



COMUNE DI PISA

**Direzione Urbanistica-Edilizia Privata
Servizi Amministrativi Mobilità
UFFICIO URBANISTICA**

**RELAZIONE
DI ACCOMPAGNAMENTO ALLA CARTA GEOMORFOLOGICA**

Aggiornamento quadro conoscitivo
del PS ex art. 21 L.R. n. 65/2014

Pisa, dicembre 2019

La Carta geomorfologica

1. Introduzione

La pianura di Pisa si è originata in seguito al progressivo sprofondamento (dell'ordine di migliaia di metri) del litorale pisano-versiliese causato dalla azione distensiva di faglie dirette. La subsidenza di quest'area, collegata al sollevamento generale dei rilievi montuosi formatisi durante le fasi parossistiche del corrugamento dell'Orogene Appenninico, è stata controbilanciata dalla sedimentazione marina e fluvio-lacustre a partire dal Miocene superiore. Questa attività tettonica distensiva è ben documentata fino al Pleistocene medio, ma non è escluso che sia tuttora attiva, considerando l'attuale morfologia e le tendenze evolutive della pianura alluvionale di Pisa. Sulla base dei dati disponibili, il sottosuolo della pianura di Pisa può essere schematicamente suddiviso in tre parti.

Il substrato profondo comprende le formazioni litoidi della Serie Toscana, le stesse che affiorano sui Monti Pisani a nord di Pisa e che nella pianura sono state ribassate dall'azione delle faglie dirette. Ad ovest di Pisa fanno parte del substrato profondo anche le formazioni dell'"Alloctono ligure" che è stato individuato in vari sondaggi profondi.

Il substrato intermedio è costituito da sedimenti "neoautoctoni" la cui deposizione ha un inizio variabile da zona a zona, ma non è mai anteriore al Miocene superiore. Si tratta di sedimenti depositi in presenza di una subsidenza di origine tettonica. La successione inizia alla base con sabbie e conglomerati a cui seguono argille lagunari sormontate da gessi variamente alternati a strati argillosi la cui deposizione viene fatta coincidere con la interruzione delle comunicazioni tra il Mediterraneo e l'Oceano Atlantico. Al di sopra dei gessi si ritrovano sabbie, argille e conglomerati che rappresentano la sedimentazione di un bacino senza comunicazione con i mari aperti. A questi è seguita la deposizione di argille azzurre di facies francamente marina che sono state invece deposte in un ambiente di mare più profondo cui seguono alternanze di argille azzurre e sabbie gialle che denotano l'alternarsi di ambienti marini più o meno profondi. Al di sopra si ritrovano Sabbie ed Argille attribuite al Pleistocene a cui segue la sedimentazione delle sabbie di Nugola Vecchia che rappresentano un episodio di sedimentazione di mare basso ed indicano quindi un fenomeno di regressione marina avvenuto al termine del Pleistocene inferiore.

Il substrato superiore (su cui si impostano forme, linee e depositi della Carta geomorfologica) è formato da sedimenti posteriori al Pleistocene inferiore che si sono

deposti in presenza di variazioni del livello del mare e di mutazioni del regime dei fiumi il cui trasporto solido cambiava, in seguito alle variazioni del clima, sia nella sua entità che nella granulometria più o meno fine dei clasti.

Al substrato superiore appartiene la Formazione dei Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina che sono presenti uniformemente nel sottosuolo Pisano e si trovano a circa 50 metri di profondità presso Cascina fino a raggiungere i 145 metri nella zona di Pisa. I conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina, il cui spessore varia tra 4 e 10 metri, sono costituiti da ciottoli delle formazioni affioranti sui Monti Pisani e sono sede di un importante acquifero artesiano attualmente molto sfruttato. Si ritiene quindi che l'apporto dei clasti più grossolani di questi conglomerati siano dovuti al trasporto del Serchio che scorreva impetuoso a partire dai rilievi delle Alpi Apuane, mentre le acque dell'Arno avrebbero fornito un contributo clastico più fine in quanto dotate di minore energia.

Al di sopra della formazione precedentemente descritta si trova un livello di "Limi fluvio-palustri del sottosuolo" corrispondenti ad una fase di più limitata attività fluviale come appare dalla diminuzione drastica delle dimensioni dei clasti rispetto a quelle della formazione sulla quale poggiano (Della Rocca et al. 1987). Questa diminuzione del trasporto è probabilmente legata ad un cambiamento del clima in senso più arido al quale sarebbe poi dovuta la deposizione nel Pleistocene superiore delle dune delle sabbie dell'Isola di Coltano al di sopra dei "Limi fluvio-palustri del sottosuolo". La deposizione di queste sabbie indica un fenomeno di ingressione marina seguito da un sollevamento eustatico con formazione di dune di origine eolica. A tali sabbie segue la deposizione dei "Limi fluvio-palustri di superficie" che sono legati a fenomeni di esondazioni dell'Arno e dei corsi d'acqua minori che, provenendo dai monti Pisani, spesso si impaludavano nella pianura fino ad epoche storiche.

2. Elementi rappresentati nella carta geomorfologica

Il prodotto elaborato è una carta di forme, processi e depositi originati dagli agenti esogeni che modellano la superficie terrestre. Oltre alla caratterizzazione delle varie categorie che rientrano in questi tre grandi gruppi, sono stati rilevati gli stati di attività dei depositi alluvionali, che, in relazione ai fini pianificatori perseguiti rivestono particolare importanza per la derivazione di carte della pericolosità geologica e idraulica.

Ad integrazione finale di un progetto più ampio che ha riguardato l' "Aggiornamento della carta geologica e geomorfologica e del tetto delle argille compressibili contenute nel

Piano Strutturale del Comune di Pisa e realizzazione di un archivio digitale 3D” svoltosi a partire dal 2009 attraverso una convenzione tra Comune di Pisa e Università di Pisa, viene presentato l’ultimo contributo che riguarda la carta geomorfologica (elaborazione a cura di G. Sarti et alii).

E’ stato così definito, sulla base di tutte le cartografie esistenti, uno standard descrittivo che corrisponde a criteri di sintesi, completezza e correttezza scientifica indispensabili per poter disporre dati di qualità e confrontabili. Ciò potrà permettere di estendere gradualmente su tutto il territorio limitrofo al comune di Pisa, questo tipo di modus operandi.

L’aggiornamento della carta geomorfologica riprende totalmente tali criteri e conseguentemente l’aggiornamento finale è ovviamente perfettamente concordante dal punto di vista della descrizione litologica con quello fornito per la carta geologica.

3. Cartografia esistente

Dal punto di vista della cartografia esistente, le carte ad indirizzo geomorfologico che hanno rappresentato il punto di partenza per l’aggiornamento della Carta geomorfologica del territorio comunale di Pisa, sono due:

la Carta Geomorfologica della Provincia di Pisa, 1:10.000 del 2005;

la Carta degli elementi naturalistici della Pianura di Pisa e dei rilievi contermini, alla scala 1: 50.000 edita da Carratori et al. nel 1997.

E’ quindi sulla base dei dati riportate in queste due pubblicazioni che si è proceduto con il lavoro di perfezionamento.

4. Vestizione grafica

A livello grafico, per quanto riguarda forme, linee e depositi, si è fatto riferimento a quanto riportato nei *“Quaderni serie III, Volume 13, Fascicolo I, AGGIORNAMENTO ED INTEGRAZIONI DELLE LINEE GUIDA DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA D’ITALIA ALLA SCALA 1:50.000”* e nelle *“Specifiche tecniche per la strutturazione, la codifica e l’acquisizione in formato digitale delle cartografie della BANCA DATI GEOMORFOLOGICA della REGIONE TOSCANA”*.

5. Elementi geologici e stratigrafici

Nel territorio comunale di Pisa, pressoché pianeggiante, affiorano terreni di età relativamente recente datati dal Pleistocene superiore all'Olocene che proseguono in profondità per circa 30 metri.

L'attuale situazione geologica e stratigrafica degli strati superficiali di terreno della pianura di Pisa è principalmente il risultato della attività di trasporto ed esondazione dell'Arno nonché delle variazioni del suo corso fluviale ed è legato agli effetti della presenza di vaste aree paludose in rapporto alle variazioni eustatiche del livello marino e dei variabili equilibri della dinamica costiera. Si tratta quindi sostanzialmente di sedimenti fluvio-palustri localizzati nella parte orientale del comune di Pisa, separati dal mare aperto da depositi eolico transizionali dei lidi e dune litoranee più ad ovest.

L'elaborazione della Carta geomorfologica è strettamente correlata alla Carta geologica del territorio comunale, nella quale sono rappresentati i litotipi significativi per caratteristiche litologiche e sviluppo areale. Si riporta di seguito, per una corretta lettura della Carta geomorfologica, la successione geologica e stratigrafica della pianura pisana, così come definita dal quadro conoscitivo del P.S. 1998:

Sedimenti delle spiagge attuali costituiti da sabbie sciolte - (s). I sedimenti delle spiagge attuali sono costituiti in generale da sabbie fini, mentre i sedimenti di battigia sono leggermente più grossolani (sabbie medie). I sedimenti più distanti dalla linea di battigia sono da considerare di origine eolica vista le loro dimensioni e la loro elevata classazione. Per quanto riguarda invece la variazione granulometrica nel senso parallelo all'andamento della spiaggia, da studi sedimentologici recenti (Pranzini 1996) è stata verificata una evidente riduzione delle dimensioni dei clasti a partire dalla foce dell'Arno e procedendo verso Livorno. A nord della foce dell'Arno le dimensioni dei granuli sembrano invece più grossolane. A questo proposito, un sondaggio effettuato nella spiaggia in prossimità della foce del F. Morto Nuovo, ha permesso di osservare, nei primi 10 m di terreno, delle sabbie addensate a grana grossa di colore nocciola.

A sud della foce dell'Arno, i sedimenti sabbiosi delle spiagge attuali si trovano a partire da Calambrone fino all'abitato di Tirrenia mentre a nord di quest'ultima, la costa è soggetta a fenomeni erosivi ed è quindi protetta da opere di difesa trasversale o longitudinali in prossimità delle quali non è presente o è molto scarso un accumulo di sedimenti.

A nord della foce dell'Arno, le spiagge attuali aumentano la loro entità procedendo da sud verso nord in quanto i fenomeni erosivi raggiungono la massima intensità in prossimità del delta dell'Arno che è attualmente in fase di smantellamento. In tutto il litorale pisano i

sedimenti di spiaggia attuali sono comunque alimentati prevalentemente da materiali trasportati dall'Arno.

Sedimenti limo-argillosi e sabbiosi delle aree golenali (Attuale) - (a). I sedimenti presenti nelle aree golenali sono depositi dai corsi d'acqua attuali negli alvei e nelle aree laterali raggiunte dalle piene ordinarie. Per quanto riguarda l'Arno si tratta di sedimenti a granulometria variabile da limo-argillosa a sabbiosa in corrispondenza dell'energia delle acque che li hanno depositi.

Depositi sabbiosi dei lidi e dune litoranee (Olocene) - (d). I depositi sabbiosi si trovano lungo una fascia della larghezza di circa 7 km posta in direzione nord-sud che separa la pianura alluvionale di Pisa dal mare. Tale disposizione spaziale rappresenta gli antichi andamenti del litorale che è andato espandendosi fino al secolo scorso.

I lidi e le dune litoranee sono costituiti da depositi sabbiosi su cui prevalgono composizionalmente i granuli quarzosi. Tali sabbie si presentano sciolte in superficie e mediamente addensate in profondità. I lidi, chiamati localmente "Cotoni", non raggiungono quote molto elevate. Corrispondono a barre emerse per sovraccumulo di sedimenti trasportati dall'azione marina litoranea, scaricati sulle spiagge dalle onde e, in tempi successivi, stabilizzati dalla vegetazione (Mazzanti, 1994b).

Le dune sabbiose, dette "Tomboli", si sono formate invece in seguito ad accumuli di origine eolica. Si presentano mediamente più elevate rispetto ai lidi ed hanno una forma allungata prevalentemente nel senso del litorale. In generale la loro formazione è legata al prevalere di un vento costante ed hanno per questo un profilo asimmetrico che rimane visibile dove non è stato alterato dall'azione antropica.

Sedimenti interdunali costituiti da limi e sabbie limose talvolta con depositi superficiali costituiti da argille organiche e torbe (Olocene) - (i). I sedimenti interdunali presentano un andamento parallelo ai lidi e sono stati depositi nelle depressioni comprese tra i lidi e le dune. Anche questi terreni, come quelli precedentemente descritti, si sono originati in prossimità di linee costiere dei secoli scorsi e di conseguenza sono costituiti da depositi sabbiosi in particolare arricchiti della frazione più fine.

Nelle aree interdunali, in quanto morfologicamente depresse, si sono verificati ristagni d'acqua nei periodi di maggiore piovosità. Di conseguenza, in queste zone si è spesso notevolmente sviluppata una vegetazione igrofila, la cui alterazione ha dato origine a depositi organici e torbosi negli strati più superficiali di terreno.

Depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata (Olocene) -(at). Questi terreni sono costituiti prevalentemente da argille (la cui consistenza

può variare localmente), da argille organiche e torbe. Queste ultime sono caratterizzate dal colore grigio scuro o nero e dalle scadenti proprietà meccaniche. All'interno degli strati argillosi sono talvolta presenti sottili livelli costituiti da limi e subordinatamente da sabbie. I depositi appartenenti a questo gruppo sono rappresentati da sedimenti molto fini e sono generalmente localizzati nelle zone più lontane dai fiumi sulle quali si sono verificati fenomeni di sovralluvionamento. Nelle zone ancora più depresse inoltre, soggette ad impaludamento, si sono deposte anche argille organiche e torbe.

La deposizione delle torbe è causata da un processo di degradazione anaerobica subito dalla vegetazione igrofila che si verifica in seguito alla permanenza del terreno allo stato palustre. Questi depositi si ritrovano infatti nelle zone che nel passato erano permanentemente paludose mentre attualmente lo diventano solo occasionalmente in concomitanza degli eventi meteorici più consistenti. Tali aree si trovano a Nord di Coltano, a Stagno, nella zona della Ballerina, del Gracitone e, più a Nord, nelle vicinanze di Campaldo.

Depositi alluvionali prevalentemente limosi e sabbiosi con intercalazioni argillose (Olocene) - (la). Questi depositi hanno una granulometria mediamente più grossolana di quelle dei terreni sopra descritti. Si tratta infatti di depositi prevalentemente limosi e argillosi al cui interno sono più o meno frequenti intercalazioni sabbiose.

Le ripetute esondazioni verificatesi nel passato nella pianura di Pisa, depositavano la frazione limosa meno fine prevalentemente nelle aree poste in prossimità del corso fluviale dell'Arno. I limi si ritrovano infatti nella zona di Barbaricina, della Vettola, di S. Giovanni al Gatano, ed inoltre nelle zone di Pisa sud, di S. Giusto, di S. Ermete, e di Ospedaletto.

Questi depositi si trovano anche in località Le Rene e rappresentano anche in questa località un sedimento di esondazione fluviale che potrebbe essere stato deposto da un antico corso del fiume oggi abbandonato.

Le zone il cui substrato è costituito da questi terreni sono leggermente più rilevate rispetto alle ex aree palustri in cui si ritrovano sedimenti mediamente più fini.

Depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi (Olocene) - (sa). La distribuzione di questi terreni è stata cartografata in base ai risultati di indagini geognostiche. In queste aree i primi 5 metri di sottosuolo sono costituiti in prevalenza da sabbie con argille e limi in quantità subordinata. Si ritrovano nella zona di Ospedaletto e in lacune fasce adiacenti al corso attuale dell'Arno.

L'ambiente di deposizione è analogo a quello dei depositi sopra descritti. Nelle zone laterali al fiume possono essere interpretati come arenili formatesi nella parte interna di

meandri in seguito al deposito dei materiali sabbiosi in sospensione nelle acque a causa del rallentamento della corrente.

Calcareniti e sabbie dell'Isola di Coltano (Pleistocene superiore) -(c). Questi terreni sabbiosi di composizione prevalentemente quarzosa affiorano, oltre che a Coltano, anche più a nord nella zona di Castagnolo e in un'area molto limitata nella zona di Montacchiello. Le aree in cui sono localizzati questi terreni hanno mantenuto una morfologia più elevata in quanto residui eolico-dunali raggiungendo dislivelli massimi fino a 8-9 metri. Come età si tratta di depositi relativi al Pleistocene superiore da considerare deposti durante il Wurm II in quanto sono stati trovati reperti Musteriani (Menchelli 1984).

Aree palustri bonificate. Le aree paludose ancora in tempi storici nel comune di Pisa sono caratterizzate dalla presenza di argille plastiche ed organiche superficiali, talvolta con frazioni limose con scadenti proprietà meccaniche. Nella zona sud del comune di Pisa le ex aree palustri principali sono quelle di Stagno a sud dell'Isola di Coltano e del Palude Maggiore a nord, ancora localizzabili nelle carte del catasto Leopoldino del 1825 le quali sono state prosciugate in tempi molto recenti. Una diramazione del Palude Maggiore è rappresentata dal Palude della Ballerina in prossimità delle dune sabbiose di Castagnolo. A nord e ovest di Pisa esisteva una zona paludosa più antica che si estendeva dalla città fino alle dune di San Rossore, detta la palude Pisana o anche Paludozzeri non ancora prosciugata agli inizi del 1300. Un'altra palude era localizzata verso il 1000 presso Cisanello. Queste zone acquitrinose costituivano i residui di una depressione occupata da acque stagnanti che in precedenza risultava di estensione molto maggiore.

Alvei fluviali abbandonati. Sono stati distinti nella carta geologica gli alvei tagliati in epoca storica, dagli alvei abbandonati in tempi più antichi riconoscibili da foto aeree o da immagini da satellite. Tra i tagli avvenuti in epoca storica si ritrovano:

- i tagli di meandro avvenuti nel 1338, della Vettola e di Cascine Nuove.

Quest'ultimo è bene identificabile grazie anche alla forma con cui ha tagliato le dune sabbiose più antiche;

- il "Taglio Ferdinando" del 1606 che deviò la foce dell'Arno di circa 2 km più a nord per evitare gli effetti del vento di Libeccio sull'insabbiamento della foce;

- il taglio effettuato tra il 1771-74 a Barbaricina.

Tali paleoalvei sono generalmente caratterizzati da terreni più sabbiosi ad andamento lenticolare alternati a sedimenti più fini limo-argillosi. In superficie possono essere presenti depositi più fini talvolta organici dovuti a locali impaludamenti verificatesi in seguito al taglio del meandro.

Paleoalvei sepolti rilevati con immagini da satellite. Alcuni paleoalvei sono stati osservati grazie ad immagini da satellite anche al di sotto di spessori di sedimenti di natura diversa (esempio lacustre). Sono stati rilevati i due paleoalvei di Cisanello, del Fiume Morto, della Vettola e dell'Aeroporto.

Dott. Geol. Alessandra Pippi