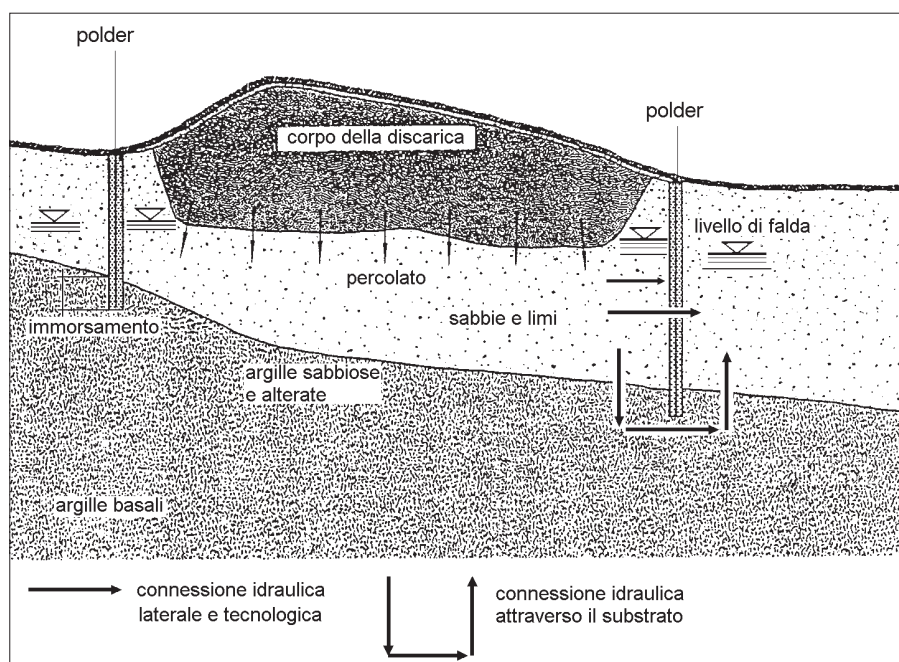


Figura 19 – Schema della situazione idrogeologica della discarica di Malagrotta (Roma) e ipotesi sulla interferenza percolato-acque sotterranee esterne alla discarica.

tendenziale parallelismo delle curve rappresentative, ossia un andamento concorde dei valori dei parametri, oltre al fatto che i valori dei parametri relativi all'acqua prelevata dai pozzi interni sono di solito superiori ai corrispondenti valori relativi ai pozzi esterni.

Già a qualche anno dalla ultimazione del diaframma, si sono manifestati problemi circa la tenuta idraulica del sistema di contenimento. Ricerche eseguite da studiosi avanzano l'ipotesi della interferenza tra i rifiuti della discarica, e quindi il percolato, e le acque sotterranee esterne alla discarica e tale fenomeno è stato confermato da uno studio

eseguito nel 2005, per cui è probabile che la connessione idraulica avvenga non sull'intero fronte della discarica ma in alcuni settori.

Nella Fig. 19 viene schematizzata la situazione idrogeologica della discarica e l'ipotesi di interferenza tra i rifiuti e le acque sotterranee esterne alla discarica.

APPROCCIO DEI PERICOLI GEOLOGICI PECULIARI DELLA CITTÀ

CITTÀ A RISCHIO

Parecchie città del mondo, notevoli per le dimensioni o per gli aspetti artistici e storici, come Lisbona, Los Angeles, San Francisco,

Tokyo, Catania, Venezia, furono costruite in ambienti soggetti a forti pericoli ambientali, mentre altre divennero pericolose per il modo col quale esse furono costruite. Alcune malattie originate dalle nuove tecnologie o da nuovi prodotti chimici, chiamate anche "tecnopatie", come l'asbestosi e il saturnismo, costituiscono pericoli ambientali creati dall'uomo, e possono manifestarsi anche nelle città.

Un incendio di vaste proporzioni che si verifica in una città costituisce un pericolo antropogenico, al contrario di altri pericoli di origine naturale, come terremoti, uragani. Alcuni pericoli ambientali possono essere parzialmente previsti, almeno per quanto riguarda il "dove" e molto meno per il "quando", come una inondazione in una valle fluviale o un episodio di tipo "acuto" di inquinamento atmosferico da parte di uno stabilimento industriale. Altri pericoli erano del tutto inaspettati al momento in cui si sviluppava la relativa tecnologia o l'attività, come ad esempio i possibili effetti dei CFC (clorofluorocarburi) sullo strato di ozono dell'alta atmosfera o dei fertilizzanti azotati sulla qualità delle acque sotterranee.

Tra i pericoli naturali che possono colpire la città possiamo considerare quelli geologici (sismico, vulcanico, idrogeologico, anche se quest'ultimo è spesso innescato dall'uomo), quelli climatici (uragani, cicloni tropicali e tempeste, siccità, onde di calore, ecc.) e quelli biologici (virus e parassiti). Si possono includere gli incendi dei boschi e delle praterie esterne alla città ma che si trasformano in pericoli allorché il vento spinge le fiamme verso la città stessa. Talvolta è difficile separare i pericoli naturali da quelli antropogenici, poiché esiste spesso una interazione fra i due nei loro effetti. Da un terremoto che colpisce una città si può generare un esteso incendio (ad esempio causato da edifici troppo contigui e costituiti da materiali facilmente infiammabili) che completa l'opera distruttrice dell'evento naturale.

La forma della città e i materiali di cui è costituita possono aggravare sia la pericolosità naturale che quella antropogenica. Ad esempio in molte città si sono effettuati notevoli scavi e riporti allo scopo di creare spazi di idonee dimensioni e morfologia sui quali realizzare nuovi insediamenti abitativi o per uffici.

Non di rado il pendio così artificializzato ha perduto il suo equilibrio geomeccanico, andando soggetto a frane che hanno coinvolto le citate costruzioni; talora un terremoto ha distrutto l'insediamento o ha innescato un movimento franoso che ha fatto crollare le costruzioni (Gisotti, Benedini, 2000).

Per restare nel campo dei pericoli geologici che possono colpire le città italiane, si ri-

Eurogeosurveys - Urban Geoscience Topic Network
Geoproblems: Italy (Some Case Studies). 2 May 1997

Problems	Controlling geological causes	Other causes	Example town
Seismic hazards	Seismogenetic area located at the near Etna volcano	Holocene alluvial deposits	Catania
Ground stability (Collapse Of Ceiling Of Underground Holes)	Lithoid tuffs overhanging inchoerent tuffs ("Pozzolana")	Ancient underground quarries	Naples
Derelict land (Bagnoli)	Vulnerability of soil/subsoil system and underground water to industrial pollutants	Abandoned industrial sites because enclosed by urban sprawl	
Ground Stability (1. Collapse of ceiling of underground holes; 2. Landslides)	1. Lithoid tuffs overhanging inchoerent tuffs ("Pozzolana") 2. Poor Geotechnical Characteristics Of Materials	1. Ancient underground quarries 2. Artificial loads, leakage in sewer and aqueduct systems, changes in morphology	
Flooding	Alluvial process	Urban sprawl	Rome
Radon risk	Pyroclastic rocks emit the gas, which is concentrated also along the faults		
Seismic hazards	Seismic activity due to the seismogenetic areas of Central Apennines (60-130 Km from Rome) and Colli Albani; local seismic activity give a little contribute	Holocene alluvial deposits	
Ground stability (Landslides = falls and topples)	Fractured lithoid tuffs overhanging eroded clays	Artificial loads, leakage in sewer and aqueduct systems	Orvieto
Flooding ("Acqua alta")	Natural and artificial subsidence, this due to excessive withdrawal of groundwater		Venice

Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali (G. Gisotti & L. Soddu)

Figura 20 – Sintesi di pericoli geologici che interessano alcune città italiane (Fonte: Eurogeosurveys, 1997).

porta nella Fig. 20 una sintesi di tali fenomeni che interessano alcune delle principali città italiane, redatta in occasione dell'attività del gruppo di lavoro GEURBAN nell'ambito di "Eurogeosurveys", l'associazione dei Servizi Geologici dell'Europa comunitaria.

Si citano alcuni esempi di pericolosità urbana.

Nell'ambito della *franosità*, non si può non citare il caso delle frane che colpirono il 5 e 6 maggio 1998 l'abitato di Sarno. Nel salernitano, nell'avellinese e nel casertano piove intensamente per sei giorni di seguito. Come conseguenza, disastrose colate di fango (*earth flows*) si staccarono dai rilievi e invasero numerosi centri abitati sottostanti, tra i quali i più colpiti risultarono Sarno (con la frazione Episcopio), Quindici, Lauro, Siano, Bracigliano, San Felice a Cannello (Fig. 21). Il bilancio fu di 160 morti. I depositi vulcanici incoerenti, derivanti prevalentemente dall'eruzione del Vesuvio del 79 d.C., ricoprono i rilievi carbonatici diffusamente in tutta la regione e presentano una elevata mobilità se sollecitati da intense precipitazioni. Eventi di questo tipo sono improvvisi e veloci, ed è praticamente impossibile prevederli, ma pos-

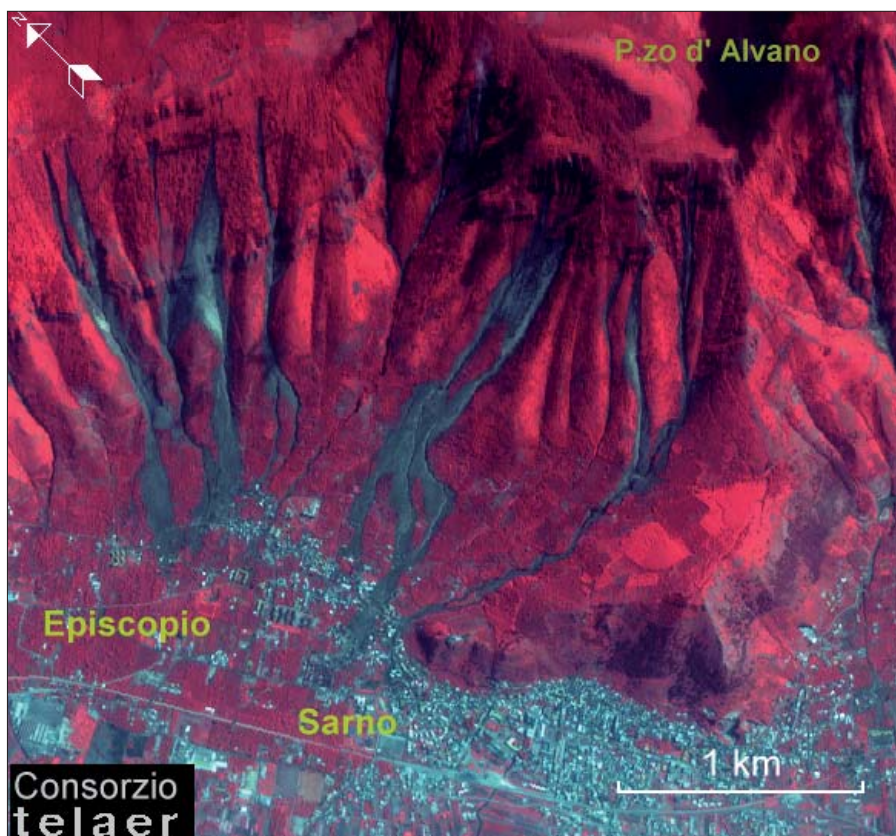


Figura 21 – Immagine in falso colore delle colate di fango di Sarno.



Figura 22 – Immagine scattata il 17.02.2006, il giorno stesso del franamento. In alto la nicchia di distacco della frana, dove affiora il substrato geologico della discarica. La massa dei rifiuti misti alla terra che formava gli strati di copertura si mostra fortemente dislocata e modellata con numerose contropendenze.

sono essere prevenuti mediante una attenta pianificazione territoriale (Autori Vari, 1998; Vallario, 2005).

Restando nel tema franosità, merita accennare al fenomeno che ha colpito nel 2006 la discarica di RSU del Comune di Teramo, fenomeno che dimostra come i problemi ambientali della città spesso si estendano a distanza dalla stessa.

Il 17 febbraio 2006 la discarica comunale, realizzata in un'area calanchiva, è stata colpita da un movimento franoso che ha interessato la gran parte dei RSU abbancati ma anche parte del substrato geologico, in particolare la coltre eluvio-colluviale e probabilmente la porzione più superficiale, alterata, della formazione in posto, le "Marne del Vomano". La coltre eluvio-colluviale è costituita da limo

argilloso e da argilla limo-sabbiosa, mentre le plioceniche Marne del Vomano sono una formazione prevalentemente argillosa. Sia la coltre eluvio-colluviale che la formazione in posto hanno un basso grado di permeabilità e si può affermare che la zona di interesse sia esente da circolazioni idriche apprezzabili.

La frana era caratterizzata da una tipica "nicchia di distacco", situata all'estremità superiore dell'area collassata, nicchia che si è sviluppata nella coltre eluvio-colluviale (Fig. 22).

Si è prodotto un abbassamento in blocco della parte sommitale della discarica, con una forma arcuata, con distacco e scivolamento dei rifiuti lungo il fondo e i fianchi dell'impianto. La massa dei rifiuti, misti alla terra che formava gli strati di copertura e al

materiale che costituisce la sottostante coltre eluvio-colluviale, si mostrava fortemente dislocata e modellata con numerose contropendenze; essa per tutto il suo spessore era scivolata lungo il pendio, malgrado la presenza dei gradoni, aveva scavalcato l'argine di contenimento in terra posto alla base dell'impianto e si era riversata nel laghetto sottostante, invadendolo tutto e causando la fuoriuscita dei sedimenti dal suo fondo e l'inquinamento delle acque residue (Gisotti, 2006). I campioni di acqua prelevati dal laghetto evidenziavano la presenza di un elevato carico inquinante, e in particolare rilevavano contaminazione da metalli pesanti e solventi organici aromatici (Fig. 23 e Fig. 24).

Sulla sponda opposta (sponda sinistra del Fosso Fontecchio) si notano le caratteristiche "forme del terreno" che denotano la instabilità del versante, quali alternanze di depressioni con microrilievi (contropendenze), lacerazioni della coltre superficiale, più alcuni alberi inclinati. Tali forme del terreno si riscontrano anche nell'area prossima alla discarica.

Considerata la estrema rarità di una frana che colpisce una discarica di RSU, è difficile poter fare dei raffronti con altri eventi simili; comunque tenendo presente la citata morfologia del terreno rimasto in posto e delle masse dislocate, si può ipotizzare una frana del tipo scorrimento traslativo.

Circa le cause del dissesto, si esprimono le seguenti considerazioni (Gisotti, 2006).

L'impianto è stato progettato in un'area che in precedenza era soggetta a fenomeni di instabilità, come si evince dai numerosi studi e ricerche effettuati in quell'area. A parziale giustificazione dell'operazione si può addurre la constatazione che nell'area intorno a Teramo sono rari i luoghi dove poter ospitare una discarica in sicurezza rispetto al pericolo idrogeologico.



Figura 23 – Il laghetto "Cerulli" invaso dai rifiuti franati e quindi dal percolato. Tale laghetto costituisce una varice del Fosso Fontecchio, affluente di sinistra del fiume Vomano.



Figura 24 – Nella parte inferiore del versante collassato si nota il restringimento del bacino calanchivo sagomato per ospitare i rifiuti: a destra è visibile una prominente del substrato argilloso che costituisce un argine naturale della discarica. Al centro si nota come i rifiuti abbiano sormontato l'argine di contenimento artificiale realizzato ai piedi della discarica.

L'analisi di stabilità dei terreni destinati a ospitare la discarica fu effettuata dai tecnici dell'epoca in disaccordo con il d.m. 11/3/88 lettera G.2.3, che recita: "...quando sussistano condizioni tali da non consentire un'agevole valutazione delle pressioni neutre, i calcoli di verifica devono essere effettuati assumendo le più sfavorevoli condizioni che ragionevolmente si possono prevedere".

In effetti i parametri geotecnici presi in considerazione non erano cautelativi bensì "ottimistici", cioè a favore dell'ipotesi che il pendio fosse stabile.

La discarica è stata progettata e realizzata, a cura del comune di Teramo, in un sito le cui caratteristiche litologiche, geomorfologiche e geologico-tecniche erano fortemente sfavorevoli, come è dimostrato dalla "analisi a posteriori" (*back analysis*) eseguita dallo scrivente, dove nei vari scenari relativi alla stabilità del materiale geologico e del corpo rifiuti il "fattore di sicurezza" è risultato molto basso e sempre minore di 1 (meno che in un caso, dove è pari a 1,1, ma inferiore al valore imposto dalla normativa, cioè 1,3).

Secondo lo scrivente l'innescò principale del fenomeno franoso è stato un cedimento del terreno di fondazione, in riferimento alle sue scadenti caratteristiche geotecniche e ai carichi crescenti, cedimento non generalizzato ma ubicato nel punto più critico sotto l'aspetto geotecnico, ossia nella parte sommitale della discarica, dove si era già manifestato un franamento il 14 aprile 2005.

Al collasso ha contribuito la sfavorevole conformazione dei gradoni, con scarpata troppo acclive e banca troppo stretta, valori che si discostano dalle dimensioni di progetto e sono in favore della instabilità.

L'aver continuato ad abbancare i rifiuti, utilizzando le proroghe generosamente concesse da Regione e Provincia, in una situazione oggettivamente così sfavorevole costituisce una aggravante, una concausa del fenomeno franoso: nel bilancio fra le forze favorevoli e quelle sfavorevoli alla stabilità del pendio, il continuare ad abbancare ha portato all'incremento delle forze destabilizzanti e al conseguente collasso dell'intero sistema. Il collasso generalizzato non si è manifestato prima, per il fatto che l'argine di contenimento a valle della discarica ha svolto la sua funzione stabilizzante finché le forze contrarie alla stabilità non hanno preso il sopravvento. Si è visto che dagli iniziali 220.000 m³ di rifiuti autorizzati si è passati a 390.000 m³, poi a 400.000 m³; infine i tecnici dell'ARTA hanno misurato una eccedenza di oltre 42.000 m³ rispetto all'ultima autorizzazione dell'autorità competente, questo a fine gennaio 2006, cioè un mese prima dell'evento franoso in questione.

Concause destabilizzanti sono stati l'acqua di pioggia e di ruscellamento e il biogas,

che non è stato efficacemente captato e allontanato dalla massa dei rifiuti; la presenza del biogas non ha permesso il consolidamento dei rifiuti e la sua mobilità nella massa può aver pregiudicato la stabilità del corpo rifiuti.

mente compressibili e difforni dal punto di vista geotecnico, in seguito ai carichi applicati, che provocano dissesti statici ai fabbricati ivi fondati (Lanzini, 2007).

Per quanto riguarda le alluvioni, una delle più recenti è stata quella che ha colpito



Figura 25 – Una immagine della alluvione di Bari del 5 ottobre 2004.

Fenomeni simili alle frane p. d. sono *icrolli delle volte* delle cavità sotterranee e i *cedimenti differenziali dei terreni di fondazione*.

In città come Roma e Napoli, il cui sottosuolo è attraversato da una ampia e articolata rete di gallerie scavate per i più vari scopi e poi abbandonate, a cominciare dalla attività estrattiva sviluppatasi per molti secoli, sono frequenti i crolli delle volte di tali cavità sotterranee, originatisi da varie cause che riducono la resistenza geomeccanica dei materiali, quali infiltrazioni di acqua, scosse sismiche, vibrazioni dovute a macchinari, ecc. (Ortolani, Pagliuca, 1998).

Sono anche frequenti i cedimenti differenziali di terreni di fondazione particolar-

Bari e il suo hinterland, il 5 ottobre 2004, evento molto raro per tale area (Fig. 25).

Il *pericolo vulcanico* è una componente frequente di alcune importanti e popolate città italiane, in particolare Napoli e Catania e sarebbe facile enumerare e illustrare i numerosi eventi catastrofici che hanno caratterizzato lo sviluppo di tali città.

Si segnala un pericolo che sicuramente è uno dei meno gravi fra quelli che affliggono tali città e che viene solitamente ignorato e sottostimato, ma che produce danni economici e sociali: si tratta della ricaduta di ceneri che accompagna le eruzioni vulcaniche, ceneri che influiscono pesantemente sulla vita di una grande città (Fig. 26).



Figura 26 – La ricaduta di ceneri vulcaniche eruttate dall'Etna su Catania.

L'improvviso e catastrofico, oppure lento e continuo, rilascio in superficie di gas tossici presenti in natura, quale il radon, costituisce un serio rischio per la salute delle popolazioni in regioni geologicamente attive.

La tendenza agli elevati valori della concentrazione di radon in alcune aree geografiche implica la presenza di vie preferenziali (ad esempio faglie e fratture) lungo le quali i gas originatisi in profondità possono migrare verso la superficie terrestre. Il radon è un gas pesante, che viene trascinato verso l'alto quando è miscelato con gas leggeri (*carrier gas*). Esso può provocare cancro ai polmoni nel caso di esposizione a dosi elevate. Le concentrazioni più elevate di radon spesso si mostrano allungate nella direzione appenninica; come si sa, la catena degli Appennini controlla gli aspetti strutturali nell'Italia centrale. Peraltro l'abnorme concentrazione di radon al suolo può essere collegata alla presenza in superficie di rocce ricche di radon.

Nel Lazio, e in particolare nelle aree dove affiorano rocce magmatiche e piroclastiche, sono presenti a luoghi elevate concentrazioni di vari gas, quali CO_2 , H_2S e radon, che in alcune occasioni hanno provocato anche la morte di persone.

Nei centri abitati di Ciampino e Marino, due cittadine alle porte di Roma e che ormai fanno parte di un'unica conurbazione con la capitale, è stato eseguito un dettagliato rilevamento geochimico in un'area di 4 km^2 , per un totale di 274 campioni di gas prelevati al suolo (Annunziatellis *et alii*, 2003). Sono state quindi redatte mappe di isoconcentrazione di tale gas allo scopo di verificare la presenza di zone a rischio più elevato. Infatti, dato che il radon emesso dalle rocce migra nelle abitazioni e in genere negli edifici, la costruzione di carte tematiche di questo tipo ha lo scopo di individuare le potenziali aree a rischio presenti all'interno della città consentendo così di condurre nelle abitazioni una indagine mirata con notevole risparmio di tempo e di mezzi.

In tale area è stata trovata una concentrazione al suolo di radon i cui valori superavano anche 250.000 Bqm^{-3} , con punte di 367.000 Bqm^{-3} .

In quest'area sono state considerate anomale quelle concentrazioni di radon al suolo che superavano i 60.000 Bqm^{-3} (ossia 60 Bq/l), in quanto radon non presente nelle rocce del sito, bensì dovuto a migrazione verso l'alto attraverso linee di frattura profonde (Fig. 27).

Lo US Geological Survey ha riscontrato corrispondenze tra i livelli di radioattività misurata al suolo e quelli che si riscontrano nelle abitazioni soprastanti, per cui a una determinata concentrazione nelle abitazioni corrisponderebbe una concentrazione circa 100 volte superiore nel suolo sottostante

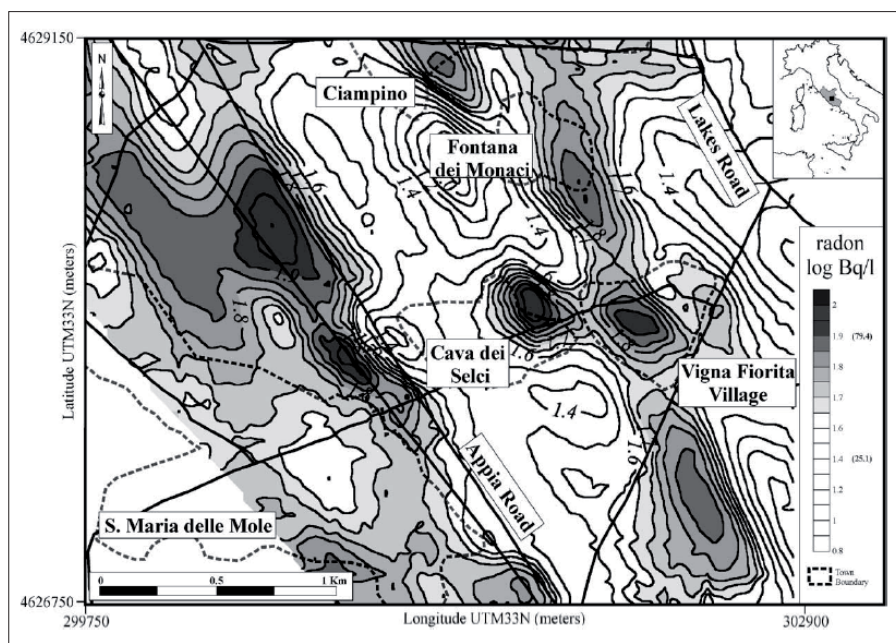


Figura 27 – Mappa delle isolinee della distribuzione del radon nei gas al suolo a Ciampino (RM). I valori anomali di radon ($> 60 \text{ Bq/l}$, ossia 1,7 in scala logaritmica) mostrano chiaramente un allineamento ($\text{N}340^\circ - 360^\circ$) parallelo alla catena appenninica. Le anomalie sono localizzate nel settore occidentale lungo la Via Appia Antica, dove è presente anche un allineamento di sorgenti (Appia, S. Pietro, Capannelle) e nel settore orientale, fra Fontana dei Monaci e Vigna Fiorita. Equidistanza delle isolinee: 0,05 (Fonte: Annunziatellis *et al.*, 2003).

l'abitazione (Floccia *et alii*, 2003). Quindi, assumendo tale ipotesi, nelle abitazioni soprastanti i suoli con i valori citati di 250.000 Bqm^{-3} si troverebbe una concentrazione indoor pari a circa 2500 Bqm^{-3} ; di contro, i livelli raccomandati dalla Unione Europea (Raccomandazione n. 143/90) sono pari a 200 Bqm^{-3} per la concentrazione di radon nell'aria indoor per le nuove abitazioni e 400 Bqm^{-3} per le abitazioni esistenti.

Un rilevamento del radon indoor è stato effettuato in alcune abitazioni selezionate nel sito di Cava dei Selci a Ciampino, per cercare una possibile correlazione tra la geologia locale e la concentrazione del radon nell'aria indoor. I risultati preliminari indicano valori indoor a livello dei pavimenti delle abitazioni pari a oltre 1000 Bqm^{-3} e valori molto elevati nelle cantine, pari a oltre 250.000 Bqm^{-3} .

GLI ARGOMENTI PASSATI IN RASSEGNA NEI 4 CONVEGNI SULLA GEOLOGIA URBANA. CONSIDERAZIONI SUI RAPPORTI FRA GEOLOGIA E PIANIFICAZIONE URBANISTICA

Nei Convegni svolti in precedenza, a Roma nel 2005 (Gisotti *et alii*, 2005), a Venezia nel 2006 (Bondesan *et alii*, 2008), a Milano nel 2007 (Autori Vari, 2007) e quest'ultimo a Modena, ciascuno adattato alle peculiari problematiche o esigenze delle singole città, si è visto che gli argomenti passati in rassegna sono stati vari:

- la geologia in senso lato delle formazioni presenti in superficie e nel sottosuolo (litologia, tettonica, geochimica), in relazione anche alle conseguenze sugli aspetti geotecnici e idrogeologici;

- il problema delle cavità sotterranee naturali e artificiali presenti in tante città, che costituiscono un rischio idrogeologico ma anche una risorsa di spazio urbanistico sotterraneo;
- la risposta sismica locale;
- la subsidenza naturale e indotta;
- la dinamica costiera;
- il reperimento delle risorse lapidee e idriche necessarie per lo sviluppo dei nuovi insediamenti e infrastrutture, spesso estratte in siti limitrofi alla città e tali da interferire con la stessa città;
- altra risorsa, poco conosciuta e sfruttata, è quella relativa allo sfruttamento geotermico dei fluidi nel sottosuolo urbano, per cui la geotermia a bassa entalpia assume una rilevanza centrale nelle politiche sull'utilizzo delle risorse rinnovabili;
- la considerazione dello spazio sotterraneo urbano come "quarta dimensione" con le varie problematiche connesse, compresa quella della necessità di realizzare un Piano Urbano Generale dei Servizi nel Sottosuolo (PUGSS), ai sensi del d.P.C.M. 3 marzo 1999;
- i rapporti fra geologia e archeologia, sempre problematici nelle città a cominciare da Roma, ma che sussistono anche a Modena;
- le interferenze tra le opere (in superficie e in sotterraneo) e le caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni, non dimenticando la procedura relativa al recupero dei siti urbani degradati (industriali e commerciali), i cosiddetti *brown fields*, che sono diventati un problema per le amministrazioni comunali ma che possono diventare una risorsa socio-economica.

Questi temi sfociano necessariamente verso i rapporti tra pianificazione urbanistica e geologia.

La zonizzazione attualmente in uso nella strumentazione urbanistica e le relative norme di attuazione fondano le proprie scelte principalmente su criteri di soddisfacimento di fabbisogni mutuati da obiettivi di sviluppo socio-economico. Viceversa la lettura di un territorio in un'ottica di gestione ecosistemica sostenibile, spostata l'elemento principale su cui basare le scelte sul concetto di stato-pressioni-risposte dei diversi fattori ambientali, secondo il modello *DPSIR (Driving Forces-Pressures-States-Impacts-Responses)* dell'Agenzia Europea dell'Ambiente. Se in un primo tempo gli obiettivi della pianificazione erano indirizzati all'economia e alla sicurezza, adesso essi devono essere indirizzati, oltre che ai due citati, anche alla qualità della vita.

Lo strumento operativo di quanto enunciato è la relazione geologica per i P.R.G. (Piani Regolatori Generali), corredata da carte di idoneità territoriale, che deve essere realizzata preventivamente o contemporaneamente agli studi degli urbanisti chiamati a redigere il P.R.G., in modo da potere severamente incidere, a seconda delle risorse (potenzialità) e dei rischi geologici (limitazioni di uso) riscontrati sul territorio comunale, sulle scelte urbanistiche ma anche su quelle progettuali.

Recentemente si è affacciata anche la procedura della autorizzazione paesaggistica all'interno del PRG: anche in questo caso, è evidente che la relazione paesaggistica deve considerare la componente geologica del territorio urbano e periurbano, e in particolare il patrimonio geologico (*geological heritage*), evidenziando i geositi.

Vale anche la riflessione sulla necessità di completare gli studi e le indagini sulle formazioni geologiche che costituiscono il sottosuolo delle città, sulla loro stratigrafia, litologia, tettonica, poiché la mancanza o la frammentazione delle interpretazioni di base su tali formazioni introducono la questione, non formale ma sostanziale, della certezza che può derivare da scelte di progettazione basate su modelli geologici incompleti o presupposti (Zezza, 2008).

Si tratta quindi di passare da una geologia pensata e realizzata come un supporto rivolto a fornire le basi conoscitive essenziali del sistema fisico al pianificatore/progettista, a una geologia urbana finalizzata all'interpretazione interattiva dell'ecosistema urbano, dei suoi reali confini territoriali, del suo funzionamento e della sua struttura, dei suoi stati di tensione e delle sue dinamiche. In questo senso possiamo definire la Geologia Urbana come il campo delle Scienze della Terra applicato alla soluzione dei problemi

connessi all'urbanizzazione nei suoi molteplici aspetti.

BIBLIOGRAFIA

- ANNUNZIATELLIS A., CIOTOLI G., LOMBARDI S., NOLASCO, F. (2003), *Short- and long-term gas hazard: the release of toxic gases in the Alban Hills volcanic area (central Italy)*, in: "Journal of geochemical exploration", p. 77.
- AA. VV. (1998), *Dissesto idrogeologico*, numero speciale di "Geologia dell'Ambiente", n. 3, Roma, SIGEA AUTORI VARI (1998), *Geologia urbana*, numero speciale di "Geologia dell'Ambiente", n. 4, Roma, SIGEA.
- AA. VV. (2007), *Geologia urbana di Milano*, Atti del Convegno organizzato da SIGEA (Milano, 15 novembre 2007), CD ROM. BEAUBIEN S. E., CIOTOLI G., LOMBARDI S. (2001), *Carbon dioxide and radon gas hazard in the Alban Hills area (central Italy)*, in: "Journal of volcanology and geothermal research", p. 123, Elsevier.
- BENTIVENGA M., COLTORTI M., PROSSER G. (2004), *Il movimento gravitativo profondo di Craco (Basilicata Ionica)*. Il Quaternario, in: "Italian Journal of Quaternary Sciences", 17 (2/2).
- BERETTA G. P., AVANZINI M. (1998), *Il sollevamento della falda a Milano e hinterland*, in: "Geologia dell'Ambiente", n. 4, Roma.
- BETTINI V. (1996), *Elementi di ecologia urbana*, Torino, Einaudi.
- BETTINI V. (2004), *Ecologia urbana. L'uomo e la Città*, Torino, UTET Libreria.
- BONDESAN A., BASSAN V., VITTURI A. (a cura di) (2008), *Geologia Urbana di Venezia*, Atti del Convegno (Mestre-Venezia, 24 novembre 2006), supplemento al n. 3/2008 di "Geologia dell'Ambiente".
- DOUGLAS I. (1983), *The urban environment*, London, Edward Arnold.
- EUROGEOSURVEYS-URBAN GEOSCIENCE TOPIC NETWORK (1997), *Geoproblems: Italy (some case studies)*, Bruxelles.
- GISOTTI G. (2005), *Consulenza sulla tenuta idraulica del diaframma plastico della discarica di RSU di Malagrotta (RM)*, relazione inedita.
- GISOTTI G. (2006), *Il franamento della discarica comunale di Teramo e le sue cause*, relazione inedita.
- GISOTTI G. (2007), *Ambiente urbano. Introduzione all'ecologia urbana*, Collana SIGEA di geologia ambientale, Palermo, Dario Flaccovio Editore.
- GISOTTI G., BENEDINI M. (2000) *Il dissesto idrogeologico. Previsione, prevenzione e mitigazione del rischio*, Carocci Editore, Roma.
- GISOTTI G., PAZZAGLI G., GARBIN F. (a cura di) (2005), *La IV Dimensione. Lo spazio sotterraneo di Roma*, Atti del Convegno (Roma, 28 novembre 2005), supplemento al n. 4/2005 di "Geologia dell'Ambiente", Roma, SIGEA.
- LANZINI M. (2007), *I dissesti dei fabbricati di via Giustiniano Imperatore a Roma. Fenomeni di subsidenza e inclinazione causati dai depositi alluvionali del Fosso di Grotta Perfetta*, in: "L'Ingegnere", n. 13, maggio-giugno, Roma, Mancosu Editore.
- MANACORDA D. (2001), *Crypta Balbi. Archeologia e storia di un paesaggio urbano*, Milano, Mondadori Electa.
- MARCHETTI G., DALL'AGLIO P. L. (1990), *Geomorfologia e popolamento antico nel territorio piacentino*, in: *La Storia di Piacenza - Vol. I: Le origini*, Piacenza, Cassa di Risparmio di Piacenza e Vigevano.
- MARGOTTINI C., POLCI S. (a cura di) (1993), *Studio, monitoraggio e bonifica dei centri abitati instabili*, Atti dei Convegni sul dissesto idrogeologico e centri abitati instabili (svolti a S. Martino al Cimino e a Viterbo nel 1990 e 1991), Roma, ENEA, Associazione Civita, Ordine Nazionale dei Geologi.
- NEBBIA G. (2004), *Il metabolismo della città di Roma*, in: "Energia, ambiente e innovazione", n. 5, Roma, Enea.
- NEBBIA G. (2005), *Il metabolismo della città di Roma. Una proposta di contabilità in unità Fisiche*, in: AA.VV. - "Ecosistema Roma", Atti dei Convegni Lincei n. 218 (Roma, 14-16 aprile 2004), Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, Bardi Editore.
- ODUM E. P. (1971), *Fundamental of ecology*. Saunders, Philadelphia.
- ODUM E. P. (1983), *Basic Ecology*. Cbs College Publishing, Saunders, Philadelphia Pa, traduzione italiana "Basi di ecologia", 1988, Padova, Piccin Editore.
- ODUM H. T. (1971), *Environment, power and society* Wiley, New York, Interscience.
- ORTOLANI F., PAGLIUCA S. (1998), *Ricerche geologiche innovative nell'area urbana di Napoli per il recupero dell'habitat, la sicurezza e il restauro ambientale*, in "Geologia dell'Ambiente", n. 4, Roma, SIGEA.
- PAGLIARULO R. (2006), *Coastal changes and the environmental evolution of the archaeological site of Sybaris (Southern Italy)*, in: "Geogr. Fis. Dinam. Quat.", 29.
- SCANDURRA E. (2003), *L'ambiente dell'uomo. Verso il progetto della città sostenibile*, Milano, Etaslibri.
- VALLARIO A. (2005), *Sarno. Libro bianco sulla gestione del territorio a sette anni dalla catastrofe del Maggio 1998*, supplemento a "Geologia dell'Ambiente", n. 2, Roma, SIGEA.
- WOLMAN A. (1965), *The metabolism of cities*, in: "Scientific American", CCXIII, n.3.
- ZEZZA F. (a cura di) (2008), *Geologia e progettazione nel centro storico di Venezia. La riqualificazione delle città e dei territori*, Atti del Secondo Convegno Nazionale (Università luav di Venezia - Facoltà di Architettura, 7 dicembre 2007), Padova, Il Poligrafo casa editrice.

GEOLOGIA URBANA E PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE DI MODENA

ERIUCCIO NORA

Area Programmazione e Pianificazione Territoriale
della Provincia di Modena
nora.e@provincia.modena.it

La geologia è una disciplina che difficilmente si può circoscrivere a siti troppo limitati nello spazio, ma più naturalmente può fare riferimento ad ampie porzioni di territorio, dalle grandi placche tettoniche sino ad ambiti omogenei dal punto di vista litotecnico e/o strutturale.

Per questa ragione non si possono governare i fenomeni connessi alla geologia urbana e territoriale solo con l'urbanistica, ma si rende necessario un inquadramento di area più vasta intercomunale, provinciale o regionale. Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) è uno strumento di pianificazione territoriale particolarmente utile per rispondere a queste esigenze. È per questo che il PTCP della provincia di Modena, approvato e in vigore dal 08/04/2009, ha stabilito, su questi temi, prescrizioni, direttive e indirizzi su tutto il territorio provinciale con forti ricadute anche sull'ambito urbano della città di Modena.

Nella presente nota verranno elencati in maniera estremamente schematica i contenuti del PTCP2009, solo col significato di costituire guida a una lettura più approfondita del piano, così come consultabile dal sito <http://www.territorio.provincia.modena.it/page.asp?IDCategoria=121&IDSezione=3930>

Il PTCP2009, in generale, si basa fondamentalmente sui seguenti punti di forza:

- rafforzare la sostenibilità e la qualità dello sviluppo (favorendo la competitività dei sistemi produttivi e territoriali);
- il territorio è un bene finito (pertanto va utilizzato con attenzione, premiando la qualità, l'innovazione e contrastando la rendita);
- recuperare i ritardi nelle infrastrutture, soprattutto su ferro (e telematiche);
- la sicurezza del territorio non è negoziabile (elevare e rafforzare la sicurezza);
- ambiente fattore di sviluppo e di qualità territoriale (ambiente del fare);
- priorità dell'energia, mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici;
- casa e coesione sociale.

I principali temi di geologia urbana affrontati riguardano provvedimenti di tutela o valorizzazione in merito alle seguenti materie:

- 1) il rischio sismico;
- 2) le frane e il dissesto idrogeologico;
- 3) la subsidenza e le acque sotterranee;

- 4) i beni archeologici;
- 5) lo sfruttamento energetico del sottosuolo;
- 6) le attività estrattive;
- 7) i geositi come beni culturali.

IL RISCHIO SISMICO

Il territorio provinciale è stato colpito da diversi terremoti che hanno provocato nel tempo danni sia in termini di vittime che di patrimonio edilizio. Si ricorda il terremoto, stimato di ottavo grado della scala Mercalli, del 1501, con epicentro nel margine appenninico (Fiorano, Sassuolo); quello del 1920 con epicentro in Garfagnana che ha colpito i comuni dell'Appennino; o i più recenti tra il quinto e sesto grado della scala Richter che hanno colpito i comuni della media e bassa pianura.

La recente riclassificazione del territorio nazionale, ai sensi della Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, ha classificato a media sismicità – zona 2 – i seguenti comuni della provincia di Modena:

- Castelvetro di Modena
- Fiorano Modenese
- Formigine
- Frassinoro
- Maranello
- Pievpelago
- Sassuolo

I restanti quaranta comuni, tra cui la città di Modena, sono classificati a bassa sismicità (zona 3).

Il PTCP2009, in base al principio che la sicurezza del territorio non è negoziabile, promuove la riduzione della vulnerabilità degli insediamenti rispetto alla pericolosità sismica. L'approccio presentato consente di passare da una tutela omogenea e generalizzata sull'intero territorio comunale a una diversificata per caratteristiche geologiche e litotecniche locali.

Per facilitare l'applicazione della normativa vigente in materia di rischio sismico (l.r. 77/2008), è stata redatta una Carta delle aree potenzialmente soggette a effetti locali per eventi sismici, da cui è stata tratta la Carta delle aree suscettibili di effetti locali, composta da numero 5 tavole in scala 1:25.000 del territorio di pianura e da 25 tavole in scala 1:10.000 per il territorio di montagna. Quest'ultima carta di piano costituisce un ri-

ferimento fondamentale per facilitare sia la redazione dei piani particolareggiati da parte dei comuni, se di iniziativa pubblica, ovvero da parte di privati, se di iniziativa privata, sia la loro istruttoria in merito alla conformità sismica da parte della Provincia. Sarà inoltre utile per la redazione delle carte della microzonazione sismica, in occasione della redazione dei Piani Strutturali Comunali.

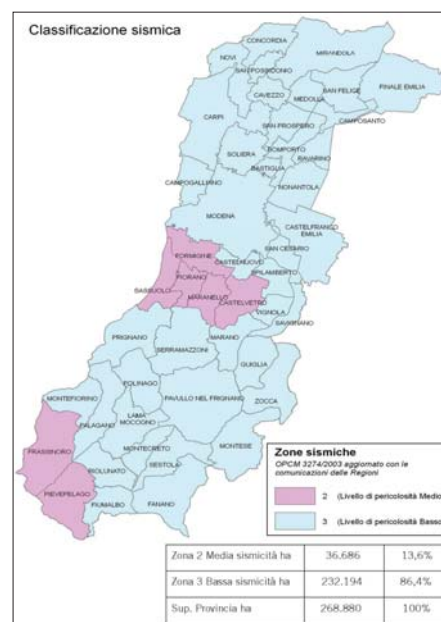
La Carta delle aree suscettibili di effetti locali (5 tavole 1:25.000 per la pianura e 25 tavole 1:10.000 per la montagna) classifica il territorio provinciale in 10 tipologie di aree a diverso grado di pericolosità, che definisce anche il grado di approfondimento delle analisi da condurre a scala comunale.

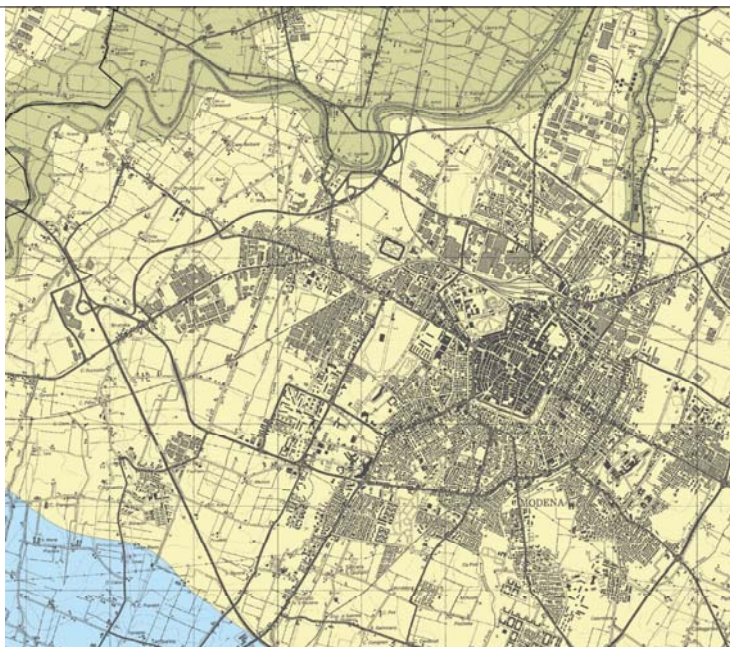
RISCHIO DA FRANE E DISSESTO IDROGEOLOGICO

Il PTCP ha aggiornato, nel Quadro Conoscitivo, la Carta delle frane, secondo la metodologia della Regione Emilia Romagna e concordata con l'Autorità di Bacino del fiume Po.

Da questa Carta è stato derivato un documento di Piano denominato Carta del Dissesto, redatto a scala 1:10.000, di tutto il territorio montano, articolato in:

- frane attive;
- frane quiescenti;
- aree potenzialmente instabili.





Estratto Carta delle aree suscettibili di effetti locali (tav. 2.2 PTCP2009)

VOCI DI LEGENDA

Effetti attesi	
1	Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); <i>microzonazione sismica</i> ": approfondimenti di III livello.
2	Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); <i>microzonazione sismica</i> ": approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
3	Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; <i>microzonazione sismica</i> ": approfondimenti di III livello.
4	Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; <i>microzonazione sismica</i> ": approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
5	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; <i>microzonazione sismica</i> ": approfondimenti di II livello.
6	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico; <i>microzonazione sismica</i> ": approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
7	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi; <i>microzonazione sismica</i> ": approfondimenti di III livello.
8	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; <i>microzonazione sismica</i> ": sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.
9	Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali <i>studi</i> ": indagini per caratterizzare V_{s30} ; in caso V_{s30} maggiore/uguale di 800 m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso V_{s30} minore di 800 m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; <i>microzonazione sismica</i> ": non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti del II livello.
10	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche <i>studi</i> ": indagini per caratterizzare V_{s30} e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso V_{s30} maggiore/uguale di 800 m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico, in caso V_{s30} minore di 800 m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico; <i>microzonazione sismica</i> ": valutazione degli effetti della topografia, con particolare attenzione nelle aree prossime ai bordi di scarpata, negli ambiti immediatamente superiori ai settori soggetti ad amplificazione topografica, nelle zone con accentuato contrasto di pendenza; in caso V_{s30} minore di 800 m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologico.

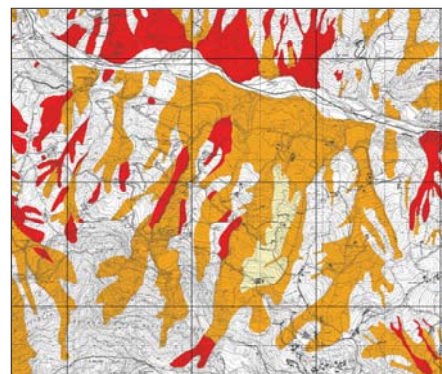
Tale impostazione costituisce la base su cui applicare la regolamentazione di uso e trasformazione del territorio, finalizzata alla riduzione dell'esposizione a rischio di frana della popolazione e dei beni del nostro territorio collinare e montano.

SUBSIDENZA E ACQUE SOTTERRANEE

L'indagine relativa all'abbassamento del suolo in provincia di Modena è rappresentata dalle analisi contenute nel Quadro Conoscitivo del PTCP. Da questo documento si desume che l'area storica di massimo abbassamento si trova a nord della città di Modena, e la causa principale è legata ai grandi emungimenti di acque dal sottosuolo avvenuti nelle zone industriali di Modena, sino a tutti gli anni '80.

Tale fenomeno è in seguito fortemente rallentato grazie alla chiusura dei pozzi delle industrie metalmeccaniche della zona nord della città. Oggi il fenomeno rimane circoscritto ad alcuni ambiti della media pianura, lungo la linea Ravarino - Carpi.

Il PTCP controlla questo fenomeno attraverso le norme che tutelano e regolamentano i prelievi di acque dal sottosuolo. (art. 13C, comma 2, "Misure per il risparmio idrico"). Con gli articoli 12 e 13 recepisce la regolamentazione del Piano Regionale di Tutela delle Acque. Inoltre, l'alimentazione degli acquiferi sotterranei è disciplinata dal PTCP attraverso la regolamentazione delle impermeabilizzazioni di suolo a fini insediativi con l'introduzione del principio di invarianza e attenuazione idrauliche, utilizzando come riferimento il Regolamento del Comune di Modena (art. 11 delle Norme del PTCP).

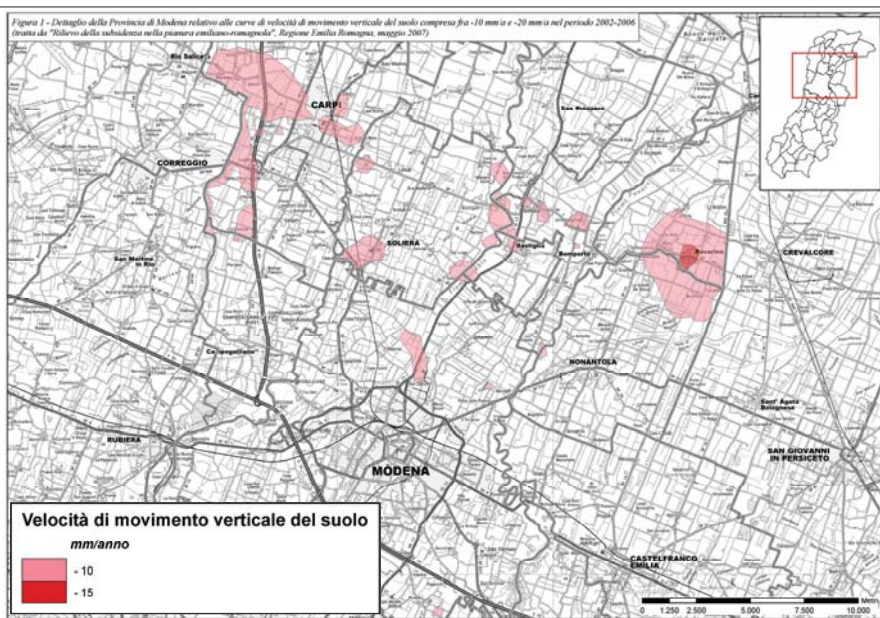


	%
Superficie in frana sul territorio collinare e montano	27

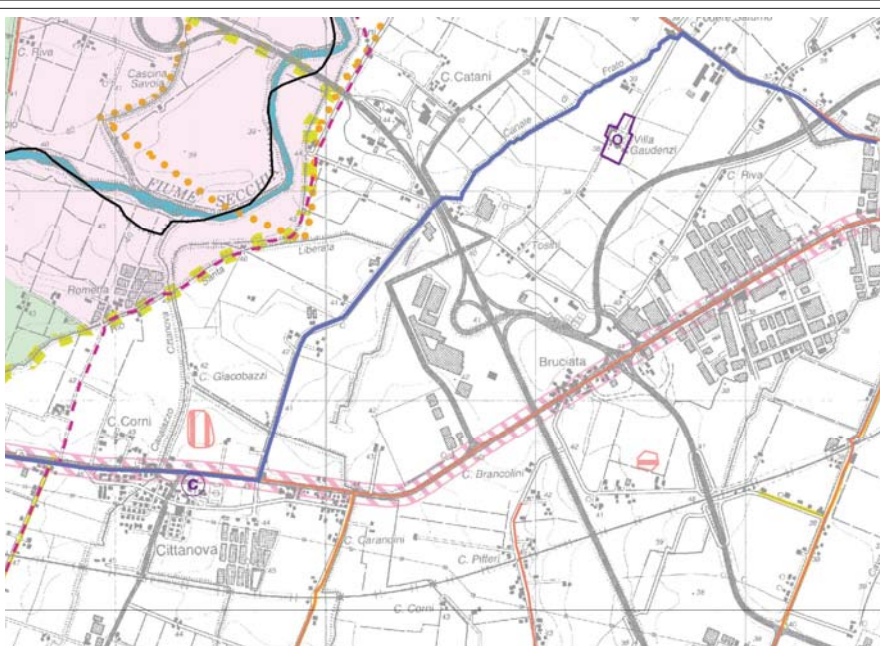
	ha	%
Frane attive	7.842	20
Frane quiescenti	25.817	68
Aree potenzialmente instabili	4.475	12
TOTALE	38.134	100

Estratto carta del dissesto (tav. 2.1 PTCP2009)

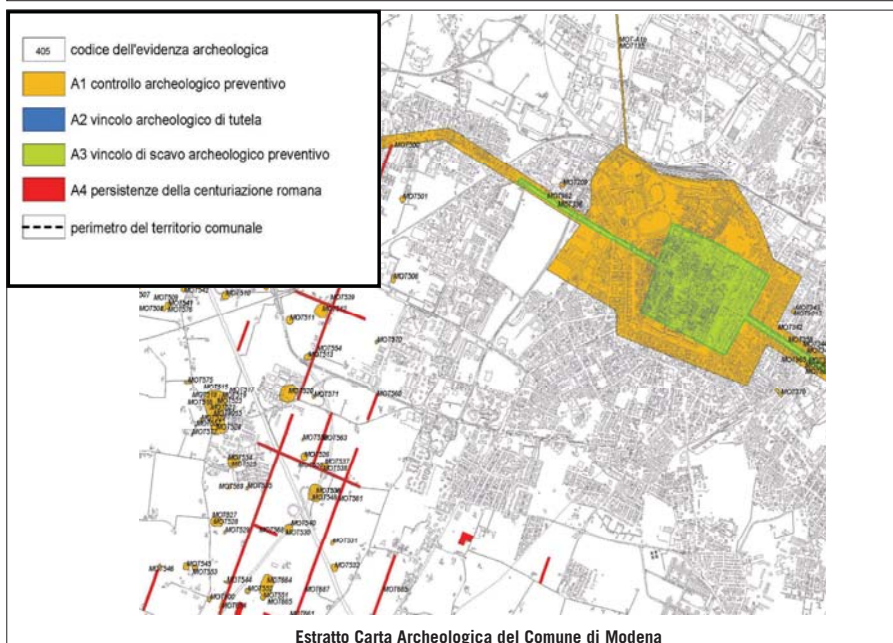
Figura 1 - Dettaglio della Provincia di Modena relativo alle curve di velocità di movimento verticale del suolo compresa fra -10 mm/a e -20 mm/a nel periodo 2002-2006 (tratta da "Tolleranza della subsidenza nella pianura emiliano-romagnola", Regione Emilia Romagna, maggio 2007)



Estratto Carta della subsidenza della pianura emiliano romagnola (Allegato 1.6 PTCP2009)



Estratto Carta delle tutele: tutela delle risorse paesistiche e storico - culturali (tav. 1.1 PTCP2009)



Estratto Carta Archeologica del Comune di Modena

BENI ARCHEOLOGICI

Il patrimonio archeologico della provincia di Modena è assai più ricco di quanto non si possa pensare per l'assenza di reperti affioranti sul piano campagna, come in tante altre parti del paese. Le alluvioni dei fiumi torrentizi provenienti dall'Appennino Emilian, hanno ricoperto i suoli storicamente abitati, sottraendoli alla vista, ma al contempo conservandoli dall'usura del tempo e dalla pratica delle utilizzazioni.

L'atlante dei beni archeologici della provincia di Modena, elaborato congiuntamente con la Soprintendenza per i beni Archeologici e il Museo Civico ed Etnologico del comune di Modena, censisce oltre 3000 siti sull'intero territorio provinciale.

Il comune di Modena, nel suo strumento urbanistico, annovera una Carta Archeologica, di cui si riporta un estratto, che ha costituito modello e riferimento per la stesura delle carte archeologiche di tutti i comuni della Provincia, assunti nel quadro conoscitivo del PTCP1999.

Il PTCP2009 individua graficamente 22 siti archeologici e ne definisce una disciplina di tutela e uso.

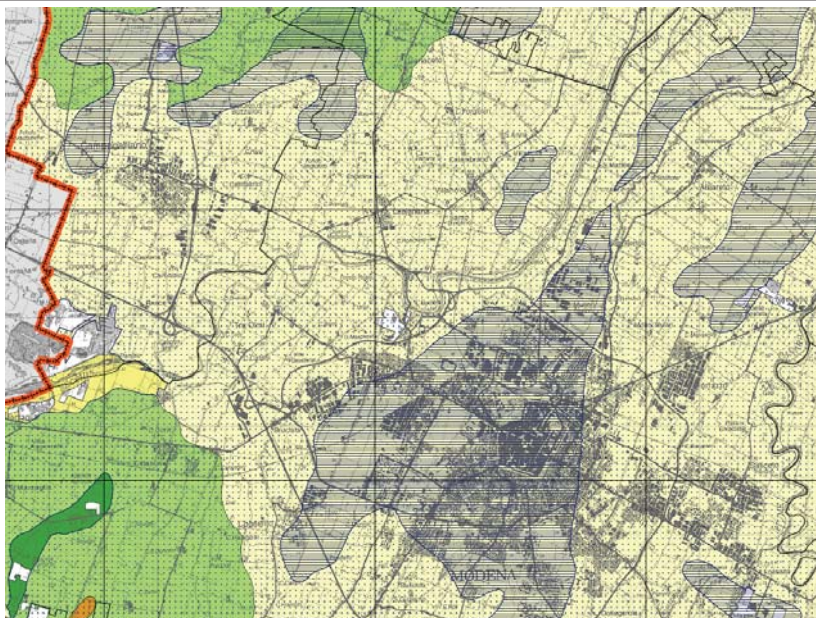
Inoltre, il PTCP promuove l'elaborazione, da parte dei comuni (art. 38 delle Norme del PTCP), di una Carta delle potenzialità archeologiche, redatta con una metodologia comune descritta all'appendice n.16 alle Norme del PTCP. Tale documento, i cui contenuti sono definiti congiuntamente alla Soprintendenza ai Beni Archeologici, consentirà ai comuni di meglio pianificare i propri sistemi insediativi tenendo conto del rischio archeologico, e al contempo ne favorirà la tutela e la valorizzazione, nel rispetto del codice dei beni culturali e del paesaggio.

LO SFRUTTAMENTO ENERGETICO DEL SOTTOSUOLO

Le politiche energetiche della provincia di Modena sono disciplinate secondo le direttive del Piano Energetico Regionale dell'Emilia Romagna e dal Piano Programma Energetico Provinciale, attualmente in fase di redazione.

Il PTCP si limita ad assumere gli obiettivi generali dell'Unione Europea e del governo nazionale e regionale del 20+20-20 al 2020 (+20% di efficienza energetica degli edifici e dei territori, +20% di energia proveniente da fonti energetiche rinnovabili, -20% di emissioni in atmosfera di gas climalteranti).

Il PTCP propone target e obiettivi specifici da assumere obbligatoriamente negli strumenti urbanistici comunali e fissa successivamente i fattori limitanti allo sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili, tra cui quelli riferiti alla geotermia (artt. 12 A, 85, 86 e 89 delle norme del PTCP - cap. 2.D.4 del Quadro Conoscitivo).



Estratto Carta delle potenzialità archeologiche
(tav. 8 di quadro Conoscitivo del PTCP2009)

La carta della potenzialità archeologiche esprime le condizioni di giacitura dei depositi archeologici e una valutazione sul loro grado di conservazione

UNITA' DI PIANURA

Depositi archeologici post-antichi (da medievali a moderni) affioranti o sepolti a profondità limitata con grado di conservazione modesto, limitatamente agli alzati, per possibili danneggiamenti a causa di attività antropica recente.



Dosso: frequenza dei depositi archeologici più elevata per condizioni geomorfologiche più favorevoli agli insediamenti.



Valle: frequenza dei depositi archeologici più scarsa per condizioni geomorfologiche meno favorevoli agli insediamenti.

Depositi archeologici antichi (da preistorici a romani) sepolti a profondità superiori a 2 m (verificare dati) con grado di conservazione buono.

Depositi archeologici post-antichi (da medievali a moderni) affioranti o sepolti a profondità limitata con grado di conservazione modesto, limitatamente agli alzati, per possibili danneggiamenti a causa di attività erosiva dei corsi d'acqua principali.

Depositi archeologici antichi (da preistorici a romani) erosi o sepolti a profondità superiori a 2 m con grado di conservazione variabile, dipendente dalla profondità dell'attività erosiva dei corsi d'acqua principali e dalla frequenza di strutture sottoscavate e quindi solo in parte sottoposte a possibili danneggiamenti.

Depositi archeologici dall'età romana all'epoca moderna affioranti o sepolti a profondità limitata con grado di conservazione modesto, limitatamente agli alzati, per possibili danneggiamenti a causa di attività antropica recente.

Depositi archeologici dell'età del bronzo e del ferro affioranti o sepolti a profondità limitata con grado di conservazione variabile, dipendente dalla frequenza di strutture sottoscavate e quindi solo in parte sottoposte a possibili danneggiamenti a causa di attività antropica recente.



Dosso: frequenza dei depositi archeologici più elevata per condizioni geomorfologiche più favorevoli agli insediamenti.



Valle: frequenza dei depositi archeologici più scarsa per condizioni geomorfologiche meno favorevoli agli insediamenti.

Depositi archeologici preistorici sepolti a profondità superiori a 2 m (verificare dati) con grado di conservazione buono.

Depositi archeologici dall'età romana all'epoca moderna affioranti o sepolti a profondità limitata con grado di conservazione modesto, limitatamente agli alzati, per possibili danneggiamenti a causa di attività antropica recente.

Depositi archeologici dell'età del bronzo e del ferro affioranti o sepolti a profondità limitata con grado di conservazione variabile, dipendente dalla profondità dell'attività erosiva dei corsi d'acqua di età romana e dalla frequenza di strutture sottoscavate e quindi solo in parte sottoposte a possibili danneggiamenti.

Depositi archeologici preistorici erosi o sepolti a profondità superiori a 2 m con grado di conservazione variabile, dipendente dalla profondità dell'attività erosiva dei corsi d'acqua di età romana o protostorica e dalla frequenza di strutture sottoscavate e quindi solo in parte sottoposte a possibili danneggiamenti.

Depositi archeologici dall'età romana all'epoca moderna affioranti o sepolti a profondità limitata con grado di conservazione modesto, limitatamente agli alzati, per possibili danneggiamenti a causa di attività antropica recente e di fenomeni di erosione superficiale del suolo.

Depositi archeologici dall'età preistorica all'età del ferro affioranti o sepolti a profondità limitata con grado di conservazione variabile, dipendente dalla frequenza di strutture sottoscavate e quindi solo in parte sottoposte a possibili danneggiamenti a causa di attività antropica recente e di fenomeni di erosione superficiale del suolo.

Legenda Carta delle potenzialità archeologiche (tav. 8 di quadro Conoscitivo del PTCP2009)

LE ATTIVITÀ ESTRATTIVE

Nel territorio provinciale si trovano materie prime utili all'industria delle costruzioni e a quella della ceramica: materiali lapidei, sabbia e ghiaia, argille di varia natura. Queste risorse, non rinnovabili, devono essere utilizzate con il massimo della parsimonia e il minimo impatto ambientale e paesaggistico.

La geologia urbana, non essendo ipotizzabile lo scavo di materie prime all'interno del contesto abitato, si deve occupare della natura e della qualità dei materiali da costruzione.

Le attività estrattive nella nostra regione sono disciplinate da uno strumento di pianificazione di settore denominato Piano Infra-regionale delle Attività Estrattive (PIAE) e dai Piani delle Attività Estrattive comunali (PAE).

Il PTCP si limita a individuare le aree dove tali attività non sono ammesse:

- Zone di interesse storico - archeologico (art. 41A);
- Zone di tutela naturalistica (art. 24);
- Sistema forestale boschivo (art. 21), nei casi in cui il bosco presenti le caratteristiche di cui al secondo comma, lettera g, dell'articolo 31 della l.r. 17/1991;
- Aree interessate da paleodossi o dossi (art. 23A) ovvero ritenute dai comuni meritevoli di tutela, fanno eccezione i dossi di cui alla let. b dell'art. 23A ricadenti nelle Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua (art. 9) nelle quali la pianificazione infraregionale (PIAE) può prevedere attività estrattive;
- Calanchi peculiari (art. 23B);
- Invasi ed alvei di laghi bacini e corsi d'acqua (art. 10);
- Sistema dei crinali per i terreni siti ad altezze superiori ai 1200 m.;

I GEOSITI

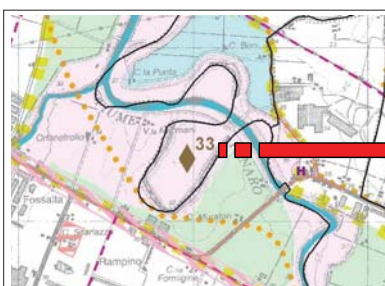
Il PTCP promuove l'attrattività del territorio attraverso la tutela e valorizzazione dei suoi beni culturali, tra cui vanno annoverati i geositi.

La Provincia, col PTCP, individua 124 geositi meritevoli di tutela, dove per geosito, ai sensi della l.r. 9/2006, si intende "qualsiasi località, area o territorio in cui sia definibile un interesse geologico - geomorfologico e pedologico per la sua conservazione".

Il PTCP riconosce, infatti, il patrimonio geologico come patrimonio culturale e come tale prevede la modalità per individuare, tutelare e valorizzare tali beni. Il PTCP affida, inoltre, questo compito ai comuni, nell'ambito dei propri strumenti urbanistici generali.

Tutti gli elaborati costitutivi del PTCP2009 sono consultabili e scaricabili dal sito della provincia di Modena, alla voce Territorio.

<http://www.territorio.provincia.modena.it/page.asp?IDCategoria=121&IDSezione=3930>



Sito nr. 33 Meandri tagliati del fiume Panaro

Estratto Carta delle tutele: tutela delle risorse paesistiche e storico - culturali (tav. 1.1 PTCP2009)

Il sottosuolo di Modena e la salvaguardia del patrimonio archeologico

DONATO LABATE, LUIGI MALNATI
Soprintendenza per i Beni Archeologici
dell'Emilia-Romagna

Dei resti della città romana di *Mutina*, fondata nel 183 a.C. in un'area già abitata dai Galli e prima ancora dagli Etruschi, seppellita nel Medioevo sotto una consistente coltre di depositi alluvionali, si ha notizia fin dalla fine del XI secolo quando i marmi, le pietre e i laterizi della città antica furono riportati in luce e riutilizzati nella costruzione del Duomo e della Ghirlandina: i monumenti, patrimonio dell'umanità, più celebrati della storia di Modena.

I depositi alluvionali, spessi fino a circa 6 m hanno di fatto preservato i resti della città romana²: questi riaffiorarono nel XIV e tra il XVI ed il XVIII secolo in occasione della realizzazione delle nuove fortificazioni di Modena³: gli scavi dei fossati, protratti fino a circa 6 metri di profondità, e delle fondazioni delle mura, che si spinsero a profondità maggiori, consentirono di recuperare sarcofagi, steli funerarie, marmi, statue, condutture in piombo, mosaici, pavimenti fittili, colonne, elementi architettonici, selciati stradali, attribuiti già allora alle antiche vestigia di *Mutina* e alle sue necropoli monumentali⁴.

Anche più recentemente nel corso degli scavi di pozzi e della costruzione nell'800 di nuovi edifici, come il Palazzo del Ministero di Pubblica Economia (attuale Palazzo della Provincia), si rinvennero tra i 4 e gli 8 metri di profondità resti della città romana (Fig. 1): strade basolate, avanzi di costruzioni

in laterizi, di impianti termali, di condotti fognari, di condutture in piombo di acquedotti, di un lastricato con basi onorarie di imperatori⁵. L'esatta ubicazione di questi e altri rinvenimenti fornirono ad Arsenio Crespellani lo strumento per la redazione della prima Carta archeologica di Modena, edita nel 1889, con la significativa intestazione "*Gli avanzi monumentali romani scoperti in Modena e suo contorno*". Anche gli interventi edilizi realizzati nel secondo dopoguerra, con ampi sventramenti della città medievale per realizzare le nuove piazze Mazzini e Matteotti e la demolizione di antichi fabbricati per la costruzione dell'ex Cassa di Risparmio in piazza Grande, dell'ex cinema Capitol in via Università, dell'ex cinema Odeon in piazza Matteotti e della Banca Popolare dell'Emilia in via San Carlo o la realizzazione di nuovi fabbricati nell'area suburbana (via Emilia Est, via Rainusso e area di viale Gramsci), riportarono in luce i resti di *Mutina* e delle sue necropoli, che purtroppo non furono adeguatamente esplorati: si trattò per lo più di veri e propri recuperi non sistematici dei monumenti e di parte dei materiali archeologici rinvenuti⁶.

A partire dagli anni ottanta del '900 il Museo Civico Archeologico Etnologico di Modena e la Soprintendenza Archeologica dell'Emilia Romagna, promossero il censimento di tutte le attestazioni archeologiche documentate in

ambito urbano e nel territorio del comune di Modena, avviarono nuove ricerche archeologiche sistematiche di superficie su una porzione del territorio del comune di Modena⁷ e condussero nuove indagini archeologiche sia in ambito urbano (scavi stratigrafici di via Selmi, piazza Grande e via Lanfranco)⁸ sia sul territorio, con lo scavo di insediamenti dell'età del bronzo (Tabina di Magreta)⁹, dell'età del ferro (San Damaso e Baggiovara)¹⁰, di età romana (Fossalta e Baggiovara)¹¹ e di età medievale (Cittanova)¹².

L'esito di tutte queste indagini, alle quali si devono aggiungere gli studi sulla stratigrafia del sottosuolo di Modena desunta dai rinvenimenti archeologici¹³ e della lettura dei depositi antropici e naturali identificati in numerosi carotaggi meccanici effettuati in quegli anni¹⁴, fu pubblicato in due poderosi volumi¹⁵ e illustrato in una grande mostra, *Modena dalle origini all'anno mille*, inaugurata all'inizio del 1989. Tra le finalità del considerevole lavoro avviato dal Museo e dalla Soprintendenza figurava la tutela e la redazione della Carta archeologica urbana, con 150 attestazioni censite, e del territorio, con circa 400 attestazioni, che fornivano un quadro conoscitivo imprescindibile per le future attività di studio, di valorizzazione e di tutela del patrimonio archeologico¹⁶. I primi lineamenti per una carta di potenzialità archeo-

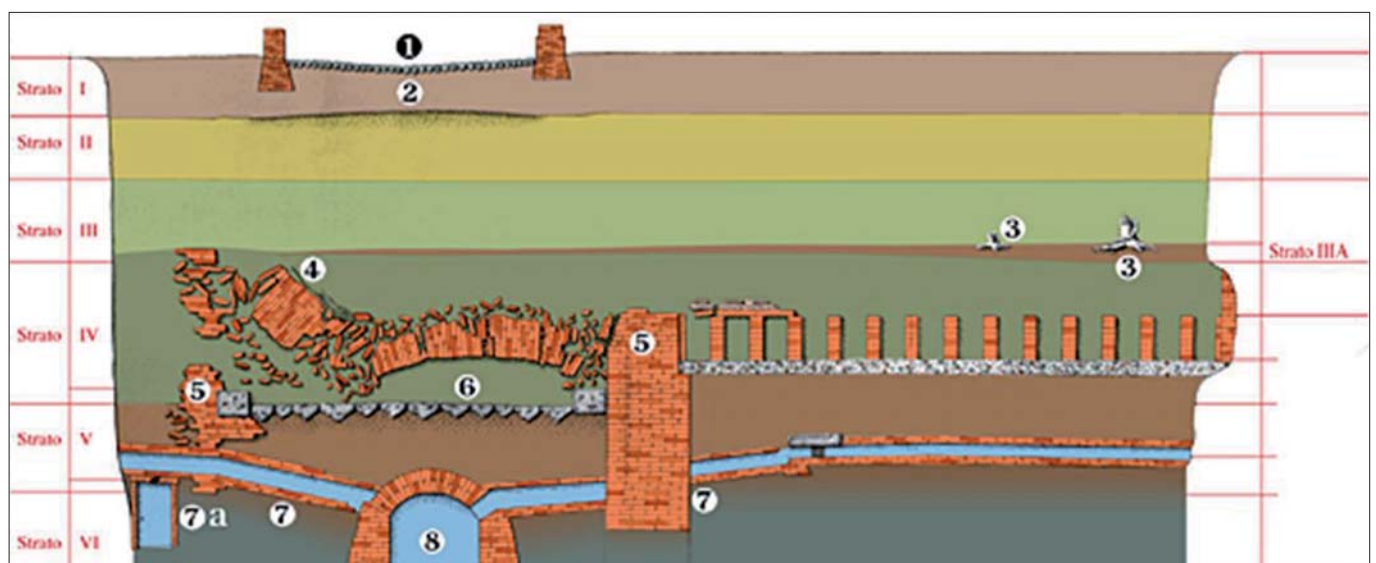


Figura 1 – Modena, Palazzo della Provincia, sezione stratigrafica degli scavi del 1845. Strato VI - depositi alluvionali preromani; Strato V - depositi antropici di età romana; Strati II-IV - depositi alluvionali tardo antichi e medievali; Strato I - depositi antropici di età medievale e moderna (Archivio Museo Civico Archeologico Etnologico di Modena).

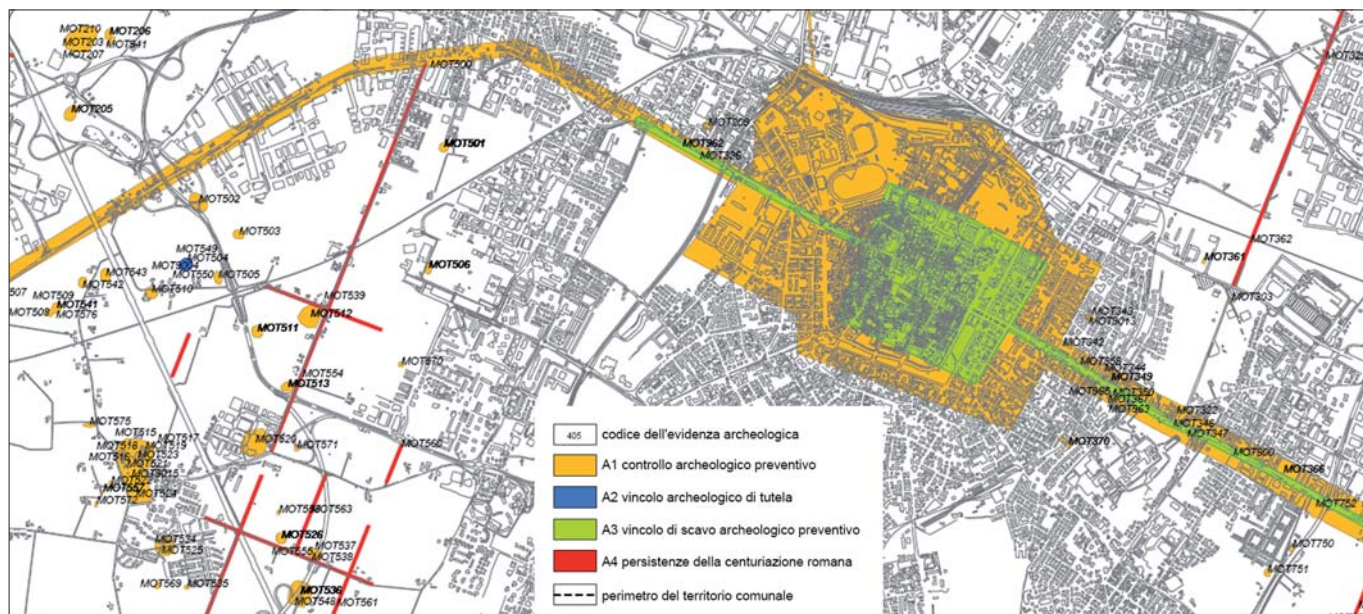


Figura 2 – Modena. Carta Archeologica della città e del territorio con indicazione dei diversi tipi di vincolo archeologico recepiti nel Piano Regolatore Generale del comune di Modena.

logica della città di Modena furono indicati nell'edizione di uno dei due volumi (Gelichi, Malnati 1988). Tali indicazioni, che graduavano le potenzialità in base all'altimetria dei rinvenimenti, furono solo parzialmente recepite nel più importante strumento di pianificazione territoriale di Modena, il PRG adottato nel 1990, dove l'area di "rischio" archeologico fu ampliata fino a comprendere sia tutto il perimetro della città di Modena in età moderna, con le fortificazioni del XVI secolo e l'addizione della Cittadella del XVII secolo, sia il percorso della via Emilia dal Panaro al Secchia.

La potenzialità archeologica fu indicata con due diversi strumenti di tutela: "vincolo di scavo archeologico preventivo" (area della città romana e medievale e percorrenza della via Emilia) e "controllo archeologico preventivo" (area della città di età moderna e di una fascia di 50 m ai lati della via Emilia). A "vincolo di controllo archeologico preventivo" furono sottoposte anche tutte le attestazioni archeologiche di superficie, circa 400, mentre le evidenze monumentali (terramare o motte medievali) e di accertata consistenza archeologica, furono sottoposte a "vincolo di scavo archeologico" (cfr. Appendice 1). A questi vincoli se ne aggiunse un quarto, il "vincolo di tutela delle persistenze della Centuriazione" (Fig. 2)¹⁷.

Tuttavia l'efficacia di questo strumento fu fortemente limitata nel centro storico da una franchigia di 1,5 m di profondità che di fatto escludeva dai controlli i depositi medievali. Tale normativa, che in realtà non ha facilitato il controllo per gli interventi che interessavano i depositi archeologici medievali e moderni, è stata modificata: nel nuovo PRG tutti gli interventi che modificano l'assetto del sottosuolo della città sono sottoposti al parere di competenza della Soprintendenza (cfr. Appendice 1).

Per le aree soggette nel PRG di Modena a vincolo archeologico era previsto che qualsiasi trasformazione urbanistica ed edilizia fosse subordinata al preventivo nulla-osta da parte della Soprintendenza Archeologica e al rispetto delle prescrizioni da essa dettate¹⁸.

Tale strumento, tuttora in vigore, ha consentito di accertare – in tutte le aree archeologiche note e in quelle ritenute di potenziale interesse archeologico, nelle quali erano programmati interventi nel sottosuolo (infrastrutture, garage interrati, fondazioni di fabbricati, attività estrattive) – lo stato di conservazione dei depositi archeologici, e di effettuare lo scavo sistematico dei giacimenti

archeologici quando venivano raggiunti dalle quote di escavazione.

Spesso, al fine di valutare preliminarmente la consistenza dei giacimenti archeologici, si è fatto ricorso a indagini preventive, tramite la realizzazione di sondaggi geotecnici a carotaggio continuo, che fornivano una prima lettura di carattere stratigrafico, utili a definire le strategie d'intervento.

Il grande numero di sondaggi geotecnici a carotaggio continuo realizzati in città ha fornito ulteriori dettagli relativi sia alle quote degli antichi suoli e dei piani di calpestio, sia degli spessori dei giacimenti archeologici e dei depositi alluvionali (Fig. 3). Questi dati

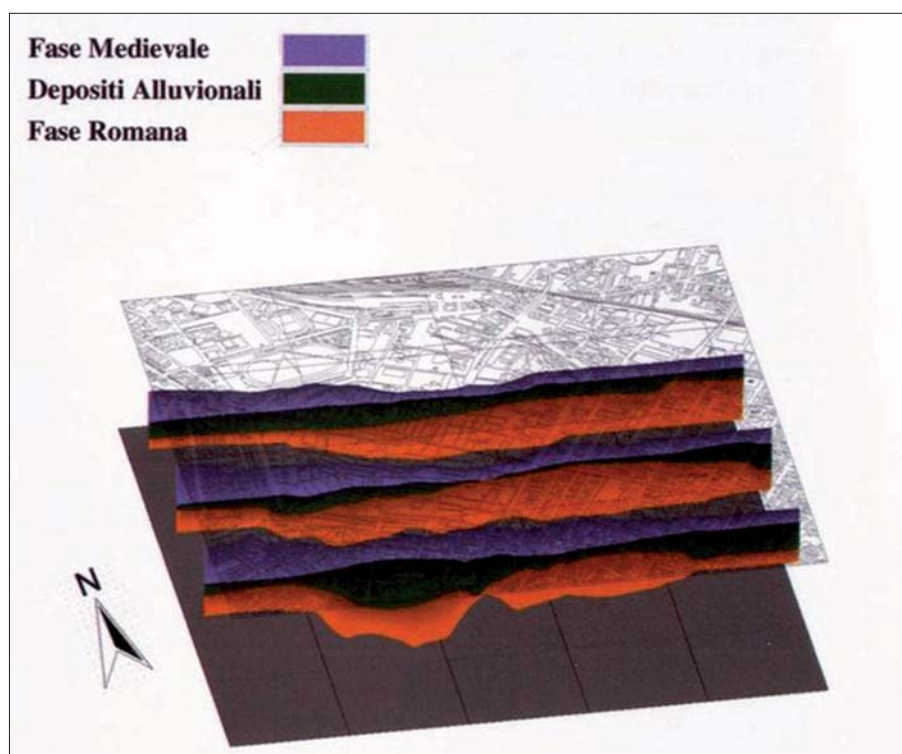


Figura 3 – Modena. Area urbana, sezioni stratigrafiche ricostruite con i profili dei giacimenti archeologici e dei depositi alluvionali rilevati nel sottosuolo (in CARDARELLI-CATTANI-LABATE-PELLEGRINI 2004).

associati a quelli desunti dalle notizie dei rinvenimenti archeologici hanno consentito ipotesi di ricostruzione della morfologia della città di Modena in età romana, in età tardoantica e in età medievale-moderna¹⁹: un panorama di conoscenze utile a consentire di valutare preventivamente la potenzialità archeologica del sottosuolo di Modena e pianificare e gestire al meglio gli interventi edificatori e la realizzazione delle infrastrutture nel rispetto della tutela dei beni archeologici²⁰.

Si deve tuttavia specificare che, dalla data di applicazione delle norme di tutela archeologica nel PRG di Modena, raramente i lavori per la realizzazione di strutture e infrastrutture, che hanno modificato l'assetto del sottosuolo della città, hanno raggiunto le quote dei depositi archeologici di età romana e tardoantica e perciò limitati sono stati i nuovi rinvenimenti relativi a questi periodi e modeste risultano pertanto le nuove acquisizioni sulla città antica, i cui giacimenti sono stati comunque salvaguardati e nel contempo obliterati sotto le nuove costruzioni.

In questi ultimi anni per gli interventi nel sottosuolo della città che non intercettavano i depositi archeologici di età romana, la Soprintendenza ha richiesto che si effettuasse, oltre alle indagini archeologiche dei giacimenti post antichi, attinenti agli scavi per la realizzazione delle opere in progetto, anche approfondimenti stratigrafici, in zone più limitate, per accertare lo stato di conservazione e la qualità dei depositi archeologici più antichi²¹.

gli interventi programmati nessun ostacolo alla realizzazione degli stessi: la conclusione delle indagini archeologiche ha coinciso quasi sempre con il rilascio da parte della Soprintendenza per i Beni Archeologici del nulla osta alla realizzazione delle opere in progetto. Solo in un caso, in ambito urbano, lo stato di conservazione di opere di carattere monumentale, come le fortificazioni rinascimentali di Modena individuate in piazza Aldo Moro, non è stato ritenuto dal Ministero per i Beni Culturali, compatibile con il progetto di realizzazione di un parcheggio interrato. In un altri due casi, fuori città, l'accertamento preventivo dei resti di ville urbano rustiche di età romana in via Uccelliera, in località Madonna, e in Stradello Buracchione, a Baggiovara, ha comportato, ancora in fase di progettazione, la salvaguardia delle aree archeologiche, destinate a verde pubblico o a parcheggi, e la realizzazione degli immobili nel perimetro esterno delle stesse.

Nell'evidenziare che la maggior parte delle indagini archeologiche condotte nel territorio del comune di Modena, dall'ultimo decennio del secolo scorso, sono state realizzate grazie alla normativa di tutela recepita nel PRG²³, si deve tuttavia sottolineare che laddove la presenza archeologica era testimoniata da rinvenimenti di superficie il più delle volte il giacimento archeologico è risultato già ampiamente compromesso dai lavori agricoli²⁴, al contrario per le indagini condotte nelle aree ritenute potenzialmente d'interesse archeologiche (via Emilia e Centro storico), i

giacimenti archeologici, protetti dai depositi alluvionali, si sono rilevati meglio conservati e di maggiore interesse per quanto concerne la ricerca e la tutela²⁵. Ciò premesso si ritiene che a fini della pianificazione territoriale e dello sviluppo urbanistico la carta archeologica recepita nel PRG di Modena è stata a volte utilizzata in maniera impropria confidando, che la costruzione di nuovi edifici all'esterno delle aree archeologiche segnalate nel PRG potesse evitare l'impatto con le attestazioni archeologiche e presenti forti limiti di metodo nell'escludere a priori le aree del territorio per cui non si conoscevano dati.

Uno degli esempi più significativi è indubbiamente quello del nuovo ospedale di Baggiovara progettato in un'area dove non risultavano presenze archeologiche: subito all'avvio dei lavori si rinvennero a poca profondità resti strutturali dell'età del ferro (una fattoria etrusca con annessi impianti produttivi e bonifiche agrarie)²⁶ e nell'area marginale dell'ospedale i resti di un villaggio dell'età del bronzo delimitato da un ampio fossato²⁷. Il buono stato di conservazione dei giacimenti archeologici protetti da un modesto deposito alluvionale ha richiesto tempi più lunghi per la realizzazione degli scavi archeologici che tuttavia si sono conclusi con lo scavo sistematico dei giacimenti archeologici senza necessità di apportare modifiche al progetto costruttivo dell'ospedale e delle sue infrastrutture.

Sulla base di queste esperienze la recente adozione del PTCP della Provincia di Mo-

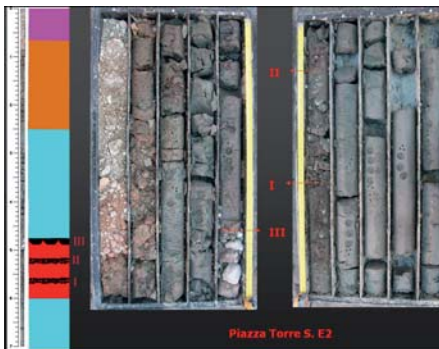


Figura 4 – Modena, Piazza Torre dell'Ova. Carotaggio con profilo stratigrafico. In rosso - depositi antropici di età romana costituiti dalle tre massicciate (I-II e III) dell'antica via Emilia; in azzurro - depositi alluvionali; in marrone - depositi antropici di età medievale; in fucsia - depositi antropici di età moderna.

Nel complesso il tipo di tutela, recepito negli strumenti di pianificazione territoriale, non solo di Modena ma anche di numerosi altri comuni della provincia²², ha consentito ai progettisti di pianificare meglio gli interventi e agli archeologi di intervenire al momento della preparazione del cantiere e non a lavori avviati. Nella quasi ventennale applicazione della normativa di tutela archeologica nel PRG di Modena, i rinvenimenti archeologici non hanno costituito per la quasi totalità de-

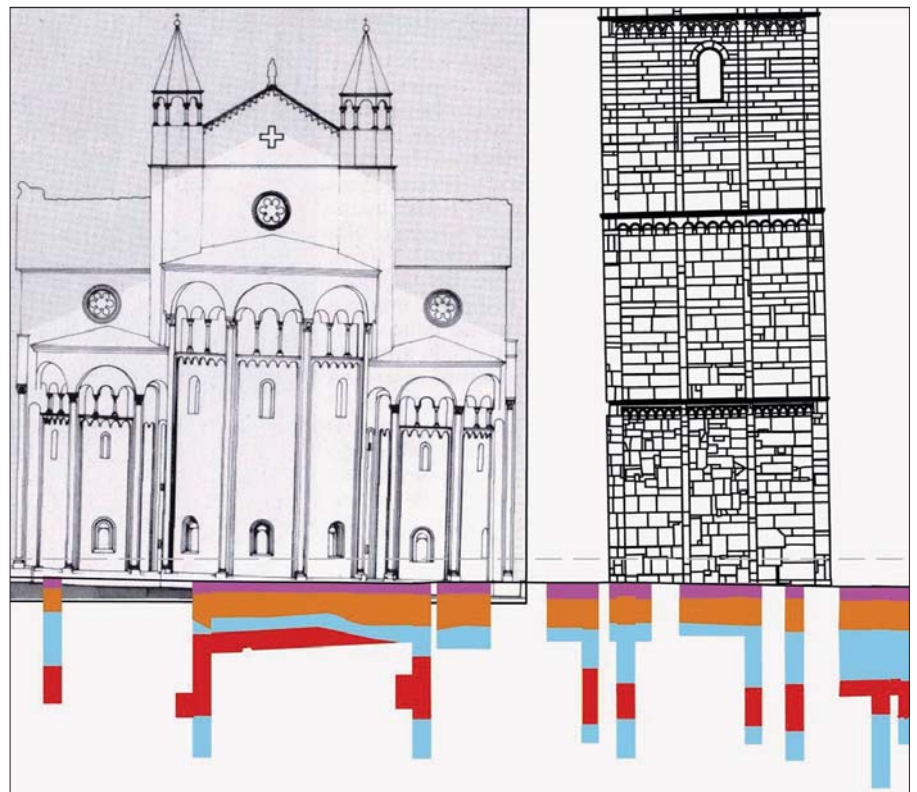


Figura 5 – Modena, piazza Grande. Profilo stratigrafico ricostruito sulla base della lettura di carotaggi e di alcuni saggi di scavo archeologico. In rosso - depositi antropici di età romana; in azzurro - depositi alluvionali; in marrone - depositi antropici di età medievale; in fucsia - depositi antropici di età moderna.

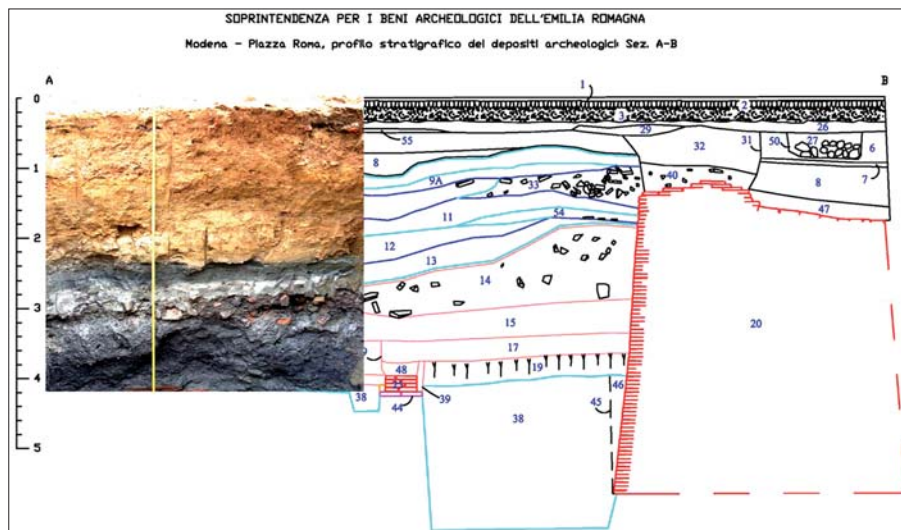


Figura 6 – Modena, piazza Roma. Profilo stratigrafico rilevato in corrispondenza delle fortificazioni di età repubblicana. In rosso - depositi antropici di età romana; in azzurro - depositi alluvionali evidenziati in fotografia con i colori grigio e bruno.

dena si colloca in ambito regionale come il primo ad aver posto in assoluta evidenza le problematiche della tutela del patrimonio archeologico ancora conservato nel sottosuolo in termini nuovi e scientificamente corretti. Il gruppo di lavoro costituito da Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia-Romagna e provincia di Modena, con il prezioso contributo dell'Istituto Cartografico della regione Emilia-Romagna ha infatti predisposto un documento preliminare con linee guida relative alla definizione delle carte di Potenzialità Archeologica dal punto di vista metodologico ed elaborato nel proprio ambito una cartografia tematica di carattere generale (relativa alla pianura e alla fascia pedecoastale della Provincia) che costituiranno una base documentaria indispensabile per le future disposizioni in merito sia a carattere regionale sia a carattere nazionale (cfr. Appendice 2).

L'obiettivo dell'impostazione delle carte di potenzialità archeologica è infatti di uscire dal semplice censimento del patrimonio archeologico noto e documentato per assumere una valutazione di carattere previsionale della consistenza dei depositi archeologici conservati sul territorio. Lo scopo non è quindi di tentare una valutazione storica del popolamento antico e medievale, che è compito della tradizionale cartografia archeologica utilizzabile esclusivamente a fini scientifici, ma di costituire uno strumento di valutazione per le amministrazioni nella programmazione urbanistica e per la valorizzazione di eventuali siti di eccellenza e/o per la tutela programmata del patrimonio ancora conservato; si tratta di uscire da un concetto del vincolo come unico strumento utilizzabile per arrivare a una programmazione condivisa degli interventi sul territorio che vedano l'archeologia non come ostacolo ma come possibile risorsa di un territorio²⁸.

Alcuni comuni della provincia di Modena (Formigine, San Felice sul Panaro, Campo-

galliano e Bomporto) hanno già recepito nei propri strumenti di pianificazione territoriale la Carta di Potenzialità Archeologica.

Un esempio non programmato preventivamente ma attuato di controlli archeologici in corso d'opera in una cava d'inerti, collocata nel Spilambertese in un'area a ridosso dal fiume Panaro, ha comportato la necessità di indagare numerose attestazioni archeologiche e di acquisire nuove e significative conoscenze sulla storia del popolamento antico a cominciare dalla Preistoria fino all'età medievale e moderna. Il costante

controllo archeologico della cava in tutte le fasi di coltivazione, dal piano di campagna fino al tetto delle ghiaie per una superficie di circa sette ettari, ha consentito di identificare e scavare in estensione, i resti di un insediamento neo-eneolitico; la porzione di un abitato dell'età del bronzo; i resti di un insediamento etrusco con alcuni pozzi e di un insediamento celtico con alcune tombe; l'impianto completo di un rustico, databile dalla fine del III – inizi II sec. a.C. fino al VI sec. d.C., e la porzione di un altro rustico di età romana entrambi con impianti produttivi, strade poderali, pozzi e diverse necropoli databili dal I sec. a.C. al VI secolo d.C.; un'importantissima necropoli longobarda e i resti di un probabile insediamento alto-medievale ed infine alcune infrastrutture di età moderna²⁹. L'importanza archeologica e storica delle scoperte e la qualità davvero straordinaria di numerosi reperti rinvenuti ha persuaso l'amministrazione comunale di Spilamberto a valorizzare i rinvenimenti con mostre e la progettazione di un nuovo museo archeologico che sarà allestito nell'ex ospedale di Santa Maria degli Angioli, con la piena collaborazione della Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia-Romagna.

Un ultimo cenno merita il rapporto di collaborazione avviato nel Modenese tra gli archeologi e i geologi sia per quanto attiene alle accennate indagini archeologiche pre-

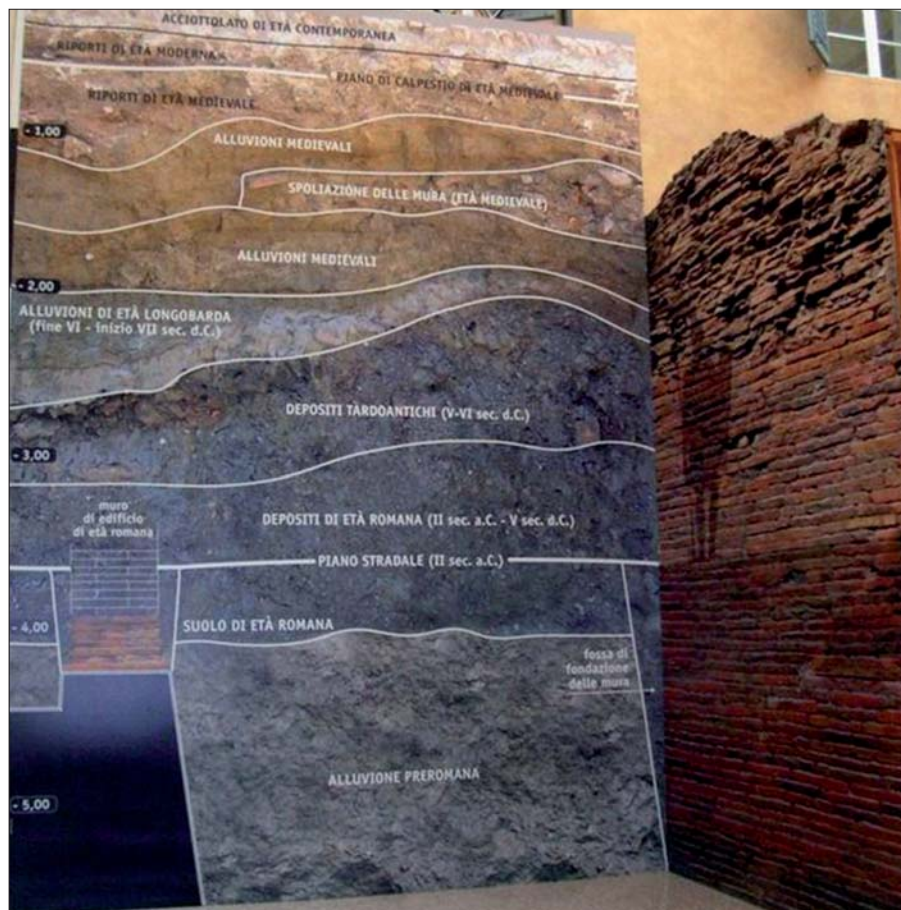


Figura 7 – Modena, Piazza Roma. Profilo stratigrafico rilevato in corrispondenza delle fortificazioni di età repubblicana. Elaborazione grafica e fotografica realizzata in occasione del Festival dell'Architettura (2007).

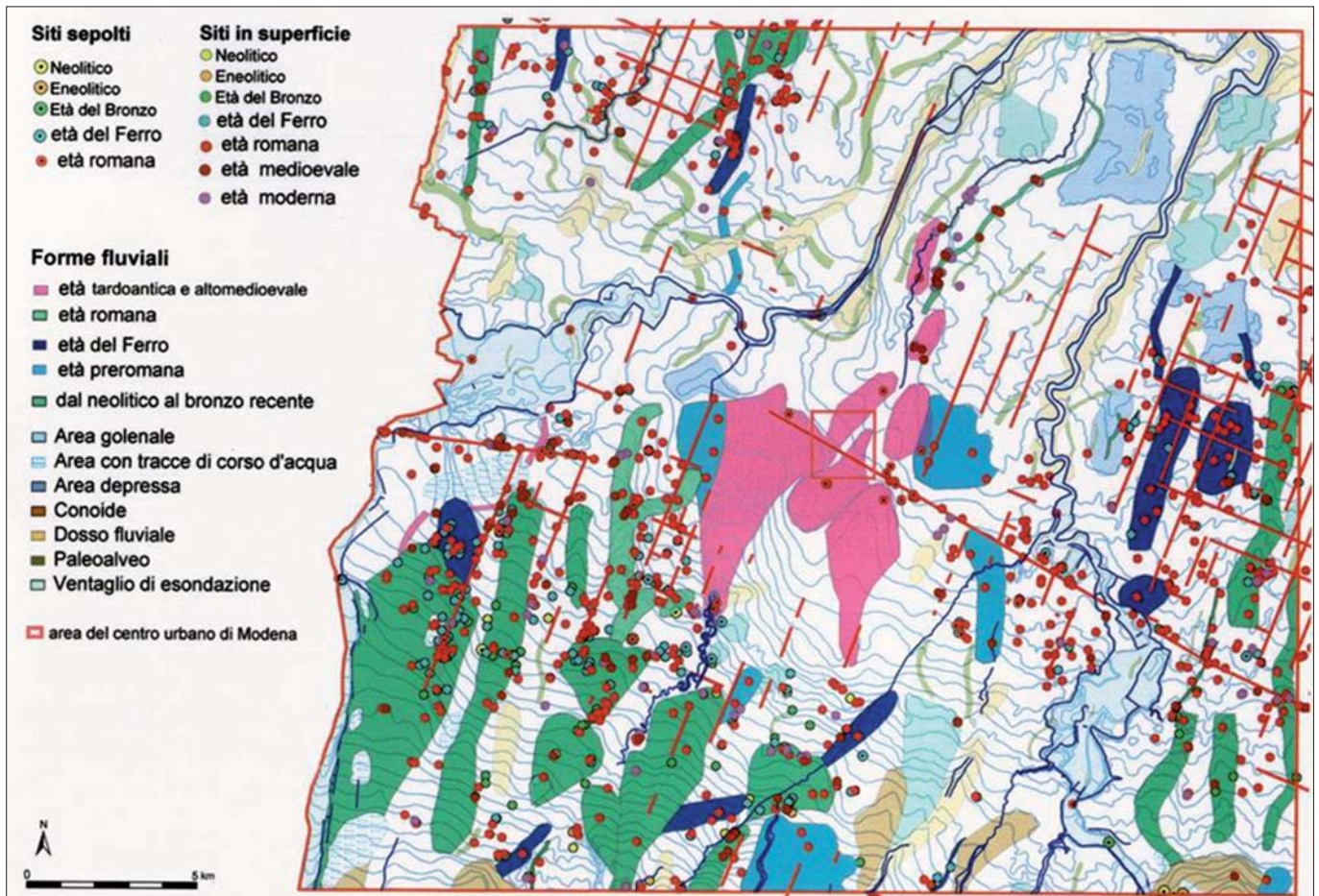


Figura 8 – Territorio della Provincia di Modena. Forme fluviali (paleovalvei e conoidi alluvionali) in rapporto ai siti archeologici (in CARDARELLI-CATTANI-LABATE-PELLEGRINI 2004).

ventive, con la lettura delle stratigrafie rilevate nei carotaggi e nei sondaggi meccanici, sia nell'ambito della ricerca in particolare: per lo studio dell'evoluzione della pianura modenese, con la correlazione dei depositi alluvionali con la datazione dei depositi archeologici

(Fig. 4-7)³⁰ per la determinazione dei bacini fluviali che hanno determinato le alluvioni e i disseti idrografici della città di Modena e del suo contado (Fig. 8)³¹, per la datazione delle alluvioni che hanno seppellito la città romana e che furono riferite principalmente

a quelle della fine del VI secolo indicate da Paolo Diacono³².

Recenti scavi condotti a est della città di Modena, lungo la via Emilia (all'incrocio con la ferrovia Modena-Sassuolo e all'incrocio con la tangenziale Pasternak)³³, hanno



Figura 9 – Modena, via Emilia Est. Monumento funerario di Vetilia (I sec. d.C.) coperto dai depositi alluvionali al momento della scoperta (scavi 2008)



Figura 10 – Modena, via Emilia Est. Monumento funerario di Vetilia in corso di scavo con i depositi alluvionali più antichi (US 14 e US 11) che l'avevano parzialmente seppellito.



Figura 11 – Modena, via Emilia Est. Monumento funerario di Vetilia completamente esposto.

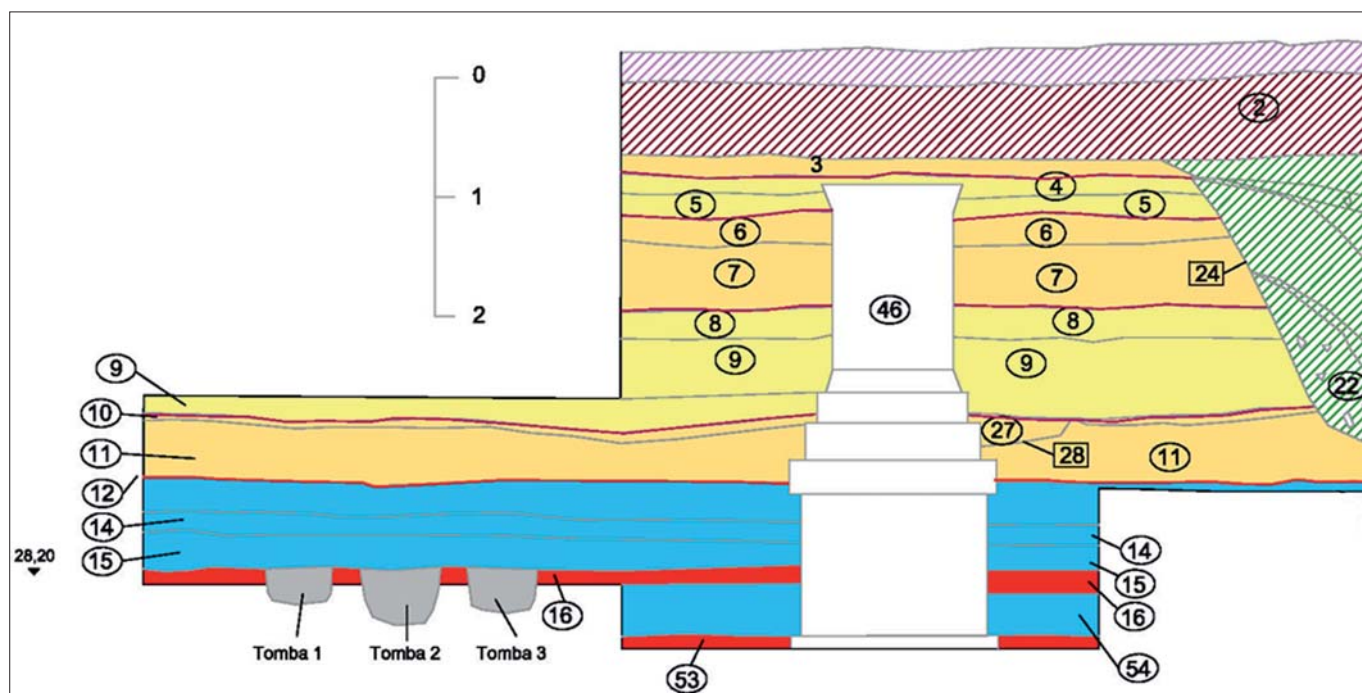


Figura 12 – Modena, via Emilia Est. Profilo stratigrafico rilevato in prossimità del monumento funerario di Vetilia (46). In rosso (UUS 53 e 16) depositi antropici di età romana. In azzurro - depositi alluvionali di fine I - inizi II sec. d.C. (US 54), di fine IV-inizi V (UUS 13, 14 e 15). In bruno - depositi alluvionali di V-IV secolo (US 11), di fine VI inizi VII (UUS 8-9), di età medievale (UUS 3-7).

consentito di mettere in luce un'articolata stratigrafia composta da giacimenti archeologici di età romana e medievale alternati a depositi alluvionali.

Di quattro alluvioni è stato possibile precisare la datazione su base archeologica e radiocarbonica³⁴. La prima è databile su base archeologica alla seconda metà del I sec. d.C. Per la seconda, la datazione radiocarbonica

suggerisce una datazione compresa tra il 340 e il 440 d.C. (60,8%). Al tetto di quest'alluvione, su un piano di calpestio presente vicino al monumento funerario di Vetilia (Fig. 9-12), sono state rinvenute diverse monete databili a un periodo posteriore al V sec. d.C. (Fig. 12), datazione congrua con quella al 14C che indica per la terza alluvione un periodo compreso tra il 430 e il 550 d.C. (68,2%). Per la quarta

alluvione la datazione radiocarbonica indica un'età tra il 595 e il 655 (68,2%) che dovrebbe corrispondere grossomodo all'alluvione del 589-90 indicata da Paolo Diacono (Fig. 13). Altri sedimenti alluvionali, per uno spessore di circa 1,5-2 m, si sono depositati al tetto della quarta alluvione. La loro datazione, riferibile verosimilmente all'alto medioevo, sarà oggetto dei prossimi studi³⁵.

Campione 1: Modena Via Emilia 281, US 58 - LTL3316A

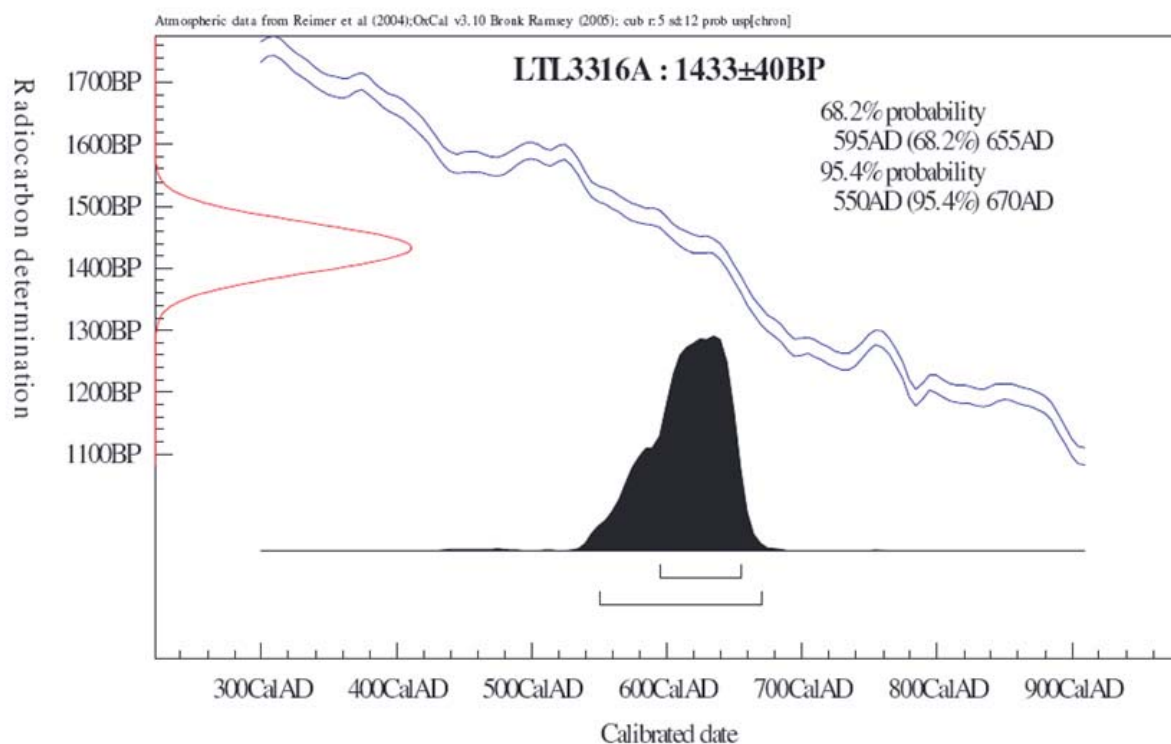


Figura 13 – Modena, via Emilia Est. Area monumento funerario di Vetilia. Determinazione radiocarbonica di un campione di legno proveniente dall'US 58 collocata alla base del deposito alluvionale US 9 (cfr. fig. prec.).

APPENDICE 1

RUE (Regolamento Urbanistico Edilizio) Vigente approvato con Delibera di Consiglio Comunale di Modena n° 16 del 25 febbraio 2008

PARTE VII - SITI DI INTERESSE**ARCHEOLOGICO****CAPO XVIII - TUTELA DEI SITI DI INTERESSE****ARCHEOLOGICO****ART. 18.0 - INDIVIDUAZIONE DEI SITI DI INTERESSE ARCHEOLOGICO (Psc)**

1. Tutto il territorio comunale può essere interessato dalla presenza di siti archeologici.

La cartografia di Piano regolatore localizza puntualmente mediante l'indicazione dei perimetri delle aree i siti noti di interesse archeologico oggetto di tutela e non è comunque esaustiva delle presenze archeologiche.

2. Oltre ai siti comprendenti complessi archeologici di accertata entità ed estensione, le prescrizioni di tutela del presente capo sono riferite anche alle persistenze della centuriazione nel territorio modenese, individuate in cartografia.

3. Gli aggiornamenti dei siti di interesse archeologico avvengono a cura del Museo Civico Archeologico Etnologico, sentito il parere della Soprintendenza Archeologica dell'Emilia Romagna, e sono contenuti nella carta archeologica, che fa parte del quadro conoscitivo.

Tali aggiornamenti costituiscono, fin dal momento del loro inserimento nel quadro conoscitivo, riferimento necessario per l'attuazione del piano regolatore.

4. La normativa di tutela del presente capo è concorrente con quella statale di tutela dei siti e delle aree di interesse archeologico di cui al d.lgs. 22 gennaio 2004, n. 42.

ART. 18.1 - DISCIPLINA NEI PERIMETRI DEI SITI DI INTERESSE ARCHEOLOGICO (Psc)

1. Nelle parti di territorio perimetrato come siti di interesse archeologico si applicano i seguenti vincoli:

- a) perimetri A1: controllo archeologico preventivo, previsti nel RUE;
- b) perimetri A2: vincolo archeologico di tutela, previsti nel Psc;
- c) perimetri A3: vincolo di scavo archeologico preventivo, previsti nel RUE.

2. Qualunque rinvenimento di natura archeologica che avvenga nel territorio comunale, anche esternamente ai perimetri di cui al presente articolo, è soggetto inoltre alle forme di tutela di cui al d.lgs. 22 gennaio 2004, n. 42.
3. Nelle aree interessate dalla formazione di piani urbanistici attuativi o da per-

messi di costruire convenzionati per la realizzazione di opere di urbanizzazione o da progetti per la realizzazione di opere pubbliche, pur in assenza di perimetri di tutela archeologica di cui al comma 1° del presente articolo, si procede alla verifica preventiva dell'interesse archeologico secondo quanto prescritto dagli artt. 95 e seguenti del d.lgs. 12/4/2006, n. 163 e s.m. (Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi, forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE). Indagini archeologiche preventive possono essere prescritte, con adeguata motivazione, anche per altri interventi diretti privati. Tali indagini, volte alla individuazione di eventuali ulteriori siti archeologici, devono essere effettuate secondo le indicazioni del civico Museo Archeologico Etnologico e della Soprintendenza Archeologica dell'Emilia Romagna.

ART. 18.2 - CONTROLLO ARCHEOLOGICO PREVENTIVO (A1) (RUE)

1. Nelle parti di territorio soggette a controllo archeologico preventivo qualunque trasformazione urbanistica ed edilizia del territorio, a eccezione degli interventi di qualsiasi fattispecie che non comportino azioni di escavazione nel sottosuolo, è subordinata al preventivo nulla-osta da parte della competente Soprintendenza Archeologica dell'Emilia Romagna e al rispetto delle prescrizioni da esso eventualmente dettate.

2. Tale nulla-osta deve essere richiesto a cura dell'interessato, con istanza rivolta alla Soprintendenza Archeologica dell'Emilia Romagna, corredata di idonea documentazione e presentata al Museo Civico Archeologico di Modena, che provvederà a trasmetterla alla suddetta Soprintendenza corredata delle informazioni archeologiche note.

3. Il controllo archeologico preventivo è operante anche per tutte le opere effettuate nell'ambito della conduzione agraria che mutino radicalmente l'assetto del terreno con escavazioni in profondità, spianamenti, disboscamenti, impianti arborei, ecc. a profondità superiori ai 60 cm.

ART. 18.3 - VINCOLO ARCHEOLOGICO DI TUTELA (A2) (Psc)

1. Nelle aree soggette a tale vincolo sono ammesse solo le trasformazioni edilizie necessarie allo svolgimento di studi, ricerche, scavi e restauri inerenti i beni archeologici ed effettuate dagli enti o dagli istituti scientifici autorizzati.

2. Sulle costruzioni esistenti sono ammesse le trasformazioni edilizie indicate all'art. 13.21; è ammessa inoltre la demolizio-

ne di costruzioni non soggette a vincolo conservativo. Eventuali necessarie escavazioni dovranno essere comunque autorizzate dalla Soprintendenza Archeologica dell'Emilia Romagna.

3. Il vincolo archeologico di tutela è operante anche per tutte le opere effettuate nell'ambito della conduzione agraria che mutino radicalmente l'assetto del terreno con escavazioni in profondità, spianamenti, disboscamenti, impianti arborei, ecc. a profondità superiori ai 60 cm. Nelle parti di territorio soggette a vincolo archeologico di tutela tali trasformazioni sono subordinate al preventivo nulla-osta da parte della competente Soprintendenza Archeologica e al rispetto delle prescrizioni da essa eventualmente dettate.

4. Tale nulla-osta deve essere richiesto a cura dell'interessato, con istanza rivolta alla Soprintendenza Archeologica, corredata di idonea documentazione e presentata al Museo Civico Archeologico di Modena, che provvederà a trasmetterla alla suddetta Soprintendenza corredata delle informazioni archeologiche note.

ART. 18.4 - VINCOLO DI SCAVO ARCHEOLOGICO PREVENTIVO (A3) (RUE)

1. Il vincolo concerne ogni intervento, ivi comprese le opere pubbliche e infrastrutturali, che comporti escavazione del terreno, ad eccezione delle opere di manutenzione ordinaria e straordinaria delle infrastrutture esistenti.

2. Tali interventi sono consentiti solamente sulla base delle risultanze di un'apposita prospezione preventiva svolta secondo le prescrizioni della competente Soprintendenza Archeologica e in conformità con le eventuali prescrizioni di questa.

APPENDICE 2**"METODOLOGIA PER LA REDAZIONE DELLA CARTA DELLE POTENZIALITÀ ARCHEOLOGICHE"**

Con riferimento all'art.38 delle norme di PTCP. Le note metodologiche di seguito riportate fanno riferimento al Protocollo d'Intesa siglato tra la provincia di Modena e la Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna, in data 26 marzo 2008 e approvato dalla Provincia con D.G.P. n.60 del 19/02/2008.

LA NORMATIVA DI TUTELA ARCHEOLOGICA IN VIGORE

Premessa indispensabile all'elaborazione della cartografia di potenzialità archeologica è la presa d'atto della attuale situazione normativa in merito alla tutela dei beni archeologici in Italia.

A tal fine è necessario riferirsi agli artt. 2, 10, 12 (verifica dell'interesse culturale), 13 e 14 (procedimento di dichiarazione) del d.lgs.

42/2004 e s.m. e i., che prevedono l'identificazione del bene da tutelare (anche di quello archeologico, tra gli altri) e le modalità per la dichiarazione di notevole interesse. L'art.10 prevede che tutte le cose mobili e immobili appartenenti allo Stato e agli altri enti pubblici se rientrano nelle categorie indicate come beni culturali sono soggette alle disposizioni del d.lgs.42/2004 e s.m. e i. Per quanto riguarda l'art.10, al comma 3° si estende tale qualifica alle "cose immobili e mobili che presentano interesse particolarmente rilevante" di carattere storico e archeologico (comma 3° a), nonché quelle che interessano la paleontologia, la preistoria e le primitive civiltà (art. 4, comma a) e le cose di interesse numismatico (art. 4, comma b) appartenenti ai privati purché sia intervenuta la dichiarazione d'importante interesse prevista agli artt. 12, 13. È il soprintendente che avvia il procedimento per la dichiarazione con una comunicazione al proprietario o al possessore in cui sono già elencati gli "elementi di identificazione e di valutazione della cosa risultanti dalle prime indagini" nonché l'indicazione del termine in cui al privato è possibile presentare osservazioni (art.14).

Il d.lgs.42/2004 e s.m. e i. non fornisce ulteriori indicazioni sulle motivazioni che costituiscono la premessa istruttoria della dichiarazione; è pertanto necessario rifarsi alla giurisprudenza, in quanto l'art.16 ha previsto da parte del privato la possibilità di ricorso al ministero avverso al provvedimento non solo per motivi di legittimità ma anche di merito. Le sentenze più recenti in materia di dichiarazione d'importante interesse hanno in effetti carattere controverso.

Da un lato infatti si stabilisce che "imprescindibile presupposto per l'imposizione del vincolo diretto è la dimostrata (anche per presunzione) effettiva esistenza delle cose da tutelare..." ed è quindi "consentito all'amministrazione di adottare il relativo provvedimento soltanto nel presupposto della già acquisita certezza dell'esistenza delle cose oggetto di tutela e previa rigorosa delimitazione della zona da proteggere..." (Cons.Stato sez.VI, 9 maggio 2002, n.2525).

D'altra parte è anche "riconosciuta ampia discrezionalità all'amministrazione nella valutazione della presunta disseminazione dei reperti archeologici e, in particolare, dei ruderi, anche se non ancora portati alla luce, poiché l'imposizione del vincolo non richiede che i reperti siano stati già trovati o portati alla luce" purché la legittimità del provvedimento sia "valutata secondo un motivato giudizio tecnico-discrezionale" (Cons.Stato, sez.VI, 6 settembre 2002, n.4566) e si precisa che l'amministrazione può sottoporre al vincolo un'ampia area considerata come parco o complesso archeologico, dove vi siano

stati i più antichi insediamenti o siano stati rinvenuti reperti, bastando che essi siano stati rinvenuti in alcuni terreni tra quelli vincolati" (Cons Stato sez.VI, 12 dicembre 2002, n.6791).

È bene evidenziare due aspetti:

1. i pronunciamenti del Consiglio di Stato riguardano per lo più aree strutturate, di solito nelle adiacenze di complessi monumentali;
2. pare evidente che l'aspetto determinante per la legittimità della tutela è la formulazione di una motivazione articolata e congrua.

Più in generale l'apposizione di una tutela di tipo archeologico in base al d.lgs.42/2004 e s.m. e i. prevede la precisa individuazione di un'area ben delimitata e descritta nelle sue caratteristiche strutturali, oltre che culturali e cronologiche, quindi non a carattere presuntivo, anche se potrebbe essere sufficiente che "la presenza di reperti archeologici, ancora non portati alla luce" sia "suggerita non solo dalla letteratura e da studi scientifici, ma anche dal ritrovamento di reperti in occasione di lavori agricoli o di urbanizzazione" (Cons. Stato Sez.VI, 12/12/2002, n.6791), quindi comunque in presenza di una molteplicità di elementi concorrenti.

Tuttavia questo concetto di bene archeologico "definito" corrisponde a una visione parziale e circoscritta del patrimonio archeologico italiano, tarato sulle aree archeologiche strutturate o "strutturabili" e, naturalmente, sulle emergenze monumentali. La definizione di "area archeologica" non serve a identificare la complessità dei depositi archeologici stratificati all'interno di ogni centro urbano, anche dei minori, che di solito presentano fra l'altro in Italia uno spettro cronologico assai ampio, addirittura dall'età preromana, né la molteplicità degli insediamenti dispersi sul territorio e poi abbandonati, che assommandosi nelle varie epoche sono stimabili in molte migliaia di unità. Lo strumento della tutela come descritto dal d.lgs.42/2004 e s.m. e i. appare così assai parziale, insufficiente ed irrealistico per una salvaguardia urbana estensiva (una tutela archeologica coerente in questo caso dovrebbe forzatamente investire ad esempio tutti i centri storici), incongruo e spesso non adeguatamente supportato da motivazioni per i siti archeologici del territorio.

LA TUTELA ESTENSIVA DEL PATRIMONIO ARCHEOLOGICO

Il concetto di depositi archeologici stratificati e diffusi non è quindi mai entrato a pieno titolo negli ordinamenti statali di tutela. Il che non significa però che l'amministrazione non si riservi di intervenire "a posteriori", utilizzando la normativa relativa ai rinveni-

menti fortuiti (art.90) e, soprattutto la facoltà di intervenire con l'inibizione o la sospensione di lavori in caso di rinvenimenti (art.28, commi 1° e 2°).

Per esemplificare:

1. la città di Milano conserva nel proprio sottosuolo i resti dell'abitato insubre e, in successiva estensione, della città romana repubblicana e imperiale, della capitale di epoca Teodosiana, della città medioevale entro la cinta comunale, della città del Seicento entro le mura spagnole, di quella Ottocentesca: i depositi archeologici si presentano estesi e con una diversa complessità e/o potenza stratigrafica a seconda delle diverse aree urbane; è naturalmente impraticabile una tutela diretta (ex artt.10 e 13 del d.lgs.42/2004 e s.m. e i.) sulla città di Milano, né sarebbe corretto privilegiare un'epoca rispetto ad altre; è invece possibile (e necessario) vincolare singoli complessi monumentali (es.: l'anfiteatro romano) o un singolo monumento (es.: le colonne di S.Lorenzo).
2. le carte archeologiche elaborate sistematicamente in provincia di Modena hanno portato alla registrazione di migliaia di insediamenti dalla preistoria al Medio Evo; anche in questo caso l'applicazione estensiva di procedure di tutela appare non solo difficilmente realizzabile, ma in molti casi del tutto arbitraria, perché la stragrande maggioranza di queste segnalazioni richiederebbe un'istruttoria assai più approfondita per acquisire gli elementi necessari a una determinazione certa del bene archeologico; infatti i siti tutelati sulla base del d.lgs.42/2004 e s.m. e i. sono poche decine

In entrambi i casi, però, interventi di scavo per i motivi più diversi possono intaccare anche pesantemente depositi e insediamenti (beni archeologici) e provocare l'intervento repressivo dell'amministrazione con il fermo dei lavori e, talvolta, con conseguenze di carattere penale.

Alla luce di tale situazione normativa, è sorta quindi la necessità di operare a livello di pianificazione territoriale, nell'ambito della collaborazione tra provincia di Modena e Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna per l'aggiornamento del PTCP, utilizzando strumenti di analisi previsionale che superino in positivo l'alternativa tra l'esercizio della tutela e l'intervento a posteriori.

In questo senso, sul piano normativo, costituisce riferimento, per quanto riguarda i lavori pubblici, la l. 109/2005, recepita pressoché integralmente nel d.l. 163/2006 agli artt. 95 e 96, che introduce il concetto di archeologia preventiva e consente l'inter-

vento della Soprintendenza anche in assenza della dichiarazione di rilevante interesse nelle aree di importanza archeologica. Tale normativa prende spunto dall'art. 28, comma 4° del d.lgs. 42/2004 e s.m. e i., che riguarda i lavori pubblici. Nella l. 109/2005, recepita dal d.l. 163/2006 è prevista, in sede di progettazione, la redazione di una relazione preliminare che raccolga gli esiti di una serie di operazioni di indagine archeologica mirate ad acquisire elementi informativi sulle presenze archeologiche nelle aree oggetto d'intervento al fine di programmare gli eventuali interventi di scavo da svolgere sotto il controllo della Soprintendenza per i Beni Archeologici e di valutare la fattibilità dell'opera prevista in relazione ai possibili ritrovamenti.

Al di là della materia specifica, che richiederebbe una trattazione a parte, preme rilevare come già l'art. 28 comma 4 del d.lgs. 42/2004 e s.m. e i. inverte la tradizionale impostazione degli scavi archeologici come attività di ricerca, ribadita agli artt. 88 e 89 (sull'archeologia), prevedendo sondaggi di scavo ordinati dal soprintendente a spese della committenza dell'opera pubblica e indirizzati non tanto a rinvenire nuovi "beni" di carattere archeologico, quanto a verificare la fattibilità delle opere previste.

È su questa logica di progettazione che si devono introdurre le carte di potenzialità archeologica, ciò comporta di compiere un ulteriore sforzo concettuale, ovvero di valutare non tanto la possibile realizzazione di una singola opera comportante scavo (come ad esempio cave, parcheggi interrati, fognature, etc) o di più attività infrastrutturali e urbanistiche su scala territoriale, quanto di definire e delimitare all'interno del territorio unità omogenee dal punto di vista della consistenza dei depositi archeologici. Lo scopo è consentire alle amministrazioni di predisporre strumenti urbanistici che correlino valutazioni concernenti la tutela dei beni archeologici con quelle relative alle possibili aree di espansione urbanistica e infrastrutturale e orientino anche le scelte sia per la valorizzazione di eventuali beni archeologici di riconosciuta rilevanza di concerto con la Soprintendenza (tramite scavi mirati e provvedimenti di salvaguardia e di messa in luce) sia per la selezione di aree in cui, previa verifica e/o scavo delle emergenze archeologiche, sia comunque possibile prevedere la realizzazione di opere pubbliche o private e contestualmente acquisire nuove informazioni di carattere storico-archeologico.

LE CARTE DI POTENZIALITÀ ARCHEOLOGICA: GLI STRUMENTI

1. La premessa necessaria per la redazione delle carte di potenzialità archeologica è il censimento e l'acquisizione su base car-

tografica della documentazione archeologica esistente in un determinato territorio. Si tratta delle normali procedure comunemente utilizzate per la realizzazione delle carte archeologiche tradizionali, che elaborano i dati d'archivio (scavi già svolti, segnalazioni, cartografia storica, fonti scritte) e, ove esistano, i risultati di ricerche di superficie nelle aree non urbanizzate, e di carotaggi mirati (prevalentemente nelle aree urbane). Per il territorio modenese il riferimento conoscitivo è costituito dalla Carta dei Siti Archeologici realizzata dal Museo Civico Archeologico Etnologico di Modena, in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici e la provincia di Modena. Naturalmente la tradizionale cartografia di tematica archeologica (come la Carta Archeologica d'Italia promossa dall'Istituto Geografico Militare o, per limitarsi all'ambito urbano, la collana delle Città antiche d'Italia, promossa dall'Università di Roma) ha come primo obiettivo la ricostruzione della storia dell'insediamento e/o delle vicende urbanistiche di un territorio o di una città soprattutto, ma non solo, sulla base dei rinvenimenti archeologici.

Ai fini della redazione della Carta delle Potenzialità Archeologiche sono da tenere presenti in particolare i dati relativi alle quote dei diversi rinvenimenti e allo stato di conservazione delle strutture e dei depositi stratificati.

È inoltre opportuno verificare le condizioni in cui sono state svolte le indagini di superficie, in particolare per i siti di maggior rilevanza, in rapporto con lo stato delle colture e il livello di manomissione dei suoli più superficiali.

2. Le carte geologiche del territorio servono a identificare e delimitare le aree con depositi cronologicamente omogenei dal punto di vista geologico; si tratta quindi di macrofasi, che consentono allo stato attuale dei dati di individuare da che momento cronologico una superficie è stata esposta (es. dal neolitico o dalla fine del periodo alto-medioevale, con la possibilità di ulteriori suddivisioni), nonché la profondità delle singole macrounità stratigrafiche e dei depositi ghiaiosi. L'utilizzo di tale cartografia è determinante specie nei territori di pianura, pedecollinari e nei fondovalle.

3. Le carte geomorfologiche consentono di identificare e delimitare le aree di superficie, la cui conformazione può essere particolarmente suscettibile di insediamento umano; lo studio geomorfologico è determinante soprattutto nelle aree di montagna e di collina e nei dossi di pianura; l'interpretazione di questi dati deve

essere incrociata con la cartografia archeologica, l'unica che consente di fornire cronologie attendibili.

4. A livello di insediamento urbano e/o storico è strumento indispensabile la consultazione della cartografia storica e delle mappe catastali, che conservano spesso indizi di edifici, divisioni proprietarie, viabilità ora non più esistenti, ma che possono essere conservate nel sottosuolo.
5. Altre cartografie specifiche, reperibili a livello comunale, offrono informazioni di dettaglio spesso indispensabili, come la localizzazione delle cave o quella dell'idrografia e delle canalizzazioni artificiali.

LE CARTE DI POTENZIALITÀ ARCHEOLOGICA: CARATTERISTICHE E OBIETTIVI

La cartografia tematica delle potenzialità archeologiche di un territorio esprime la sintesi critica derivata dall'esame incrociato dei dati della carta archeologica tradizionale con le informazioni derivate dagli altri tematismi, in particolare delimitando e definendo aree con caratteristiche omogenee dal punto di vista dei depositi archeologici accertati o prevedibili e da quello del loro livello di conservazione.

In quest'ottica non è consequenziale che aree a forte densità di siti rilevati siano anche ad alto potenziale e che, al contrario, aree prive di insediamenti accertati siano di scarso potenziale archeologico. La definizione delle singole zone delimitate sarà più correttamente affidata a brevi note descrittive, che ne indichino le caratteristiche dal punto di vista archeologico sulla base della presenza/assenza di depositi conservati e, in caso di presenza, del grado di conservazione e delle diverse profondità di giacitura. Sembra improprio indicare una gradualità di potenzialità (alta/media/bassa: comunemente letta come gradualità di rischio), perché si tratta di una valutazione connessa non tanto con la conservazione dei depositi archeologici quanto con le possibilità e i costi di realizzazione di opere di scavo diverse. Questa valutazione non è compito della Carta delle Potenzialità Archeologiche, che si limita a descrivere lo "stato di fatto" del patrimonio archeologico conservato per quanto oggettivamente rilevabile, bensì di chi definisce in sede di P.S.C. le strategie urbanistiche e insediative.

Nel caso dell'individuazione di insediamenti archeologici di particolare rilievo, accertati nella loro estensione e nei loro limiti, sarà opportuno valutare la possibilità di proporre alla Soprintendenza per i Beni Archeologici l'opportunità di sottoporli alla dichiarazione di notevole interesse (d.lgs. 42/2004, art. 14, comma 1°: il soprintendente avvia il procedimento per la dichiarazione

dell'interesse anche su motivata richiesta della regione e di ogni altro ente territoriale interessato).

La definizione della Carta di Potenzialità Archeologica delle città e degli insediamenti storici richiede approcci ancora diversi e di dettaglio, essendo evidente che la presenza di una sequenza stratigrafica complessa è da considerare praticamente certa. Il compito della Carta è quindi di definire la sequenza delle stratificazioni, la loro conservazione, la eventuale presenza di strutture a carattere insediativo e/o monumentale, le eventuali emergenze da considerare collaterali all'insediamento (cimiteri, necropoli, viabilità di comunicazione e periferica), le assenze di depositi (cosiddetti "vuoti") dovuti a radicali interventi relativamente recenti nel sottosuolo. Anche in questo caso l'individuazione certa di edifici di carattere monumentale può comportare la richiesta alla Soprintendenza di iniziare la procedura di vincolo.

Si propone quindi che le carte di potenzialità archeologica dei comuni siano rappresentate con zonizzazioni a diversa colorazione e legenda esplicativa delle caratteristiche delle aree corrispondenti ai singoli colori, identificate mediante lettere alfabetiche o numeri (es.: area 1 = area con forte copertura alluvionale formatasi in età altomedioevale, che presenta in superficie insediamenti di età comunale e basso-medioevale con strutture poco conservate, alla profondità media di 3 m. possibili insediamenti di età romana e protostorica, i primi a un buon livello di conservazione anche strutturale, superficie antropizzata presumibilmente di età neoneolitica a m.5 di profondità). Estrapolazioni di dettaglio potranno essere necessarie per i centri storici. Per le carte di potenzialità riferite ai centri urbani si propone una cartografia specifica con diverse elaborazioni per fasi storiche.

Nell'elaborato finale tuttavia verrà prodotta una cartografia generale secondo gli stessi criteri, anche se necessariamente più articolata (es.: area 1 = area di espansione urbana settecentesca lungo la prosecuzione della via Emilia; livelli medioevali assenti o distrutti da scantinati moderni, chiesa altomedioevale con pertinenze di cimiteri alla profondità media di m.1,50 al di sotto della chiesa attualmente esistente risalente al 1500; probabili necropoli romane lungo la via Emilia, presumibilmente conservata alla profondità di circa 2 m.; possibili insediamenti protostorici alla profondità media di m.2,50).

È quindi di norma da evitare sia nel caso delle carte di potenzialità archeologica territoriali sia nel caso delle carte urbane la proposizione di delimitazioni a carattere puntiforme (o "a macchia") salvo nei casi

in cui sia possibile definire con precisione siti di particolare rilievo accertati anche a livello di conservazione strutturale e stratigrafica oppure, nel caso delle carte urbane, la presenza di edifici o strutture definite a carattere monumentale accertate nel sottosuolo e non più presenti in superficie (es.: il foro di una città romana, un teatro romano, un acquedotto romano, una necropoli ben delimitata, una chiesa altomedioevale, l'area del castrum ecc...) oppure ancora presenti in superficie, ma di accertata continuità storica (es. una strada di origine romana, il palazzo comunale, le mura, il castello ecc...). Per queste emergenze è sempre possibile proporre anche l'avvio dell'istruttoria di apposizione della tutela alla Soprintendenza per i Beni Archeologici.

La definizione delle normative specifiche per autorizzazioni di scavo di qualsiasi natura nelle diverse aree delimitate è compito dei comuni, anche se è necessario ricordare che le prescrizioni che implicano l'esecuzione di ricerche archeologiche di carattere preventivo (carotaggi, trincee esplorative, splateamenti, scavi estensivi) comportano non solo l'autorizzazione da parte della Soprintendenza per i Beni Archeologici, ma anche la direzione scientifica della stessa Soprintendenza. È evidente che le zone descritte come a scarsa o nulla potenzialità archeologica non dovrebbero di prassi richiedere l'intervento della Soprintendenza, fatte salve le norme stabilite dal d.l. 163 artt. 95 e 96 oppure interventi di scavo di carattere eccezionale.

È opportuno comunque prevedere che le carte di potenzialità archeologica siano sottoposte a revisioni periodiche, per il continuo afflusso di nuovi dati e per la modifica di quelli noti proprio a seguito dell'attuazione delle norme previste in PSC (es.: interventi svolti in aree considerate a forte potenzialità si rivelano di minore impatto perchè i depositi archeologici sono poco conservati per interventi di carattere artificiale come arature profonde; al contrario rinvenimenti di carattere fortuito in aree considerate prive di depositi conservati ne possono modificare la valutazione).

Infine, uno sviluppo importante sarebbe l'individuazione nelle carte di potenzialità archeologica di aree da valorizzare proprio in quanto tali, sia perchè da considerare di interesse archeologico specifico (es. il rilievo di una motta di origine medioevale, di una terramara ecc.), sia perchè relitti di un paesaggio storico-archeologico (es. tracce della centuriazione romana ben visibili sul territorio), sia perchè considerati depositi suscettibili di indagine scientifica futura sulla base di progetti specifici che i comuni si propongano di intraprendere in accordo con soprintendenze, università ed istituti di ricerca.

Gruppo di lavoro composto da U. Cibin, D. Locatelli, A. Manicardi, L. Malnati, D. Neri.

NOTE

- 1 Parra 1988.
- 2 Cremaschi-Gaspero 1988, Malnati 1988.
- 3 Parra 1988.
- 4 Malnati 1988, Parra 1988.
- 5 Malnati 1988, Cardarelli 1988.
- 6 Bermond Montanari 1988.
- 7 Cardarelli 1988.
- 8 Labate, Malnati 1988; Bergonzini et al. 1988; Cerchi-Losi-Sghedoni 1998.
- 9 Cardarelli 1988a.
- 10 Cattani 1988, Malnati 1988a; Cattani 1994; Malnati 1988b.
- 11 Giordani 1988, Giordani 1988a.
- 12 Gelichi 1988.
- 13 Malnati 1988.
- 14 Cremaschi, Gasperi 1988, 1989.
- 15 Modena 1988.
- 16 Cardarelli 1988.
- 17 Cardarelli et al. 1997.
- 18 Si è trattato di uno strumento di tutela innovativo se si considera che in tutto il territorio di Modena non figura nessun vincolo di tutela archeologico statale (ex legge 1089/1939, attuale legge 42/2004).
- 19 Cardarelli *et alii* 2001; Cardarelli *et alii* 2004.
- 20 Sulla verifica preventiva dell'interesse archeologico cfr. Malnati 2005.
- 21 Grazie a questi interventi è stato possibile documentare una porzione della necropoli occidentale di Mutina con lo scavo, in via Emilia est, del monumento funerario di Vutilia e di un pregevole fregio funerario con corteo marino appartenuto a un monumento funerario a edicola (Labate-Palazzini 2009); porzioni di domus, in via Università (ex cinema Capitol) e in piazza Garibaldi (Palazzo Vaccari), con una successione di depositi archeologici e strutture databili dall'età repubblicana al tardoantico (Raimondi 2009) e in un'area a ridosso delle mura di Mutina, in viale Reiter, una discarica di scarti di cottura di laterizi, di ceramica, di anfore e di lucerne firmalampen da riferire ai più noti e importanti produttori di lucerne del mondo romano FORTIS, STOBILI, COMMVNIS, PHOETASPI, EVCARPI (Labate, Raimondi).
- 22 Sull'esempio di Modena altri comuni della provincia di Modena (Campogalliano, Camposanto, Castelnuovo Rangone, Castelvetro, Formigine, Lama Mocogno, Maranello, Marano sul Panaro, San Cesraio sul Panaro, San Felice sul Panaro, Savignao sul Panaro, Vignola e altri ancora), hanno recepito all'interno dei propri strumenti di pianificazione le stesse norme di tutela archeologica accolte nel PRG di Modena. Su un totale di circa 3500 presenze archeologiche censite in tutta la provincia di Modena, circa 2.500

- sono esattamente posizionate. Circa la metà di queste aree archeologiche sono sottoposte a tutela nei PRG. Anche nello strumento di pianificazione territoriale dalla provincia di Modena (PTCP) è stata recepita la tutela delle aree archeologiche di maggiore valenza dal punto di vista ambientale (terramare, motta medievali, aree archeologiche meglio conservate).
- 23 Tra il 2005 e il 2007 su 20 interventi di scavo archeologico condotti nel territorio di Modena, circa il 95% è stato programmato grazie alle norme di tutela recepite nel PRG. Solo in un caso si è intervenuti a seguito di una segnalazione (Labate 2008; Idem 2009).
- 24 In questi contesti si conservano prevalentemente le strutture in negativo o scavate nel terreno (fornaci, calcare, fosse di fondazione, canali ecc.).
- 25 Sono numerosi gli interventi lungo la via Emilia sottoposti a controllo e scavo archeologico che hanno consentito d'indagare: alcuni tratti dell'antica via Emilia con le sue massicciate (Giordani 1996; Barreca, Labate, Marchi 2009, Raimondi 2008), porzioni significative delle necropoli che la fiancheggiavano (Giordani 1997, Giordani 2008, Labate-Palazzini 2009, Barreca, Labate, Marchi 2009), come pure di un santuario (Labate, Palazzini 2008) e di impianti produttivi (Giordani 1997, Labate-Palazzini 2009) costruiti ai lati dell'antica consolare.
- 26 Giordani 1998.
- 27 Nell'area marginale dell'ospedale, quella settentrionale dove sono state realizzate le infrastrutture, l'unico sito archeologico conosciuto al momento della progettazione dell'ospedale (un rustico di età romana identificato a seguito delle ricerche sistematiche di superficie e pertanto inserito nella Carta Archeologica recepita nel PRG) è risultato, al momento dell'indagine archeologica condotta per la realizzazione delle infrastrutture (strada e collettore fognario), quasi completamente distrutto dai lavori agricoli (Bronzoni-Labate 2008), nella stessa zona è stato identificato a seguito della realizzazione del collettore l'insediamento dell'età del bronzo ben conservato con le sue strutture perimetrali (argine e fossato) al di sotto di modesti depositi di sedimenti alluvionali che ne avevano celato la presenza e quindi non identificato nelle corso delle ricerche di superficie.
- 28 Malnati 2009.
- 29 Cardarelli *et alii* 2008, Diamanti, Labate, Pancaldi 2009; Marchi 2008; Ferrari - Steffè 2008; Giordani, Labate, Marchi 2008; Giordani, Marchi 2008.
- 30 Cremaschi, Gasperi 1988; Cremaschi - Gasperi 1989, Gasperi *et alii* 1989; Cardarelli *et alii* 2004.
- 31 Lugli *et alii* 2002.
- 32 Cremaschi-Gasperi 1988.
- 33 Labate, Palazzini 2008, Barreca, Labate, Marchi 2009.
- 34 Le datazioni radiometriche sono state dal Centro di Datazione e Diagnostica (CEDAC) di Lecce. Cfr. Archivio Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna, relazione a firma M. Marchesini e S. Marvelli "Indagini al radiocarbonio su materiali lignei e carboniosi provenienti dai siti di Modena - via Emilia 281 e tangenziale Pasternak".
- 35 Per la datazione delle alluvioni è stato istituito un gruppo di studi composto da Stefano Cremonini (Università degli Studi di Bologna), Donato Labate e Marco Marchesini (Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia-Romagna), Stefano Lugli (Università degli studi di Modena e Reggio Emilia).

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. (1988), *Modena dalle origini all'anno Mille. Studi di archeologia e storia*, I-II, Modena.
- BARRECA, LABATE, MARCHI 2009.
- BARRECA D., LABATE D., MARCHI S. (2009), *Modena, via Emilia Est-Tangenziale Pasternak. Strada consolare e necropoli monumentale di età romana* (II sec. a.C.-VI sec. d.C.), in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Province Modenesi", Modena, s. XI, XXX I, pp. 306-308.
- BERGONZINI *et alii* (1988).
- G. D. BERGONZINI, L. BRONZONI, E. CERCHI, I. CHIESI, M. CREMASCHI, M. FORTE, A. LOSI, C. ZANASI, *La successione stratigrafica rilevata nei recenti sondaggi presso l'abside centrale del Duomo*, in: AA.VV. (1988), *Modena dalle origini all'anno mille. Studi di archeologia e storia*, Modena, 1988, I, pp. 463-465.
- BERMOND MONTANARI G., *L'archeologia a Modena dal 1945 al 1975*, in: *Modena dalle origini all'anno mille. Studi di archeologia e storia*, Modena, 1988, I, pp. 57-59.
- BERMOND MONTANARI (1988).
- BRONZONI, LABATE (2008).
- BRONZONI L., LABATE D. (2008), *Baggiovara, Nuovo Polo Ospedaliero; calcara e discariche di età romana*, in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Province Modenesi", s. XI, XXX, pp. 302-304.
- CARDARELLI (1988).
- CARDARELLI (1988a).
- CARDARELLI A. (1988), *La carta archeologica di Modena. Metodologia e risultati*, in: *Modena dalle origini all'anno mille. Studi di archeologia e storia*, Modena, 1988, I, pp. 19-20.
- CARDARELLI A., *Tabina di Magreta. Notizie preliminari sullo scavo della terramara e del limitrofo insediamento di età etrusca*, in: *Modena dalle origini all'anno mille. Studi di archeologia e storia*, Modena, 1988, I, pp. 210-214.
- CARDARELLI A., CATTANI M., LABATE D., PULINI I., FERRARI C., GIORDANI N., *Tutela archeologica e programmazione territoriale. Il Sistema Mutina: risultati e prospettive*, in: *Carta Archeologica e pianificazione territoriale. Un problema politico e metodologico*, (a cura di Bruna Amendolea), Roma, pp. 146-152.
- CARDARELLI A., CATTANI M., GIORDANI N., LABATE D., PELLEGRINI S., *Valutazione del rischio archeologico e programmazione degli interventi di trasformazione urbana e territoriale: l'esperienza di Modena*, in: *Carta di rischio archeologico di Cesena alla tutela preventiva urbana in Europa* (a cura di S. Gelichi), Atti del Convegno Cesena (5-6 marzo 1999), 2001, Firenze, pp. 31-40.
- CARDARELLI A., CATTANI M., LABATE D., PELLEGRINI S. (2004), *Archeologia e geomorfologia. Un approccio integrato applicato al territorio di Modena*, in: *Per un Atlante Storico Ambientale Urbano* (a cura di Catia Mazzeri), Modena, pp. 65-77.
- CARDARELLI, P. FERRARI, PIERANGELO PANCALDI, G. STEFFÈ (2008), *Spilamberto, Cava Ponte del Rio Insediamento dell'età del Bronzo*, in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Province Modenesi", s. XI, XXX, pp. 283-284.
- CARDARELLI *et alii* (1999).
- CARDARELLI *et alii* (2001).
- CARDARELLI *et alii* (2004).
- CARDARELLI *et alii* (2008).
- CALVANI, Parma, 1996.
- CATTANI (1988).
- CATTANI (1994).
- CATTANI M., *Tabina di Magreta. I resti di età etrusca*, in: *Modena dalle origini all'anno mille. Studi di archeologia e storia*, Modena, 1988, I, pp. 215 e ss.
- CATTANI M., *Lo scavo di Tabina di Magreta (cave di via Tampellini) e le tracce di divisioni agrarie di età etrusca nel territorio di Modena*, in: "QuaMod", Modena, vol. I, pp. 171-205.
- CERCHI-LOSI-SGHEDONI (1998).
- CERCHI E., LOSI A., SGHEDONI M., *Nuovi dati sul Duomo di Modena: gli scavi di via Lanfranco*, in: *Archeologia medievale in Emilia occidentale. Ricerche e studi* (a cura di S. Gelichi), 1998, Mantova, pp. 51-64.
- CREMASCHI, GASPERI (1988).
- CREMASCHI M., GASPERI G. (1988), *Il sottosuolo della città di Modena, caratteri sedimentologici, geopedologici, stratigrafici e significati paleoambientale*, in: *Modena dalle origini all'anno mille. Studi di archeologia e storia*, Modena, 1988, I, pp. 63-71.
- CREMASCHI, GASPERI (1989).
- CREMASCHI M., GASPERI G., *L'alluvione alto-*

- medievale di Mutina, in rapporto alle variazioni ambientali Oloceniche, Memorie della Società Geologica Italiana, 42, 1989, pp.179-180.
- DIAMANTI, LABATE, PANCALDI (2009).
- DIAMANTI L., LABATE D., PANCALDI P., *Spilamberto, Cava di Via Macchioni, Rio del Ponte. Inse-diamento rustico di età romana*, in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi", s. XI, XXXI, Modena, 2009, pp. 323-324.
- FERRARI, STEFFÈ (2008).
- FERRARI A., STEFFÈ G., *Spilamberto, Cava Ponte del Rio Inse-diamento neolitico*, in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi", s. XI, XXX, 2008, pp. 269.
- GASPERI et alii (1989).
- GASPERI G., CREMASCHI M., MANTOVANI P., CARDARELLI A., CATTANI M., LABATE D. (1989), *Evoluzione plioquaternaria del Margine appenninico modenese e dell'antistante pianura. Note illustrative alla carta geologica*, Memorie della Società Geologica Italiana, XXXIX, 1989, pp. 375-431.
- GELICHI (1988a).
- GELICHI S. (1985), *Studi e ricerche archeologiche sul sito altomedievale di Cittanova. Gli indirizzi della ricerca. I sondaggi di scavo*, in: *Modena dalle origini all'anno mille. Studi di archeologia e storia*, Modena, 1988, I, pp. 577, 583-87.
- GELICHI, MALNATI (1988).
- GELICHI S., MALNATI L., *Lineamenti per una carta di rischio archeologico della città di Modena*, in: *Modena dalle origini all'anno mille. Studi di archeologia e storia*, Modena, 1988, I, pp. 413-414.
- GIORDANI (1988).
- GIORDANI (1988a).
- GIORDANI N., *Il territorio di Mutina in età romana: analisi tipologica e cronologica dell'inse-diamento rurale*, in: *Modena dalle origini all'anno mille. Studi di archeologia e storia*, Modena, 1988, I, pp.
- GIORDANI (1996).
- GIORDANI (1997).
- GIORDANI (1998).
- GIORDANI (2008).
- GIORDANI N., DAMASO S (MO): *Un impianto agricolo-produttivo di età romana*, in: *Modena dalle origini all'anno mille. Studi di archeologia e storia*, Modena, 1988, I, pp. 496-512.
- GIORDANI, LABATE, MARCHI (2008).
- GIORDANI, MARCHI (2008).
- GIORDANI N., LABATE D., MARCHI S., *Spilamberto, Via Macchioni, cava Ponte del Rio. Rinvenimenti di età romana, medievale e moderna*, in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi", s. XI, XXX, 2008, pp. 310-312.
- GIORDANI N., MARCHI S., *Spilamberto, Cava Ponte del Rio. Necropoli longobarda*, in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi", s. XI, XXX, 2008, pp. 317-318.
- GIORDANI N., *Modena-Cittanova. Resti della via Emilia antica*, in: "Schede di Archeologia dell'Emilia Romagna", (a cura di M. Marini).
- GIORDANI N., *Modena, loc. Cittanova*, in: "Archeologia dell'Emilia-Romagna", 1997, I/2, p. 85.
- GIORDANI N., *Modena, loc. Baggiovara, via Martiniana*, in: "Archeologia dell'Emilia-Romagna", 1998, II/2, pp. 41-43.
- GIORDANI N., *Modena, via Emilia Est - via Cesana. Necropoli di età romana*, in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi", s. XI, XXX, 2008, pp. 297-300.
- LABATE (2008).
- LABATE D., (a cura di), *Notizie degli scavi e delle ricerche archeologiche nel Modenese (2005-2006)*, in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi", s. XI, XXX, 2008, pp. 263-345.
- LABATE D., (a cura di), *Notizie degli scavi e delle ricerche archeologiche nel Modenese (2007)*, in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi", s. XI, XXXI, 2009, pp. 973-352.
- LABATE (2009).
- LABATE, MALNATI (1988).
- LABATE D., L. MALNATI, *Il sondaggio stratigrafico nella sede centrale della Cassa di Risparmio di Modena (1985-1986): lo scavo*, in: *Modena dalle origini all'anno mille. Studi di archeologia e storia*, Modena, 1988, I, pp. 423-426.
- LABATE, PALAZZINI (2008).
- LABATE D., PALAZZINI, *Modena, loc. Cittanova. Inse-diamento di età romana*, in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi", s. XI, XXX, 2008, pp. 300-302.
- LABATE, PALAZZINI (2009).
- LABATE, D., PALAZZINI, S., *Modena, Via Emilia Est, necropoli monumentale (I sec. a.C.-II sec. d.C.)*, in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi", s. XI, XXX, 2009, pp. 309-311.
- LABATE, D., PALAZZINI, S., *Modena, Cittanova. Impianti produttivi di età romana repubblicana*, in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi", s. XI, XXXI, Modena, 2009, pp. 311-313.
- LABATE, RAIMONDI (2010).
- LABATE D., RAIMONDI N., *Modena, Viale Reiter, impianti produttivi di età romana*, in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi", s. XI, XXXII, 2010.
- LUGLI et alii (2002).
- LUGLI S., FONTANA D., GIORDANI N., LABATE D., SACCO D., *Stratigraphy and composition of the sandy sediments in the subsurface of Modena: implications for the flooding of the Roman town; preliminary results. Abstract*, Secondo Congresso Nazionale Associazione Italiana di Archeometria AIAR, (Bologna, 29/1-1/2/2002), Bologna, 2002.
- LABATE (2009).
- MALNATI L., *La città romana: Mutina*, in: *Modena dalle origini all'anno mille. Studi di archeologia e storia*, Modena, 1988, I, pp. 307-337.
- MALNATI (1988).
- MALNATI (1988a).
- MALNATI (1988b).
- MALNATI L., *L'affermazione etrusca nel Modenese e l'organizzazione del territorio*, in: "Modena 1988", vol. I, pp. 137-152.
- MALNATI L., *Lo scavo di una fattoria etrusca a Baggiovara - località Case Vandelli*, in: *Modena dalle origini all'anno mille. Studi di archeologia e storia*, Modena, 1988, I, pp. 262-271.
- MALNATI (2005).
- MALNATI L., *La verifica preventiva dell'interesse archeologico*, in: "Aedon", 3, 2005.
- MALNATI (2009).
- MALNATI L., *Carte di Potenzialità Archeologiche*, in: PTCP 2008, supplemento "La Provincia di Modena", XII, 38, Modena, 2009, p. 5.
- MARCHI (2008).
- MARCHI S., (1988), *Spilamberto, Cava Ponte del Rio di via macchioni. Pozzi dell'età del ferro*, in: "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi", s. XI, XXX, 2008, pp. 295., Mutina
- PARRA (1988).
- PARRA C., *Alla ricerca de "le belle prede de diverse sorte che dimostra la antichità de questa M.ca città del Modena": per una storia della ricerca archeologica dall'XI al XVIII secolo*, in: *Modena dalle origini all'anno mille. Studi di archeologia e storia*, Modena, 1988, I, pp. 33-43.
- RAIMONDI (2008).
- RAIMONDI N., *Modena, via Emilia Ovest - via Rainusso. Pluristratificazione stradale medievale e moderna*, in "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi", s. XI, XXX, 2008, pp. 315-31.
- RAIMONDI N. (2009).
- RAIMONDI N., *Modena, Largo Garibaldi - Palazzo Vaccari. Domus di età romana e stratificazioni dall'età romana all'età moderna*, in "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Provincie Modenesi", s. XI, XXXI, 2009, pp. 303-305.

DALL'EGITTO ALL'ISTRIA: VIAGGIO TRA LE PIETRE DI MODENA

STEFANO LUGLI
Dipartimento di scienze della Terra, Università
degli Studi di Modena e Reggio Emilia

INTRODUZIONE

Viaggiando per raggiungere Modena non ci si aspetta certo di trovare all'arrivo una città rivestita di pietre ornamentali. Non siamo così vicino alla collina come Bologna, dove arenarie e gessi sono a portata di mano. Ci troviamo in mezzo alla pianura, non ci sono strati di rocce da cavare e utilizzare per costruire o abbellire gli edifici o per lastricare le strade.

Qui solo l'argilla è a disposizione ovunque, basta scavare, raccogliarla e cuocerla. E infatti mattoni e tavelle dominano incontrastati a Modena. Quasi tutte le facciate dei palazzi e delle chiese sono in cotto, spesso ricoperte da intonaci colorati.

Quando però si giunge di fronte alla maestosa cattedrale e alla slanciata torre Ghirlandina, il colore così caldo del cotto e degli intonaci lascia il posto alle pietre candide, grigie, rosate e gialline. La Ghirlandina, così come il Duomo, oggi che il restauro ci ha restituito intatti i rimbalzi di luce sulle pietre, appaiono come un vero e proprio mosaico. Un mosaico di pietra, di tante pietre diverse.

Ma cosa ci fanno tutte queste pietre a rivestire i monumenti orgoglio della città? Da dove vengono? Chi le ha portate?

Inizia qui l'affascinante viaggio tra le pietre di Modena. Un viaggio in luoghi lontani, indietro nel tempo, tra animali del passato che non esistono più.

LE PIETRE DI MODENA: UN VERO PRIMATO

Modena vanta una illustre tradizione nello studio delle pietre della città. Tradizione che partendo dall'opera di Rodolico (1965) arriva a quella di Bertolani (1998). Questa mia nota vuole essere un aggiornamento sui nuovi studi realizzati da quando Mario Bertolani non c'è più e un tributo alla sua memoria.

Le conoscenze sulle varietà di materiale lapideo utilizzato a scopo ornamentale in città si sono arricchite notevolmente in occasione della recente progettazione dei lavori di restauro della Torre Ghirlandina e del Duomo di Modena, durante i quali si è provveduto a effettuare la mappatura completa dei conci lapidei (Fig. 1). I risultati ottenuti sembrano indicare un vero primato: ben diciassette tipi

di rocce diverse sono state identificate nel rivestimento della Torre Ghirlandina, uno in più è stato recentemente individuato, il biancone, rispetto ai sedici illustrati in Lugli *et al.* (2009). A titolo di esempio si tenga presente che nella Torre di Pisa sono presenti undici litotipi, per un totale di "solo" quindici varietà (Lodola e Veniale, 2000).

Parallelamente agli studi sui principali monumenti modenesi è stato avviato anche un grande progetto di catalogazione dei litotipi impiegati in antichità dai romani.

Questo manoscritto illustra le caratteristiche delle pietre di interesse storico-archeologico e di quelle più comuni presenti in città, lo scopo è quello di delineare la storia dell'approvvigionamento di materiale ornamentale a Modena. Seguirà la pubblicazione di una guida pratica, una vera e propria escursione geologica in città.

La descrizione delle pietre di interesse storico è tratta in gran parte da Lugli *et alii.* (2009).

LE ROCCE Arenarie

Le prime rocce lavorabili in blocchi e lastre che si incontrano risalendo l'Appennino modenese sono le arenarie. Le arenarie sono le uniche pietre locali utilizzate in alcuni edifici storici di Modena, anche se le caratteristiche di scarsa durabilità ne hanno notevolmente limitato la diffusione.

Nella Ghirlandina, nel Duomo nel portale del Palazzo dell'Arcivescovado e nel Palazzo Comunale sono stati individuati pochi blocchi in arenaria appartenenti a due principali formazioni geologiche dell'Appennino modenese: le arenarie della Formazione di Pantano e le arenarie di Scabiazza.

Le arenarie della Formazione di Pantano (Burdigaliano-Langhiano inferiore, 20-14 milioni di anni fa) sono biocalcareni lutitiche a cemento carbonatico, costituite principalmente da resti di gusci di foraminiferi planctonici, frammenti di echinodermi, granuli di quarzo, feldspati, muscovite e glauconia. Sono state probabilmente estratte nella zona di Montegibbio e anche in altre zone non tutte identificabili con certezza (Bertolani, 2000).

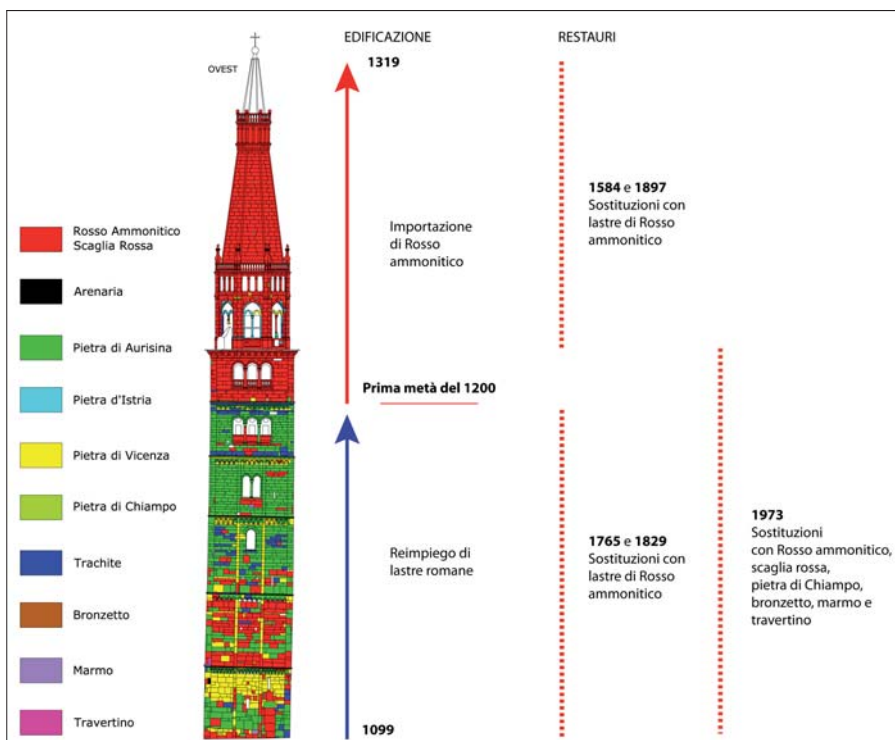


Figura 1 – Mappa dei litotipi nel lato ovest della torre Ghirlandina e cronologia costruttiva e dei restauri. Il rilievo completo dei litotipi si trova in Lugli *et alii.* (2009).

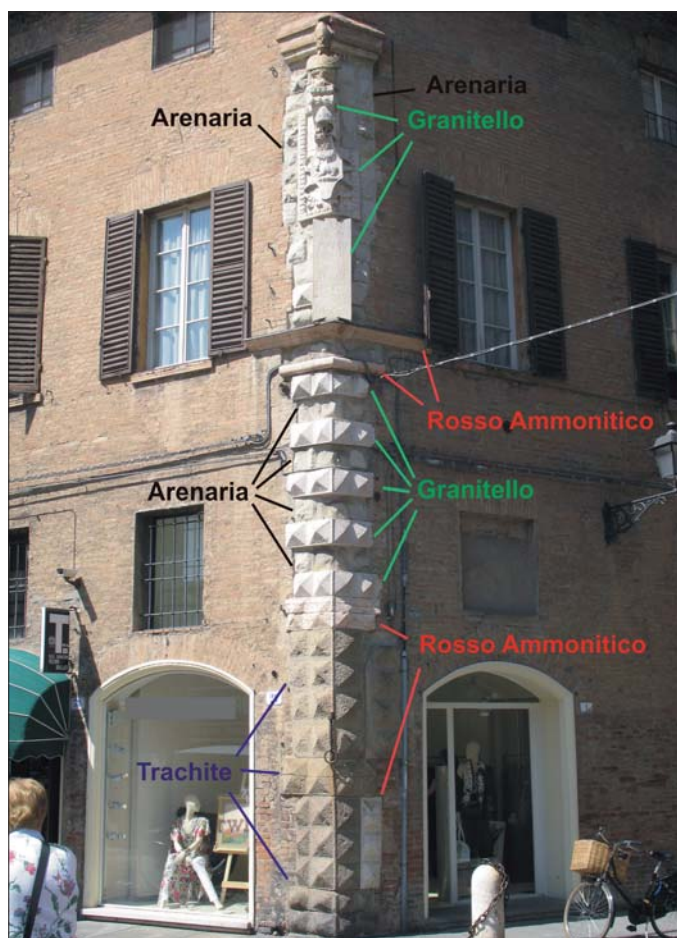


Figura 2 – Parasta angolare del Palazzo Arcivescovile con busto in cotto del vescovo G. A. Boccaccio in angolo con via S. Eufemia. Costruita nel 1482, presenta un profondo degrado delle arenarie della Formazione di Pantano.

Le arenarie di Scabiazza (Turoniano superiore-Campaniano inferiore, 90-80 milioni di anni fa) presentano una caratteristica associazione di granuli di biotite, muscovite e selce. In epoca medioevale venivano probabilmente cavate nei pressi di Rodiano.

I Romani utilizzarono raramente le arenarie, ma solo localmente sui rilievi appenninici, come a Roteglia. In città non sono stati rinvenuti fino a oggi esempi certi dell'utilizzo di arenarie.

Blocchi di arenaria erano sicuramente presenti nella parte sommitale della Ghirlandina costruita dai campionesi. Le maestranze campionesi infatti utilizzarono le Arenarie di Scabiazza per costruire il rosone del Duomo di Modena nel XII secolo, in parte restaurato ai primi del 1900 con arenaria della Formazione di Pantano (Lugli *et alii*, 2009) e in arenaria erano probabilmente anche le torrette sulla facciata prima del crollo provocato dal terremoto del 1501. In ogni caso, l'arenaria fu più volte utilizzata per i restauri, come attestato dai documenti che indicano in Montegibbio l'area di provenienza delle lastre utilizzate per i lavori eseguiti nel 1488 (Baracchi, 2001).

Nel rivestimento della Ghirlandina restano oggi pochissimi blocchi tutti profondamente degradati. Data la scarsa durezza

di questo litotipo possiamo immaginare che l'arenaria sia stata a più riprese sostituita dal Rosso Ammonitico.

In arenaria della Formazione di Pantano sono le basi delle colonnine della cripta del Duomo risalenti alla fase costruttiva lanfranchiana scoperte negli scavi del 2009.

Numerosi elementi estremamente degradati in arenaria della Formazione di Pantano sono presenti nella parasta del Palazzo Arcivescovile costruita nel 1482 (Fig. 2).

Beola

Con il termine beola si intende un gruppo di rocce metamorfiche, principalmente ortogneiss, cavate lungo la Val d'Ossola tra gli abitati di Vogogna, Beura, Domodossola e Crevoladossola nel Piemonte settentrionale (provincia del Verbano Cusio Ossola). Il colore è grigio lucente, bianco argenteo o verdino, ma le lastre assumono una tonalità bruno-ruggine lungo le superfici di alterazione. Sono caratterizzate da grana fine o media e da una marcata foliazione e lineazione. La composizione principale è rappresentata da quarzo, feldspato potassico (microclino), plagioclasio, biotite, muscovite e con quantità variabili di clorite ed epidoto (Cavallo *et alii*, 2004). Si sono originate per

metamorfismo alpino di graniti di età permiana (270-280 milioni di anni fa; Sandrone *et alii*, 2004).

Le varietà più comuni a Modena sono la Beola grigia e la Beola ghiandonata.

Estratta fin dal tempo dei Romani, sembra fare la sua comparsa a Modena soltanto in epoca ducale (Bertolani *et alii*, 1999) per essere utilizzata esclusivamente nella pavimentazione dei marciapiedi. Oggi le lastre spezzate e deteriorate vengono sostituite con la pietra di Luserna, riconoscibile per la superficie più brillante a causa del maggior contenuto in mica bianca.

Uno degli aspetti più caratteristici dei marciapiedi del centro storico di Modena sono senza dubbio le lastre di beola grigie e verdine di grandi dimensioni, fino a un paio di metri di larghezza, come quelle di fronte alla Chiesa del Voto lungo la via Emilia (Fig. 3).

Breccia ofiolitica

Le ofioliti sono un gruppo di rocce magmatiche effusive e intrusive di età giurassica medio-superiore che si trovano in ammassi di varie dimensioni anche nell'Appennino modenese (Capedri e Lugli, 1999). A Modena l'utilizzo come pietre ornamentali è stato limitato, probabilmente per la scarsa estensione degli



Figura 3 – Angolo tra via Emilia e piazza Matteotti. In alto a sinistra marciapiede in lastre di beola grigia e ghiandonata bordato da cordolo in porfido rosso di Cuasso che passa all'estrema sinistra in granito bianco di Montorfano. A destra e in alto cubetti in porfido atesino. I fittoni sono in rosso ammonitico.

affioramenti, per la forte tettonizzazione e la bassa durabilità delle rocce. L'uso principale è stato per lo più rivolto alla preparazione di graniglie di colore verde-nero per il battuto alla veneziana dei marciapiedi. A Renno presso Pavullo nel Frignano, nei primi anni sessanta del novecento, fu effettuato un tentativo di estrazione della breccia di sasso rosso (breccia rosso-verde a elementi carbonatico-radiolaritici), tentativo subito abbandonato (Pini, 2003).

L'unico esempio dell'uso di rocce ofiolitiche è costituito dalle imponenti colonne monolitiche (circa 5 m di lunghezza) e dai relativi architravi estratti nel 1871 a Renno per la costruzione del cimitero monumentale di S. Cataldo (Boni, 1874). Si tratta di brecce serpentinitiche di colore verde scuro e bruno. In realtà le colonne in pietra naturale sono presenti soltanto nella sezione più antica, le altre parti del camposanto furono completate utilizzando un conglomerato cementizio artificiale a base di blocchi di serpentinite a imitazione delle colonne monolitiche.

Bronzetto

Si tratta di una roccia calcarea di età giurassica inferiore-media (180-172 milioni di anni fa) contenente ooliti, sferule di carbonato di calcio con diametro tra 0,5 e 2 mm. Anche il bronzetto, così come la Scaglia Rossa, fu cavato dai Romani nel veronese in associazione al Rosso Ammonitico (Buonopane, 1987). Fino a oggi sono noti solo un paio di esempi dell'utilizzo di bronzetto in età romana a Modena: si tratta di alcune tessere di mosaico rinvenute negli scavi di piazza Roma nel 2007 e il basamento della stele di *Caius Fadius Zethus* (I sec. d.C.) rinvenuto in via Bonacini nel 1998 e conservato nel Lapidario Romano dei Musei Civici.

Il bronzetto fu impiegato nel 1937 per la ricostruzione delle torrette della facciata del Duomo distrutte dal terremoto del 1501.

Granito rosa di Baveno e bianco di Montorfano

Il granito rosa di Baveno e il granito bianco di Montorfano sono rocce magmatiche intrusive databili tra 276 e 277 milioni di anni fa (Permiano) provenienti dai plutoni della provincia di Verbano Cusio Ossola nel Piemonte settentrionale.

Il granito rosa di Baveno è il più noto, presenta una grana media e contiene K-feldspato (il minerale che infonde il colore rosa), quarzo, oligoclasio, biotite, fluorite, mica bianca, zeoliti, epidoto, allanite, zircone, fayalite e magnetite (Boriani *et alii*, 1988).

Il granito di Montorfano ha un colore bianco, grana media con una composizione principale rappresentata da plagioclasio quarzo, K-feldspato, biotite, apatite e zircone (Boriani

et alii, 1988). Può contenere inclusi più scuri centimetrici o decimetrici.

Entrambi furono cavati a partire dal XVI secolo per essere utilizzati soprattutto a Milano e dal XIX secolo anche a Torino. Il granito rosa di Baveno fu esportato in tutta Europa, negli Stati Uniti d'America, Cuba e Brasile (Cavallo *et alii*, 2004).

A Modena furono importati probabilmente a partire dal XIX secolo (Capelli, 1999).

In granito bianco di Montorfano sono gli eleganti "listoni" di attraversamento pedonale comuni in centro storico. I più lunghi sono quelli che attraversano piazza Roma davanti al palazzo Ducale. Le caratteristiche petrografiche del granito rosa di Baveno possono essere ammirate nelle eleganti colonne monolitiche del palazzo della Banca Popolare dell'Emilia Romagna in via S. Carlo (Bertolani, 1998). In granito rosa sono i blocchi del monumento ai patrioti dei moti del 1821 e 1831 costruito nel 1889 in piazza S. Domenico e i basamenti dei monumenti a Ludovico Antonio Muratori eretto nel 1883 in piazza Muratori, a Nicola Fabrizi nei giardini pubblici risalente al 1896 e a Vittorio Emanuele II in piazzale Risorgimento costruito nel 1890.

Un esempio dell'uso combinato di granito bianco di Montorfano e rosa di Baveno è visibile nel monumento ad Alessandro Tassoni sulla via Emilia di fronte alla Ghirlandina risalente al 1860. I fittoni e la base della statua sono in granito rosa, mentre le lastre all'interno del recinto sono in granito bianco.

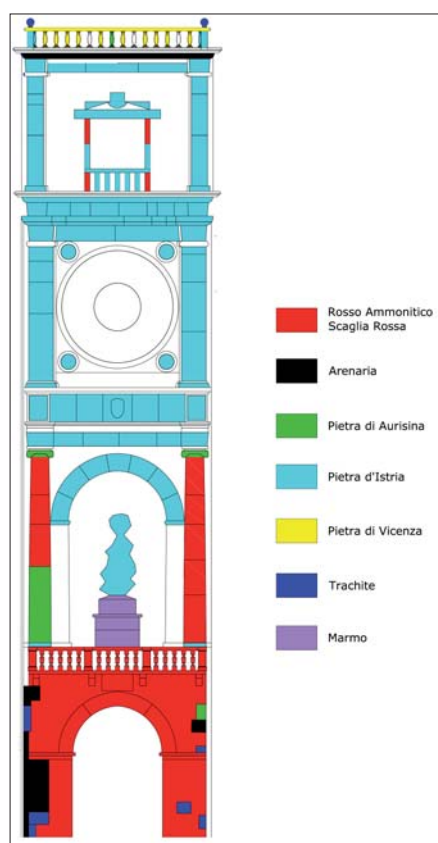


Figura 4 - Mappa dei litotipi della torre dell'orologio sulla facciata del Palazzo Comunale.

Granito rosso di Assuan: la pietra più esotica e più antica di Modena

Il variegato catalogo delle pietre ornamentali negli edifici storici modenesi si è ulteriormente arricchito grazie a una scoperta eccezionale. I recenti lavori di restauro del Palazzo Comunale hanno portato alla luce il fusto di una colonna scolpita in uno splendido granito rosso a composizione K-feldspato, plagioclasio, quarzo, biotite e orneblenda. Le analisi petrografiche e geochimiche hanno rivelato che si tratta del "granito monumentale" di Assuan (Egitto). I ciclopici obelischi dei faraoni venivano estratti sulle rive del Nilo proprio nelle cave di Assuan, che furono intensamente sfruttate anche dai Romani. La colonna, oggi inglobata nel paramento medioevale del palazzo, fu probabilmente recuperata da un importante edificio di età romana di cui non rimane traccia.

Il "granito monumentale" dei faraoni, la pietra più "esotica" di Modena, è anche la più antica. Le più recenti indagini radiometriche datano l'età del granito rosso di Assuan a ben 606 milioni di anni fa (Finger *et alii*, 2008).

Marmi

Contrariamente a quanto si pensa, negli edifici storici di Modena i marmi veri e propri sono presenti in quantità ridotta. In attesa di una trattazione completa dei rinvenimenti modenesi studiati da C. Gorgoni e P. Pallante, riferirò in questa sede della varietà storica più comune visibile in città: il marmo del Proconneso.

Il marmo proconnesio è di colore bianco-azzurro a grana medio-grossa e presenta la caratteristica struttura a strie di colore scuro. È uno dei marmi più famosi e più usati dell'antichità, proviene da una piccola isola, l'attuale Marmara nel mare omonimo in Turchia. La posizione delle cave praticamente sul mare ne facilitava il trasporto e ne determinava il prezzo più economico tra i marmi ornamentali (Pensabene, 2004). Fu cavato sin dall'epoca arcaica, e dal I secolo d.C. le cave divennero di proprietà imperiale; l'estrazione, di notevole entità, si protrasse per tutto il periodo imperiale e bizantino (Monna e Pensabene, 1977) e continua ancora oggi.

A Modena è rappresentato da numerosi sarcofagi e are romane conservate nel Museo Lapidario Estense e nel Lapidario Romano dei Musei Civici, tra cui la sommità del famoso monumento funerario di Vetilia Egloge. Sulla torre Ghirlandina si trova in poche lastre sicuramente di spoliatura di edifici romani, come dimostrato da tracce della antica decorazione. In marmo proconnesio è la testa della statua della Bonissima descritta nel paragrafo sulla pietra di Aurisina.

Dopo l'epoca romana e bizantina il marmo proconnesio non è più giunto in Italia, con

una unica notevole eccezione. Le antiche vie commerciali si sono riaperte per un solo blocco di marmo proconnesio donato al comune di Modena per effettuare la fedele copia del monumento di Vetilia, inaugurata nell'aprile 2009 nella rotatoria tra la via Emilia e la tangenziale Pasternak.

Pietra di Aurisina

La pietra di Aurisina è un calcare affiorante nell'altopiano carsico nei dintorni di Trieste che contiene resti fossili di rudiste ("calcare di Aurisina", Cretaceo superiore, 100-65 milioni di anni fa; Tentor *et alii*, 1994, Maritan *et alii*, 2003). Le rudiste sono bivalvi estinti nel Cretaceo caratterizzati da una valva conica, più o meno allungata e ricurva che conteneva il mollusco, mentre l'altra fungeva da "coperchio" di protezione.

A Modena sono presenti entrambe le varietà: Aurisina fiorita e il granitello. L'Aurisina fiorita è una biocalcirudite contenente gusci interi di rudiste, mentre il granitello è una biocalcarene/biocalcirudite, costituita dall'accumulo di frammenti millimetrici e centimetrici di gusci di rudiste e di echinodermi.

La pietra di Aurisina veniva cavata dai Romani a partire dal I secolo a.C. presso Duino Aurisina nel Carso costiero a pochi chilometri da Trieste (Bertacchi, 1985). L'attività estrattiva raggiunse l'apice tra il I e il II secolo d.C. per poi cessare quasi completamente e riprendere soltanto a partire dal XVIII secolo (Maselli Scotti, 1985). Le cave si trovavano nei pressi della costa adriatica e i blocchi venivano inviati sulla costa occidentale dell'Adriatico, dove le imbarcazioni risalivano i corsi d'acqua per raggiungere le città della pianura padana.

Le testimonianze archeologiche della Mutina romana dimostrano un uso frequente della pietra di Aurisina per steli ed elementi architettonici (Capedri, 2005; Corvaglia, 2007). La spoliazione degli edifici romani in epoca medioevale assicurò una notevole quantità di blocchi per il rivestimento della Torre Ghirlandina e, in misura inferiore, per la cattedrale (Lugli *et alii*, 2009; Rossetti, 2007; Tintori, 2007).

Una varietà di granitello di colore nocciola chiaro è stata utilizzata per la maggior parte delle sculture e dei capitelli nella facciata e all'interno del Duomo. In granitello di reimpiego romano è anche stato scolpito il corpo della statua della Bonissima (XII secolo) all'angolo tra piazza Grande e via Castellaro.

Pietra di Chiampo

Si tratta di una roccia calcarea contenente abbondanti resti fossili di nummuliti, bivalvi e ricci di mare proveniente dalla valle del Chiampo nel vicentino. L'età risale all'Eocene medio (49-37 milioni di anni fa).

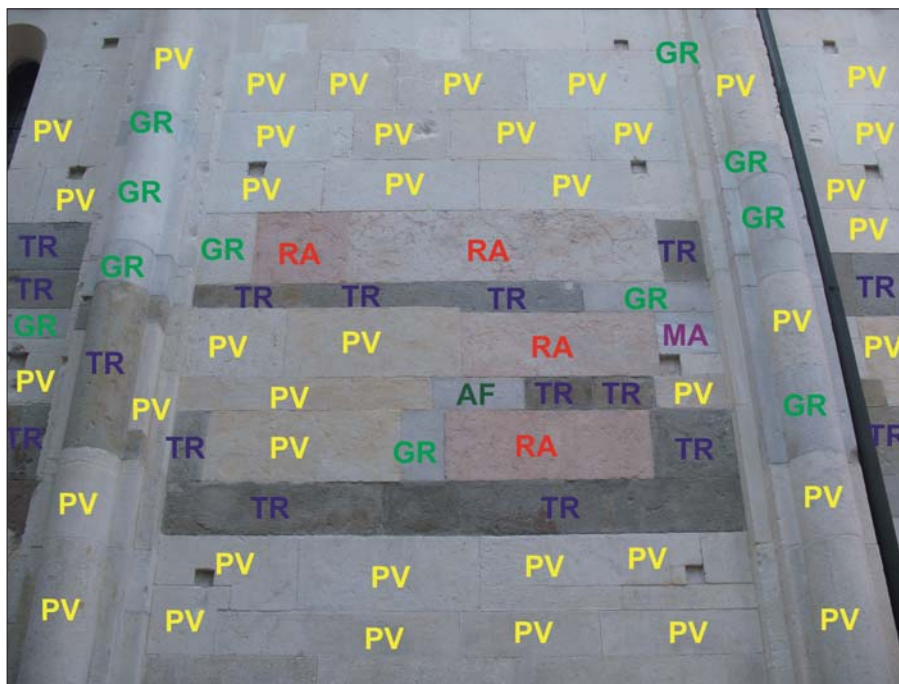


Figura 5 – Il mosaico di pietre che riveste il lato nord del Duomo di Modena nella settima campata. AF = pietra di Aurisina fiorita, GR = granitello, MA = marmo (proconnesio), PV = pietra di Vicenza, RA = Rosso Ammonitico.

La pietra di Chiampo non fu estratta in modo intensivo dai Romani, probabilmente a causa della difficoltà di trasporto dalle aree di cava (Buonopane, 1987). A Modena è stata utilizzata nel rivestimento degli edifici di piazza Matteotti, progetto presentato nel 1939 e completato nel 1952. Alcuni inserti in pietra di Chiampo sono visibili nella facciata del Tempio dei Caduti in piazzale N. Bruni, inaugurato nel 1929. Ma l'esempio più spettacolare è rappresentato dalle belle lastre lucidate piene di fossili che accolgono i viaggiatori nei sottopassaggi della stazione ferroviaria in piazza D. Alighieri.

Pietra d'Istria

Detta anche pietra di Orsera (Giurassico medio-Cretaceo inferiore, 168-112 milioni di anni fa; Vlahović *et alii*, 2003), definita "pietra bianca livida dell'Istria" dal Vasari, è una roccia calcarea a grana fine di colore bianco o grigio chiaro, attraversata da discontinuità planari a forma di sutura ossea (le stiloliti), proveniente da varie località della penisola istriana (Rovigno, Orsera e Parenzo in Croazia). Alcuni studi sulle pietre modenesi hanno raggruppato tradizionalmente sotto il nome di pietra d'Istria anche facies attribuibili alla pietra di Aurisina del triestino (Bertolani e Rossi, 1971; Bertolani, 1984; Bertolani, 1998 e, in parte, Capedri, 2005). Trattandosi di litotipi diversi e ben distinguibili, la denominazione di pietra d'Istria viene qui limitata alle rocce provenienti dalla penisola croata.

Nonostante fosse importata dai Romani in varie località della pianura padana, fino a oggi non è stata rinvenuta negli scavi archeologici e anche la revisione del catalogo delle pietre dei manufatti conservati nei musei mo-

denesi sembrerebbe escludere la presenza di tale pietra a *Mutina*.

Le prime notizie sull'arrivo a Modena di pietre istriane risalgono al 1470, quando 44 blocchi furono fatti giungere da Venezia per i restauri della Ghirlandina (Baracchi, 2001). A quell'epoca le cave istriane erano intensamente sfruttate dai veneziani (Bertosa, 1992). Sappiamo però che sulla torre Ghirlandina sono comunque presenti pochi conci nella parte sommitale, mentre una grande quantità di pietra d'Istria si trova nel rivestimento lapideo della Torre dell'Orologio, costruita tra il 1474 e il 1520, e di altre parti del Palazzo Comunale. Anche la statua della Vergine sulla balconata principale del palazzo è in pietra d'Istria (Fig. 4).

Pietra di Luserna

Si tratta di un ortogneiss dal colore da grigio-verde ad azzurro chiaro, oppure bruno-ruggine lungo le superfici di alterazione, che affiora nel massiccio della Dora-Maira nelle Alpi Cozie tra le provincie di Torino e Cuneo dove viene estratta presso gli abitati di Bagnolo Piemonte, Rorà e Luserna S. Giovanni. Presenta una struttura micro-occhidina (cioè con aggregati lenticolari a forma di "occhi") caratterizzata da marcata foliazione e lineazione, è composta da quarzo, feldspato potassico, plagioclasio, fengite, biotite e clorite (Sandrone *et alii*, 2004). È una roccia metamorfica di età alpina derivante dalla trasformazione di un leucogranito probabilmente risalente al Permiano inferiore (circa 270-300 milioni di anni fa).

È la pietra oggi più usata per la lastricatura delle vie e dei marciapiedi del centro storico, spesso in combinazione con cordoli in granito.

Pietra di Vicenza

Sotto il nome di pietra di Vicenza, o “pietra tenera”, sono raggruppate le biocalcareni e biocalciruditi di colore bianco e giallo paglierino (Benchiarin, 2007) appartenenti ai “calcari nummulitici” (Eocene inferiore-medio, 56-37 milioni di anni fa) e alle Calcareniti di Castelgomberto (Oligocene inferiore, 34-28 milioni di anni fa) dei Colli Berici nel vicentino (Piccoli et al., 1976).

I fossili più caratteristici sono i nummuliti, i noduli di alghe rosse corallinacee di colore bianco (rodoliti), i gusci di bivalvi e di ricci di mare e le colonie di coralli e di briozoi ramificati.

Il confronto con i litotipi rinvenuti negli scavi archeologici dimostra che i Romani importavano a Modena esclusivamente la varietà bianca della pietra di Vicenza, roccia di ottima qualità e compattezza che veniva usata prevalentemente per le sculture e le parti decorate degli edifici.

Il centro principale di estrazione all'epoca romana nei Berici si trovava a Costozza e i blocchi venivano trasportati verso Padova e l'Adriatico utilizzando il torrente Bacchiglione per poi giungere a *Mutina* risalendo il fiume Po e il Panaro. I blocchi di minori dimensioni venivano trasportati probabilmente anche per via di terra da carri (Buonopane, 1987).

In pietra di Vicenza sono i leoni stilofori di età romana rinvenuti nel 1209 e sistemati sul portale principale del Duomo, così come il leone funerario rinvenuto nel 2009 alla Fossalta. Sempre in pietra di Vicenza sono anche gli elementi del fregio dell'altro monumento rinvenuto nello scavo di *Vetilia Egloge* raffigurante un corteo marino di mostri, ippocampi e pesci aggogati a carri o cavalcati da Nereidi e Amorini.

È la pietra più comune nel rivestimento del Duomo (Fig. 5), mentre nella Ghirlandina è poco rappresentata (Fig. 1).

Gli altri tipi di pietra di Vicenza, quella gialla e quella a grana grossa, che presentano qualità di durezza più scarsa rispetto alla varietà importata dai Romani, furono impiegate per i restauri della Torre e del Duomo a partire dal 1800.

L'unico esempio di rilievo dell'uso della pietra di Vicenza in epoca relativamente recente è rappresentato dal rivestimento di palazzo Montecuccoli, sede della Fondazione Cassa di Risparmio di Modena, in via Emilia centro n. 283, realizzato dall'architetto V. Maestri tra il 1890 e il 1898.

Porfido atesino

Roccia vulcanica diffusa nel Distretto Vulcanico Atesino che viene cavata nelle provincie di Bolzano e Trento, particolarmente nella Val di Cembra. Si tratta di una ignimbrite riolitica eruttata circa 277 milioni di anni fa (Permiano) di colore rosso-mattone o violaceo

che può sfumare in grigio-verde (Bargossi et alii, 1998).

L'aspetto è porfirico con quarzo traslucido, plagioclasio lattiginoso, k-feldspato (sanidino) brillante e biotite nera brillante.

Con il porfido atesino si realizzano i cubetti che a partire dal secolo scorso hanno lastricato le vie di tante città italiane. A Modena i cubetti di porfido hanno fatto la loro comparsa sulla via Emilia centro a metà del secolo scorso (Fig. 3; Bertolani et alii, 1999).

Porfido di Cuasso

Il porfido di Cuasso è una roccia magmatica granitica a grana da media a fine, definita granofiro, di colore rosso aranciato, risalente a circa 275 milioni di anni fa (Permiano; Bakos et alii, 1990). Le cave principali si trovano in provincia di Varese, vicino al lago di Lugano, presso l'abitato di Cuasso al Monte in Val Ceresio e in passato anche presso il monte Mondonico in Valganna. La composizione mineralogica principale consiste in quarzo, K-feldspato, plagioclasio e biotite. Fu impiegato localmente come pietra da costruzione nel XII secolo ma soprattutto dalla fine del XIX agli inizi del XX secolo principalmente nelle pavimentazioni stradali.

A Modena sono presenti cordoli in porfido di Cuasso lungo via Emilia centro, spesso associati alla beola e al porfido atesino (Fig. 3). La via Emilia fu lastricata negli anni venti del secolo scorso con lastre di porfido di Cuasso in formato 40x80 cm, sostituite a metà del 1900 dai cubetti in porfido atesino visibili oggi (Fig. 3; Bertolani et alii, 1999). Da segnalare è il conglomerato cementizio a elementi di porfido rosso nella lastricatura dell'intera piazzetta delle Ova.

Rosso ammonitico

Il Rosso Ammonitico è una roccia calcarea nodulare a grana fine che presenta diverse gradazioni di colore variabili dal bianco, al rosa e al rosso cupo. Appartiene alla formazione geologica del Rosso Ammonitico veronese che affiora estesamente nelle Alpi (Giurassico medio-superiore, 176-146 milioni di anni fa; Martire et alii, 2006).

I fossili caratteristici sono le ammoniti, molluschi cefalopodi simili all'attuale *Nautilus*, ma estinti alla fine del Cretaceo (65 milioni di anni fa). La conchiglia delle ammoniti aveva una forma a spirale, suddivisa internamente da numerosi setti.

Le antiche cave di Rosso Ammonitico si trovano nel veronese in Valpolicella (S. Ambrogio) e in Valpantena e furono intensamente sfruttate dai Romani a partire dall'età augustea. Dall'inizio del I secolo d.C. il Rosso Ammonitico fu esportato anche nelle regioni limitrofe (Buonopane, 1987) ma giunse raramente a *Mutina*, come è dimostrato dalla

sua scarsità nei manufatti romani rinvenuti negli scavi archeologici. L'eccezione più significativa è rappresentata dalle imponenti colonne all'interno del Duomo. Le colonne sono tutte in due pezzi di dimensioni diverse e anche i capitelli in granitello sono spesso compositi, rivelando gli sforzi di assemblaggio di blocchi e fusti di probabile reimpiego. L'ipotesi del reimpiego da un imponente edificio romano è suggerita anche dall'accentuato stato di degrado di alcune parti delle colonne, non giustificabile dalla permanenza al riparo dalle intemperie.

In Rosso Ammonitico sono anche la maggior parte degli elementi del basamento del monumento funebre di *Vetilia Egloge*. Un unico blocco è stato identificato anche nella torre addossata alle mura romane di *Mutina* rinvenuta nel 2007 negli scavi in piazza Roma.

L'ammonitico fu importato diffusamente a Modena soltanto a partire dalla seconda metà del XIII secolo, per poi divenire la roccia ornamentale più apprezzata ed utilizzata in età rinascimentale e ducale, sia come rivestimento lapideo per gli edifici che come lastricatura dei marciapiedi.

Le lastre più grandi si trovano nella facciata della chiesa di S. Vincenzo costruita a partire dal 1617, mentre le colonne monolitiche più imponenti sono all'ingresso del Palazzo Ducale, sede dell'Accademia Militare, la cui costruzione ebbe inizio nel 1634.

In Rosso Ammonitico è il grande blocco chiamato “preda ringadora” sistemato in Piazza Grande di fronte all'ingresso del Palazzo Comunale.

Scaglia Rossa

La Scaglia Rossa è una roccia calcarea a grana fine, di colore da bianco-rosato a rosso (Cretaceo superiore-Eocene inferiore, 100-49 milioni di anni fa).

La varietà più utilizzata è detta pietra di Prun o “lastame” (Turoniano superiore-Coniaciano, circa 90-85 milioni di anni fa; Lozar, Grosso, 1997) ha un aspetto molto simile al Rosso Ammonitico per la sua struttura nodulare e per il contenuto in ammoniti. Viene cavata oggi principalmente nella zona di S. Anna di Alfaedo (Verona).

Assieme alle ammoniti possono essere presenti anche le rudiste, assenti nel rosso ammonitico.

Anche la Scaglia Rossa è estremamente rara tra i manufatti romani rinvenuti a Modena. È associata al rosso ammonitico in alcuni degli elementi basali del monumento a *Vetilia* ed era quindi importata dall'area veronese, probabilmente dalla Valpolicella, insieme al rosso ammonitico.

Come nel caso del rosso ammonitico, la grande diffusione di questa roccia ornamentale a Modena inizia dall'epoca medievale.

Trachite

La trachite è una roccia vulcanica a chimismo intermedio di colore grigio o giallastro di età oligocenica (circa 32 milioni di anni fa). Proviene dai Colli Euganei in provincia di Padova.

La roccia presenta una struttura porfirica costituita da fenocristalli visibili a occhio nudo di anortoclasio, plagioclasio e biotite immersi in una pasta di fondo omogenea.

Estratta già in epoca protostorica, dopo un impiego sporadico già a partire dal II secolo a.C. venne utilizzata estesamente dai Romani nella costruzione di acquedotti, ponti, cippi di confine, lastricati stradali ed edifici (Buonopane, 1987).

Nella *Mutina* romana la trachite è stata utilizzata per stele funerarie e per i basolati delle strade. Fu quindi reimpiegata diffusamente in epoca medioevale nel Duomo ma soprattutto nella torre Ghirlandina.

Le analisi di Capedri e Venturelli (2005) hanno permesso di identificare la provenienza dei blocchi di trachite nel Duomo e nella parte bassa della Torre dalle località di M. Oliveto, M. Merlo e M. Lispida nei Colli Euganei.

L'utilizzo in epoca recente è legato alla posa in opera di cordoli in alcuni marciapiedi nelle vie del centro e in particolare lungo la via Emilia. In trachite sono anche alcuni dei "listoni" di attraversamento pedonale sul lato sud del Duomo.

Travertino

Roccia calcarea a elevata porosità di origine biochimica deposta prevalentemente da acque superficiali o sorgive che può inglobare foglie, ramoscelli, lumache. Il colore varia dal bianco al bruno. Nell'Appennino settentrionale esistono numerose masse di travertino di estensione limitata sfruttate a partire dall'epoca etrusca (Marzabotto; Lugli *et alii*, 2007), e particolarmente in epoca du-

cale per la produzione della calce e per i teatri d'acqua, come la peschiera e le fontane del Palazzo Ducale di Sassuolo (Lugli, 1996).

I travertini laziali, di aspetto più compatto e generalmente sprovvisti di resti vegetali e animali, furono usati comunemente anche a Modena a partire dagli anni trenta del 1900, in piena corrispondenza con il gusto estetico dell'epoca fascista, e successivamente in particolare negli anni cinquanta e sessanta. Esempi dell'uso del travertino a Modena sono i blocchi in travertino locale che bordano il laghetto del Giardino Ducale. In travertino laziale sono invece i cippi con lo stemma della città di Modena sul cavalcavia di viale G. Mazzoni, le lastre nel palazzo dell'azienda USL in via S. Giovanni del cantone e la fontana dei due fiumi del Graziosi in largo Garibaldi completata nel 1938 (Fig. 6).

LA STORIA DELLE PIETRE DI MODENA

Il progetto di catalogazione delle pietre di Modena ha visto come prima fase l'analisi dei materiali lapidei romani delle collezioni museali attraverso la revisione dei dati pubblicati da Capedri (2005). Ovviamente tali dati non rappresentano un campionario fedele delle litologie antiche: nei musei troviamo soltanto i materiali più pregiati secondo schemi espositivi ben precisi. In attesa che l'analisi venga estesa anche ai materiali conservati nei depositi, la scelta naturale è stata quella di seguire tutti i nuovi scavi archeologici effettuati in città: la necropoli di via Emilia est-Autoclub, piazza Roma, la via Emilia sotto la tangenziale Pasternak, il monumento funerario di Vetilia Egloge, il leone funerario della Fossalta, l'ex cinema Capitol. Il risultato è un catalogo fedele di tutti i materiali lapidei rinvenuti negli scavi, anche di quelli non decorati, anche dei più

piccoli frammenti che non troverebbero una collocazione nei musei.

Solo nello scavo di via Emilia Est della concessionaria Autoclub sono stati catalogati più di settanta frammenti lapidei provenienti sia della necropoli romana che da un livello di spoliazione successivo. In questo modo è stato possibile ottenere informazioni sulle antiche vie di approvvigionamento e sulla natura dei materiali che furono spoliati. Si tratta di uno scavo molto importante perché ha permesso di verificare come durante le spoliazioni non venisse effettuata alcun tipo di selezione sui materiali lapidei scavati: tutto quello che veniva scoperto veniva riutilizzato.

Le indagini hanno riaffermato anche per *Mutina* la stupefacente capacità dei Romani di procurare pietre da ogni angolo dei loro possedimenti: pietra di Aurisina dal triestino, pietra di Vicenza dai Colli Berici, trachite dai Colli Euganei, marmi dall'odierna Turchia e Grecia, granito dall'Egitto e, in quantità nettamente inferiore rosso ammonitico, Scaglia veneta e bronsetto dal veronese, e forse pietra d'Istria dalla Croazia.

Il rilevamento dei materiali lapidei nella Ghirlandina, nel Duomo e nel Palazzo Comunale ha poi permesso di definire le fasi costruttive dei monumenti, fornendo il quadro cronologico di riferimento per comprendere la pratica del reimpiego, attività nota dai documenti (Cavedoni, 1828) ma la cui entità non era conosciuta in dettaglio (Tab. 1).

In questo modo è stato possibile dimostrare che tutti i litotipi presenti su Duomo e Ghirlandina furono originariamente importati dai romani a Modena con la significativa eccezione delle arenarie. Anche il rosso ammonitico e la Scaglia Rossa non furono utilizzati a *Mutina* in maniera sistematica, solo poche lastre sono state rinvenute nelle necropoli, anche se le colonne in rosso ammonitico del Duomo dovevano appartenere a un importante edificio romano.

La sommità della Ghirlandina, a partire dal sesto piano, la porta regia e lo pseudo-transetto del Duomo sono stati costruiti utilizzando esclusivamente rosso ammonitico di nuova cavatura e marcano quindi il grande cambiamento della politica di approvvigionamento delle pietre che, a partire dalla prima metà del 1200, non è più esclusivamente rivolta alla spoliazione di monumenti romani. Cessa la ricerca di antichi monumenti sepolti dai sedimenti alluvionali, pratica che non poteva certo assicurare un rifornimento costante ai cantieri, e si acquista direttamente materiale di cava a Verona che giungeva a Modena per via fluviale passando per Ferrara. Il rosso ammonitico diviene così la pietra ornamentale più apprezzata per tutta l'epoca ducale e oltre.

Con la meccanizzazione dell'età industriale cominciano a giungere a Modena pie-



Figura 6 – La fontana dei due fiumi del Graziosi in largo Garibaldi costruita nel 1938 in travertino laziale. Sulla destra è visibile il ponteggio di restauro della torre Ghirlandina.

	Età Romana II a.C.-V d.C.	Alto Medioevo V-XI sec.	Età Comunale XII-XIII sec.	Dominio e Ducato Estense XIII-XIX sec.	Regno d'Italia XIX-XX sec.	Repubblica XX sec.-oggi
Arenarie			Importazione	Importazione	Importazione	Importazione
Beola				Importazione	Importazione	Importazione
Biancone						Importazione
Breccia ofiolitica				Importazione		
Bronzetto	Importazione				Importazione	
Graniti alpini				Importazione?	Importazione	Importazione
Granito di Assuan	Importazione		Reimpiego			
Marmo alpino	Importazione	Reimpiego	Reimpiego		Importazione	
Marmo apuano				Importazione	Importazione	Importazione
Marmo proconnesio	Importazione	Reimpiego	Reimpiego			
Pietra di Aurisina	Importazione	Reimpiego	Reimpiego			
Pietra di Chiampo						Importazione
Pietra di Luserna						Importazione
Pietra di Vicenza	Importazione	Reimpiego	Reimpiego		Importazione	
Pietra d'Istria				Importazione		
Porfidi					Importazione	Importazione
Rosso Ammonitico	Importazione	Reimpiego	Import. + Reimp.	Importazione	Importazione	Importazione
Trachite	Importazione	Reimpiego	Reimpiego		Importazione	Importazione
Travertino laziale					Importazione	Importazione
Travertino locale				Importazione		

Tabella 1 – Cronologia dell'importazione e del reimpiego delle pietre modenesi.

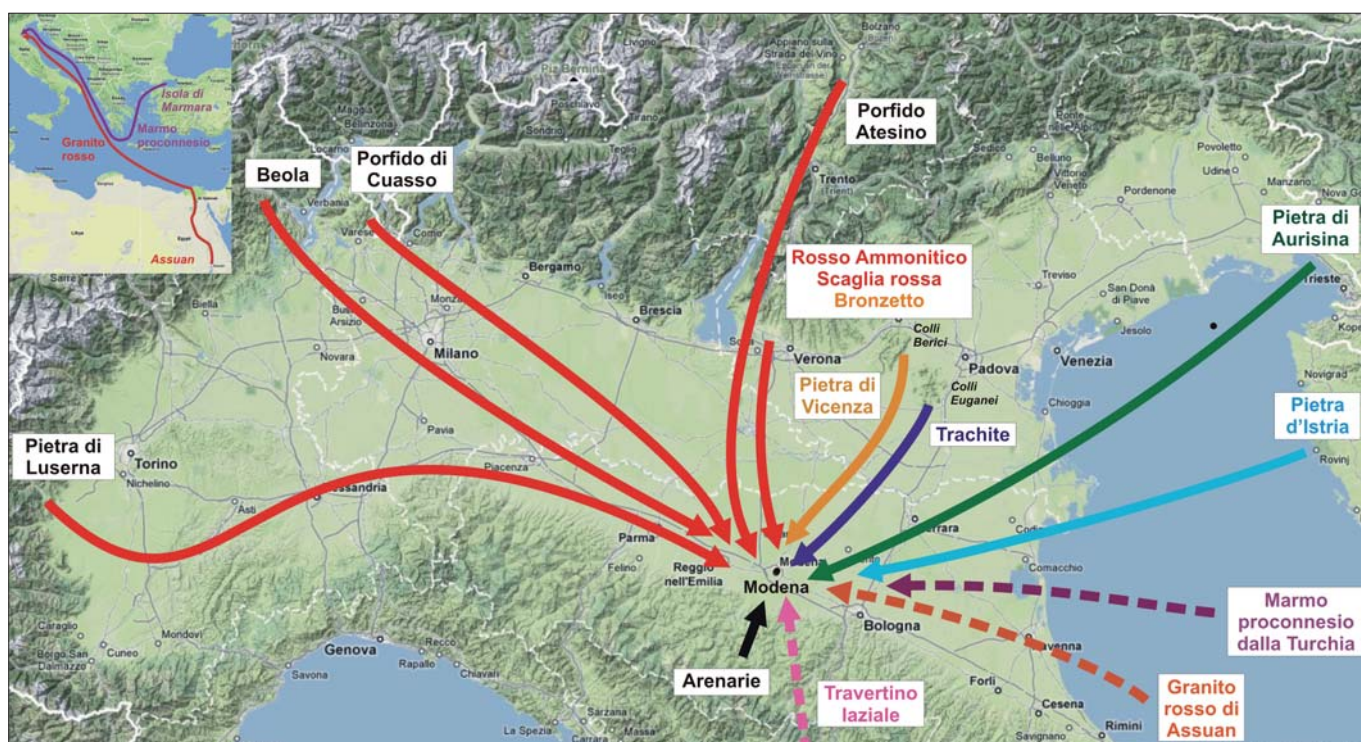


Figura 7 – Aree geografiche di provenienza delle principali rocce ornamentali di Modena.

tre un tempo sconosciute. Accade così che il baricentro delle aree di approvvigionamento, un tempo esclusivamente proiettato verso oriente, si sposta prima verso nord e poi decisamente verso occidente (Fig. 7). Porfidi, graniti alpini, beola e pietra di Luserna fanno il loro ingresso in città, caratterizzando in modo decisivo l'aspetto della Modena moderna.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro non sarebbe stato possibile senza la collaborazione del Comune di Mode-

na, del Museo Civico Archeologico Etnologico di Modena, del Museo Lapidario Estense, della Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna, della Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio dell'Emilia Romagna e della Soprintendenza per i Beni Storici, Artistici ed Etnoantropologici di Modena e Reggio Emilia.

L'analisi paleontologica di alcune delle rocce qui presentate è stata effettuata da C.A. Papazzoni, mentre quella dei marmi è opera di C. Gorgoni, P. Pallante.

BIBLIOGRAFIA

- BAKOS, F., DEL MORO, A. & VISONÀ, D. (1990), *The Hercynian volcano-plutonic association of Ganna* (Lake Lugano, central southern Alps, Italy). *Eur. J. Mineral.* 2, pp. 373-383.
- BARACCHI O. (2001), *Atti e memorie, in "Deputazione di storia patria per le antiche province modenesi", Modena, serie XI, Vol XXIII*, pp.19-43.
- BARGOSI G.M., ROTTURA A., VERNIA L., VISONÀ D., TRANNE C.A. (1998), *Guida all'escursione sul Distretto Vulcanico Atesino e sulle pluto-*

- niti di Bressanone-Chiusa e Cima d'Asta. in "Memorie della Società Geologica Italiana", 53, pp. 23-41.
- BENCHIARIN S. (2007), *Carbonate lithotypes employed in historical monuments: quarry materials, deterioration and restoration treatment*. Tesi di Dottorato inedita, Università di Padova.
- BERTACCHI L. (1985), *L'impiego in età Romana ad Aquileia*, in "I marmi del Carso Triestino" (a cura di F. Cucchi e S. Gerdol), Trieste, pp.17-24, CCIAA.
- BERTOLANI M. (1984), *Note sulla natura delle pietre usate nel Duomo di Modena*, in "Lanfranco e Wiligelmo il duomo di Modena", Modena, pp. 298-305.
- BERTOLANI M. (1998), *Le pietre naturali presenti nella città di Modena*, in "Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena", 129, pp.175-190.
- BERTOLANI M. (2000), *Le antiche cave di pietra da taglio e le miniere storiche dell'Appennino modenese*. In "Quaderno n° 12, Collana di Documentazione Ambientale", provincia di Modena.
- BERTOLANI M., LOSCHI GHITTONI A.G., GUIDETTI VIOLI L. (1999), *Pietre (più o meno) preziose dei marciapiedi modenesi. Identificazione dei materiali e delle tecniche costruttive impiegate nel corso del tempo*. In: "Un tesoro di marciapiedi. Il recupero delle pavimentazioni del centro storico modenese", comune di Modena, pp. 9-15.
- BERTOLANI M., ROSSI A. (1971), *Osservazioni sul rivestimento lapideo della Torre Ghirlandina a Modena*, in "Deputazione di Storia Patria per le Antiche Province Modenesi", Modena, pp. 93-101.
- BERTOSA M. (1992), *L'avorio istriano per Donatello*, Jurina i Franina, in "Rivista di varia cultura Istriana", n. 51, estate-autunno 1992, Libar od Grozda (Pula), pp. 38-41.
- BONI C. (1874), *Sulla natura e resistenza alla pressione dei minerali e materiali edilizi della provincia di Modena*. Modena, Tipografia di Paolo Toschi e C., p. 94.
- BORIANI A., BURLINI L., CAIRONI V., GIOBBI E., SASSI A., SESANA E. (1988), *Geological and petrological studies on the hercynian plutonism at Serie dei Laghi - geological map of its occurrence between Valsesia and Lago Maggiore (N-Italy)*. Rend. Sc. It. Min. Petr. 43-2, pp. 367-384.
- BUONOPANE A. (1987), *Estrazione, lavorazione e commercio dei materiali lapidei*. In "Il Veneto nell'età romana" (a cura di E. Buchi), vol. I, Verona, pp. 187-218.
- CAPEDE S. (2005), *I materiali naturali utilizzati nei repertori del Museo Lapidario Estense*, in "Il Museo Lapidario Estense", catalogo generale (a cura di N. Giordani e G. Paolozzi Strozzi), Venezia, pp. 509-513.
- CAPEDE S., LUGLI S. (1999), *Le ofioliti*. In "I beni geologici della Provincia di Modena", Modena, Artioli Editore, pp. 85-98.
- CAPELLI A. (1999), *L'irresistibile affermazione dei marciapiedi all'ombra della Ghirlandina. Breve storia dal Medioevo ai giorni nostri*, in "Un tesoro di marciapiedi. Il recupero delle pavimentazioni del centro storico modenese", comune di Modena, pp. 5-8.
- CAVALLO A., BIGIOGGERO B., COLOMBO A., TUNESI A. (2004), *The Beola: a dimension stone from the Ossola Valley (NW Italy)*. Per. Mineral., 73, pp. 85-97.
- CAVEDONI C. (1828), *Dichiarazione degli antichi marmi modenesi con le notizie di Modena al tempo dei Romani*, Modena, pp. 52-76.
- CORVAGLIA S. (2007), *Le pietre di Modena: la spoliazione dei materiali lapidei della necropoli romana di via Emilia est*. Tesi di Laurea inedita, Università degli Studi di Modena.
- DOLCI E. (1988), *Marmora Lunensia: Quarrying Technology and Archaeological Use*. In "Herz N.", Waelkens M. (ed.), Classical Marble: Geochemistry, Technology, Trade, Dordrecht/ Boston/London, pp. 77-84.
- FIACCADORI P. (1884), *Cronache modenesi di Tommaso De' Bianchi detto De' lancellotti*, in "Monumenti di Storia Patria delle Province modenesi", serie delle Cronache, tomo XIII, vol. XII, Parma.
- FINGER F., DÖRR W., GERDES A., GHARIB M., DAWOUD M. (2008), *U-Pb zircon ages and geochemical data for the Monumental Granite and other granitoid rocks from Aswan, Egypt implications for the geological evolution of the western margin of the Arabian Nubian Shield*. *Mineralogy and Petrology*, 93, pp. 153-183.
- LODOLA S., VENIALE F. (2000), *I materiali lapidei della Torre*. In "Il restauro della torre di Pisa, un cantiere di progetto per la conservazione delle superfici", (a cura di G. Capponi e S. Vedovello), Roma, Litografica Iride, pp. 54-59.
- LOZAR F., GROSSO F. (1997), *Biostratigrafia della successione cretacea del margine dei Lessini occidentali*, Provincia di Verona, in "Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali", Torino, 15 (1), pp. 111-136.
- LUGLI S. (1996), *Considerazioni sui materiali da costruzione impiegati nella edificazione del Palazzo Ducale di Sassuolo*, in "Sassuolo e la sua storia, nuovi contributi alla conoscenza della storia artistica e industriale sassolese", QB - Quaderni della Biblioteca, 2, Sassuolo, pp. 203-210.
- LUGLI S., MALNATI L., MARROCCHINO E., MAZZUCHELLI M., SIGHINOLFI F., VACCARO C. (2007), *Natural stones from sacral buildings of the Marzabotto Etruscan site: Petrochemical characterization and hypothesis of provenance*, Geotalia 2007, "VI Forum Italiano di Scienze della Terra" (Rimini, 12-14/09/2007), Epitome, 2, p. 471.
- LUGLI S., PAPAZZONI C.A., GAVIOLI S., MELLONI C., ROSSETTI G., TINTORI S., ZANFROGNINI R. (2009), *Le pietre della Torre Ghirlandina*, In "La Torre Ghirlandina un progetto per la conservazione", (a cura di R. Cadignani), Luca Sossella Editore, pp. 96-117.
- LUGLI S., PAPAZZONI C.A., PEDRAZZI S., ROSSETTI G., TINTORI S. E. (2009), *La grandiosa rosa di pietra, analisi litologica del rosone del Duomo di Modena*, Taccuini d'Arte, pp. 81-91.
- MARITAN L., MAZZOLI C., MELIS E. (2003), *A multidisciplinary approach to the characterization of roman gravestones from Aquileia*, Udine, Archaeometry, pp. 363-374.
- MARTIRE L., CLARI P., LOZAR F., PAVIA G. (2006), *The Rosso Ammonitico Veronese (Middle-Upper Jurassic of the Trento Plateau): a proposal of lithostratigraphic ordering and formalization*, in "Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia", 112 (2), pp. 227-250.
- MASELLI SCOTTI F. (1985), *L'impiego a Trieste e nel suo territorio*, in "I marmi del Carso Triestino", Trieste, eds. F. Cucchi and S. Gerdol, CCIAA, pp. 29-33.
- MONNA D. E PENSABENE P. (1977), *Marmi dell'Asia Minore*, Roma, Consiglio nazionale delle ricerche, p. 259.
- PENSABENE P. (2004), *Amministrazione dei marmi e sistema distributivo nel mondo Romano*, In "Marmi antichi", (a cura di G. Borghini), Roma, De Luca Editori d'Arte, pp. 43-54.
- PINI A. (2003), *Renno. Splendore e declino di una pieve del Frignano. Il feudo Montecuccoli e la comunità*, Pavullo, Iaccheri Editore, pp. 431.
- RODOLICO F. (1965), *Le pietre delle città d'Italia*, Firenze, Le Monnier, p. 502.
- ROSSETTI G. (2007), *Il volto della cattedrale: un mosaico di pietra. Il paramento lapideo nella facciata del Duomo di Modena*, Tesi di laurea inedita, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia.
- TENTOR M., TUNIS G., VENTURINI, S. (1994), *Schema stratigrafico e tettonico del Carso Isontino*. *Natura nascosta*, 9, pp. 1-32.
- TINTORI S. (2007), *Nuova luce sul lato oscuro del Duomo, il paramento lapideo nel fianco settentrionale della cattedrale di Modena*, Tesi di laurea inedita, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia.
- VLAHOVIĆ I., TIŠLIJAR J., VELIĆ I., MATIČEĆ D., SKELTON P.W., KORBAR T., FUČEK L. (2003), *Main events recorded in the sedimentary succession of the Adriatic Carbonate Platform from the Oxfordian to the Upper Santonian in Istria (Croatia)*, in: Vlahović I., Tišljarić J. (Eds.), *Evolution of Depositional Environments from the Palaeozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin*, 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija, September 17-19, 2003, Field Trip Guidebook, pp. 19-56.

RIASSUNTO

Modena, città posta al passaggio fra l'alta e la bassa pianura emiliana, è da sempre stata condizionata dai fiumi che hanno attraversato questi territori. Ma mentre fino all'epoca preistorica sono state le evoluzioni naturali del reticolo idrografico a determinare gli assetti urbani, dall'epoca storica a oggi è stata l'azione dell'uomo a cercare di adattarlo alle proprie necessità, con risultati non sempre positivi.

In questo lavoro vengono sviluppati i rapporti esistenti fra idrografia storica, idraulica e sviluppo del territorio modenese, aspetti fondamentali della geologia urbana.

A partire dal Pleistocene superiore-Olocene si ha l'evoluzione del golfo padano in pianura alluvionale con la deposizione di sedimenti di spessori variabili, fino a un massimo di 8.000 m. L'ultima fase deposizionale, avviene circa 5.000 anni fa, quando la *Mutina* romana viene seppellita (fra il VI e VII secolo d.C.) con i depositi alluvionali attuali. Su questi depositi si ha lo sviluppo di una paleoidrografia che condiziona la Modena attuale.

La città è costruita su questo reticolo idrografico, oggi completamente antropizzato, che svolge a fatica le proprie funzioni.

In tale situazione la sostenibilità ambientale e territoriale passa necessariamente attraverso il recupero delle funzioni idrauliche che il reticolo idrografico non è più in grado di svolgere quando si verificano eventi estremi attraverso la realizzazione di bacini di laminazione, casse d'espansione, diversivi e scolmatori.

PREMESSA

La nascita e lo sviluppo della città di Modena è stata fortemente condizionata dal reticolo idrografico che l'attraversa e la circonda e dalla sua evoluzione, tanto da poterla definire, paradossalmente, una "città d'acqua".

Già nell'età del bronzo, nei secoli centrali del II millennio a.C., esistevano su questi territori insediamenti umani, forse fra i più antichi del continente europeo, che occupavano villaggi palificati, ordinati secondo uno schema modulare e circondati da un corso d'acqua o da un fossato. La Modena etrusca, e poi romana, mantennero questo

legame con l'acqua, collocandosi nella fascia altimetrica della media pianura per salvaguardarsi meglio dall'impaludamento che i fiumi provocavano esondando, ma comunque sempre in prossimità di un fiume o torrente

la vulnerabilità urbana e, di conseguenza, il rischio idraulico. Per questo il rapporto di Modena con l'acqua rimane sempre molto stretto, anche se percorrendo la città la presenza dell'acqua non è più percepibile.

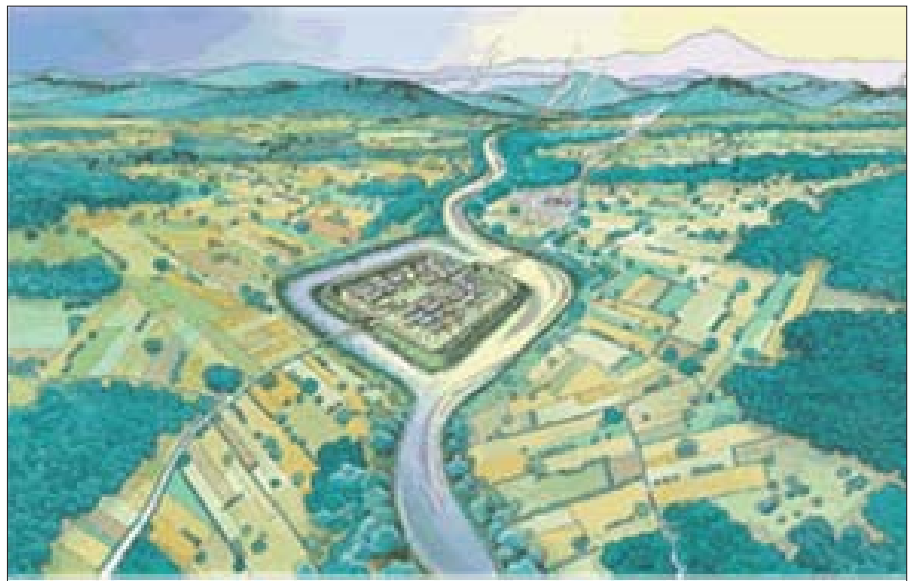


Figura 1 – Ricostruzione di un insediamento dell'età del bronzo nel territorio modenese (da Cardarelli A., 2004)

per mantenere l'indispensabile legame con l'acqua, instaurando un rapporto con questo elemento ancora oggi attuale. Infatti, nonostante il seppellimento in seguito a episodi alluvionali della *Mutina* romana tra il VI e VII secolo d.C. la città, già allora "lontana" dai corsi d'acqua che l'avevano sommersa e che per questo erano stati deviati, veniva attraversata da una serie di canali scavati in epoca post-medioevale. Contemporaneamente iniziava una massiccia bonifica della bassa pianura e tutto questo ha creato una svolta storica nel rapporto dell'uomo con l'acqua: fino all'epoca preistorica erano state le evoluzioni naturali del reticolo idrografico a determinare l'assetto insediativo e sociale e l'uomo si è adeguato a queste trasformazioni; da questo momento in poi è stata l'azione stessa dell'uomo ad adattare l'idromorfologia e la dinamica fluviale alle proprie necessità. Progressivamente e fino ai nostri giorni sono stati coperti i canali che attraversano la città, i fiumi sono stati contenuti entro argini sempre più alti, le zone paludose sono state bonificate. In questo modo è però aumentata

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Il sottosuolo della pianura modenese è formato da depositi continentali di età Pliocene-quadernaria che costituiscono il colmamento del bacino padano legato all'orogenesi dell'Appennino settentrionale. Questa successione ha carattere regressivo con alla base peliti e sabbie seguite da un corpo sedimentario fluvio-deltizio progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali.

Il riempimento del bacino marino, fino alle condizioni di continentalità, è avvenuto attraverso eventi tettonico-sedimentari separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale. Questo andamento a impulsi successivi è testimoniato da numerose superfici di discontinuità stratigrafica che "marcano" le diverse fasi e affiorano sul margine appenninico.

La ricostruzione del loro andamento nel sottosuolo permette di definire il quadro stratigrafico secondo i criteri della stratigrafia sequenziale. Si possono distinguere tre principali sequenze deposizionali (cicli sedimentari o deposizionali) composti a loro volta da sequenze o cicli base (unità stratigrafiche) comprendenti

un episodio sedimentario, solitamente ripetitivo, che determina il sistema deposizionale:

- 1 - **Sequenza deposizionale inferiore** (Supersistema del Pliocene medio-superiore, Di Dio, 1998; P1 e P2, Ricci Lucchi *et alii*, 1982);
- 2 - **Sequenza deposizionale intermedia** (Supersistema del Quaternario marino, Di Dio, 1998; Qm, Ricci Lucchi *et alii*, 1982);
- 3 - **Sequenza deposizionale superiore** (Supersistema Emiliano-Romagnolo, Di Dio, 1998; Qc, Ricci Lucchi *et alii*, 1982).

La sequenza deposizionale inferiore è limitata verso il basso da una discontinuità che la separa dalla sottostante sequenza miocenica sommitale (M, Ricci Lucchi *et alii*, 1982) attraverso depositi clastici ipoalini e continentali di mare interno (Formazione clastica continentale, Iaccarino e Papani, 1982). Nel modenese è rappresentata in affioramento dall'Unità di Gozzano e dalle Argille del Rio del Petrolio (Gasperi, 1987) e nel sottosuolo dalla Formazione di Porto Corsini (Dondi, Mostardini e Rizzini, 1982). Il contatto è trasgressivo, marcato da una fase erosiva e probabilmente si mantiene con queste caratteristiche su tutta l'area deposizionale. L'età è attribuibile al Miocene superiore-Pliocene inferiore.

La sequenza deposizionale intermedia è presente solo con modesti affioramenti a sud del territorio comunale.

La sequenza deposizionale superiore si è sedimentata in seguito all'ultima fase di subsidenza bacinale e quiescenza tettonica attraverso la deposizione di una sequenza costituita da depositi di piana alluvionale e conoide distale di alimentazione appenninica.

L'alternanza delle *facies* fini e grossolane è dovuta a oscillazioni cicliche climatiche ed eustatiche che portarono progressivamente alla massima espansione dell'area deposizionale (Diluvium p.p., Alluvium, Terrazzi e alluvioni della Carta geologica d'Italia; Formazione fluvio-lacustre, Cremaschi, 1982; Sistema Emiliano-Romagnolo, Di Dio, 1998; Unità di Cà di Sola, Pianura alluvionale, Unità dei corsi di acqua principali, Unità dei corsi d'acqua minori, Gasperi, 1987). La sequenza venne interrotta da limitati sollevamenti tettonici con spostamento verso la pianura delle cerniere strutturali che causarono la fine della trasgressione e l'inizio del terrazzamento alluvionale.

I depositi che costituiscono l'unità deposizionale superiore comprendono tutto il ciclo sedimentario continentale e possono essere suddivisi in una unità inferiore e una superiore separate da una discontinuità legata a una fase tettonica regionale collocabile fra 350.000 e 400.000 anni fa. Questa è a sua volta suddivisibile in sub-unità che nell'alta pianura sono marcate da paleosuoli che documentano lunghe interruzioni della sedimentazione e nella zona di pianura, dove si è

avuta sempre continuità di sedimentazione, dalle principali variazioni litologiche. Ogni sub-unità costituisce un ciclo trasgressivo-regressivo nel quale a periodi di intensa erosione dei rilievi da parte di fiumi con grandi capacità di trasporto si alternano periodi di minor erosione durante i quali vengono incisi i depositi della fase precedente con una deposizione a granulometria fine.

Sull'ultima di queste sub-unità, databile a partire da 4.000-4.500 anni fa, costituita da uno spessore di circa 10-12 m di sedimenti passanti da argillosi ad argilloso-limosi, e in minor misura limoso-sabbiosi, si è impostato la paleoidrografia che ha condizionato lo sviluppo urbano della città e del territorio circostante e che costituisce l'odierno reticolo idrografico.

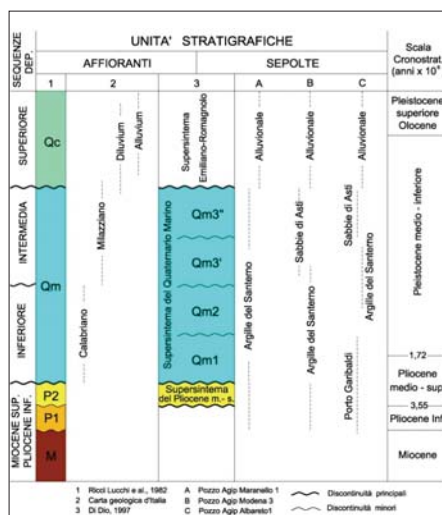


Figura 2 – Schema dei rapporti delle unità stratigrafiche.

Contestualmente alla chiusura del ciclo sedimentario ha preso avvio un assetto geomorfologico che, con le successive evoluzioni, ha portato alla situazione attuale.

Nelle zone con quote inferiori a 50 m s.l.m. e nelle zone urbanizzate l'osservazione diretta delle forme è praticamente impossibile, mentre variazioni altimetriche anche lievi, ad esempio dovute a subsidenza differenziata, possono determinare marcate trasformazioni, in particolare della rete idrografica.

Fra le cause che hanno determinato l'attuale assetto geomorfologico vi sono:

- le sequenze sedimentarie Plio-pleistoceniche colmano il bacino marino padano attraverso eventi tettonico-sedimentari e subsidenza bacinale;
- i successivi depositi continentali, di deposizione fluviale, controllati dalle aree sorgenti, dalla subsidenza post-bacinale e dalle variazioni climatiche;
- la neotettonica, che può determinare la rottura degli equilibri raggiunti e il rinnovarsi dei cicli di erosione/deposito.

Il colmamento del bacino marino padano e la successiva fase di deposizione continentale è avvenuto con spessori di sedimenti molto diversi da zona a zona. Si passa da poche centinaia di metri in corrispondenza del margine appenninico fino a 4 km in corrispondenza di Modena e 8 km solo poco più a nord. Si tratta di depositi fluviali legati all'attività di apparati fluviali che da un paleomargine collinare si svilupparono nell'alta pianura dove all'attività erosiva si sostituiva quella di sedimentazione.

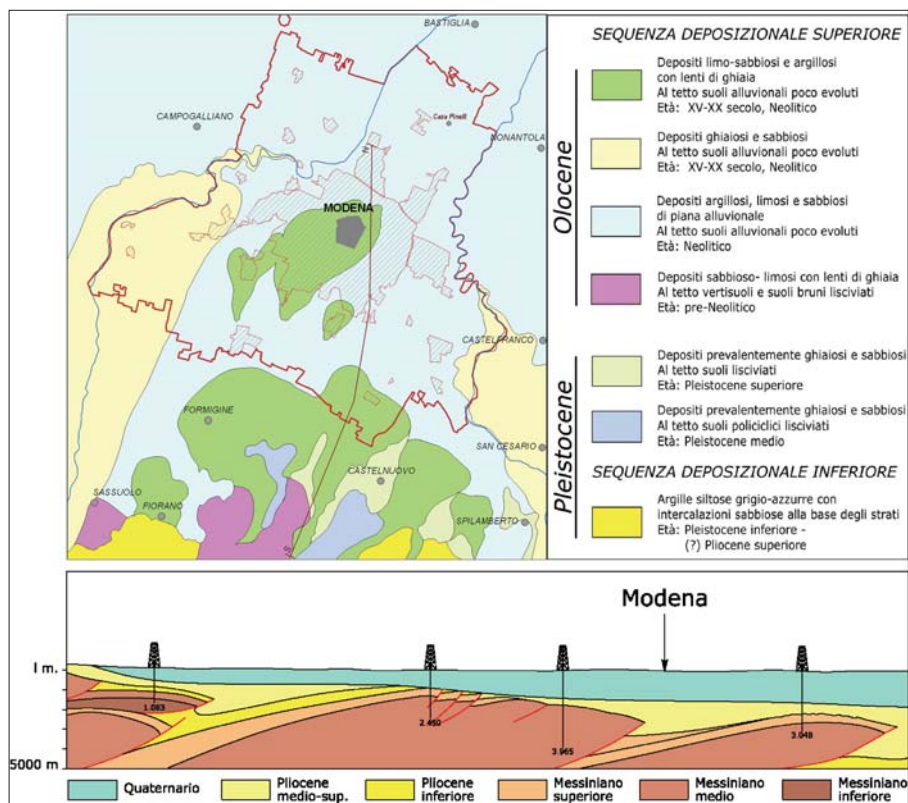


Figura 3 – Carta geologica.

Le forme morfologiche generate attraverso questi processi sono strettamente legate alla dinamica fluviale. Pur essendo breve l'intervallo temporale che ha determinato questo modello (dal neolitico all'attuale) è probabile che le variazioni climatiche e la subsidenza abbiano giocato un ruolo determinante nel governare la dinamica dei paleoappari fluviali, i cui risultati finali sono, oltre alle sequenze sedimentarie presenti, le forme osservabili. Pur essendo in una zona di pianura queste sono ancora percettibili nelle zone rurali, anche se le coltivazioni e l'intervento antropico tendono a cancellarle. Quest'ultimo rimane attualmente il fattore geomorfologico dominante, essendo praticamente inesistenti, per l'azione dell'uomo stesso, i fattori legati alle acque correnti superficiali e alla pedogenesi del suolo.

EVOLUZIONE IDROMORFOLOGICA

L'evoluzione idromorfologica che ha determinato l'attuale assetto idrografico può essere suddivisa in tre periodi principali: il primo che va dall'ultima fase regressiva quaternaria, collocabile fra 350.000-400.000 e 4.500-4.000 anni fa, il secondo da 4.500-4.000 anni fa fino al XVI secolo e il terzo che arriva ai giorni nostri.

DA 350.000 A 4.500 ANNI FA

Alla fine del Paleolitico superiore (10.000 anni fa) si ha l'esaurirsi delle glaciazioni e una fase di forte instabilità "idraulica" tipica delle fasi postglaciali caratterizzate da intensi fenomeni di erosione/sedimentazione in relazione alla paleomorfologia che si va delineando. In questo periodo l'uomo abbandona progressivamente la caccia per dedicarsi prima alla raccolta, poi alla pratica dell'agricoltura e inizia una difficile convivenza con l'acqua, subendo però sempre l'incontrastato dominio degli eventi idrologici.

DA 4.500 ANNI FA AL XVI SECOLO

Bisogna aspettare la seconda metà del XVII secolo a.C. (circa 3.500 anni fa) per assistere, insieme a un forte incremento demografico, al fiorire della cultura terramaricola, capace di intervenire sulla rete idrica e di occupare e colonizzare aree spopolate perché impaludate da parte di gruppi umani organizzati, in possesso di conoscenze d'ingegneria idraulica. Questa convivenza con un territorio idraulicamente molto instabile continua con le alterne vicende di etruschi, celti e liguri fino al 191 a.C. quando le legioni romane ottengono un controllo capillare di tutta la pianura padana e inizia una nuova fase di "costruzione" dei processi idromorfologici alle esigenze delle neonate comunità. L'acqua rappresenta sia un indispensabile elemento di sopravvivenza sia un pericolo da cui salvaguardarsi

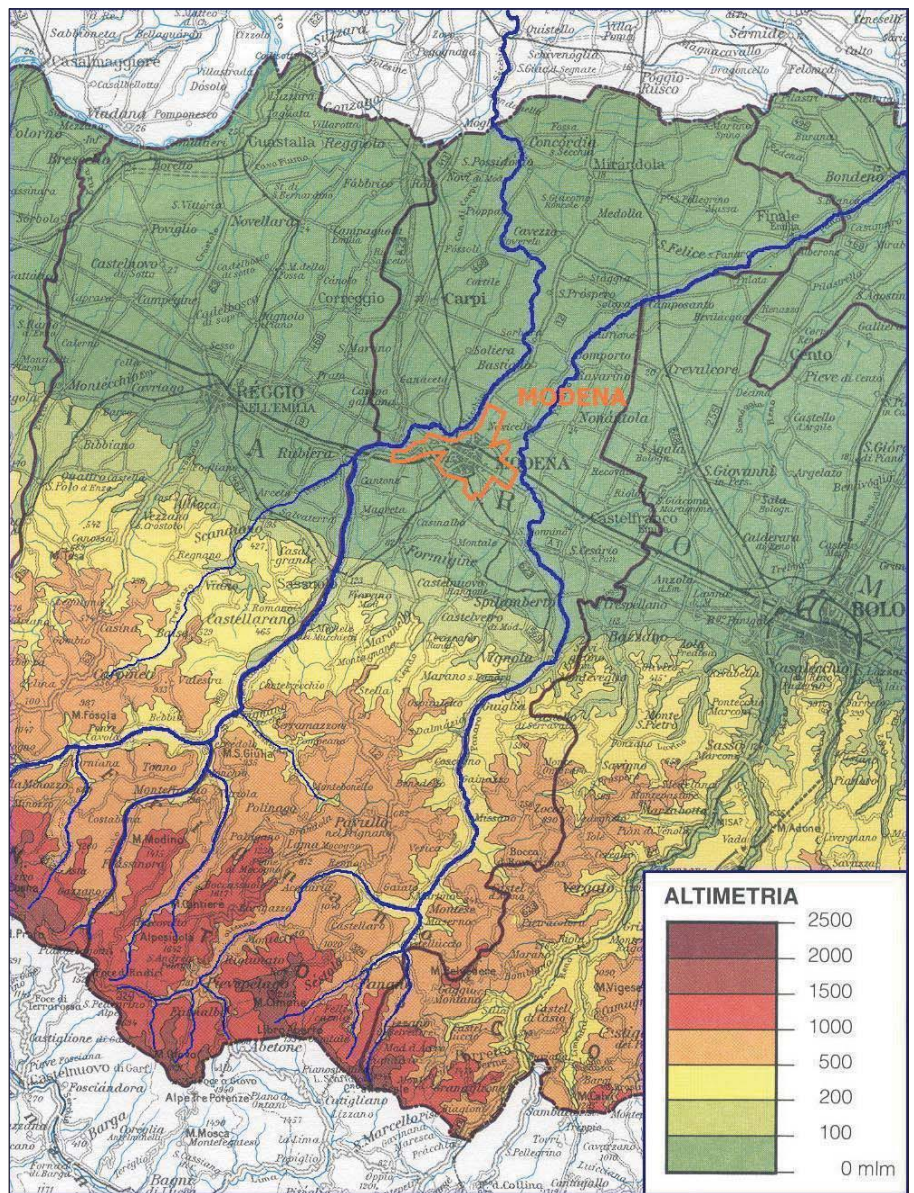


Figura 4 – Il tracciato dei corsi d'acqua principali che interessano il territorio di Modena.

che condiziona fortemente l'insediamento stabile del territorio.

Le fonti storiche concordano sul fatto che la fondazione della colonia romana di *Mutina* (183 a.C.), posta sull'importantissimo asse di collegamento costituito dalla via Emilia, in una zona di cerniera fra l'alta e la bassa pianura, avvenne in un luogo in cui veniva attribuito al drenaggio e alla canalizzazione delle acque un ruolo fondamentale per il suo sviluppo: l'acqua alimentava gli acquedotti, azionava i mulini, permetteva l'irrigazione. Questo richiedeva però anche un'attenta gestione per mantenere il delicato equilibrio idraulico; per questo la centuriazione non era solo una suddivisione amministrativa del territorio colonizzato, ma anche un capillare reticolo di scolo capace di tenere all'asciutto le terre coltivate.

Con la decadenza dell'impero romano il presidio idraulico del territorio cessò e dal VI secolo d.C. in poi si verificarono disastrose e ripetute inondazioni che portarono all'abbandono della città, poi ricoperta da sedimenti

alluvionali, sui quali verrà successivamente edificata la città attuale. Solo intorno al IX secolo d.C. ricomincia un nuovo sviluppo degli insediamenti che richiede un ripristino delle infrastrutture e quindi anche una nuova fase di regimazione idraulica. Questo porta fra il X e XII secolo d.C. alla realizzazione di una fitta rete di canali, pur nell'ancora presente instabilità della rete principale. Fra il XII e il XVI secolo viene completato il complesso nodo idraulico ancora oggi conservato nella sua struttura portante.

DAL 1500 AI GIORNI NOSTRI

Dopo la fase di colonizzazione dei territori paludosi, dal 1500 la regimazione idraulica diventò un'attività sempre più capillare regolata da codici e strutture amministrative. Nel 1601 venne istituito il Magistrato delle acque, la cui competenza spaziava dalla sistemazione idraulica all'escavazione di canali e alla regolamentazione dell'uso irriguo. L'idrografia aveva assunto la fisionomia attuale e le azioni erano rivolte alla difesa dalle alluvioni

Tabella 1 – Parametri caratteristici dei fiumi Secchia e Panaro

Bacino idrografico	F. Secchia	F. Panaro
Area (km ²)	2.174	1.784
Quota max (mlm)	2.121	2.165
Quota min (mlm)	14	10
Media (mlm)	606	662
Terreni molto erodibili	31	45
Terreni mediamente erodibili	26	15
Terreni scarsamente erodibili	43	40
Alveo fluviale		
Lunghezza (km)	170	148
Portata media (mc/s)	27	24
Trasporto in sospensione (t/km ²)	1.847	2.030
Erosione (mm/anno)	0,68	0,77

dei corsi d'acqua principali, all'utilizzazione delle acque e alla bonifica delle aree ancora a drenaggio difficoltoso. L'autorità idraulica continuò la propria azione, sotto diverse forme e diversi governi, compreso il periodo napoleonico, fino all'unità d'Italia.

All'inizio del 1900 cominciarono le grandi trasformazioni dei giorni nostri e, soprattutto nel secondo dopoguerra, la rete idrografica, in relazione diretta con lo sviluppo dell'urbanizzazione e dell'industrializzazione, è ormai "ingessata" fra argini e regolata da complessi sistemi idraulici che permettono lo sfruttamento della risorsa idrica limitando le conseguenze delle piene fluviali che costituiscono ancora una minaccia. Si passa però progressivamente da una difesa "passiva" dei territori bonificati dalle piene a interventi diretti sugli alvei fluviali, prima con il recupero a usi agricoli delle zone laterali agli alvei, poi con l'asportazione dei sedimenti di fondo, la creazione di bacini e l'imbrigliamento. Questo aggraverà sempre di più il problema delle ricorrenti alluvioni, ancora oggi non risolto, con danni crescenti nei settori infrastrutturali e produttivi, nel frattempo sempre più diffusi nel territorio.

LA SICUREZZA IDRAULICA

I corsi d'acqua modenesi sono stati oggetto di un intenso sfruttamento, avvenuto sia attraverso l'estrazione di materiali d'alveo sia attraverso il prelievo d'acqua. Anche le sistemazioni idrauliche attuate sono state finalizzate prevalentemente a ripristini morfologici per migliorare il deflusso di piena e proteggere le infrastrutture, senza tener conto che un corso d'acqua rappresenta un insieme di relazioni fra biomassa, atmosfera, suolo e sottosuolo che costituiscono ecosistemi complessi.

Il reticolo idrografico secondario (naturale e artificiale), una volta sviluppato in bacini con ampie superfici agricole permeabili, deve oggi smaltire portate idriche gravate dalla mancata riduzione del deflusso per infiltrazione conseguente all'urbanizzazione; si verificano così frequenti esondazioni e

allagamenti per rigurgito della rete fognaria della quale il reticolo idrografico secondario costituisce, nelle aree urbane, la rete di deflusso principale.

Lo stato di dissesto idrogeologico dei corsi d'acqua principali e l'inadeguatezza di quelli secondari, sommati alla particolare conformazione idromorfologica del territorio modenese, determinano un'alta vulnerabilità territoriale e urbana che, in relazione a fenomeni idrologici intensi sempre più frequenti, si traducono in un rischio idraulico crescente rispetto agli anni '60-'70 del secolo scorso, il periodo più critico dal primo dopoguerra per frequenza ed intensità delle alluvioni.

IL RISCHIO DOVUTO AI CORSI D'ACQUA PRINCIPALI

Modena, trovandosi in una zona di cerniera fra la pianura e la catena appenninica, è idraulicamente influenzata da un territorio collinare e montano molto vasto e articolato. La pianura e i rilievi appenninici hanno orientamento da nord-ovest a sud-est e fanno sì che montagna e collina si distribuiscano in fasce parallele regolarmente degradanti verso nord. Questo andamento altimetrico determina una rete idrografica costituita da corsi d'acqua

anch'essi paralleli, ad andamento ortogonale, da sud-ovest a nord-est. Di questi i principali nascono in corrispondenza dell'asse appenninico, attraversano la montagna e la collina e si gettano nella pianura dove è collocata Modena. I due fiumi più importanti, il Secchia e il Panaro, in corrispondenza della città cambiano la loro direzione avvicinandosi e, proprio in prossimità del punto di minor distanza fra di loro, diventano arginati. Questo crea una situazione di elevata pericolosità idraulica e conseguentemente di rischio idraulico per la città che si è sviluppata proprio a ridosso di questo punto nevralgico.

IL RISCHIO DOVUTO AL RETICOLO IDROGRAFICO SECONDARIO E ALLA RETE FOGNARIA

Nell'area compresa fra gli argini dei due fiumi principali è presente una fitta rete di corsi d'acqua secondari, in parte naturale e in parte artificiale, che traggono origine dal bordo collinare (all'incirca dall'isoipsa 200 m s.l.m. di Fig. 4). A causa dell'ostacolo al libero drenaggio costituito dalla vicinanza degli argini dei fiumi Secchia e Panaro a nord della città, la rete scolante, prima ramificata, si riduce a un solo corso d'acqua – il Naviglio modenese – che viene a costituire l'unico emissario di tutti i bacini dell'alta pianura. In questa situazione anche piccole variazioni del regime idraulico possono portare a esondazioni nelle zone dove le acque non sono libere di espandersi, in particolare nell'attraversamento in sotterraneo della città dove, tra l'altro, il danno può essere elevato anche in caso di alluvioni di modesta entità.

A questa situazione di rischio idraulico ha contribuito soprattutto l'impermeabilizzazione dei suoli dovuta all'urbanizzazione che ha aumentato il carico idraulico sui bacini scolanti, fino a renderne molti a elevata criticità idraulica per eventi meteorici anche con bassi tempi di ritorno (Fig. 6).

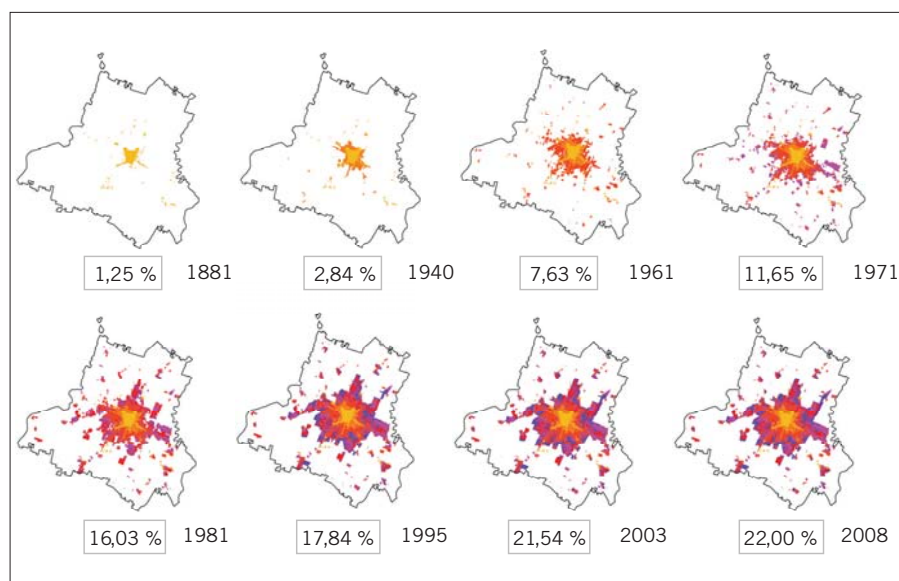


Figura 5 – Percentuale del territorio urbanizzato rispetto alla superficie dell'intero territorio comunale dal 1881 al 2008.

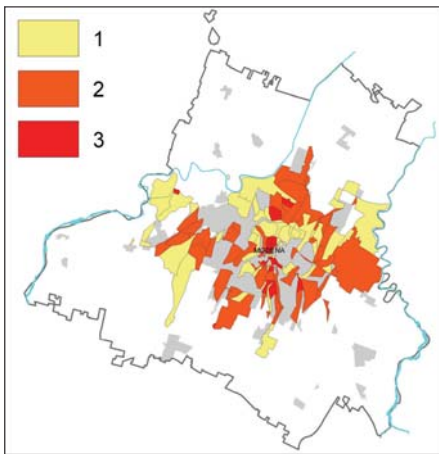


Figura 6 – Bacini di scolo urbano a diversa criticità idraulica in caso di piogge con tempo di ritorno di 20 anni. 1. Classe 3 deflusso accettabile; 2. Classe 4 deflusso critico; 3. Classe 5 deflusso particolarmente critico.



Figura 8 – La cassa di laminazione del fiume Panaro.

I PRINCIPALI EVENTI ALLUVIONALI E LA SITUAZIONE ATTUALE

Dagli anni '60 agli anni '80 si sono avute numerose esondazioni che hanno determinato l'allagamento di vaste superfici del territorio comunale (Fig. 7).

La gravità della situazione determinò, anche sull'onda dell'alluvione di Firenze del 1966 e dei lavori della Commissione parlamentare De Marchi, un forte impegno pubblico per la realizzazione di opere di sistemazione idraulica che portò, in particolare, alla realizzazione di casse di laminazione delle piene sui fiumi Secchia e Panaro.

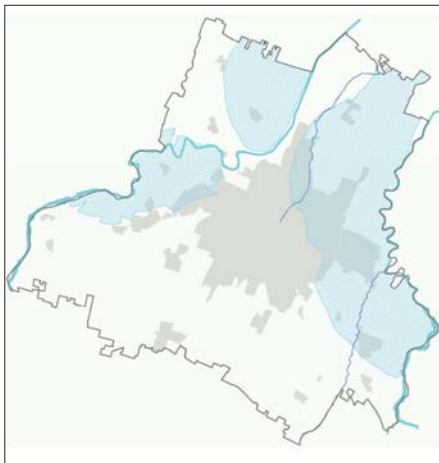


Figura 7 – Aree allagate dai fiumi Secchia e Panaro negli anni 1966, 1972 e 1973.

Dagli anni '80 fino al 2005 non si sono verificati, anche grazie a queste opere, eventi alluvionali importanti, ma da quell'anno si registrano di nuovo piene ricorrenti di intensità paragonabile o superiore a quelle del periodo precedente, quasi come se fosse iniziata una nuova fase di eventi alluvionali.

Dal confronto fra gli idrogrammi delle piene degli anni '60 e '70 e quelle dal 2000 in poi registrate alla stazione di Ponte Alto sul fiume Secchia, posta all'inizio del tratto arginato e rimasta sostanzialmente immutata nell'intero periodo, si possono osservare

queste variazioni e ipotizzare alcune fra le possibili cause (Fig 9).

Innanzitutto vi è da rilevare come sia cambiato il periodo stagionale in cui si manifestano le precipitazioni intense e prolungate causa delle piene, dal periodo settembre-ottobre a quello tardo autunnale e primaverile. Questo determina contributi idrici al suolo che si sommano allo scioglimento della neve, la cui presenza è possibile in questi periodi stagionali, caratterizzati anche da frequenti e pronunciati rialzi termici. Nel caso della piena del 23-26 dicembre 2009 il contributo dello scioglimento della neve è stato valutato nel 14-18 %.

Oltre al maggior apporto delle precipitazioni, dovuto a probabili cambiamenti climatici, si sono avute modificazioni nei tempi di propagazione delle piene a causa della mutata morfologia degli alvei fluviali, ora fortemente incisi, nei tratti collinari e allo sbocco in pianura, con importanti ripercussioni sulle altezze idrometriche al colmo durante le piene.

I maggiori volumi transitati a ogni piena successiva al 2000 sembrano dipendere non solo dalla quantità di precipitazioni al suolo, ma anche dalla diminuita infiltrazione; questo aspetto è però controverso, perché se da un parte l'urbanizzazione, sempre più estesa anche nelle zone collinari e montane ha ridotto l'infiltrazione, lo sviluppo spontaneo del bosco per l'abbandono dell'agricoltura ha prodotto l'effetto opposto.

Negli idrogrammi di Fig 9 sono evidenti le conseguenze di queste modifiche a scala di bacino: lo scioglimento della neve che determina colmi di piena "multipli", dei quali il maggiore viene prima o dopo a seconda che lo scioglimento preceda o segua le precipitazioni, il superamento dei livelli idrometrici registrati in passato, con drastica riduzione dei franchi arginali, la durata delle piene e l'allungarsi del tempo d'imbibizione dei corpi arginali con il rischio di sifonamento.

Per quanto riguarda gli eventi alluvionali determinati dal reticolo idrografico secondario e dalla rete fognaria, questi sono molto frequenti e la gravità dell'evento è in relazione alla concomitanza con piene sui corsi d'acqua principali che ne determinano il rigurgito. L'evento più importante si è verificato il 5 ottobre 1990 (Fig 10) in concomitanza con una pioggia giornaliera di 165,4 mm, la più intensa registrata a Modena dal 1830.

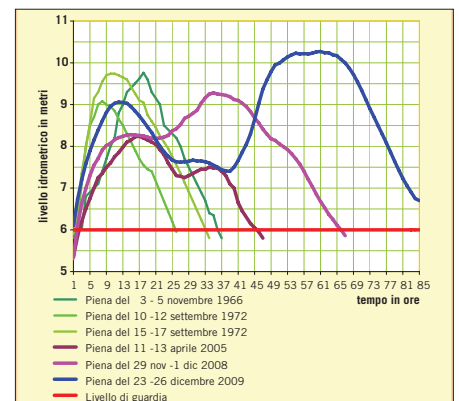


Figura 9 – Idrogrammi delle principali piene del fiume Secchia registrate dal 1950 alla sezione di Modena Ponte Alto.

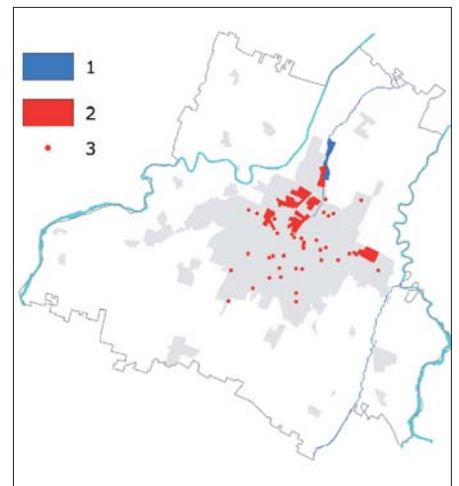


Figura 10 – Aree allagate dall'alluvione urbana di Modena del 5 ottobre 1990. 1. Aree allagate per esondazione da corsi d'acqua; 2. Aree allagate per rigurgito fognario; 3. Allagamenti localizzati.

GLI INTERVENTI EFFETTUATI E QUELLI NECESSARI

Gli interventi di regimazione idraulica effettuati in seguito alle alluvioni degli anni '70 e '80 si rivelano oggi insufficienti per garantire

gli interventi di regimazione, che richiedono lunghi tempi di realizzazione, non sono più sufficienti per garantire subito la sicurezza idraulica, anche perché queste opere, che

vengono oggi progettate con criteri che non contrastano bensì "guidano" la dinamica fluviale verso nuovi equilibri idromorfologici, sono meno efficaci nel breve termine.



Figura 11 – La forte incisione dell'alveo del fiume Secchia (a) e le opere idrauliche e infrastrutturali danneggiate dal suo abbassamento.

una sicurezza idraulica adeguata all'aumento della pericolosità idraulica derivante dalle nuove condizioni climatiche e idromorfologiche e dall'aumento del valore degli elementi esposti al rischio alluvionale. In particolare le casse di laminazione non possono trattenere volumi di piena tali da garantire la sicurezza a valle delle stesse, in relazione ai maggiori volumi in transito a ogni piena mentre i benefici degli interventi diffusi sono stati vanificati dalle radicali modifiche morfologiche "naturali" avvenute negli alvei fluviali per compensare la rottura dell'equilibrio determinato dall'intervento umano.

In questa situazione è necessario cambiare la politica di gestione del territorio, ma anche se ciò avvenisse occorrerebbero decine d'anni per avere dei risultati concreti. Nel frattempo non si possono non intensificare gli interventi secondo i criteri tecnici adottati in passato, ma per garantire un sufficiente livello di sicurezza idraulica è necessaria una seconda linea di difesa delle parti della città più sensibili ai fenomeni alluvionali: l'adeguamento delle casse di laminazione e

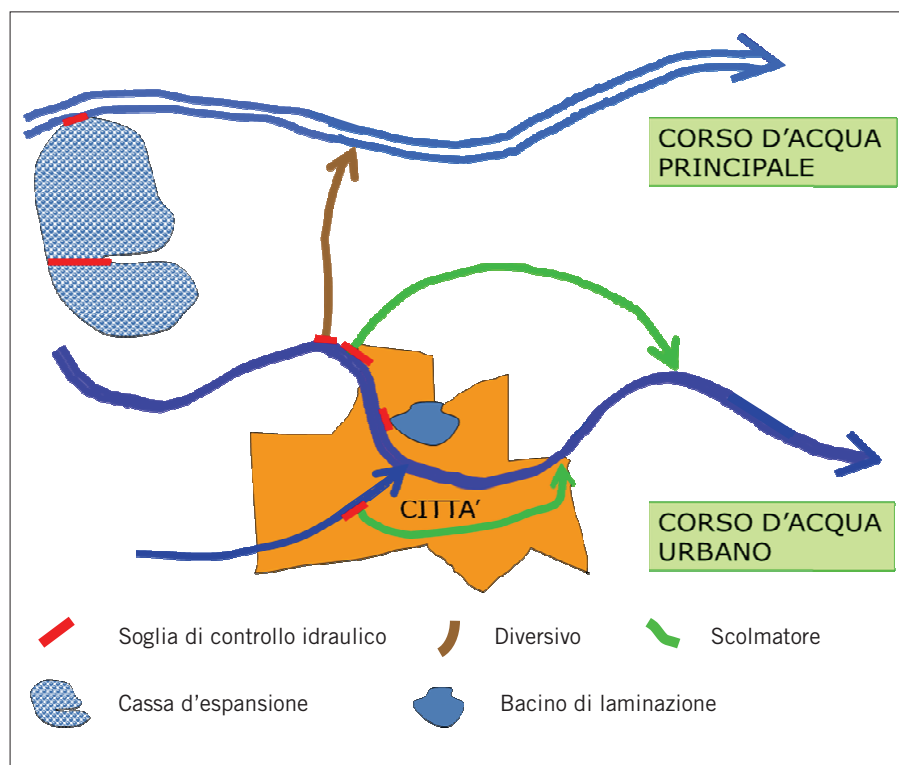


Figura 12 – Schema degli interventi proposti per il controllo idraulico in ambito urbano.

Questa seconda linea d'intervento o di "difesa" è costituita da opere che danno un beneficio locale: diversivi, scolmatori e bacini di laminazione che agiscono secondo lo schema concettuale di Fig 11.

Il primo tipo di opere consente di deviare parte delle portate idriche da un corso d'acqua a criticità elevata, cioè non in grado di smaltirle senza inconvenienti, ad un corso d'acqua in condizioni meno critiche, in genere dotato a monte dell'immissione di una cassa di laminazione.

Gli scolmatori consentono una redistribuzione delle portate in eccesso all'interno di una stessa rete, possibilmente sgravata da un diversivo a monte.

Infine i bacini di laminazione, succedanei delle casse di laminazione che in area urbana non sono realizzabili per la mancanza di spazi adeguati, consentono di applicare il principio dell'invarianza idraulica: ogni nuova urbanizzazione che determini l'impermeabilizzazione del suolo, per non accrescere il contributo idraulico alla sezione di chiusura del bacino di appartenenza, soprattutto se in condizioni critiche, deve accumulare temporaneamente, in caso di piena, in una vasca o bacino appositamente realizzato la portata aggiuntiva rispetto a quella che avrebbe prodotto prima dell'urbanizzazione, per scaricarla successivamente.

BIBLIOGRAFIA

- CARDARELLI A. (2004), *Parco archeologico e museo all'aperto della Terramara di Montale, Comune di Modena, Museo Civico Archeologico Etnologico*.
- CASTALDINI D. (1989), *Evoluzione della rete idrografica centro padana in epoca protostorica e storica*, in: Atti del convegno "Insediamenti e viabilità nell'alto ferrarese dall'Età romana al Medioevo".
- CREMASCHI M. (1982), *La Formazione fluviolacustre del Pleistocene inferiore-medio nel pedeappennino emiliano*, Soc. Geol. It., Guida alla Geologia del margine appenninopadano.
- CREMASCHI M. & GASPERI G. (1989), *L'alluvione alto-medioevale di Mutina (Modena) in rapporto alle variazioni ambientali oloceniche*, in: "Mem. Soc. Geol. It.", p. 42.
- DALL'AGLIO P.L. (1999), *La pianura padana tra storia e geografia*, in: Atti del convegno "Le pianure: conoscenza e salvaguardia", Regione Emilia-Romagna.
- DI Dio G. (1998), *Inquadramento geologico della Pianura emiliano-romagnola e del Margine appenninico padano*, Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna.
- DONDI et alii (1982), *Evoluzione sedimentaria e paleogeografica nella Pianura Padana,*

Soc. Geol. It., Guida alla Geologia del margine appenninico-padano.

GASPERI G. et alii (1987), *Evoluzione Plioquaternaria del margine appenninico modenese e dell'antistante pianura*, Note illustrative della carta geologica. Mem. Soc. Geol. It., p. 39.

IACCARINO S. & PAPANI G. (1982), *Cenni generali sulla Formazione clastica continentale del Messiniano superiore dell'Emilia occidentale, con particolare riferimento alla Sezione del T. Stirone.*, Soc. Geol. It., Guida alla Geologia del margine appenninopadano.

LODOVISI A. (2006), *Le tappe della bonifica nella pianura a sud di Modena*, Consorzio della bonifica Burana Leo Scoltenna Panaro.

LUGLI S. et alii (2004), *Composizione dei sedimenti sabbiosi nelle perforazioni lungo il tracciato ferroviario ad alta velocità: indicazioni preliminari sull'evoluzione se-*

dimentaria della media pianura modenese, Il Quaternario, 17 (2/1).

MARCHETTI M. (2002), *Environmental changes in the central Po plain (Northern Italy) due to fluvial modification and anthropogenic activities*, Geomorphology, 44(3/4).

PELLEGRINI M. et alii (1980), *La situazione morfologica degli alvei dei corsi d'acqua emiliano-romagnoli: stato di fatto, cause ed effetti*, in: Atti del convegno "La programmazione per la difesa attiva del suolo e la tutela delle risorse idriche: i piani di bacino idrografico".

RICCI LUCCHI et alii (1982), *Evoluzione sedimentaria e paleogeografica nel margine appenninico*, Soc. Geol. It., Guida alla Geologia del margine appenninico-padano.

SPAGGIARI A. (1992), *La Burana: luci ed ombre di una secolare bonificazione*, Consorzio della bonifica Burana Leo Scoltenna Panaro.



Vulnerabilità idrogeologica e subsidenza nella città di Modena

GIORGIO BARELLI
Area Ambiente della Provincia di Modena

ALESSANDRO MACCAFERRI
Libero professionista e Consigliere OGER

PARTE PRIMA – VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA E SUBSIDENZA

Considerazioni generali sulla subsidenza

All'inizio degli anni '70, il centro della città di Modena viene interessato da un fenomeno di abbassamento differenziale del suolo, che causa rilevanti problemi di officiosità alla rete fognaria, e inizia a coinvolgere i monumenti storici: il Palazzo Ducale (Accademia), il Palazzo Comunale, il Duomo, la Torre Ghirlandina, e altri edifici architettonici cittadini.

Tale fenomeno denominato subsidenza, inizia prima degli anni '70, e si sviluppa su una vasta area, che presenta in direzione est-ovest una lunghezza di almeno 12-13 chilometri. Gli abbassamenti maggiori dal 1950 al 1979 si sono avuti nel centro storico

della città: i valori più significativi sono i 45,2 cm presso il teatro Storchi, i 65,6 cm dell'Accademia Militare, e gli 83,7 cm del Tempio Monumentale (piazzale Natale Bruni, presso la stazione ferroviaria).

Al di fuori della zona urbana l'entità degli abbassamenti diminuiva, portandosi a valori dell'ordine dei 20 centimetri.

È subito apparso chiaro che il fenomeno rilevato a Modena era da porre in relazione con quelli che interessavano altre città della pianura padana, come Bologna e Ravenna.

Come è noto, a Ravenna e, soprattutto, a Bologna l'abbassamento del suolo ha raggiunto valori notevolissimi: basterà ricordare che a Bologna nel 1978 sono stati rilevati movimenti superiori a 1,7 m, con riferimento agli anni '50.

Fu subito chiaro come la causa di tale fenomeno fosse riconducibile a un elevato sfruttamento delle risorse idriche operato in quegli anni, che vedevano il prosperare di insediamenti produttivi estremamente idroesigenti.

Questi forti emungimenti di acqua dalle falde idriche del sottosuolo hanno innescato il fenomeno di abbassamento del suolo, condizionato anche dalla particolare natura e geometria dei corpi idrogeologici, di cui è costituito il sottosuolo stesso. I prelievi idrici poco controllati negli anni '60-'80 hanno costituito la causa principale a cui imputare la subsidenza a Modena: in associazione con situazioni geotecniche, geologiche e idrogeologiche particolarmente negative, possono dar luogo ad aggravamenti locali del fenomeno.

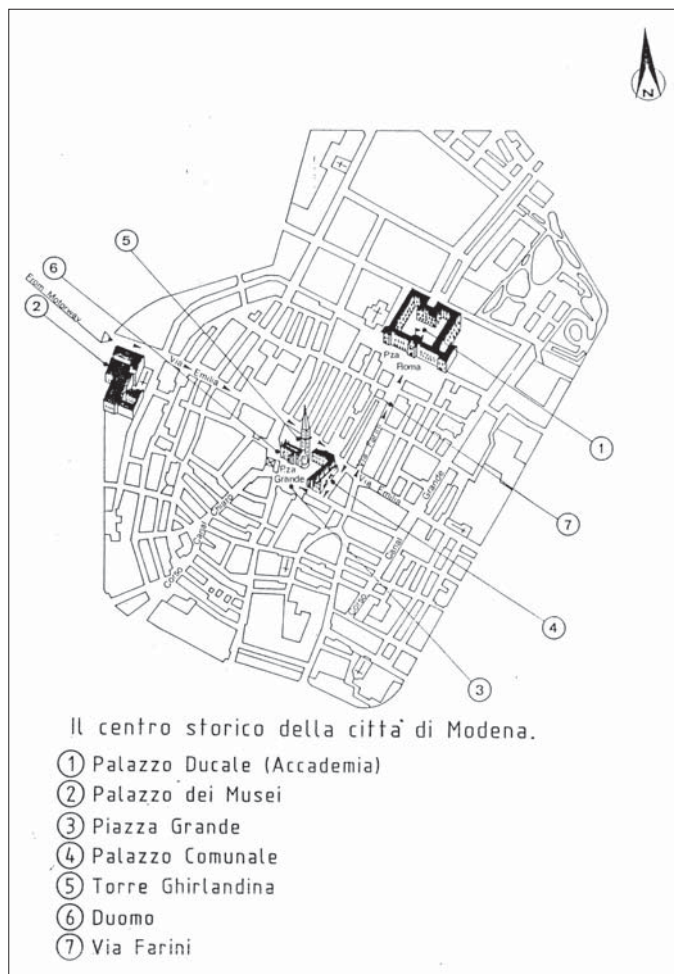


Figura 1 – Edifici storici monumentali soggetti a dissesti a causa del fenomeno della subsidenza nel centro di Modena.

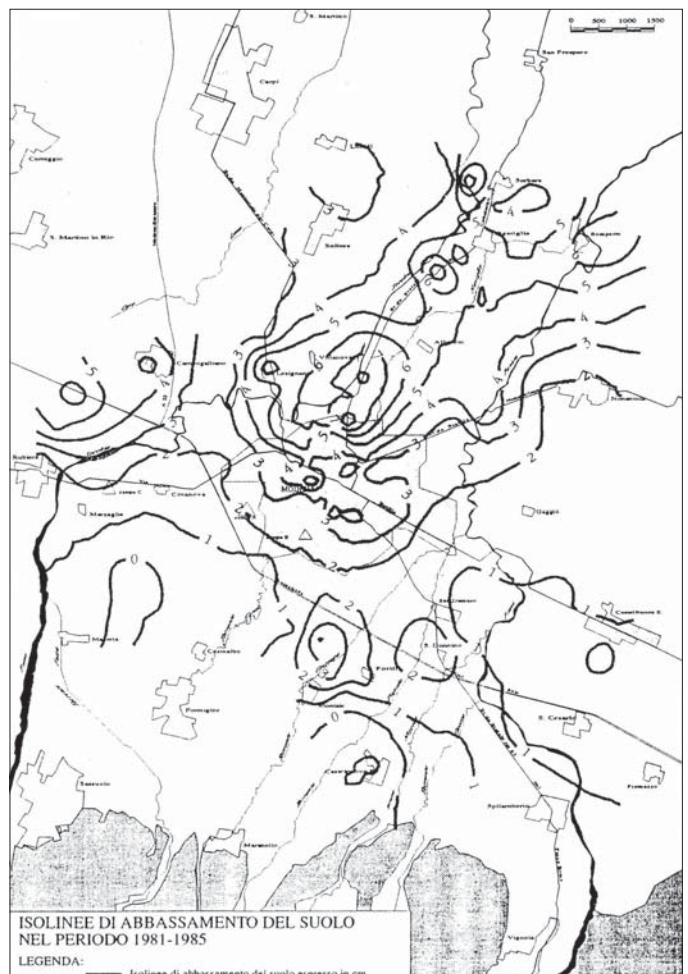


Figura 2 – Rilievi topografici 1981-1985 - Isolinee di abbassamento del suolo in comune di Modena.

Si possono citare, ad esempio, punti isolati a forte tasso di prelievo, oppure concentrazione locale di molteplici punti di emungimento, nei diversi livelli acquiferi in pressione interconnessi; strutture lentiformi delle ghiaie nel sottosuolo e notevoli asimmetrie di spessore degli strati compressibili profondi, in particolare in prossimità della chiusura del conoide; presenza sull'intero territorio modenese, a svariate profondità, di strati argillosi sottoconsolidati rispetto alla pressione geostatica attuale, la cui previsione di consolidamento e cedimento è scarsamente valutabile se non mediante indagini molto approfondite e costose. A tale proposito è interessante rilevare la presenza di notevoli abbassamenti differenziali tra punti relativamente vicini nel centro storico della città, fatto questo che induce a ritenere probabile una correlazione tra tali movimenti e le lesioni riscontrate in alcuni fabbricati del centro stesso, e che evidenzia come la differente situazione litostratigrafica possa indurre a cedimenti diversi anche in zone vicine.

Le conseguenze di tali abbassamenti hanno assunto dimensioni tali che, nel centro storico della città, alcune costruzioni hanno manifestato dissesti statici di varia natura, almeno in parte, attribuibili a tali abbassamenti; l'entità del fenomeno ha indotto il comune di Modena a predisporre e mettere in atto tutta una serie di misure sia per acquisire maggiori informazioni sul fenomeno stesso sia per monitorarlo nel tempo (rete di livellazione-strumentazione geotecnica), oltre a una serie di azioni per contrastarne la causa (un controllo dei prelievi idrici, predisposizione di reti piezometriche per le acque sotterranee).

Per quanto riguarda i rilievi topografici eseguiti in comune di Modena nel periodo 1981-1985, dalle misurazioni (isolinee di abbassamento del suolo), si evince un valore annuale medio di abbassamento di 0,8 cm.

Le isolinee di abbassamento del suolo risultanti dalle misurazioni eseguite nel periodo 1985-1992, ugualmente espresse in cm, mostrano che in tale periodo si è riscontrato un valore medio annuale di abbassamento di 1,1 cm.

Cosa è la subsidenza

È un fenomeno di abbassamento del suolo per varie cause, naturali e antropiche, caratterizzato da movimento della superficie del terreno, che interessa aree di diversa estensione, con direzione prevalentemente verticale. Si tratta di movimenti generalmente lenti, gradualmente e costanti che possono avere origini sia di tipo naturale sia antropico ma che, sempre più spesso, vengono attivati o accelerati dalla compartecipazione delle due cause. Il fenomeno è in gran parte irreversibile. La rimozione delle cause, soprattutto antropiche può far rallentare o arrestare il fenomeno, ma non permette il recupero altimetrico.

Si tratta di processi di carattere geologico che possono avere conseguenze vistose su aree molto estese. I sedimenti mano a mano che vengono ricoperti da quelli più recenti, subiscono un carico via via più elevato e diminuiscono progressivamente di volume, compatendosi. Il costipamento è rilevante nei limi e nelle argille ed ancor più nelle torbe. Sono state valutate riduzioni di volume fino al 40% di quello, iniziale. Le spinte tettoniche tra le due catene montuose quali quella Alpina e quella Appenninica hanno creato e alimentato nella pianura Padana una subsidenza naturale che viene definita strutturale e che ha accompagnato la storia geologica della pianura stessa. In questo contesto geologico l'Appennino si solleva e la pianura si abbassa, in modo differenziato e influenzato dalle strutture tettoniche profonde che individuano delle zone a diversa subsidenza (anticlinali e sinclinali). Questa differenza di subsidenza causa nella pianura delle forti differenze nello spessore dei sedimenti. Dallo spessore dei sedimenti si possono quindi dedurre informazioni sul valore della subsidenza strutturale nelle diverse zone della pianura. Considerando lo spessore di terreni sedimentati negli ultimi 600.000 anni (le aree più subsidenti sono delimitate dalle principali strutture tettoniche profonde), la subsidenza strutturale in Emilia Romagna è di circa 0,5-1 millimetri all'anno. Se si considerano intervalli di tempo

più brevi, altri fattori entrano in gioco nel determinare il valore della subsidenza naturale, come la compattazione dei sedimenti superficiali. In letteratura i valori di subsidenza naturale nella pianura padana sono indicati tra 1 e 2 millimetri all'anno. Secondo alcuni autori, in alcune zone, proprio in relazione alla compattazione dei sedimenti più recenti, il valore della velocità di subsidenza naturale potrebbe arrivare fino a 5 millimetri all'anno (Carminati *et alii*, 2003).

Cause locali

Sono processi legati in vario modo all'attività umana e come tali si presentano saltuariamente e su aree limitate: in questo caso parliamo di subsidenza antropica. Come ricordato, a Modena il fenomeno della subsidenza fu riconducibile agli ingenti prelievi idrici che avvenivano in quegli anni (fine anni '60). È noto che emungendo acqua e facendo così diminuire la pressione idrostatica lo strato da cui l'acqua viene emunta si trova a dover sopportare un maggior carico in quanto viene ridotta la spinta idrostatica di sostentamento di tutti i terreni sovrastanti. Lo strato, quindi, se compattabile, subisce una diminuzione di volume che si riflette in un abbassamento del piano di campagna. È bene ricordare che se si abbatte di una decina di metri il livello piezometrico, lo strato acquifero viene sottoposto a una sovrappres-

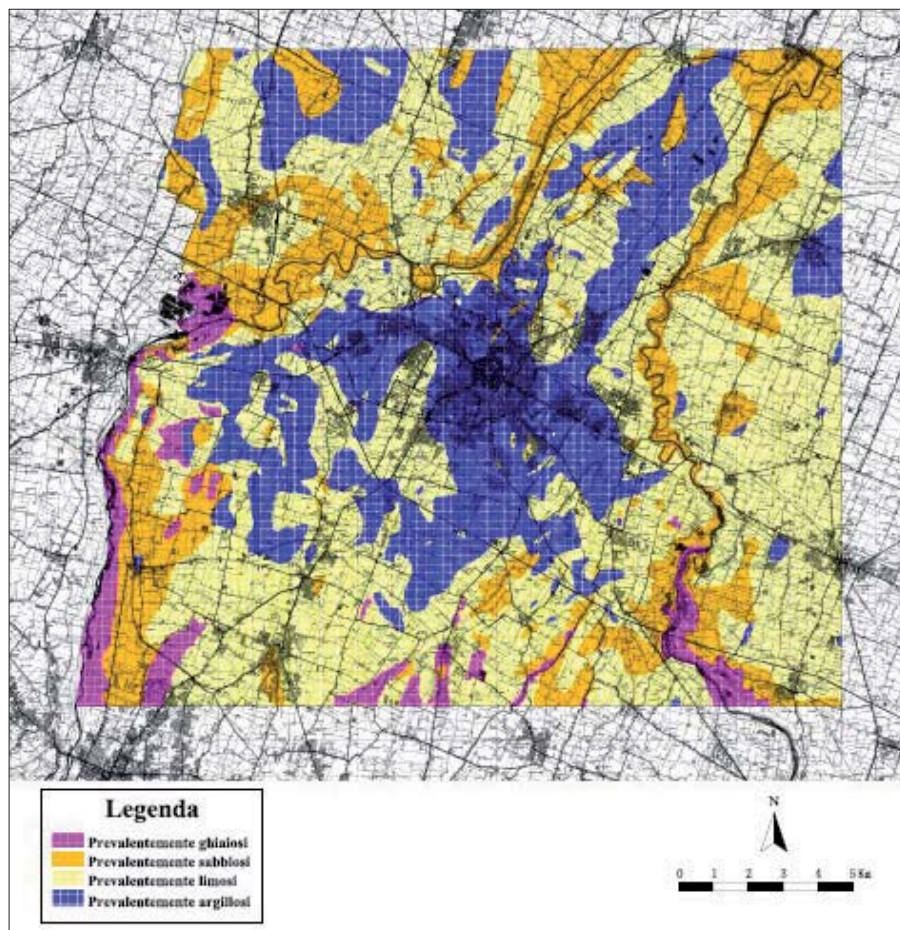


Figura 3 – Carta dei depositi geologici superficiali del comune di Modena.

sione di circa 1 kg/cm². Da quanto è stato detto, risulta che i fenomeni di origine naturale possono coinvolgere aree molto estese ed evolvono lentamente con velocità del millimetro all'anno; i fenomeni dovuti all'attività dell'uomo invece possono verificarsi anche in zone ristrette e raggiungere velocità notevoli, fino a diversi centimetri all'anno. Gli effetti della subsidenza sull'ambiente possono essere diversi, e talvolta assumere proporzioni allarmanti. Tra essi possiamo annoverare l'arretramento della linea costiera (Ravenna), il fenomeno dell'acqua alta (Venezia), i danni provocati alle reti idriche e fognarie, i dissesti provocati nelle costruzioni, quando il fenomeno interessa in modo differenziato l'area su cui si erge l'edificio (come avvenne a Modena nella zona del centro urbano). È stato richiamato in precedenza come il fenomeno della subsidenza sia ovviamente condizionato dalla particolare natura e geometria dei corpi idrogeologici di cui è costituito il sottosuolo, dalle loro caratteristiche geotecniche. Ciò era testimoniato ad esempio da cedimenti differenziali su aree del tutto simili in superficie per le quali poi le indagini condotte hanno evidenziato diverse caratteristiche litostratigrafiche. Vediamo nel caso

specifico della città di Modena un breve inquadramento geologico e idrogeologico.

Geologia

Il sottosuolo della pianura modenese è formato da depositi continentali di età Plio-quadernaria che costituiscono il colmamento del bacino padano legato all'orogenesi dell'Appennino settentrionale. La successione Plio-quadernaria ha carattere regressivo con alla base peliti e sabbie seguite da un corpo sedimentario fluvio-deltizio progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali. Il riempimento del bacino marino, fino alle condizioni di continentalità, è avvenuto attraverso eventi tettonico-sedimentari separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale. Questo andamento a impulsi successivi è testimoniato da numerose superfici di discontinuità stratigrafica che "marcano" le diverse fasi e affiorano sul margine appenninico. Il territorio è caratterizzato a ovest e a est dai depositi delle conoidi dei due fiumi maggiori, Secchia e Panaro, che si protendono verso la pianura sino circa all'altezza della via Emilia. Dal punto di vista litologico le conoidi maggiori hanno composizione prevalentemente ghiaiosa nelle aree apicali che si estendono

qualche chilometro a valle rispettivamente di Sassuolo e Vignola, e di corpi ghiaiosi alternati a peliti via via potenti e frequenti allontanandosi dall'apice; la transizione ai sedimenti fini dell'antistante piana alluvionale, avviene quindi in modo graduale. Le peliti intercalate alle ghiaie fanno parte sia della sedimentazione di conoide (overbank) sia del sistema deposizionale della piana alluvionale che si sviluppa contemporaneamente alla fronte e ai lati delle conoidi stesse. Tra i due apparati maggiori e occupanti un'area meno profonda, abbiamo le conoidi dei fiumi minori: Fossa di Spezzano, Tiepido, Guerro e degli altri torrenti più piccoli.

Questi apparati si congiungono tra loro formando conoidi composite o fasce pedemontane (bajadas). La loro litologia è prevalentemente fine, sabbioso-limosa con piccoli corpi ghiaiosi che, sotto forma di strette fasce e lenti potenti qualche metro, si dipartono dalle zone apicali dei singoli apparati. Le aree apicali delle conoidi sono qui limitate a una zona ampia meno di un chilometro dallo sbocco dei torrenti maggiori in pianura. Nelle aree antistanti le conoidi, cioè verso Nord, abbiamo la piana alluvionale che si estende da qui sino al fiume Po; i depositi della piana sono quasi sempre fini e finissimi (limi e argille), depositi per accrescimento verticale, e sabbiosi, legati a barre ad accrescimento laterale, ad argini naturali e ventagli di rotta (crevasse). Le sabbie sono generalmente disposte in fasce parallele ai corsi d'acqua attuali, larghe anche qualche centinaio di metri e lunghe qualche chilometro. Gli altri depositi, limi e argille, hanno una distribuzione del tutto irregolare. La conoide di Modena costruita nell'alto-medioevo dal torrente Cerca-Fossa ha particolare rilievo geomorfologico e con le altre tre adiacenti occupa una posizione anomala spostata molto più a nord rispetto a tutte le altre conoidi dei corsi minori. Il controllo della sedimentazione del territorio modenese in esame è avvenuto sia a opera di movimenti tettonici, sia a opera di variazioni climatiche che, con il loro vario modo di combinarsi e interferire nel tempo, hanno regolato l'evoluzione dell'area. Precisato quanto sopra, dal punto di vista litostratigrafico, risulta che Modena si trovi su una coltre detritica depositata dai corsi d'acqua sia principali (Secchia) che minori, per uno spessore oscillante tra i 250 m a sud e i 350 m a nord del centro cittadino. La struttura dei depositi, messa in luce dalle stratigrafie dei pozzi perforati per captazioni idriche, mostra repentine variazioni di litologia nei corpi alluvionali, sia verticalmente che orizzontalmente, con sequenze di strati a granulometria e tessitura alternamente fine e grossolana, dovute al divagare di corsi d'acqua nella pianura (Colombetti *et alii*, 1980; Francani *et alii*, 1984).

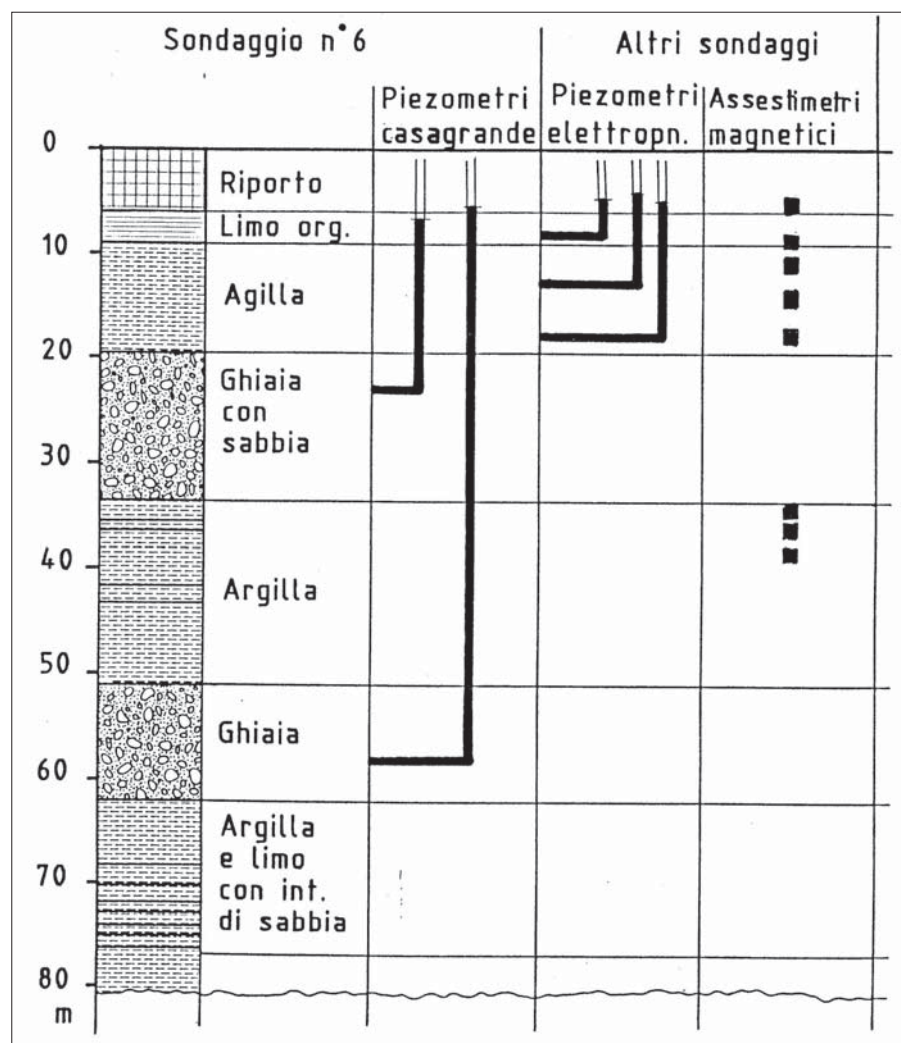


FIG. 4 – Schema stratigrafico del sottosuolo di Piazza Grande, e disposizione della strumentazione geotecnica di controllo della subsidenza.

Per quanto attiene il modello idrogeologico il sistema acquifero sotterraneo della città di Modena è condizionato dalla situazione idrogeologica del territorio sotteso a monte, caratterizzato dalla presenza dei corpi alluvionali (conoidi) formati dai corsi d'acqua appenninici al loro sbocco in pianura. Il sistema deposizionale delle conoidi determina nel sottosuolo la presenza di corpi permeabili (ghiaiosi e sabbiosi) sede di falde acquifere, intercalati da altri meno permeabili (limosi e argillosi); i primi diminuiscono di spessore man mano che ci si allontana dal margine collinare, e si suddividono in più livelli, assottigliandosi fino a scomparire nella zona a nord della città.

La massima potenzialità, come spessore, numero e ricchezza di acque, si ha nel corpo centrale della conoide del fiume Secchia che in massima parte ricade nel comune di Modena. Sono infatti presenti campi acquiferi di grande potenzialità in diverse località (Marzaglia, Baggiovara, Saliceta S. Giuliano, Cognento). L'alimentazione delle falde acquifere avviene prevalentemente presso il margine collinare e in prossimità degli alvei, laddove le ghiaie arrivano fino alla superficie del suolo, attraverso l'infiltrazione di acque meteoriche o fluviali. La circolazione sotterranea delle acque avviene da sud in direzione nord/nord-est; quando le falde si approfondiscono e sono ricoperte da livelli poco permeabili, vanno in pressione e le acque risalgono lungo la colonna dei pozzi di prelievo, fino a raggiungere un equilibrio dovuto al principio dei vasi comunicanti. Nel territorio comunale gli acquiferi captati sono di tipo confinato, con falde in pressione, e non ricevono alimentazione da aree poste entro i confini amministrativi.

Dal punto di vista litostratigrafico, per ciò che riguarda la presenza di falde sotterranee, i dati a disposizione hanno permesso di differenziare, all'interno dei primi ottanta metri di profondità, tre distinti livelli permeabili saturi:

- una prima falda, sospesa in strati limo-sabbiosi di modesto spessore e profondi appena qualche metro, caratterizzata da oscillazioni freatiche assai poco marcate, ad andamento spiccatamente stagionale;
- un secondo livello con acqua in pressione, molto più importante del precedente all'interno di un banco ghiaioso a profondità compresa fra 19/35 m dal p.c., che si mantiene continuo per una vasta area;
- un terzo orizzonte saturo, pure sede di una falda in pressione, con caratteristiche idrogeologiche molto simili alla superiore, che si sviluppa in profondità, mediamente da 50 a 62 m dal p.c., anch'esso ben definito arealmente per una notevole estensione.

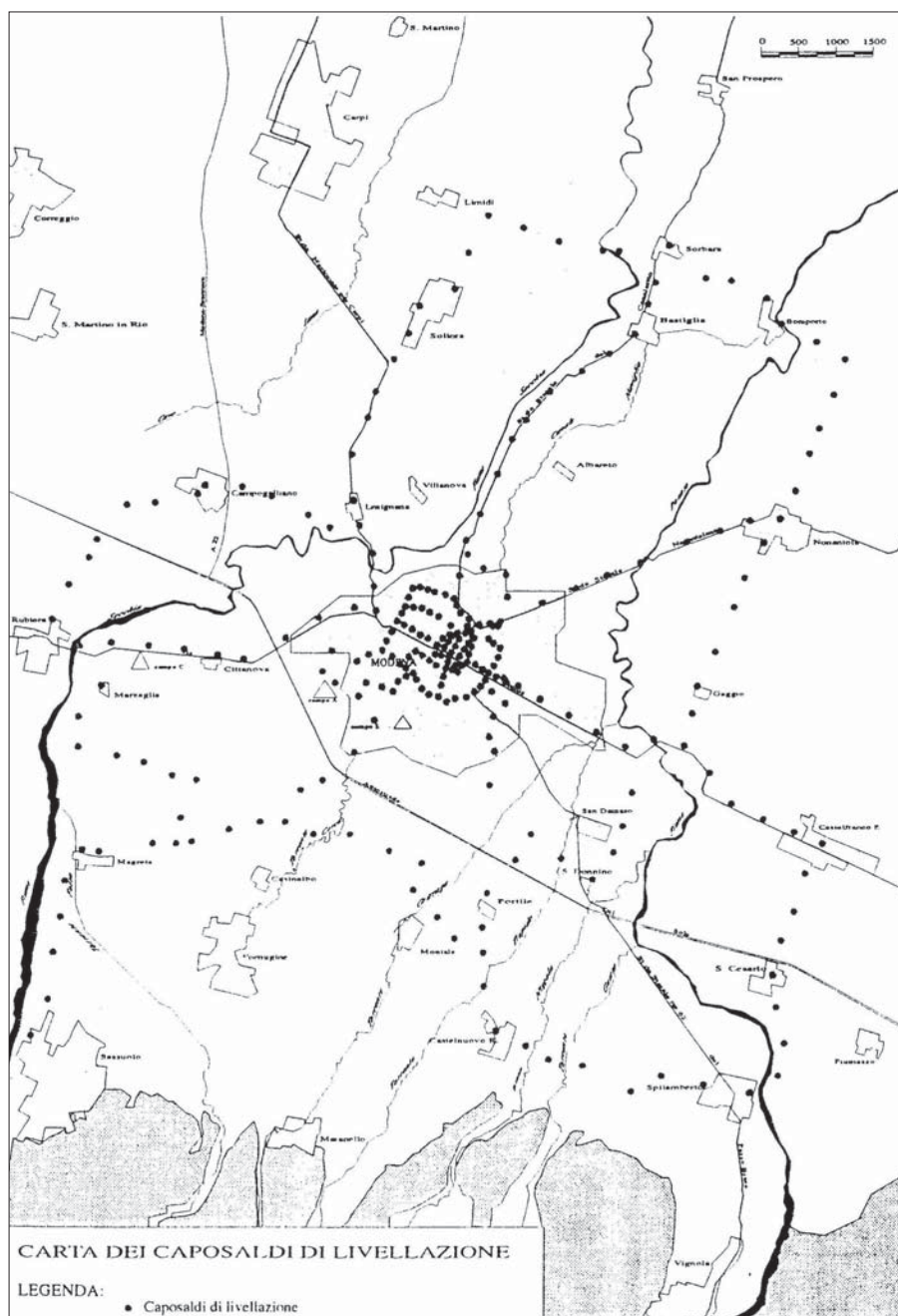


Figura 5 – Rete di livellazione del comune di Modena. Ubicazione dei caposaldi.

È verosimile poi che a profondità maggiore di 80 m si possano incontrare ulteriori livelli permeabili saturi più o meno potenti.

Stante la situazione geologica e idrogeologica sopra descritta, abbiamo che l'area urbana di Modena è caratterizzata da una vulnerabilità, dove per vulnerabilità si intende l'attitudine specifica di un sistema acquifero a ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idroveicolato, tale da produrre un impatto sulla qualità dell'acqua, sostanzialmente medio-bassa.

Non è possibile condizionare la qualità delle acque sotterranee in modo significativo entro il comune di Modena (se si esclude naturalmente la possibilità di atti dolosi che portino inquinanti direttamente alle falde profonde attraverso pozzi); è al contrario possibile incidere significativamente sugli equilibri ricarica-prelievi.

Nel caso specifico del fenomeno della subsidenza si può parlare più di una vulnerabilità quantitativa (prelievi che superano la capacità di ricarica degli acquiferi) ancorché qualitativa, non avendo registrato per l'area urbana significativi fenomeni di inquinamento delle acque sotterranee.

PARTE SECONDA - LA SUBSIDENZA A MODENA (1980-1995)

Gli studi sulla subsidenza a Modena (1980-1995)

Come anticipato nella prima sezione, a partire dai primi anni '70 il territorio comunale modenese presentava già considerevoli effetti negativi causati dalla subsidenza, quali le lesioni riscontrate su edifici storici (e in particolare l'Accademia, o Palazzo Ducale), e le significative perdite di pendenza

sia nella rete idrica di approvvigionamento che in quella fognaria (nel quartiere della Sacca).

Gli amministratori del comune di Modena hanno deciso pertanto, nei primi anni '80, di allestire una indagine dettagliata, mirata alla definizione delle caratteristiche della subsidenza sul territorio modenese, con la finalità di individuare le contromisure necessarie al fine di preservare da lesioni i monumenti del centro storico cittadino, e mantenere la necessaria officiosità idraulica dell'intera area urbana e periferica.

imputata alla dissipazione delle pressioni interstiziali negli acquitardi, originati dall'abbassamento della falda a seguito di deficit idrici persistenti, negli anni '80 venne realizzata una prima rete comunale di controllo dei pozzi per la determinazione della piezometria e del chimismo delle acque sotterranee, in collaborazione tra Comune (Servizio Ambiente), Servizio Igiene Ambientale e Presidio Multizonale di Prevenzione della USL (strutture divenute nel tempo il nucleo centrale della attuale ARPA-Ambiente, cui oggi compete il monitoraggio delle falde), in seguito estesa

cura del prof. P. Russo), è costituita da circa 280 caposaldi, appoggiati a un caposaldo geologicamente stabile, presso Castellarano (RE), ed è suddivisa in diverse linee.

Si è poi arrivati alla definizione di un programma di studi (coordinato dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano, con la direzione del prof. Cancelli), per la conoscenza delle caratteristiche geotecniche del sottosuolo urbano con particolare dettaglio del centro storico.

Infine, contemporaneamente alle indagini territoriali per definire i parametri geologici

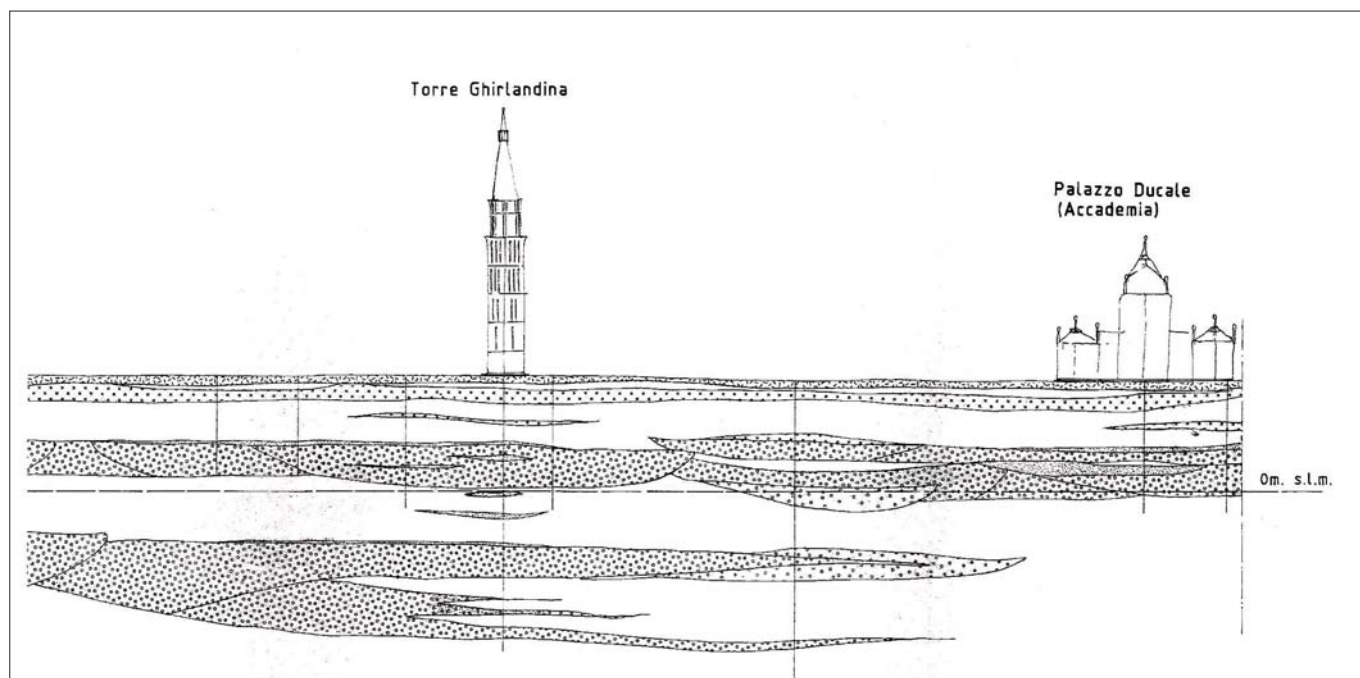


Figura 6 – Ubicazione delle indagini geotecniche nell'area di piazza Grande a Modena.

Le modalità con cui si è allestita e svolta tale iniziativa, che ricomprende un ciclo quindicennale di analisi della subsidenza, rappresentano un esempio significativo di intervento di geologia urbana, secondo le modalità di sostenibilità ambientale e territoriale, che è opportuno richiamare all'interno di un convegno dedicato alla vulnerabilità idrogeologica.

È interessante poi notare come alla iniziativa abbiano partecipato esperti (tra cui in particolare geologi specializzati nei diversi campi della materia), e che i risultati finali siano il frutto di un prolungato lavoro collettivo interdisciplinare.

Innanzitutto, gli indirizzi scientifici di base alla amministrazione modenese, furono formulati dal Comitato Tecnico Scientifico allora esistente presso il comune di Modena, e tradotti in atti operativi dai responsabili tecnici del Settore Ambiente del Comune (che in seguito hanno poi diretto e coordinato l'intera struttura operativa della raccolta dati ed analisi effettuata durante lo studio della subsidenza).

Poiché una delle principali cause del fenomeno di subsidenza nelle aree di pianura è

all'intera pianura modenese con l'intervento del C.N.R. (Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche).

Il secondo aspetto da affrontare per lo studio della subsidenza era poi legato alla necessità di acquisire informazioni attendibili sulla reale entità e distribuzione territoriale degli abbassamenti del suolo comunale.

A tale proposito, nello stesso periodo, è stata istituita una rete comunale di caposaldi per livellazioni topografiche di precisione. La rete, costituita da circa 280 caposaldi appoggiati a un caposaldo di accertata stabilità geologica, risultava più dettagliata all'interno del centro urbano, area maggiormente vulnerabile al fenomeno. Proprio all'interno del centro urbano fu istituita una microrete per livellazioni di alta precisione nell'area monumentale della città, coordinata con indagini sul terreno e con l'installazione di strumentazione geotecnica di precisione. Per quanto riguarda il controllo topografico dell'abbassamento del suolo sono state eseguite livellazioni negli anni 1981, 1982-83, 1985 e 1992.

La rete (sotto il coordinamento dell'Istituto di Topografia dell'Università di Bologna, a

responsabili del fenomeno di subsidenza, per il controllo delle piezometrie delle falde, allo studio dei parametri geotecnici che regolano il comportamento del sottosuolo in relazione alla subsidenza, e alla definizione areale dei movimenti verticali del suolo, l'amministrazione comunale ha individuato anche altri provvedimenti per arginare il fenomeno, quali prescrizioni amministrative e normative al fine di contenere i prelievi e i consumi di acqua delle falde (ordinanze sull'applicazione dei contatori nei pozzi, sui canoni di depurazione fognaria e sui ricicli delle acque di raffreddamento), e la ricerca di alternative all'uso delle acque sotterranee a scopo industriale (come la derivazione di acque superficiali dalla traversa di Castellarano, attivando l'Acquedotto a usi plurimi).

Lo studio idrogeologico degli acquiferi modenesi

Il principale risultato fornito dalla rete di monitoraggio delle acque di falda fu la prima caratterizzazione scientifica degli acquiferi modenesi, con le correlazioni della piezometria della falda all'andamento delle precipita-

zioni sul territorio e alle dispersioni fluviali di subalveo, e il riscontro dei trend negativi della soggiacenza causati dei prelievi idrici.

Al confronto con diverse quote piezometriche degli anni cinquanta, a metà degli anni settanta sul territorio modenese si registrava un abbassamento dei livelli piezometrici fino a 10 m; in seguito, a partire dagli anni ottanta, in concomitanza con l'attuazione dei provvedimenti amministrativi di riduzione dei prelievi, si è assistito a un lento ma costante recupero delle quote piezometriche, fatto salvo un periodo particolarmente siccitoso tra il 1986 e il 1988, con valori, nel centro cittadino, negli anni 1995, 1996, 1997, di circa 2-3 metri dal piano di campagna.

In base agli studi ed elaborazioni cartografiche condotte da ARPA, si evidenzia come dal 1998 a oggi il livello di soggiacenza della falda abbia subito di nuovo un abbassamento per attestarsi ai valori odierni compresi tra i 15 m delle zone a sud-ovest fino a qualche metro verso il centro cittadino e nella zona a nord-est del territorio comunale. Nella cartografia di soggiacenza della falda 1:25.000, ove sono riportate le isopieze di riferimento relative alla soggiacenza della falda nell'anno 2004, è possibile evidenziare con maggiore dettaglio l'andamento della falda sul territorio comunale rispetto al piano di campagna.

La caratterizzazione geotecnica del sottosuolo cittadino modenese

Nello studio geotermico erano previste numerose indagini dirette sul terreno, analisi di laboratorio su campioni prelevati a diverse profondità, installazione di strumentazione geotecnica di precisione (piezometri tipo Casagrande ed elettropneumatici, stazioni di assesti-metri magnetici) con relativa misurazione periodica ed elaborazione cartografica dei risultati rapportata alla evoluzione della piezometria per un medesimo periodo di osservazione.

Per definire un modello geotecnico del sottosuolo modenese si è provveduto a raccogliere i dati relativi a profondità del tetto delle ghiaie, prove penetrometriche, analisi di laboratorio, ecc., ricavati dalla bibliografia pubblicata o da studi inediti, per l'intero territorio al fine di poterne valutare le risposdenze geotecniche connesse alla subsidenza.

Sui campioni di terreno prelevati in piazza Grande a diverse profondità (fino a 85 m) sono stati effettuati test presso il laboratorio del Politecnico di Milano, per evidenziarne le caratteristiche di compressibilità, avere indicazioni sull'omogeneità di comportamento geotecnico del sottosuolo e poter stimare eventuali margini residui di compressione del terreno in profondità.

I sondaggi e le prove penetrometriche ef-

modenese, evidenziata dalle livellazioni topografiche, è la presenza di aree fortemente cedevoli vicine e alternate irregolarmente ad aree relativamente stabili.

Le analisi geotecniche sui campioni hanno infine permesso di stimare una compressione potenziale del sottosuolo, dal piano di campagna fino a 85 m di profondità, di circa 1 m: di questo valore nel periodo 1950-1985 si sono già esauriti 50-60 cm, in seguito all'abbassamento delle quote piezometriche: il progressivo rimpinguamento delle falde avrebbe dovuto garantire da un'ulteriore ripresa di uno sprofondamento «selvaggio» nell'immediato futuro.

Poiché il monitoraggio delle acque sotterranee confermava, pur con brevi battute d'arresto, in corrispondenza di periodi particolarmente siccitosi, una tendenza a risalire e d'altra parte le letture della strumentazione scientifica (Assestimetri), non evidenziavano variazioni significative, si era ritenuto di avere ormai sotto controllo l'intero fenomeno.

La strumentazione geotecnica del centro cittadino

La strumentazione geotecnica installata in piazza Grande nel 1984 è stata da allora regolarmente misurata con cadenza mensile, fino a disporre di un trend pluriennale indicativo del comportamento del sottosuolo urbano; nel 1987 altre stazioni di assestimetri magnetici all'immediata periferia del centro storico sono entrate a far parte della strumentazione di controllo della subsidenza.

I dati relativi alla strumentazione geotecnica del centro storico evidenziano che la pressione dell'acqua nelle argille, misurata con piezometri elettropneumatici, conferma una tendenza all'aumento del fenomeno. La misura diretta della compattazione dei terreni in profondità, effettuata con gli assestimetri, inoltre, mostra come sia gli strati più superficiali, sia quelli più profondi, abbiano subito compressioni. I risultati emersi dall'elaborazione dei dati inducono attenzione, soprattutto in relazione al fatto che periodi siccitosi, anche se limitati, possono determinare una consistente ripresa del fenomeno di compressione che interessa strati di terreno più profondi. È da notare che l'effetto di abbassamento può risultare diverso anche in aree ravvicinate, a causa della disomogenea costituzione del sottosuolo dell'area urbana, dove la profondità del primo livello ghiaioso non compressibile varia tra i -13 m a sud e i -28 m a nord, e della stratigrafia, con prevalenza di alternanze di terreni a diverso grado di compressibilità.

Le livellazioni topografiche

Per quanto riguarda il controllo topografico dell'abbassamento del suolo una prima

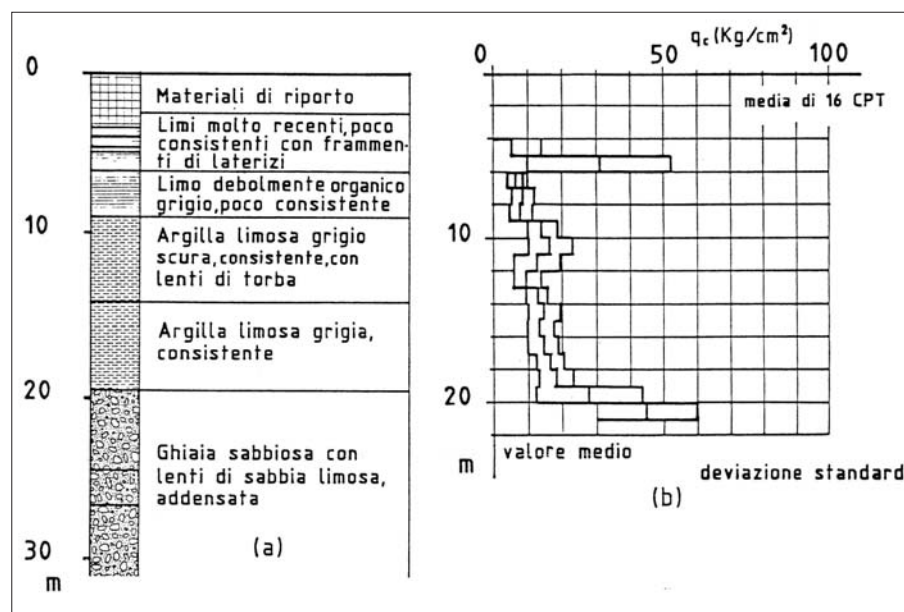


Figura 7 - Raffronto tra stratigrafia e resistenze penetrometriche nel primo banco argilloso di piazza Grande.

Le falde sotterranee modenese, storicamente caratterizzate dalla prevalenza dei livelli idrici sul piano di campagna (da cui la denominazione pozzi artesiani o modenese), hanno subito, a partire dagli anni '60, un progressivo impoverimento causato in particolare dai prelievi idrici del quartiere industriale Modena nord, fino a un abbassamento dei livelli piezometrici dell'ordine dei 10 m, raggiunto a metà degli anni '70.

fettuati in piazza Grande al momento dell'installazione geotecnica avevano mostrato una notevole omogeneità nel comportamento del sottosuolo, confermata ulteriormente dalle prove di laboratorio sui campioni di terreno prelevati fino a 80 m di profondità.

Questa omogeneità di comportamento tuttavia si perde rapidamente allontanandosi dall'area monumentale: in effetti una delle caratteristiche più evidenti della subsidenza

e completa livellazione è stata eseguita nel 1981, contemporaneamente alla realizzazione della rete di caposaldi e a questa ne è seguita una parziale nel 1982-1983, mentre nel 1985 è stata ripetuta l'intera operazione del 1981, e nel 1992 una parziale.

Confrontando le livellazioni del 1981-1985 con quelle storiche (IGM, Catasto, Agip, Carra) è stato possibile inoltre elaborare una cartografia territoriale degli abbassamenti del suolo dal dopoguerra all'attuale.

La microrete di piazza Grande, livellata a partire dal 1984 con cadenza semestrale, si proponeva di segnalare movimenti differenziali nello sprofondamento del suolo per l'area monumentale e fornire un controllo incrociato dei dati rilevati dalla strumentazione geotecnica ivi installata.

L'abbassamento del suolo nel tempo costituisce senza dubbio l'indicatore più significativo; sarebbe però necessario separare l'abbassamento del suolo per subsidenza naturale da quello per intervento antropico. Per la rilevazione dell'abbassamento del suolo sono stati utilizzati, oltre ai dati piezometrici della rete di monitoraggio delle acque sotterranee, gli abbassamenti registrati attraverso le due reti di livellazione, quella generale e quella dell'area monumentale.

Rete di livellazione generale comunale

Lo sviluppo dei movimenti verticali nel periodo 1950-1981, ricostruito in base alle livellazioni topografiche esistenti, presenta una configurazione con isolinee concentriche sviluppate attorno a un polo principale, centrato nel quartiere industriale Modena Nord, con un valore massimo di abbassamento di 84 cm e valori medi di abbassamento di 8-10 cm/anno.

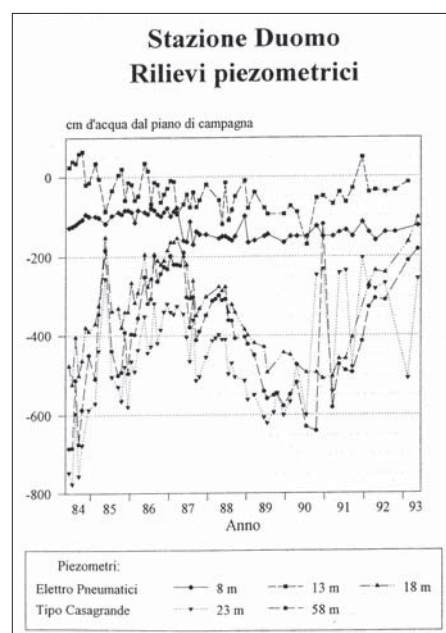


Figura 8 – Raffronto tra i rilievi piezometrici ed elettropneumatici nella stazione geotecnica "Duomo", in piazza Grande.

Dalle misurazioni condotte nel periodo 1981-1985 si evidenzia come il territorio maggiormente subsidente si colloca lungo una direttrice SW-NE, con valori massimi rilevati ancora a nord della città nei terreni agricoli compresi tra i due corsi d'acqua principali.

I tassi di abbassamento sono dell'ordine di 0.5-1 cm/anno. Questi dati potevano far supporre che il valore annuale di abbassamento, attestato a circa 0.8 cm/anno, fosse dovuto prevalentemente alla componente naturale e che la componente antropica fosse trascurabile perché le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati facevano prevedere un esaurimento del fenomeno, soprattutto in seguito alla stabilizzazione dei livelli piezometrici.

L'elaborazione dei rilievi degli anni 1985-1992, anche se riferita a un'area più ristretta, fa però notare che il fenomeno di subsidenza

continua con una velocità di abbassamento del suolo che è passata da 0.8 cm/anno a 1.1 cm/anno, con un abbassamento medio nel periodo di 7-8 cm (Paltrinieri *et alii*, 1995, Quaderni di geologia applicata).

Sono inoltre evidenti diverse aree in cui vengono registrati abbassamenti relativi più consistenti, come la zona sud-ovest della città.

La cartografia realizzata coi risultati delle livellazioni topografiche di precisione ha evidenziato una evoluzione nel tempo nella distribuzione degli abbassamenti del suolo nel territorio.

Nel periodo 1950-1981 infatti, lo sviluppo dei movimenti verticali del suolo presentava una configurazione con isolinee concentriche sviluppate attorno a un polo principale, centrato nel quartiere industriale a Modena Nord con un valore massimo di abbassamento di 84 cm.

Le risultanze delle misurazioni 1981-1985 invece avevano messo in luce una dif-

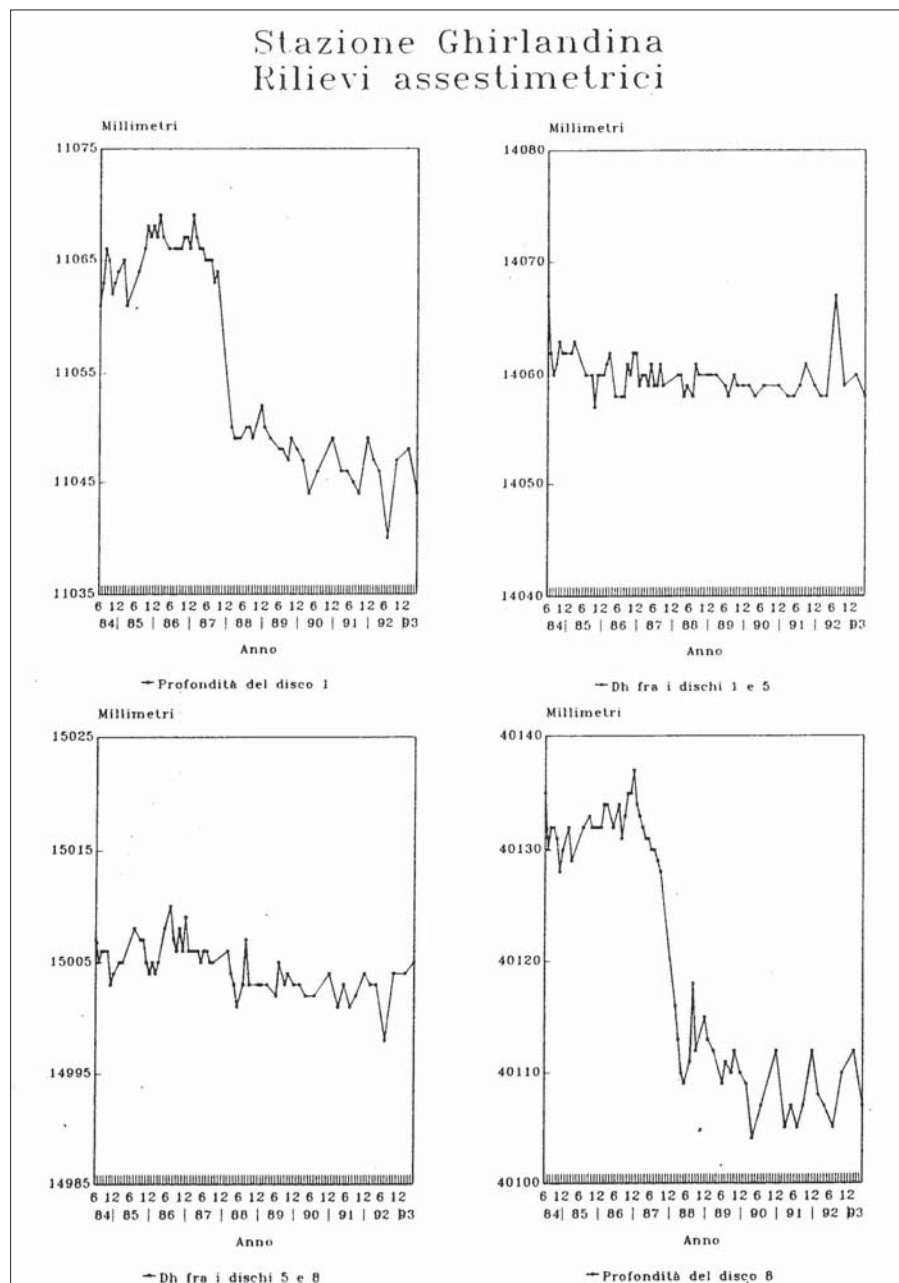


Figura 9 – Rilevi degli assestimetri nella stazione geotecnica "Ghirlandina", in piazza Grande.

ferente distribuzione delle aree soggette a subsidenza: in questo quinquennio infatti il territorio maggiormente interessato si colloca lungo una direttrice SW-NE, e i valori massimi di abbassamento si riscontravano a nord della città, nei terreni agricoli compresi tra i corsi dei fiumi Secchia e Panaro: i tassi di abbassamento inoltre erano di circa un ordine di grandezza inferiori rispetto ai precedenti: 0,5/1 cm/anno contro gli 8/10 cm/anno del periodo precedente.

Microrete del centro storico

La livellazione eseguita nel 1992, è stata parziale e impostata come verifica dei movimenti possibili sia lungo una linea sud-nord che attraversa la città sia nell'immediato perimetro del centro storico, tuttavia è risultata sufficiente affinché l'elaborazione dei dati raccolti, effettuata nel corso dell'anno '93, potesse consentire di evidenziare alcuni

aspetti preoccupanti rispetto ai risultati analizzati nel 1985 e nel 1989 che erano invece stati tranquillizzanti sia per il valore annuale di abbassamento, attestato a circa 0,8 cm/anno, sia per il fatto che le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati facevano prevedere un esaurimento del fenomeno soprattutto a fronte di una stabilizzazione dei livelli piezometrici.

La rete di livellazione ARPA

I dati della rete di monitoraggio comunale, che, come precedentemente descritto, si esauriscono ai primi anni novanta, sono stati integrati con quelli derivanti dalla rete di livellazione creata da ARPA in seguito all'affidamento dell'incarico della regione Emilia Romagna nel dicembre del 1988. La rete regionale di controllo della subsidenza è basata sul rilevamento ed elaborazione di dati provenienti sia da una rete di livellazione

geometrica che da una rete di monitoraggio tramite strumentazione GPS.

Per quanto concerne nello specifico il comune di Modena, sono state svolte misure di livellazione geometrica nell'anno 1999 e rilievi GPS negli anni 1999 e 2002. La rete di livellazione geometrica all'interno del territorio comunale consta di 33 punti di rilevamento, tutti collocati in prossimità della via Emilia, mentre la rete GPS, a fronte di 56 punti a livello regionale, presenta un solo punto di misura all'interno del comune di Modena.

Dalle livellazioni geometriche condotte da ARPA nel 1999 si evidenzia come il territorio comunale presenti, nel periodo considerato compreso tra il 1985-99 (poiché i rilievi della rete comunale sull'asse della via Emilia risalgono per lo più al 1985), velocità massime di oltre 1,5 cm/anno. In generale lungo tutto questo tratto si registra un leggero aumento degli abbassamenti sia rispetto al periodo 1981-85 sia rispetto al periodo 1985-1992. L'andamento delle quote relativo al caposaldo del Palazzo Comunale di Modena evidenzia un aumento, seppur contenuto, dell'abbassamento nell'ultimo periodo rispetto al periodo precedente.

Le elaborazioni delle rilevazioni svolte negli altri punti della via Emilia evidenziano, nel periodo considerato, livelli medi di abbassamento compresi tra 1,0 e 1,5 cm, con valori più prossimi all'unità lungo via Emilia Est in crescita procedendo in direzione ovest.

Per quanto concerne i dati relativi alla rete GPS costituita dall'ARPA occorre ricordare come la limitatezza del numero di rilevazioni sia in termini spaziali (è infatti presente un unico punto di monitoraggio sul territorio comunale, localizzato nel quartiere Cittanova) che temporali (due sole rilevazioni svolte nel 1999 e 2002), nonché l'errore associato a tale tipologia di misurazioni (stimato in 0,7 cm/anno) non consentano di considerare significativo il dato in relazione all'analisi del fenomeno della subsidenza sul territorio comunale.

Pur tuttavia per il caposaldo n° 13 della rete regionale (Cittanova - Modena), così come per l'intera provincia di Modena, si osserva una riduzione del fenomeno della subsidenza, che si attesta ora su 0,5 cm/anno. Per le caratteristiche della rete di monitoraggio GPS tale valore, con le cautele espresse precedentemente, può essere considerato rappresentativo esclusivamente per un'area di raggio non superiore a 2 km rispetto al punto monitorato.

In relazione ai dati rappresentati nei capitoli precedenti è stata redatta una cartografia basata principalmente, per ricchezza di contenuti sia in termini di numero di punti che di misurazioni svolte, sulla campagna di misure svolte nel 1985 e aggiornata in parte

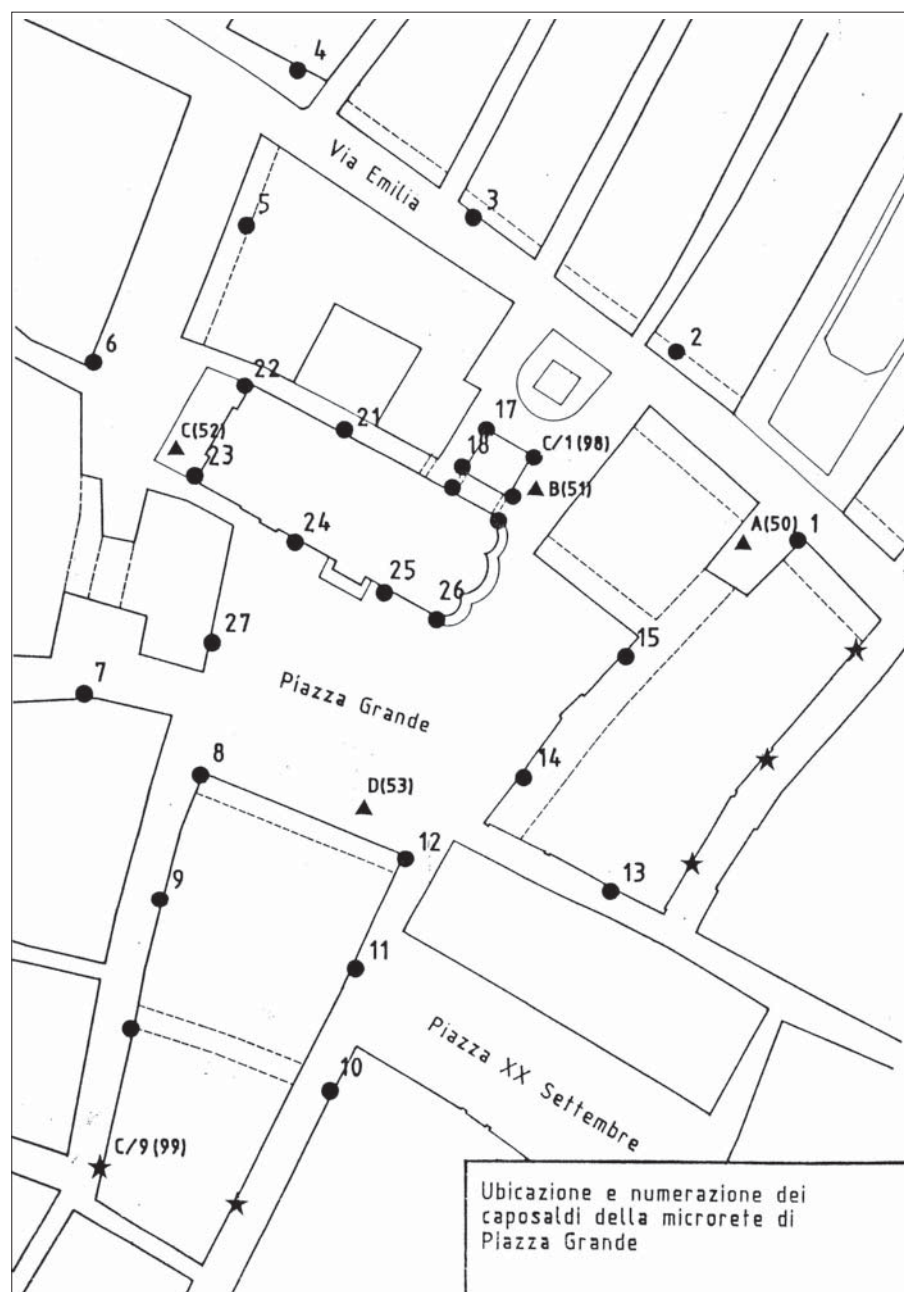


Figura 10 – Microrete di livellazione del Comune di Modena in Piazza Grande. Ubicazione dei caposaldi

nel 1992. Con riferimento a tale rete di rilevamento (i cui dati risultano peraltro confermati dalla rete di livellazione geometrica realizzata di recente da ARPA), è stato possibile definire le isolinee di eguale abbassamento del suolo, che hanno permesso la realizzazione di una cartografia di base nella quale sono state individuate le aree a diversi livelli di subsidenza. In particolare, in relazione all'abbassamento del suolo riscontrato nel periodo 1985-1992 sono state distinte le porzioni di territorio nelle seguenti classi:

- subsidenza bassa: ove l'abbassamento si attesta all'interno dell'intervallo 0 - 5 cm;
- subsidenza media: abbassamento del suolo compreso tra 5 - 7 cm;
- subsidenza alta: abbassamento del suolo compreso tra 7 - 9 cm;
- subsidenza elevata: abbassamento del suolo compreso tra 9 - 14 cm;
- subsidenza estremamente elevata: abbassamento del suolo compreso tra 14 - 17 cm.

In relazione all'età di tali rilevamenti, nonostante le conferme registrate su alcuni punti del territorio da parte dei monitoraggi eseguiti dall'ARPA regionale, risulta comunque evidente come per approfondire in maniera dettagliata il fenomeno della subsidenza sull'intero territorio comunale possa risultare utile eseguire una nuova campagna di misurazioni volta all'aggiornamento dei dati attualmente disponibili.

Nel 1999, a seguito del progetto regionale di realizzazione di una rete di monitoraggio della subsidenza gestito da ARPA, è stata eseguita un'ulteriore campagna di livellazione, che, sul territorio comunale, ha interessato 33 caposaldi di cui 30 appartenenti alla rete storica comunale e 3 di nuova realizzazione. Tali caposaldi, tuttavia, a causa delle caratteristiche della rete regionale di rilevamento sono situati per lo più lungo l'asse della via Emilia, per cui forniscono una rappresentazione del fenomeno localizzata a tale porzione di territorio.

La microrete di piazza Grande, livellata a partire dal 1984 con scadenza semestrale, si proponeva di segnalare movimenti differenziati nello sprofondamento del suolo per l'area monumentale e fornire un controllo incrociato dei dati rilevati dalla strumentazione geotecnica ivi installata.

Analisi d'insieme dello studio modenese sulla subsidenza

La conclusione degli studi effettuati ha consentito di acquisire dati fra loro congruenti in merito a:

- stima delle previsioni di abbassamento, secondo il modello geotecnico concettuale ricostruito per il sottosuolo del centro cittadino;

- esito dei monitoraggi della strumentazione geotecnica installata in piazza Grande;
- esito delle misurazioni dirette dei movimenti verticali (livellazioni topografiche di precisione);
- valutazione del trend piezometrico locale e stima del prelievo idrico dal sottosuolo.

Tenendo presente quanto esposto e soprattutto riferendosi al fatto che la livellazione del 1992 non ha coperto tutto il territorio urbano, pertanto i risultati ottenuti possono considerarsi puramente indicativi per le aree esterne, l'elaborazione dei rilievi 1985-1992 porta ad affermare che mediamente il fenomeno di subsidenza registrato non è diminuito, anzi la velocità di abbassamento del suolo è passata da 0,8 a 1,1 cm/anno essendosi registrato un abbassamento medio di 7 - 8 cm nel periodo considerato; che inoltre sono evidenti diverse aree in cui vengono registrati abbassamenti relativi molto più consistenti come la zona sud-ovest della città.

Le analisi dei dati relativi alla strumentazione scientifica parimenti ci fornisce le seguenti considerazioni:

- il livello medio delle acque sotterranee è in aumento, fatto salvo un periodo siccitoso di 2 anni tra il 1986 e il 1988;
- la pressione dell'acqua nelle argille, misurata con i piezometri elettropneumatici conferma la tendenza all'aumento anche se, soprattutto gli strati posti a 18 m di profondità, vicino alla falda importante, hanno subito notevoli oscillazioni;
- la misura diretta della compattazione dei terreni in profondità, effettuata con gli assestimetri, evidenzia come sia gli strati più superficiali, sia quelli più profondi, abbiano subito compressioni anche se il livello di attendibilità delle singole misure è limitato in rapporto ai valori complessivi registrati. Unica eccezione sullo strumento di largo Aldo Moro dove l'asportazione del terreno per la costruzione di un parcheggio sotterraneo ha indotto un rigonfiamento del terreno seppure di scarsa entità (1 cm).

Dunque i risultati emersi dall'elaborazione dei dati inducono preoccupazioni soprattutto in riferimento al fatto che sia sufficiente un periodo siccitoso come quelli verificatosi nel 1986 e nel 1988 a determinare una ripresa consistente del fenomeno di compressione che interessa strati di terreno sempre più profondi.

È da notare poi che data la disomogenea costituzione del sottosuolo dell'area urbana dove la profondità del primo livello ghiaioso non compressibile varia tra i -13 m a sud, ai -28 m a nord, e la stratigrafia è formata da un'alternanza di terreni a diverso grado di compressibilità (limi, argille e sabbie) con varie proporzioni, l'effetto di abbassamento

può risultare diverso anche in aree abbastanza vicine.

Gli effetti del fenomeno di subsidenza si fanno risentire oltre che in termini di lesioni ad edifici, gravi soprattutto per quelli in centro storico, anche perché inducono una diminuzione di pendenze sul sistema fognario già in crisi nell'area nord del centro.

Si nota infatti che, soprattutto nei pressi dell'Accademia, il gradiente di abbassamento registrato può indurre una diminuzione della pendenza nel canale Naviglio (già dello 0,5 - 1 per mille) di circa il 10% causando una diminuzione di officiosità idraulica.

Questo meccanismo potrebbe essere verificato anche su altri collettori fognari già in condizioni critiche posti più a nord.

Poiché il monitoraggio delle acque sotterranee confermava, pur con brevi battute d'arresto, in corrispondenza di periodi particolarmente siccitosi, una tendenza a risalire e d'altra parte le letture della strumentazione scientifica (assestimetri), non evidenziavano variazioni significative, si era ritenuto di avere ormai sotto controllo l'intero fenomeno.

Nel caso della città di Modena, la distribuzione degli abbassamenti evidenziata dalle livellazioni topografiche 1981-1995 fa rilevare la presenza di aree fortemente cedevoli vicine, e alternate, irregolarmente, ad aree relativamente stabili (il recente sviluppo del fenomeno subsidenza modenese presenta abbassamenti "a macchia di leopardo"), a testimonianza di una rilevante disomogeneità di comportamento del sottosuolo comunale nel suo complesso (a fronte di aree locali, come quella monumentale di piazza Grande caratterizzate invece da movimenti verticali della superficie del terreno sostanzialmente omogenei).

Le aree interessate in abbassamento si presentano con diverse estensioni, e in esse si sommano sia abbassamenti di origine di tipo naturale, sia fenomeni accelerati, la cui causa è da attribuire a interventi antropici.

Si tratta di una tipologia sostanzialmente diversa dal fenomeno di subsidenza "storico" verificatosi nel periodo 1950-1981, con sprofondamenti del sottosuolo nettamente circoscritti alla porzione cittadina a nord ovest del centro (con struttura concentrica delle isolinee di abbassamento, a forma di "imbutto rovesciato"), generalmente imputabile al forte e puntuale prelievo idrico delle industrie dell'acciaio in attività nel dopoguerra a ridosso del tracciato ferroviario.

Ulteriore aspetto analizzato degli studi sulla subsidenza modenese, è stata l'analisi degli abbassamenti differenziali del sottosuolo, la cui trasposizione cartografica era stata avviata in collaborazione con il Politecnico di Milano - Architettura, che è stata affrontata nella fase conclusiva del lavoro,

quando il fenomeno di subsidenza modenese appariva ormai sotto controllo.

Tale sviluppo avrebbe potuto comportare ulteriori evoluzioni, nella prospettiva della individuazione delle linee di difesa architettonico-strutturale per le costruzioni edilizie del centro cittadino, già oggetto delle prime elaborazioni di curve di abbassamenti differenziali del sottosuolo, meritevoli di attenzione per i potenziali sviluppi dannosi del fenomeno.

Nel corso delle ricognizioni sul territorio modenese, è stato poi possibile riscontrare situazioni specifiche di dissesti a edifici, ma soprattutto a varie opere di urbanizzazione secondarie, che non trovano diretta spiegazione nell'entità ridotta dei corrispondenti abbassamenti differenziali misurati con la topografia in quelle porzioni di città.

Si tratta di una situazione evidenziatasi in particolare nei quartieri a sud-est del centro cittadino, occupati ancora in epoca romana da aree paludose, e che in epoca più recentemente hanno visto il tombamento o la deviazione dei numerosi canali superficiali che attraversavano la città.

In queste situazioni gli strati meno profondi del sottosuolo possono ancora essere soggetti ad assestamenti, e anche le variazioni delle falde sospese superficiali possono essere causa di movimenti verticali non trascurabili, se rapportati alla scala locale.

CONCLUSIONI: NUOVE PROSPETTIVE PER LO STUDIO DELLA SUBSIDENZA

I recenti sviluppi degli studi sulla subsidenza, emersi anche nel corso dello specifico Convegno regionale del 2007 a Bologna (AA. VV., 2007), hanno portato diverse novità di rilievo per quanto riguarda l'esame del fenomeno.

Innanzitutto le analisi si impongono ora a scala vasta, che interessi un ambito regionale, o di bacino, con la conseguente esigenza di dover utilizzare anche tecniche di rilievo meno onerose della livellazione topografica di precisione, quali la interferometria satellitare.

La Regione Emilia-Romagna, in particolare, ha incaricato ARPA, in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna, di progettare una rete regionale di monitoraggio della subsidenza; tale struttura, operativa dal 1997-1998, è costituita da una rete di livellazione geometrica di alta precisione con oltre 2.300 capisaldi e una rete di circa 60 punti GPS.

La stessa ARPA-Regione Emilia-Romagna, inoltre, segue il sistema di monitoraggio piezometrico delle falde, e ha attrezzato anche pozzi strumentati, con misurazioni in automatico, informatizzate.

La raccolta di tutti i dati stratigrafici, geotecnici, geofisici, idrogeologici, ecc. disponibili per il territorio regionale e la loro omogeneizzazione e riorganizzazione ai fini dell'analisi geologica del sottosuolo

BANCA DATI GEOGNOSTICA

La necessità di fondo rimane sempre quella di acquisire serie storiche rappresentative di dati puntuali dei movimenti verticali del terreno, con distribuzione a scala regionale, funzionali a elaborare, tramite interpolazioni spaziali computerizzate, cartografie della velocità media di subsidenza per gli specifici intervalli temporali di riferimento (con valutazione degli spostamenti relativi del terreno rispetto al primo rilievo delle serie storiche di misurazioni, per le diverse date di acquisizione dei rilievi satellitari).

L'obiettivo rimane poi il confronto tra la distribuzione degli abbassamenti del terreno e quella dei prelievi idrici, in modo da evidenziare eventuali relazioni di causa/effetto, e verificare quindi gli effetti reali degli interventi finalizzati alla riduzione dei consumi idrici, in relazione alle velocità di subsidenza.

Alle metodologie "classiche" di studio e controllo dei movimenti verticali del suolo (indagini territoriali, geologiche e geofisiche, livellazioni topografiche, misure in situ, indagini di laboratorio, coefficienti di compressibilità, modellizzazione geomeccanica, ecc.), si stanno progressivamente affiancando nuovi sistemi di modellistica geometrica e numerica delle aree di studio (che analizzano il fenomeno secondo leggi fisico-matematiche complesse, quali i comportamenti elastico/plastici non lineari dei terreni, oppure mediante il campo delle depressurizzazioni, o attraverso forme di simulazione agli elementi finiti): effettuare rilievi con l'ausilio dei sistemi satellitari (Gps, Sar, Insar), utilizzare reti di estensimetri, con il punto di ancoraggio in superficie, al fine di una miglior qualità della stima della subsidenza.

La conclusione dei cicli di monitoraggio dovrebbero pertanto consentire un confronto tra: esito delle simulazioni e previsioni di abbassamento, secondo le sofisticate modellistiche numeriche per il sottosuolo di nuova adozione, abbassamenti calcolati con misure dirette (misure topografiche di movimenti verticali "reali"), e la stima dei prelievi di fluidi dal sottosuolo.

I report annuali attesteranno quindi se il fenomeno è in esaurimento oppure se la subsidenza continuerà, e di conseguenza se sarà necessario intervenire su parte o su tutto il territorio di interesse (ad esempio con ordinanze per la riduzione del prelievo idrico di sottosuolo, oppure con l'elevazione delle arginature per evitare le inondazioni per tracimazione, o interventi sulla rete fognaria,

monitoraggi e interventi per migliorare la staticità degli edifici storici, ecc.).

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1981), *Piano per la tutela e l'uso delle risorse idriche*, Comprensorio di Modena.
- AA.VV. (2007), Atti del Convegno "La subsidenza in Regione Emilia-Romagna" (Bologna, 11-13/5/2007), Regione Emilia-Romagna.
- BARELLI G. et alii (1988), *Subsidenza a Modena*, Comune di Modena (Relazione Assessorato Ambiente, inedita).
- BONSIGNORE F. (2007), *Il monitoraggio della subsidenza a scala regionale in Emilia Romagna*, ARPA, Emilia Romagna.
- CANCELLI A. (1985), *Indagini geotecniche nel sottosuolo del centro storico di Modena*, Tecnica Sanitaria, XXIII, pp. 385-393.
- CARMINATI E. et alii (2003), *Apennines subduction - related subsidence of Venice (Italy)*, Geophysical Research Letters, p. 30.
- CARMINATI E. et alii (2003), *Influence of glacial cycles and tectonics on natural subsidence in the Po Plain (Northern Italy)*, in "14C ages", G Cubed, p. 4.
- CASADEI A. (1993), *Rilievi di controllo dei movimenti verticali del suolo nel centro storico della città di Modena*, Tesi di laurea anno accademico 1992-1993, Università degli studi di Bologna, Facoltà di Ingegneria.
- COLOBETTI A. et alii (1984), *Land Subsidence In The Area Of Modena, Po Valley, Northern Italy*, in Atti del "Third International Symposium on Land Subsidence", Venezia, IAHS.
- FRANCANI V. et alii (1984), *Studio idrogeologico del territorio comunale - Relazione Geologica per la Variante Generale al Piano Regolatore 1993*, Comune di Modena.
- MAZZERI C. (2004), *Per un atlante Storico ambientale Urbano di Modena*.
- MURATORI A., PALTRINIERI N. (1990), *Il fenomeno della subsidenza nella città di Modena*, in: "Notiziario dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Modena".
- PALTRINIERI N. (1985), *La subsidenza a Modena: analisi delle caratteristiche geologiche del sottosuolo*, in: "Impianti pubblici integrati di risanamento ambientale", Comune di Modena, AMIU.
- PALTRINIERI N. et alii (1995), *Rapporto sulla subsidenza nella città di Modena*, Atti del Il Convegno di protezione e gestione delle acque sotterranee, in: "Quaderni di geologia applicata", 1995, Bologna, Pitagora Editrice.
- PIGNONE R., CIBIN U., SEVERI P. (2007), *La subsidenza in Emilia Romagna. Servizio geologico, sismico e dei suoli dell'Emilia Romagna*.
- ZAVATTI A. (1984), *Land subsidence in the area of Modena, Po valley, Northern Italy*, in: Atti del "Third International Symposium on Land Subsidence", Venezia, IAHS.

PERICOLOSITÀ SISMICA E GOVERNO DEL TERRITORIO

LUCA MARTELLI
Regione Emilia-Romagna - Servizio geologico,
sismico e dei suoli

59

RIASSUNTO

Per lo sviluppo sostenibile e la sicurezza territoriale, soprattutto di zone a elevata esposizione urbana come l'area modenese, è fondamentale che le dinamiche ambientali e gli elementi di rischio siano valutati fino dalle prime fasi di programmazione territoriale.

Modena è stata interessata da terremoti di $I_s = 7-8$ MCS ma è stata inserita nei comuni classificati sismici solo con la recente riclassificazione nazionale (OPCM 3274/2003); perciò la maggior parte delle costruzioni non sono antisismiche e ciò fa elevare il livello di rischio.

Inoltre, il sottosuolo è costituito da una successione alluvionale con intercalazioni di orizzonti grossolani di conoide. Questa oltre di alluvioni e, in particolare, la presenza in superficie di uno spessore variabile da 10 a oltre 30 m di prevalenti argille, al tetto di un orizzonte ghiaioso spesso più di 10 m, potrebbero indurre fenomeni di amplificazione e, in caso di forti terremoti, anche cedimenti.

Grazie alle conoscenze territoriali disponibili, agli indirizzi regionali per la microzonazione sismica e alla cartografia provinciale degli effetti attesi in caso di terremoto, è possibile valutare in dettaglio la risposta sismica del territorio modenese, in tempi rapidi e con costi ragionevoli, e fornire, fino dalle prime fasi della pianificazione, indicazioni per la scelta di aree a minore pericolosità e per la riduzione del rischio.

Tali indicazioni sono di estrema utilità anche per la progettazione e realizzazione delle costruzioni e per attività di protezione civile come la pianificazione degli interventi di prevenzione e il superamento delle fasi di emergenza.

INTRODUZIONE

Per lo sviluppo sostenibile e la sicurezza territoriale, soprattutto di zone a elevata esposizione urbana come l'area modenese, è fondamentale che le dinamiche ambientali e gli elementi di rischio siano valutati fino dalle prime fasi della programmazione territoriale.

Modena ha una pericolosità sismica media rispetto alla realtà nazionale ma l'elevata densità di attività e abitanti e la vulnerabilità

di alcune strutture rendono il rischio sismico dell'area urbana modenese non trascurabile.

Le conoscenze disponibili per quest'area permettono di considerare il territorio modenese un'area test significativa per l'analisi della pericolosità sismica e per l'indicazione di strategie finalizzate alla riduzione del rischio sismico nelle varie fasi di governo del territorio.

SISMICITÀ DELL'AREA URBANA DI MODENA

La storia sismica indica che Modena è stata interessata da terremoti che hanno provocato danni di intensità fino a $I_s = 7-8$ MCS (Stucchi *et alii*, 2007).

anni e smorzamento $\zeta = 5\%$, nel territorio comunale di Modena è $a_{rif} = 0,163g$ (valore medio dei punti della griglia INGV ricadenti nel territorio comunale di Modena, gruppo di lavoro MPS, 2004).

Fino alla pubblicazione della classificazione sismica vigente (OPCM 3274/2003, recepita dalla Regione Emilia-Romagna con deliberazione di Giunta Regionale n. 1677 del 2005), che ha suddiviso tutto il territorio nazionale in 4 zone con grado di pericolosità sismica decrescente (zona 1: alta sismicità; zona 4 minima sismicità), il comune di Modena, attualmente classificato in zona 3 (Fig. 2), non era inserito tra i comuni classificati

STORIA SISMICA DI MODENA (modificata da DBMI04, INGV)

I_s	ANNO	MESE	GIORNO	AREA EPICENTRALE	I_o	Mw
8	-91			MODENA-REGGIO EMILIA	8	5,66
7-8	1249	09		MODENA	6-7	5,03
7-8	1501	06	05	APPENNINO MODENESE	8-9	5,85
7	1222	12	25	BASSO BRESCIANO	8-9	6,05
7	1399	07	20	MODENESE	7	5,40
7	1671	06	20	RUBIERA	7	5,34
7	1832	03	13	REGGIANO	7-8	5,59
6	1474	03	11	MODENA	6	4,89
6	1505	01	03	BOLOGNA	7	5,47
6	1547	02	10	REGGIO EMILIA	7	5,21
6	1850	09	18	MODENA	6	4,83
6	1869	06	25	VERGATO	7-8	5,32
6	1923	06	28	FORMIGINE	6	5,21
6	1983	11	09	PARMENSE	6-7	5,10
6	1987	05	02	REGGIANO	6	5,05
5-6	1660			MODENA	5-6	4,63
5-6	1920	09	07	GARFAGNANA	9-10	6,48
5-6	1929	04	20	BOLOGNESE	7	5,55
5-6	1996	10	15	CORREGGIO	7	5,44

Tabella 1 - Storia sismica di Modena; I_s : intensità risentita; I_o : intensità epicentrale; Mw: magnitudo momento. Derivata, con modifiche, da DBMI04 (Stucchi *et alii*, 2007).

Modena risente soprattutto della sismicità dell'Appennino emiliano e delle strutture padane sepolte (Fig. 1).

La pericolosità sismica di base, espressa come stima probabilistica dell'accelerazione di picco attesa, su suolo di riferimento (suolo A, v. d.m. 14/1/2008 "Norme tecniche per le costruzioni") per un tempo di ritorno $T_R = 475$

sismici e quindi la maggior parte delle costruzioni esistenti non sono state edificate con criteri antisismici.

La pericolosità sismica locale dell'area modenese può però essere aggravata dalla presenza di condizioni geologiche che potrebbero amplificare il moto sismico alla superficie.

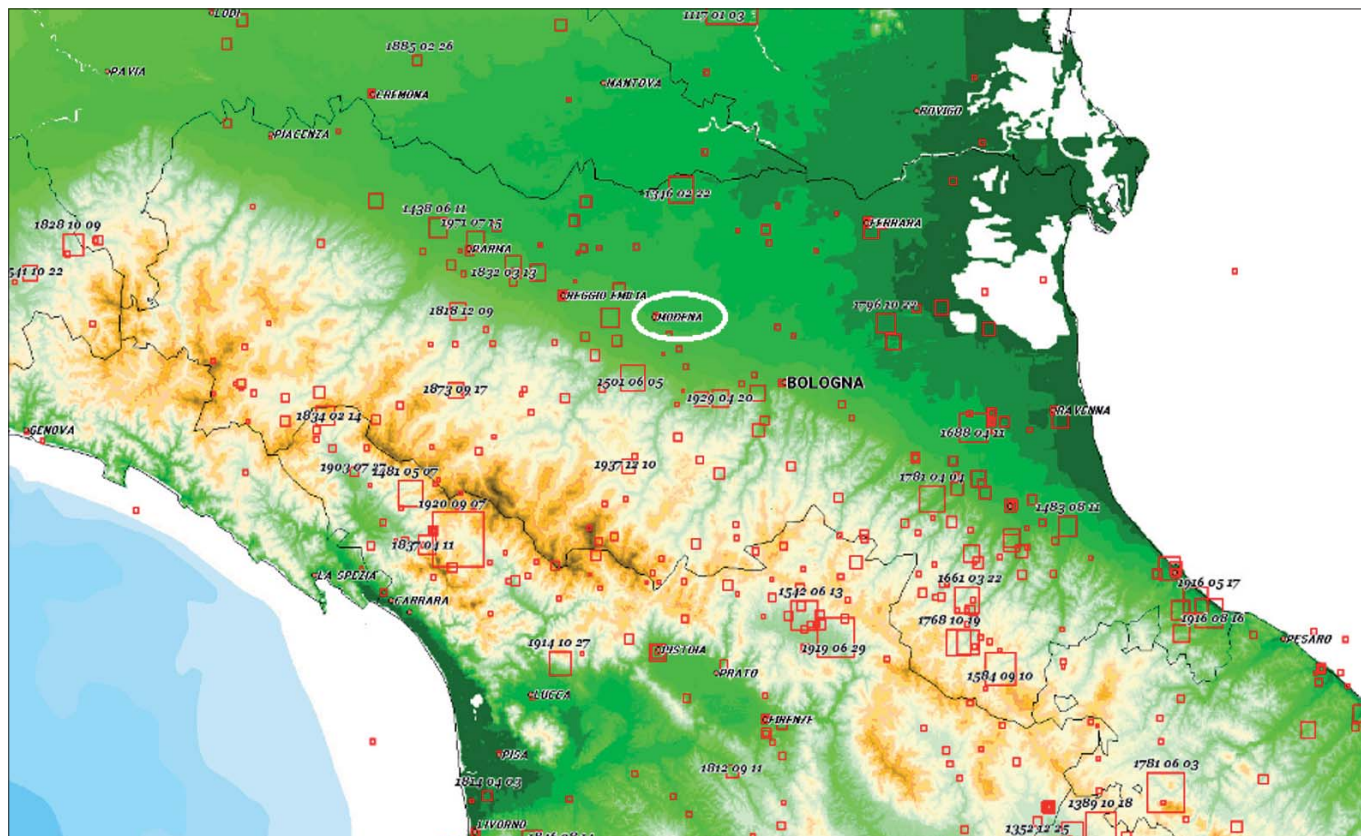


Figura 1 – Epicentri dei principali terremoti dell'Emilia-Romagna e aree limitrofe; da GRUPPO DI LAVORO CPTI (2004).

Ne consegue che il rischio sismico nell'area urbana di Modena, sebbene la pericolosità sismica di base non sia elevata, può risultare considerevole in funzione delle condizioni locali, dell'alto valore espositivo e dell'elevata vulnerabilità di alcuni edifici.

INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E SISMOTETTONICO

Il sottosuolo modenese è costituito da una successione di centinaia di metri di peliti di

piana alluvionale con intercalazioni di orizzonti grossolani di conoide (ISPRA, 2009).

Questa coltre alluvionale e, in particolare, la presenza in superficie di uno spessore variabile da 10 a oltre 30 m di prevalenti argille, al tetto di un orizzonte ghiaioso spesso più di 10 m, potrebbero indurre fenomeni di amplificazione e, in caso di forti terremoti, anche cedimenti.

Il substrato marino, individuato a una profondità di oltre 300 m, è costituito da depositi costieri, prevalentemente sabbiosi,

del Pleistocene medio (Sabbie di Imola, 800-650 ka).

Al di sopra si sviluppa una successione alluvionale articolata in due cicli deposizionali principali: il sintema Emiliano-Romagnolo inferiore (AEI, 650-450 ka) e il sintema Emiliano-Romagnolo superiore (AES, 450 ka-Attuale). AEI ha mediamente uno spessore di circa 100-120 m mentre AES ha uno spessore maggiore che, nel sottosuolo di Modena, generalmente supera i 200 m (Fig. 3).

Dal punto di vista sismotettonico, Modena si colloca sul fianco meridionale di una sinclinale quaternaria compresa tra il thrust pedepenninico (Pedeapenninic Thrust Front, PTF di Boccaletti *et alii*, 1985) a sud e l'insieme di pieghe-faglie che forma la "Dorsale Ferrarese o "Pieghe Ferraresi" (Pieri, Groppi, 1981) a nord. Il substrato pre-Quaternario è invece deformato da thrust, riferibili alle Pieghe Emiliane e Romagnole (Pieri, Groppi, 1981), attivi soprattutto nel Pliocene (Fig. 4a).

La sismicità locale è dovuta principalmente all'attività del PTF; infatti, come si vede dalla sezione sismotettonica (Fig. 4b), la sismicità strumentale registrata si concentra soprattutto nel settore appenninico, a profondità generalmente inferiori a 35 km.

In questo settore si generano talora terremoti di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6; più frequentemente la magnitudo è inferiore a 5,5.

Anche la sismicità generata dalle strutture padane sepolte è generalmente inferiore a magnitudo 5,5.

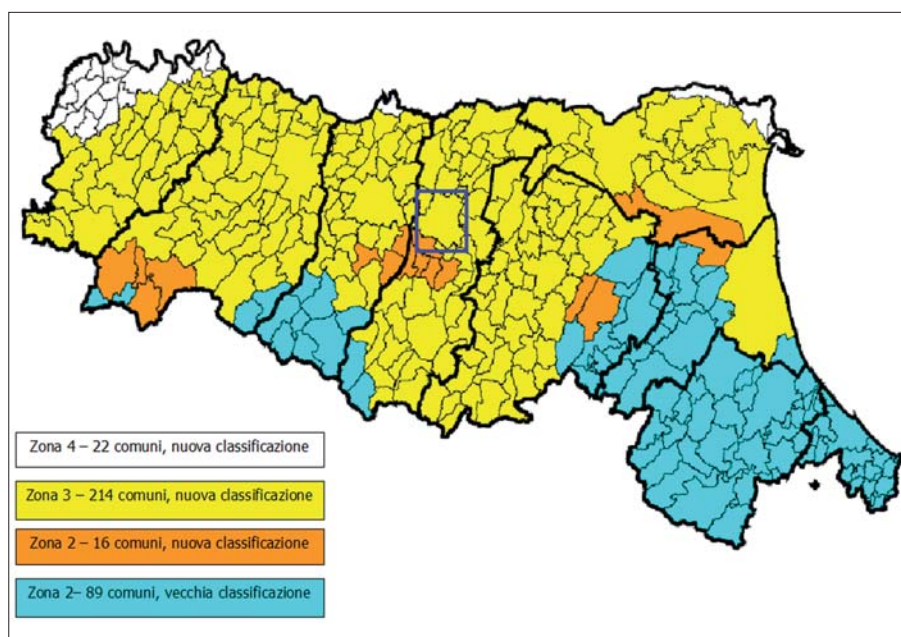


Figura 2 – Classificazione sismica dell'Emilia-Romagna. Si noti il confronto tra la classificazione sismica vigente e quella precedente: in azzurro sono evidenziati i comuni classificati sismici (II categoria) prima dell'entrata in vigore dell'attuale classificazione sismica.

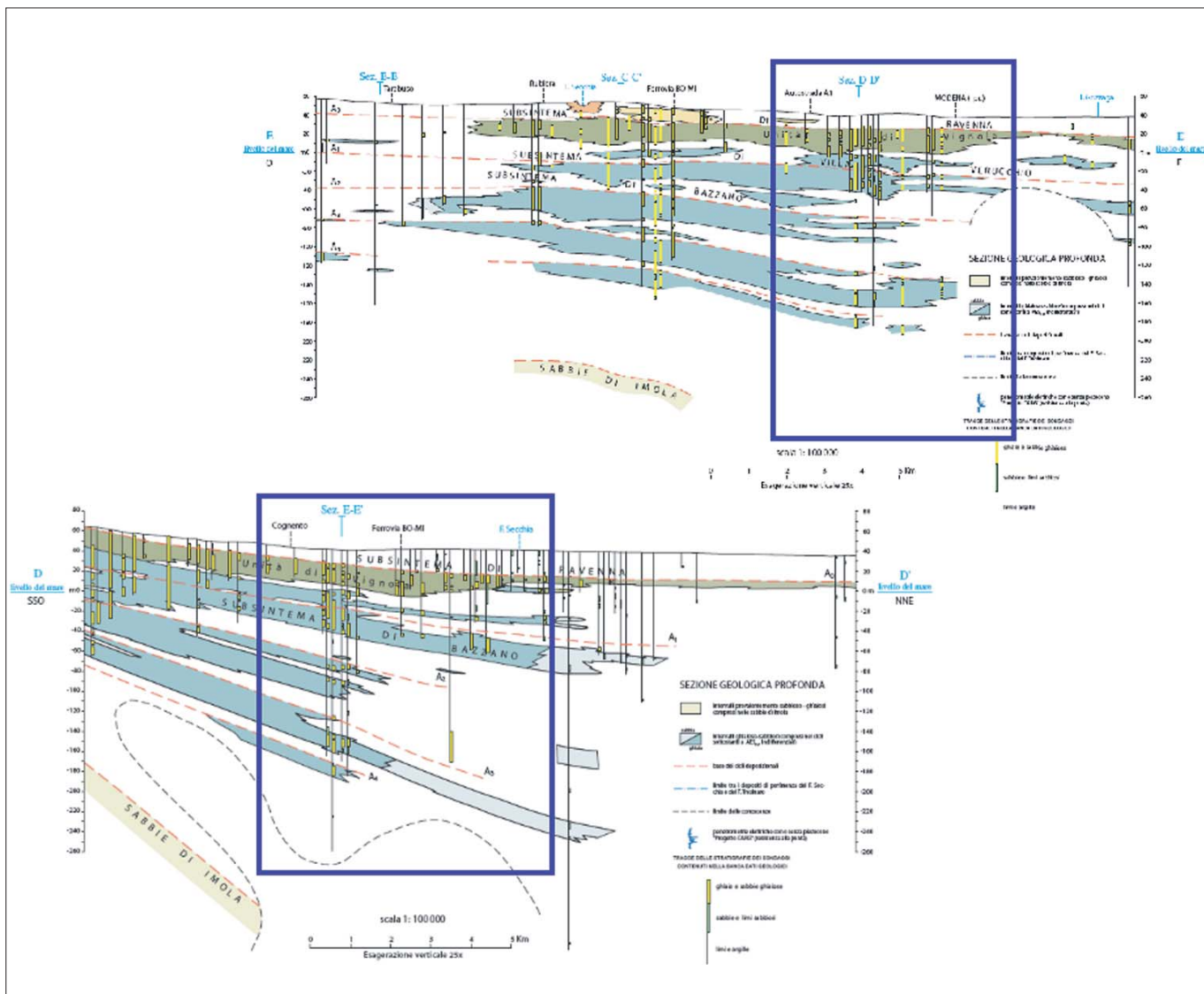


Figura 3 – Sezioni geologiche attraverso l'area urbana di Modena; da ISPRA (2009).

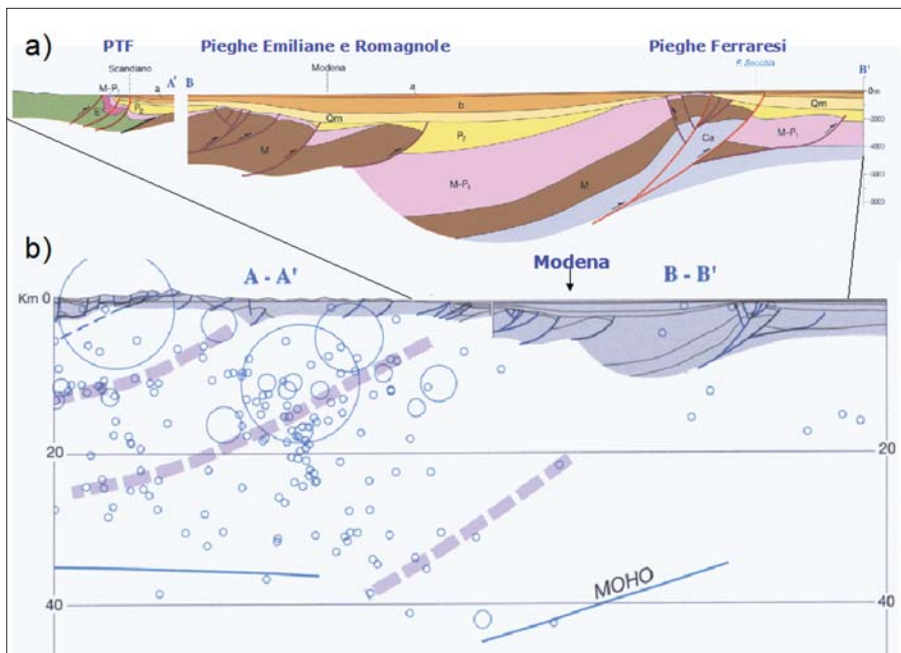


Figura 4 – a) sezione geologica profonda e b) sezione sismotettonica; da Boccaletti et alii (2004).
 Legenda della sezione geologica a): L = liguridi; E = successione Epiligure; Ca = successione carbonatica mesozoica-oligocenica; M = Miocene; M-P1 = Messiniano-Pliocene inf.; P2: Pliocene medio-sup.; Qm = Quaternario marino; b = Sabbie di Imola e AEI; a = AES; in rosso le faglie con evidenze di attività nel Quaternario, in viola le faglie con evidenza di attività nel Pliocene; in nero le faglie pre-pleioceniche.
 Nella sezione sismotettonica b) i centri dei cerchi indicano l'ipocentro dei terremoti strumentali (1981-2003) ricadenti in una fascia di 20 km all'intorno della sezione; la dimensione dei cerchi è proporzionale alla magnitudo; le linee tratteggiate indicano possibili zone di strutture sismogenetiche.

In Fig. 5 sono rappresentate le principali zone sismogenetiche dell'area modenese.

Dalla Tab. 1 si evince però che Modena ha risentito anche della sismicità di aree sismogenetiche più lontane, capaci di generare terremoto di magnitudo superiore a 6, come il margine sud-alpino e la Garfagnana.

INDICAZIONI PER L'ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Alcune caratteristiche geologiche (terreni detritici incoerenti, a bassa densità o poco consolidati, zone di faglia) e morfologiche (versanti, cocuzzoli, dorsali e creste con acclività maggiore di 15° e dislivelli maggiori di 30 m) possono modificare il moto sismico in superficie, amplificandolo, e favorire deformazioni permanenti del territorio (cedimenti per liquefazione e densificazione, frane).

L'amplificazione del moto sismico e le possibili modificazioni permanenti del territorio a seguito di eventi sismici sono noti come "effetti locali".

Le conoscenze geologiche e territoriali oggi disponibili permettono la rapida individuazio-

ne delle caratteristiche geo-morfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna, favorendo la realizzazione di studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica del territorio.

La microzonazione sismica, cioè la suddivisione dettagliata del territorio sulla base della risposta sismica locale, è uno degli strumenti più efficaci per la prevenzione e la riduzione del rischio sismico, in particolare se applicata fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica. Infatti, individuando le aree a diversa pericolosità, la microzonazione sismica permette di indirizzare le scelte urbanistiche verso gli ambiti a minore rischio, sia alla scala dell'area vasta (Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali, PTCP) sia a scala comunale e sub-comunale (Piani Strutturali Comunali, PSC).

Per l'analisi, descrizione e valutazione della pericolosità sismica locale, la Regione Emilia-Romagna ha formulato gli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" (D.A.L. 112/2007).

Secondo i criteri proposti, uno studio di microzonazione sismica prevede due distinte fasi temporali di analisi e deve essere condotto a diversi livelli di approfondimento, a seconda

delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale (Fig. 6).

Seguendo le procedure indicate dalla linea guida regionale, la Provincia di Modena ha svolto, nell'ambito del nuovo Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP), un'analisi di primo livello di tutto il proprio territorio provinciale e realizzato una cartografia delle condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali e delle aree soggette a tali effetti (<http://www.provincia.modena.it>).

In Fig. 7 è illustrata schematicamente la procedura proposta dalla Regione Emilia-Romagna, e seguita dalla Provincia di Modena, per la realizzazione della cartografia di pericolosità sismica locale.

Per il Quadro Conoscitivo del PTCP sono state realizzate, alla scala 1:10.000 in Appennino e 1:25.000 in pianura, carte delle aree suscettibili di effetti locali sulla base delle caratteristiche geo-morfologiche di superficie e di sottosuolo (vedi nel PTCP: Tavv. 8a, 8b: "Aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici"; Tavv. 9a, 9b: "Depositi del sottosuolo che influenzano il moto sismico in superficie"). Questa cartografia è stata poi sintetizzata in un documento cartografico, alla stessa scala, di più immediato

utilizzo per la pianificazione che suddivide il territorio in base agli effetti attesi (vedi nel PTCP: Tavv. 10a, 10b: "Carta delle aree soggette a effetti locali").

In Fig. 8 è riportato uno stralcio di questa cartografia relativo al margine appenninico padano modenese e all'area di Modena.

Come si vede, l'area urbana di Modena risulta tutta suscettibile di amplificazione e, localmente sono presenti terreni sabbiosi di riempimento dei paleoalvei potenzialmente liquefabili.

Questa cartografia di pericolosità sismica individua, a scala di area vasta, le aree potenzialmente suscettibili di effetti locali e il tipo di effetti e, sebbene risultato di una procedura speditiva, è già di estrema utilità per il governo del territorio.

Infatti, la carta degli effetti attesi indica, per ogni area, i possibili effetti locali e gli studi di approfondimento da realizzare nelle successive fasi di pianificazione comunale.

Queste condizioni devono però essere verificate e ciò è possibile solo con indagini locali e studi di dettaglio che possono essere realizzati solo durante le fasi di pianificazione urbanistica comunale.

La microzonazione sismica deve essere realizzata nelle fasi di pianificazione urbanistica

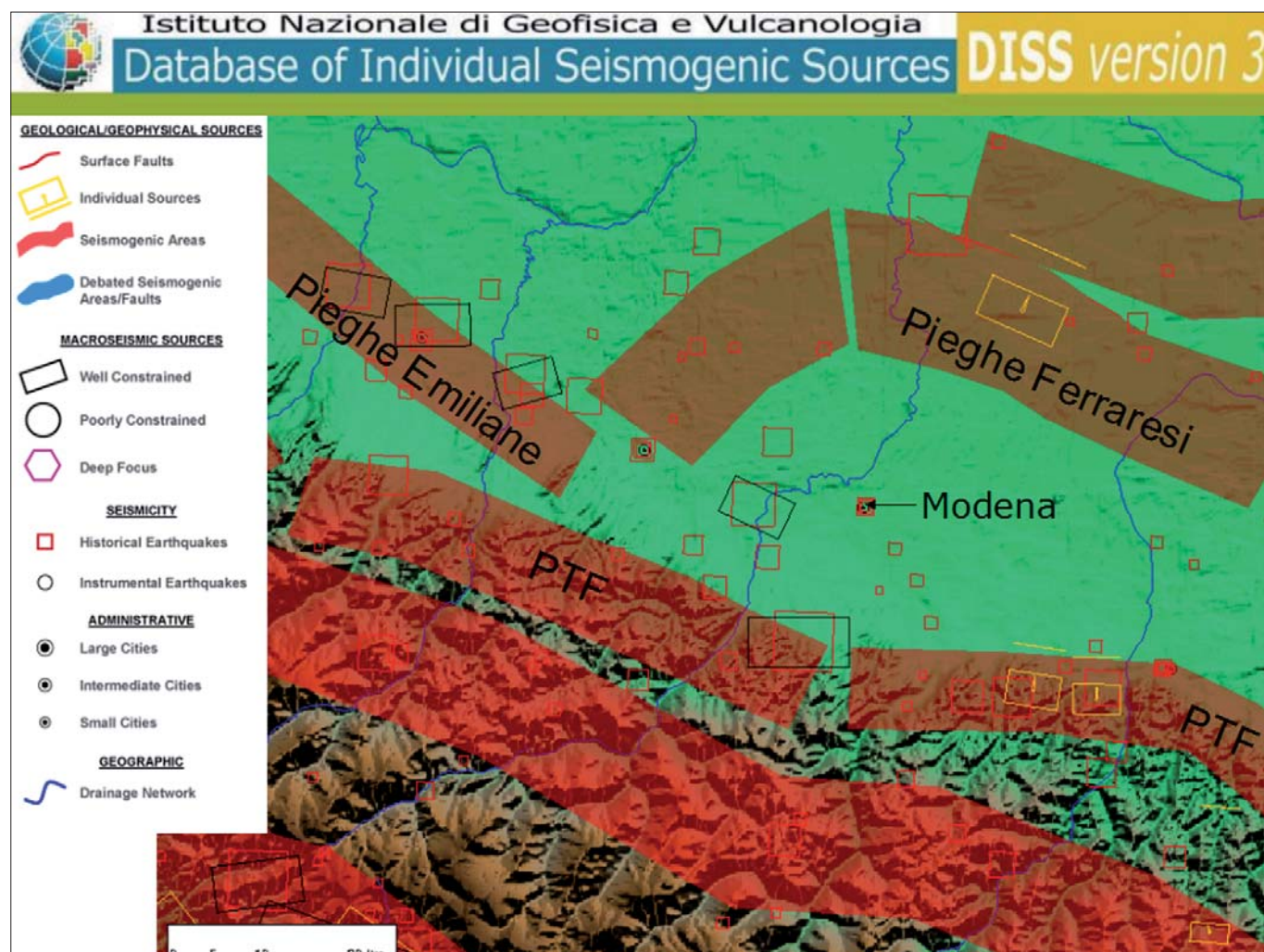


Figura 5 – Principali zone sismogenetiche dell'area modenese; modificata da DISS WORKING GROUP (2005).

stica comunale, solo nelle aree urbanizzate e urbanizzabili e nelle fasce di territorio interessate dalle reti infrastrutturali ricadenti in zone suscettibili di effetti locali.

Considerate le caratteristiche geometriche e stratigrafiche del sottosuolo di Modena, per la stima dell'amplificazione è ritenuta sufficiente un'analisi con procedure semplificate e indagini geotecniche standard (secondo livello di approfondimento). Conoscendo la stratigrafia e il valore equivalente della velocità delle onde di taglio nei primi 30 m (V_{s30}) è possibile stimare i coefficienti di amplificazione del moto sismico in superficie tramite procedure semplificate (v. Allegato A2 degli indirizzi regionali).

In caso di particolari criticità dovute alla presenza di terreni scadenti e potenzialmente instabili, come argille poco consolidate o sabbie liquefacibili, è richiesta anche la definizione e quantificazione degli effetti permanenti attesi (Indice di liquefazione, stima dei cedimenti, ...). In questi casi, le procedure indicate (Allegato A3) richiedono indagini più approfondite e più onerose, in termini sia di costi che tempi di realizzazione (terzo livello di approfondimento).

Indagini di terzo livello sono richieste anche in caso di realizzazione di edifici di particolare importanza (edifici strategici, edifici di particolare interesse pubblico, ecc.), anche se la loro realizzazione è prevista in aree stabili, soggette solo ad amplificazione. In questi casi, infatti, non è ritenuta sufficiente una stima speditiva dell'amplificazione ed è richiesta un'analisi più approfondita che richiede la realizzazione di indagini non convenzionali e l'utilizzo di appositi codici di calcolo. Nell'Allegato A4 degli indirizzi regionali sono forniti, per ogni comune della regione, i dati di input necessari per questo tipo di elaborazione.

La microzonazione sismica, sebbene abbia massima efficacia se applicata nella pianificazione urbanistica, è di estrema importanza anche per la progettazione e la realizzazione delle costruzioni (v. d.m. 14/1/2008 "Norme tecniche per le costruzioni") poiché in caso di analisi semplificata (secondo livello di approfondimento) permette una migliore programmazione delle indagini da realizzare mentre in caso di analisi dettagliata (terzo livello di approfondimento) fornisce stime di risposta sismica locale molto accurate.

Infine, questo tipo di cartografia è di estrema utilità anche per le attività di protezione civile, in particolare per la pianificazione degli interventi di prevenzione e superamento delle fasi di emergenza. Grazie a queste carte, tenendo conto delle reali condizioni geologiche e morfologiche e dei possibili effetti locali, è possibile elaborare scenari di danno

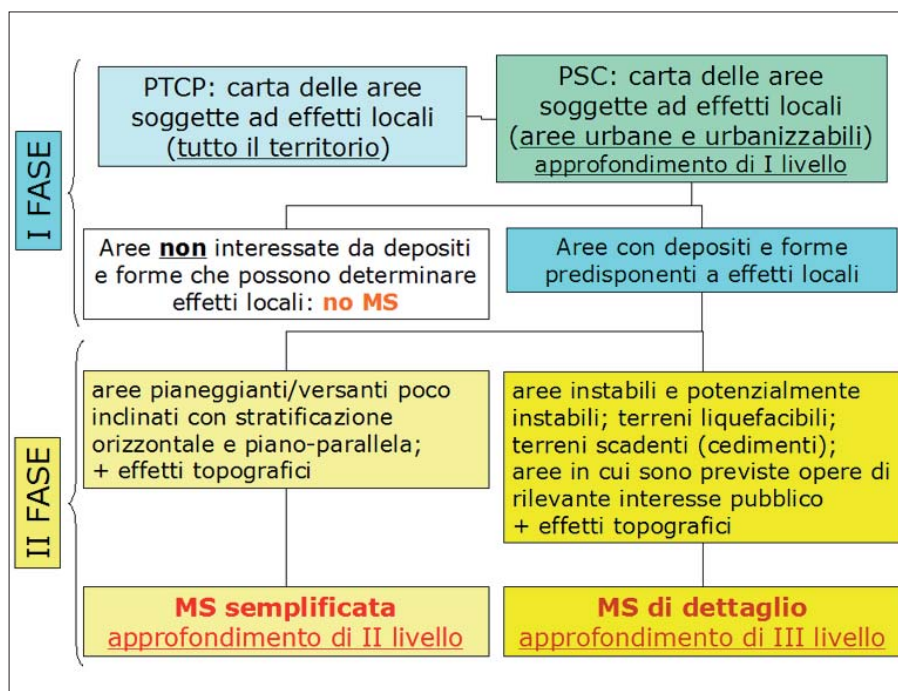


Figura 6 – Schema per la realizzazione di studi di microzonazione sismica secondo le procedure proposte dalla Regione Emilia-Romagna; D.A.L.112 (2007).

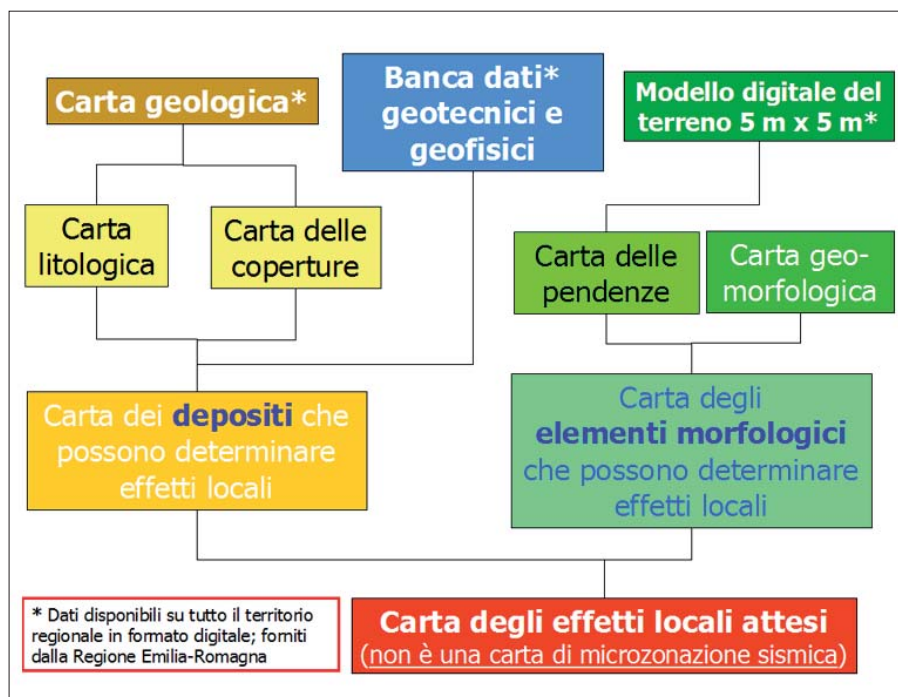


Figura 7 – Schema per la realizzazione di carte della pericolosità sismica locale (primo livello) secondo le procedure proposte dalla Regione Emilia-Romagna; D.A.L.112 (2007).

Dal sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, area geologia <http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/geologia.htm> è possibile consultare e scaricare la cartografia geologica disponibile e la relativa BD stratigrafica. Altri tipi di dati (prove geofisiche, DTM, ...) possono essere richiesti ai competenti servizi regionali.

più accurati. Inoltre, queste carte agevolano l'individuazione delle aree per insediamenti provvisori a minore pericolosità.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'area urbana di Modena ha un rischio sismico non trascurabile.

La microzonazione sismica del territorio è uno degli strumenti più efficaci per la prevenzione e la riduzione del rischio sismico e trova applicazione in tutte le fasi di governo del territorio.

Grazie ai dati territoriali oggi disponibili e agli indirizzi regionali è possibile realizzare, in tempi e costi sostenibili, carte dettagliate della risposta sismica locale delle aree urbane e di quelle urbanizzabili (microzonazione sismica) e applicare i risultati di tali studi fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica.

Essendo tutta l'area urbana di Modena pianeggiante, e prevalentemente costituita da depositi di piana alluvionale, è ritenuta sufficiente una microzonazione sismica

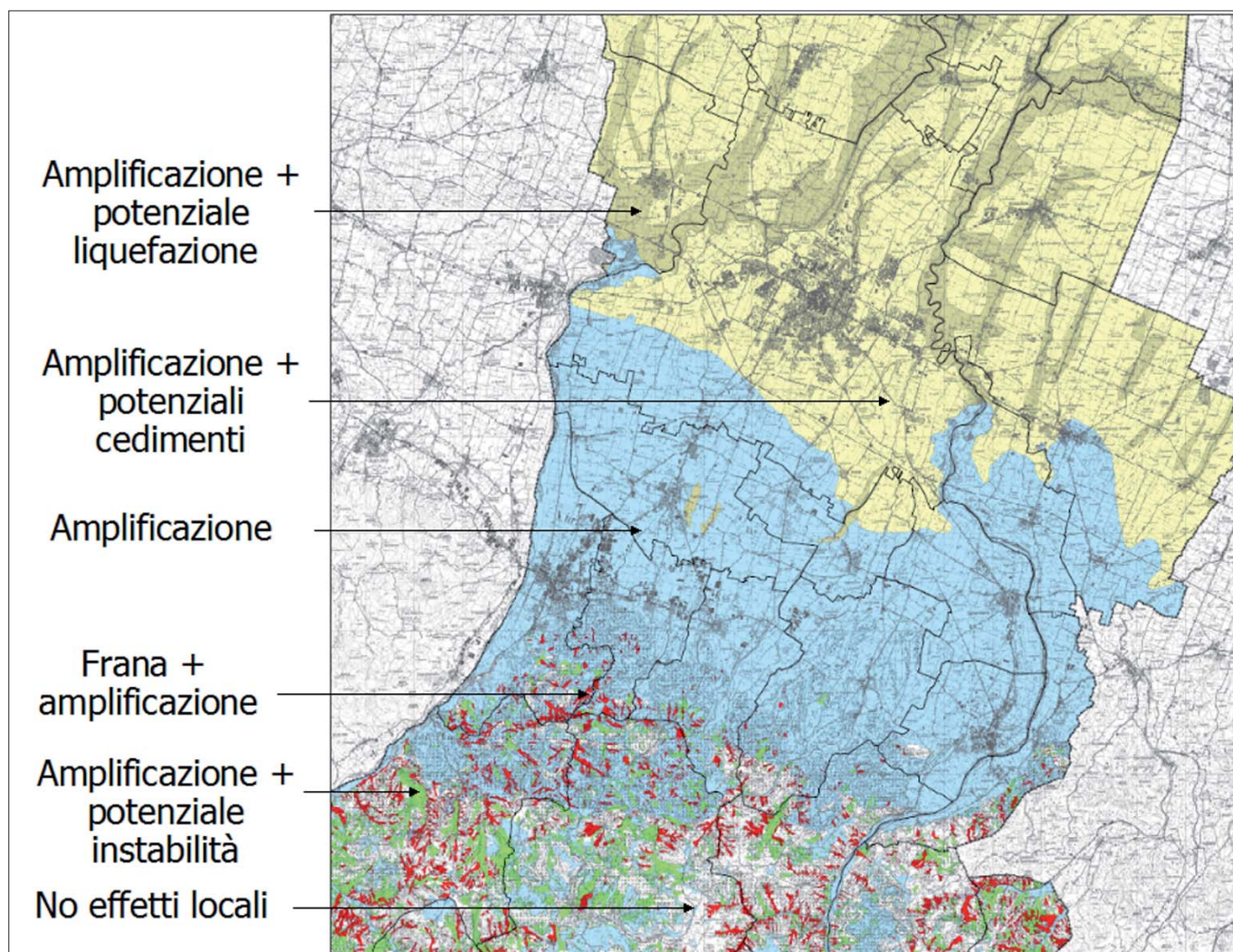


Figura 8 – Stralcio della carta delle aree soggette a effetti locali con indicazione degli effetti attesi; da PTCP di Modena.

semplificata; cioè realizzabile con indagini geotecniche e geofisiche di tipo corrente e utilizzando procedure semplificate per la valutazione dei coefficienti di amplificazione del moto sismico.

Nelle aree in cui dalle indagini geotecniche risulti la presenza di terreni scadenti (argille poco consolidate, sabbie liquefacibili), o in caso di previsione di interventi e costruzioni di particolare interesse, è però richiesta una più accurata valutazione della risposta sismica locale.

Questi studi sono utili anche per la progettazione e trovano applicazione anche per attività di protezione civile.

BIBLIOGRAFIA

BOCCALETTI M., COLI M., EVA C., FERRARI G., GIGLIA G., LAZZAROTTO A., MERLANTI F., NICOLICH R., PAPANI G., POSTPISCHL D. (1985), *Considerations On The Seismotectonics Of The Northern Apennines*. *Tectonophysics*, 117, pp. 7-38.

BOCCALETTI M., BONINI M., CORTI G., GASPERINI P., MARTELLI L., PICCARDI L., TANINI C., VANNUCCI G. (2004), *Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna*, Scala 1:250.000. Regione Emilia-Romagna, SGSS, CNR, IGG, Firenze, S.El.Ca., Firenze. D.A.L. 112 (2007), *Atto di indirizzo e coordinamento tecnico*

ai sensi dell'art. 16, c. 1°, della l. r. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2/5/2007, pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna n. 64 del 17/5/2007.

DISS WORKING GROUP (2005), *Database Of Individual Seismogenic Sources (Version 3.0.1): A Compilation Of Potential Sources For Earthquakes Larger Than M 5.5 In Italy And Surrounding Areas*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, [Http://Legacy.Ingv.It/Diss/](http://Legacy.Ingv.It/Diss/).

GRUPPO DI LAVORO CPTI (2004), *Catalogo Parametrico dei terremoti italiani*, Versione 2004 (Cpti04), Ingv, Bologna, [Http://Emidius.Mi.Ingv.It/Cpti04/](http://Emidius.Mi.Ingv.It/Cpti04/).

GRUPPO DI LAVORO MPS (2004), *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'ordinanza Pcm 3274 del 20 Marzo 2004*, Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, Ingv, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 Appendici.

ISPR (2009), *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Foglio 201 Modena, ISPR-Dip. Difesa del suolo, Sgl, Regione Emilia-Romagna, Sgss, coordinatore scientifico: M. Pizziolo, Regione Emilia-Romagna, Sgss. [Http://www.Regione.Emilia-Romagna.It/Geologia](http://www.Regione.Emilia-Romagna.It/Geologia).

OPCM 3274 (2003), Ordinanza del Presidente del

Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". G.U.N. 155, 8/5/2003, suppl. ord. n. 72.

PIERI M., GROPPI G. (1981), *Subsurface Geological Structure Of The Po Plain (Italy)*, C.N.R., Prog. Fin. Geodinamica, Pubbl. n. 414, pp. 1-13.

STUCCHI M., CAMASSI R., ROVIDA A., LOCATI M., ERCOLANI E., MELETTI C., MIGLIAVACCA P., BERNARDINI F., AZZARO R. (2007), *Dbmi04, Il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico Cpti04*, [Http://Emidius.Mi.Ingv.It/Dbmi04/](http://Emidius.Mi.Ingv.It/Dbmi04/) Quaderni di Geofisica, vol. 49, pp.38.



Società Italiana di Geologia Ambientale

Casella Postale 2449 U.P. Roma 158

Tel./fax 06.5943344

E-mail: info@sigeaweb.it

http://www.sigeaweb.it

DOMANDA DI AMMISSIONE ALLA SIGEA – da inviare tramite e-mail o Casella Postale

I sottoscritt_(cognome)_____ (nome)_____

nat_ a_____ il _____

laurea/diploma in_____

professione _____

ente di appartenenza _____

indirizzo d'ufficio (1) _____

_____ tel. _____ fax _____

indirizzo privato (1) _____

_____ tel. _____ fax _____

E-mail: _____

chiede di essere ammesso in qualità di socio (2) _____ alla SIGEA.

Le sue esperienze principali nel campo della Geologia Ambientale sono (indicare parole chiave):

I suoi interessi principali nel campo della Geologia Ambientale sono:

(data)

(firma)

(1) Indicare Via/Piazza, numero civico, CAP, città, sigla Provincia. Segnare con un asterisco l'indirizzo al quale deve essere inviata la rivista Geologia dell'Ambiente e la corrispondenza.

(2) La qualità di socio si acquisisce su domanda del candidato e per approvazione del Consiglio Direttivo.

Possono diventare soci ordinari solo le persone che hanno almeno tre anni effettivi di esperienza nel campo della Geologia Ambientale, documentati mediante curriculum da allegare. Possono diventare soci aderenti le persone che hanno interesse per la Geologia Ambientale. La quota associativa annuale è unica, ai sensi del nuovo Statuto adottato nel 1999; per il 2010 è di euro 30,00. I versamenti a favore della SIGEA possono essere effettuati mediante:

- CC Postale n. 86235009 Roma;
- Banco Posta, tramite codice IBAN: IT 87 N 07601 03200 000086235009
- assegno bancario o circolare non trasferibile, intestati a Società Italiana di Geologia Ambientale, Roma.

Secondo lo statuto della SIGEA il rinnovo della quota va effettuato **entro il 31 marzo di ogni anno**.

Per i nuovi soci, la quota di iscrizione pagata dal 1° novembre in poi è valida per l'anno successivo

Informativa ai sensi dell'art. 13 del d.lgs. 196/2003 (Codice in materia di trattamento dei dati personali)

Ai sensi dell'art. 13 del d.lgs.196/2003, Le forniamo le seguenti informazioni.

I dati da lei forniti verranno utilizzati da SIGEA nel pieno rispetto della normativa citata.

I dati saranno oggetto di trattamento in forma scritta e/o supporto cartaceo, elettronico e telematico; i dati, previo Suo consenso, verranno utilizzati per le future informazioni delle attività della Sigea tramite supporti cartacei e/o elettronici.

L'interessato potrà godere dei diritti assicurati dall'art. 7 (Diritto di accesso ai dati personali ed altri diritti) e dall'art. 8 (Esercizio dei diritti) del d.lgs. 196/2003. Titolare del trattamento è SIGEA.

FORMULA DI ACQUISIZIONE DEL CONSENSO DELL'INTERESSATO

Il/La sottoscritto/a, acquisite le informazioni fornite dal titolare del trattamento, ai sensi dell'art.13 del d.lgs. 196/2003, dichiara di prestare il proprio consenso al trattamento dei dati personali per i fini indicati nella suddetta normativa.

Luogo e data _____

Firma _____

La **SIGEA** è un'associazione culturale senza fini di lucro, riconosciuta dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare come "associazione nazionale di protezione ambientale a carattere nazionale" con decreto 24 maggio 2007 (G.U. n. 127 del 4/6/2007). Agisce per la promozione del ruolo delle Scienze della Terra nella protezione della salute e nella sicurezza dell'uomo, nella salvaguardia della qualità dell'ambiente naturale e antropizzato e nell'utilizzazione più responsabile del territorio e delle sue risorse.

È aperta non solo ai geologi, bensì a tutte le persone e gli enti che hanno interesse alla migliore conoscenza e tutela dell'ambiente.

La SIGEA è stata costituita nel maggio 1992 a Roma da 19 Soci fondatori (geologi, ingegneri, architetti, geografi) esperti o cultori di Geologia Ambientale; conta oggi più di 800 iscritti.

Possono far parte della SIGEA, in qualità di soci, persone fisiche o persone giuridiche. I soci appartengono a enti pubblici e privati o sono liberi professionisti.

Cosa fa SIGEA

- **favorisce** il progresso, la valorizzazione e la diffusione della Geologia Ambientale, mediante gli "eventi" sotto riportati, la rivista trimestrale «Geologia dell'Ambiente» e il sito web;
- **promuove** il coordinamento e la collaborazione interdisciplinare nelle attività conoscitive e applicative rivolte alla conoscenza e tutela ambientale; per questo scopo ha costituito le aree tematiche "Patrimonio Geologico" e "Dissesto Idrogeologico";
- **opera** sull'intero territorio nazionale nei settori dell'educazione e divulgazione, della formazione professionale, della ricerca applicata, della protezione civile e in altri settori correlati con le suddette finalità, attivandosi anche mediante le sue sezioni regionali;
- **organizza** corsi, convegni, escursioni di studio, interventi sui mezzi di comunicazione di massa;
- **svolge attività di divulgazione scientifica in vari campi di interesse della Geologia Ambientale, fra cui la conservazione del Patrimonio Geologico:** ad esempio ha organizzato il 2° Symposium internazionale sui geotopi tenutosi a Roma nel maggio 1996 e altri convegni sul ruolo della geologia nella protezione della natura; inoltre collabora con l'associazione internazionale ProGEO (European association for conservation of geological heritage) per svolgere studi, censimenti e valorizzazione dei geositi e per creare collaborazioni con altre realtà europee afferenti a ProGEO;
- **svolge attività di formazione:** organizza corsi e convegni di aggiornamento professionale o di divulgazione su tematiche ambientali, quali previsione, prevenzione e riduzione dei rischi geologici, gestione dei rifiuti, bonifica siti contaminati, studi d'impatto ambientale, tutela delle risorse geologiche e del patrimonio geologico, geologia urbana, pianificazione territoriale, ecc.; inoltre rende disponibili per i soci audiovisivi e pubblicazioni dei convegni SIGEA;
- **informa** attraverso il periodico trimestrale "Geologia dell'Ambiente", che approfondisce e diffonde argomenti di carattere tecnico-scientifico su tematiche geoambientali di rilevanza nazionale e internazionale. La rivista è distribuita in abbonamento postale ai soci e a enti pubblici e privati;
- **interviene** sui mezzi di comunicazione di massa, attraverso propri comunicati stampa, sui problemi attuali che coinvolgono l'ambiente geologico;
- **collabora con altre associazioni** per lo sviluppo delle citate attività, in particolare nella educazione, informazione e formazione ambientale: con CATAP (Coordinamento delle associazioni tecnico-scientifiche per l'ambiente e il paesaggio) cui SIGEA aderisce, Associazione Idrotecnica Italiana, Federazione Italiana Dottori in Agraria e Forestali, Italia Nostra, Legambiente, WWF, ProGEO, ecc.



Società Italiana di Geologia Ambientale

Casella Postale 2449 U.P. Roma 158

Tel./fax 06 5943344

E-mail: info@sigeaweb.it

<http://www.sigeaweb.it>