

PARTE III

QUADRO CONOSCITIVO

Il Quadro Conoscitivo

Generalità

Il bacino del fiume Arno, come definito per gli effetti della legge 183/89, comprende, oltre al bacino idrografico in senso stretto anche la fascia di territorio compresa tra lo Scolmatore, a Sud, ed il Fiume Morto, a Nord, inclusa l'area di bonifica di Coltano-Stagno ed il bacino del torrente Tora che oggi confluisce nello Scolmatore. Il territorio del bacino interessa la Regione Toscana per il 98% circa e la Regione Umbria per il 2% circa, comprendendo le province di Arezzo, Firenze, Pistoia, Pisa e, marginalmente, Siena, Lucca, Livorno e Perugia. Il bacino interessa il territorio di 171 comuni.

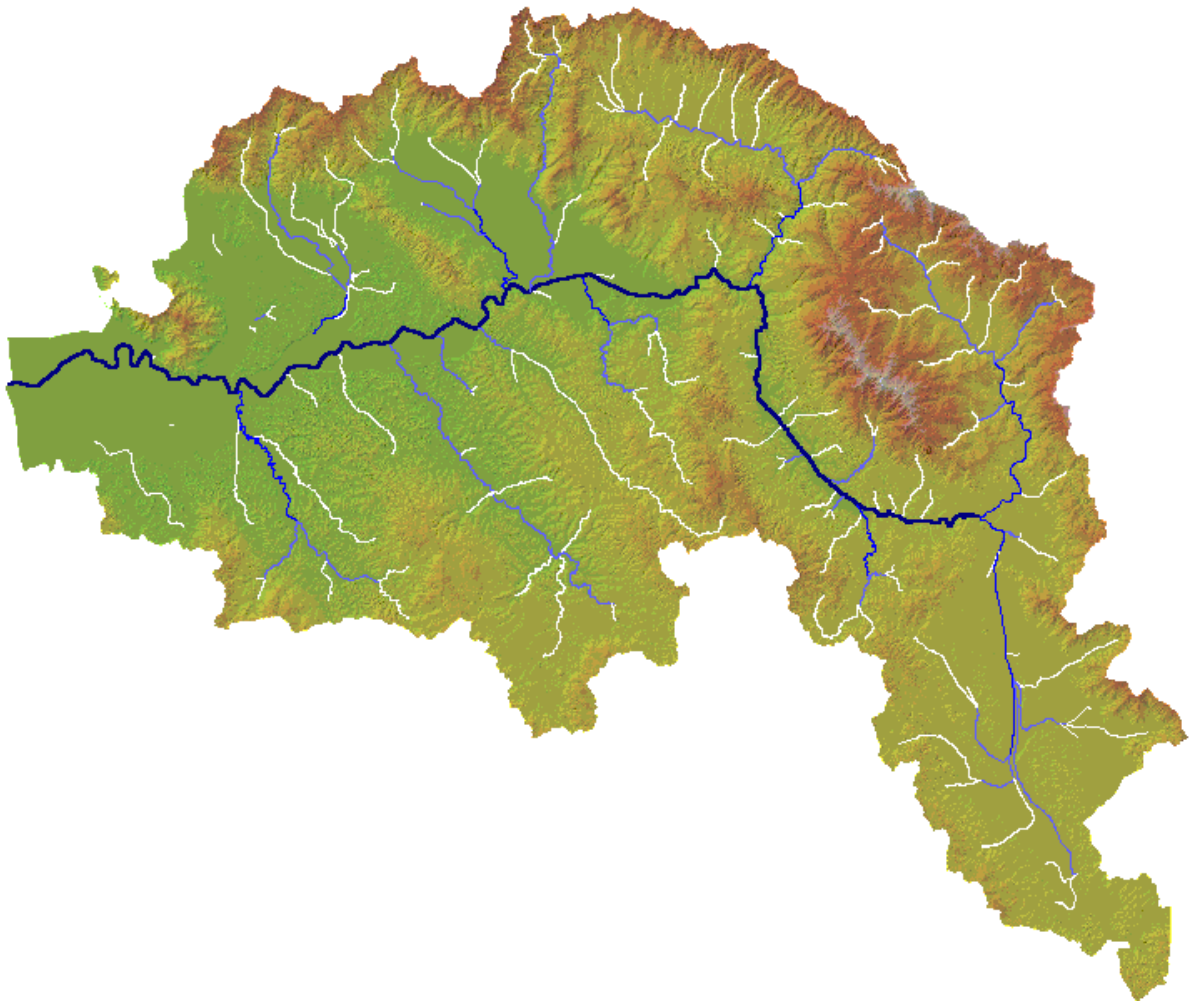


Figura 1: Il bacino dell'Arno

L'Arno ha origine dal versante meridionale del Monte Falterona, alla quota 1.385 m. sul mare. Dopo il primo tratto montano lascia il Casentino e, attraverso la stretta di S. Mama, sbocca nella piana di Arezzo. A circa 60 Km dalle sorgenti, nei pressi del bordo occidentale della piana, si congiunge con il Canale Maestro della Chiana. Entra quindi nel Vardarno Superiore dove scorre, percorrendo un vasto arco, sino a Pontassieve, allo sbocco della Sieve, suo principale affluente di destra. Da qui piega decisamente verso Ovest e mantiene tale direzione fino alla foce. È in questo ultimo tratto che confluiscono i restanti importanti affluenti di destra e sinistra.

Il bacino imbrifero si estende su una superficie di 8.228 Km², dei quali il 60% circa è a quota inferiore a 300 m.s.l.m., il 34% a quote comprese tra 300 e 600 m.s.l.m., il 9% a quote comprese tra 600 e 900 m.s.l.m. e il 4 a quota superiori a 900 m.s.l.m. Le maggiori altitudini si riscontrano nel gruppo montuoso del Falterona e del Pratomagno, rispettivamente con le vette di Monte Falco (1.657 m.s.l.m.) e del Poggio Uomo di Sasso (1.537 m.s.l.m.). L'intero bacino viene solitamente suddiviso nei 6 sottobacini riportati, con le relative estensioni, nella tabella che segue.

Tabella 1

Sottobacino	Superficie [Km ²]
Casentino	883
Val di Chiana	1.368
Valdarno Superiore	984
Sieve	843
Valdarno Medio	1.383
Valdarno Inferiore	2.767
TOTALE	8.228

Il Casentino è costituito dall'alto bacino dell'Arno dalle origini alla confluenza con la Chiana. È delimitato dai contrafforti dell'Appennino e del Pratomagno e numerosi sono gli affluenti, tutti di carattere torrentizio, come il Solano e il Capraia in destra, l'Archiano, il Corsalone e il Chiassa in sinistra.

La Val di Chiana comprende una vasta zona quasi completamente pianeggiante; anticamente paludosa, è stata, in tempi relativamente recenti, bonificata e suddivisa tra il bacino dell'Arno e quello del Tevere.

Il Valdarno Superiore è formato da una lunga pianura, chiusa a destra dal Pratomagno e a sinistra dai modesti rilievi della provincia di Siena, dai quali ha origine il torrente Ambra, unico affluente di una certa importanza in tutto il sottobacino.

Il sottobacino della Sieve, al pari del Casentino, costituisce un bacino a sé stante tra la dorsale Appenninica ed i contrafforti del Mugello. Tributario di molti affluenti, la Sieve confluisce nell'Arno poco a monte di Firenze, delimitando a valle il Valdarno Superiore, così come la Chiana lo delimita a monte.

Il Valdarno Medio origina a valle di Pontassieve e comprende i sottobacini del Bisenzio e dell'Ombrone in destra, del Greve in sinistra. La confluenza dell'Ombrone determina la chiusura.

Il Valdarno Inferiore è caratterizzato in destra da una ampia pianura di bonifica con il sottobacino Valdinievole - Padule di Fucecchio e in sinistra da lunghe vallate in cui scorrono importanti affluenti quali il Pesa, l'Elsa e l'Era. L'Arno, a valle di Pontedera, fluisce verso la foce canalizzato, contenuto in arginature di difesa.

L'asta fluviale ha uno sviluppo complessivo di 241 Km, mentre l'asse della valle risulta più corto di 18 Km; questa differenza è dovuta ai numerosi meandri che il fiume forma, specie nel tratto terminale, tra le confluenze della Pesa e dell'Era.

La tabella che segue, derivante da una elaborazione numerica del modello digitale del terreno dell'Autorità di bacino¹, fornisce un indice della morfologia del bacino. Si può osservare che i terreni pianeggianti, con pendenza minore del 3%, coprono una superficie dell'ordine del 30% del bacino.

¹ Con maglia 20 metri

Tabella 2

Classi di pendenza	Superficie [km ²]	Superficie [%]
$p < 1\%$	1785	20%
$1\% \leq p < 3\%$	717	8%
$3\% \leq p < 8\%$	1055	12%
$8\% \leq p < 15\%$	1206	13%
$15\% \leq p < 20\%$	850	9%
$20\% \leq p < 25\%$	760	8%
$25\% \leq p < 35\%$	1150	13%
$35\% \leq p < 45\%$	718	8%
$p > 45\%$	860	9%

Altrettanto importante è la parte del territorio classificabile come collinare.

La pendenza media del suo corso è del 5,6‰, tale valore è, ovviamente, meno che indicativo in quanto la pendenza varia dal 140‰ dei primi 5 km dalla sorgente, sino allo 0,43‰ degli ultimi 82 km di percorso dalla stretta della Gonfolina alla foce. Esaminando il profilo longitudinale del corso dell'Arno si può osservare l'andamento regolare, molto ripido per il primo tratto, con un netto punto di flesso a 25 Km dalla sorgente, più o meno all'altezza di Poppi. Successivamente si possono distinguere, in linea di massima, due tratti a diversa pendenza media: il primo sino a Firenze di pendenza pari al 2,5‰ e il successivo sino alla foce con pendenza media dello 0,4‰.

Le formazioni geologiche sono in prevalenza impermeabili costituite da argille, marne, scisti argillosi, calcari marnosi e arenarie compatte. La parte prevalentemente permeabile del bacino non supera il 5% dell'intera superficie. La copertura alluvionale, quasi ovunque di spessore modesto, è presente sul 23% della superficie. Nel complesso le rocce costituenti il bacino dell'Arno sono facilmente erodibili. La stessa colorazione, generalmente giallastra, delle acque fluenti, è indice di un forte trasporto solido in sospensione. Ciò determina una intensa tendenza alla denudazione del bacino, nonostante che la Toscana, nel suo complesso, sia una delle regioni più ricche di bosco rispetto alla superficie complessiva agraria e forestale.

L'erosione in alveo è stata anche favorita dalla sottrazione di materiali, effettuata nelle numerose vasche o cave destinate all'immagazzinamento delle acque torbide di morbida e di piena dell'Arno, che depositano i materiali trasportati in sospensione. A ciò si aggiunge il prelevamento di materiali di fondo, come ghiaie o sabbie, eseguito per le necessità costruttive, soprattutto vicino ai centri abitati.

La temperatura media annua diminuisce costantemente e progressivamente procedendo dal mare verso l'interno della vallata. Tale diminuzione è più sensibile a partire dal Medio Valdarno. L'ampiezza dell'escursione annua varia a causa dell'altitudine e della vicinanza del mare, la cui azione volano si fa sentire a discreta profondità dal litorale. Le isoterme di valore meno elevato corrono parallelamente alle gogaie ed al rilievo del Pratomagno, mentre quelle di valore più alto seguono i rilievi, delimitando a nord ed a sud la parte più bassa della vallata. L'andamento mensile delle temperature è nel complesso caratterizzato in tutto il bacino da un progressivo aumento da gennaio sino a luglio, e da un altrettanto progressiva diminuzione da luglio a dicembre. Le temperature minime si rilevano generalmente nei mesi di gennaio e febbraio, mentre le massime in luglio e agosto. L'andamento della copertura nuvolosa segue quella generale della maggior parte delle regioni italiane. I mesi più sereni sono quelli di luglio e agosto mentre il più nuvoloso è dicembre.

Il bacino non dispone di un elevato numero di stazioni di misura eolica, anche se l'Autorità di Bacino, le Regioni e gli altri enti preposti stanno svolgendo un valido sforzo

per ampliare ed ottimizzare la rete di monitoraggio. Dai dati disponibili è possibile ricostruire un quadro sufficientemente rappresentativo della circolazione delle masse d'aria. L'esame dei dati conferma in primo luogo la stretta relazione della posizione geografica ed orografica con il regime dei venti. In vicinanza della costa i venti dominanti sono quelli dei quadranti occidentali ed orientali. Questo in accordo con le variazioni barometriche stagionali, che caratterizzano le zone marittime della costa tirrenica. Le direzioni con maggiore frequenza, a Firenze sono i quadranti nord e nord-orientali, dovuti alle correnti fredde provenienti da settentrione, che scavalcano la catena appenninica, in ispecie nei mesi invernali. Nel periodo estivo prevalgono i venti del quadrante sud-occidentale. Le direzioni, tra Pisa e Firenze, sono prevalentemente orientate secondo i quattro punti cardinali, risentendo sia del regime riscontrato alla stazione di Pisa che di quello visto alla stazione di Firenze. Nella rimanente parte del bacino il regime è influenzato dall'orografia. Nella Val di Chiana, lo sviluppo longitudinale della valle, favorisce la circolazione delle masse d'aria provenienti dai quadranti meridionali e settentrionali. I rilievi orientali costituiscono una valida barriera ai venti di questi quadranti, mentre ad occidente le modeste alture dello spartiacque lasciano passare i venti di ponente.

L'andamento della evaporazione nel corso dell'anno è analogo a quello della temperatura dell'aria con massimi e minimi in estate e inverno.

Le precipitazioni atmosferiche sono generalmente distribuite nell'arco dell'anno in due periodi. Nel primo, compreso tra i mesi di gennaio e maggio inclusi, si hanno precipitazioni abbondanti e di norma regolari, nel secondo, che va da ottobre a dicembre, si hanno precipitazioni rilevanti ed intense ma irregolarmente distribuite nel tempo. Tra questi due periodi piovosi si inserisce un intervallo caratterizzato da scarse, e a volte scarsissime, piogge. Il mese con più precipitazioni più abbondanti è quello di novembre, mentre il più siccitoso è luglio.

Per quanto concerne la distribuzione dei giorni piovosi si può affermare che per tutto il bacino gli eventi meteorici sono distribuiti in parti pressochè uguali nelle stagioni autunnali, invernali e primaverili, in ragione del 90% circa del totale annuo. Relativamente alla distribuzione areale delle piogge sul bacino, si nota una spiccata interdipendenza tra quantità di pioggia caduta e orografia, in special modo in destra idrografica. Infatti nel Valdarno Superiore e su un'ampia zona allungata e parallela al crinale appenninico, le precipitazioni non scendono al di sotto dei 1.000 mm, e raggiungono, con gradiente sempre più ripido, valori intorno ai 2.000 mm sullo spartiacque tra il Pescia ed il Bisenzio, 1.400 - 1.900 mm lungo il crinale sino al Monte Falterona ed infine, sul Pratomagno, valori intorno ai 1.700 mm. In queste zone, in anni particolarmente piovosi, si possono toccare rispettivamente valori superiori a 3.000 mm, 2.000 mm e 2.500 mm. Sempre facendo riferimento all'anno medio, le precipitazioni raggiungono e superano di poco i 1.000 mm in zone ristrette dell'alto bacino della Chiana e dell'Era. Nella parte restante del bacino le precipitazioni sono generalmente livellate intorno a valori oscillanti tra 800 - 900 mm nel Valdarno Medio e Inferiore, e tra 700 - 900 mm nella Chiana ove peraltro si riscontrano le zone a minore piovosità.

Le precipitazioni nevose, escluse le zone montuose, sono di modesta entità e rivestono carattere di eccezionalità, soprattutto nelle zone vicine al mare. Da quanto esposto in precedenza, il tipo pluviometrico nel bacino del fiume Arno può essere classificato sub-litoraneo appenninico nelle parti più elevate del bacino e marittimo nella fascia più prossima alla costa tirrenica.

Il bacino è prevalentemente impermeabile per cui i deflussi seguono le caratteristiche delle precipitazioni nella loro distribuzione. Sono pure caratterizzati da due massimi (dicembre-marzo) e da un minimo assoluto (agosto). Lo sfasamento del regime dei deflussi da quello delle precipitazioni è dovuto alle condizioni stagionali del terreno e

alle portate di esaurimento. Il deflusso totale medio annuo dell'intero bacino è pari a circa 3 miliardi di m³ con una portata media di 100 m³/s a San Giovanni alla Vena.

Nel testo che segue si vuole fornire, almeno nei tratti essenziali, il quadro conoscitivo necessario a comprendere e valutare il significato delle scelte del piano, più avanti illustrate. Il paragrafo che segue descrive il contesto geologico – strutturale del Bacino; successivamente si trattano i lineamenti fisiografici. L'idrografia dell'asta principale e degli affluenti rappresenta una conclusione di questo percorso logico che si completa nell'esame delle caratteristiche principali degli acquiferi e dell'andamento costiero. Conclude il Capitolo un sintetico esame della complessa situazione socioeconomica con la quale le direttive del PAI sono chiamate a confrontarsi.

Quadro geologico – strutturale

Lineamenti tettonici

INTRODUZIONE

L'Appennino settentrionale è una catena a falde derivata dalla deformazione terziaria di un settore del paleomargine continentale della microplacca adriatica prospiciente al Dominio oceanico ligure (Boccaletti et al., 1971; Alvarez et al., 1974; Kligfield, 1979). A partire dal Miocene la deformazione compressiva si è propagata da occidente ad oriente attraverso la penisola fino all'Adriatico (Merla, 1952). Contemporaneamente, nella parte interna della catena le strutture compressive sono state interessate da un'importante tettonica distensiva la cui intensità, in Toscana, aumenta da N a S. Nella Toscana meridionale la deformazione distensiva più importante è pre-Tortoniano ed è caratterizzata da faglie normali poco inclinate che hanno determinato la sovrapposizione diretta delle unità strutturalmente più elevate (Liguridi s.l.) sopra i complessi metamorfici derivanti dalla deformazione del margine continentale della microplacca adriatica ("Serie ridotta" Auct.) (Carmignani & Kligfield, 1990; Bertini et al., 1991; Carmignani et al., 1994). La distensione, continua tra il Miocene sup. e il Quaternario, è caratterizzata da faglie dirette molto inclinate che individuano *horst* e *graben* orientati NW-SE associati a vulcanismo e che tagliano tutte le precedenti strutture compressive e distensive (

Figura 2).

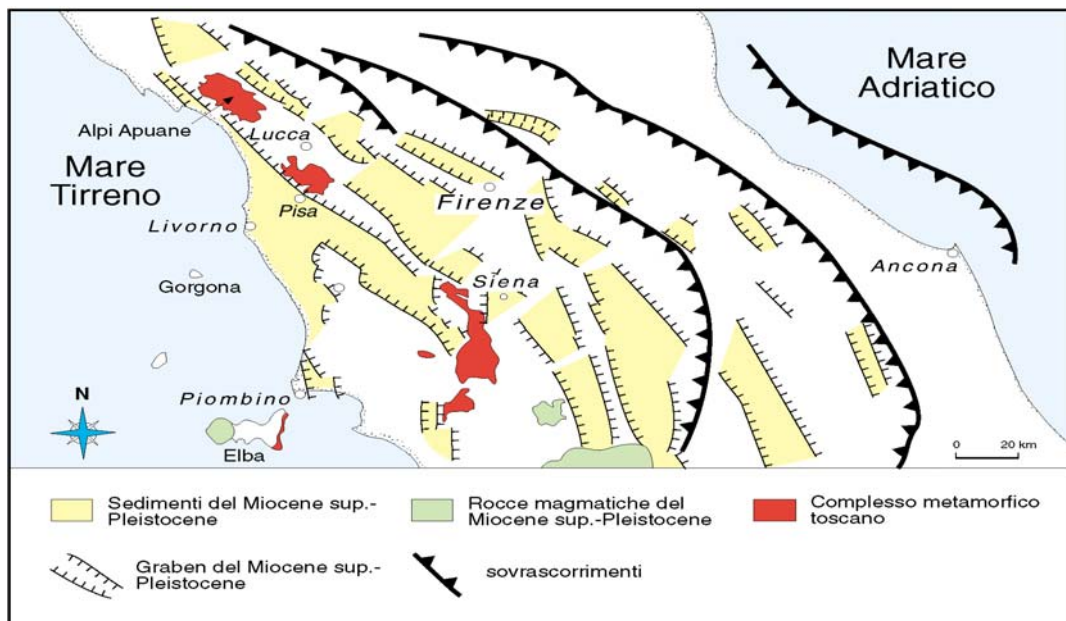


Figura 2: Schema strutturale dell'Appennino settentrionale

Oggi il versante occidentale dell'Appennino settentrionale è caratterizzato da tettonica distensiva mentre il margine esterno della catena è, ancora, interessato da tettonica compressiva.

LE SUCCESSIONI

In una restaurazione palinspastica² della catena lungo la trasversale dell'Appennino settentrionale vengono tradizionalmente distinti, dall'interno verso l'esterno, i seguenti domini paleogeografici (Figura 3):

- 1) Il Dominio Ligure comprensivo di relitti di basamento oceanico e relative coperture sedimentarie pelagiche del tardo Giurassico-Cretaceo inferiore (p.e.:Unità del Bracco) e *flysch* cretaceo-paleogenici scollati dal loro substrato (p.e. Unità Liguri esterne: Flysch ad Elmintoidi).
- 2) Il Dominio Subligure documentato solo da una successione sedimentaria paleogenica (Unità di Canetolo, non rilevata all'interno del bacino dell'Arno) profondamente tettonizzata e di cui non si conosce né l'originaria ampiezza né la natura del suo substrato. E' verosimile che questa successione si sia sedimentata in un'area di transizione tra la crosta oceanica del Dominio Ligure e il substrato continentale del Dominio Toscano.
- 3) Il Dominio Toscano attualmente documentato da successioni deformate a livelli strutturali differenti:
 - i) il Dominio Toscano Interno (Falda Toscana) comprende termini da archimetamorfici a non metamorfici di età variabile dal Trias superiore all'Oligocene superiore;
 - ii) il Dominio Toscano Esterno (Complesso Metamorfico Toscano: Autoctono Auctt. delle Alpi Apuane, metamorfiti del M. Pisano e della Montagnola senese, ecc.), con metamorfismo in facies scisti verdi che oltre ad una copertura mesozoica e terziaria, comprende anche formazioni paleozoiche del suo basamento ercinico.
 - iii) L'Unità di Massa (esterna al bacino dell'Arno) tettonicamente compresa tra Falda Toscana e Autoctono Auctt. è costituita, esclusivamente, da termini Paleozoici e del Trias inferiore e medio e potrebbe rappresentare il substrato della Falda Toscana scollata e avanscorsa (Trevisan, 1962) oppure derivare da un dominio intermedio tra i domini toscani interno ed esterno di cui non si conosce la copertura mesozoica e terziaria.
- 4) L'Unità di M. Cervarola è costituita esclusivamente da un *flysch* del Miocene medio deposto in un bacino al fronte dell'alloctono e, attualmente, in parte accavallato sul Dominio Umbro-Marchigiano. Il suo substrato, intermedio tra il Dominio Toscano Esterno e il Dominio Umbro-Marchigiano, non affiora nell'Appennino settentrionale.
- 5) Il Dominio Umbro-Marchigiano, un *fold belt* scollato a livello delle evaporiti triassiche, affiora in Umbria e Marche ed è sepolto dalle coltri liguri sulla trasversale dell'Appennino toscano-emiliano. Esso rappresenta la zona più esterna della catena con una successione sedimentaria che arriva fino al Miocene superiore.

² Ricostruzione geometrica delle successioni paleogeografiche

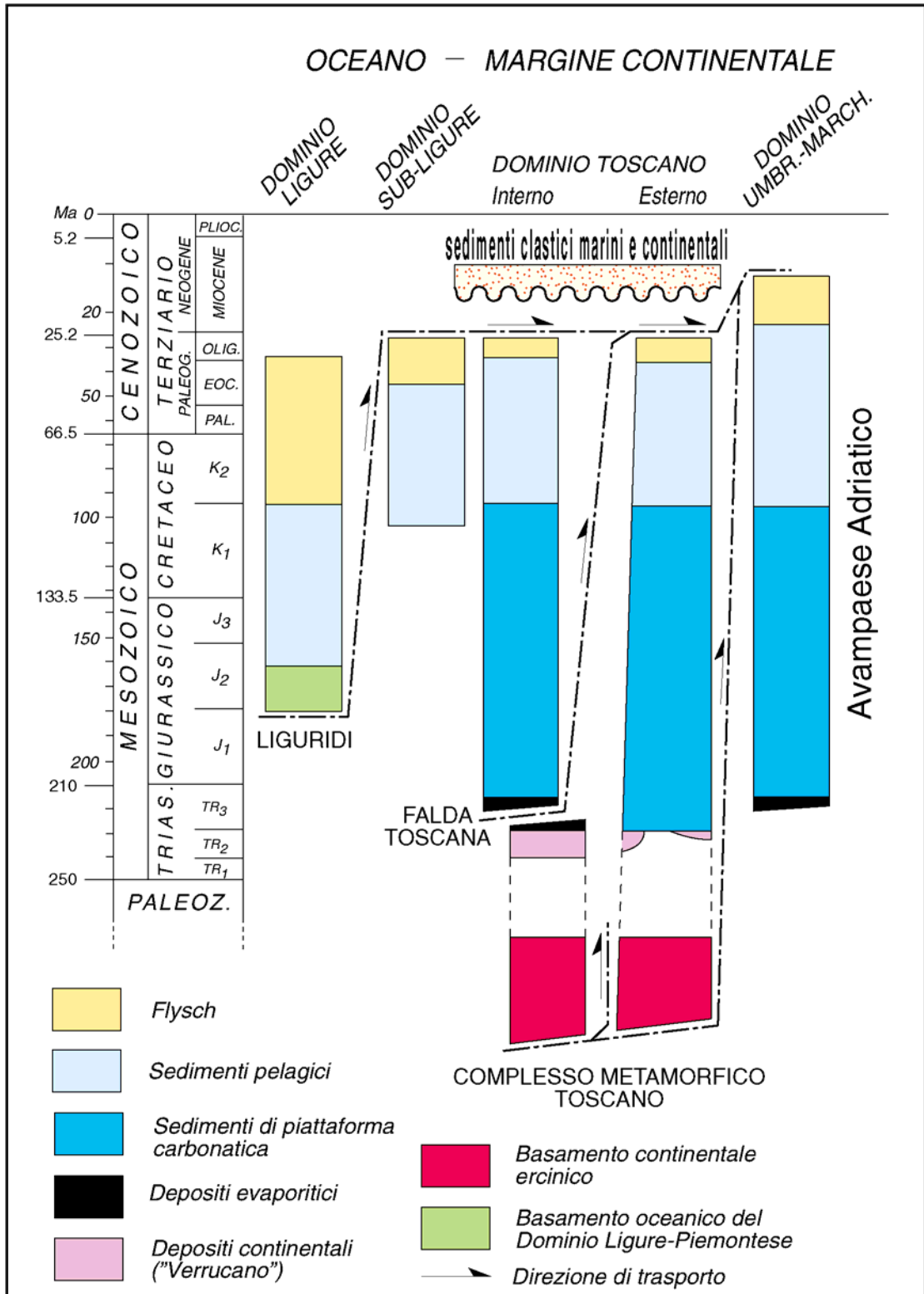


Figura 3: Successioni schematiche delle principali unità tettoniche dell'Appennino settentrionale

La copertura mesozoico-terziaria del Dominio Toscano Esterno poggia con netta discordanza angolare su formazioni paleozoiche già interessate da deformazioni e metamorfismo (in facies scisti verdi) ercinici. Ulteriori evidenze di basamento continentale si limitano a clasti di rocce cristalline in conglomerati intercalati a vari livelli

stratigrafici delle successioni sedimentarie dal Dominio Ligure Esterno al Dominio Toscano Interno. Rocce di età medio triassica affiorano nell'Unità di Massa ove costituiscono una successione vulcano-sedimentaria interpretata come testimonianza di un tentativo di *rifting* precursore di quello del Trias superiore - Giurassico inferiore che porterà all'apertura della Tetide mediterranea. Questa successione è ricoperta da depositi clastici da fluviali a costieri (Verrucano) che mostrano marcate e brusche variazioni di spessore: gli spessori più elevati caratterizzano l'Unità di Massa mentre, nell'Autoctono Aucct., la formazione è ridotta o assente. La successione stratigrafica del Trias superiore-Paleogene riflette l'evoluzione di un margine continentale passivo.

La fase *sin-rift* (subsidenza iniziale) che dal Trias superiore arriva al Lias superiore-Dogger inferiore (età di apertura dello *hiatus* oceanico) vede successivamente: lo sviluppo di una piattaforma carbonatica (Carnico terminale Norico/Lias inferiore); la sua frammentazione e il progressivo annegamento (Hettangiano superiore-?Pliensbachiano inferiore); l'instaurarsi di una sedimentazione (emi)pelagica con facies controllate da *block faulting* e subsidenza differenziale.

Durante la fase *post-rift* (subsidenza termica) si assiste ad un graduale aumento delle profondità deposizionali (intensità crescente di dissoluzione del carbonato di calcio) e ad una graduale omogeneizzazione di facies che dal Malm interessa anche i domini oceanici (Diaspri, Maiolica/Calcarei a Calpionelle).

A partire dalla fine del Cretaceo inferiore l'evoluzione del dominio oceanico comincia a differenziarsi da quella dei domini del margine continentale adiacente; mentre il primo è interessato, durante il Cretaceo superiore e il Paleogene, da deposizioni di *flysch* si passa sul margine passivo distale (Dominio Toscano) da una sedimentazione carbonatica ad una prevalentemente argillitica. Nelle successioni del Dominio Toscano la sedimentazione (emi)pelagica (Giurassico p.p.-Paleogene) è ripetutamente interrotta da episodi clastici. Si tratta di materiali risedimentati provenienti anche da aree di piattaforma sebbene, nell'Appennino settentrionale, queste non siano documentate in affioramento oltre il Lias inferiore medio p.p.. L'evoluzione sedimentaria dell'Oligocene superiore - Neogene è dominata dalla deformazione dei domini toscano e umbro marchigiano. L'età dei *flysch* permette di seguire il progressivo avanzamento verso l'avampaese delle unità alloctone e la deformazione di domini sempre più esterni dell'originario margine adriatico. Nella Toscana meridionale³ grandi affioramenti di sequenze di Neogene marino, e continentale, giacciono discordanti sulle diverse unità tettoniche appartenenti ai domini precedentemente descritti.

³ Con questo termine si intende tutta la Toscana a sud dell'Arno

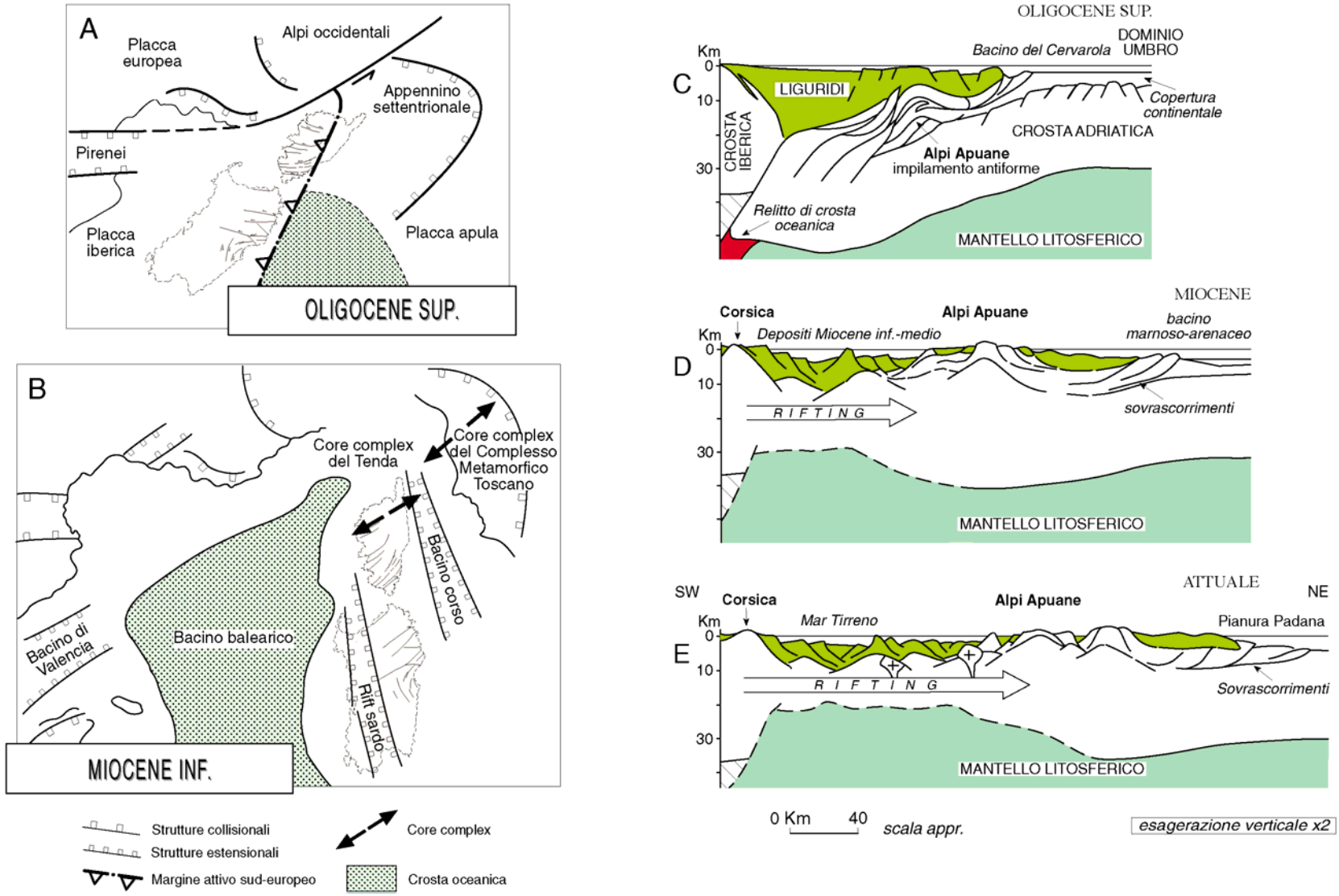


Figura 4: Schema dell'evoluzione dell'area nord-appenninica durante la collisione continentale oligocenica

Evoluzione tettonica

A partire dalla fine dell'Oligocene il Dominio Toscano è stato coinvolto nella collisione tra il margine Sardo-Corso e il margine della Placca Adria (Figura 4). Il cuneo di accrezione oceanico (Liguridi) si accavalla sul Dominio Toscano Interno che si scolla dal suo basamento al livello delle evaporiti triassiche (Falda Toscana) e, a sua volta, va a ricoprire tettonicamente il Dominio toscano esterno: questo viene deformato in una zona di taglio ensialica vergente a NE e metamorfosata in facies scisti verdi (Complesso Metamorfico Toscano). Il risultato della collisione continentale è, dunque, l'impilamento delle unità tettoniche che costituiscono la parte interna dell'Appennino Settentrionale (Figura 4 C). A partire dal Miocene la catena collisionale fu sottoposta a tettonica distensiva che portò all'apertura del Tirreno settentrionale e del Bacino Balearico (Figura 4 D,E). Questa fase distensiva interessò tutta la parte interna dell'Appennino Settentrionale con intensità crescente da N a S. Ma tale inversione tettonica determinò zone di taglio dirette sinmetamorfiche nel Complesso metamorfico e faglie normali poco inclinate nella Falda Toscana e nelle Liguridi. Complesso metamorfico e unità non metamorfiche superiori (Falda Toscana e Liguridi) sono separate da una grande zona di taglio estensionale marcata in tutta la Toscana dall'orizzonte del "Calcare Cavernoso".

Questo è un livello di cataclasi molto continuo prevalentemente derivato dalla successione dolomitico-evaporitica triassica; ha funzionato come livello di scollamento sia durante l'evento collisionale sia durante il primo evento estensionale (Carmignani et al., 1994). Durante il Miocene sup.- Quaternario tutta la struttura è stata nuovamente dislocata da faglie normali molto inclinate (Carmignani et al., 1994) delimitanti gli stretti graben che tagliano con direzione NW-SE tutta la Toscana. In questo quadro, quindi, si può individuare chiaramente una fase tettonica compressiva seguita da una fase distensiva sulla quale concentreremo maggiormente l'attenzione per il suo ruolo predominante nel definire le attuali condizioni morfologico-strutturali. Relativamente alla prima, la collisione continentale oligocenica ha determinato metamorfismo e importanti deformazioni penetrative (scistosità, lineazioni) nelle unità più profonde dell'edificio a falde dell'Appennino settentrionale (Complesso metamorfico toscano) mentre nelle unità superiori (Falda toscana e Liguridi) i grandi raddoppi tettonici si sono realizzati senza grandi deformazioni penetrative delle rocce di queste unità. Nel Complesso metamorfico toscano la struttura derivata dalla collisione continentale è bene conservata, specialmente, al di fuori del bacino dell'Arno nelle Alpi Apuane settentrionali.

In Toscana le unità tettoniche impilate durante la collisione continentale furono soggette ad una tettonica distensiva di intensità crescente da N verso S a partire dal Miocene (Figura 4). Sia nella regione apuana, sia nella Toscana meridionale, si riconoscono due eventi distensivi sovrapposti caratterizzati da differenti stili strutturali. Nel Complesso metamorfico il primo evento estensionale è caratterizzato da zone di taglio sinmetamorfiche dirette e di ogni dimensione; esso è registrato nelle metamorfite come un nuovo evento tettonico-metamorfico accompagnato da una nuova scistosità e da nuove lineazioni che si sovrappongono alle precedenti strutture della fase compressiva realizzando interferenze complesse (Carmignani & Giglia, 1983; Carmignani et al., 1978, 1980). Le evaporiti triassiche alla base della Falda Toscana agirono come principale orizzonte di scollamento tra il Complesso metamorfico, deformato essenzialmente in modo duttile, e le unità superiori (Falda Toscana e Liguridi) estese principalmente mediante faglie dirette poco inclinate. Il collasso del cuneo di accrezione orogenico e la dissipazione della radice crostale, sviluppata durante la collisione continentale, avviene essenzialmente durante questo episodio. Anche le finestre tettoniche in cui affiora in Toscana il Complesso metamorfico (Alpi Apuane, Montagnola senese, ecc, (Figura 2) sono essenzialmente dovute a

denudazione tettonica realizzata durante questo evento. Il primo evento estensivo si colloca, probabilmente, tra la fine Oligocene-inizio Miocene e la fine del Tortoniano. Il secondo evento estensionale è caratterizzato da una serie di faglie normali, molto inclinate, che tagliano le strutture precedenti formando una serie di graben orientati NO-SE: nella Toscana meridionale questi *graben* sono riempiti da depositi clastici la cui età di deposito comincia alla fine del Tortoniano. A questo evento è associata una struttura tipo *horst - graben*. Sedimenti continentali, lacustri e marini si depositarono entro le depressioni tipo *graben* dalla fine del Tortoniano fino al quaternario (Bartolini et al., 1983; Liotta, 1991).

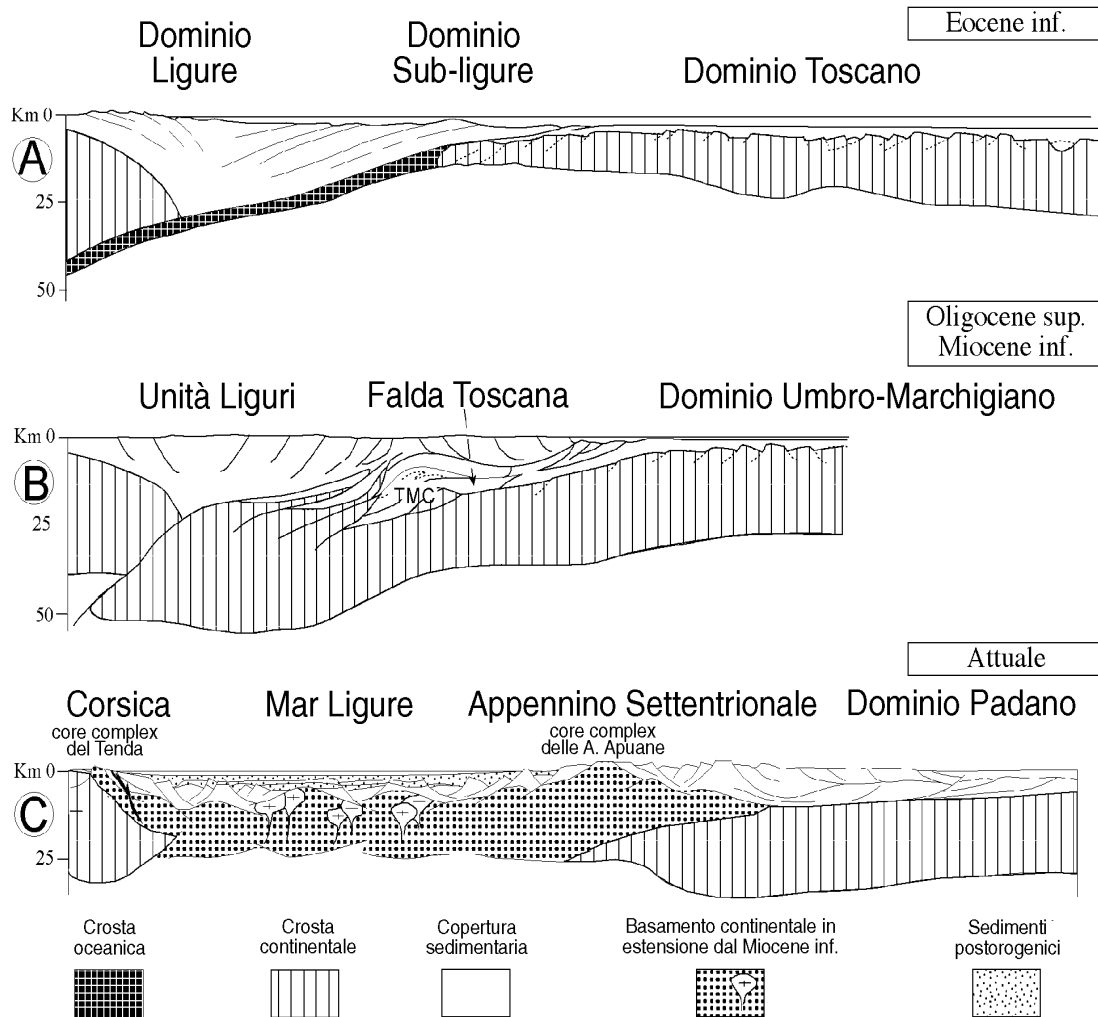
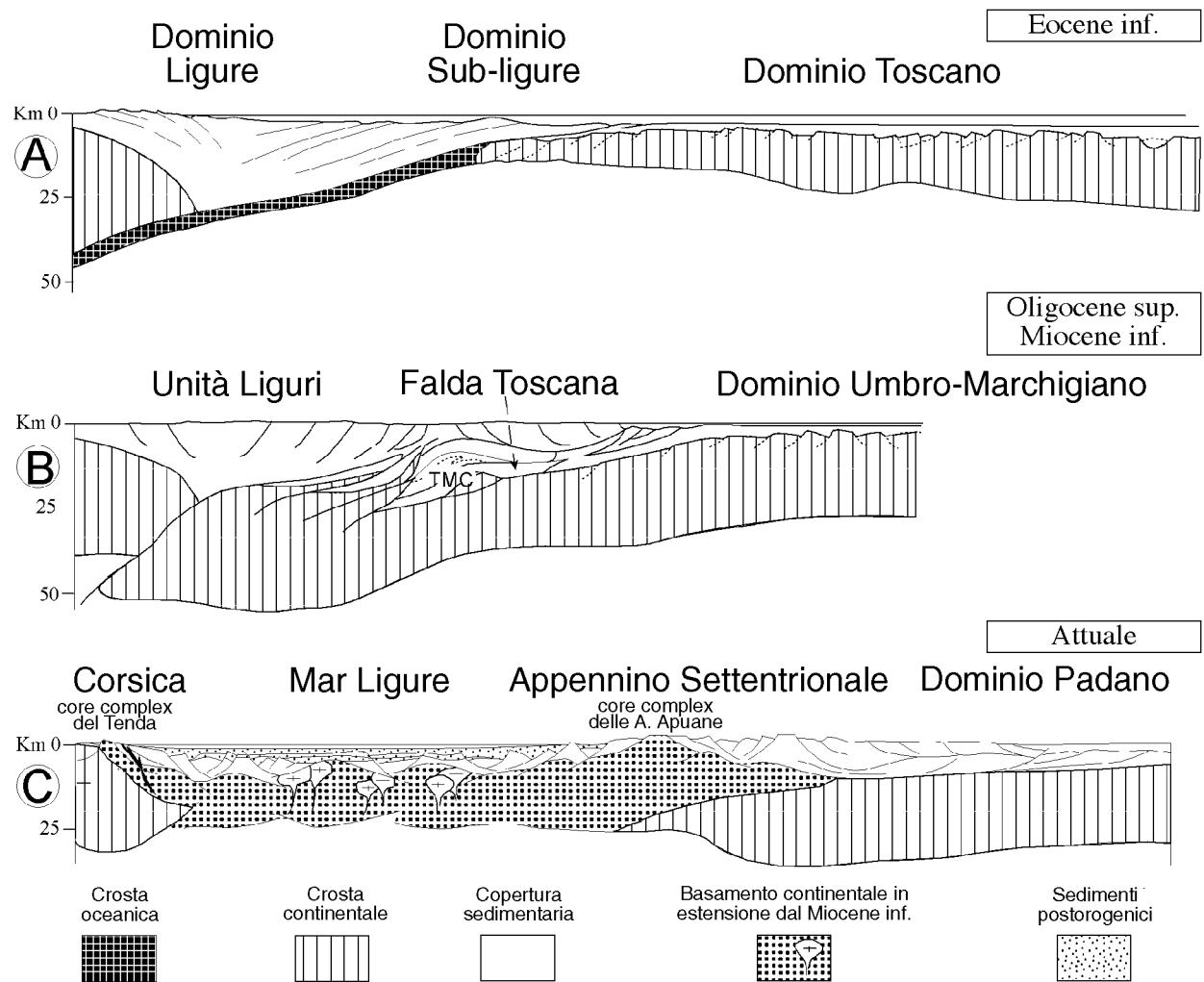


Figura 5: Schema dell'evoluzione tettonica dell'Appennino settentrionale (da Carmignani et al., 1994, modificato) **A** – durante l'Eocene inferiore, la crosta oceanica ligure è subdotta al margine europeo e le Liguridi sono accavallate verso E sul Dominio sub-ligure. **B** - Alla fine dell'Oligocene sup. – Miocene inf. Le Liguridi si accavallano sul Dominio Toscano e, assieme alla Falda Toscana, si accavallano sul Complesso Metamorfico Toscano in deformazione in una zona di taglio ensialica est - vergente. **C** – Sezione geologica schematica tra il core complex del Tenda (Corsica NE) e la Pianura Padana.

In conclusione la struttura attuale dell'area del bacino e dell'Arno, e di tutta la Toscana, è derivata dalla sovrapposizione a partire dal Miocene di strutture distensive con stile molto differente, secondo il livello strutturale in cui si sono sviluppate, su strutture compressive del Cretaceo-Oligocene. Questa evoluzione può essere esemplificata in un modello a quattro stadi:

- dal Cretaceo all'Eocene si sviluppa il cuneo d'accrezione per subduzione della crosta oceanica del bacino ligure-piemontese, caratterizzato da impilamento d'unità costituite da ofioli e relative rocce sedimentarie di acque profonde. (Figura 6 A)



- Figura 5 A);

al termine dell'Oligocene la collisione dei margini continentali Sardo-Corso e della placca Adria determina l'accavallamento del cuneo d'accrezione, costituito da coperture e basamento oceanici sul margine continentale, e la deformazione compressiva e il metamorfismo del margine continentale dell'Adria (Figura 6 B)

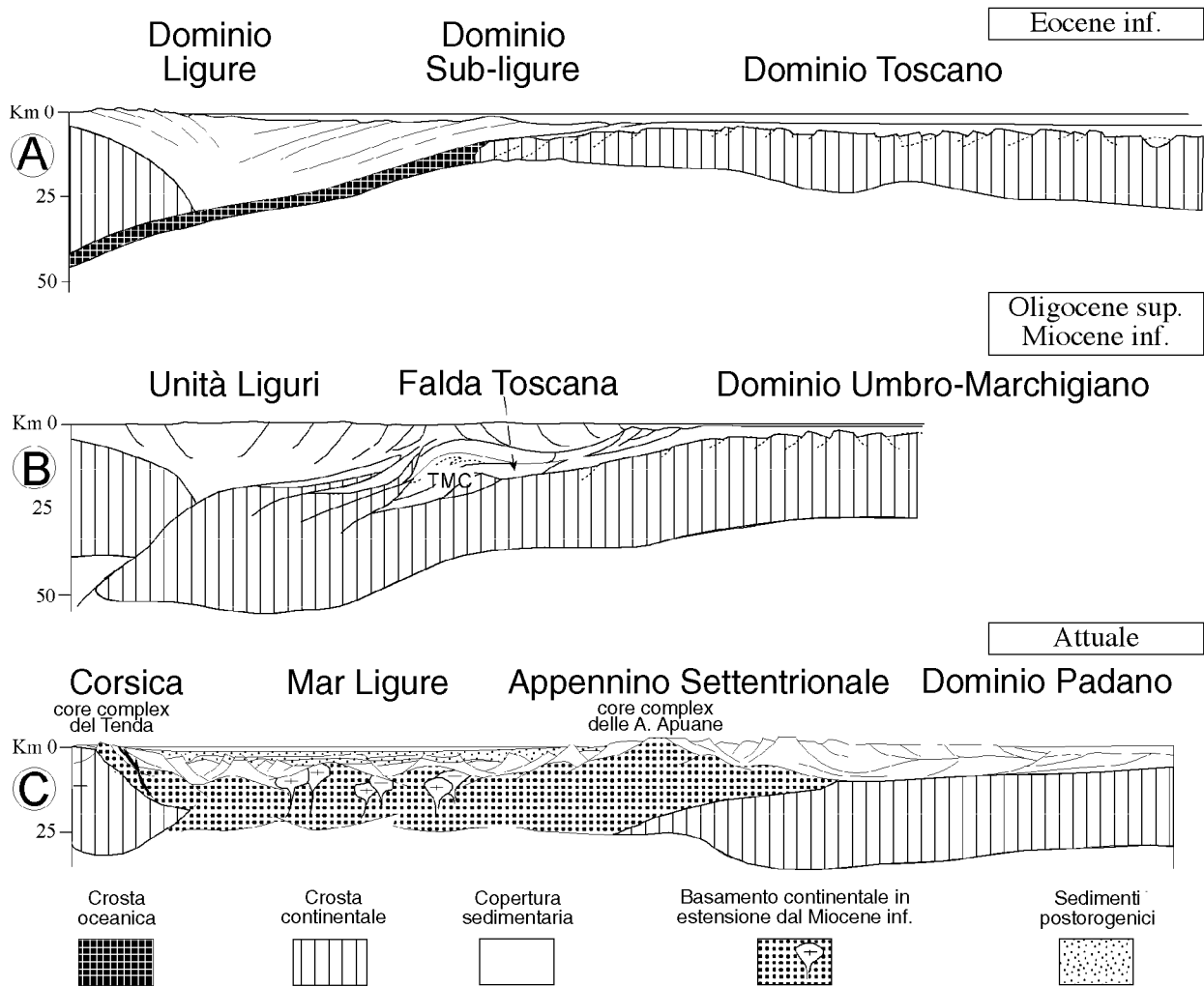
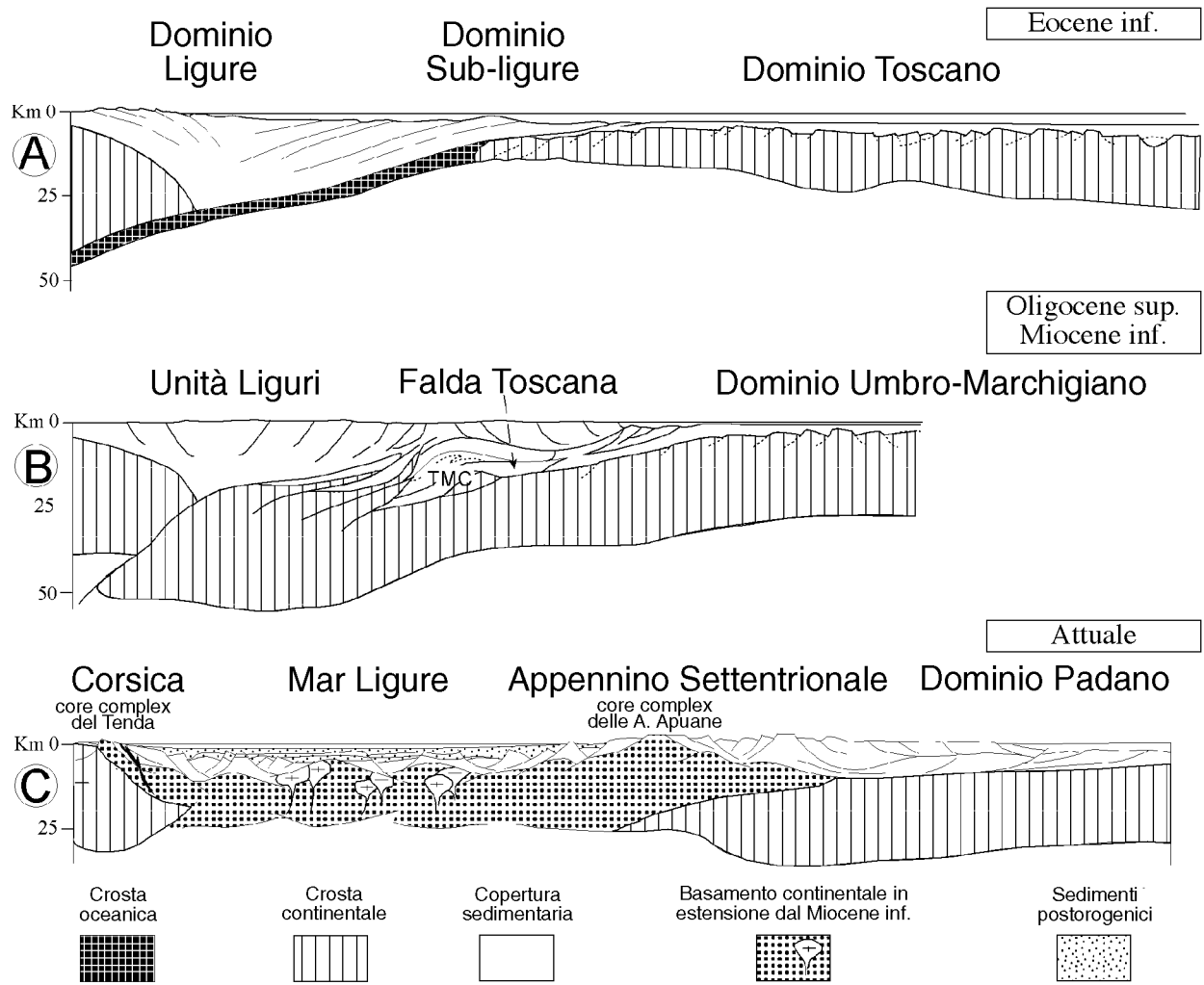


Figura 5 B);

- all'inizio del Miocene un'inversione tettonica determina il collasso del cuneo orogenico e l'assottigliamento della crosta ispessita dalla collisione determinando lo sviluppo di importanti strutture distensive con stili molto differenti nei diversi livelli crostali in tutta la parte interna della catena dalla Toscana alla Corsica.
- nel Miocene sup.– Quaternario il secondo evento estensionale taglia la litosfera già assottigliata dall'evento precedente, realizzando estensioni molto minori, ma delineando i tratti fondamentali della morfologia attuale di tutta la parte interna della catena nord appenninica (Figura 6 C)



– Figura 5 C).

Lineamenti geologici e litologici

La complessa storia tettonica della Toscana si concretizza anche nella grande varietà di formazioni geologiche che affiorano nel bacino del Fiume Arno, prevalentemente sedimentarie, in quanto legate agli estesi fenomeni di deposizione legati alla dinamica distensiva, e subordinatamente magmatiche e metamorfiche, riferibili prevalentemente alle unità legate alle fasi compressive.

Tabella 3: Scala geocronologica di riferimento per le unità tettonico-stratigrafiche del Bacino dell'Arno

ERE	PERIODI	EPOCHE	Mil. di anni (limite inferiore)
Quaternario		Olocene	0,011
		Pleistocene	1,8-3
Cenozoico o Terziario	Neogene	Pliocene	7
		Miocene	26
	Paleogene	Oligocene	37-38
		Eocene	54
		Paleocene	65
Mesozoico o Secondario	Cretaceo	Superiore	100
		Inferiore	136
	Giurassico	Superiore (Dogger)	
		Medio (Malm)	
		Inferiore (Lias)	190-195
	Triassico	Superiore	
Medio			
Inferiore		225	

Senza nessuna pretesa di completezza, nel tentativo di definire in linea di massima i lineamenti geologici e litologici del bacino, si riporta una descrizione schematica delle principali unità tettonico-stratigrafiche presenti ed elencate secondo una sequenza cronologica decrescente. Per una visione sintetica a scala di bacino si può far riferimento alla Figura 6, o, per ognuna delle unità descritte, al riquadro riassuntivo presente al lato del testo.

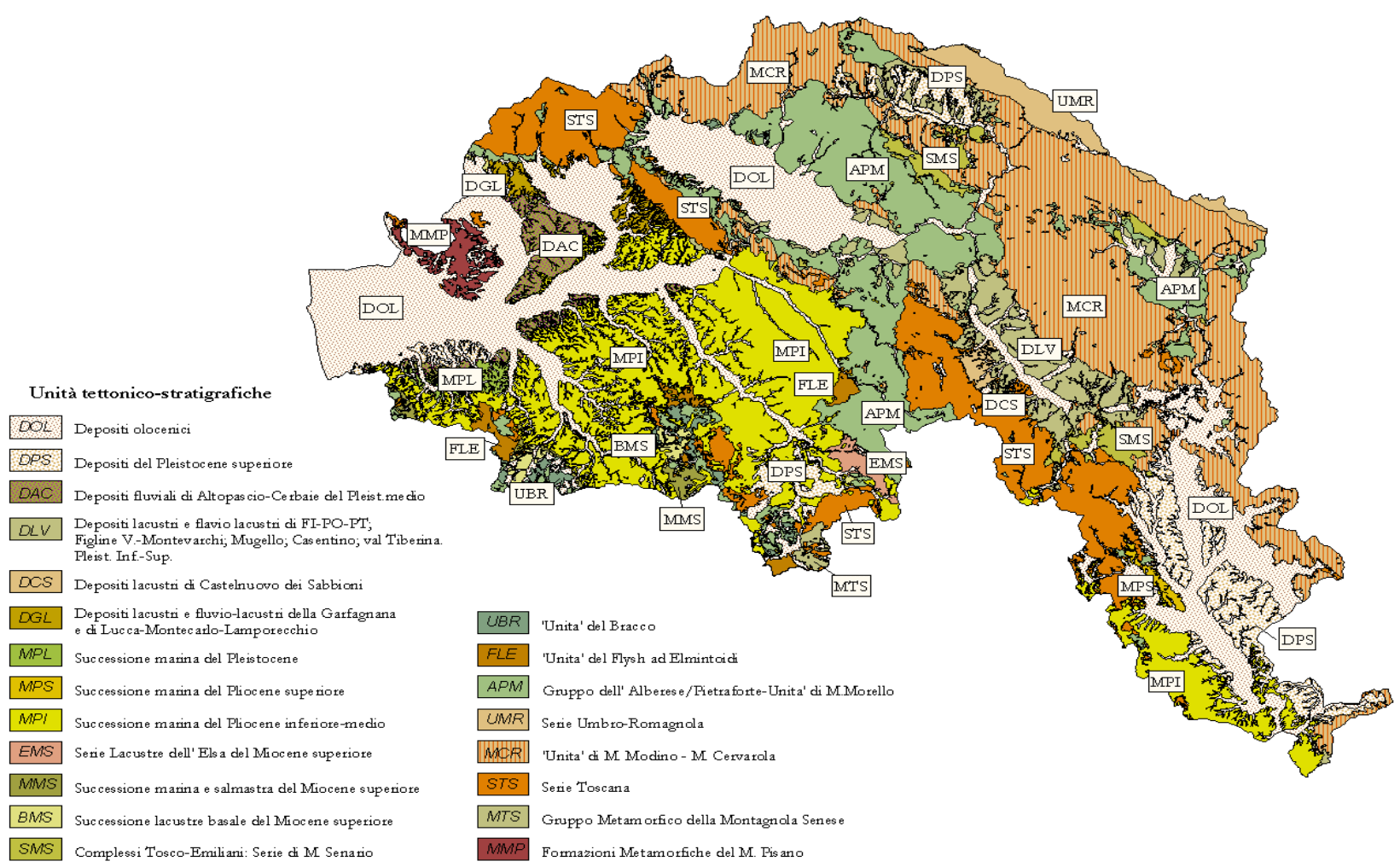
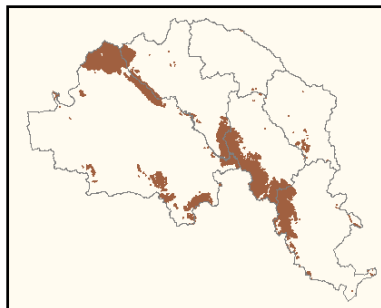


Figura 6: Vista sintetica delle Unità Stratigrafico-Strutturali del bacino dell'Arno



**SUCCESSIONE TOSCANA METAMORFICA (MMP):
FORMAZIONI METAMORFICHE DEL M. PISANO, MTS:
GRUPPO METAMORFICO DELLA MONTAGNOLA SENESE)**
Costituisce i rilievi della "Dorsale Mediotoscana" (allineamento strutturale Alpi Apuane, Monte Pisano, Montagnola Senese, Dorsale Monticiano-Roccastrada, Monte Leoni, ecc.) ma nel bacino sono comprese le Formazioni metamorfiche del M. Pisano (MMP) e il Gruppo Metamorfo della Montagnola Senese (MTS). Le Formazioni metamorfiche del M. Pisano affiorano nel

massiccio omonimo: al di sopra di un Paleozoico prevalentemente costituito da rocce metamorfiche scistose a pelite dominante e del Verrucano s.l. (filladi, quarziti e conglomerati quarzosi). Si ha una copertura carbonatica metamorfica della quale i calcari "ceroidi" (calcari massicci non stratificati) rappresentano una delle formazioni più caratteristiche; la successione termina con gli scisti "varicolori" della "Scaglia" metamorfica (rocce metamorfiche scistose a pelite dominante) e le metarenarie dello "Pseudomacigno" (rocce metamorfiche a tessitura clastica). Il Gruppo Metamorfo della Montagnola Senese è rappresentato localmente nell'alta Val d'Elsa e comprende, essenzialmente, calcari "saccaroidi" (calcari massicci stratificati in grossi banchi, molto simili ai marmi delle Apuane) calcescisti e micascisti (rocce metamorfiche scistose a pelite dominante). L'età delle formazioni di queste unità copre un amplissimo arco di tempo che va dal Lias inferiore ('marmi' della Montagnola Senese) all'Oligocene ('pseudomacigno').



SERIE TOSCANA - SUCCESSIONE TOSCANA NON METAMORFICA (STS)

Questa unità occupa vaste aree dell'Appennino Settentrionale comprese tra la zona della Spezia, a ovest, e l'allineamento Monte Orsaro-Pania di Corfino-Val di Lima-Monti del Chianti-Monte Cetona a est. E' costituita da una porzione inferiore e media prevalentemente carbonatica (epoca compresa tra il Trias superiore e il Giurassico) da una porzione stratigraficamente più elevata, comprendente le rocce pelitiche (argilliti) con intercalazioni lapidee della "Scaglia Rossa" e le calcareniti "a Nummuliti" (rocce carbonatiche stratificate) ad essa intercalate (Cretaceo inferiore - Oligocene superiore) e da una porzione sommitale rappresentata soprattutto dalle arenarie oligoceniche del "Macigno" (rocce arenacee con interstrati pelitici). La porzione mesozoica affiora per estensioni limitate soprattutto in alta Val d'Elsa ("Calcare Cavernoso" di Poggio del Comune e Monte Maggio: si tratta di rocce carbonatiche vacuolari, da qui il termine 'cavernoso') limitati affioramenti si hanno nell'alta Valle del Cascina, nella zona di Montecatini Terme, nelle aree a est della Greve e a ovest di Sinalunga. La Scaglia Rossa e le calcareniti affiorano soprattutto nei Monti del Chianti. Il Macigno è la formazione più rappresentata e affiora per vaste aree: Montagna Pistoiese, dorsale del Monte Albano, Monti del Chianti, ecc; queste arenarie quarzoso-feldspatiche hanno in affioramento numerosi tratti in comune con le formazioni dell'Unità di Monte Modino - Monte Cervarola.



UNITÀ DI MONTE MODINO- MONTE CERVAROLA (MCR)
É costituita prevalentemente da marne e marne calcaree (Argilliti di Fiumalbo, Marne di Pievepelago, Marne di Vicchio) e soprattutto da rocce arenacee

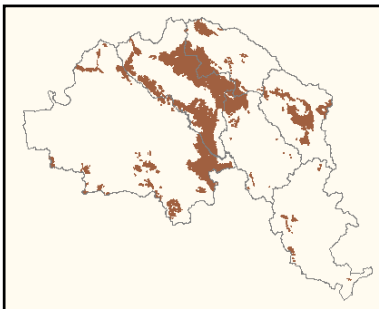
quarzoso-feldspatiche con interstrati pelitici (che costituiscono la grande maggioranza degli affioramenti) attribuite a vicende sedimentarie torbiditiche del Miocene inferiore e medio (Arenarie di Monte Cervarola, Arenarie di Monte Modino).

Questa Unità tettonico-stratigrafica è ampiamente rappresentata in tutti i rilievi nord-orientali del bacino, costituendo l'intera struttura del Pratomagno e dei rilievi che formano lo spartiacque settentrionale e orientale del Bacino, significativi affioramenti si hanno anche nelle colline a sud di Firenze (Poggio alla Sughera) dove costituiscono il tratto meno rilevato della dorsale Monte Albano – Monti del Chianti.



SERIE UMBRO-ROMAGNOLA (UMR)

E' rappresentata soltanto dalla Formazione marnoso-arenacea costituita da rocce arenacee quarzoso-feldspatiche di origine torbiditica alternate, generalmente in grossi banchi, a rocce pelitiche. Nel bacino essa affiora esclusivamente in corrispondenza del margine nord-orientale a formare lo spartiacque tra la Val di Sieve e i bacini idrografici adriatici: l'epoca di riferimento è il Miocene medio.



GRUPPO DELL'ALBERESE / PIETRAFORTE - UNITÀ DI MONTE MORELLO (APM)

L'unità, conosciuta anche come 'Supergruppo della Calvana', è costituita da una porzione inferiore prevalentemente di rocce pelitiche con intercalazioni subordinate di livelli lapidei (Formazione di Sillano – Vallina, Cretaceo superiore – Eocene inferiore) contenente breccie ed ofioliti sormontata da rocce arenacee calcaree con interstrati pelitici ("Pietraforte") del Cretaceo superiore e da rocce calcaree e calcareo-marnose in forti spessori ("Alberese") del Paleocene – Eocene medio. L'area tipica di affioramento corrisponde ai monti intorno a Firenze e a Prato (1/3 del Valdarno medio è interessato da questa unità) alle colline del Chianti e alle colline di Poppi – Bibbiena (Casentino); la formazione più rappresentata è quella comunemente nota come "Alberese". Estese masse ofiolitiche (complessi a struttura caotica in cui prevale la componente pelitica) affiorano a nord di Prato e a ovest di Certaldo.



UNITÀ DEL FLYSCH AD ELMINTOIDI (FLE)

E' dominata da una formazione torbiditica in cui sono rappresentati calcari marnosi, marne o marne calcaree sino alle argilliti (Flysch ad Elmintoidi) risalente al Cretaceo superiore e sovrapposta ad un ipotetico "complesso di base" prevalentemente argillitico, contenente elementi calcarei e ofiolitici, breccie, livelli arenacei e siltosi.

L'unità, poco rappresentata nel bacino, affiora nel Valdarno inferiore; nell'alta valle dei torrenti Tora e Cascina; alla testa del torrente Virginio e nei rilievi a ridosso di Gambassi Terme.



UNITÀ DEL BRACCO (UBR)

È costituita da un basamento ofiolitico costituito da rocce ignee basiche e ultrabasiche con i loro derivati metamorfici (serpentiniti, gabbri, basalti) di epoca giurassica e da una copertura sedimentaria (Diaspri, Calcari a Calpionelle, Argille a palombini) del Cretaceo inferiore. Nel bacino l'unità è rappresentata soprattutto dalla formazione delle Argille a palombini, argilliti e marne caratterizzate da una debole scistosità ('fogliettate'). Affiora principalmente nella zona delle alte valli dell'Era e dell'Elsa, in particolare sui rilievi tra Iano e Gambassi Terme, e rappresenta insieme all'Unità del Flysch ad Elmintoidi la testimonianza all'interno del bacino del così detto "Dominio Ligure".



COMPLESSI TOSCO-EMILIANI (SMS: SERIE DI M. SENARIO; SVR: SERIE DELLA VERNA,)

Comprendono la Serie di M. Senario (SMS) e la Serie della Verna (SVR). Di questo complesso solo la Serie di Monte Senario affiora con una certa estensione: costituisce, infatti, l'ossatura della dorsale intorno all'omonima località e dei rilievi tra Bucine e Monte San Savino; affiora, infine, anche a nord di Poppi. La formazione più tipica della Serie è l'arenaria omonima risalente al Paleogene, di cui la composizione quarzoso-feldspatica, subordinatamente affiorano calcari e brecciole.

Al di sopra del substrato, composto dalle unità sopra descritte, affiorano potenti successioni marine e continentali riferibili ai bacini che si originarono con la tettonica disgiuntiva successiva alla fase parossistica dell'orogenesi appenninica. I sedimenti marini sono più ampiamente rappresentati nel Valdarno inferiore (nella sua parte meridionale: bacini dell'Elsa, dell'Era e Pesa) e in Val di Chiana. I sedimenti lacustri e fluvio-lacustri si sviluppano nella parte settentrionale del Valdarno inferiore (Piana di Lucca-Piana della Nievole) ma soprattutto costituiscono il riempimento principale dei bacini del Mugello, del Casentino, del Valdarno Superiore, della pianura di Firenze e Pistoia.



SUCCESIONE LACUSTRE BASALE DEL MIOCENE SUPERIORE (BMS); SUCCESIONE MARINA E SALMASTRA DEL MIOCENE SUPERIORE (MMS); SERIE LACUSTRE DELL'ELSA DEL MIOCENE SUPERIORE (EMS)
Tutte queste unità affiorano per limitate estensioni in corrispondenza del margine sud-occidentale del bacino nel Valdarno inferiore e in alta Val d'Elsa.

La *successione lacustre basale del Miocene superiore* è rappresentata prevalentemente da depositi argilloso-limosi ('argille azzurre') talvolta con intercalazioni lignitifere; in subordine da ghiaie, conglomerati e arenarie. Per la *successione marina e salmastra del Miocene superiore* sono rappresentative le facies argillose, contenenti lenti di gesso e di salgemma, e localmente sabbie o conglomerati e calcari detritici. La *serie lacustre dell'Elsa del Miocene superiore* è costituita prevalentemente da argille azzurre lignitifere e, in minor misura, da arenarie e brecciole e da facies conglomeratiche alternate ad argille e sabbie; gli affioramenti più tipici sono situati a sud di Poggibonsi.



SUCCESSIONE MARINA DEL PLIOCENE INFERIORE-MEDIO (MPI) E SUCCESSIONE MARINA DEL PLIOCENE SUPERIORE (MPS)

La *Successione marina del Pliocene inferiore-medio* occupa vaste aree del Valdarno inferiore (Val d'Era, Val d'Elsa, Val di Pesa) e della Val di Chiana (zona di Montepulciano). La successione è formata da numerosi termini fra i quali si ricordano, per importanza e vastità di affioramenti, i sedimenti prevalentemente argilloso-limosi, consistenti, dalla tonalità grigio-azzurra che determinano il tipico paesaggio collinare ampiamente coltivato del Valdarno inferiore; i sedimenti prevalentemente sabbiosi di tonalità gialla, addensati e frequentemente cementati, che sovrastano le argille, formano superfici strutturali orizzontali o debolmente inclinate, che in affioramento si presentano talvolta con tipiche forme erosive come le "balze" di Volterra; i conglomerati, le ghiaie prevalentemente argillose e le sabbie alla sommità della successione, caratterizzate da un buon livello di cementazione, che affiorano estesamente in Val di Pesa. I sedimenti del Pliocene Superiore sono limitatamente rappresentati in Val di Chiana.



SUCCESSIONE MARINA DEL PLEISTOCENE (MPL)

Comprende sabbie litorali e argille sabbiose con calcari detritico-organogeni: affiora esclusivamente a sud dello Scolmatore dell'Arno, tra i fiumi Tora e Cascina nel Valdarno inferiore.

LUCCA - MONTECARLO – La successione, databile tra Pleistocene inferiore, Lucca e la dorsale di Monte base un conglomerato a Macigno che affiora presso giacimento depositi lacustri limosi-argillosi (cioè con sabbiosa) poco addensati, che sono i più rappresentati della successione e affiorano nelle colline di Vinci e in quelle di Montecarlo; su di essi giacciono conglomerati a prevalenti elementi di Verrucano e di Macigno (zona di Montecarlo).



DEPOSITI LACUSTRI E FLUVIO-LACUSTRI DI LAMPORECCHIO (DGL)

la fine del Pliocene e il occupa vaste aree tra Albano e presenta alla ciottoli di arenaria la dorsale; al di sopra argilloso-limosi e franco-una buona frazione



DEPOSITI LACUSTRI E FLUVIO-LACUSTRI DI FIRENZE - PRATO - PISTOIA, VALDARNO SUPERIORE, MUGELLO, CASENTINO (DLV); DEPOSITI LACUSTRI DI CASTELNUOVO DEI SABBIONI (DCS)

Importanti ed estesi sedimenti di origine lacustre e fluviolacustre, databili al Pleistocene inferiore e medio, caratterizzano in particolare il Valdarno superiore. La successione comprendente nella sua espressione tipica depositi argillosi alla base sovrastati da sabbie, e sabbie argillose con lenti di argille, affiora in particolare nei dintorni di Figline Valdarno - Montevarchi; affioramenti estesi, ma meno completi nella successione, si hanno in Val

di Sieve nella zona di Scarperia e tra Stia e Bibbiena. Affioramenti sporadici si localizzano alla base dei rilievi che bordano il bacino di Firenze - Prato - Pistoia: nelle colline intorno a Firenze sono rappresentate estesamente sabbie, e sabbie argillose, sovrastate localmente da depositi ciottolosi.

I *Depositi lacustri di Castelnuovo dei Sabbioni*, databili al passaggio tra Pliocene e Pleistocene, sono riconosciuti come unità distinta dalla precedente; essi si presentano come depositi prevalentemente argillosi, sovrastati da sabbie e affiorano sui versanti orientali dei Monti del Chianti nella zona di S. Giovanni Valdarno.



DEPOSITI FLUVIALI DI ALTOPASCIO – CERBAIE (DAC)

Depositi continentali di origine fluviale, databili al Pleistocene medio, costituiti prevalentemente da sabbie di colore rosso e da depositi ciottolosi a prevalenti elementi di Verrucano; nel deposito, localmente, sono incluse intercalazioni di tufo vulcanico cineritico e perlitico. Questi sedimenti occupano una vasta area tra la zona di Pontedera e il padule di Fucecchio (rilievo collinare delle "Cerbaie"); affioramenti meno estesi si hanno lungo il margine collinare a sud dello Scolmatore

dell'Arno e presso Empoli.

DEPOSITI DEL 2° CICLO FLUVIO-LACUSTRE DI LUCCA

Sono rappresentati da argille, sabbie e ciottoli: nel bacino affiorano, per limitatissime estensioni, soltanto alla base dei rilievi che bordano a nord-est la Piana di Lucca.

CORPI MAGMATICI POST-OROGENI

Di limitatissima diffusione areale, ma geologicamente interessanti, nella zona di Orciatico in Val d'Era affiorano trachiti femiche, note come Selagiti e prodotte dalla differenziazione pneumatolitica del magma granitico toscano. Esse si sono intruse, durante il Pliocene inferiore, in sedimenti marini miocenici e pliocenici dando origine a una fascia termometamorfica (Termantiti).



DEPOSITI DEL PLEISTOCENE SUPERIORE (DPS)

I depositi di natura continentale formati immediatamente prima dell'epoca attuale sono discretamente rappresentati, in particolare nel Mugello, con estese alluvioni terrazzate; in Val di Chiana con depositi fluvio-lacustri; in alta Val d'Elsa con depositi di origine idrotermale (travertini) di notevole potenza e, nella zona di Vicarello, con depositi sabbiosi di origine fluviale e eolica. Questi depositi mostrano spesso segni, diretti o ereditati, di intensi fenomeni di alterazione pedogenetica.



DEPOSITI OLOCENICI (DOL)

I sedimenti più recenti, databili dalla fine dell'ultima glaciazione ad oggi, sono frutto in massima parte della dinamica fluviale e fluvio-lacustre legata all'evoluzione recente del reticolo idrografico del bacino e alla sua interazione con il mare (dinamica costiera). In ordine di importanza areale, nel bacino, si possono individuare:

- DEPOSITI ALLUVIONALI

I depositi di estensione più vasta e di spessore maggiore occupano la pianura di Firenze - Prato - Pistoia, la pianura di Montecatini Terme e quella di Capannori; inoltre ingombrano estesi tratti del fondovalle dell'Arno (zona di S. Giovanni Valdarno e Valdarno inferiore) della Val di Chiana, della Val d'Era, della Val d'Elsa e di altri affluenti.

Si tratta di depositi incoerenti o scarsamente cementati a granulometria e classazione molto variabile: ghiaie, sabbie, limi e argille di composizione spesso poligenica si presentano generalmente intercalati tra loro in strati di diversi spessori. Depositi terrazzati testimoniano le modificazioni più recenti del reticolo idrografico e sono situati, in genere, in prossimità dei fondovalle attuali; ampi terrazzi alluvionali recenti si riconoscono soprattutto nei dintorni di Arezzo e in Val di Chiana.

- DEPOSITI SABBIOSI COSTIERI

Occupano tutta la zona del bacino prospiciente il mare in una vasta fascia che, dalla spiaggia attuale, si estende alcuni chilometri verso l'interno formando cordoni paralleli alla costa che sono stati stabilizzati dalla vegetazione. La parte prossima al mare, in particolare nell'area di foce dell'Arno, è caratterizzata da una spiccata evoluzione geomorfologica.

- DEPOSITI PALUSTRI E TORBOSI

Depositi prevalentemente limoso-argillosi, talvolta con abbondanza di materiale organico, affiorano nelle aree occupate dal Padule di Fucecchio; dal Padule di Bientina e dal Padule di Coltano. Si tratta di zone soggette a periodiche sommersioni o, comunque, soggette a opere di bonifica relativamente recenti.

- CONOIDI

Nella loro conformazione più tipica sono costituiti da materiali alluvionali prevalentemente ciottolosi e ghiaioso-sabbiosi; si localizzano in genere allo sbocco di valli affluenti nelle zone montane o pedomontane e frequentemente risultano terrazzati. Con questo termine si possono individuare anche i grandi sistemi di deposizione fluviale a granulometria prevalentemente sabbiosa che caratterizzano lo sbocco dei principali affluenti dell'Arno nelle zone di pianura (Area di Prato interessata dai depositi del Bisenzio, i depositi dell'Ombrone nella zona di Pistoia)

- DETRITI

Si trovano di solito alla base dei versanti acclivi e, lungo i pendii o gli impluvi, laddove la pendenza si riduce. Si tratta di accumuli di frammenti litici eterometrici, di composizione variabile in dipendenza dalle litologie affioranti, spesso monogenici con matrice di solito scarsa o assente ma, in alcuni casi, presente in quantità rilevante. Gli accumuli derivanti dalla disgregazione di formazioni calcaree sono, invece, frequentemente cementati.

- TRAVERTINI OLOCENICI

Meno diffusi dei travertini pleistocenici.. Come quelli consistono in depositi chimici generati dalla precipitazione di carbonato di calcio, in genere da acque termali, e coprono limitate zone presso Poggibonsi, Casciana Terme e Iano.

Considerando nel complesso la distribuzione delle unità tettonico-stratigrafiche per i 'sottobacini' dell'Arno si possono individuare alcune indicazioni caratterizzanti almeno

per alcuni di essi (Tabella 4): il Casentino, ad esempio, è dominato dalla presenza dell'unità di M. Modino - M. Cervarola (MCR) tanto che il substrato del 72% del territorio è riferibile ad essa. Anche la Val di Sieve è ampiamente caratterizzata dall'unità MCR che, insieme al Gruppo dell' Alberese/Pietraforte-Unità di M. Morello (APM), occupa il 60% del territorio. Sono presenti estesamente, tuttavia, altre unità tra le quali quelle fluvio-lacustri pleistoceniche - DLV e DPS - hanno notevole rilevanza. La Val di Chiana presenta per estesi tratti (57% del territorio) depositi fluvio-lacustri più o meno recenti (depositi olocenici - DOL - e depositi del Pleistocene superiore - DPS) e una consistente diffusione (20% dell'area) di depositi pliocenici marini (MPI e MPS). Nel Valdarno superiore affiorano diffusamente più unità ma alcune lo caratterizzano almeno per i suoi tratti salienti: depositi lacustri pleistocenici (DLV e DCS) formano le superfici rilevate lungo il corso dell'Arno (28% della superficie del bacino), l'Unità MCR forma il rilievo del Pratomagno (1/4 della superficie), mentre formazioni riferibili alla serie toscana non metamorfica (STS) costituiscono i rilievi occidentali del Chianti (22%). Il Gruppo dell' Alberese/Pietraforte-Unità di M. Morello (APM) copre il 36% della superficie del Valdarno Medio caratterizzando i rilievi della Calvana-Monte Morello e ampi tratti delle colline del Chianti; i depositi olocenici formando l'estesa pianura di Firenze-Prato-Pistoia occupano quasi il 29% del territorio. Il Valdarno Inferiore presenta, tipicamente, estesi depositi marini pliocenici (MPI) e depositi olocenici (DOL) che insieme affiorano per quasi il 70% del suo areale.

Tabella 4 : Distribuzione % delle Unità tettonico-stratigrafiche per sottobacini

codice uts	% bacino Arno	% Valdarno Inf.	% Chiana	% Valdarno Medio	% Valdarno Sup.	% Casentino	% Sieve
DOL	26,0	33,8	37,3	28,7	12,3	7,7	4,4
MCR	19,4	0,8	15,7	20,7	25,4	71,9	43,4
MPI	15,6	32,5	15,5	1,3	0,4	0,0	0,0
APM	11,7	6,9	0,8	35,7	7,1	12,7	17,0
STS	9,4	9,7	10,2	8,8	22,5	1,2	0,1
DPS	4,6	2,0	18,3	0,0	0,1	0,2	10,8
DLV	4,2	0,1	0,2	3,1	25,7	2,4	6,4
DAC	1,5	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
UMR	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	13,4
SMS	1,3	0,0	0,6	1,1	4,1	1,6	4,5
MMP	0,8	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
FLE	0,7	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DGL	0,6	1,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
UBR	0,6	1,2	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
MPL	0,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EMS	0,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BMS	0,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MMS	0,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DCS	0,3	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0
MPS	0,2	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
MTS	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
totali	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Figura n.7: % del territorio dei sottobacini dell'Arno per Unità Tettonico-Stratigrafiche

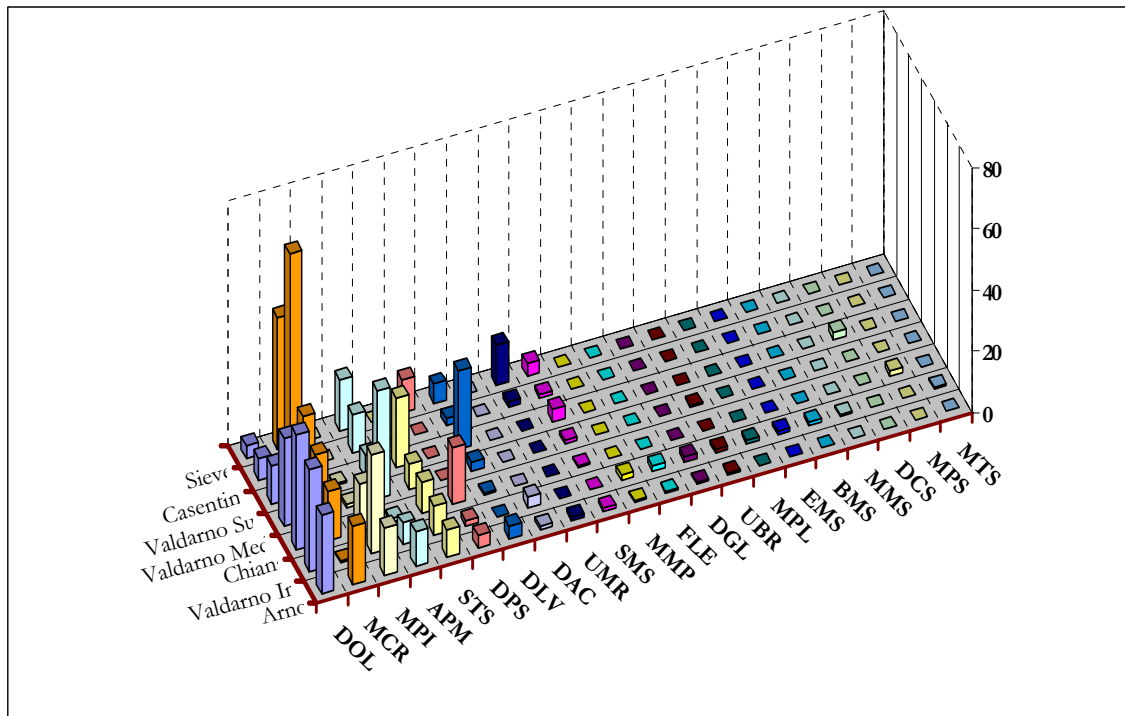


Tabella 5: Riassunto dei codici delle Unità tettonico-Stratigrafiche

Codice	Descrizione
DOL	Depositi olocenici
DPS	Depositi del Pleistocene superiore
DAC	Depositi fluviali di Altopascio-Cerbaie del Pleist. medio
DLV	Depositi lacustri e fluvio lacustri di FI-PO-PT; Figline V.-Montevarchi; Mugello; Casentino; Val Tiberina. Pleist. Inf.-Sup.
DCS	Depositi lacustri di Castelnuovo dei Sabbioni; Pliocene sup.- Pleistocene inf.
DGL	Depositi lacustri e fluvio-lacustri della Garfagnana e di Lucca-Montecarlo-Lamporecchio
MPL	Successione marina del Pleistocene
MPS	Successione marina del Pliocene superiore
MPI	Successione marina del Pliocene inferiore-medio
EMS	Serie Lacustre dell'Elsa del Miocene superiore
MMS	Successione marina e salmastra del Miocene superiore
BMS	Successione lacustre basale del Miocene superiore
SMS	Complessi Tosco-Emiliani: Serie di M. Senario
UBR	'Unità' del Bracco
GTT	'Unità' del Gottero
FLE	'Unità' del Flysh ad Elmintoidi
APM	Gruppo dell'Alberese/Pietraforte-Unità di M. Morello
UMR	Serie Umbro-Romagnola
MCR	'Unità' di M. Modino - M. Cervarola
STS	Serie Toscana
MTS	Gruppo Metamorfico della Montagnola Senese
MMP	Formazioni Metamorfiche del M. Pisano

Morfologia ed evoluzione recente del bacino del Fiume Arno

INTRODUZIONE

L'Appennino settentrionale, da un punto di vista morfologico, può essere scomposto in tre grandi zone. La zona interna, compresa tra il Mar Tirreno e il crinale appenninico, è essenzialmente caratterizzata da successioni di dorsali e bacini. La zona mediana cui appartiene la catena principale, è caratterizzata dalla evidenza dei *thrusts* e contiene la linea spartiacque fondamentale della penisola italiana. La zona più esterna è sepolta sotto l'enorme pila di sedimenti recenti della Pianura Padana e dell'Adriatico.

Il Bacino dell'Arno, quinto bacino idrografico italiano per estensione, appartiene quasi interamente al settore interno del quale occupa un'area di 8247 Km². L'asta principale, dalle pendici meridionali del Monte Falterona ove origina a Bocca d'Arno, alla foce, si sviluppa per 241 Km. La densità di drenaggio è relativamente bassa ma assai variabile. È ad esempio, più elevata della media regionale sul fianco sinistro del Valdarno Inferiore dove affiorano estesamente i sedimenti pliocenici post-orogeni. L'Arno scorre dapprima in direzione nord ovest - sud est nel bacino del Casentino poi, nei pressi della piana aretina, volge verso ovest ricevendo la Chiana; quindi si dirige, dopo aver disegnato un ampio gomito, verso nord-ovest entrando nel Valdarno Superiore dove riceve in sinistra l'Ambrò. Dopo la confluenza in destra del suo principale affluente, il fiume Sieve proveniente dal Mugello, volge verso est ed entra nel bacino di Firenze qui riceve in destra l'Ombrone e il Bisenzio, in sinistra la Greve. Successivamente superate la stretta della Gonfolina, entra nel Valdarno Inferiore dove riceve il contributo di ulteriori affluenti. I principali sono, in sinistra, la Pesa, l'Elsa e l'Era.

L'Arno percorre poi la pianura di Pisa con una serie di ampi meandri e sbocca nel Tirreno, infine, nei pressi di Marina di Pisa e della Tenuta di San Rossore. Tutta la parte di pianura pisana ad ovest dell'Era confluisce, mediante canali artificiali, nello Scolmatore d'Arno che ha il suo incile presso Pontedera e termina presso il Calambrone, con un percorso di 28,5 km. Sempre nello scolmatore confluiscono, mediante la botte a sifone del Canale Emissario le acque del Bacino Pescia-Nievole-Fucecchio e della piana di Lucca-Bientina.

Non va dimenticato che lo stato attuale del reticolo principale è ben diverso rispetto a quello di un tempo quando l'Arno, poco prima di lambire il Monte Pisano, riceveva in destra il fiume Serchio che oggi sbocca a mare nei pressi di Marina di Vecchiano.

Il disegno generale della rete idrografica dell'Arno, non riconducibile ad un solo morfotipo, è assai complesso. La rete, se si osserva nell'insieme, appare nettamente di tipo intraorogenico nella porzione orientale e di tipo transorogenico nella porzione più occidentale, quando entra nel Valdarno medio a valle di Pontassieve. La storia morfologica della rete idrografica dell'Arno è assai articolata, in un quadro di organizzazione gerarchica di ordine relativamente elevato. I processi erosivi, d'altro canto, risultano chiaramente condizionati dall'evoluzione tettonica di questa parte dell'orogeno appenninico.

LINEAMENTI MORFOSTRUTTURALI

L'Appennino interno, fino alla catena principale, è caratterizzato dalla successione di dorsali, la più alta delle quali è la più orientale e contiene lo spartiacque principale, e di depressioni che costituiscono i *bacini intermontani*. Lo stile dominante è quello di una successione di *horst* e *graben*, generata dall'estensione di un orogeno in gran parte già strutturato e realizzata con sistemi di faglie dirette molto inclinate, capaci di tagliare tutte le strutture precedenti nel quadro di una litosfera assottigliata. Gli *horst* corrispondono alle dorsali e i *graben* ai bacini.

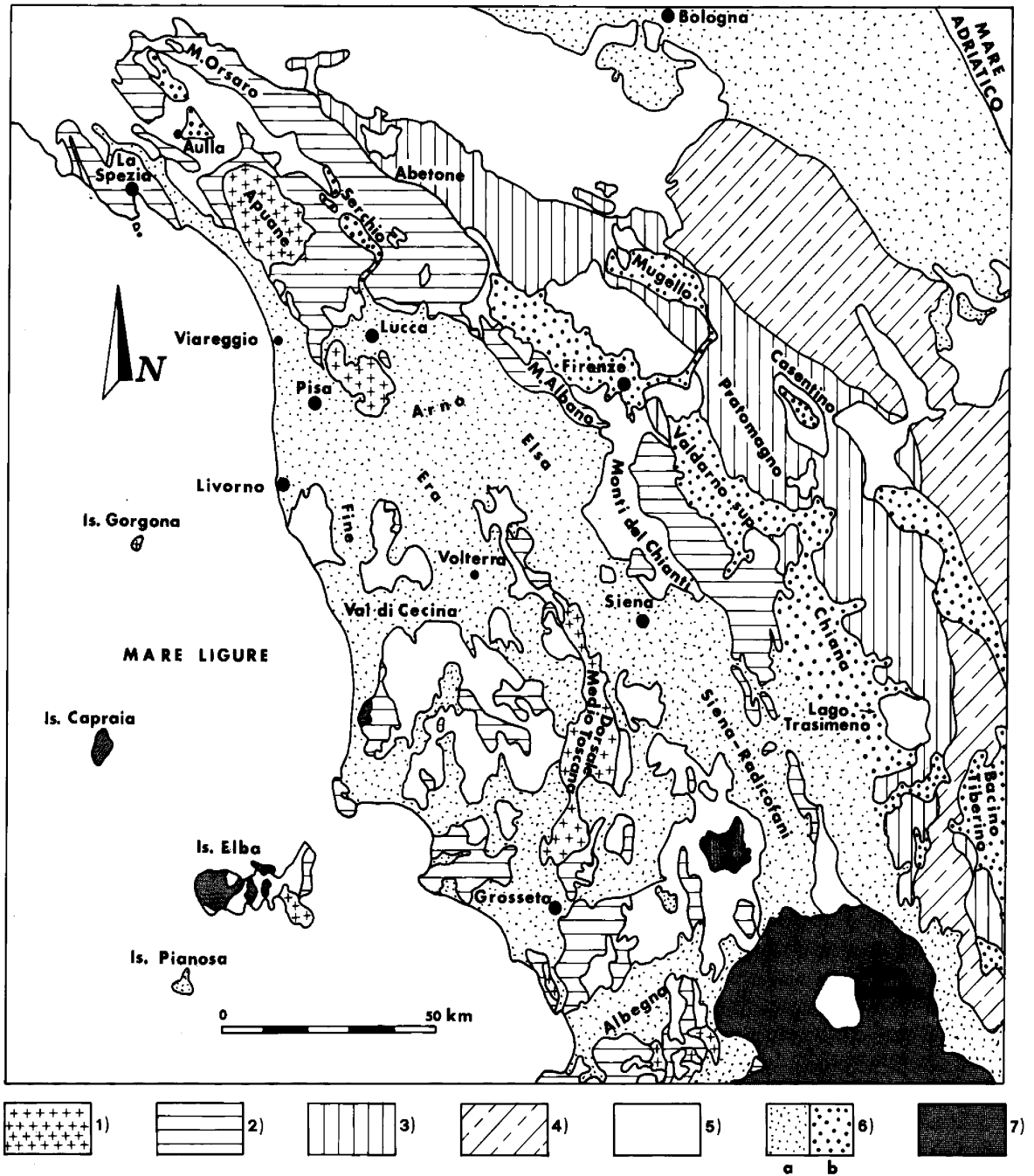


Figura 8: I depositi neogenici e quaternari e i bacini intermontani nel quadro della geologia dell'Appennino settentrionale (da Boccaletti, 1995 ridis.) 1) Unità Metamorfiche; 2) Unità Toscana; 3) Unità Cervarola-Falterona e di Castel Guerrino; 4) Unità Umbro-marchigiane; 5) Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri; 6) a: Depositi neogenico-quaternari; b: bacini intermontani villafranchiani; 7) Rocce magmatiche e depositi piroclastici.

Orientati nord ovest-sud est, secondo l'asse di allungamento della catena, questi bacini sono ora delle conche depresse rispetto alle culminazioni delle dorsali, già pieghe evolutesi in *horst*, fra le quali si trovano. Essi fungono da collettori fluviali di importanti tratti del territorio toscano. Lo sprofondamento tettonico ha portato a creare, attraverso i movimenti differenziali, dislivelli di quasi 2000 metri tra bacini e dorsali. Una visione complessiva di queste dislocazioni si può avere guardando verso ovest dall'alto della

dorsale principale dell'Appennino. Lo spazio si allarga senza ostacoli nelle opposte direzioni, orientale ed occidentale, ma verso quest'ultima è necessario percorrere versanti decisamente acclivi, prima di giungere sul fondo dei bacini intermontani adiacenti, come nell'Alta Lunigiana e in Garfagnana, fuori del Bacino dell'Arno e, anche se in misura più attenuata in Casentino, in Mugello e nello stesso Valdarno superiore.

La genesi di questa megastruttura regionale è stata, ed è, lungamente dibattuta. Una visione consolidata dell'Appennino Settentrionale prevede lo sviluppo di una compressione orogenica a polarità orientale (Merla, 1951) e, a un tempo, di un regime estensionale che si manifesta nella zona interna a mano a mano che la progressione delle spinte orientate lascia il retropaese (Elter *et al.*, 1975). Un modello più recente prevede che l'edificio a falde di ricoprimento dell'Appennino, dopo lo ispessimento crustale dovuto alla collisione fra la placca Iberica (Europa) e Adria (Africa), collassi per il ripristino delle condizioni di equilibrio isostatico turbato.

È in seguito a questo collasso che si instaura, più precocemente rispetto alla visione classica, una tettonica estensionale. La catena sarebbe quindi il risultato di una tettonica di gravità attiva fino ai tempi attuali (Carmignani *et al.*, 1995).

In ogni caso, se le grandi pieghe hanno generato l'infrastruttura fondamentale della catena, sono stati gli eventi distensivi a fornire gran parte dei lineamenti geomorfologici che oggi noi osserviamo in quella parte di orogeno drenata dal sistema fluviale dell'Arno. In particolare sono stati gli eventi distensivi più recenti a generare le depressioni strutturali mioceniche e plioquaternarie, che hanno ospitato importanti carichi sedimentari marini e continentali.

Alcuni Autori hanno tuttavia messo in evidenza l'esistenza di eventi compressivi recenti, non soltanto nelle regioni dell'avampaese padano-adriatico ma, anche, nelle zone interne. Essi sarebbero responsabili dell'interruzione di sedimentazioni nei bacini con la genesi di discordanze generalizzate, e quindi di sollevamenti, con deformazione dei depositi dei bacini stessi (Boccaletti *et Al.*, 1995). Queste fasi compressive nell'Appennino interno sarebbero legate alla riattivazione di alcuni fronti di *thrust* dell'Appennino assiale ed esterno ed avrebbero il significato di eventi tettonico-sedimentari di importanza quantomeno regionale.

LE DORSALI

Se nell'introduzione ai lineamenti morfostrutturali si è messo in risalto l'esistenza di dorsali e bacini, quali elementi caratterizzanti del settore tirrenico dell'Appennino settentrionale, tratteremo qui più estesamente delle dorsali. Una dorsale molto evidente dal punto di vista geologico, seppur costituita da affioramenti di formazioni antiche (fino al Paleozoico) discontinui e topograficamente irregolari nelle altitudini, è quella chiamata "Medio Toscana". Dalle Alpi Apuane essa tocca il Monte Pisano, i rilievi di Iano, la Montagnola Senese, Monticiano, Roccastrada e infine i Monti Leoni, descrivendo così un arco convesso verso oriente. La dorsale presenta un'ampia interruzione a sud del Monte Pisano con un varco ricoperto da sedimenti postorogeni; qui passa ora il tratto inferiore del corso dell'Arno. La dorsale Medio-Toscana è emersa fin dal Messiniano e da allora è sottoposta a processi morfologici prettamente continentali. Più ad ovest non vi sono altre dorsali così rilevate tranne che nei Monti di Campiglia Marittima (Colline Metallifere); da questi verso sud si può arrivare fino a Poggio Ballone (Monti di Punta Ala) mentre verso nord si toccano i Monti della Gherardesca, i Monti di Castellina Marittima e di Casciana Terme, ma poi è necessario inseguire dei rilievi sommersi dal Mare per completare un arco di dorsale; potrebbe trattarsi proprio della dorsale di Viareggio, o della Versilia, individuata da tempo nel Nord Tirreno. I rilievi emersi più occidentali sono, in realtà i Monti Livornesi, separati da quelli di Casciana dalla Valle del Tora.

Probabilmente trovano il loro prolungamento più a nord nella dorsale della Meloria e più a sud nei Monti di Piombino. D'altra parte, il motivo degli alti e bassi strutturali e morfologici continua ancor più ad occidente: infatti non solo si incontra un'altra area depressa in corrispondenza della piattaforma continentale del Tirreno ma, ad ovest di essa, si ha la dorsale Elba – Pianosa (Lazzarotto *et al.*, 1995).

Se, invece, dalla Dorsale Medio Toscana ci si sposta verso oriente gli allineamenti delle catene montuose appaiono evidenti anche per le maggiori quote. Un alto molto chiaro si individua nell'allineamento Monte Albano - Monti del Chianti-Monti di Rapolano- Monte Cetona. Esso interferisce direttamente sul percorso dell'Arno costretto a secarlo alla Gonfolina. Ancor più ad oriente si trova la dorsale Monte Morello - Monte Giovi - Pratomagno già ormai molto alta; a sud, nell'Aretino, può essere collegata ai rilievi dell'Alta Sant'Egidio. Infine si raggiunge la dorsale principale, la più esterna di tutte e la più alta, che contiene appunto la linea spartiacque fondamentale della penisola italiana.

Questa corre in generale sulla linea delle più alte vette, ma sono noti casi di discordanza tra orografia e idrografia, per cui alcune di queste cime come il Monte Cimone, la più alta dell'Appennino settentrionale (2121 m) sono in posizione esterna alla linea spartiacque e alcuni fiumi emiliani, ad esempio il Reno, prendono origine dal settore interno dell'Appennino. È molto probabile che si tratti del frutto di catture fluviali che hanno sottratto territorio ad alcuni bacini tirrenici: una vera anomalia se si pensa alla capacità di erosione retrogressiva dei fiumi occidentali in ragione della maggiore energia di rilievo dei versanti in cui essi scorrono. D'altra parte, è noto che l'arco dell'Appennino settentrionale presenta una particolare articolazione a quinte di teatro. Infatti, già dalla Liguria orientale, ogni dorsale contenente lo spartiacque principale ad un certo punto diminuisce di altezza, quindi di importanza orografica, e viene sostituita da un'altra dorsale apparentemente diversa e comunque situata in posizione più orientale dando luogo così alle testate settentrionali dei solchi longitudinali. In tal modo comincia il progressivo allontanamento dello spartiacque principale della penisola italiana dal Mar Ligure-Tirreno, per ritornarvi vicino solo con l'Appennino Campano-Lucano. Così si ha un improvviso slittamento verso est della dorsale principale nell'Alta Valle del Taro e una barra trasversale trasporta lo spartiacque dalla catena del M. Gottero alla lunga dorsale M. Orsaro-Alpe delle Tre Potenze -M. Rondinaio. (Figura 10)



Figura 9: La dorsale principale dell'Appennino tra la Foce di Giovo (a sinistra) e L'Alpe delle Tre Potenze (m 1940), (a destra); in mezzo la sommità di Femminamorta (m 1881). L'aspetto sostanzialmente uniforme è dato dalla regolarità e continuità degli strati arenacei del Macigno, tuttavia incisi da aste fluviali con profondi e ripidi canali

Da questo punto, un ulteriore segmento montuoso trasversale trasporta lo spartiacque sulla catena del Falterona dove si trovano le sorgenti dell'Arno. Mentre la dorsale trova poi la prosecuzione meridionale nell'Alpe di Catenaia, che limita il Casentino, all'altezza dell'Alpe di Serra un'ultima barra trasversale conduce ad un nuovo spartiacque più orientale posto sull'Alpe della Luna sulla quale con il Monte Fumaiolo troviamo la testata del Tevere. Tutte le catene, comprese quelle che traslocano lo spartiacque con tratti trasversali, sono interessate da selle, alcune anche di quote basse (fino a 700 m). La disposizione a quinte di teatro della linea spartiacque e il suo raccordo attraverso segmenti di catena trasversali sono, tuttora, un problema non risolto. L'unica cosa che pare assodata è che in loro corrispondenza vi sono stati spettacolari fenomeni di catture fluviali, come tra gli alti bacini del Taro e del Magra o come la Lima (Ghelardoni, 1958).

Se è verosimile che si tratti di fenomeni erosivi in dipendenza del cannibalismo dei fiumi, alla ricerca del più alto ordine gerarchico, non si può escludere un intervento della componente tettonica attraverso un succedersi di movimenti epirogenetici differenziali; oppure di quelle ancor enigmatiche linee tettoniche trasversali più volte segnalate o, più semplicemente, di faglie di trasferimento tettonico (Bernini *et al.*, 1996). Appare, comunque, ancor più evidente che il paesaggio fisico dell'Appennino è il risultato di un complesso e sofisticato gioco della morfogenesi climatica su un orogeno ancora in evoluzione.

I BACINI

Alternate alle dorsali si trovano numerose morfostrutture depresse che possiamo definire come *bacini*. Questi si presentano come vallate a fondo pianeggiante o, più spesso, pianeggiante con varie serie di terrazzi fluviali. Sono riempite di sedimenti, ora marini, ora continentali, ora di transizione, generalmente di età pliocenica e quaternaria ma in alcuni casi tardo miocenica. I fondi vallivi sono la parte più depressa delle conche che, con i loro versanti, formano i bacini intermontani.

Da oriente a occidente si elencano i seguenti sistemi di bacini: Mugello, Casentino e alto bacino Tiberino; un allineamento più interno intercetta i Bacini di Firenze (Valdarno medio), del Valdarno Superiore, della Val di Chiana; ad ovest la lunga discontinua depressione Alta Val di Magra-Garfagnana-Piana di Lucca e Fucecchio-Pesa-Elsa-Casino-Siena-Radicofani e ancora più a ovest la depressione Versilia-Basso Arno-Bacino dell'Era-Volterra-Radicondoli-Bruna e da ultima, poco estesa, la depressione Val Fine-Val Tora-Bassa Val di Cecina-bacino di Piombino.

Le vallate e le depressioni morfologiche sono solcate da corsi d'acqua che sono organizzati quasi tutti, in rete idrografica, dal Fiume Arno. Fungendo da collettore generale di questa parte di Appennino, l'Arno riesce a svolgere un ruolo unificatore di un territorio altrimenti vocato alla compartimentazione fisica in ragione della peculiare distribuzione dei volumi. Per far questo il fiume si è aperto la strada incidendo i rilievi per mezzo di gole quali quella di Subbiano tra l'Alpe di Catenaia ed il Pratomagno, quella dell'Inferno tra la Val di Chiana e il Valdarno Superiore, di Rignano tra questo e il bacino di Firenze, per arrivare al quale anche la Sieve ha dovuto incidere una soglia tra il Pratomagno e i monti fiesolani. Infine, per aprirsi la strada verso il mare l'Arno ha dovuto incidere le strette della Gonfolina attraverso il Monte Albano con un meccanismo che, secondo alcuni Autori, avrebbe caratteristiche di antecedenza (Bartolini e Pranzini, 1984).

L'evoluzione paleogeografica

Durante il Miocene, nell'area corrispondente alla cosiddetta "Tirrenide Auctt.", si instaura con l'inizio del suo sprofondamento, il dominio marino. Purtroppo la scarsità dei resti non consente una ricostruzione paleogeografica ma è probabile che qualche *vecchia terra* sia parzialmente emersa: forse la Gorgona per esempio e sicuramente l'Elba, i cui ciottoli di eurite e di porfido si trovano nei sedimenti miocenici della Maremma Toscana. L'Elba costituisce un evidente alto morfologico del Messiniano e non si può escludere che ciò sia, in parte, dovuto alla spinta ascensionale dello stock granitico che lo sostiene. Infatti va ricordato che nel Langhiano (15,2 M.a.) nella Corsica di SE inizia a manifestarsi un magmatismo di natura alcalina e che da allora, cronologicamente sfasati, si mettono in posto diversi corpi intrusivi sia nel Tirreno settentrionale (Capraia, Elba, Montecristo, Giglio) sia nella Toscana occidentale (Gavorrano – Castel di Pietra, Campiglia).

Il più importante di tutti i corpi è il plutone monzogranitico del M.Capanne (Elba occidentale) alto più di 1000 metri. Oggi si ritiene che il magmatismo tirrenico-toscano, solo in alcuni casi a carattere vulcanico (Roccastrada, M.Amiata), sia il risultato di un mescolamento di fusi mantellici e di crosta continentale che si è esaurito intorno ai 400 – 200 mila anni fa. Il Bacino dell'Arno attuale è tuttavia sostanzialmente estraneo a questo fenomeno. Nell'area appenninica occidentale si hanno i primi sprofondamenti che danno origine alle fosse tettoniche capaci di ospitare i tre orizzonti sedimentari fondamentali, pre-evaporitico, evaporitico e del "Lago-Mare".

Nel Miocene superiore la paleogeografia dipende ormai dalla distensione; così le fosse tettoniche più orientali non si sono ancora formate e lo spartiacque della catena appenninica si trova, più a occidente, lungo una direttrice allineata con le Alpi Apuane emerse e la Dorsale Medio-Toscana. Attraverso questa però un varco c'è, o si apre, all'incirca lungo l'attuale corso dell'Arno per cui il mare durante la sua effimera trasgressione, prima che si instauri il dominio continentale o di transizione, può insinuarsi in un ampio seno interno in corrispondenza degli attuali bacini Nievole-Fucecchio-Elsa. Qui lo spartiacque si attesta provvisoriamente sulla catena del M Albano. È comunque evidente, per tutto il Miocene, il ridotto sviluppo della rete idrografica tirrenica.

Si ha così che fin dal Messiniano risulta emersa, salvo il varco tra i Monti Pisani e Iano, la Dorsale Medio-Toscana soggetta in generale ad una intensa erosione. Più a oriente erano emersi anche il Monte Albano e i Monti del Chianti, più a occidente i Monti Livornesi e gli altri rilievi della Dorsale peritirrenica. Tra esse vi sono le zone depresse, sedi di bacini lacustri.

Nel Pliocene inferiore si ha un'ampia trasgressione marina in relazione ad una fase di sprofondamento tettonico molto accentuata e al completo ripristino della comunicazioni Mediterraneo-Atlantico. Il mare progressivamente sormonta la Dorsale Medio-Toscana fra il Bacino di Volterra e quello dell'Elsa e si spinge fino a toccare, stabilmente, i versanti occidentali della catena Monte Albano-Chianti (Figura 11)

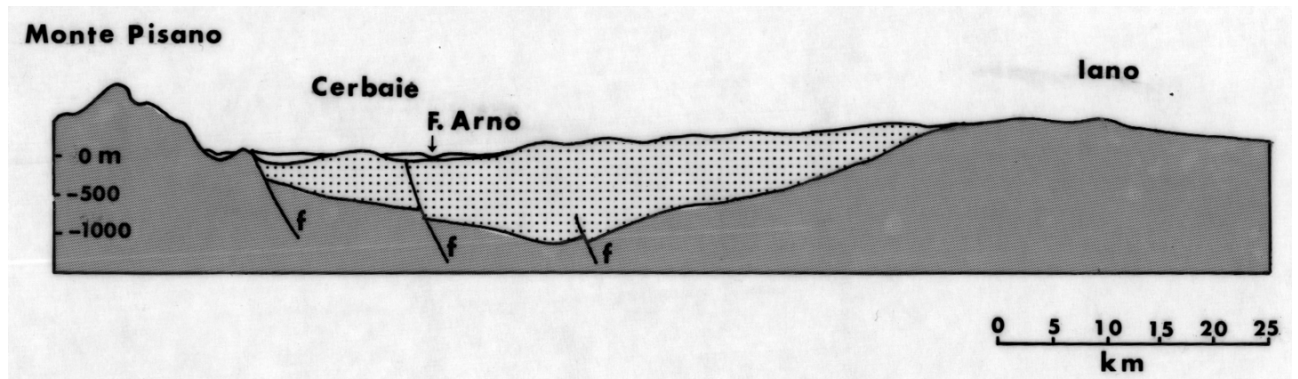


Figura 10: Sezione lungo la Dorsale Medio Toscana. Si noti il varco attraverso il quale il mare pliocenico é penetrato all'interno della Toscana fino quasi al limite della catena del Monte Albano. Più scuro il substrato pre-miocenico; a puntini: i sedimenti mio-pliocenici e quaternari; in bianco: i depositi prevalentemente alluvionali pleistocenici e olocenici

Naturalmente anche la Dorsale Peri-tirrenica subisce la stessa sorte ma le parti più alte dei Monti di Castellina, dei Monti della Gherardesca, dei Monti di Campiglia, oltre che dei Monti di Piombino, rimangono come scogli o isole emerse perché la dorsale è abbastanza stabile mentre dall'Elba continuano ad arrivare i ciottoli fluviali di eurite e porfido presenti nelle successioni mio-plioceniche. Questa espansione marina è favorita dal collasso generalizzato di bacini già delineati in precedenza e ha avuto uno sviluppo progressivo verso est, sostanzialmente diacrono, anche in relazione alla geografia delle aree subsidenti. Inoltre sulla trasgressione ha interferito una attività tettonica intrapliocenica documentata, soprattutto, dai materiali grossolani entro le serie marine o vere e proprie frane staccatesi dalle scarpate di faglia. Nel complesso, dunque, in mezzo ad aree stabili o in lento sollevamento si formano vasti bacini subsidenti nei quali si depositano potenti coltri sedimentarie (bacini del Tora, Fine, Cecina, Volterra, Era, Fucecchio-Elsa, Pesa da una parte, Siena, Radicofani e Chiana, il cui graben si congiunge con il bacino del Tevere, dall'altra).



Figura 11:- Da questa vista della Val d'Era si può apprezzare la potenza dei depositi marini pliocenici.

I movimenti tettonici disgiuntivi, ma differenziali, sono così attivi che prendono origine a nord dell'Arno anche alcuni bacini intermontani esclusivamente fluvio-lacustri quali quelli della Bassa Val di Magra e di Aulla-Olivola.

Sul finire del Pliocene medio inizia una emersione che prosegue nel Pliocene superiore. Anche se non si può escludere un'interferenza con l'abbassamento glacio-eustatico del livello del mare, per il manifestarsi della nota glaciazione pliocenica registrata a 2,5 M.a., l'imponente quantità di detriti prodotta e presente nei bacini fa comunque ritenere importante il sollevamento e lo smantellamento delle terre emerse. Le Apuane, per esempio, cominciano a rifornire i bacini anche di materiali del nucleo metamorfico. Tra i bacini intermontani prendono origine a occidente quelli continentali di Barga e di Castelnuovo Garfagnana. Il sollevamento generale coinvolge comunque anche le aree depresse e così alcuni movimenti differenziali, oltre a provocare una intensa fase di erosione verso il Villafranchiano medio, inducono inclinazioni nei sedimenti fino ad ora depositi.

Nel contempo lo spartiacque dell'Appennino migra ancora ad est (Pratomagno) e nel Valdarno inferiore si forma un primo lago tettonico: è possibile che il primitivo abbozzo della conca possa essere ancora più precoce ma è in relazione a questa vasta emersione di terre occidentali che si stabilisce una rete idrografica tirrenica. In tal modo lo sviluppo dell'Arno è chiaramente diviso in due parti distinte: una orientale che drena le acque verso il bacino Tiberino e una occidentale poiché, ormai emerso, nel Pliocene superiore questo territorio può organizzarsi dal punto di vista idrografico. Un paleoArno prende allora origine dal Monte Albano, oppure semplicemente proseguendo il corso del Pesa si getta verso ovest, ricevendo tra gli altri anche il Serchio che scorre a est del Monte Pisano. Il Serchio risulta addirittura molto più importante. L'Arno, come noi lo conosciamo, non esisteva fino a 3 M.a, e probabilmente si poteva ritenere proprio un affluente del Serchio.

Dal Pleistocene inferiore nel Basso Valdarno e nella Bassa Val di Cecina si hanno limitati sprofondamenti di bacini, che permettono lo sviluppo della sedimentazione marina santeriano-emiliana nel "Sinus-Pisanus", anche qui con l'interferenza delle oscillazioni glacioeustatiche. Infatti un profondo golfo penetra nel Valdarno fino a Monte Castello, lambisce le pendici dei Monti Livornesi e di Casciana Terme e si estende verosimilmente in Versilia che sprofonda per l'attività delle faglie ovest-apuane, e nella Pianura di Pisa, anche se dei sedimenti più occidentali non si hanno tracce a causa dell'attività di faglie normali sepolte nel sottosuolo (Federici e Mazzanti, 1988).

A sud la sedimentazione marina copre, agevolmente, il bacino di Rosignano fino a Casale Marittimo. A nord dell'Arno è, invece, documentata la sedimentazione lacustre nel bacino già marino delle Cerbaie-Lucca-Fucecchio (settore nord) e più oltre in Val di Magra (Aulla-Olivola) dove sprofonda ora anche il bacino di Pontremoli. Verso est si apre la fossa tettonica di Firenze-Pistoia e si instaura un secondo ciclo lacustre nel bacino del Valdarno Superiore; inoltre si riempie la depressione della Val di Chiana, la cui successione fluvio-lacustre sormonta in discordanza sia un substrato pre-neogenico sia sedimenti marini medio-pliocenici evidentemente in precedenza penetrati da sud. Ma in questa fase lo spartiacque migra ancora più ad est, prossimo alla posizione attuale, e sprofondano i bacini del Mugello e del Casentino (e della Val Tiberina) tutti più o meno ben datati con faune a vertebrati.

La sedimentazione è caratterizzata dalla presenza dei clasti delle Liguridi, il che indica la non ancora avvenuta esposizione delle arenarie del Macigno, dell'unità Monte Modino-Cervarola e della Marnoso-Arenacea. Per contro sono sicuramente in sollevamento le Alpi Apuane, il Monte Pisano, gran parte delle Colline Metallifere e della Maremma e più ad est la dorsale appenninica della Garfagnana, il Monte Albano, il Chianti, i Monti di Rapolano, il Cetona. I laghi orientali hanno emissari che dirigono verso sud nella Val di Chiana e da qui ovviamente al Tevere di cui sono tributari.

Nel Pleistocene medio, nei vari bacini intermontani ancora attivi, la sedimentazione fluviale prende decisamente il sopravvento ed essi vengono colmati a dimostrazione del forte rifornimento da parte di un territorio in sollevamento generalizzato. Il sollevamento della catena è dimostrato dalla potenza delle coltri alluvionali costituite in gran parte da clasti di Macigno a marcare un netto cambiamento, rispetto ai depositi di riempimento villafranchiani, prevalentemente composti di Liguridi. Comunque questa attività tettonica determina nei bacini un'inclinazione dei depositi di riempimento del Villafranchiano Superiore che è di 25 ° ad Altopascio, un po' meno in Mugello e Casentino. E' evidente da ciò che, pur nell'ambito di movimenti differenziali, il sollevamento interessa anche gli stessi bacini.

Se la catena appenninica è in generale sollevamento, stimato in almeno 6-700 metri sulla base delle paleosuperfici villafranchiane delle montagne pistoiesi (Bartolini, 1980) al Pleistocene medio il resto della Toscana occidentale è emersa stabilmente ed anzi è in sollevamento, salvo sporadici episodi marini nel territorio di Bibbona. Per valutare la sua entità si può fare riferimento alle quote raggiunte nelle Colline Pisane dai sedimenti marini santeriano-emiliani (267 m) tenendo conto che esse non corrispondono a superfici di regressione e che si tratta di depositi non litorali. Nella Toscana marittima comunque si genera un'ampia superficie ora terrazzo policiclico (Terrazzo I) formato da depositi fluviali in conseguenza della grande produzione di detriti. L'abbondanza in questi sedimenti di clasti di quarziti e anageniti, portati esclusivamente dal Serchio, mostra la maggiore importanza di questo fiume rispetto all'Arno tirrenico che ancora non doveva essersi collegato al Valdarno superiore. Il terrazzo si trova a quote diverse e si può prospettare che vi siano stati sollevamenti o abbassamenti. Per esempio, la faglia meridionale delle Cerbaie disloca il Terrazzo I in due blocchi entrambi basculanti verso settentrione. Altri movimenti molto recenti sono deducibili dal basculamento di terrazzi riferibili al Pleistocene medio-superiore come in Garfagnana. E' forse per

questo che nei vari bacini toscani: Val di Magra, Altopascio, Firenze-Pistoia-Mugello, Casentino i depositi alluvionali che chiudono la sedimentazione sono incisi e terrazzati. Va comunque ricordato che l'incisione dei terrazzi del Pleistocene superiore, come del resto il loro accumulo, sono principalmente da attribuire alle variazioni del livello di base in conseguenza delle variazioni eustatiche dovute al fenomeno glaciale e alla successiva deglaciazione.

É nella parte superiore del Pleistocene medio che, finalmente, la rete idrografica dell'Arno si organizza. Nell'alto corso, forse a causa di sovralluvionamenti e/o a causa di deboli sollevamenti, il Casentino e il Valdarno superiore hanno difficoltà a drenare la acque verso la Val di Chiana e favorite anche dalla verosimile cattura della Sieve da parte dell'immissario del bacino di Firenze in questo si gettano, ormai unite, in un unico corso che prosegue poi più a valle dove viene secato il Monte Albano alla Gonfolina. In questa grande opera di gerarchizzazione l'Arno perderà però il Serchio che, nel Pleistocene superiore avanzato – Olocene, inizierà a trovare difficoltà a fluire verso sud. Vicende quasi esclusivamente morfogenetiche di rapporti con un Arno divenuto più importante e che, con i suoi nuovi sempre più grandi argini presso Vicopisano, ne impediva il regolare deflusso hanno forzato il Serchio a cercarsi un'altra via verso il mare attraverso la preesistente Valle di Ripafratta. A tale proposito sono ormai ben noti i secolari interventi umani per "aiutare" il fiume nella sua tracimazione verso ovest e per scolare le acque del Lago di Bientina verso sud.

Processi geomorfologici attuali

Il quadro illustrato nei precedenti paragrafi indica la presenza di aree in cui prevalgono i fenomeni geomorfologici di deposizione, le parti più depresse dei bacini, e quelle in cui invece prevalgono i fenomeni erosivi, le dorsali e le aree più rilevate. I primi in particolare sono stati particolarmente influenzati dalle variazioni recenti del livello di base: livello che è la variabile fondamentale nell'equilibrio tra erosione e deposizione.

In generale le condizioni climatiche, morfologiche e pedogenetiche attuali del bacino dell'Arno sono favorevoli a condizioni di *biostasia*, cioè a condizioni tali per cui si instaurano persistenti processi pedogenetici con la conseguente completa copertura vegetale dei suoli: fattore che determina protezione e stabilizzazione delle superfici, limitazione dei fenomeni di erosione e dell'instabilità superficiale. L'assenza di territori al di sopra della quota limite teorica della vegetazione, le precipitazioni con distribuzione e quantità compatibili con la crescita delle piante arboree, l'assenza di substrati particolarmente refrattari ai fattori di pedogenesi (salvo rari casi sui depositi argillosi più ingrati) portano ad ipotizzare che non vi siano le condizioni per il verificarsi di generalizzati fenomeni di erosione superficiale a carico dei suoli⁴. Anche i processi di movimento di massa, che sono potenzialmente un potente agente erosivo, dovrebbero essere sensibilmente ostacolati dalle condizioni appena descritte; almeno nelle aree a pendenze moderate e per le tipologie di movimento più superficiali.

La presenza dell'uomo ha cambiato radicalmente la realtà delle cose, lo sviluppo dell'agricoltura, del pascolo e delle attività selvicolturali, ha aumentato tutti i fattori di instabilità e diminuito quelli che la limitavano. Senza voler elencare questi fattori si pensi solo all'artificiale condizione creata dalle pratiche di aratura annuali: esse determinano la presenza di estese superfici con sedimenti incoerenti prive di copertura, generalmente all'inizio della stagione più ricca di precipitazioni, condizione ideale per l'innescare, oppure la possibile azione di erosione superficiale da parte delle piogge.

⁴ A sostegno di questa considerazione si legga il paragrafo *'importanza geomorfologica della copertura vegetale e dei suoli'* in Castiglioni (1989).

Le pratiche selvicolturali, laddove il bosco non è stato asportato, hanno diminuito la complessità dei soprassuoli forestali e la loro densità favorendo, in qualche misura, il fenomeno di instabilità dei versanti e i processi erosivi. L'intensità e le caratteristiche della pressione antropica sono in parte cambiate negli ultimi 50 anni, introducendo nuovi potenti fattori di instabilità, primo fra tutti le attività legate all'urbanizzazione e allo sviluppo delle infrastrutture di comunicazione. Altresì sono aumentati alcuni fattori di stabilità, ad esempio il ritorno della copertura vegetale conseguente all'abbandono delle pratiche agricole su estese superfici.

In sintesi, al di là delle sue cause, la situazione attuale è caratterizzata da sensibili processi erosivi superficiali a carico dei suoli, in generale legati alla dinamica di versante. Tali processi sono probabilmente da considerarsi secondari per pericolosità e rischio⁵ rispetto ai più localizzati, ma più importanti, movimenti gravitativi che interessano in particolare le aree a maggior pendenza e quelle più vulnerabili dal punto di vista lito-tecnico. Questi ultimi, rispetto ad un tempo e a condizioni di pari pericolosità, determinano situazioni di rischio più accentuate visto il mutato quadro di urbanizzazione del territorio.

Importante, per i volumi in gioco e per gli elementi di rischio, è l'azione erosiva diretta dei fiumi sia per incisione che per erosione di sponda. Naturalmente, ai fenomeni erosivi sono accompagnati processi di deposizione che interessano le aree più depresse del bacino con particolari localizzazioni legate all'azione antropica. Si pensi, ad esempio, alla formazione dei terreni di colmata o al tipico sovralluvionamento negli alvei arginati pensili. Le mutate modalità di pressione da parte dell'uomo hanno influenzato fortemente anche la dinamica morfologica del litorale marino. In particolare si prima è favorito l'accrescimento progressivo dei depositi di spiaggia, con il notevolissimo aumento del carico solido trasportato dai fiumi legato al diffondersi delle pratiche agricole e, successivamente, il loro progressivo smantellamento per una serie di fattori tutti di recente attivazione. Fra questi le escavazioni in alveo, la diminuzione dell'apporto solido dovuto all'erosione, la cattura dei sedimenti da parte delle dighe di ritenuta.

Volendo focalizzare l'attenzione sulle forme dominanti, si rileva che in corrispondenza dei bacini, laddove si sono depositate le formazioni fluvio-lacustri, il paesaggio mostra valli aperte con fondi arrotondati e raccordi morbidi con i versanti; talvolta vi si riconoscono più ordini di terrazzi fluviali, o paleosuperfici, con raccordi anche netti. Anche se il processo dominante è stato di tipo fluviale o lacustre non di rado vi sono segni di depositi detritici, frane di colamento o ampi depositi colluviali. Le forme erosive più evidenti di questi ambienti sono certamente quelle legate allo smantellamento delle sponde fluviali e ai manufatti annessi. Di difficile quantificazione ed intensità i fenomeni di sprofondamento legati alla subsidenza.

In corrispondenza dei depositi pliocenici coerenti o pseudo-coerenti prevalentemente limoso-argillosi e franco-limoso-argillosi si ha un reticolo di drenaggio particolarmente denso, in cui le forme morbide delle colline con versanti concavo-convessi, sommità arrotondate e vallecole a fondo concavo si accompagnano, in particolari condizioni, e generalmente dove la pendenza è accentuata e la vegetazione è stata asportata, a tipiche forme di erosione calanchive: qui lo sviluppo dell'erosione incanalata è particolarmente rapido, la densità del drenaggio è altissima, con vallecole a V profonde e ramificate separate da creste. In situazioni simili a quelle dove si sviluppano i calanchi, si possono a volte riconoscere le forme rotondeggianti e mammellonari delle biancane, la cui genesi sembra essere legata alla prevalenza dei processi di erosione

⁵ Si consideri la notevole perdita di sensibilità verso i problemi connessi all'erosione superficiale che si è avuta dagli anni anteguerra ad oggi. Anche se è probabilmente diminuita la sua pericolosità è proprio la drastica diminuzione dei rischi connessi che ne ha determinato l'attuale stato di considerazione.

diffusa senza formazione di un reticolo di drenaggio organizzato. Si noti che la diffusione di calanchi e biancane, seppur importante e presente in ambienti pliocenici 'tipici', non è caratteristica costante dei depositi pliocenici fini. E' invece caratteristica generalizzata per questi depositi la problematica dei movimenti gravitativi superficiali, come frane di colamento e scorrimenti roto-traslazionali.

Dove affiorano i depositi coerenti sabbiosi e conglomeratici i versanti dei rilievi collinari pliocenici aumentano in pendenza, talvolta con forme subverticali, raccordandosi alla sommità con superfici sub-pianeggianti di origine strutturale o legate a processi non più attivi. La giacitura sub-orizzontale, in presenza di bancate sabbiose più coerenti sopra le argille, può dar luogo a versanti particolari, dall'acclività esasperata, che retrocedono per scalzamento alla base: ne risulta il tipico fenomeno delle "balze" di Volterra. Una simile instabilità può svilupparsi con modalità analoghe dove strati resistenti poggiano su facies molto erodibili, come ai bordi dei ripiani travertinosi di Colle Val d'Elsa o ai margini degli affioramenti di calcare ad Amphistegina presso San Gimignano.

In corrispondenza delle dorsali la presenza di unità litologiche complesse, con la diffusa alternanza di rocce lapidee e rocce o interstrati pelitici in una struttura geologica articolata, unitamente alla notevole energia del rilievo, determina una sensibile variabilità delle forme dei versanti che evolvono in genere secondo meccanismi meno semplici da inquadrare. Si hanno comunque di norma forme più aspre in particolare per la pendenza, l'estensione dei versanti e i dislivelli in gioco, che si addolciscono in corrispondenza degli affioramenti argillitici (Scaglia rossa, "complessi di base") dove vaste aree boschive limitano il dilavamento e l'erosione areale; il modellamento procede generalmente attraverso l'erosione incanalata e, non di rado, con movimenti gravitativi anche di grande estensione. Un modello di questo paesaggio geomorfologico è costituito dai bacini dell'Ombrone, della Nievole e della Pescia: questi corsi d'acqua drenano vaste aree della montagna pistoiese, dove dominano le arenarie del Macigno, di Monte Modino e di Monte Cervarola, localmente intervallate da livelli pelitici. In queste zone il reticolo idrografico è ben delineato e l'erosione regressiva è particolarmente attiva, favorita dai sollevamenti recenti, che hanno dato luogo a una ripresa dell'attività erosiva e quindi dello smantellamento dei versanti: in particolare nel bacino superiore dell'Ombrone si assiste a un rapido arretramento dello spartiacque, a spese del Fiume Reno, che attualmente scorre ad una quota di circa 200 m superiore a quella dell'Ombrone stesso. Mentre alcuni affluenti minori sono stati già catturati, sembra in atto la cattura di parte del bacino superiore del Reno, nel tratto a monte di Pracchia e parzialmente anche di quello del Torrente Limentra. Questi grandi dislivelli, i versanti ripidi, i consistenti apporti idrici e l'erosione regressiva favoriscono lo svilupparsi di una franosità diffusa con fenomeni che raggiungono dimensioni ragguardevoli. Nelle zone più impervie, dove i dislivelli e l'energia del rilievo sono maggiori, si hanno le condizioni per il verificarsi di fenomeni di deformazione gravitativa profonda dei versanti; essi si collocano, con caratteri intermedi (plasticizzazione della roccia in profondità, meccanismo di rottura per deformazione progressiva, ecc.) tra le frane di roccia più imponenti e le strutture riferibili alla tettonica gravitativa. Questi fenomeni presentano configurazioni morfologiche tipiche, come depressioni e trincee allungate parallelamente al crinale, contropendenze, sdoppiamento di creste; ai fini della stabilità hanno un'importanza rilevante poiché possono causare frane più superficiali e, in casi estremi, evolvere repentinamente in grandiosi movimenti di massa.

Più diffuse di quanto si creda sono da segnalare le forme superficiali carsiche, talvolta ben espresse in tutti i loro caratteri tipici, che si rilevano facilmente in corrispondenza di litologie particolarmente adatte come il 'Calcare Cavernoso' di Poggio al Comune e Monte Maggio, sulle superfici travertinosi di Colle Val d'Elsa, o sulle formazioni di Alberese della Calvana e Monte Morello.

Lineamenti fisiografici

Per un'analisi sintetica del bacino dell'Arno, basata su dati digitali è utile considerare una suddivisione in pochi grandi sottobacini uniformi, a grandi linee, per caratteristiche geografiche. Tale suddivisione, peraltro, si appoggia su concetti propri anche dalla legislazione vigente⁶.



Figura 12: Partizione del bacino nei principali sottobacini

Sottobacini principali	Superficie [kmq]
Casentino	877
Chiana	1.371
Sieve	838
Valdarno inferiore	3.680
Valdarno medio	1.345
Valdarno superiore	1.019
Totale	9.130

⁶ I limiti di competenza del bacino dell'Arno sono stati definiti dal d.p.c.m. del 22-8-2000 secondo i criteri espressi dalla L. 183/89. Salvo limitate correzioni frutto dell'intesa tra gli Enti competenti (Regioni e Autorità di Bacino di rilievo nazionale) la superficie risultante è pari a 9130 kmq; sensibilmente maggiore di quella indicata per il solo bacino imbrifero che è di ca 8.250 kmq.

Dall'analisi fisiografica a scala di bacino⁷, riferita ai valori altimetrici, la maggioranza relativa di territorio, ricade nella fascia compresa tra i 210 e i 330 metri (Figura 14)⁸, ma si nota una netta distribuzione bimodale con un secondo picco, quasi equivalente per estensione, nella fascia compresa tra la quota del mare e i 90 metri (Figura 13), il territorio con quote superiori ai 400 metri sembra mostrare un'estensione via via inversamente proporzionale al valore di quota.

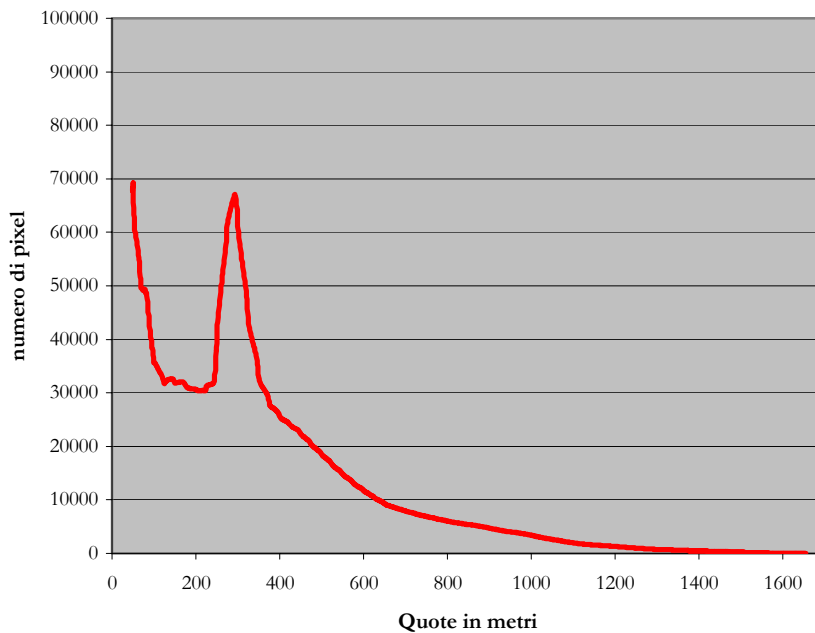


Figura 13: Distribuzione dei valori di quota per numero di pixel (20mx20m) in modello altimetrico del terreno del bacino dell'Arno

Le maggiori altitudini si riscontrano nel gruppo montuoso del Falterona e del Pratomagno, rispettivamente con le vette di Monte Falco (1.657 m.slm.) e del Poggio Uomo di Sasso (1.537 m.s.l.m.). Si noti che tutto il bacino dell'Arno ricade sotto il limite altimetrico della vegetazione arborea.

⁷ Le analisi presentate in questo paragrafo sono state effettuate dal Sistema Informativo del Bacino dell'Arno su un modello altimetrico del terreno, passo 20 metri, fornito dal Ministero dell'Ambiente a supporto del lavoro sui piani di assetto idrogeologico nell'ambito dell'accordo per la realizzazione del Sistema cartografico di riferimento (sottoscritto dalla conferenza Stato-Regioni del 30/12/1998) e delle successive integrazioni.

⁸ La classificazione in fasce altimetriche è stata effettuata basandosi sul metodo "natural break" così come applicato da ArcView™: in sintesi il metodo identifica i punti di flesso in una curva di distribuzione, trovando i raggruppamenti esistenti all'interno della popolazione di dati, adatto quindi ai valori di quota che hanno una distribuzione come quelli in Figura 13.

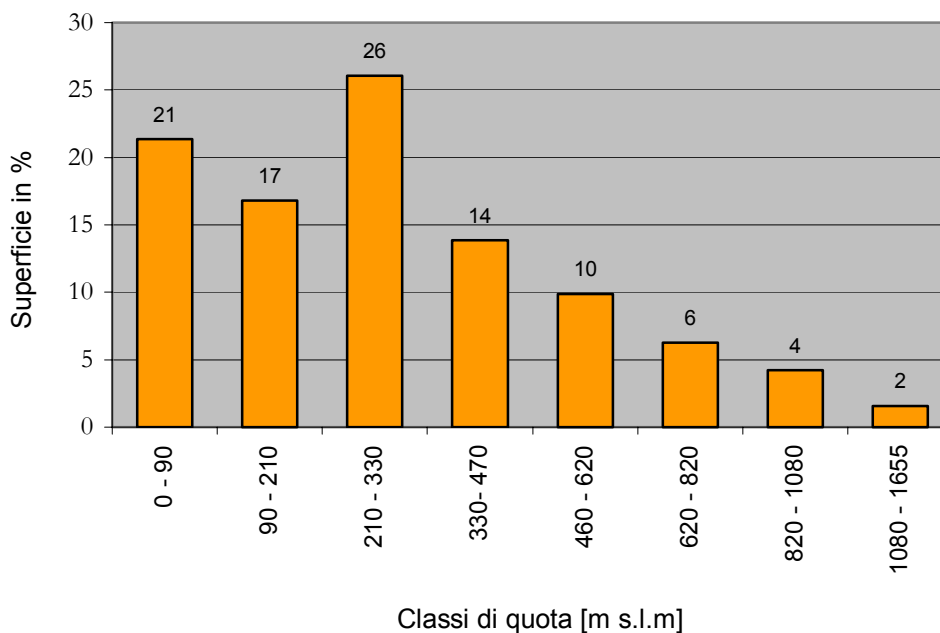


Figura 14: Percentuali del territorio del bacino dell'Arno per fasce altimetriche

Esaminando la distribuzione dei valori di pendenza (Figura 15) e le percentuali di territorio del bacino ricadenti nelle diverse classi⁹, si nota che circa il 30% del bacino è costituito da aree pianeggianti o sub-pianeggianti (pendenza <3%)¹⁰, nelle quali si ricorda, ricadono anche aree rilevate; mentre nella fascia compresa tra il 3% e il 35%, limite che coincide con la massima pendenza per le lavorazioni meccaniche (Costantini, 1985) si ha ben il 53% del territorio. All'interno di questo intervallo il 34,7% del bacino ricade nella fascia dal 3 al 15%; valore, quest'ultimo, che può essere considerato limitante per le opere di urbanizzazione: di conseguenza solo il 16,4% del bacino dell'Arno rientra nella fascia di pendenza fortemente limitante per le attività umane. Nel considerare questo dato si tengano presenti i ben noti limiti dei modelli altimetrici nel descrivere le aree poco estese ad alta pendenza.

⁹ L'individuazione nelle classi di pendenza proposte, si basa sulla suddivisione della popolazione di valori di pendenza del bacino dell'Arno, individuati nel dem a maglia di 20 metri opportunamente approssimato ad interi, in 9 quantili, utilizzando la funzione 'Quantile' dello Spatial Analyst. Questo tipo di funzione sembrava la più adatta per la tipologia di curva di distribuzione delle pendenze (Figura 15). I valori limite sono poi stati approssimati ai valori previsti dal dcr 95\84.

¹⁰ Eseguendo il medesimo tipo di analisi sul dtm a 100m di maglia della Regione Toscana, la superficie con pendenza minore del 3% risulta pari al 23% del bacino. La differenza, piuttosto macroscopica, è da imputarsi all'obliterazione, nei modelli altimetrici a maglia larga, delle aree a bassa pendenza poco estese o a perimetro molto 'frastagliato'.

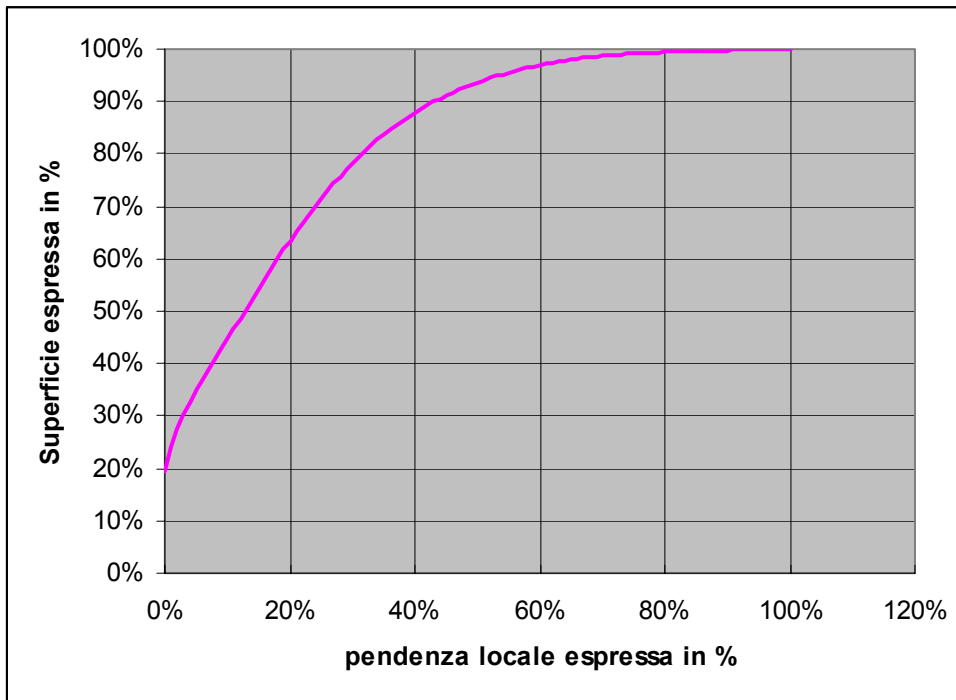


Figura 15: Distribuzione dei valori di pendenza per numero di pixel (20mx20m) in un modello altimetrico del terreno del bacino dell'Arno

Volendo abbozzare un'analisi della distribuzione delle quote in funzione delle classi di pendenza (Figura 16 e Figura 17)¹¹ si deve in primo luogo notare la notevole, e ovvia, dispersione del valore di quota all'interno di ogni classe di pendenza. questo è particolarmente vero per la classe <1%. Non di meno si può registrare qualche indicazione sommaria: le superfici piane (pendenza < 1%) hanno il picco principale di distribuzione, nonché i valori di quota mediana e modali, vicini a quella del mare. La distribuzione delle quote è però spiccatamente bimodale, con il picco secondario in corrispondenza dei 250 metri: il dato fotografa la distribuzione delle pianure alluvionali nel Valdarno inferiore e medio e risente in misura sensibile sia delle aree pianeggianti della Val di Chiana, la cui quota è sempre superiore ai 200 metri, che dei fondovalle in conche intermontane.

Le superfici a debolissima pendenza (1-3 %) hanno una distribuzione dei valori di quota analoga al caso precedente ma con andamento opposto. Il picco principale, in questo caso, è in corrispondenza del valore di quota 274 (che è appunto il valore modale) mentre il picco secondario cade intorno ai 100 metri di quota; per questa fascia di pendenza oltre all'influenza dei fondovalle alluvionali delle conche intermontane si aggiungono i valori delle numerose aree pianeggianti, o sub-pianeggianti, di diversa origine che si rilevano sulla sommità o sui fianchi di numerosi rilievi.

Le aree con pendenza sino al 35% presentano un valore mediano che rappresenta bene quote *collinari*, ma il confronto dei valori indica una sensibile divergenza della distribuzione delle quote a seconda della fascia di pendenza considerata, anche se si può notare che superando il limite del 15% la curva passa da un profilo bimodale ad uno più piatto e regolare. Le pendenze maggiori hanno una popolazione di valori di quota la cui mediana e la moda sono relativamente alte, la curva di distribuzione è

¹¹L'analisi è stata effettuata intersecando il GRID dei valori di quota espressi come interi (quindi con 1655 possibili valori) con il GRID delle pendenze espresse in classi: la popolazione minima per ogni classe di pendenza è superiore a 1,7 milioni di campioni.

comunque molto *piatta*, con un numero di pixel già notevole a quote poco superiori ai 75-100 metri e con una lunga coda verso le quote maggiori. Ciò è in accordo con la realtà fisiografica del bacino nel quale aree a forte pendenza si registrano sia nelle aree montane che in molte zone collinari, anche prossime al mare, o dei versanti di raccordo con i rilievi maggiori.

Figura 16: Valore mediano, modale e media delle quote nelle diverse classi di pendenza e coefficiente di variazione del valore di quota per ogni classe di pendenza

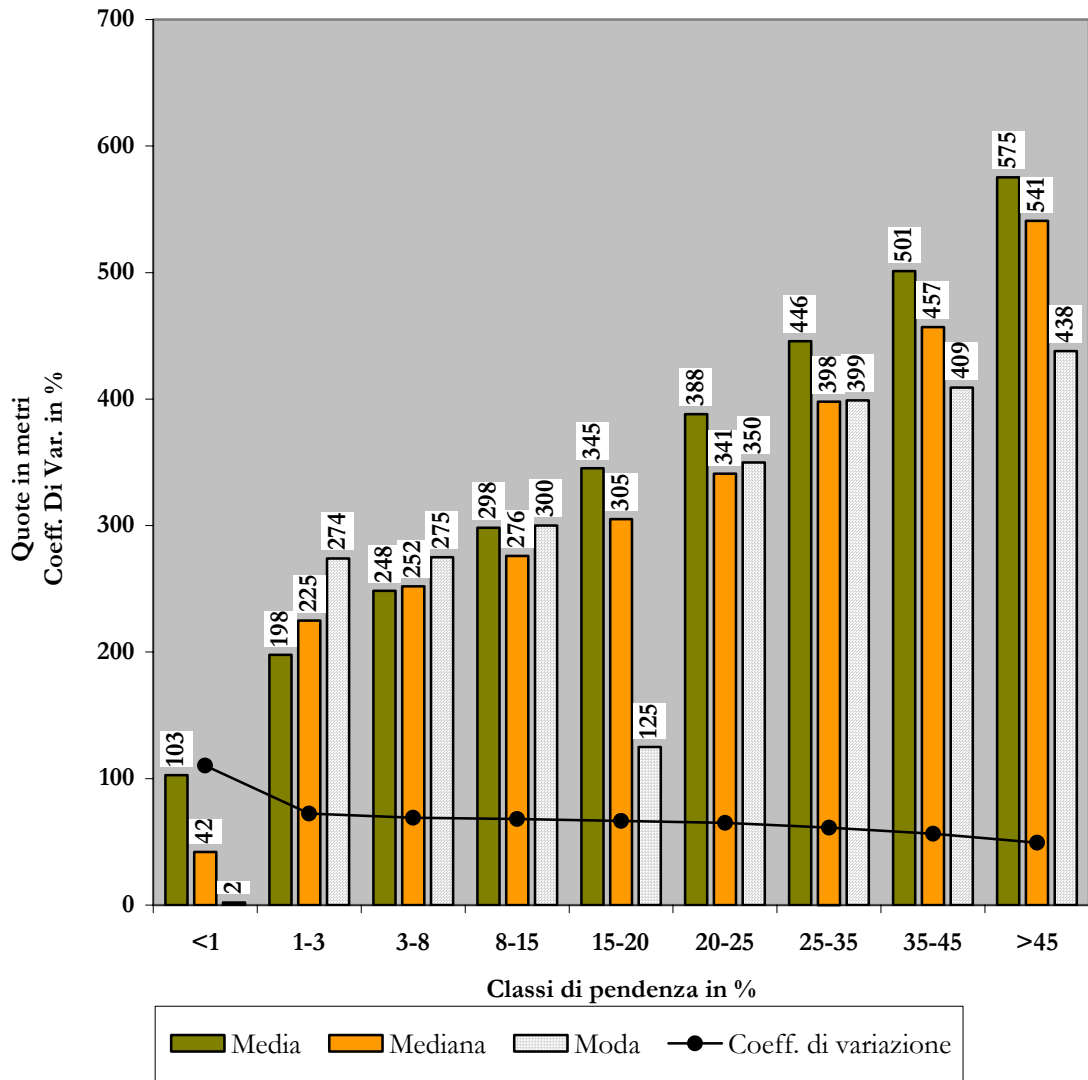


Figura 17: Distribuzione delle medie mobili su 40 dei valori di quota per le diverse classi di pendenza considerate; in ascissa il valore di quota in metri, in ordinata il numero di pixel (20x20metri) espresso in migliaia.

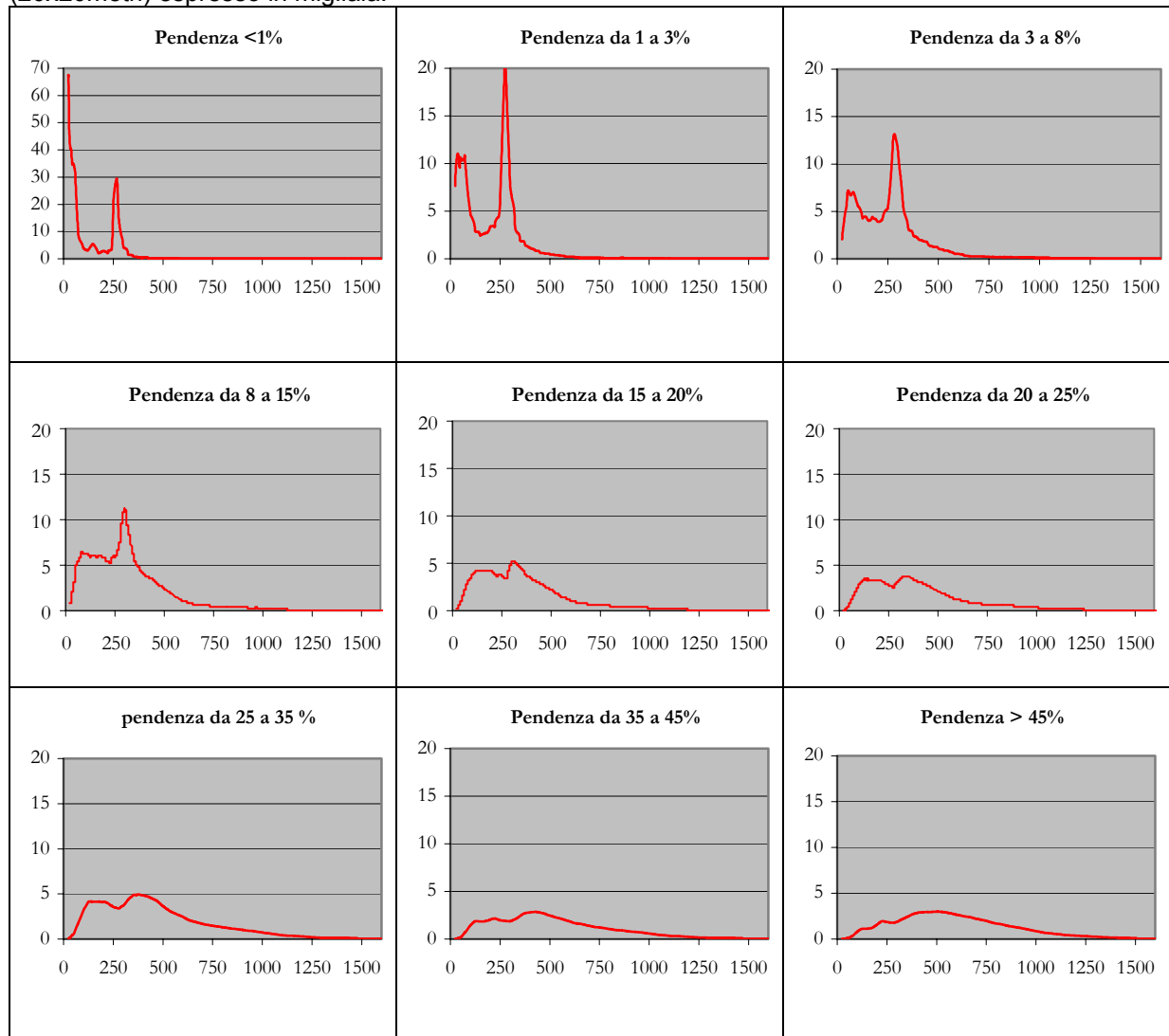
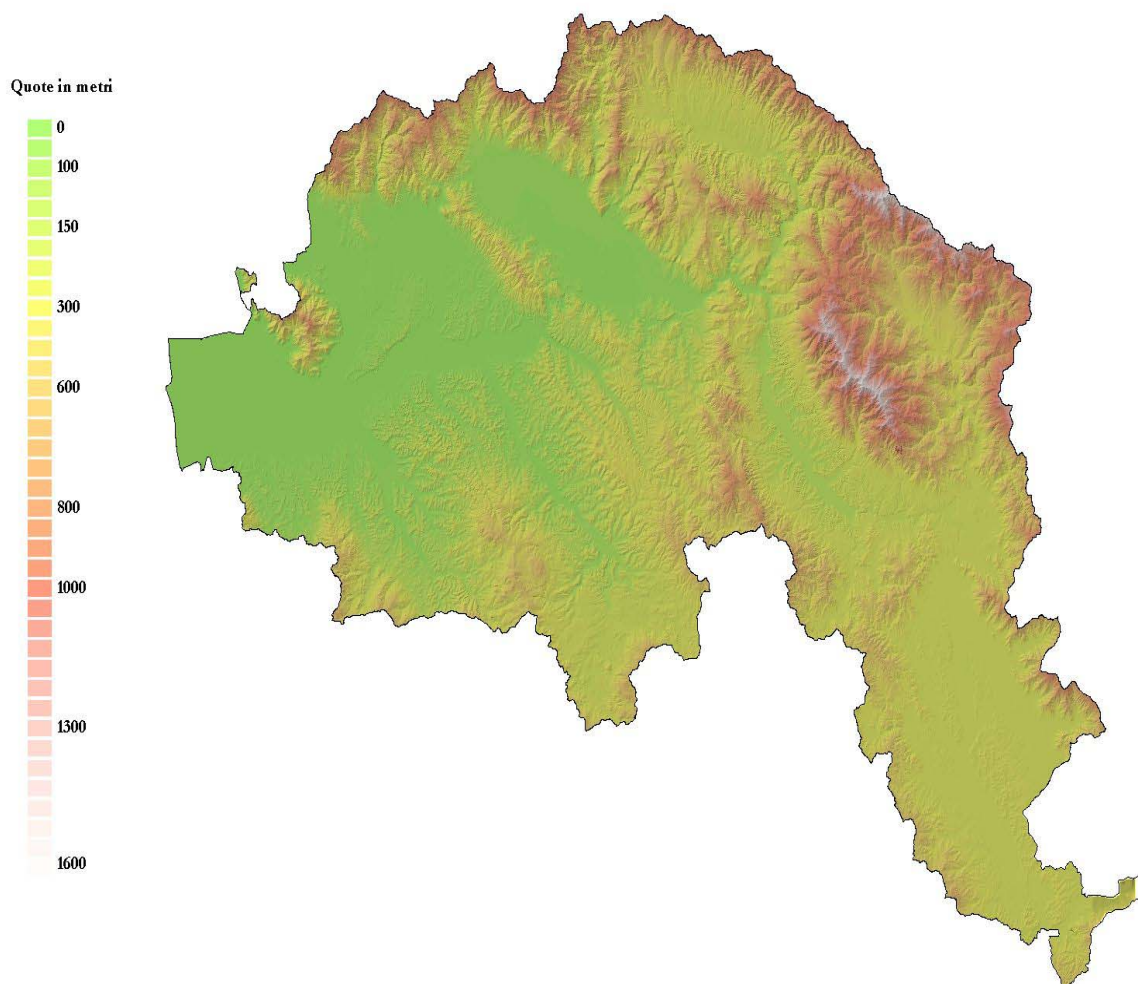
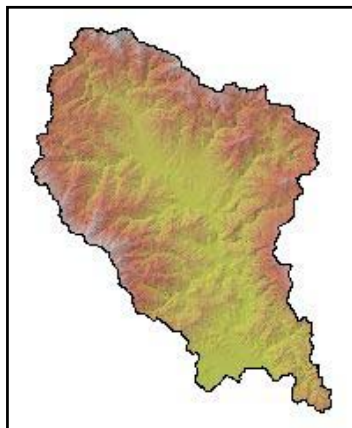


Figura 18: Vista del bacino dell'Arno per fasce altimetriche su sfondo ombreggiato, si individuano facilmente i principali bacini e le principali dorsali con la loro disposizione appenninica NO-SE.



Dopo avere individuato alcuni caratteri fisiografici dell'intero bacino dell'Arno, o più correttamente morfometrici, è possibile discriminare per ogni singolo sottobacino principale alcuni tratti fisiografici caratteristici.



Il Casentino è un bacino delimitato da due alte dorsali: la dorsale principale dell'Appennino, ad est, e quella di cui fa parte il Pratomagno ad ovest. Di conseguenza il territorio è prevalentemente montuoso con tratti collinari solo al raccordo con l'area del fondovalle in cui si concentrano i territori pianeggianti. Notevole l'estensione di terreni a forte pendenza: quelli che ricadono nella classe >15% coprono più di 3/4 del territorio e i territori pianeggianti, o subpianeggianti, sono appena il 7,4 % dell'intera superficie. Le maggiori vette del Bacino dell'Arno cadono sullo spartiacque di questo sottobacino e, in accordo con la breve analisi dei rapporti quote\pendenze sopra esposta, la percentuale di terreni scoscesi (pendenza >35%) è abbondante (~30 della superficie). Si noti infine la diffusione delle pendenze comprese tra il 20 e il 35% (ca 1/3 del territorio) fisiograficamente svantaggiose per l'insediamento umano ma non tali da impedire nel passato la diffusione delle pratiche agricole e pastorali.

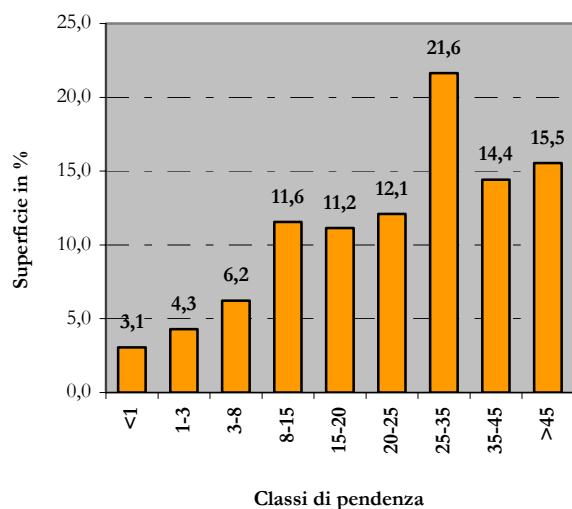


Figura 19: % del territorio del Casentino per classi di pendenza

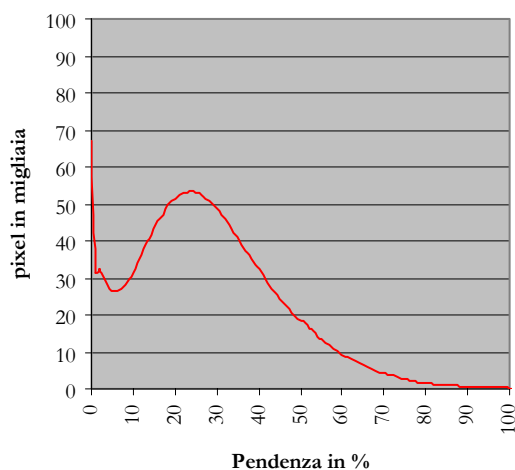
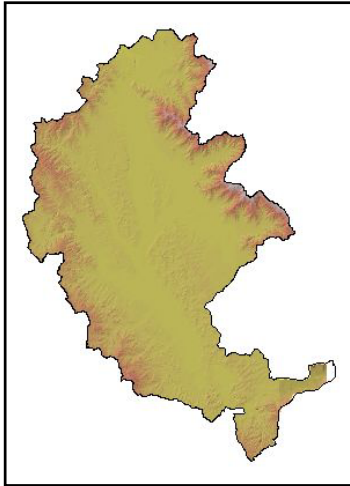


Figura 20: Distribuzione del numero di pixel per valori di pendenza nel grid di maglia 20x20m del Casentino



La Val di Chiana si differenzia nettamente dai bacini affluenti e confluenti poichè la storia tettonica distensiva e la natura litologica dei sedimenti ha determinato la formazione di una vasta zona prevalentemente pianeggiante o sub-pianeggiante (46% del bacino e una notevole quota di aree piane) con modeste ondulazioni collinari. Solo ai margini orientali ed occidentali del bacino le pendenze mostrano sensibili aumenti; i dislivelli con il bacino del Lago Trasimeno sono invece estremamente modesti. La quota di base del bacino si può individuare intorno ai 220m della confluenza della Chiana nel corso inciso dell'Arno, anche se la quota media del fondovalle alluvionale è di ca 250 m s.l.m. . La distribuzione delle pendenze fotografa esattamente la fisiografia del territorio, con una progressiva diminuzione delle superfici

all'aumentare dei valori di pendenza.

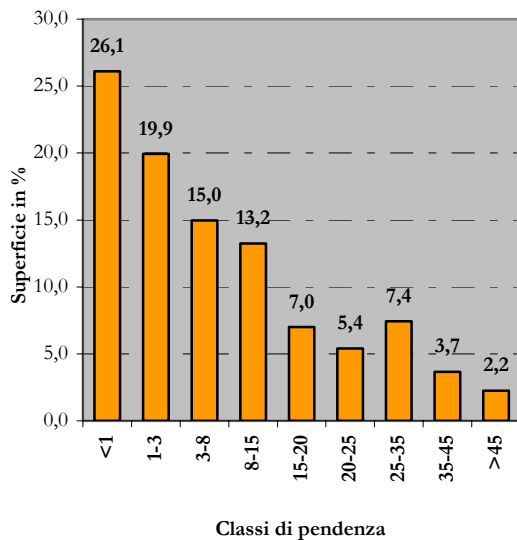


Figura 21: % del territorio della Val di Chiana per classi di pendenza

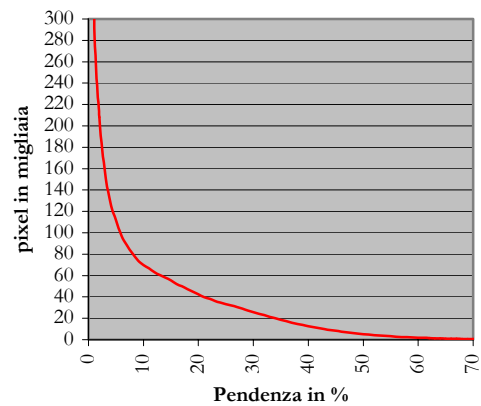
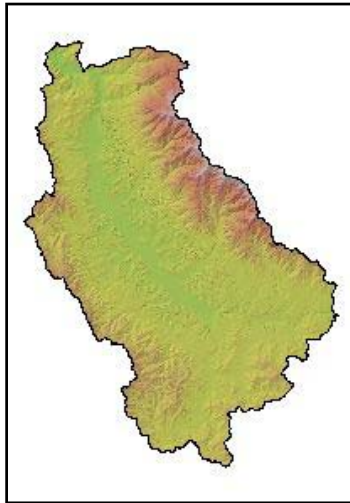


Figura 22: Distribuzione del numero di pixel per valori di pendenza nel grid di maglia 20x20m della Val di Chiana



Il Valdarno Superiore, bacino parallelo al Casentino, presenta una estesa area depressa che ha consentito la formazione di una lunga e relativamente ampia pianura di fondovalle. L'azione morfodinamica dell'Arno sui depositi fluvio-lacustri e la conformazione fisiografica dei rilievi ha creato le condizioni per un ambiente peculiare, caratterizzato dalla relativamente limitata estensione del fondovalle vero e proprio e dalla estesa presenza di aree pianeggianti e sub-pianeggianti ai fianchi dei rilievi (Figura 25) in generale riconoscibili come superfici terrazzate di origine fluvio-lacustre. Spesso il raccordo tra queste superfici e gli alti rilievi del Pratomagno, con passaggi ad aree fortemente in pendenza?? pendenti, è piuttosto netto. Relativamente morbido, invece, il passaggio ai più modesti rilievi occidentali del Chianti.

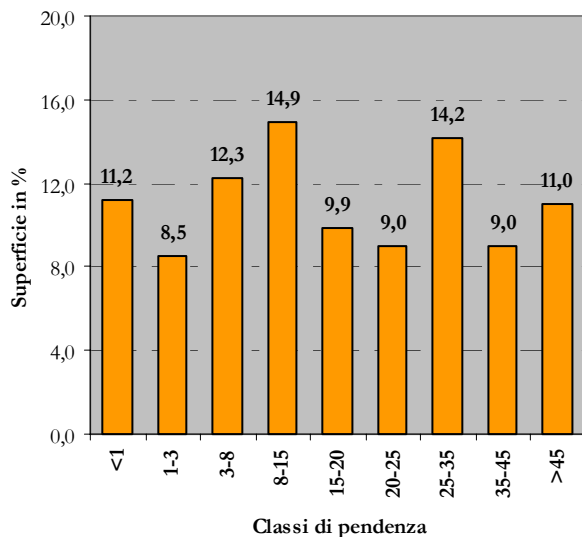


Figura 23: % del territorio del Valdarno Superiore per classi di pendenza

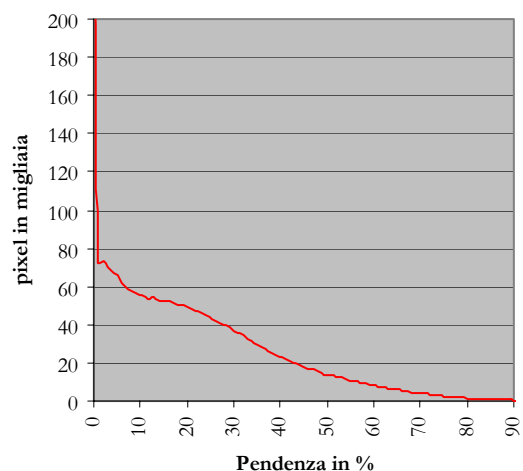


Figura 24: Distribuzione del numero di pixel per valori di pendenza nel grid di maglia 20x20m del Valdarno superiore

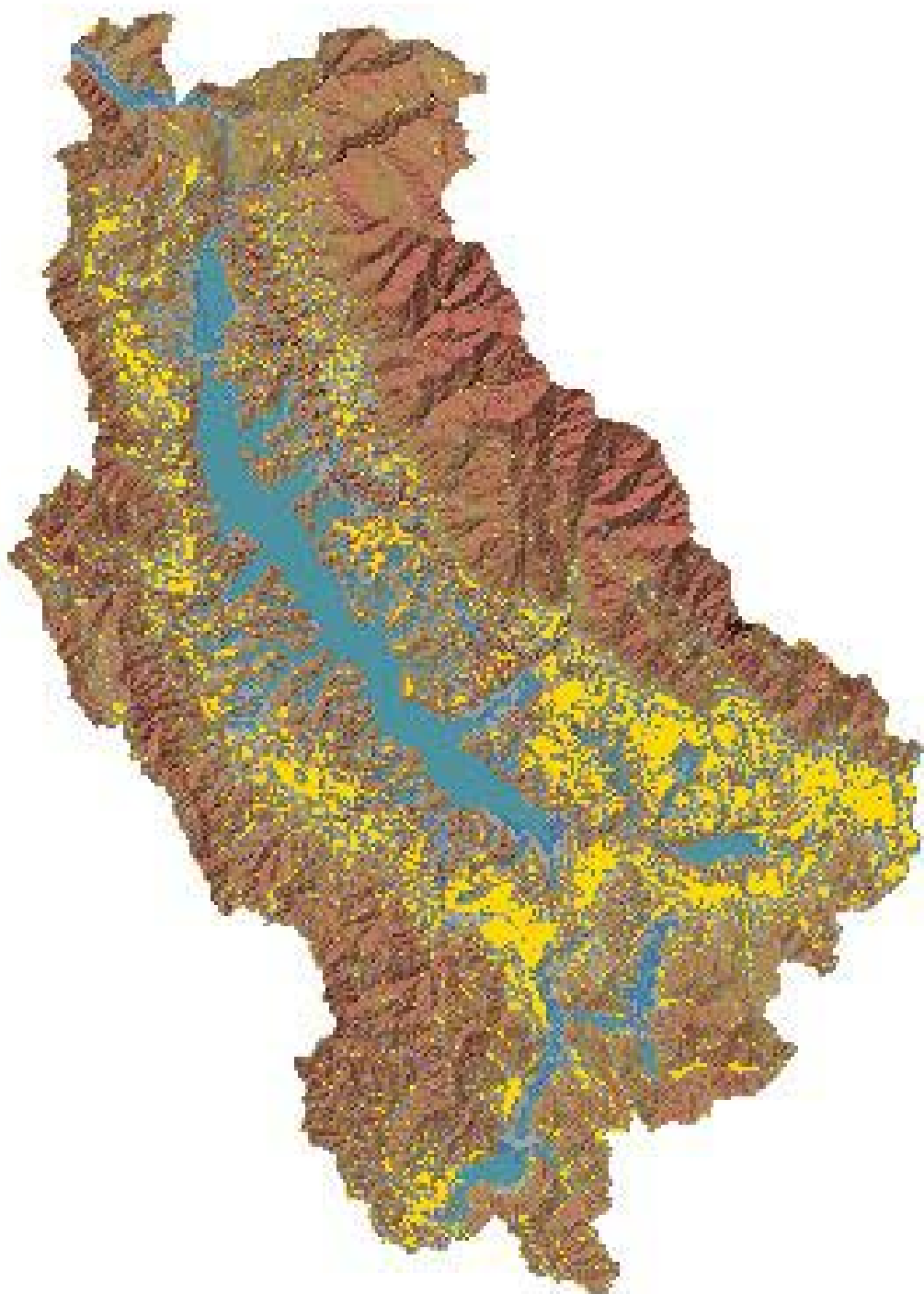
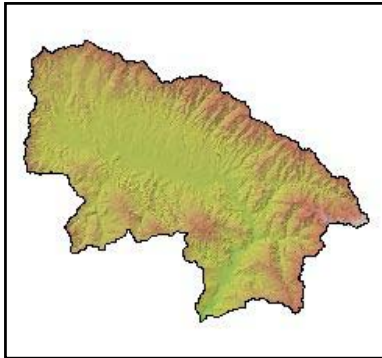


Figura 25: Vista con sfondo ombreggiato del GRID delle pendenze relativo al Valdarno superiore, le tonalità blu indicano i pixel con pendenze $\leq 3\%$, sovrapposte ad essi, in colore giallo, sono riportate le aree che, in prima approssimazione, risultano poste su alti morfologici



Il bacino della Sieve si presenta come una ampia area depressa delimitata da alte e ripide dorsali che, inoltre, la chiudono nettamente sia a monte che a valle: ui la Sieve incide la dorsale stessa per confluire in Arno. Nell'ampia depressione l'evoluzione geologica quaternaria ha determinato una notevole accumulazione di depositi fluvio-laustri e colluviali, con la successiva evoluzione geomorfologica, si sono formati estesi pianalti, superfici terrazzate incise e conoidi a debole pendenza al raccordo tra il fondovalle e i rilievi appenninici. In accordo con questo quadro le pendenze proprie dei fondovalle alluvionali sono relativamente poco diffuse (~4%) mentre raggiungono quasi il 15%, del territorio, le pendenze comprese tra 1 e 8%. Un terzo del territorio presenta pendenze superiori al 35 % e queste si rilevano sia in corrispondenza delle parti più rilevate delle dorsali sia lungo le profonde incisioni che le solcano. Sono comunque i territori a pendenze 'collinari' (8-35%) quelli più diffusi (ca 47%) con un picco di estensione tra i valori del 10 e il 20%.

proprie dei fondovalle alluvionali sono relativamente poco diffuse (~4%) mentre raggiungono quasi il 15%, del territorio, le pendenze comprese tra 1 e 8%. Un terzo del territorio presenta pendenze superiori al 35 % e queste si rilevano sia in corrispondenza delle parti più rilevate delle dorsali sia lungo le profonde incisioni che le solcano. Sono comunque i territori a pendenze 'collinari' (8-35%) quelli più diffusi (ca 47%) con un picco di estensione tra i valori del 10 e il 20%.

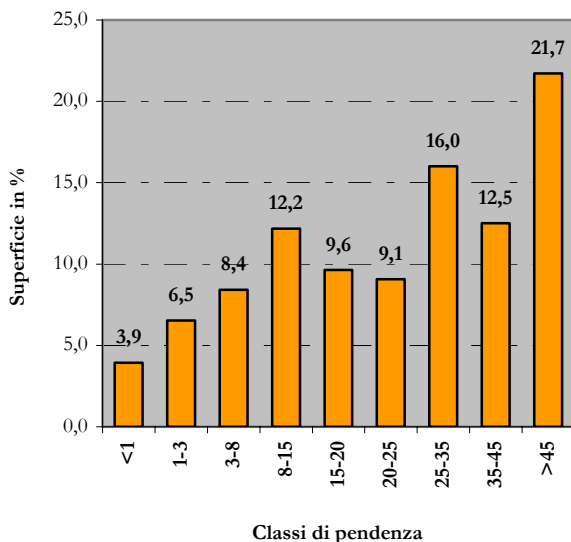


Figura 26: % del territorio della Val di Sieve per classi di pendenza

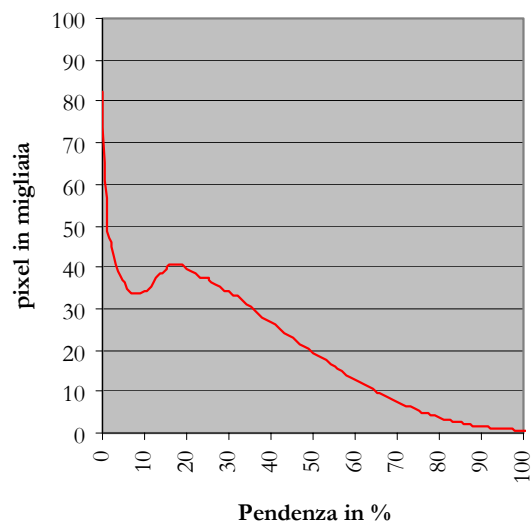
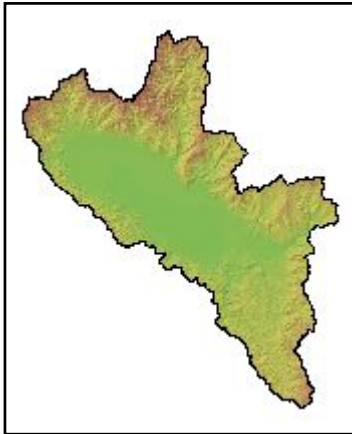


Figura 27: Distribuzione del numero di pixel per valori di pendenza nel grid di maglia 20x20m della Val di Sieve



Il Valdarno Medio si origina a valle di Pontassieve e idrograficamente comprende i sottobacini del Bisenzio e dell'Ombrone in destra, della Greve (con il suo importante tributario Ema) in sinistra. La natura fisiografica e geomorfologica dei bacini Ombrone\Bisenzio rispetto a quello della Greve è per molti aspetti notevolmente diversa tanto che talvolta si ritiene utile individuare un sistema Greve\Pesa. La confluenza Arno-Ombrone determina la chiusura del bacino. Il Bacino è geologicamente un'ampia depressione tettonica, la deposizione fluvio-lacustre ha riempito questa depressione con depositi anche molto potenti (sino a 550m) in una situazione geomorfologica favorevole all'accumulo tuttora attiva. Da qui la notevole estensione della pianura alluvionale e delle grandi conoidi debolmente inclinate, che si riflette nella distribuzione dei valori di pendenza. Il raccordo della piana con i fianchi delle dorsali non è uniforme e si presenta generalmente netto ad eccezione della parte sud-orientale del bacino nei dintorni di Firenze e nel bacino della Greve. I rilievi collinari a ridosso della dorsale del Monte Albano e nel Bacino della Greve hanno, probabilmente, notevole peso sull'uniforme distribuzione delle pendenze tra il 3 e il 35%. La notevole presenza di superfici a forte pendenza ha, invece, un picco nell'alto bacino del Bisenzio e nelle strette valli dei torrenti in destra d'Arno.

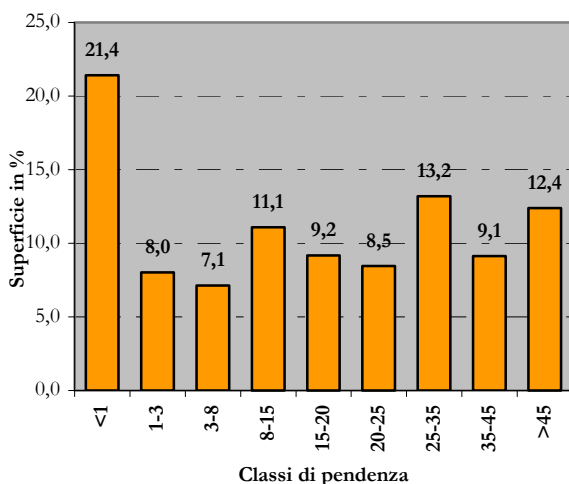


Figura 28: % del territorio del Valdarno Medio per classi di pendenza

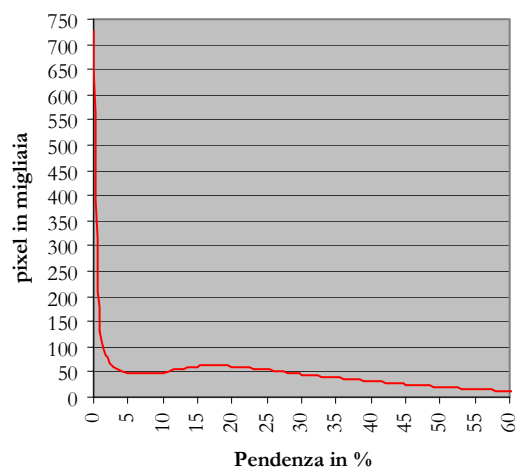
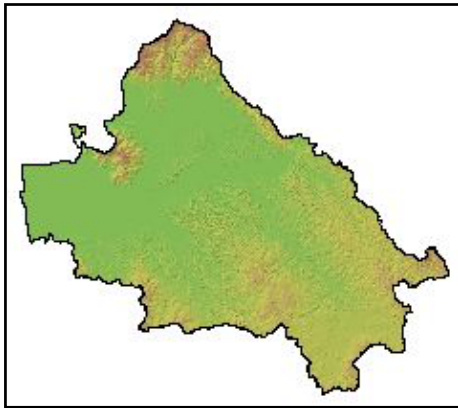


Figura 29: Distribuzione del numero di pixel per valori di pendenza nel territorio del Valdarno Medio



Il Valdarno Inferiore occupa la vasta area del bacino dell'Arno a valle dorsale Monte Albano - Monti del Chianti. E' formato da ampi sottobacini separati tra loro da bassi rilievi collinari, nella parte distale prossima al mare la pianura alluvionale si raccorda con una ampia piana costiera.

La notevole variabilità degli ambienti si riflette sugli aspetti fisiografici e morfometrici, dai quali però risulta chiaro il forte peso delle aree pianeggianti e la relativa scarsità delle aree a forte pendenza. Quest'ultime, inoltre, si rilevano

spesso a quote relativamente basse, in corrispondenza di scarpate e rotture di pendenza legate a particolari situazioni geomorfologiche: come ad esempio le 'balze' del pliocene di Volterra, o i ripidi versanti di alcune aree geologicamente peculiari (Monti Pisani, altipiani di travertino dell'alta Val d'Elsa). Oltre alle ampie aree delle pianure alluvionali e costiere, superfici pianeggianti e subpianeggianti di diversa estensione si ritrovano diffusamente su alti morfologici e non è raro riconoscere ampie superfici sommitali di raccordo o veri e propri altopiani. Sono comunque le aree collinari, e i caratteri fisiografici ad esse legate, a caratterizzare il bacino: il 52,4% del territorio ha una pendenza compresa tra il 3 e il 35% e ben il 35,2 % è compreso nell'intervallo 3-20%. Meno del 10% della superficie ha limitazioni di pendenza tali da ostacolare seriamente le attività umane, mentre ben il 63,6% del territorio rientra in valori di pendenza che si possono considerare ottimali o scarsamente limitanti.

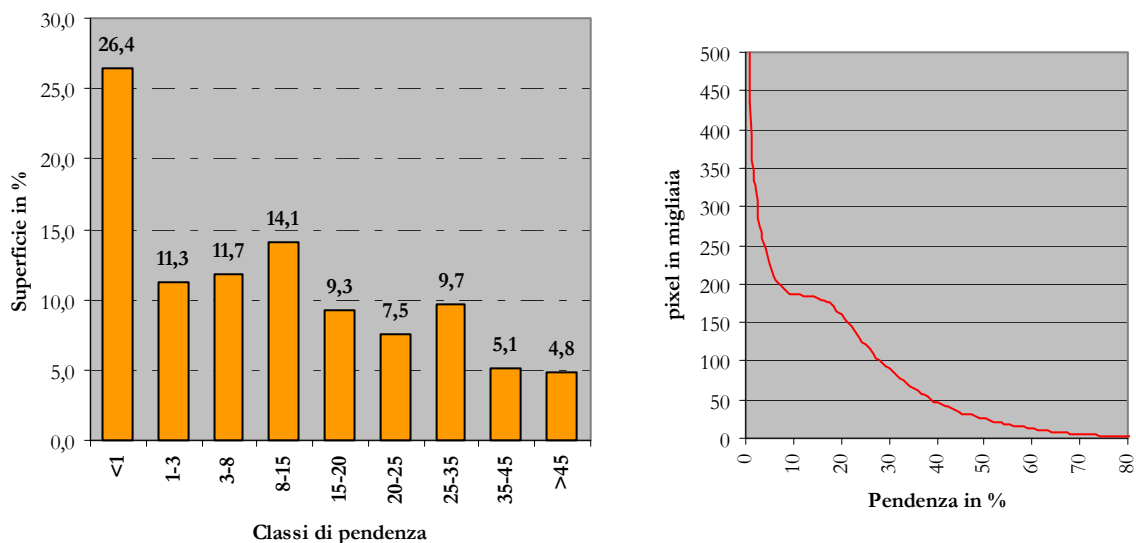


Figura 30: % del territorio del Valdarno Inferiore per classi di pendenza

Idrografia

L'ASTA PRINCIPALE

L'Arno nasce dalla sorgente di Capo d'Arno (1358 m) alle falde del Monte Falterona (1654 m) e sfocia nel Mar Tirreno a Bocca d'Arno dopo ca 241 km. La pendenza media del suo corso è del 5,6‰, tale valore è, ovviamente, meno che indicativo in quanto la pendenza varia dal 140‰ dei primi 5 km dalla sorgente, sino allo 0,43‰ degli ultimi 82 km di percorso dalla stretta della Gonfolina alla foce (cioè ca 40 cm di dislivello ogni mille metri). Esaminando il profilo di massima del corso dell'Arno (Figura 31)¹² si può notare l'andamento regolare e concavo della curva, molto ripido per il primo tratto, con un netto punto di flesso al 25° chilometro dalla sorgente (più o meno all'altezza di Poppi) successivamente al quale si può distinguere, con larga approssimazione, due tratti a diversi valori di pendenza media: il primo sino a Firenze di pendenza pari al 2,5‰ e il successivo sino alla foce con pendenza media dello 0,4‰.

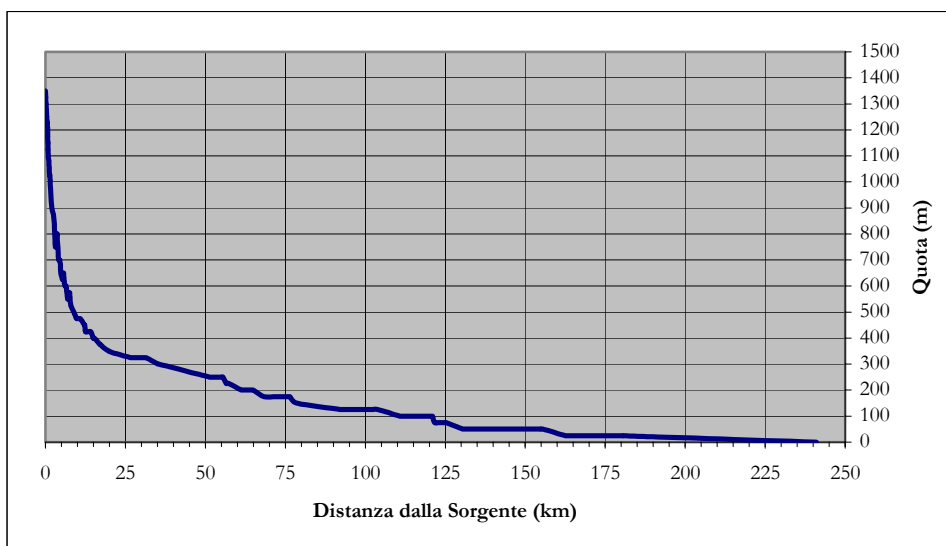


Figura 31: Profilo altimetrico approssimativo del corso del fiume Arno dalla Sorgente alla Foce

GLI AFFLUENTI

Considerando il reticolo idrografico principale degli affluenti dell'Arno e dei loro tributari¹³, ad esclusione quindi del così detto 'reticolo minore', si conta una lunghezza complessiva di 3280 km ca di aste fluviali pari ad una densità del reticolo idrografico

¹² Il profilo è stato calcolato automaticamente utilizzando due strati informativi indipendenti tra loro (asta del fiume Arno vettoriale e dtm del bacino a celle di 20 m di lato) il risultato risulta afflitto da numerosi punti di errore, da ciò l'aggettivo 'approssimativo'.

¹³ I dati sono stati ricavati dallo strato informativo del reticolo idrografico disponibile presso l'Autorità di Bacino, denominato 'Arnocl', la cui scala di riferimento è 1:25.000.

'principale' dell'intero bacino di 360 metri per kmq di territorio (0,36 km\kmq). Se si fa riferimento ai bacini dei principali affluenti (Tabella 6, Figura 32) si notano solo alcune differenze significative

Tabella 6: Densità del reticolo idrografico principale per i maggiori bacini idrografici dell'Arno

Bacini	Area [km ²]	Lunghezza reticolo principale [km]	Densità [km ⁻¹]
Bisenzio	308,0	109,9	0,36
Casentino	877,4	296,4	0,34
Chiana	1370,6	601,3	0,44
Egola	114,3	45,4	0,40
Elsa	865,1	273,6	0,32
Era	595,5	203,7	0,34
Greve	290,4	94,7	0,33
Minori	590,3	140,3	0,24
Mugnone	71,7	22,8	0,32
Ombrone pistoiese	484,3	194,3	0,40
Orme	56,4	23,4	0,42
Padule bentina	308,6	52,7	0,17
Padule fuecchio	489,7	185,3	0,38
Pesa	336,2	103,4	0,31
Sieve	837,9	319,4	0,38
Valdarno superiore	1018,5	390,2	0,38
Arno (bacino l. 183\89)	9130	3280	0,36

Un dato chiaramente individuabile è legato ai bacini in destra del Valdarno Inferiore, in particolare padule di Bientina e bacino del Minori, che forniscono valori in sintonia con le caratteristiche idrauliche del territorio: è anzi probabile che i loro valori di densità sarebbero stati ancora più modesti in assenza di consistenti opere di canalizzazione delle acque 'basse'.

Figura 32: Reticolo principale e limiti di bacino idrografico per il Bacino dell'Arno



Volendo invece abbozzare una analisi di massima del reticolo idrografico sino ai rami di ordine inferiore dello stesso sono state applicate al modello altimetrico del terreno, con maglia di 20 m, alcune funzioni di analisi su GRID¹⁴: esse hanno permesso di determinare i segmenti di impluvio ad una scala di riferimento approssimativa 1:25.000 per le aree esterne ai fondovalle principali e alle pianure¹⁵.

Lo sviluppo totale del reticolo così determinato è pari a circa 23.460 km per una densità media di 2,97 km\kmq. La densità relativa ai principali sottobacini dell'Arno varia in misura molto limitata (il coefficiente di variazione è inferiore al 5%) e, come evidenziato in Tabella n. 7, non risultano differenze degne di nota.

Tabella n. 7: Lunghezza e densità del reticolo idrografico delle aree collinari e montane dei principali sottobacini dell'Arno¹⁵

Bacini	Area (kmq)	Lunghezza reticolo (km)	densità (km\kmq)
BISENZIO	263	791	3,00
CASENTINO	873	2.728	3,13
CHIANA	1.145	3.314	2,89
EGOLA	112	325	2,90
ELSA	862	2.497	2,90
ERA	572	1.679	2,94
FIUME MORTO	24	66	2,75
GREVE	281	796	2,84
MINORI	276	807	2,93
MUGNONE	61	192	3,13
OMBRONE PISTOIESE	333	1.043	3,14
ORME	50	134	2,71
PADULE BIENTINA	212	639	3,01
PADULE FUCECCHIO	362	1.094	3,02
PESA	336	938	2,79
SIEVE	838	2.529	3,02
VALDARNO SUPERIORE	971	2.922	3,01
Totale Arno	7.903	23.462	2,97

¹⁴Sono stati utilizzati gli algoritmi disponibili con i software Arc-Info® e Spatial Analyst® per ArcView®, alla cui documentazione si rimanda per i particolari ad essi relativi. Questo tipo di analisi è stata fatta in attesa dello strato informativo adeguato che è in corso di redazione da parte del SIT della Regione Toscana e di cui è in studio la estensione alla parte umbra del bacino.

¹⁵ Il DEM disponibile presenta errori di quota, nonché dimensione dei pixel, eccessivi per ritenere utilizzabili i dati sul reticolo relativi alle aree di pianura e ai fondovalle più ampi: per questo motivo sono stati esclusi i dati delle aree con pendenza minore del 1% e compresi nei sistemi di paesaggio delle pianure alluvionali, pianure costiere e conche intermontane così come definiti al paragrafo relativo. Un primo controllo di massima ha dato indicazioni di una buona corrispondenza tra il risultato dell'elaborazione GRID ed il reticolo definibile sulla cartografia 1:25.000 dell'IGM. Ciò è in accordo con la natura stessa del DEM utilizzato in quanto, una delle sue basi dati è lo strato delle isoipse della cartografia citata.

Considerando bacini arealmente più ristretti, tentando quindi di affinare la scala di analisi per mettere in rilievo le differenze, le cose cambiano solo lievemente (Figura 33) infatti relativamente ai bacini considerati il coefficiente di variazione del valore di densità arriva solo all'8%.

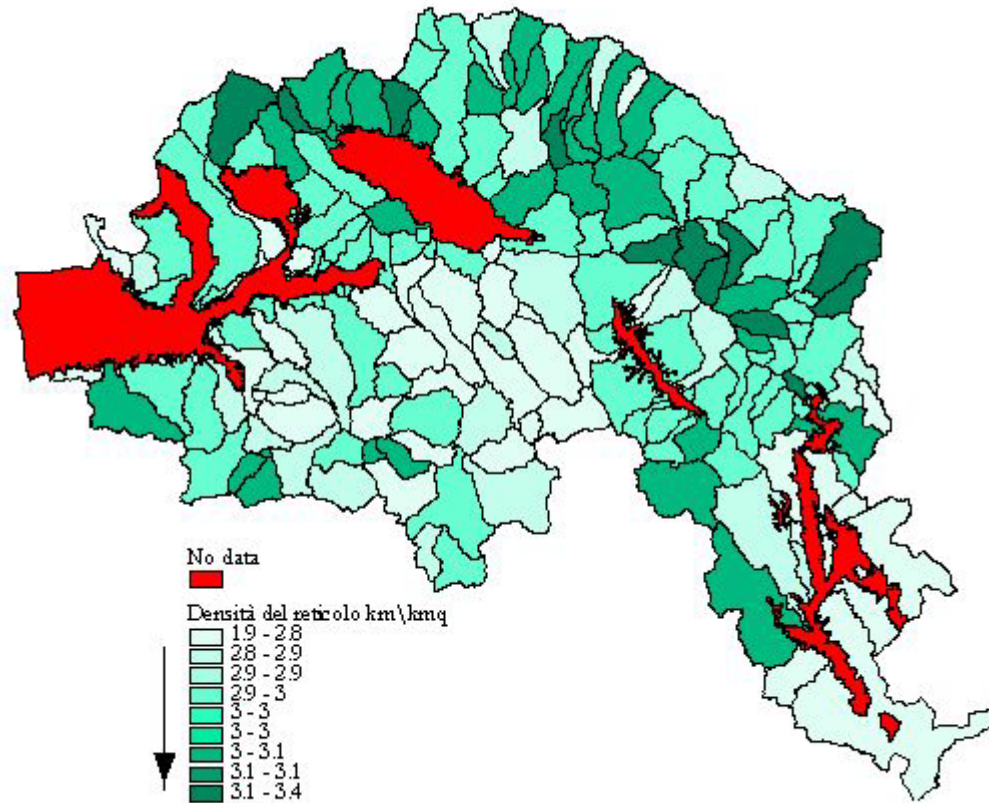


Figura 33: Densità del reticolo idrografico per i sottobacini del bacino dell'Arno

Lineamenti di idrogeologia

INTRODUZIONE

Per il periodo 1960-1991 il deflusso medio annuo alla stazione di misura delle portate di S. Giovanni alla Vena, che sottende un bacino di 8203 Km² e si trova a circa 37 Km dalla foce (ma a valle di questa stazione l'Arno non ha più affluenti) è di 81,62 m³/s pari a 2574 milioni di m³ l'anno. In pratica esiste un contributo specifico di 0,31 m³ l'anno per Km² di bacino.

Questa risorsa idrica teoricamente elevata potrebbe soddisfare tutte le richieste potabili, agricole e industriali. Lo sfruttamento di questa risorsa potenziale è però ostacolato dalla combinazione di due fattori: da un lato le precipitazioni sono scarse nel periodo estivo, proprio quando maggiore è la domanda. Dall'altro la prevalenza nel bacino di rocce a bassa permeabilità non consente l'immagazzinamento nel sottosuolo di una parte consistente degli afflussi meteorici.

Le rocce che affiorano nel bacino, peraltro, sono state classificate per permeabilità relativa¹⁶ e possono essere così suddivise in riferimento all'intero territorio:

rocce a permeabilità bassa :	20,2%
rocce a permeabilità media:	49,8%
rocce a permeabilità medio-alta:	20,2%
rocce a permeabilità alta:	9,8%

Considerando i singoli sottobacini i valori percentuali possono fornire indicazioni maggiormente discriminanti (Tabella n. 8). e Ad esempio si può constatare la buona percentuale di litotipi giudicati a permeabilità alta o medio-alta nel Valdarno mediodove, infatti, si registra la presenza di importanti acquiferi.

Tabella n. 8: Distribuzione percentuale delle classi di permeabilità relativa per sottobacini

Bacino	alta	medio-alta	media	bassa
Casentino	6,5	4,5	74,8	14,2
Chiana	3,3	27,1	46,6	22,8
Sieve	10,0	2,4	71,3	16,3
Valdarno inferiore	9,8	26,0	42,1	22,2
Valdarno medio	16,7	27,2	35,5	20,6
Valdarno Superiore	12,3	8,5	61,6	17,6

L'infiltrazione efficace (cioè l'acqua che si filtra nel sottosuolo ed alimenta le falde acquifere) nelle rocce arenacee che affiorano estesamente sulle dorsali che delimitano il bacino, litotipi che hanno una permeabilità relativa media e coprono quasi il 50% del bacino, è stata calcolata (Pranzini, 1992) in meno del 5% delle precipitazioni. Solo nelle formazioni in cui prevalgono le rocce carbonatiche carsificate l'infiltrazione efficace raggiunge, e può superare, il 50% delle precipitazioni: queste formazioni, però, sono poco diffuse nel bacino dell'Arno (ad esempio la formazione del 'Calcere

¹⁶ Questa classificazione introdotta dal Prof. A. Puccinelli, Univ. Studi di Pisa, per conto dell'Autorità Bacino dell'Arno, è basata sullo strato informativo 'geologia' derivato dalla Carta Geologica d'Italia 1:100.000.

Cavernoso'). Nei sedimenti pliocenici l'infiltrazione efficace è da considerarsi trascurabile salvo limitati quantitativi che interessano le falde superficiali.

I terreni più permeabili sono quelli delle pianure alluvionali anche se, in molte aree, le ghiaie e le sabbie acquifere sono coperte da alcuni metri di limo argilloso di bassa permeabilità. Neppure dai depositi alluvionali delle pianure l'Arno ed i suoi affluenti ricevono alimentazione consistente: questi acquiferi, al contrario, sono normalmente alimentati dagli stessi corsi d'acqua dato che la superficie di falda è depressa rispetto agli alvei, generalmente, per effetto degli attingimenti.

La bassa portata della grande maggioranza delle sorgenti è una conferma della scarsa permeabilità media delle rocce del bacino. Vediamo infatti che, delle sorgenti che hanno una portata media superiore a 50 l/s, una sola (la Vene degli Onci) appartiene al bacino dell'Arno; mentre nel bacino del Serchio, che è nettamente più piccolo, ce ne sono 10. Nella Tabella n.7 sono riportati i dati caratteristici di queste sorgenti.

Tabella n.9: Sorgenti dei bacini dell'Arno con portata media superiore a 50 l/s

No	Denominazione e/o località	Quota	Portata ♦ l/s	Classificazione idrogeologica	Roccia serbatoio
1	Pollone di Magnano	560	50÷100	Sbarramento	Calcere massiccio
2	S.te di Aiarone	540	250	Emergenza	Arenaria macigno
3	La Pollaccia	540	400	Emergenza	Calcere selcifero
4	S.ti del Rio Fontanone	750	≅60	Trabocco	Calcere nummulitico
5	Polla dei Gangheri	270	≅250	Scarico	Calcere massiccio
6	S.ti dell' Eremo	450	>100	Scarico	Calcere maiolica
7	S.te La Chiesaccia	622	≅150	Trabocco	Calcere cavernoso
8	S.te Battiferro	510	50÷100	Trabocco	Calcere cavernoso
9	Balzo della Vergine	290	≅50	Emergenza	Calcere cavernoso
10	Il Fiumicello	63	250	Alveare	Calcere alberese - Calcere selcifero
11	Vene degli Onci	230	960	Emergenza	Calcere cavernoso

♦ Stima delle portate medie, ottenute in genere con dati poco attendibili e/o insufficienti.

La conseguenza di questa situazione è la bassa portata dell'Arno nel periodo asciutto: a S. Giovanni alla Vena, a monte di Pisa, la portata estiva scende frequentemente al di sotto di 5 m³/s.

CARATTERISTICHE DEGLI ACQUIFERI

Nonostante la prevalenza di rocce a bassa permeabilità nel bacino dell'Arno, le acque sotterranee costituiscono la risorsa più importante e più utilizzata per i diversi usi. I pozzi, ed in parte assai minore le sorgenti, oltre a fornire più del 80% dell'acqua per gli usi agricoli ed industriali rappresentano la risorsa principale per la maggior parte degli acquedotti civili: tra le principali città solo Firenze ed Arezzo utilizzano, in prevalenza, acqua di superficie. Il bacino è caratterizzato da una grande varietà di rocce per cui, il territorio, risulta suddiviso in unità idrogeologiche con caratteristiche di permeabilità

assai diverse. Generalmente gli affioramenti delle rocce permeabili sono poco estesi, per questo abbiamo degli acquiferi frammentati e separati da rocce poco permeabili, e salvo alcune eccezioni contengono risorse idriche singolarmente non elevate ma complessivamente consistenti.

Possiamo dividere gli acquiferi in due categorie principali: acquiferi permeabili per porosità e permeabili per fratturazione.

ACQUIFERI PERMEABILI PER POROSITÀ

A questa categoria appartengono i sedimenti granulari non consolidati che vanno dalle sabbie alle ghiaie e ai ciottoli. Hanno una elevata porosità primaria (formatasi insieme al sedimento come spazio intergranulare) e quindi possono immagazzinare buone percentuali d'acqua, sino al 40% del volume; la loro permeabilità aumenta con le dimensioni dei granuli. Si tratta di sedimenti marini o continentali (fluviolacustri e fluviali) che hanno un'età dal Miocene all'Attuale. Gli acquiferi più importanti, di questa categoria, sono i depositi alluvionali recenti distribuiti dall'Arno e dai suoi affluenti nel Pleistocene Superiore - Olocene. Questi acquiferi sono presenti, anche con spessori di varie decine di metri, nelle pianure dei bacini intermontani ed in quelle costiere ma se ne trovano anche in corrispondenza delle valli minori, sia pure in strisce sottili e di spessore limitato. Sono costituiti da ghiaie e sabbie la cui permeabilità varia in funzione della percentuale di limo e argilla.

I sedimenti alluvionali sono in genere ben alimentati, sia dall'infiltrazione delle acque di pioggia sia dagli alvei fluviali; in qualche caso usufruiscono anche della ricarica laterale e profonda delle rocce incassanti. Ciò rappresenta un elemento importante in quanto la buona alimentazione consente di compensare l'acqua estratta dai pozzi; a condizione che i pompaggi non superino la ricarica media annuale. Si deve osservare che in generale le ghiaie e le sabbie affiorano solo nei conoidi fluviali, ovvero nelle zone in cui i corsi d'acqua sboccano nelle pianure e/o nella parte alta delle loro valli, mentre nella maggior parte delle pianure gli acquiferi sono coperti da qualche metro di limo argilloso o sabbioso che corrisponde al materiale sedimentato a seguito degli eventi alluvionali. Pertanto la litologia affiorante, di solito a bassa permeabilità, non deve essere considerata rappresentativa dell'intero spessore delle alluvioni.

Nelle pianure alluvionali si trovano le falde idriche più importanti e quindi più sfruttate. Ciò dipende da vari fattori: oltre alla buona permeabilità dei sedimenti alluvionali sono fattori importanti la produttività delle falde idriche e la loro facile captazione con pozzi generalmente poco profondi ed ubicati nelle zone stesse di utilizzazione.

Alla stessa categoria di rocce permeabili per porosità appartengono i sedimenti marini del Pliocene (sabbie e conglomerati) e quelli fluviolacustri dei bacini intermontani. Questi depositi hanno generalmente una permeabilità minore, rispetto a quella dei sedimenti alluvionali, in quanto contengono generalmente una consistente frazione fine (limo ed argilla). Inoltre questi sedimenti presentano spesso una continuità spaziale minore, che impedisce la formazione di falde estese e consistenti; inoltre, in alcuni casi ed in particolare per i depositi marini del Pliocene, l'acqua non è di buona qualità per la presenza di cloruri e solfati. Questi acquiferi minori sono sfruttati localmente per i diversi usi compreso l'uso potabile; anche alcuni acquedotti di piccoli nuclei abitati utilizzano l'acqua di pozzi perforati in questi depositi.

ACQUIFERI PERMEABILI PER FRATTURE

Una seconda categoria di acquiferi è quella delle rocce consolidate, solitamente di età anteriore al Miocene, nelle quali l'acqua circola in corrispondenza di una rete di discontinuità formata successivamente al consolidamento della roccia: in genere si tratta di fratture originate dai movimenti tettonici o da processi di alterazione. Nel caso

delle rocce carbonatiche può divenire importante la rete dei canali carsici che si forma in seguito alla corrosione della roccia stessa da parte delle acque circolanti.

Le formazioni geologiche permeabili per fratturazione possono essere riunite in tre gruppi sulla base della diversa permeabilità media e della importanza delle falde che contengono. Gli acquiferi migliori sono le formazioni carbonatiche mesozoiche, purtroppo poco rappresentate nel bacino dell'Arno. Si tratta di rocce calcaree o dolomitiche, senza interstrati argillosi o marnosi, nelle quali la carsificazione ha prodotto talvolta una rete di canali di grandi dimensioni (anche grotte esplorabili) in cui l'acqua si muove con velocità dello stesso ordine di grandezza di quella della rete idrica superficiale. In Val d'Elsa è il Calcarea cavernoso che ha una elevata permeabilità e che contiene notevoli quantità di acqua; tuttavia l'elevata durezza e il tenore in solfati la rendono inadatta all'uso potabile salvo adatti processi di addolcimento o mescolamento con acqua meno dura, quale quella delle sorgenti del Monte Amiata, come viene fatto per esempio all'acquedotto di Siena. Il Calcarea cavernoso del Monte Maggio e del Poggio del Comune, nell'alta valle dell'Elsa, è la roccia serbatoio dell'acqua che emerge alle Vene degli Onci (portata media di $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$). Anche se la sorgente è ubicata in corrispondenza delle sabbie del Pliocene il suo chimismo a solfato di calcio e magnesio indica che l'acqua risale, attraverso una faglia, dal substrato di Calcarea cavernoso.

Acquiferi per frattura di minore importanza sono alcune formazioni arenacee della Successione Toscana, in particolare il Macigno di età Oligocene-Miocene: alcuni pozzi perforati nel Pratomagno, sul versante del Valdarno Superiore, nel Monte Albano fra Carmignano e Serravalle Pistoiese, hanno fornito portate fino a 15 litri al secondo.

Di minore importanza, rispetto agli acquiferi carbonatici mesozoici, sono anche quelli delle formazioni calcareo-marnose delle Unità Liguri quali la Formazione di Monte Morello che affiora abbastanza estesamente nei dintorni di Firenze: nelle zone con poche marne ed argilliti, ed in corrispondenza delle faglie e fratture, i pozzi possono dare portate di qualche litro al secondo.

Gli acquiferi nei mezzi fessurati sono meno utilizzati di quelli alluvionali per una serie di motivi tra i quali, la localizzazione meno comoda (aree collinari o montane spesso lontane dalle aree di maggiore richiesta), la difficoltà di ubicazione dei pozzi (contrariamente a quanto avviene nei depositi alluvionali, nelle rocce permeabili per fratture ci sono notevoli differenze di portata in pozzi anche vicini, in conseguenza della notevole anisotropia delle rocce acquifere), e il fatto che qualche volta l'acqua presenta qualità chimiche scadenti.

In conclusione le falde idriche delle pianure alluvionali rappresentano la risorsa idrica di sottosuolo di gran lunga più importante nel bacino dell'Arno; ma è anche quella più sfruttata e più esposta all'inquinamento, sia per la elevata vulnerabilità intrinseca (le falde sono in genere a piccola profondità, scarsamente protette dal terreno sovrastante) che per la presenza diffusa di fonti di inquinamento potenziale. Le pianure alluvionali del bacino dell'Arno sono ormai delle aree urbanizzate quasi senza soluzione di continuità: conseguentemente alcune falde soffrono di sovrasfruttamento, con problemi di approvvigionamento idrico nei periodi di siccità, e molte presentano ormai un inquinamento diffuso.

Per avere un quadro, seppur sintetico, più completo dei lineamenti idrogeologici del bacino e delle caratteristiche dei suoi acquiferi si accenna agli acquiferi montani e si riporta una breve descrizione riferita ai sottobacini per gli acquiferi di pianura.

GLI ACQUIFERI MONTANI

Lo sfruttamento delle falde idriche contenute negli acquiferi montani e collinari avviene principalmente con la captazione delle sorgenti, mentre i pozzi sono pochi e forniscono

solo una piccola parte dell'acqua utilizzata. Per alcune aree si dispone di misure delle portate delle sorgenti abbastanza complete da fornire il totale delle emergenze. In particolare sono state misurate/-calcolate le portate totali delle sorgenti delle seguenti unità geografico-geologiche.

1. I Monti della Calvana (Formazione di Monte Morello) (Cicali e Pranzini, 1987);
2. Il versante meridionale del Pratomagno (Arenarie del Pratomagno) (Pranzini, 1992);
3. I Monti Pistoiesi (divisi in tre parti, corrispondenti alle aree di affioramento del Macigno, delle Arenarie di M.Modino, Arenarie del M.Cervarola) (Pranzini, 1992);
4. I Bacini montani del Pescia di Pescia, del Pescia di Collodi e della Nievole (Bucci, 1993).

Nella Tabella che segue riportiamo solo la risorsa idrica sotterranea delle aree montane studiate, che corrisponde alla portata complessiva delle sorgenti, per avere un'idea delle risorse in gioco.

Zona	Formazione geologica	Area [Km ²]	Risorsa idrica milioni di m ³
Monti della Calvana	F.ne di M. Morello	62.49	3.90
Pratomagno	Arenarie del M. Falterona	168.46	3.05
Monti Pistoiesi	Macigno	34.15	0.77
Monti Pistoiesi	Arenarie di M. Modino	18.25	0.59
Monti Pistoiesi	Arenarie di M. Cervarola	215.25	3.29
Bacino della Pescia di Pescia	Macigno prevalentemente	79.80	1.06
Bacino della Pescia di Collodi	Macigno prevalentemente	34.30	1.18
Bacino della Nievole	Macigno e Arenarie di M. Modino	41.30	0.76

Si fa osservare che la portata complessiva delle sorgenti non corrisponde all'infiltrazione efficace, ma solo a quella parte che riemerge, in forma concentrata e misurabile, alle sorgenti propriamente dette. Gran parte dell'acqua d'infiltrazione torna in superficie in forma diffusa, non misurabile, oppure in maniera occulta nell'alveo dei corsi d'acqua: si tratta, pertanto, di una risorsa non utilizzabile direttamente ma solo dopo che è confluita nel reticolo idrografico. Per i calcari dei Monti della Calvana è stato calcolato che quest'acqua è circa due volte quella delle sorgenti, per cui il totale della risorsa annua rinnovabile è di 12,9 milioni di m³.

Anche in assenza di bilanci precisi, come quello calcolato per i Monti della Calvana, possiamo dire che il bilancio idrico è positivo per tutti questi acquiferi montani nel senso che i volumi sfruttati non superano la ricarica media stagionale.

GLI AQUIFERI DI PIANURA

IL CASENTINO

I depositi fluvio-lacustri e quelli alluvionali recenti contengono una falda idrica di tipo freatico, ovvero la tavola d'acqua si trova in corrispondenza delle stesse ghiaie acquifere.

I pozzi sono generalmente poco profondi: difficilmente superano i 20 m, in relazione al fatto che in profondità prevalgono i sedimenti impermeabili (argille e limi).

Una ricostruzione piezometrica eseguita nel settembre 1994 (Tarchi, 1998) dimostra che la superficie freatica nei depositi alluvionali si trova ad una quota superiore a quella dei corsi d'acqua e, quindi, le acque di sottosuolo fluiscono verso i corsi stessi. Questa situazione suggerisce che non ci siano situazioni di sovrasfruttamento della falda.

LA VALDICHIANA

Le falde rappresentano una fonte di approvvigionamento importante, non solo per le attività agricole e zootecniche, ma anche per l'uso potabile: infatti molti dei centri abitati minori hanno acquedotti riforniti da pozzi perforati in loro prossimità; inoltre sono ancora molte le zone prive di acquedotto pubblico e nelle quali l'acqua dei pozzi domestici è utilizzata anche per uso potabile.

La situazione idrogeologica del bacino è piuttosto complessa. Nei depositi alluvionali recenti e in quelli fluvio-lacustri quaternari si trova una falda freatica di scarsa produttività, per la bassa permeabilità dei terreni, che si accentua nel periodo estivo in relazione all'aumento dei consumi e alla riduzione dell'alimentazione. Altre falde, di tipo confinato, si trovano a varia profondità nelle sabbie plioceniche.

Spesso i pozzi attingono da più falde senza che si conosca il contributo di ciascuna e, in questa situazione, è quasi impossibile redigere un bilancio valido.

Mentre la falda freatica non risulta in abbassamento (Scortecci, 1997; Adessi, 1998) l'alta densità di pozzi privati nelle zone più abitate ha portato ad un progressivo abbassamento del livello piezometrico degli acquiferi confinati. Peraltro, la mancanza di studi specifici, impedisce di segnalare le situazioni locali di sovrasfruttamento.

In Valdichiana, in sintesi, sembra esistere una situazione di squilibrio fra i prelievi di acque sotterranee e la ricarica media annua, almeno per quanto riguarda gli acquiferi confinati che rappresentano la risorsa idrica sotterranea più importante. Alla riduzione delle risorse potabili del comprensorio si aggiunge l'esteso inquinamento delle falde (nitrati, cloruri, solfati, ammoniaca, ferro e manganese) tanto che l'Ente di gestione dell'Ambito Territoriale Ottimale competente vorrebbe utilizzare una consistente parte dell'acqua derivata dall'invaso di Montedoglio per alimentare alcuni acquedotti della valle.

VALDARNO SUPERIORE

La falda idrica contenuta nei depositi alluvionali del fondovalle costituisce la principale risorsa idrica del Valdarno Superiore. I depositi alluvionali formano una striscia della larghezza media di 1,5 km e sono costituiti nella maggior parte da ciottoli, ghiaie e sabbie, con poche lenti di limo; lo spessore massimo è di 15 m (Francalanci e al., 1988; Gabbani e al., 1989).

I sedimenti alluvionali hanno una permeabilità medio-alta (10^{-3} - 10^{-4} m/s) ed i pozzi possono fornire 15 l/s, ed anche più, nelle zone di maggiore trasmissività: queste corrispondono ai paleoalvei collegati con l'alveo attuale del fiume.

La superficie della falda freatica si trova fra 2 e 8 m dal piano di campagna. L'Arno drena la falda in alcuni tratti mentre, in altri, è il fiume che alimenta la falda depressa dagli emungimenti. In alcune zone i rapporti Arno-falda cambiano nel corso dell'anno come conseguenza degli emungimenti concentrati nel periodo estivo-autunnale.

La falda è sfruttata da numerosi pozzi in maggioranza per uso agricolo o domestico ma anche pozzi industriali.

Finora non è stato redatto alcun bilancio idrologico dell'acquifero alluvionale del Valdarno Superiore. Sappiamo però, che nel periodo della maggiore richiesta idrica, la portata dei pozzi a servizio degli acquedotti pubblici si riduce notevolmente tanto da creare problemi di approvvigionamento. Ciò dipende in parte dalla scarsa riserva idrica di sottosuolo che si riduce nel periodo estivo (la falda registra una escursione stagionale media di quasi 2 m) ma anche dal fatto che gli emungimenti privati sono spesso in concorrenza con quelli per gli acquedotti comunali: una serie di pozzi privati, infatti, intercetta a monte il flusso di falda che alimenta alcuni campi pozzi degli acquedotti pubblici.

Per concludere, nella pianura del Valdarno Superiore, si individuano situazioni di sfruttamento intensivo della falda che hanno creato depressioni permanenti della superficie freatica. Tuttavia ciò non dovrebbe causare una progressiva riduzione delle riserve idriche, sia perché l'abbassamento del livello di falda porta automaticamente alla riduzione dei pompaggi, sia perché la ricarica stagionale e le infiltrazioni nel subalveo dell'Arno garantiscono la ricarica dell'acquifero nel periodo delle piogge.

In sostanza, le situazioni localizzate di sovrasfruttamento causano una riduzione della risorsa idrica degli acquedotti pubblici nel periodo estivo, senza però implicare uno sfruttamento "minerario" delle riserve.

MUGELLO

Finora non è stato tentato un bilancio idrico dell'acquifero alluvionale. Dalla situazione geologica possiamo dire che la riserva permanente non è elevata, per il fatto che le ghiaie hanno uno spessore inferiore ai 10-15 metri, e che la ricarica avviene soprattutto dall'infiltrazione nell'alveo della Sieve e dei suoi affluenti. Questo rende la falda strettamente dipendente dal regime pluviometrico, e dei deflussi, con notevole riduzione delle riserve nel periodo estivo. Tuttavia, come nel Valdarno Superiore, la buona ricarica stagionale dell'acquifero alluvionale dovrebbe impedire l'esaurimento della risorsa.

IL MEDIO VALDARNO

La pianura di Firenze-Prato-Pistoia rappresenta l'evoluzione di un bacino lacustre, nel quale si sono accumulati fino a 600 m di sedimenti. Gli acquiferi principali corrispondono ai depositi alluvionali recenti dell'Arno nella pianura di Firenze, nonché ai paleoconoidi del Bisenzio (a Prato) e dell'Ombrone (a Pistoia).

LA FALDA DI FIRENZE

L'acquifero è rappresentato dalle ghiaie alluvionali dell'Arno che raggiungono uno spessore di 20 m nel centro di Firenze e alle Cascine. La zona più produttiva è quella adiacente all'Arno, sia per la buona permeabilità delle ghiaie sia perché i pozzi usufruiscono della ricarica indotta dalla depressione conseguente l'emungimento: in questa situazione si trovano i pozzi dell'acquedotto fiorentino (Anconella, le Cascine e Mantignano) che fornivano anche 20 l/s ciascuno e che ora sono stati abbandonati soprattutto per l'inquinamento da solventi clorurati, nitriti e nitrati.

La registrazione del livello nei pozzi dell'Osservatorio Freatimetrico di Firenze mostra, oltre alle variazioni stagionali, delle pronunciate escursioni pluriennali (Capecchi e al., 1975) che sono ben correlate con l'entità delle precipitazioni.

Per effetto del mancato pompaggio dei pozzi comunali, che si è aggiunto al progressivo abbandono dei pozzi privati, varie zone della città registrano negli ultimi anni un rialzo del livello medio di falda.

La falda presente nel sottosuolo della città sembra mostrare in questi ultimi anni, in sintesi un saldo attivo fra la ricarica e le estrazioni d'acqua. Almeno in certe zone, per evitare un ulteriore innalzamento del livello freatico che può creare problemi di umidità o anche allagamento dei locali interrati, sarebbe opportuna una ripresa degli emungimenti: l'acqua potrebbe essere adibita agli usi per i quali non è richiesta la potabilità (innaffiamento dei giardini, lavaggio delle strade ed altro ancora). Nella zona ad ovest di Firenze, fra l'Osmannoro, Sesto Fiorentino e Calenzano, si registra, al contrario, un progressivo abbassamento del livello piezometrico, relativo agli acquiferi confinati presenti nella successione fluviolacustre, per effetto del pompaggio dei numerosi pozzi presenti nell'area industriale.

LA FALDA DI PRATO

La falda è la più importante fra quelle del Medio Valdarno: le ghiaie ed i ciottolami del conoide del Bisenzio raggiungono qui uno spessore massimo di 50 m e forniscono ai pozzi portate piuttosto sostenute. Anche al di sotto del corpo acquifero principale, fino alla profondità di oltre 300 m, sono presenti livelli di ghiaie con falde in pressione.

La registrazione dei livelli idrici indica un progressivo impoverimento della falda a partire dagli anni '60 (Fig. da inserire) tanto che si è formato un profondo ed ampio cono di depressione della superficie piezometrica. Abbiamo quindi una chiara situazione di

sovrasfruttamento dell'acquifero che ha portato ad una riduzione, notevole, delle riserve permanenti.

Per la falda di Prato è stato redatto un bilancio idrologico per l'anno 1988 (Landini e Pranzini, 1991) piuttosto attendibile in quanto il termine di solito più incerto, quello dei pompaggi privati (in questo caso soprattutto da parte delle industrie della lana) non deriva dalle denunce o da valutazioni ma è stato calcolato in base al volume di acqua trattato dai due depuratori della città: Baciacavallo e Calice. I dati essenziali del bilancio, espressi in milioni di m³, sono i seguenti.

Entrate:

Infiltrazione da piogge	7,9
Infiltrazione nell'alveo del Bisenzio	18,2
Apporti dalle falde contigue	7,6
Infiltrazione da irrigazione	0,4
Infiltrazione da perdite delle fogne	3,9
Infiltrazione da perdite della rete acquedottistica	1,4
Totale entrate	39,4

Uscite:

Pompaggi da parte delle industrie	24,8
Pompaggi per acquedotto del Consiag	15,0
Pompaggi per usi privati	2,5
Totale uscite	42,3

Disavanzo dell'anno 1988 2,9

Il bilancio del 1988 coinvolgeva un volume d'acqua pari a circa la metà della riserva totale, stimata di 81 milioni di m³. E' evidente che, persistendo quel bilancio annuale, in qualche decennio la riserva sarebbe esaurita.

Lo stato di deperimento della falda ha costretto i suoi maggiori Utenti alla ricerca di soluzioni atte a migliorarne le condizioni. Mentre il Consiag ha incrementato i prelievi dai torrenti montani, potendo quindi ridurre gli attingimenti dal 97% degli anni '70 al 72% dei primi anni '90, per le industrie è in fase di realizzazione un acquedotto industriale che utilizzerà sia l'acqua trattata dal depuratore di Baciacavallo che quella derivata dal Fiume Bisenzio.

Inoltre è stato attuato un metodo di ricarica artificiale della falda consistente nella costruzione di traverse nell'alveo del Bisenzio: come si è visto, infatti, il bilancio idrogeologico aveva appurato che l'infiltrazione nell'alveo ghiaioso del fiume fornisce una percentuale importante dell'alimentazione della falda.

Nonostante questi interventi la falda ha registrato solo rialzi limitati e temporanei anche perché gli apporti meteorici, negli ultimi anni, sono stati inferiori alla media pluriennale.

In ogni caso appare opportuno non consentire la perforazioni di altri pozzi, se non ad uso acquedottistico: anche in assenza di un bilancio idrico aggiornato, possiamo in definitiva senz'altro ritenere che la falda di Prato sia sovrasfruttata e che ci siano le condizioni per definire prioritario l'uso delle acque per il consumo umano.

LA FALDA DELLA PIANURA DI PISTOIA

L'acquifero principale coincide con il conoide dell'Ombrone le cui ghiaie raggiungono uno spessore di 20-25 metri ma presentano frequenti, anche se sottili, intercalazioni di limi.

Nella pianura pistoiese sono numerosi anche i pozzi ad uso domestico ma la falda rappresenta la risorsa, quasi esclusiva, per l'attività ortovivaistica.

Le diverse ricostruzioni della superficie freatica effettuate nella pianura di Pistoia (Capecchi e Pranzini, 1986; Gargini e Pranzini, 1995; Capecchi e Pranzini, 1996) indicano che la tavola d'acqua si trova ovunque a piccola profondità (1-5 m).

Da un bilancio annuo di massima del sistema acquifero sotterraneo della pianura pistoiese (Capecchi e Pranzini, 1996) pur con le approssimazioni inevitabili nel calcolo dei vari parametri, emerge il dato che i prelievi dal sottosuolo (12,65 Mm³/anno) sono decisamente inferiori alla ricarica media (40,86 Mm³/anno). Questo trova conferma nella sostanziale stabilità della superficie freatica nella pianura, come risulta dal confronto delle misure eseguite nel 1975, nel 1992 e nel 1996.

Per concludere possiamo dire che lo stato di salute dell'acquifero pistoiese è buono e non si registrano tendenze all'abbassamento del livello medio della falda. Tuttavia il campo pozzi di Pontelungo soffre di crisi ricorrenti nel periodo estivo, in relazione alla scarsa consistenza delle riserve idriche permanenti, che non garantiscono il mantenimento della produzione.

IL VALDARNO INFERIORE

LA VAL DI PESA

Il fondovalle del torrente Pesa contiene un acquifero alluvionale di buona permeabilità (ghiaie con sabbia) ma di modesto spessore; ad esso localmente si aggiunge la presenza di una falda in pressione in alcuni profondi livelli ciottolosi del Pliocene marino.

I pozzi usufruiscono della ricarica indotta dai coni di depressione e pertanto la produttività dipende dalla portata del Pesa. In questa situazione le portate estive si riducono notevolmente, anche per la concorrenza di pozzi privati, soprattutto ad uso agricolo.

LA PIANURA DELL'ARNO FRA MONTELUPO E FUCECCHIO

I livelli produttivi si trovano sia nelle ghiaie alluvionali che nei ciottolami pliocenici: le prime sono sede di una falda semiconfinata, che nella ristretta area di confluenza in Arno può diventare anche freatica; i secondi danno sempre luogo a falde confinate, talora anche artesiane, ovvero fluenti al di sopra della superficie topografica.

La profondità dei pozzi che attingono dai livelli alluvionali è in media di 30 m, mentre quelli che sfruttano i livelli acquiferi del Pliocene hanno una profondità fino a 70-80 m.

Il quadro piezometrico attuale del tratto di pianura d'Arno tra Montelupo e Fucecchio (Fig. da inserire) è influenzato dai pompaggi in atto che sono in prevalenza destinati all'uso acquedottistico ed industriale. La geometria piezometrica originaria non è più riconoscibile, risultando modificata dai numerosi coni di depressione corrispondenti quasi sempre ai campi pozzi in esercizio.

LA VALDINIEVOLE

I depositi alluvionali recenti sono appoggiati sopra sedimenti fluvio-lacustri villafranchiani. Nella zona nord-occidentale della pianura è presente un orizzonte di ghiaie molto permeabili, deposte dai conoidi dei torrenti Pescia (di Pesciae di Collodi) e Nievole, provenienti dalle aree montagnose prospicienti la pianura (Pizzorne, Montagna Pistoiese, Monte Albano). Tali conoidi verso sud non superano all'incirca la linea dell'autostrada Firenze-Mare, oltre la quale si passa a sedimenti prevalentemente fini, fino a quelli palustri del Padule di Fucecchio. A varie profondità, nelle sabbie e ghiaie villafranchiane e in quelle marine plioceniche, sono presenti falde confinate.

Abbozzando un bilancio idrico approssimativo, anche con l'incertezza nella stima dei vari termini del bilancio e in particolare dell'infiltrazione, possiamo dire che a livello di bacino la ricarica media della falda ($35 \text{ Mm}^3/\text{anno}$) è molto maggiore dei prelievi ($8,38 \text{ Mm}^3/\text{anno}$). Il che non significa che non ci possano essere situazioni locali di squilibrio.

LA VAL D'ELSA

Per il bacino chiuso alla stazione idrometrica di Castelfiorentino (circa il 90% dell'intero bacino idrografico) è stato fatto un accurato bilancio delle acque sotterranee (Gala, 1999).

Le riserve regolatrici, calcolate con tre metodi diversi (vedi oar. 4.3.1), sono di 45,7 milioni di m^3/anno .

I prelievi di acqua assommano a $9,07 \text{ Mm}^3/\text{a}$, così divisi:

- $6,51 \text{ Mm}^3/\text{a}$ dai pozzi degli acquedotti pubblici, calcolati come differenza fra i prelievi e le perdite di rete (15%, che rappresentano un ritorno nel sottosuolo);
- $2,56 \text{ Mm}^3/\text{a}$ dai pozzi privati.

La differenza fra la ricarica media annuale e il prelievo risulta di $36,63 \text{ Mm}^3/\text{a}$ che alimentano l'Elsa come deflusso di base ed escono dal bacino. Se non consideriamo sfruttabili le acque termominerali delle due sorgenti principali, Vene degli Onci e Caldane, restano ancora disponibili $12,9 \text{ Mm}^3/\text{a}$ contro i $9,07 \text{ Mm}^3/\text{a}$ prelevati.

Al solito questo surplus della risorsa sotterranea a livello di bacino non impedisce che ci possano essere situazioni locali di sovrasfruttamento, peraltro non note.

LA PIANURA DELL'ARNO TRA FUCECCHIO E SANTA CROCE

A valle di Fucecchio la coltre alluvionale deposta del Fiume Arno raggiunge uno spessore di 80 m. I depositi alluvionali sono sede di un sistema acquifero costituito da alternanze di orizzonti ghiaiosi e sabbiosi di spessore variabile, separati da livelli impermeabili aventi una buona continuità laterale.

Il quadro piezometrico locale, pur risultando dalle misure eseguite in pozzi dove era stato interrotto il pompaggio, riflette una situazione dinamica indotta dai pompaggi in pozzi vicini. Possiamo, infatti, notare un profondo cono di depressione piezometrica con livelli fino ad oltre 40 m sotto la quota del mare.

Monitoraggi piezometrici attivi dal 1985 indicano la sostanziale stabilità dei livelli dinamici nel tempo: a dispetto della profonda depressione, quindi, sussiste un equilibrio fra le estrazioni globali annue e l'alimentazione.

LA PIANURA DI PISA

Nel sottosuolo della pianura pisana c'è un notevole spessore di sedimenti inconsolidati, fra i quali sono presenti vari intervalli acquiferi.

Oltre ad un primo acquifero poco profondo di scarsa produttività, in limi sabbiosi, troviamo due principali acquiferi confinati:

1. "Primo acquifero artesiani in sabbie";
2. "Primo acquifero artesiani in ghiaie".

L'acquifero in sabbie non è molto produttivo e l'acqua è, spesso, di cattiva qualità per eccesso di cloruri e ferro. L'acquifero in ghiaie si trova fra 40 e 150 m di profondità e contiene acqua di buona qualità salvo in prossimità del mare dove c'è un inizio di intrusione. Da queste ghiaie attingono acqua i pozzi dei diversi acquedotti pubblici.

Un ampio cono di depressione permanente della superficie piezometrica occupa buona parte della pianura pisana.

Un'altra zona di intenso sfruttamento delle acque sotterranee è quella di Vicarello dove ritroviamo il campo pozzi per l'acquedotto di Livorno.

L'andamento costiero

Il tratto del litorale prospiciente il bacino dell'Arno, tra la foce del Calambrone a sud e il Fiume Morto a nord, fa parte dal punto di vista geomorfologico di una unità fisiografica della lunghezza di 65 km; delimitata a nord dalla Punta Bianca, nei pressi della foce del Magra, e a sud dal porto di Livorno¹⁷. L'area litoranea in esame è sede di attività turistiche di rilievo, di un porto (Viareggio) e del Parco Naturale di Migliarino-San Rossore-Massaciuccoli.

Per inquadrare la conoscenza dei fenomeni legati all'andamento della linea di riva e dei problemi di erosione e di accumulo, legati alla dinamica costiera, è necessario fare riferimento a tutto il tratto di costa sotteso dall'unità fisiografica. La zona centrale del litorale suddetto, che si estende dalla foce del Fiume Serchio verso sud fin quasi all'estremo nord dell'abitato di Tirrenia, è stata investita da un intenso fenomeno erosivo dovuto sia a cause naturali che agli interventi umani. La costruzione dei moli alla foce, che si spingono fino a fondali di 5-6 m (con lo scopo di difendere la foce stessa dall'insabbiamento e assicurare quindi la navigabilità) ha per esempio fatto sì che gran parte del trasporto solido del corso d'acqua, costituito da limi e sabbie di granulometria molto fine, venga dispersa al largo dalla corrente fluviale, rendendola inefficace ai fini dell'equilibrio del litorale. Il fenomeno erosivo ha comunque avuto inizio con la scomparsa del delta fluviale, dovuta principalmente al fatto che questo si era formato in epoca recente e non rappresentava, perciò, il risultato dell'evoluzione del litorale.

La formazione del delta prese avvio nella prima metà del 1600 dopo il "taglio ferdinando" iniziato nel 1606, mediante il quale la foce dell'Arno veniva spostata verso nord di 1550 m. Questa importante opera idraulica diede luogo ad un maggior apporto di torbide al mare per l'aumento di pendenza del fiume nel suo tratto terminale ed alla rapida formazione del nuovo delta. L'avanzamento del delta continuò fino al 1850 con un avanzamento che, solo nel periodo 1785-1850, raggiunse i 325 m sul lobo sinistro e 250 m su quello destro. Assieme al delta avanzava, sia pure in minor misura, la linea di battigia di tutto il tratto litorale compreso tra i porti di Viareggio e di Livorno; tratto che è alimentato dalle torbide dell'Arno. Questo processo è continuato fino a quando l'apporto solido del fiume è rimasto superiore alla capacità di distribuzione dei sedimenti lungo il litorale da parte del moto ondoso; intorno al 1850 è iniziata la demolizione del delta dell'Arno dovuta, soprattutto, a cause naturali - come quella di una variazione climatica in tutta Italia che ha provocato l'inizio della demolizione dei maggiori delta fluviali e l'arretramento di gran parte dei litorali - e, probabilmente, anche agli interventi lungo il fiume e i suoi affluenti e sul bacino imbrifero, che hanno provocato una riduzione del trasporto solido a mare.

La demolizione del delta dell'Arno ha avuto inizio nel 1850 con la scomparsa del lobo sinistro, mentre la distribuzione del lobo destro è incominciata nel 1878. Lo smantellamento del delta è risultato molto più rapido della formazione del delta stesso e si è manifestato in maniera diversa sulle sponde dell'Arno. Sulla sponda destra, dalla

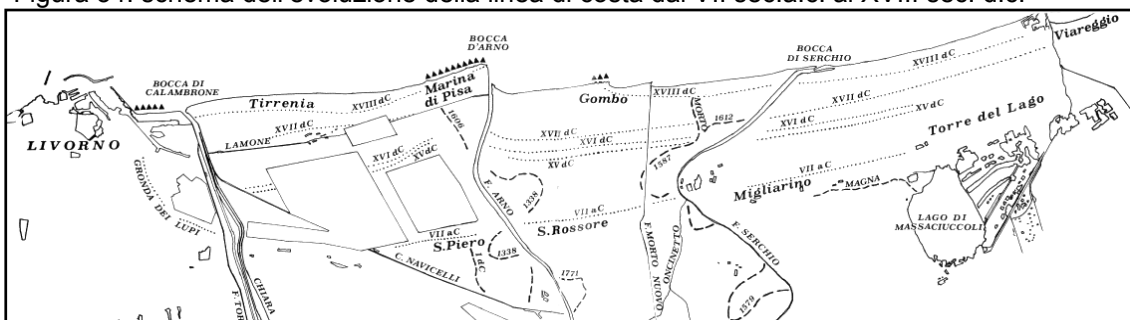
¹⁷ Il punto di vista geomorfologico si concretizza in parte nella norma (art. 3 DPR 22-08-2000), che recita: "Gli interventi riguardanti la fascia costiera, compresa tra la foce dello Scolmatore d'Arno a sud e la foce del torrente Cinquale a nord, sono sviluppati tenendo conto dell'unità fisiografica e della preponderante influenza del fiume Arno sulla dinamica del litorale".

parte della Tenuta Presidenziale di S. Rossore, il fenomeno erosivo è stato libero di manifestarsi ed è perciò risultato più intenso tanto che l'arretramento della linea di riva ha raggiunto nell'ultimo secolo i 1200 m subito a nord dell'Arno. In sinistra del fiume, invece, l'arretramento massimo è stato contenuto in circa 300 m in quanto è stato realizzato, nel tempo, un doppio ordine di scogliere (foranee radenti) a difesa dell'abitato di Marina di Pisa che altrimenti, sarebbe stato spazzato via. Il fenomeno erosivo descritto è risultato molto grave perché si è andato estendendo nel tempo, sia verso nord che verso sud a partire dalla foce dell'Arno, giungendo da un lato fino alla foce del Serchio e dall'altro fin quasi all'inizio dell'abitato di Tirrenia. Per dare un'idea dell'importanza del fenomeno erosivo basti pensare che, dal 1878 al 1985, sono scomparsi sulla destra dell'Arno circa 180 ha di spiaggia. Subito in sinistra del Fiume si è riusciti poi, malgrado tutti gli interventi effettuati nel tempo a difesa di Marina di Pisa, solo a contenere in parte il fenomeno.

Dalla demolizione del delta dell'Arno hanno tratto beneficio le due estremità nord e sud del litorale, compreso tra i porti di Livorno e Viareggio, che hanno proseguito il loro avanzamento iniziato vari secoli addietro. Il trasporto litoraneo longitudinale prevalente presenta, infatti, una zona di divergenza proprio in corrispondenza della foce dell'Arno: essendo diretto nel senso Nord-Sud nel tratto tra la foce stessa e il porto di Livorno e nel senso Sud-Nord nel tratto tra la foce e il porto di Viareggio. Ciò ha fatto sì che nelle due zone estreme del litorale in considerazione si accumulassero, nel tempo, i sedimenti provenienti dalla demolizione del delta dell'Arno e dai tratti di litorale limitrofi soggetti a erosione. Nella zona sud del litorale, compresa tra Tirrenia e il porto di Livorno, l'avanzamento della linea di riva è andato diminuendo nel tempo tanto che si sta ormai tendendo verso una situazione di equilibrio: ad esempio, davanti all'abitato di Tirrenia, tale avanzamento è risultato mediamente di 210 m dal 1851 al 1881, di 140 m dal 1881 al 1928, di 50 m dal 1928 al 1939 e di 20-30 m dal 1939 al 1983; avanzamenti maggiori si sono avuti procedendo verso sud fino alla foce del Calambrone.

Il tratto del litorale in esame dalla foce del F. Morto a quella del Serchio, appare in arretramento; dalla foce del Serchio fino al porto di Viareggio è, invece, in avanzamento: gli avanzamenti sono andati diminuendo nel tempo e quelli maggiori si sono avuti a ridosso del molo sud del porto che arresta i sedimenti, tanto che è stato realizzato un impianto di rifluimento che consente di far pervenire alla spiaggia nord di Viareggio le sabbie che si accumulano a sud del porto. Il protendimento della battigia a ridosso del molo sud è stato di 180 m dal 1827 al 1864, di 110 m dal 1864 al 1878, di 80 m dal 1878 al 1901 e di 40 m dal 1901 al 1914. A partire da tale anno, in seguito all'inizio dei lavori di costruzione di un vero e proprio porto sulla foce del canale Burlamacca, la velocità di avanzamento della linea di riva è temporaneamente aumentata per diminuire successivamente. Si tende dunque a una situazione di equilibrio che, però, non è stata ancora raggiunta: infatti il protendimento è stato di 130 m dal 1914 al 1924, di altri 130 dal 1924 al 1936, di 90 m dal 1936 al 1952, di 40 m dal 1952 al 1966, di 40 m dal 1966 al 1978 e di 15 m dal 1978 al 1985.

Figura 34: schema dell'evoluzione della linea di costa dal VII sec.a.c. al XVIII sec. d.c.

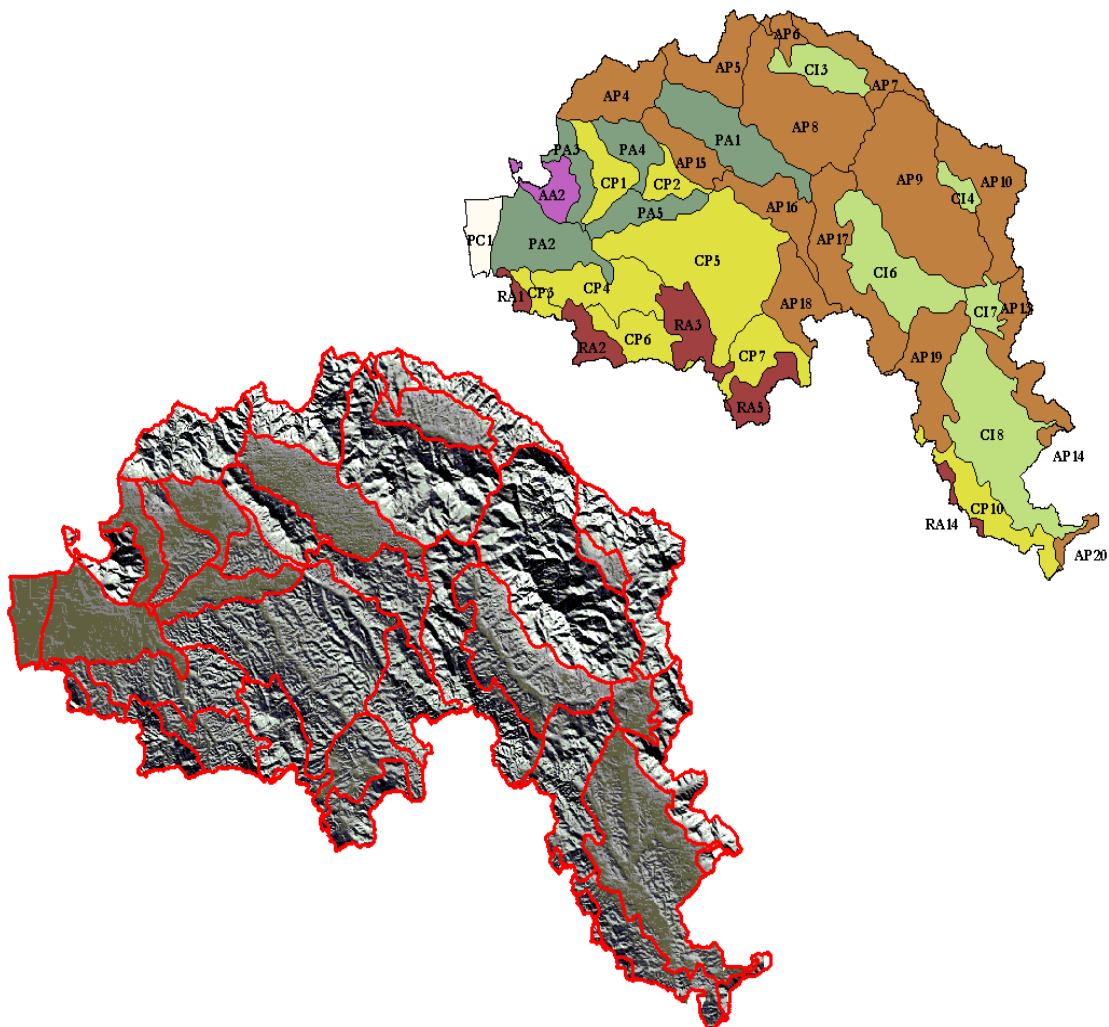


Caratteri generali del paesaggio naturale ed antropizzato e sua evoluzione nel tempo

Per la descrizione dei caratteri generali del paesaggio si fa riferimento al concetto ormai 'classico' del 'paesaggio geografico', così come definito da Sestini (1963). Tale concetto è stato ripreso negli ultimi anni sia a livello regionale ('sistemi di paesaggio' della Regione Toscana, Rossi et. al. 1994) sia a livello nazionale (ad esempio per la carta 'ecopedologica' del ministero dell'Ambiente) e non rientra nella suddivisione per sottobacini proposta per la descrizione sintetica del bacino dell'Arno.

Facendo riferimento ai Sistemi e ai Sottosistemi di Paesaggio della Regione Toscana, si può sintetizzare dicendo che essi sono stati riconosciuti essenzialmente secondo i seguenti criteri discriminanti: litologia, rilievo, uso del suolo e caratteristiche del paesaggio. Un maggior dettaglio nella descrizione dei caratteri, e la loro frequenza e distribuzione relativa, sono la base descrittiva dei sottosistemi.

Quantitativamente si contano nel bacino dell'Arno 7 sistemi e ben 42 sottosistemi, a dimostrazione della notevole complessità e variabilità del paesaggio geografico.



Codice Sistema	Descrizione	Sottosistemi	Area in kma	% del bacino
AA	Alpi Apuane	1	116	1,3
AP	Appennino	15	4.017	44
CI	Conche intermontane	5	1.347	14,8
CP	Colline plioceniche	9	1.972	21,6
PA	Pianure alluvionali	5	1.086	11,9
PC	Pianure costiere	1	114	1,3
RA	Rilievi dell'Antiappennino	6	480	5,3

Consideriamo i tratti salienti dei 7 sistemi individuati:

SISTEMA 'APPENNINO'

Il sistema più esteso del bacino (44% del territorio per un'estensione di 4017 kmq) presenta una notevole variabilità paesaggistica, ben 15 sottosistemi nel solo bacino dell'Arno, legata alle diverse formazioni geologiche affioranti e al rilievo molto articolato. Considerando i dati del Corine Land-Cover (riferiti al 1995) la superficie classificabile come boschiva e 'seminaturale' raggiunge quasi il 70% del totale (69,6%). Dall'analisi dei singoli sottosistemi riportata in Rossi et al. (1994) risulta evidente che questa ha avuto un sensibile aumento tra il 1978 e il 1991 (nell'ordine di 4-5 punti percentuali) e a giudicare dal trend a livello regionale, almeno sino al 1998, si può ipotizzare che essa abbia continuato la sua espansione. La superficie agricola è caratterizzata da un sistema piuttosto frammentato con una prevalenza di colture permanenti (vite, nel Chianti con moderni impianti specializzati, olivo, frutteti) seguono per importanza i prati stabili (specialmente per i sottosistemi dell'arco appenninico vero e proprio e per il Pratomagno) secondari i seminativi. Del tutto marginale l'ambiente urbano (~1,5 %) essendo nettamente prevalente l'insediamento in piccoli nuclei e a case sparse.

SISTEMA 'ALPI APUANE'

Presente marginalmente nel bacino (1,3% del territorio per solo 116 kmq) con il sottosistema del Monte Pisano è nettamente caratterizzato sia per la sua geologia che per il rilievo, ed essendo completamente circondato da pianure alluvionali la sua peculiarità è ancor più marcata. Teoricamente, la superficie boschiva ha un'estensione nettamente prevalente (63,8%) ma una caratteristica acquisita di questo paesaggio sono le superfici percorse dal fuoco che colpisce con notevole frequenza ed intensità; tanto che si può ipotizzare la presenza di un soprassuolo forestale continuo per solo il 30% del territorio (cioè la metà circa della superficie totale). La superficie agricola seppur minoritaria non è trascurabile (1/3 del totale) e si concentra sui depositi ai piedi dei versanti e nelle residue superfici terrazzate ancora a coltura. Gli insediamenti abitativi si concentrano ai margini del rilievo con una tipologia a piccoli nuclei e a case sparse. Data la vicinanza ai grandi centri urbani di Pisa e Lucca, e a

numerosi centri industriali minori, l'urbanizzazione legata all'edilizia residenziale ha avuto negli ultimi tempi un sensibile sviluppo.

SISTEMA 'RILIEVI DELL'ANTIAPPENNINO'

Sistema che interessa ampi tratti della Toscana centro-meridionale, e solo marginalmente la parte meridionale del bacino (5,3 % del territorio per 480 kmq) caratterizzato da una certa variabilità nei caratteri geologici e fisiografici che giustifica l'esistenza di buon numero di sottosistemi. L'uso del suolo è nettamente dominato dalle formazioni boschive (70,6% della superficie) generalmente di notevole pregio ambientale ed economico che si intercalano ad appezzamenti agricoli scarsamente produttivi, spesso in via d'abbandono, in cui non è raro trovare lembi di vecchie sistemazioni a coltura promiscua ancora in produzione. Data la natura prevalente dell'economia agricolo-forestale della zona (in cui il pascolo ha tuttora un certo peso) l'insediamento è tipicamente a case sparse o a piccolissimi nuclei abitativi.

SISTEMA 'COLLINE PLIOCENICHE'

Rappresenta il II sistema del bacino (21.6% del territorio per 1972 kmq totali). Il paesaggio dei rilievi collinari sviluppatasi su depositi marini pliocenici è sicuramente uno dei più caratterizzati tra quelli toscani anche se non mancano variazioni sensibili, legate alla granulometria e alla mineralogia dei depositi stessi. Fa eccezione il sottosistema delle colline delle Cerbaie, dai caratteri fisiografici simili, ma dalla natura geologica marcatamente differente. La natura del substrato ha sempre favorito le pratiche agricole e quindi l'insediamento umano legato ad esse: la superficie agricola globale è così pari al 77 % del sistema ed è da considerarsi stabile o in leggera flessione. Fatta eccezione per il sottosistema delle cerbaie la superficie boschiva (20,4 % del totale) è quasi sempre relegata alle superfici a maggior pendenza e a quelle in cui affiorano i sedimenti più coerenti e meno fertili. Di notevole diffusione ed importanza è la coltura della vite e, secondariamente, quella dell'olivo: in Val di Pesa e in Val d'Elsa contraddistinguono ampi tratti del paesaggio, generalmente, dove predominano i depositi conglomeratici o a tessitura franca. I seminativi asciutti sono, invece, il tratto caratteristico dell'alta Val d'Era e di quelle aree dove sono dominanti i sedimenti prevalentemente argilloso-limosi. Le pratiche agricole legate alla realizzazione dei nuovi impianti e alla coltivazione dei vigneti sono sicuramente le maggiori responsabili dell'evoluzione recente di questo sistema di paesaggio: hanno infatti sostituito, generalmente, i vecchi appezzamenti a coltura promiscua o le zone agricole eterogenee caratterizzate dall'alternanza di siepi, seminativi e colture arboree. L'insediamento umano si è storicamente organizzato in case sparse (le tipiche 'coloniche') e piccoli nuclei con alcuni centri urbani più grandi: questi, negli ultimi anni, hanno conosciuto un nuovo impulso di urbanizzazione che ne ha determinato anche un sensibile sviluppo non solo abitativo. L'insediamento a case sparse, invece, dopo un lungo e forte periodo di crisi con fenomeni di abbandono estesi conosce a partire dai primi anni '90 una notevole ripresa che si concretizza nel recupero dell'esistente e in un certo aumento delle unità abitative.

SISTEMA 'CONCHE INTERMONTANE'

1347 kmq, 14.8% del bacino, legati strettamente alla natura geomorfologico-strutturale del territorio. Questo sistema si caratterizza, infatti, per la presenza di depositi fluviali o fluvio-lacustri all'interno di ampie depressioni vallive la cui formazione è stata fortemente influenzata dall'evoluzione tettonica distensiva post-orogena. La natura dei depositi è sempre stata favorevole all'attività agricola, ancor più sviluppatasi con le ampie bonifiche che hanno interessato la Val di Chiana a partire dal '500: essa occupa una superficie pari all' 82% del totale con una netta prevalenza dei seminativi (51,6%)

seguiti da zone agricole eterogenee (22,3%) ancora relativamente abbondanti specialmente in Mugello e in Casentino. Le conche intermontane sono state da lungo tempo interessate da una distribuzione abitativa a nuclei di piccola o media grandezza e, in generale, presentano un trend di sviluppo insediativo più dinamico delle aree montuose che le circondano. Fa in parte eccezione la Val di Chiana caratterizzata da pochi nuclei di una certa importanza e da un prevalente insediamento a case sparse legate alla mezzadria e alla colonizzazione successiva alle opere di bonifica; questo tipo di insediamento ha conosciuto una drammatica crisi che, solo recentemente, dà cenni di controtendenza ma i cui segni sono ampiamente visibili nei fenomeni di abbandono.

SISTEMA 'PIANURE ALLUVIONALI'

Il sistema delle pianure alluvionali (11,9% del territorio per 1086 kmq) è sicuramente quello che, più di tutti, ha risentito di profondi ed estesi cambiamenti legati sia alla fortissima espansione delle aree urbane, e delle infrastrutture, sia al profondo cambiamento nella tipologia delle pratiche agricole. Tutte le principali città del bacino dell'Arno, ad eccezione di Arezzo, ricadono in questo sistema. I dati del Corine indicano il 21,8% del territorio come urbano ma nella piana di Firenze-Prato-Pistoia tale valore raggiunge il 37% tanto che, di fatto, l'area urbana si presenta come un unico sistema policentrico allungato secondo l'asse costituito dalle principali vie di comunicazione; tale modello di paesaggio urbano si ripete anche per gli insediamenti del Valdarno inferiore. In questo quadro le aree agricole seppur maggioritarie (74,3% del territorio) risultano spesso in secondo piano nella definizione del paesaggio. Ciò perchè hanno perso in buona parte una caratterizzazione definita, subendo una profonda trasformazione, da colture prevalentemente promiscue con una forte eterogeneità (alternanza di siepi, frutteti, aree orticole, seminativi, vigneti) ad una prevalenza di aree a seminativo molto omogenee (alternanza di appezzamenti di grosse dimensioni privi di barriere vegetali) alternate ad aree intensamente urbanizzate (per farsi un'idea si esamini la Figura 38). Le aree a vivaio sviluppatasi sui depositi di conoide del pistoiese e del pesciatino, che caratterizzano fortemente il paesaggio, sono anch'esse il frutto di un'intensa recente trasformazione che ha favorito le colture a maggior redditività. Non secondarie sono anche le trasformazioni legate all'attività di escavazione di inerti (in prevalenza sabbie e ghiaie) che, dove sono state eseguite, hanno determinato una radicale trasformazione, anche morfologica, del paesaggio.

SISTEMA 'PIANURE COSTIERE'

E' il sistema meno esteso del bacino (114 kmq per appena l'1,3% della superficie totale) rappresentato da un solo sottosistema caratterizzato da una morfogenesi strettamente legata alla dinamica costiera e alla sua interazione con la dinamica fluviale: quest'ultima ha prodotto una deposizione caratteristica di sedimenti prevalentemente sabbiosi organizzati in cordoni paralleli alla linea di costa. La natura poco fertile dei terreni e la dinamica idraulica del territorio hanno storicamente limitato le attività agricole al pascolo estensivo, soprattutto dopo l'abbandono delle sistemazioni di epoca romana, favorendo la conservazione della vegetazione spontanea e lo sviluppo delle attività legate al bosco. A partire dall'epoca granducale la sistemazione idraulica è stata accompagnata dalla trasformazione delle aree boschive in pinete per la produzione dei pinoli e tale processo ha determinato la creazione del paesaggio attuale (in lenta trasformazione) in cui la superficie boschiva dominata dal Pino domestico è prevalente (47.5%) e mostra una notevole continuità spaziale mentre le aree destinate all'agricoltura (33.2%) si concentrano lungo il corso dell'Arno e alle spalle delle pinete litoranee. Le difficoltà di drenaggio e deflusso delle acque si manifestano nella buona presenza di aree umide (6.9% del territorio). Il pregio ambientale del paesaggio, il clima, la presenza del mare e la vicinanza di Pisa hanno

favorito lo sviluppo dell'urbanizzazione legata alle attività turistiche e ricreative, tanto che circa il 10% del territorio è classificabile come urbano. Dalla lettura del paragrafo 0 risulta chiaro che questo sistema è caratterizzato da una forte dinamicità nella sua parte di contatto con il mare, anche considerando la notevole sensibilità dell'ecosistema a fattori antropici complessi, come quelli legati all'inquinamento marino.

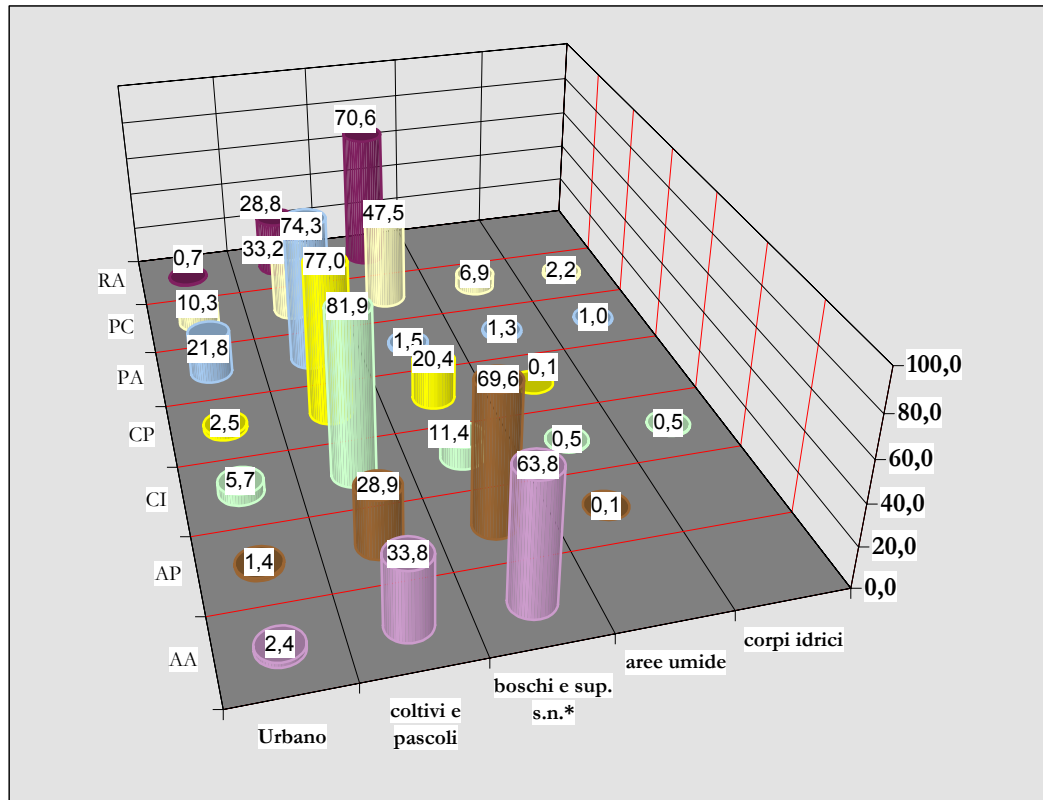


Figura 35: distribuzione uso del suolo per sistemi di paesaggio

(*boschi e superfici seminaturali comprende quindi anche i cespuglieti e le aree con vegetazione rada o assente).

Evoluzione del paesaggio nel tempo

I lineamenti generali del paesaggio del bacino dell'Arno sono frutto dell'azione antropica prolungata e intensa (nelle aree di insediamento etrusco da almeno 2500 anni) che si è dovuta adattare a condizioni ambientali molto varie. Si noti che l'azione antropica si è manifestata sia direttamente (messa a coltura dei terreni, sistemazioni agricole, pascolo, urbanizzazione, etc.) sia indirettamente, per esempio con l'introduzione di specie vegetali non autoctone (tra gli alberi 'simbolo' della regione Cipresso e Pino Domestico, nonché il Castagno, sono di origine esotica) e pressioni ambientali indotte (erosione dei suoli, incendi, etc.).

Documentazioni storiche indicano, per alcune aree, condizioni di crisi ambientale con fenomeni erosivi estesi ed importanti non del tutto dissimili da quelle che si stanno verificando attualmente in aree del pianeta sottoposte per la prima volta a dissodamento. Nel bacino non si riconoscono più aree in cui il paesaggio non sia stato in qualche misura modellato dall'uomo: le stesse formazioni boschive più estese e di pregio paesistico più alto sono, spesso, frutto dell'azione umana (ad esempio le abetine di Vallombrosa e Camaldoli).

D'altra parte non esistono formazioni boschive in cui vi sia un equilibrio naturale effettivo: nelle quali, cioè, ci si possa aspettare un'evoluzione in cui i fattori di pressione antropica siano trascurabili. In Toscana, dal punto di vista strettamente areale, la pressione umana diretta sull'ambiente ha raggiunto il suo massimo storico all'inizio del secolo quando il numero di abitanti nei piccoli nuclei e nelle case sparse ha raggiunto il culmine (Tabella 10 e anche Figura 36 decrescendo poi lentamente sino ai primi anni del dopoguerra come si può notare analizzando foto d'epoca dei dintorni di Firenze nonché le note foto aeree del volo GAI del 1954 (crf. Quaderno n. 7 dell'Autorità di

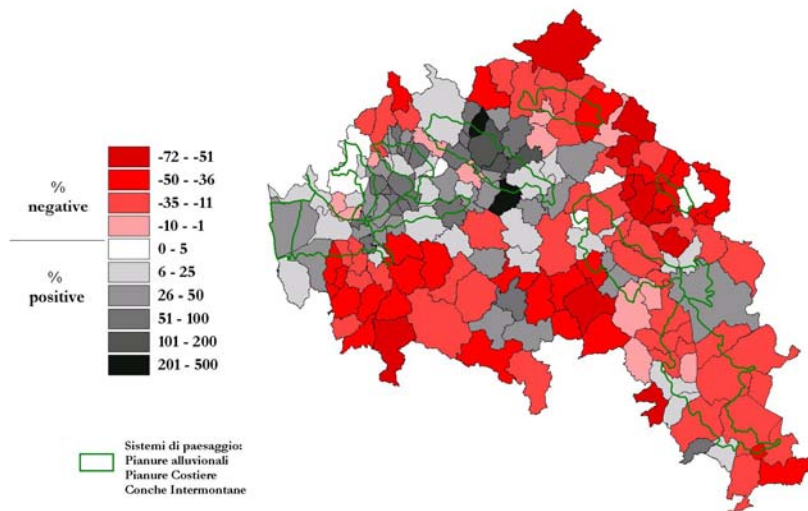
Bacino del Fiume Arno, 1997). Va detto tuttavia che in alcune zone l'abbandono delle pratiche agricole, dalle aree marginali, risale già alla metà dell'800 (Anghiari, Comune marginalmente interessato dal bacino, già nel decennio 1861 – 1871 mostra un decremento del 2% nella popolazione residente).

Tabella 10: distribuzione della popolazione in Toscana per insediamento non urbano

anno	Pop. residente tot	% Pop. sparsa e nei nuclei	Pop. sparsa e nei nuclei	% Pop. solo sparsa	Solo Pop. sparsa
1871	2.123.553	n.d.	n.d.	43,66	927.143
1901	2.503.223	n.d.	n.d.	45,1	1.128.954
1951	3.158.811	35,54	1.122.641	25,32	799.811
1971	3.473.097	19,35	672.044	12,54	435.526
1981	3.581.051	12,31	440.827	9,26	331.605

Con la trasformazione economica avviata negli anni '50 e la crisi definitiva delle pratiche agricole tradizionali, dovuta essenzialmente all'antieconomicità delle stesse nel nuovo contesto socio-economico, il paesaggio descritto dal Sestini (primi anni '60) ha iniziato a trasformarsi più o meno rapidamente tanto che attualmente alcune di queste descrizioni, seppur radicate nell'immaginario collettivo, non esistono quasi più (crf. Gregori et al., 1996). Di fatto, con la fine degli anni '50, la pressione umana sull'insieme del territorio del bacino dell'Arno ha iniziato a diminuire 'concentrandosi' su determinate zone e ad assumere, in queste, evidenze sino ad allora sconosciute (Figura 36, e, come esempio Tabella 12 par. 0).

Figura 36: variazione in % della popolazione residente nell'intervallo 1951 - 1981 per i comuni del bacino dell'Arno



Le aree che più hanno risentito delle trasformazioni sono certamente quelle delle pianure alluvionali e di alcune conche intermontane nelle quali l'espansione dei centri abitati, iniziata per i centri maggiori dalla seconda metà dell'800, ha avuto un'enorme accelerazione dall'inizio degli anni '60 (per una completa documentazione fotografica si rimanda al già citato Quaderno 7 dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, ma anche Figura 37 e Figura 38). Per vaste zone di alcune aree (ad esempio la piana di Firenze-Pistoia, Figura 39) oltre ad essere completamente scomparso il paesaggio in cui l'insediamento urbano e quello rurale erano in qualche modo integrati (esempi significativi, anche nei maggiori centri, si sono mantenuti sino ai primi anni '60) è di fatto stato compromesso un paesaggio agricolo organico del quale rimangono solo aree frammentate e marginali.



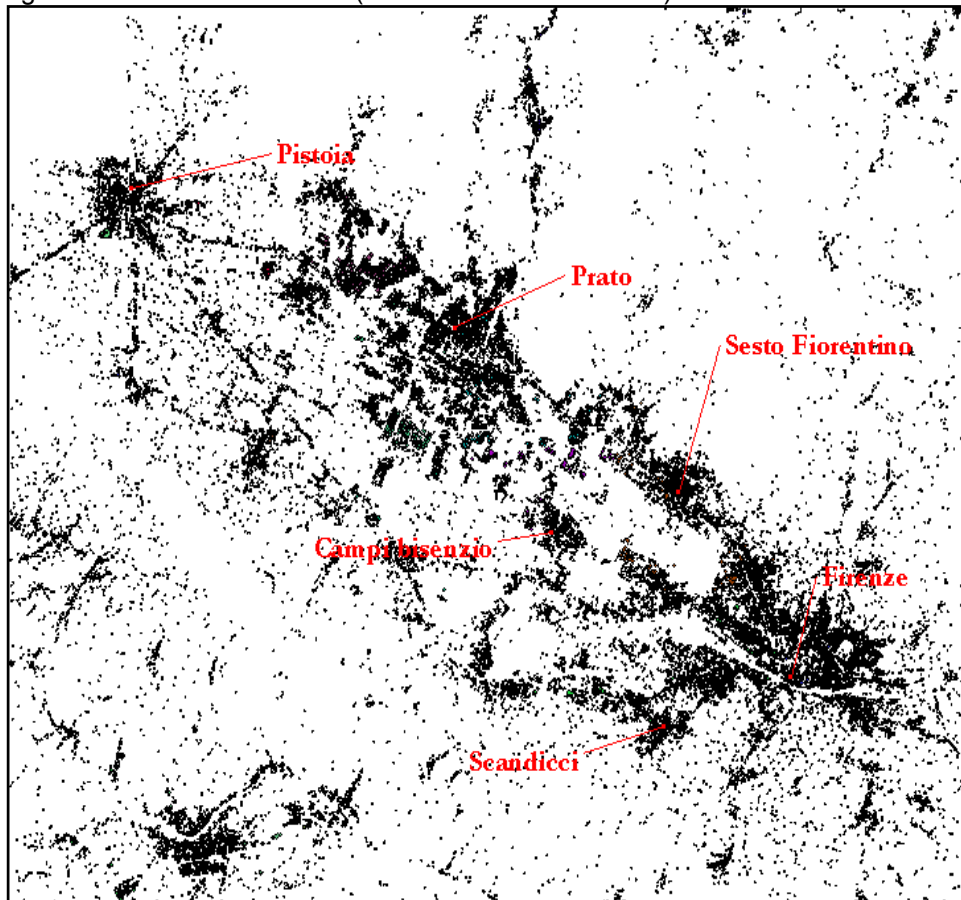
Figura 37: Area del territorio di Badia a Settimo (FI), Agosto 1954



Figura 38: Area del territorio di Badia a Settimo (FI), Agosto 1996

Anche se generalmente a danno degli insediamenti industriali in alcune aree sta acquisendo importanza il fenomeno della trasformazione urbana, spesso in risposta alla vera e propria mancanza di spazio fisico e non più per mero aumento del reddito immobiliare, lo sviluppo degli insediamenti (abitativi, commerciali ed industriali) e delle infrastrutture viarie non mostra sino ad ora reali segni di contenimento: indipendentemente dal numero di abitanti residenti. Solo a titolo di esempio si consideri che tra il 1978 e il 1990-1993 la media toscana della crescita dell'area urbana è stata del 60% totale con punte, nel bacino dell'Arno, del 96% su base provinciale (dati RT - Servizio Foreste e patrimonio agroforestale).

Figura 39: vista della piana di Firenze – Pistoia con riportati il solo livello 'edifici' estratto dalla Carta tecnica regionale edizione 2000\2001 (in corso di collaudo finale)



Nei sistemi di paesaggio collinari ha avuto un forte peso il cambiamento delle pratiche agricole e della struttura fondiaria ed insediativa con la diffusione delle coltivazioni arboree specializzate (vite e secondariamente olivo) avvenuta a danno delle coltivazioni estensive a seminativo con rotazione breve e, unitamente a quest'ultime, delle colture promiscue e delle aree agricole eterogenee. Tale trasformazione è coincisa essenzialmente con il completo abbandono della forma di conduzione mezzadrile alla quale, peraltro, è in massima parte legata la forma insediativa delle case sparse e dei piccoli nuclei. Questi hanno subito, di conseguenza, un marcato fenomeno di abbandono: fenomeno evidentemente in controtendenza con il ritorno all'insediamento abitativo in campagna degli ultimi 15 anni. Il completo abbandono ha interessato i terreni marginali (per pendenza, collocazione o fertilità) ma non ha raggiunto livelli particolarmente rimarchevoli almeno negli ultimi 20 anni (Rossi et al., 1994). Le aree boschive collinari sono state caratterizzate da un lungo periodo di scarso o nullo sfruttamento, strettamente legato al declino dell'uso della legna da ardere: questa tendenza ha avuto una sensibile inversione, a partire dai primi anni '90, con il ritorno al taglio ceduo di vaste superfici a bosco in coincidenza con il fenomeno di riflusso abitativo nelle aree di campagna. Lo sviluppo dei centri urbani collinari di media dimensione è stato lento e costante, salvo prendere impulso negli ultimi anni, con tassi di crescita talvolta anche sensibili (ne è un esempio Montespertoli) ma in nessun caso si sono verificati i marcati fenomeni di abbandono che hanno invece interessato i piccoli nuclei e le case sparse.

I paesaggi montani dell'Appennino sono quelli che hanno subito più pesantemente il fenomeno dell'abbandono del territorio con un marcato fenomeno di flusso migratorio, interno, verso i fondovalle o altre aree della Toscana; solo in parte mitigato, negli ultimi anni, da flussi contrari che mostrano tuttavia un limitato peso sulle trasformazioni ambientali in atto (solo a titolo di esempio si consideri che Montemignaio, Comune esclusivamente montano del Casentino, ha perso il 72% della popolazione dal 1951 al 1981 recuperando solo il 2% nell'intervallo 1991-1998). Il fenomeno più marcato, legato ai paesaggi montani, è sicuramente il sensibile aumento della superficie boscata e la sensibile diminuzione dello sfruttamento dei boschi stessi: questo fatto, tra le altre cose, ha reso ancor più evidente la trasformazione del paesaggio legato al Castagno.

E' verosimile supporre che, contrariamente alla radicata convinzione sul ruolo delle pratiche agricole tradizionali, l'abbandono delle aree montane da parte dell'agricoltura e del pascolo abbia di fatto ridotto anche sensibilmente i fattori di instabilità idrogeologica del territorio: sono infatti diminuite drasticamente o addirittura scomparse alcune pratiche, di per sé gravose per l'assetto idrogeologico in generale e l'erosione del suolo in particolare, come la denudazione dei suoli (coltivazioni in aree a forte pendenza, taglio e eradicazione del sottobosco, raccolta della lettiera e coltivazione sottocopertura boschiva, pratiche di abbruciamento per il pascolo) il pascolamento concentrato e il pascolo in bosco, le pratiche di terrazzamento e ciglionamento, con il conseguente aumento delle pendenze critiche e delle masse instabili in posto. Parallelamente si registra un aumento di fattori stabilizzanti quali la ricrescita di una copertura vegetale arborea, ed arbustiva, su seminativi e pascoli abbandonati o la crescita di formazioni boschive più integre (anche qui, solo a titolo di esempio, si considerino i dati sperimentali sul trasporto solido in funzione dell'uso del suolo in Bazzoffi et. Al., 1999). D'altro canto, la mancata manutenzione di tutte le infrastrutture legate all'agricoltura ha determinato una diffusa situazione di dissesto, soprattutto là dove queste erano necessarie per mantenere un equilibrio artificiale. Per quest'ultimo motivo le conseguenze di tale tipologia di dissesto, strettamente legata all'abbandono delle sistemazioni, sono difficilmente valutabili al di là del semplice impatto visivo.

Uso del suolo

Per una approfondita analisi dell'uso del suolo a scala di bacino, l'unico dato omogeneo e sufficientemente aggiornato è quello fornito dal progetto europeo CORINE – Land Cover (ETC/LC, 1997) che fotografa lo stato della copertura del suolo all'estate del 1995. Il progetto, sviluppato a livello europeo da diversi Soggetti committenti ed esecutori, è omogeneo per criteri di rilievo del dato e, per quanto riguarda il territorio del bacino dell'Arno, risulta omogeneo anche nelle modalità di esecuzione del lavoro; la scala di riferimento del rilievo è 1:100.000.

Si tenga comunque presente la notevole disomogeneità dei dati del CORINE rispetto ai dati ISTAT: essa è legata alle modalità di acquisizione e alla diversa definizione delle tipologie di classificazione. Solo a titolo di esempio la superficie forestale ISTAT (1998) dell'intera Toscana risulterebbe pari a 8920 kmq ca (38,8% della superficie) mentre per il Corine è di 9505 kmq (41,3%): considerando che nella voce "zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea" del Corine rientrano almeno 235 kmq di territorio, che può essere classificato come superficie forestale ISTAT, la differenza è rimarchevole. A ulteriore conferma della necessità di considerare indipendentemente le differenti fonti dei dati dell'uso del suolo si tenga presente che, secondo l'Inventario Forestale Toscano del 1993, la superficie forestale della regione era pari a 10860 kmq (47 % del territorio).

Le tipologie di uso del suolo che utilizziamo nell'analisi a scala di bacino sono relative al II livello del Corine e sono riportate in Tabella 11 con le percentuali relative per l'intero bacino.

CODICE	DESCRIZIONE	AREA in kmq	%
	TOTALE	9.131	100
11	Zone urbanizzate	311	3,4
12	Zone industriali - zone commerciali e reti di comunicazione	110	1,2
13	Zone estrattive - discariche e cantieri	21	0,2
14	Zone verdi artificiali non agricole	9	0,1
21	Seminativi	2.118	23,2
22	Colture permanenti	902	9,9
23	Prati stabili	237	2,6
24	Zone agricole eterogenee	1.534	16,8
31	Zone boscate	3.432	37,6
32	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	382	4,2
33	Zone aperte con vegetazione rada o assente	22	0,2
41	Zone umide interne	29	0,3
51	Acque continentali	23	0,2

Tabella 11: tipologia di copertura del suolo nel bacino dell'Arno ed estensioni relative.

Per avere un'idea delle principali tipologie utilizzate dal Corine, della realtà e della scala a cui fanno riferimento, si consideri le figure seguenti (Figura 40, Figura 41, Figura 42, Figura 43) in cui la perimetrazione Corine è stata sovrapposta alle ortofoto AIMA alla scala approssimativa 1:25.000.

Figura 40: Colline di Scandicci (FI), 'zone agricole eterogenee' (24)¹⁸ e 'zone boscate' (31) secondo Corine



Figura 41: Cerbaia (FI), 'Colture Permanenti' (22), 'Seminativi' (21) e 'Zone urbane' (11) secondo Corine



¹⁸ Si noti che la 'zona agricola eterogenea' comprende ampi tratti a vigneto specializzato: questo dato spesso non è stato rilevato dal Corine (che prevede, al III livello, la voce 'colture annuali associate a colture permanenti') che lo ha invece registrato come 'sistemi colturali e particellari complessi'. La modalità di rilevamento (interpretazione su foto da satellite e controllo fiduciario su foto-aeree) favorisce questo tipo di 'errore'.

Figura 42: Vaiano (FI) 'zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea' (32) secondo Corine

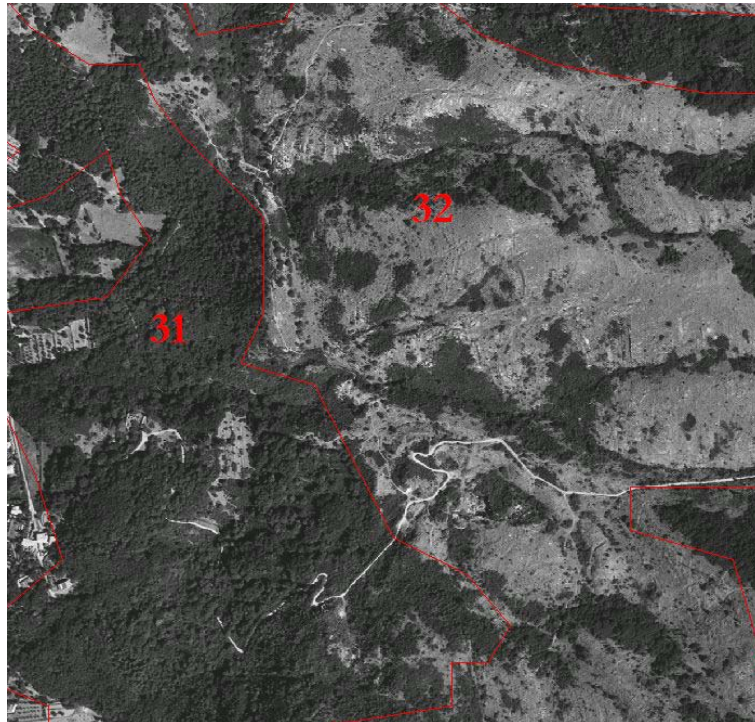


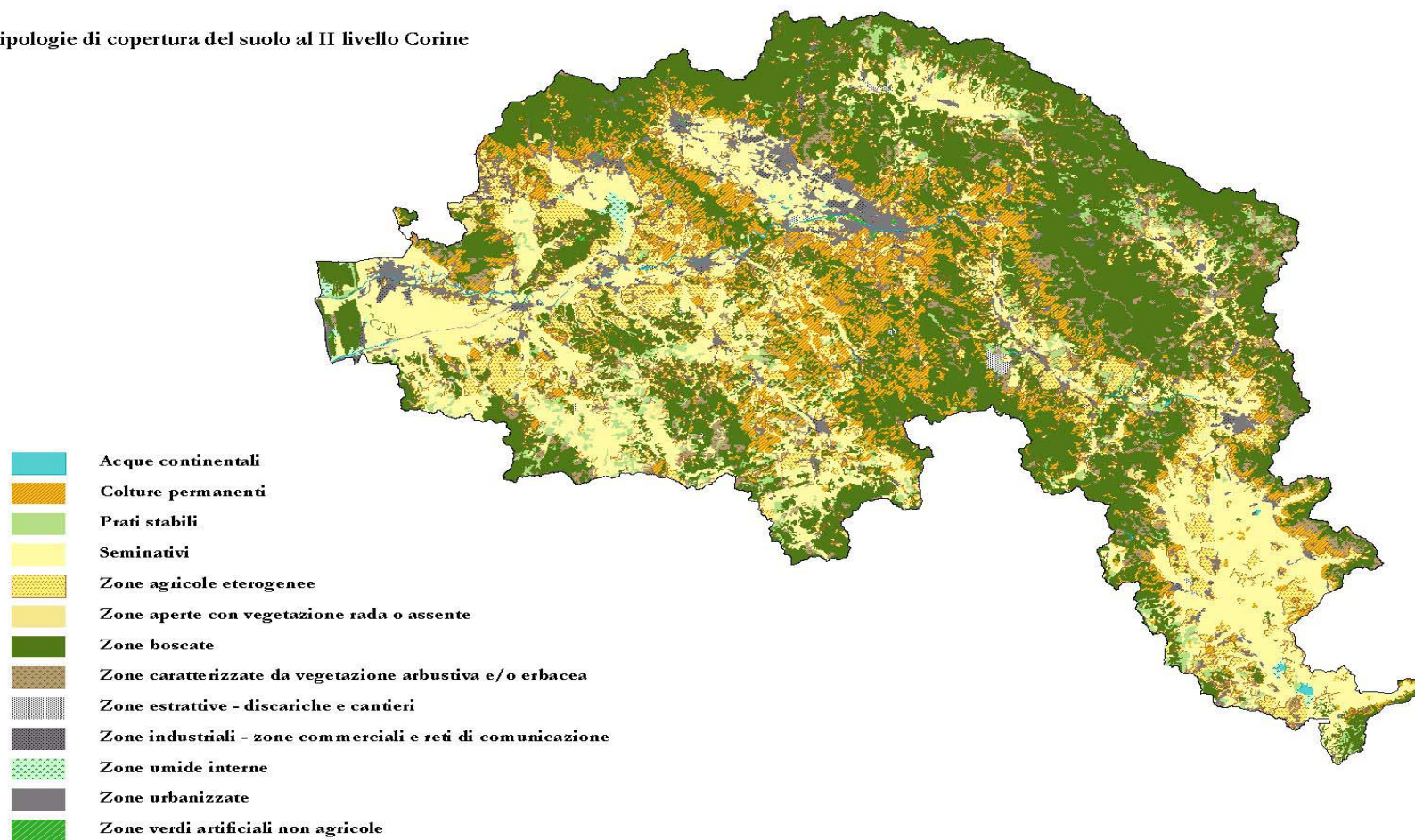
Figura 43: Pratovecchio (AR) 'prati stabili' (23) secondo Corine.



Visivamente l'uso del suolo per l'intero bacino si presenta come in Figura 44.

Figura 44: Vista d'insieme della copertura del suolo del bacino dell'Arno al secondo livello di classificazione del Corine – Land Cover

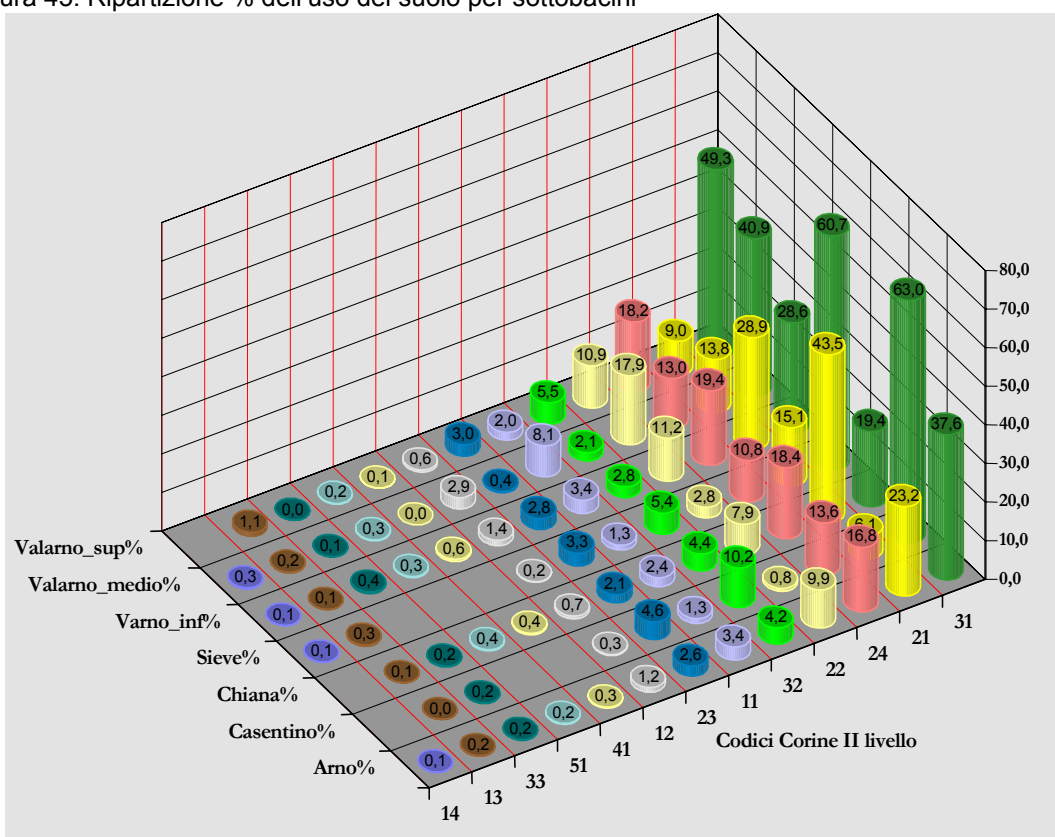
Tipologie di copertura del suolo al II livello Corine

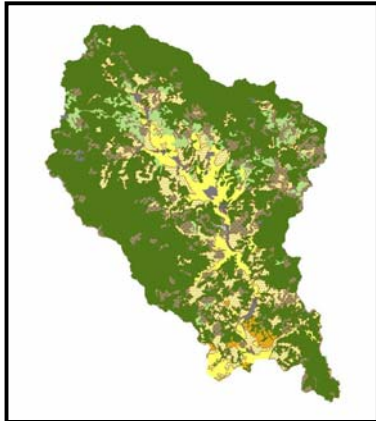


In termini generali il bacino dell'Arno non presenta sensibili differenze, nelle percentuali relative dell'uso del suolo rispetto all'intera Toscana, salvo alcune parziali eccezioni: relativamente alle colture permanenti (9,9 % del bacino contro il 5,5% dell'intera regione) e alla superficie boscata (37,6 % contro 41,3%). La differenza relativa alla superficie con copertura 'boscata o seminaturale' (codice 3 del I livello del Corine) appare più significativa considerando anche le zone a vegetazione arbustiva e/o erbacea e quelle a vegetazione rada o assente (4,4% contro 9,1%, per un totale del 42% nel bacino contro il 50,4% dell'intera regione).

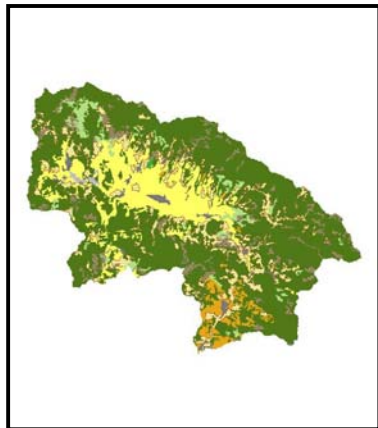
Considerando i singoli sottobacini si può meglio caratterizzare l'uso del suolo nella sua distribuzione e consistenza (Figura 45).

Figura 45: Ripartizione % dell'uso del suolo per sottobacini

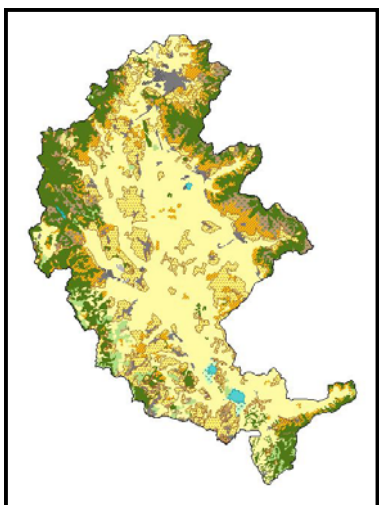




Il Casentino è dominato dalla presenza di superfici boscate (63% del suo territorio) caratterizzate da una netta prevalenza delle formazioni decidue (49,3% sul totale del bacino). Queste in alcuni casi hanno un altissimo valore economico e paesaggistico (ad esempio, le faggete e le formazioni del crinale che ricadono nel territorio del Parco nazionale) in altri hanno invece un alto valore protettivo ma un trascurabile valore economico. Una buona distribuzione hanno i boschi di castagno, in maggioranza cedui, di importanza locale sono i castagneti da frutto. I boschi di conifere (4,3% del bacino) comprendono sia pregevoli formazioni di Abete bianco (come quelle di Camaldoli) sia rimboschimenti di Pino nero, più diffusi i boschi misti (conifere e latifoglie) che coprono il 9,2% del territorio. Alle superfici propriamente boschive si affianca una consistente percentuale di zone con copertura arbustiva e/o erbacea (10,2%) concentrata nelle zone di crinale e in quelle più degradate. La tipologia 'aree boschive di transizione\arbusteti' è pari al 6,6% del bacino indice di una rimarchevole presenza di aree, in evoluzione, legate ai fenomeni di abbandono. Le superfici che rientrano nel tipo 'territori agricoli' sono dominate dalla tipologia 'zone agricole eterogenee' (13,6% del territorioe ben il 54,3 % dell'intera superficie agricola) segno di una buona persistenza delle colture promiscue e di elementi quali siepi e boschetti. Anche la buona diffusione dei prati stabili (4,6% del territorio) e la consistenza marginale dei seminativi 'puri' (6,1%) sembra confermare questa indicazione. Del tutto trascurabile, infine, la superficie urbanizzata (1,6%). Questa analisi sommaria dell'uso del suolo conferma una visione del Casentino come bacino relativamente preservato dall'azione antropica recente e in cui ritroviamo ancora i requisiti per il mantenimento di condizioni di una pur relativa 'naturalità'.

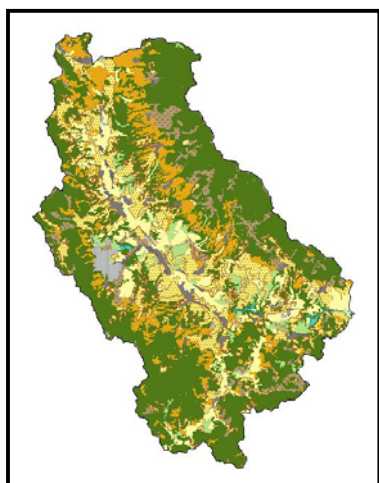


La Val di Sieve ha una copertura del suolo che mostra una distribuzione tipologica simile a quella del Casentino: la superficie boschiva è dominante (60,7%) e all'interno di questa i boschi decidui sono nettamente prevalenti (50,1% del bacino) seguiti da formazioni miste e a conifere (10,6 %). A differenza del Casentino, però, risultano marginali le zone con copertura arbustiva e/o erbacea (4,4%). Il quadro del territorio agricolo si discosta dalla situazione casentinese anche per la sensibile presenza di seminativi (15,1%); paragonabile è invece sia la diffusione delle zone agricole eterogenee (10,8) sia le superfici a prato permanente (3,3) mentre inizia ad avere un qualche peso la superficie a colture permanenti (vigneti, frutteti e qualche oliveto: 2,8%). Marginale anche in questo caso la superficie urbanizzata (1,3%) per la quale, però, non viene tenuto conto del sensibile sviluppo degli ultimi 5 anni. Si noti che nella presente analisi non è ancora considerata la superficie occupata dall'invaso artificiale di Bilancino, pari a ca 5 kmq (0,4% del bacino).



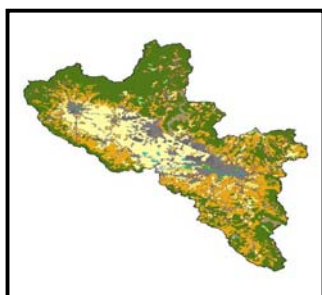
Il territorio della Val di Chiana ha un uso prettamente agricolo (72% ca della superficie) dominato dai seminativi (43,5 % del bacino). Il dominio di questi, è quasi assoluto considerando le aree di fondovalle mentre nelle restanti zone diventa dominante la presenza delle zone agricole eterogenee (18,4% del bacino) e delle colture permanenti (7,8%): quest'ultime in alcuni casi hanno un altissimo pregio economico ed ambientale (ad esempio gli oliveti di Trequanda). Il bosco, assente per larghi tratti del bacino, si concentra sui rilievi nord-occidentali e sul crinale orientale che divide il bacino dalla Val Tiberina, occupando un significativo 19,4% del territorio (per l'85% deciduo). A questo si accompagnano diffuse aree che rientrano nella tipologia 'aree boschive di transizione\arbusteti' (pari al 3,2% del bacino) probabilmente legati a processi di abbandono relativamente recenti. Nel bacino ricade anche

la piana di Arezzo dove l'urbanizzazione ha avuto un consistente sviluppo ed è proprio qui che si concentra la massima parte del 3,2% di aree urbanizzate registrate dal Corine. Infine hanno un peso relativo, ma un notevole significato ambientale, sia gli specchi d'acqua che le zone umide interne: queste coprono circa l'1% dell'intero territorio.



Il Valdarno Superiore si presenta con un'estrema variabilità nell'uso del suolo in cui prevalgono, comunque, le superfici forestali (49,3% del bacino) concentrate in buona parte sui rilievi del Chianti e del Pratomagno. Le formazioni di latifoglie dominano sui boschi misti e sulle formazioni a conifere (rispettivamente 38,4%; 8,3% e 2,5% la distribuzione relativa al bacino); sul Pratomagno, inoltre, hanno una certa diffusione anche le zone a vegetazione arbustiva ed erbacea (5,5% del bacino). Nell'ambito dei territori agricoli si registra una prevalenza delle zone eterogenee (18,4%) sulle colture permanenti (10,9%) e sui seminativi (9%) con una certa compenetrazione delle une con le altre, indice di una sostanziale 'macroeterogeneità'. Tra le colture permanenti (che - lo ricordiamo - spesso si 'annidano' nel dato delle zone agricole eterogenee) hanno

un certo rilievo economico gli oliveti dei bassi versanti del Pratomagno (in particolare nella zona di Reggello) e i vigneti della parte più settentrionale del bacino. I fenomeni di urbanizzazione del fondovalle hanno un notevole peso locale ma marginale a scala di bacino (il 2% del territorio); enorme impatto locale hanno invece le attività estrattive che all'epoca del rilevamento dei dati coprivano ca 11 kmq (1,1% dell'intero bacino) nella zona di Cavriglia (Ar).



Come il Valdarno Superiore quello medio presenta una notevole variabilità in cui, però, le tipologie di uso del suolo hanno una distribuzione più caratterizzata. Una peculiarità del bacino è data dal notevole sviluppo della superficie urbanizzata (8,1%) concentrata in massima parte nell'area della piana di Firenze - Pistoia (cfr. Par. 0) e ottenuta in massima parte a danno dei seminativi (13,8% del bacino,

anch'essi concentrati nella zona di pianura) con i quali, nelle zone in cui persistono gli spazi agricoli, vi è una diffusa compenetrazione. Il territorio agricolo collinare è dominato dalle colture permanenti e dalle zone eterogenee (rispettivamente 17,9% e 13%): la vite prevale nella zona del Chianti, con i diffusi impianti specializzati e le ben note condizioni di eccellenza qualitativa. Generalmente 'olivo, che risulta maggioritario sulla vite, ha il suo areale ai piedi del Monte Albano o nelle colline intorno a Firenze. Si presenta generalmente in impianti di tipo tradizionale e, solo occasionalmente, in moderni impianti specializzati. Da sottolineare il rapido mutamento degli appezzamenti agricoli dove si sviluppa la viticoltura; tanto rapido che, per alcune zone, i dati del Corine richiederebbero già un esteso aggiornamento. A conferma della buona tenuta della superficie agricola rispetto ai fenomeni di abbandono recente si noti che la quasi totalità delle zone caratterizzate da vegetazione arbustiva ed erbacea (2,1% del bacino) è concentrata sul crinale del rilievo della Calvana ed è di fatto assente nelle zone agricole collinari. La superficie forestale è la tipologia maggioritaria del bacino (40,9% del totale) anche con esempi di continuità spaziale notevoli (il bacino dell'alto Bisenzio è coperto per il 93% da boschi) . Presenta inoltre una certa articolazione nelle formazioni presenti, anche se predominano i boschi di latifolia (25,3% del bacino) ed è rimarchevole la percentuale delle formazioni miste (12,5%) che si sommano ad un limitato 3,2% di boschi puri di conifere. Le prime, però, ad una attenta analisi risultano anch'esse a predominanza di conifere (le formazioni di cipressete del Monte Morello e le pinete di Pino Marittimo del monte Albano ne sono un esempio).



L'estensione e la variabilità delle condizioni ambientali è tale che il Valdarno Inferiore mostra, necessariamente, una forte eterogeneità nell'uso del suolo. I dati riportati hanno quindi qui, più che in altri casi, una valenza generale. L'uso dominante è quello agricolo (62,3%) e le tipologie ad esso associate hanno una diffusione relativa piuttosto equilibrata: anche se prevalgono i seminativi (28,9%, concentrati soprattutto nell'ultimo tratto della piana alluvionale e in Val d'Era) hanno una notevole diffusione le zone agricole eterogenee (19,4% del bacino)¹⁹ e le colture permanenti (11,2%); tra quest'ultime la maggiore

diffusione dei vigneti si registra nelle aree del Chianti Geografico, del Chianti Classico (Val di Pesa e Val d'Elsa) del Chianti Monte Albano e infine della zona di origine della Vernaccia di San Gimignano²⁰. Le olivete invece si concentrano, talvolta in situazioni ambientali di grande pregio, alle falde del Monte Albano e del Monte Serra e sulle colline della Val di Nievole. Le aree boscate hanno una diffusione non secondaria (28,6% del bacino) e presentano una notevole variabilità (i boschi misti sono ben il 30% della superficie forestale e quelli puri di conifere il 7%) non di rado hanno un discreto pregio

¹⁹ Quanto riportato in nota 18 è confermato dai dati relativi alle zone agricole eterogenee del Valdarno inferiore, dove la % di 'colture annuali associate a colture permanenti' è troppo limitata per essere considerata attendibile (solo il 2,3% delle zone agricole eterogenee): una rapida analisi delle ortofoto AIMA avvalorava questa considerazione.

²⁰ Nel caso della Vernaccia di San Gimignano si è sviluppata negli ultimi 30 anni una sorta di 'monocoltura' del vigneto a danno della struttura promiscua dell'agricoltura tradizionale (Gregori et al., 1996). Secondo il Corine il 23% del territorio comunale è coperto da vigneti specializzati (dato coerente con lo studio citato) pari a ben il 40% della superficie agricola, questa percentuale nel vicino comune di Certaldo (quello con la maggiore diffusione del vigneto tra i comuni confinanti) è solo del 24,7%.; è evidente, quindi, il ruolo determinante legato alla perimetrazione della zona DOCG che coincide proprio con il territorio comunale.

economico e paesaggistico (ricordiamo solo i boschi e le pinete litoranee, le leccete di Poggio al Comune e di Monte Maggio, i cedui di castagno della val di Nievole, etc.); in alcune aree è purtroppo assai rilevante la frequenza e l'estensione degli incendi boschivi²¹, elemento di pressione notevole sull'evoluzione della copertura forestale. La concentrazione storica degli insediamenti umani lungo il corso inferiore dell'Arno ha determinato anche l'evoluzione recente del tessuto urbano, tanto che il 4,8% del territorio (ben 177 kmq) è classificato come tale dal Corine.

²¹ Quasi tutte le aree a maggior rischio d'incendio del bacino dell'Arno ricadono nel Valdarno Inferiore e prima fra tutte il Monte Serra (di cui abbiamo già accennato nel par. 0) quindi il Monte Albano, le Cerbaie di Fucecchio, le colline del crinale tra Pesa e Greve.

Climatologia

Il territorio è caratterizzato, come è stato illustrato più sopra, da una topografia ed una orografia piuttosto complesse, che giocano un ruolo importante nella definizione climatica di tutto il bacino. L'orientamento della catena appenninica assicura per un verso la protezione dalle correnti fredde e normalmente secche provenienti da Nord Est, per un altro una particolare risposta alle correnti umide di Sud-Ovest. In particolare determina un incremento dell'intensità dei sistemi di precipitazione di natura orografica; rallenta lo spostamento dei sistemi frontali ed inoltre esalta, occasionalmente e soprattutto in particolari condizioni climatiche stagionali, l'innescò di sistemi temporaleschi intensi.

Il clima del territorio toscano varia da tipicamente Mediterraneo a temperato caldo e freddo seguendo principalmente i gradienti relativi alla quota, alla latitudine ed alla distanza dal mare. E' comunque possibile distinguere all'interno del bacino imbrifero del fiume Arno alcune sotto-aree più omogenee che corrispondono, in prima approssimazione, ai sottobacini: *Casentino, Chiana, Valdarno Superiore, Sieve (Mugello), Valdarno Medio e Inferiore, Zona Costiera*.

Regime Termico

In base alla figura 46 e Figura 47 che illustrano il campo termico medio annuo, relativamente alle temperature massime e minime, è possibile osservare che esiste un gradiente longitudinale della temperatura, più marcato per le temperature minime, maggiormente legate a condizioni geografiche locali, minore per quanto riguarda le temperature massime. Il mese più freddo è di solito gennaio, mentre quello più caldo risulta essere luglio. L'andamento mensile delle temperature è nel complesso caratterizzato in tutto il bacino da un progressivo aumento da gennaio sino a luglio, e da una altrettanto progressiva diminuzione da luglio a dicembre. I valori variano per le temperature massime annue da un minimo di 9 gradi ad un massimo di 20 e per quanto riguarda le minime da 3 fino a 10 gradi.

Giocano un ruolo non secondario altri due fattori: l'effetto della vicinanza del mare e il carattere di continentalità tipico delle vallate più interne. Caratteri di continentalità sono riscontrabili soprattutto nel Casentino e nel Mugello, dove è più frequente l'accumulo di aria fredda di drenaggio in particolare nei mesi invernali. Questo favorisce anche l'insorgenza del fenomeno della nebbia.

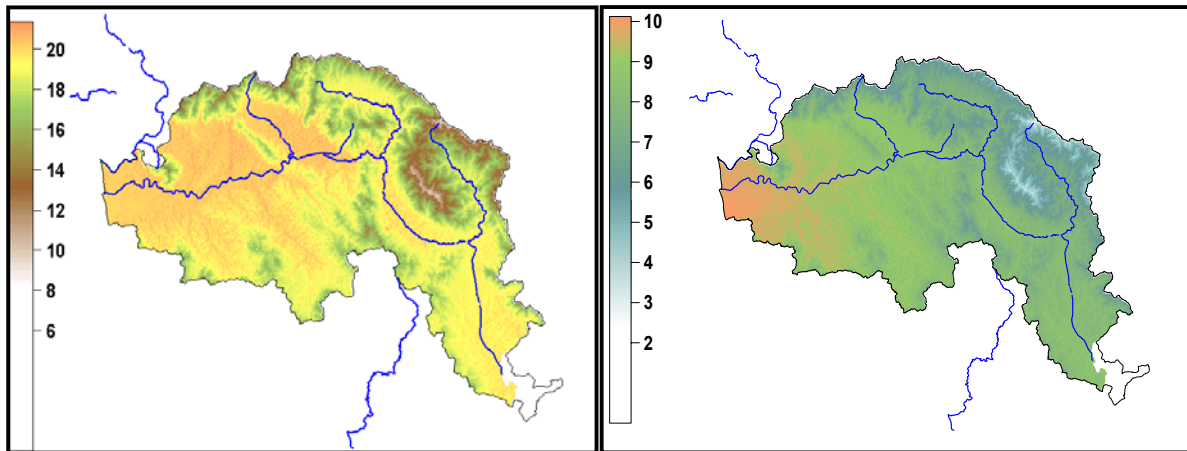


figura 46: Temperatura massima media annua (°C) Figura 47: Temperatura minima media annua (°C)

Il carattere di continentalità del territorio su cui insiste il bacino dell'Arno può essere agevolmente rappresentato dalla escursione termica annua (Figura 48) ovvero la differenza fra la temperatura media del mese più caldo e quello del mese più freddo. Risulta evidente anche in questo caso come il grado di continentalità cresce verso est. Questo si traduce in una riduzione dell'escursione, anche a livello giornaliero, procedendo dalla sorgente verso la foce del fiume Arno

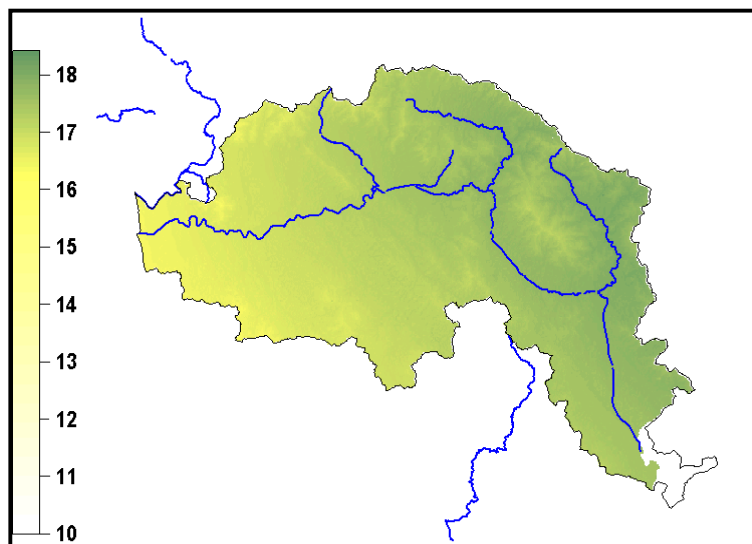


Figura 48: Escursione termica annua

Regime Pluviometrico

La morfologia del territorio influenza anche gli aspetti pluviometrici del clima del Bacino del Fiume Arno, anche se in maniera minore, considerato il carattere più aleatorio delle precipitazioni. La Figura 49 mostra la distribuzione spaziale dei totali pluviometrici annui medi, che variano tra i 600 mm e i 2400 mm annui. Le aree a maggiore piovosità si rivelano il Mugello ed i rilievi della catena appenninica, nonché il Pratomagno. La relazione tra quota e piovosità risulta fortemente significativa, ma è da tenere in considerazione anche l'elemento *esposizione dei versanti*, in relazione all'interazione con le correnti di aria umida provenienti dal Mediterraneo centro-occidentale.

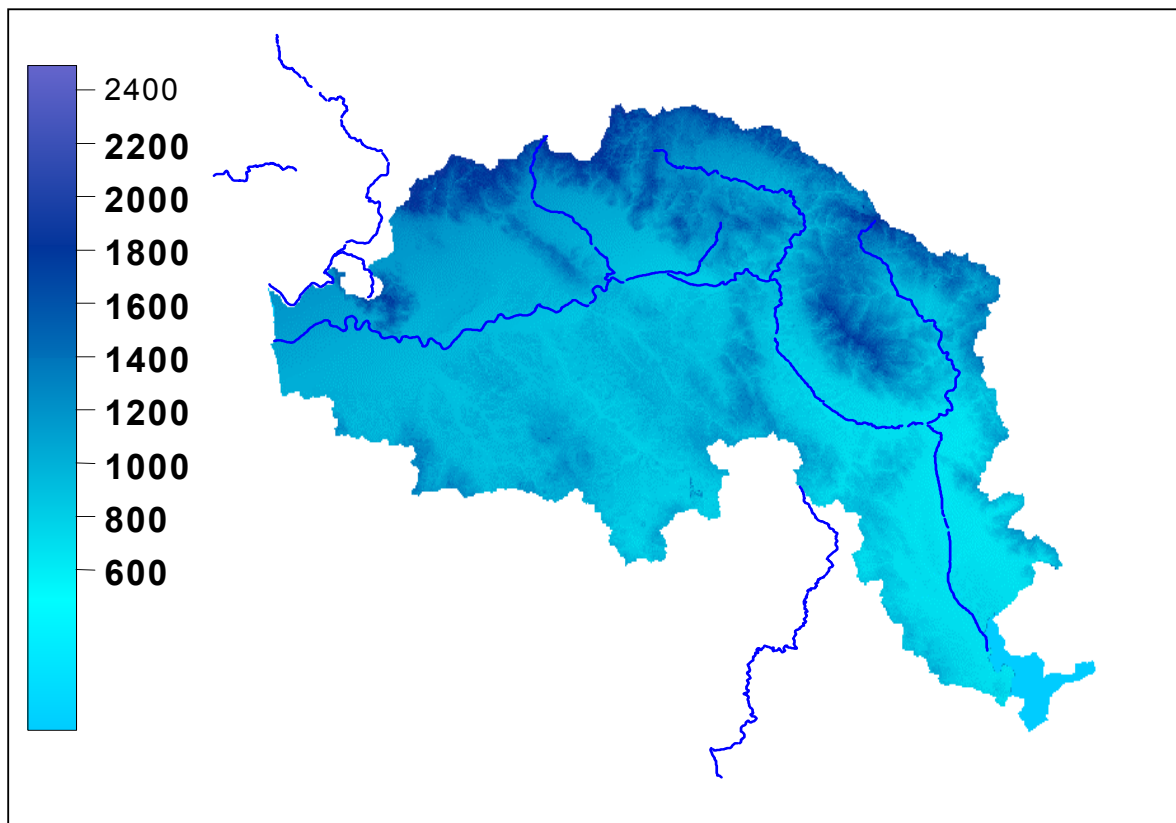


Figura 49: Precipitazione medie annue

La disaggregazione a livello stagionale della pluviometria media nel Bacino del Fiume Arno identifica i seguenti regimi: *sublitoraneo* nelle zone più interne, con massimi in autunno e primavera e minimo estivo, e *submediterraneo* o *mediterraneo* nelle zone più prossime alla costa, con massimo invernale e minimo estivo. Il regime *continentale*, con massimo estivo e minimo invernale, è scarsamente individuabile e può presentarsi sporadicamente in qualche anno nelle parti più interne del bacino.

Dal punto di vista meteorologico alle precipitazioni estive contribuiscono in buona parte i fenomeni a carattere convettivo (temporalesco) locale, mentre le precipitazioni autunnali e

soprattutto invernali derivano in gran parte dal passaggio di sistemi frontali su scala più grande e manifestano un notevole effetto da incremento orografico. Come risulta dall'analisi della Figura 50 e seguenti, la stagione mediamente più piovosa risulta essere l'autunno, con un massimo nei mesi di ottobre e novembre. La stagione meno piovosa è sicuramente l'estate. La stagione invernale è invece quella che mostra la maggiore variabilità territoriale (Figura 53). La variabilità interannuale del regime pluviometrico caratteristico del bacino del Fiume Arno risulta più contenuta rispetto ad altre aree italiane.

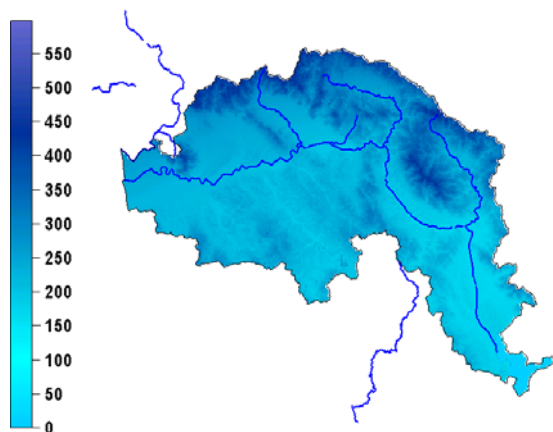


Figura 50: Precipitazioni primaverile

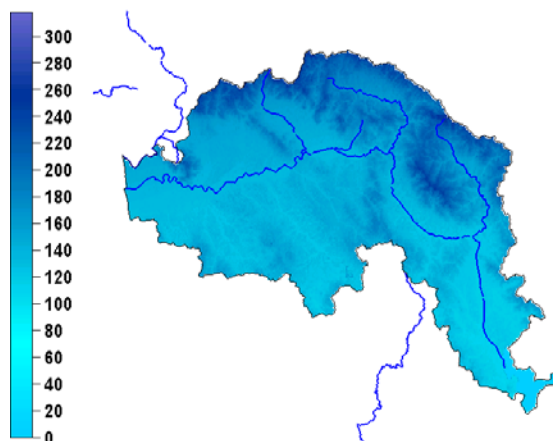


Figura 51: Precipitazioni estive

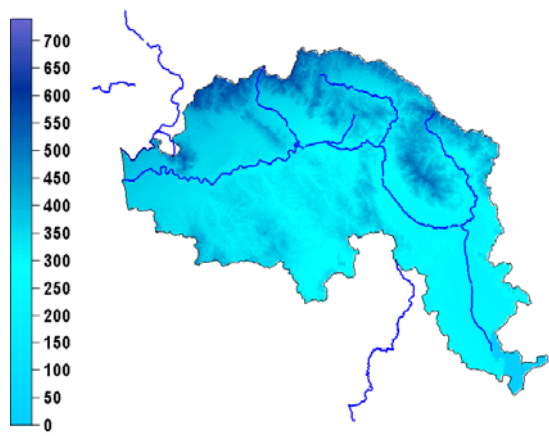


Figura 52: Precipitazioni autunnali

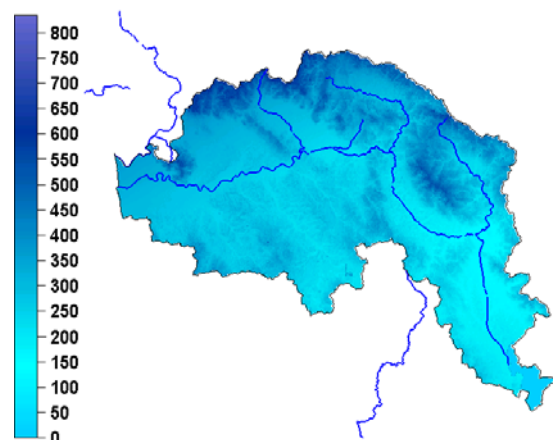


Figura 53: Precipitazioni invernali

La caratterizzazione spaziale degli estremi pluviometrici è un'altra proprietà importante nella definizione climatica di un territorio, soprattutto in funzione della sua risposta idrologica.

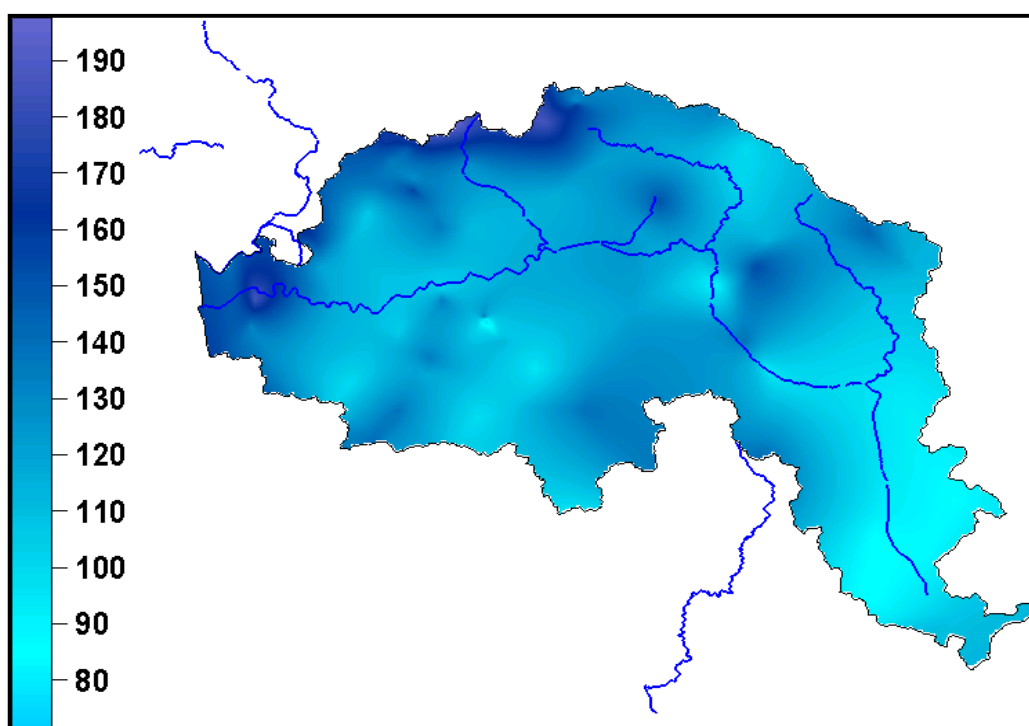
La Figura 55 e la

Figura 55 illustrano la distribuzione sul territorio degli estremi pluviometrici per durate rispettivamente di 24 e di 3 ore, con un tempo di ritorno stimato pari a 30 anni. Si evidenziano così le zone soggette agli eventi estremi più intensi. Alla durata di 24 ore, quindi nei casi in cui gli eventi estremi derivano generalmente da intensi sistemi frontali

estesi e relativamente persistenti, le aree soggette agli eventi più importanti risultano quelle settentrionali a ridosso dell'alto Appennino, il Pratomagno e l'alto Casentino, l'area dei Monti del Chianti, nonché i Monti Pisani.

La relazione con la quota, cioè i rilievi montuosi, è evidente; ma lo è anche la vicinanza del mare, quale sorgente di umidità, e l'esposizione alle correnti meridionali e sud-occidentali. Alla durata di 3 ore, quindi nei casi in cui gli eventi estremi derivano generalmente da intensi sistemi temporaleschi a scala più piccola, le aree soggette agli eventi più intensi risultano quelle occidentali e in misura minore le zone a ridosso dell'alto Appennino, il Pratomagno e i Monti del Chianti, evidenziando così una distinta relazione con la vicinanza del mare e in parte l'esposizione alle correnti meridionali e sud-occidentali.

Figura 54: Distribuzione delle precipitazioni estreme per durate di 24 ore, sulle 24 ore associate a un Tempo di ritorno pari a 30 anni



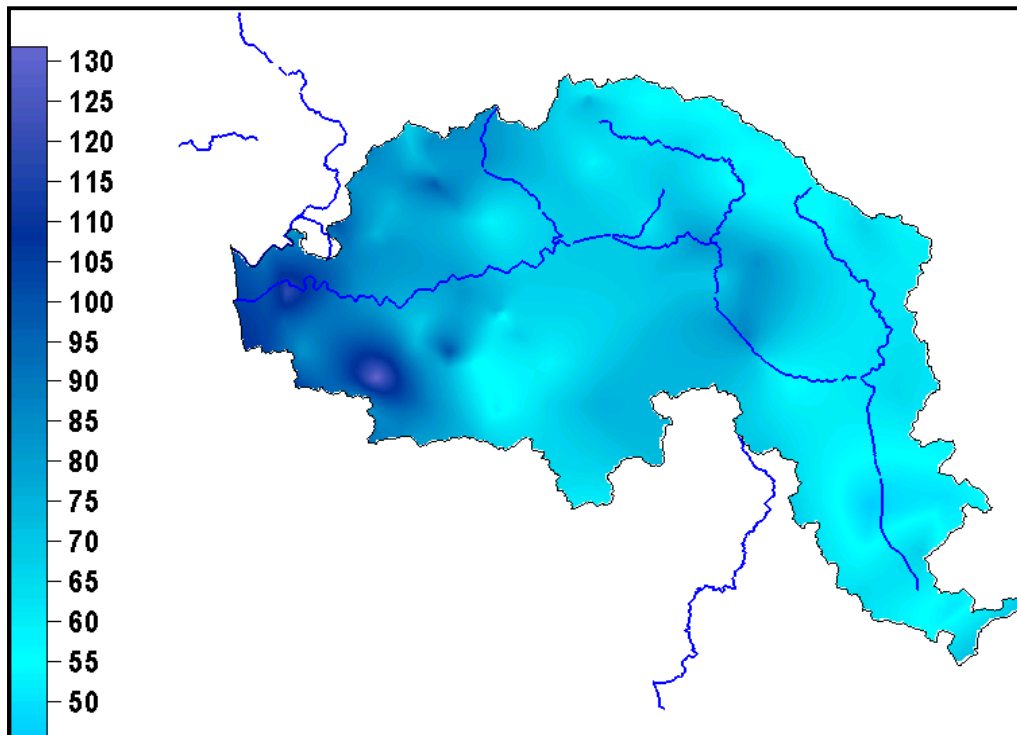
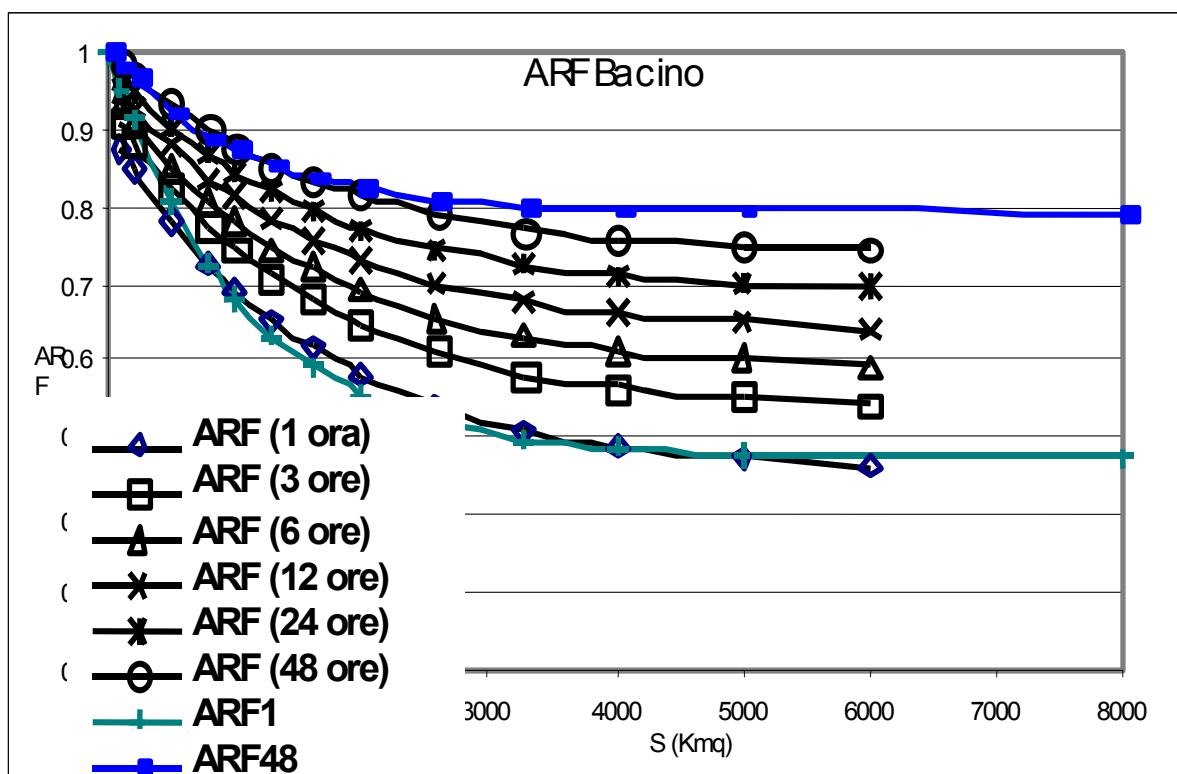


Figura 55: Distribuzione delle precipitazioni estreme per durate di 3 ore, associate a un tempo di ritorno pari a 30 anni

Figura 56.: Relazione tra Fattore di Riduzione Areale (ARF) e dimensione dell'area di afferenza delle precipitazioni, per il bacino dell'Arno



La relazione tra gli estremi pluviometrici locali e la quantità di pioggia afferente ad un'area più vasta, associata allo stesso periodo di ritorno, può essere calcolata empiricamente tramite un Fattore di Riduzione Areale (ARF): informazione estremamente utile per la valutazione della risposta idrologica del bacino. (Figura 57)

La variabilità naturale del clima e probabilmente il cambiamento climatico in corso, anche per mezzo del graduale aumento della temperatura superficiale del Mediterraneo centro-occidentale, ha contribuito a modificare recentemente la distribuzione degli estremi pluviometrici.

La Figura 58 illustra la distribuzione delle variazioni, verificatesi fra gli ultimi 25 anni e tutta la serie storica considerata, degli estremi pluviometrici di durata 3 ore associati a tempo di ritorno pari a 30 anni. Emerge la tendenza all'incremento dell'intensità degli eventi estremi nelle aree sud-occidentali e centrali del bacino, compresa l'area fiorentina, e una diminuzione nelle zone più interne.

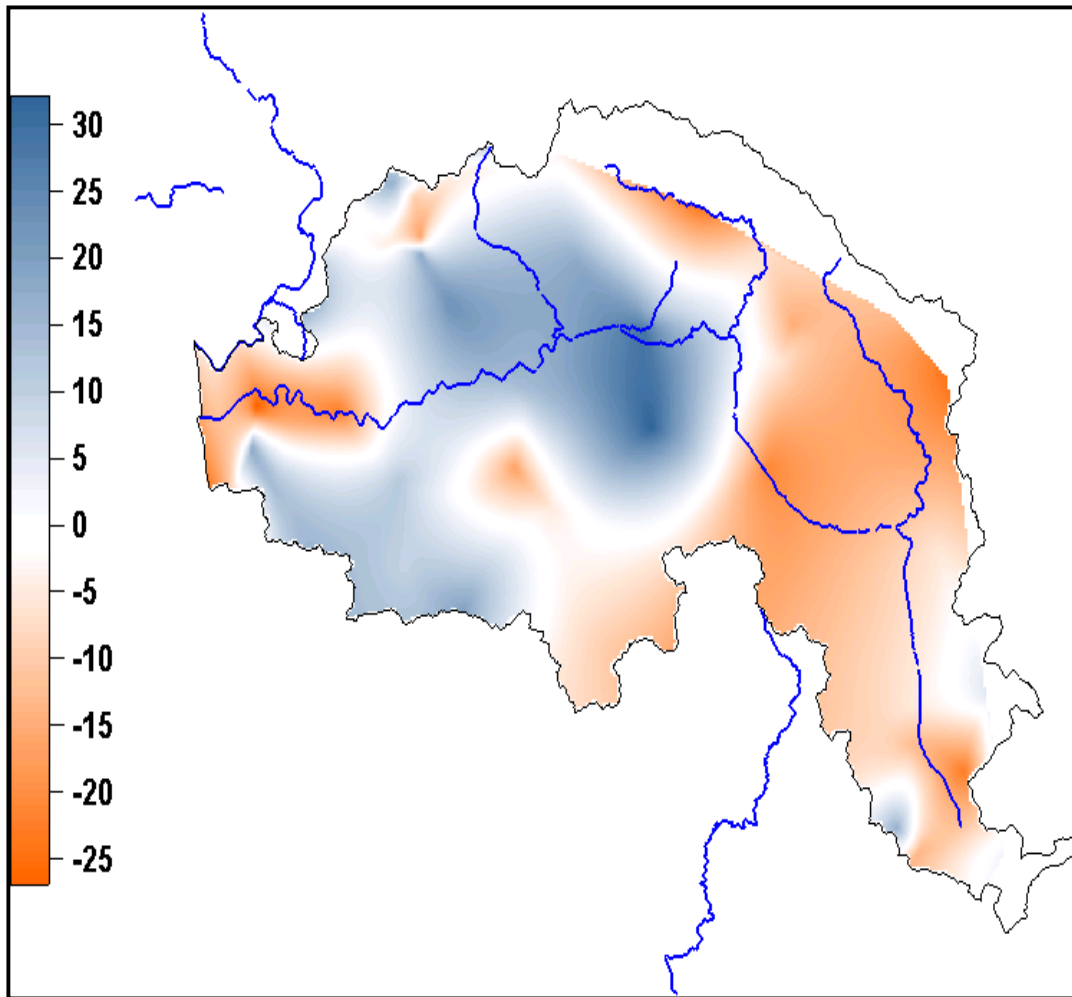


Figura 57: Mappa della variazione degli estremi pluviometrici di durata 3 ore e tempo di ritorno pari a 30 anni, negli ultimi 25 anni.

Una conferma della suddetta evoluzione degli eventi estremi è possibile ricavarla dai dati prodotti dal G.N.D.C.I - C.N.R., relativi alla frequenza degli eventi alluvionali nella Provincia di Firenze, dove è evidente l'aumento nel numero nell'ultimo quinquennio.

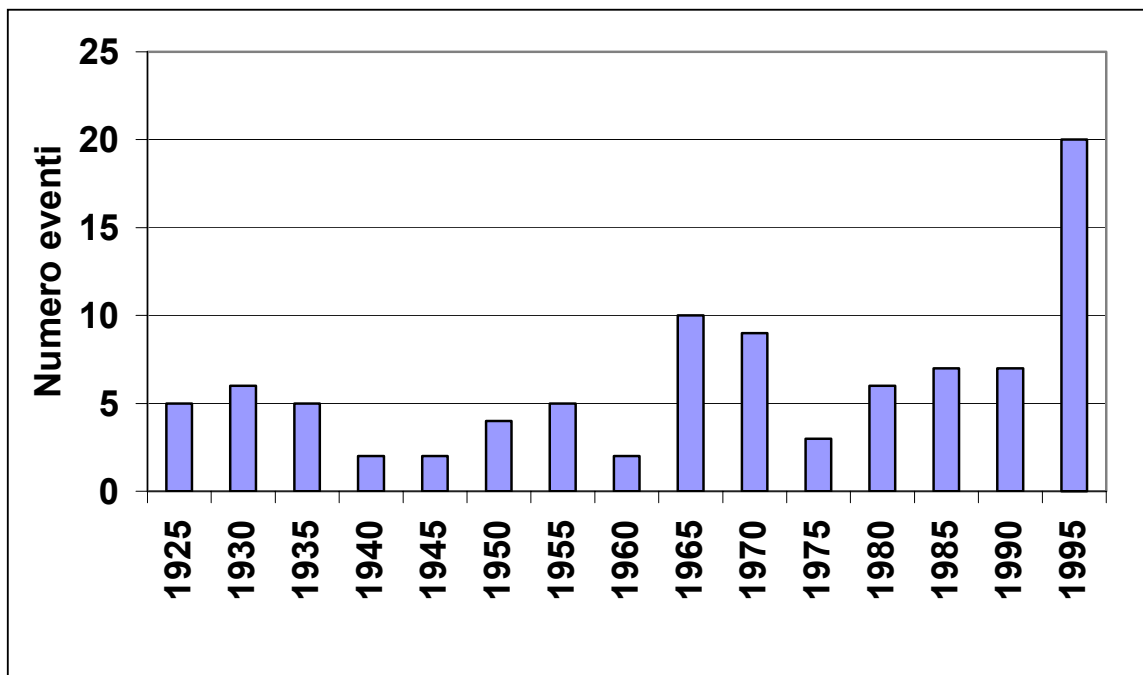


Figura 58: Numero di eventi alluvionali in Provincia di Firenze per quinquenni (fonte: GNDICI-CNR).

Siccità

Un ulteriore aspetto interessante del clima è la distribuzione della siccità, misurata come sequenza media di giorni non piovosi, consecutivi, che viene rappresentata nella Figura 59 e nella Figura 60 come distribuzione media a livello stagionale estivo ed invernale. Le zone più continentali, come il Casentino e il Mugello, mostrano periodi aridi più corti, mentre la siccità si fa sentire in maniera più forte nella parte meridionale del bacino.

I valori sono compresi tra i 6 giorni e i 12 giorni secchi consecutivi per l'estate e tra i 4 giorni e gli 8 giorni per l'inverno, quando la variabilità spaziale di questa caratteristica è inferiore, evidentemente risentendo della scala spaziale più grande dei sistemi atmosferici responsabili dei fenomeni pluviometrici. Il periodo arido risulta un fattore di grande impatto sia ai fini della gestione idrologica del Bacino, in quanto legato alla portata minima vitale, sia ai fini del rischio di incendio (sia estivo che invernale) causa quest'ultimo di modificazione della qualità della copertura vegetale del terreno e quindi strettamente legato al rischio di erosione.

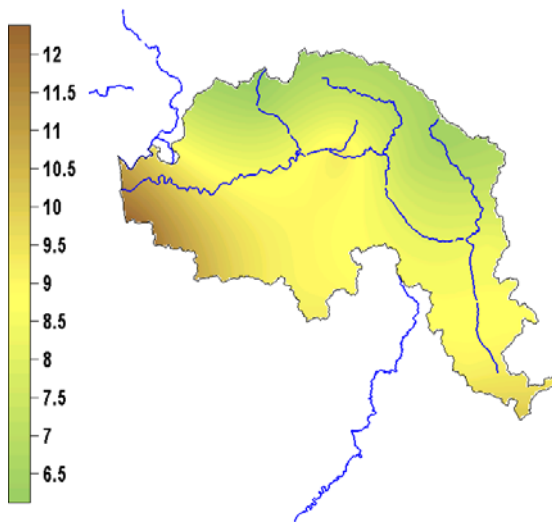


Figura 59: Periodo arido medio estivo

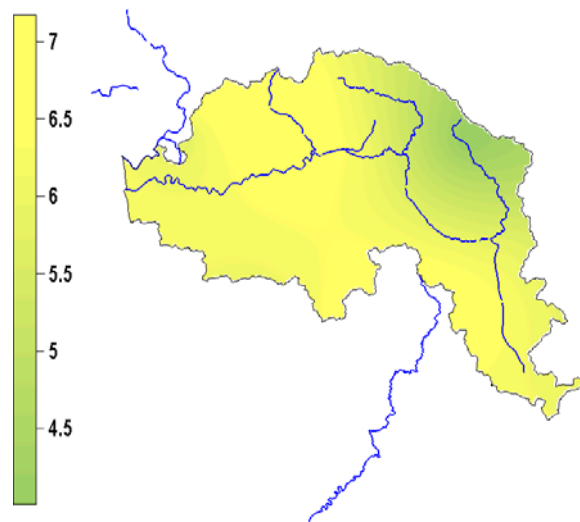


Figura 60: Periodo arido medio invernale

REGIME EOLICO

L'ultimo dei parametri climatici considerati è il regime eolico ed in particolare la sua componente direzionale. Per il bacino dell'Arno non si dispone di un elevato numero di Stazioni storiche di misura del vento, tuttavia dai dati disponibili è possibile ricostruire un quadro sufficientemente rappresentativo della circolazione superficiale delle masse d'aria (Figura 16). L'esame dei dati conferma in primo luogo la stretta relazione tra la posizione geografica, l'orografia e il regime dei venti. Presso la costa i venti dominanti provengono dai quadranti occidentali ed orientali in accordo con i grandi sistemi di pressione stagionali e le circolazioni di brezza nei periodi primaverile e soprattutto estivo.. Presso Firenze i venti più frequenti sono quelli provenienti dai quadranti nord-occidentale e sud-orientale. Nel periodo estivo, invece, prevalgono i venti dai quadranti occidentali.

Nella Val di Chiana lo sviluppo meridiano della valle favorisce la circolazione delle masse d'aria provenienti dai quadranti meridionali e settentrionali mentre sui rilievi la circolazione appare decisamente più varia e meno prevedibile, in gran parte influenzata da situazioni locali.

I valori massimi dell'intensità del vento si osservano in corrispondenza delle zone costiere e delle aree più esposte ai venti di Nord-Est, come quelle del Casentino.

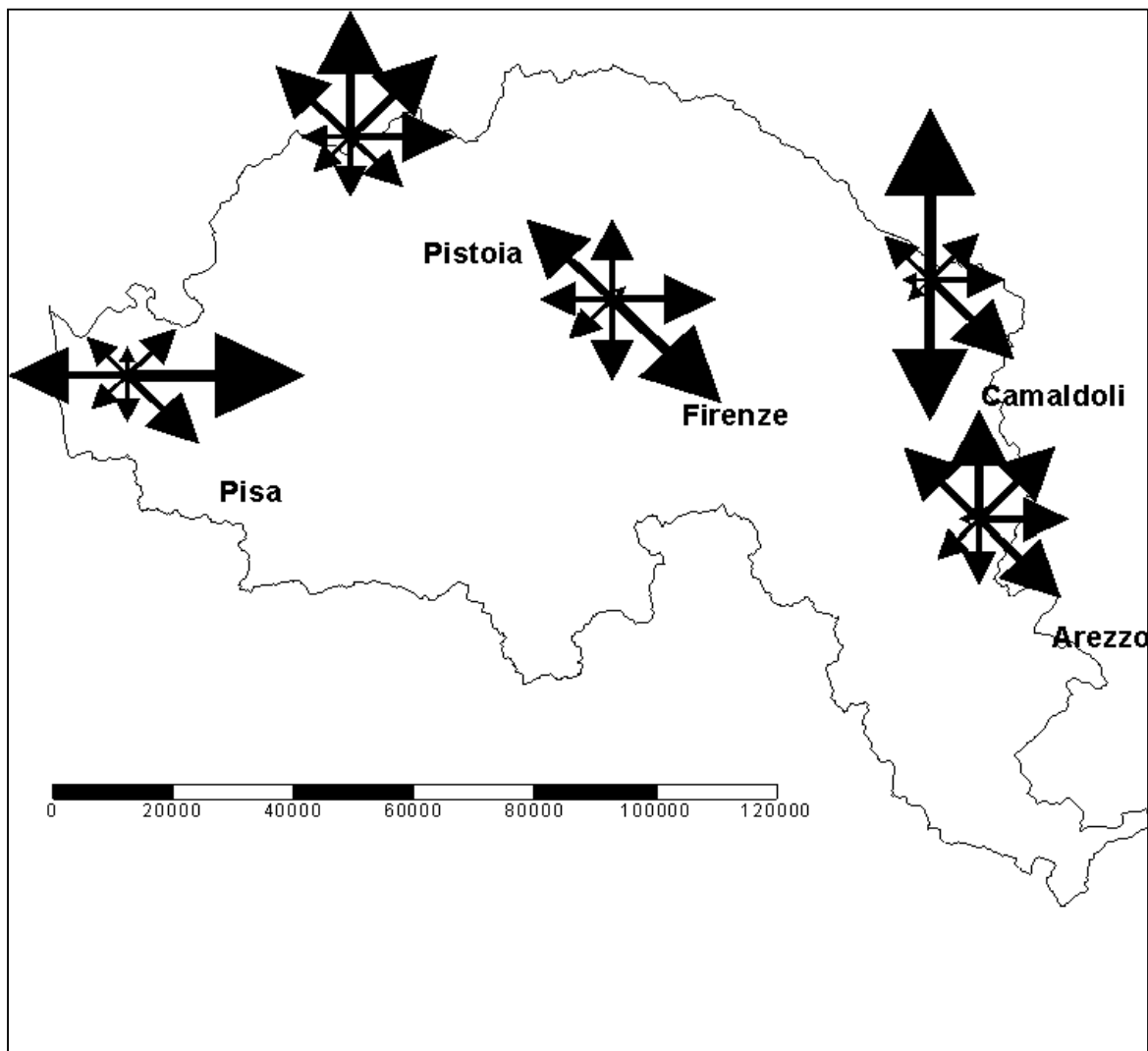


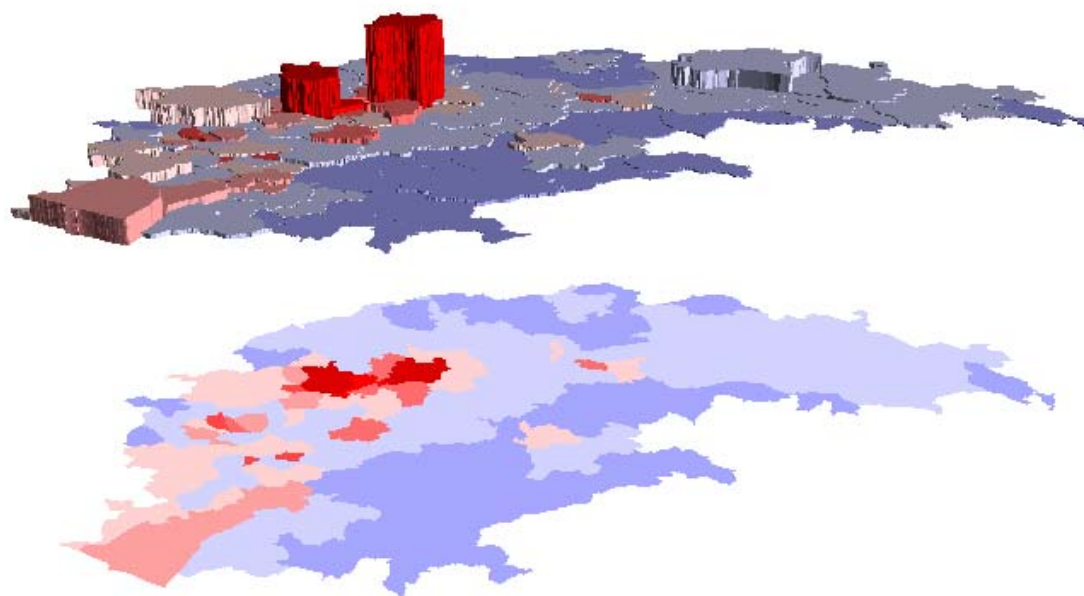
Figura 61: Rappresentazione della frequenza media annua della direzione del vento dai vari quadranti (Le frecce indicano la direzione di provenienza)

Contesto socio economico e strutturale

ASPETTI DEMOGRAFICI

I Comuni interessati dal bacino dell'Arno, almeno per una frazione non marginale della propria superficie, sono 162²². Per essi sono disponibili i dati di popolazione residente e presente per un arco di tempo che va dal 1861 al 1998 (CNUCE, 1990?; ISTAT 1994; ISTAT 2000). Ciò permette di abbozzare non solo le dinamiche demografiche recenti ma, anche, quelle di medio e lungo periodo.

Figura 62: L'altezza dei solidi è proporzionale al numero di abitanti, la colorazione è funzione della deviazione standard del valore di densità: rosso positivo, blu negativo, l'intensità del colore è funzione del valore. Dati 1998



Il valore totale della popolazione dei 162 Comuni considerati è, al 31 Dicembre 1998, di 2.504.836 con una variazione positiva di sole 4.015 unità rispetto al censimento del 1991 (+0,16%) e negativa rispetto al 1981 per 18.669 residenti. La media di densità è di 214 abitanti per kmq, ma la densità sale sensibilmente ad un valore di 233 ab.\kmq se si

²²Per la trattazione degli aspetti demografici del bacino dell'Arno è necessario considerare il dato aggregato per Comune. E' stata fatta, quindi, la scelta di considerare tutti i Comuni toccati dal bacino idrografico dell'Arno, salvo quelli la cui superficie relativa interessata è del tutto marginale; il valore limite di superficie relativa è stato determinato nell'1% del territorio comunale, questo coincide con un valore assoluto di 100 ettari (1 kmq). La superficie totale dei Comuni considerati risult, quindi ben superiore a quella del bacino, essendo pari a 11693 kmq contro i 9131 kmq; considerando, invece, un valore limite del 50% il numero di Comuni si riduce a 142 per una superficie totale di 9562 kmq.

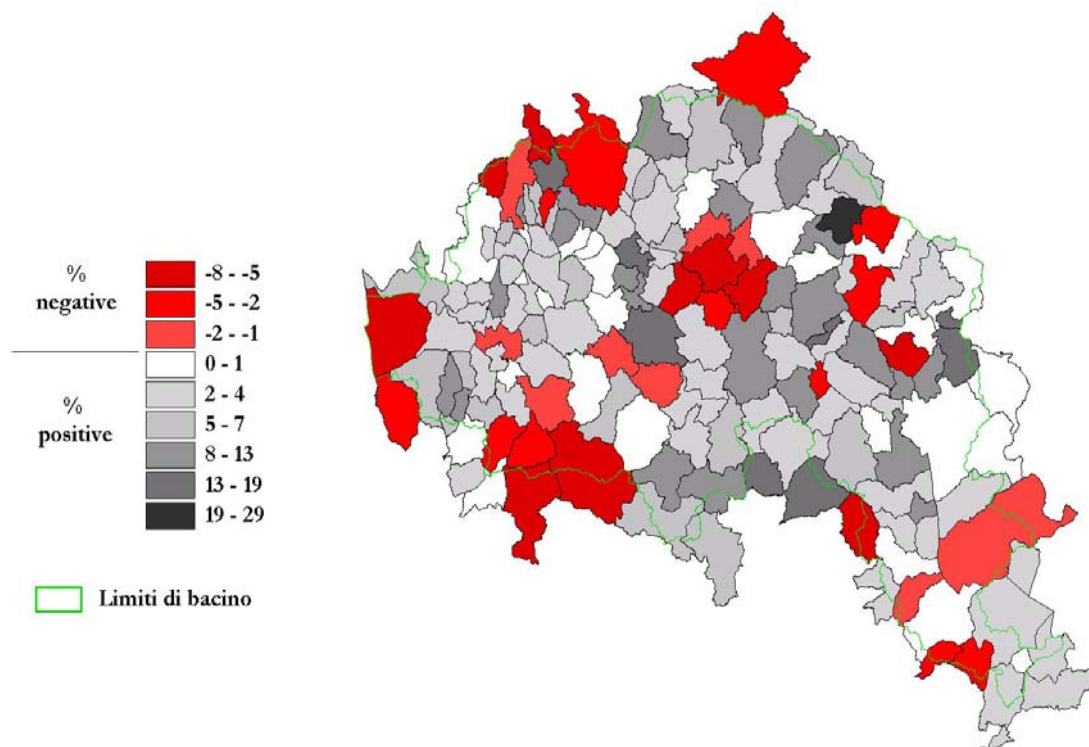
considerano solo i Comuni che sono interessati per almeno il 50% del proprio territorio dal bacino dell'Arno: in questo modo vengono esclusi, infatti, alcuni tra di essi, molto estesi e a bassa densità prossimi agli spartiacque. Da sottolineare che il saldo naturale sarebbe ampiamente deficitario (nell'ordine delle decine di migliaia di unità), se non fosse per il consistente movimento immigratorio (in cui la frazione estera copre ca il 15%)²³.

Nella Figura 62, si nota che le cifre medie relative all'intero bacino hanno un significato limitato. Nei 20 Comuni più densamente abitati si contano ca 1.073.000 ab. pari al 43% della popolazione, se si considera ancora delle due metà dei Comuni quella più densamente abitata (81 Comuni in totale per 4.524 kmq) si contano ca 2.091.000 abitanti, pari all'83,4% della popolazione. Il rimanente 16,6% è distribuito sulla seconda metà dei Comuni considerati (414.000 abitanti circa su 7.169 kmq). Come si può anche notare dalla Figura 62, i maggiore valori di densità si hanno nei Comuni della piana di Firenze – Pistoia: in essi si concentrano ben 934.702 residenti, con una densità media di 934 ab per kmq, con punte di 3683 ab./kmq a Firenze e 1753 ab./kmq a Prato, ma anche 3300 ab./kmq nella parte del comune di Scandicci che ricade nella piana.

La dinamica recente della popolazione è efficacemente illustrata in Figura 63, e risulta chiaro un fenomeno di 'riflusso' delle migrazioni interne toscane, accompagnato da tendenze di 'spopolamento' che seguono un andamento quasi cinquantennale. A fronte di una sostanziale stabilità della popolazione totale del bacino (ricordiamo che il saldo positivo '91-'98 è di sole 4015 unità) i Comuni fortemente urbanizzati hanno conosciuto un sensibile calo dei residenti a favore di quellivicini e con strutture urbane meno dense o prevalentemente a case sparse. Firenze ha perso nel periodo '91-'98, 26.534 residenti (ma ben 71.571 rispetto al 1981, -16%) Pisa 6.434 (-12.015, tra l'81 e l'98) Pistoia 1924 (-6368 nell'intervallo '81-'98). Per il fenomeno di ripresa del numero di residenti di alcuni Comuni vi sono casi eclatanti: ad esempio, il Comune di Londa (Arezzo) dopo aver conosciuto un saldo negativo del 50,1% nel periodo '51-'81 è cresciuto dell'44% circa tra l'81 e il '91 e del 29% nel periodo '91-'98; i Comuni di Montespertoli e Carmignano, rappresentativi dello spostamento verso la campagna verificatosi negli ultimi anni dall'area fiorentina e pratese, hanno conosciuto prima decrementi sensibili (rispettivamente -24% e -9% nel periodo '51-'81) e poi nel periodo '91-'98 i tassi di crescita tra i più alti del bacino (rispettivamente 16,2% e 15,7%). Più complessa la dinamica dei Comuni con estesi territori sia a vocazione urbana che prettamente agricola (collinari): essi hanno conosciuto crescite della popolazione anche notevolissime (come Scandicci, vedi Tabella 12) concentrate nelle aree di pianura, seguite da aumenti marginali o decrementi del periodo '91-'98. Questi ultimi valori, però, risultano fortemente influenzati da spostamenti interni verso le aree collinari.

²³ Questi dati sono sommariamente estrapolati dal dato aggregato regionale.

Figura 63: Saldo percentuale della popolazione dei Comuni del bacino dell'Arno dal 1991 al 1998

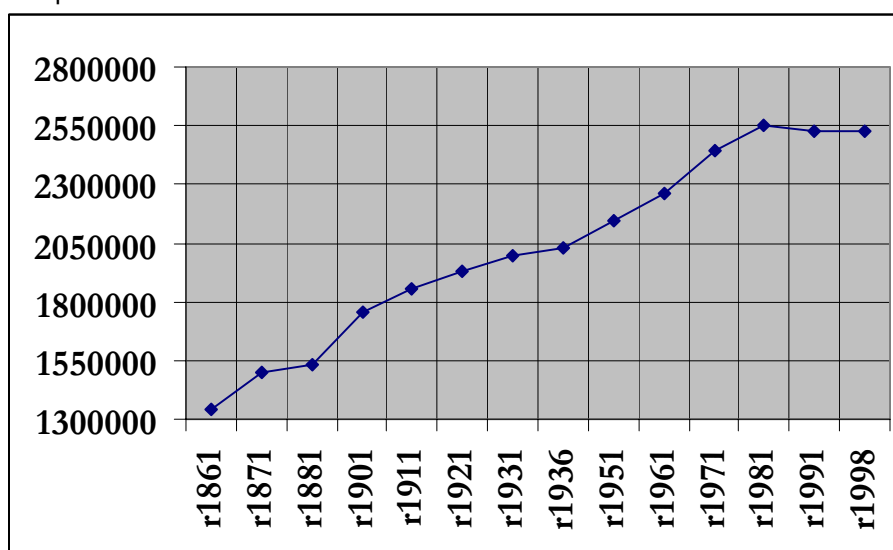


In alcune aree, invece, pare non essere cambiato nulla: soprattutto tra i Comuni periferici del bacino si registra l'ennesima diminuzione della popolazione residente. Così ad esempio Volterra (crf. Figura 66), Castel San Niccolò, Talla, Villa Basilica o Stia. Interessante eccezione è Montemignaio (AR) che conosce un lieve incremento (23 unità nel periodo '91-'98, legato peraltro quasi esclusivamente ad un saldo migratorio) dopo aver subito uno spopolamento quasi drammatico (conta esattamente 1\4 dei residenti rispetto al suo massimo storico).

DINAMICA A MEDIO E LUNGO TERMINE

Per avere un'idea delle dinamiche demografiche che ha interessato il bacino, da un contesto socio-economico quasi esclusivamente agricolo a quello attuale, può essere utile considerare il dato ultrasecolare dal 1861 al 1998. Il dato aggregato per i 162 Comuni²⁴ interessati dal bacino (vedi Figura 64) indica che il picco storico è stato registrato nel 1981 con 2.547.607 abitanti residenti e che prima di allora non si era mai registrato un decremento, almeno per i periodi intercensuari. Si notano tre fasi di notevole accelerazione: l'intervallo 1861-1871, quindi un secondo breve periodo dal 1881 e il 1901, una fase più prolungata dal 1936 al 1981 in cui la popolazione è aumentata di ca 500.000 unità, cui segue infine l'attuale fase di sostanziale equilibrio.

Figura 64: Popolazione residente nei 162 comuni interessati dal bacino dell'Arno dal 1861 al 1998

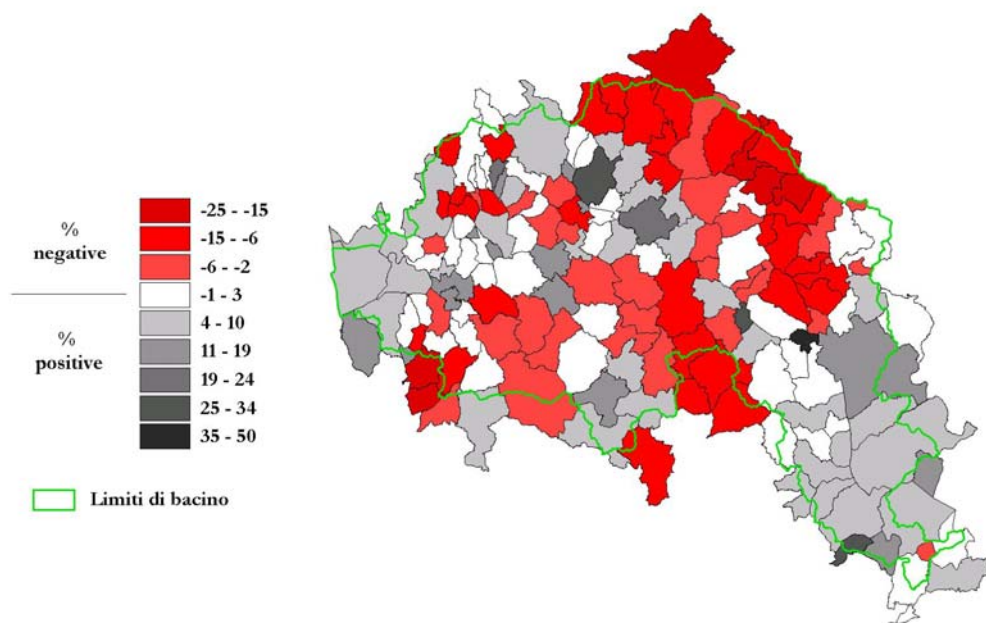


Le dinamiche, ovviamente, sono state molto diversificate per i diversi Comuni del bacino dell'Arno²⁵. Abbiamo già fatto riferimento alle variazioni di popolazione residente nel trentennio 1951-1981 per illustrare i cambiamenti della pressione umana (vedi par.0, Figura 36) notando l'evidente spostamento della crescita di popolazione residente verso le zone di pianura e il contemporaneo decremento dei comuni montani e collinari. Tenendo presente l'intervallo '51-'81 e analizzando la Figura 65 relativa all'intervallo 1931-1951, si registrano alcuni fatti considerevoli: il decremento dei residenti delle aree collinari e montane caratterizzate da una agricoltura più povera e di sussistenza è stato forte già a partire da una fase precedente al boom industriale, vi è invece una certa tenuta della popolazione residente nei Comuni in cui la resa dell'attività agricola era maggiore (Val di Chiana, Val d'Elsa e parte della Val d'Era, zone agricole lungo l'Arno) sino alla crisi degli anni '50 e '60. Contemporaneamente si registrano sensibili incrementi nei principali centri urbani che, però, hanno il loro picco in fasi temporali diverse.

²⁴ Dal 1861 a oggi i Comuni hanno avuto alcune variazioni nei limiti amministrativi: le principali antecedentemente al 1936. Per i Comuni che sono stati assorbiti in toto il dato è stato aggregato ma negli altri casi devono essere considerati gli errori dovuti alla diversa base territoriale.

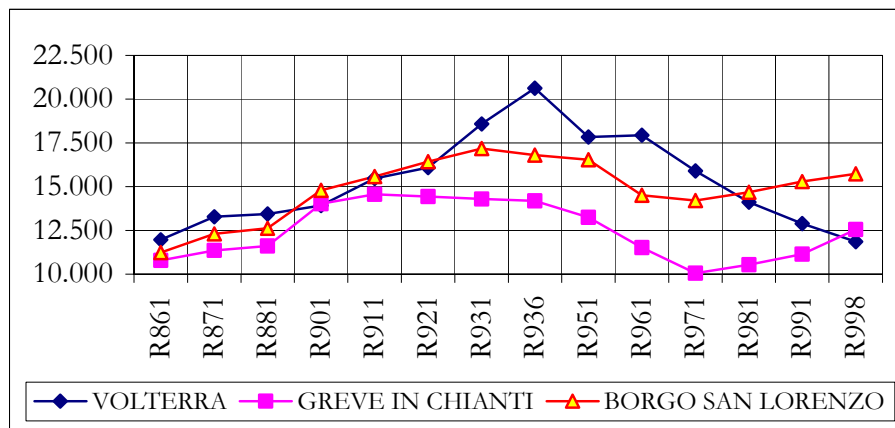
²⁵ Per avere un'idea della complessità del quadro anche per i Comuni minori è utile il saggio su Radda in Chianti di Cianferoni e Saltini (1988)

Figura 65: Variazioni % dei residenti nei Comuni del bacino dell'Arno dal 1931 al 1951



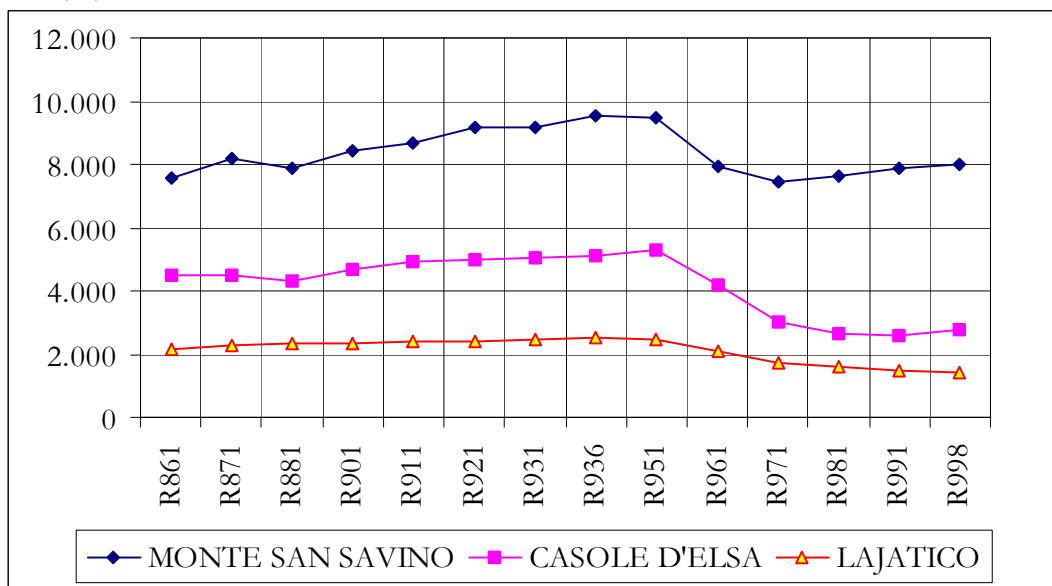
Ancora in riferimento ai fenomeni di decremento dei residenti si considerino i dati di tre Comuni (Figura 66). Volterra ha il suo picco di residenti nel 1936 seguito da un forte declino, sino ad avere una popolazione attuale analoga a quella del 1861; Borgo San Lorenzo conosce un declino di residenti già dal 1931; Greve in Chianti addirittura a partire dal 1911 (si noti però la costante ripresa dal 1971 ad oggi).

Figura 66: Residenti nei Comuni di Volterra (PI), Greve in Chianti (SI) e Borgo S.Lorenzo (FI) dal 1861 al 1998



La buona tenuta della popolazione residente in Val di Chiana, Val d'Elsa e in alcuni Comuni della Val d'Era sino agli anni '50 e la successiva crisi, è efficacemente illustrato dalla situazione di Monte San Savino, Casole d'Elsa e Lajatico (Figura 67).

Figura 67: Popolazione residente nel comune di Monte San Savino (AR), Casole d'Elsa (SI) e Lajatico (PI) dal 1861 al 1998



La diversa dinamica dei Centri urbani si legge bene nei dati di Scandicci (Tabella 12) nel grafico relativo ai Capoluoghi di provincia (Figura 68) e in quello riferito a quattro Centri minori particolarmente dinamici (Figura 69).

Tabella 12: pop. residente e variazioni intercensuarie 1936-1998 nel Comune di Scandicc (FI)

anno	1936	1951	1961	1971	1981	1991	1998	
abitanti residenti	14.967	15.115	18.218	47.441	54.038	53.523	50.657	
variazione intercensuaria	238	235	178	7	-6	-5	0	1998
	258	254	194	13	-1	0		1991
	261	258	197	14	0			1981
	217	214	160	0				1971
	22	21	0					1961
	1	0						1951

Figura 68: Popolazione residente nei Comuni capoluoghi di provincia ricadenti nel bacino dell'Arno dal 1861 al 1998

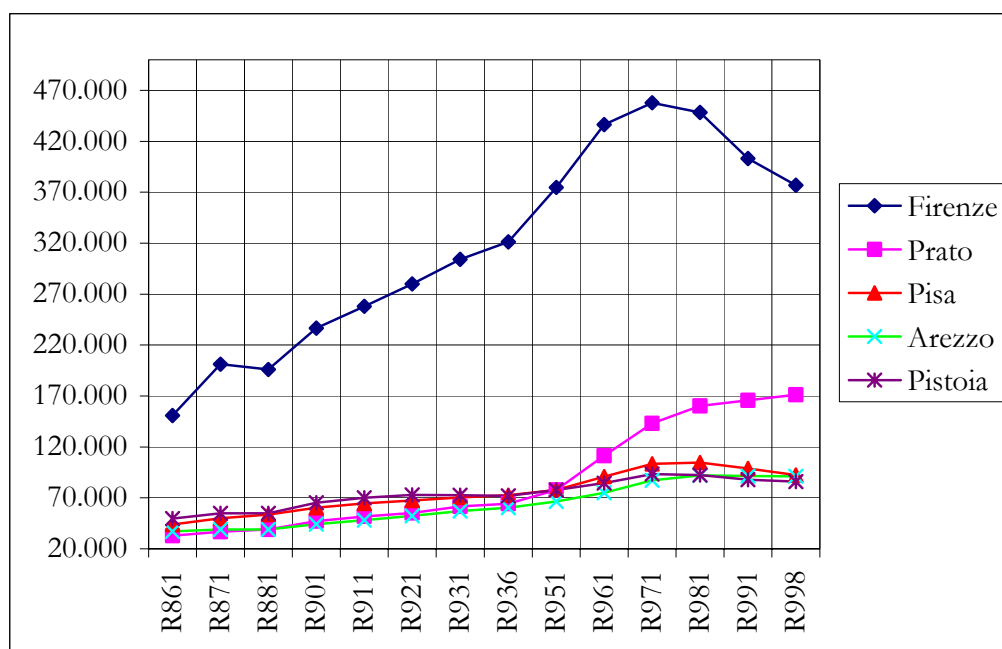
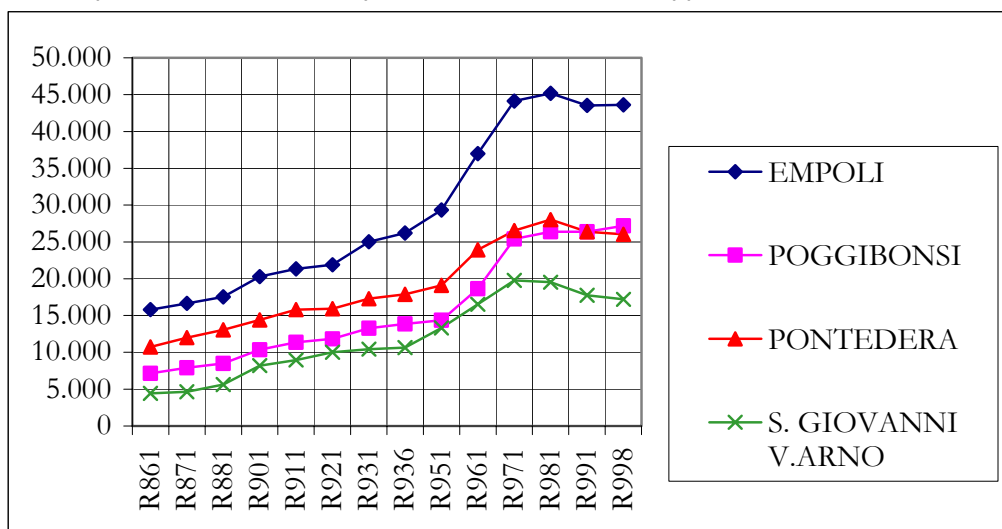


Figura 69: Popolazione residente in quattro Comuni a forte sviluppo economico dal 1861 al 1998



Da queste sommarie indicazioni sulla dinamica demografica della popolazione residente del bacino dell'Arno è possibile individuare alcuni elementi d'interesse, certamente non esaustivi del problema²⁶, ma utili da considerare:

- La popolazione è stabile nel numero ormai da ca 20 anni, si registrano però notevoli dinamiche interne;
- In generale, salvo rari casi, i Comuni che sono caratterizzati dalla maggiore pressione di urbanizzazione registrano un calo dei residenti talvolta anche sensibile;
- I Comuni collinari o montani prossimi alle aree più dinamiche registrano notevoli tassi di crescita dei residenti solo in parte assorbita dal recupero dell'edilizia esistente e, con ogni probabilità, con caratteristiche insediative del tutto diverse dal passato;
- Molti Comuni collinari e montani, periferici rispetto ai centri di sviluppo, sono tuttora in una fase di decremento dei residenti; solo in parte controbilanciata dalla buona tenuta delle presenze.

²⁶ Già in una indagine sul popolamento in aree marginali INEA-CNR degli anni '30 veniva sottolineata la totale inadeguatezza dei dati demografici per illustrare la reale dinamica e condizione di popolamento di un'area, non fa eccezione questa breve e parziale introduzione (si veda in Del Vecchio, ...)

Aspetti economico-produttivi

Data la complessità della materia e la notevole mole dei dati da trattare, per illustrare la realtà economico-produttiva del bacino dell'Arno, si riporta in prima approssimazione alcuni dati dei conti economici relativi all'intera Toscana con alcune indicazioni per le aree interne al bacino.

In Tabella 13 sono riportati i dati macroeconomici della Toscana dal 1996 al 1999 (IRPET, 2000). Nel 1999 la Toscana ha prodotto il 6,61% del PIL nazionale collocandosi, così, al 10° posto tra le regioni italiane²⁷. Le Province interessate dal bacino dell'Arno si collocano al vertice del PIL regionale, le ultime due posizioni sono infatti occupate da Grosseto e Massa Carrara, a ulteriore dimostrazione della centralità del bacino anche nella realtà economica.

Tabella 13: Conto risorse-impieghi a prezzi correnti e variazioni % a prezzi costanti per la Toscana (valori in mld di lire)

	1996	1997	1998	1999	1998/97	1999/98
Prodotto Interno Lordo	126.299	131.575	136.915	140.843	1,0	1,1
Import interregionale	36.689	39.642	41.022	42.136	1,0	1,2
Import estero	27.722	30.814	33.163	34.669	5,6	3,1
Spesa delle famiglie	75.501	79.583	83.028	86.244	1,7	1,8
Spesa delle Amministrazioni pubbliche	22.339	23.641	24.464	25.255	1,0	0,3
Investimenti fissi lordi	22.670	23.239	25.474	26.881	1,4	3,9
Variazione scorte	479	1.137	1.875	2.143	55,5	24,1
Export interregionale	34.002	36.626	37.963	38.805	1,0	0,1
Export estero	35.718	37.805	38.296	38.321	-0,2	-1,4

Un quadro completo del diverso peso dei vari settori è riportato in Tabella 14 (IRPET, 1999) in cui risultano evidenti quali siano i settori trainanti. Tra i servizi in generale i servizi vari e i servizi pubblici, sociali e personali rappresentano ben 1\4 dell'economia regionale (in cui il massimo centro è Firenze); il commercio ha notevole peso relativo con l'area fiorentina-pratese interessata dalla massima concentrazione di nuove iniziative: i servizi finanziari valgono ormai quasi il 7% del valore aggiunto. Il settore dei trasporti, magazzinaggio e comunicazioni si concentra in prossimità delle principali infrastrutture (l'area Calenzano – Sesto Fiorentino registra una notevole aggregazione in questo settore). Considerandoli insieme i settori pubblica amministrazione, difesa, istruzione e sanità valgono ben 17.853 miliardi di valore aggiunto: il capoluogo regionale è la Sede naturale di questi servizi ma anche Pisa presenta centri pubblici di primaria importanza, con la sede universitaria, i centri di ricerca e le aree militari. Il Turismo determina un valore aggiunto intersettoriale di difficile quantificazione (si pensi a quanto può pesare sul settore del commercio) il solo settore alberghi e ristoranti vale 4.785 miliardi.

L'insieme dei settori industriali (compreso il già citato comparto tessile e conciario) produce il 31 % del valore aggiunto, alcuni tra questi (prodotti energetici, siderurgia, chimica, gomma, carta etc.) hanno i loro maggiori centri di produzione fuori dal bacino.

²⁷ Per chi volesse focalizzare l'attenzione sull'Indice di Sviluppo Umano (ISU, basato su longevità, istruzione e PIL) e non solo sulla realtà economica, si rivela che la Toscana si colloca al IV posto tra le regioni italiane; utilizzando indici multi criteriali più complessi, in cui il peso dei parametri sociali e ambientali è maggiore, la Toscana si colloca al II posto subito dopo l'Emilia-Romagna.

Notevole il peso relativo dei settori delle costruzioni e della meccanica, marginale per il bacino invece, come apporto economico, il settore dei prodotti minerali non metalliferi; interessante per i suoi legami con il settore primario l'industria alimentare. L'agricoltura occupa, dal punto di vista prettamente del valore aggiunto, un ruolo quasi marginale anche nell'economia toscana (solo l'1,8% per 2.428 mld) e il suo peso relativo sarebbe diventato ancora più ridotto in assenza degli interventi della politica agricola nazionale e comunitaria volti a sostenere economicamente il settore.

Tabella 14: Valore aggiunto ai prezzi di mercato per settori, in Toscana e in Italia 1994 - 1998

Settori	1998	%
Servizi vari	28490	21,1
Commercio e riparazioni per le famiglie	17417	12,9
Intermediazione monetaria e finanziaria	9326	6,9
Sanita' e altri servizi sociali	6822	5,0
Altri servizi pubblici, sociali e personali	6544	4,8
Trasporti, magazzinaggio, comunicazioni	6279	4,6
Prodotti energetici	5879	4,4
Pubblica Amministrazione e Difesa	5878	4,4
Costruzioni	5697	4,2
Tessili e abbigliamento	5439	4,0
Istruzione	5153	3,8
Alberghi e ristoranti	4785	3,5
Meccanica	4544	3,4
Prodotti lav. min. non metalliferi	3526	2,6
Siderurgia	3320	2,5
Altre industrie manifatturiere	2976	2,2
Conciarie, prodotti in cuoio, calzature	2570	1,9
Agricoltura, caccia, pesca, silvicoltura	2424	1,8
Pastacarta, stampa, editoria	2079	1,5
Chimica, fibre sintetiche e artificiali	2032	1,5
Alimentari, bevande, tabacco	1939	1,4
Mezzi di trasporto	1234	0,9
Gomma e materie plastiche	758	0,6
Totale	135111	

allegato: Dati popolazione 1991-1998 e dati superfici per i comuni del bacino dell'arno

Prov	COMUNE	a) Sup. comunale (kmq)	b) Sup. ricadente nel bacino (kmq)	a/b%	Residenti 1991	Residenti 1998	Saldo % '98 su '91	Densità (ab./kmq)
AR	ANGHIARI	131,2	11,4	8,7	5.877	5.890	0,22	44,9
AR	AREZZO	384,8	276,2	71,8	91.626	91.301	-0,35	237,3
AR	BIBBIENA	86,5	86,5	100,0	10.969	11.324	3,24	130,8
AR	BUCINE	131,5	128,4	97,6	8.746	9.144	4,55	69,5
AR	CAPOLONA	47,5	47,5	100,0	4.344	4.736	9,02	99,7

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico

AR	CASTEL FOCOIGNANO	56,5	56,5	100,0	3.343	3.345	0,06	59,2
AR	CASTEL SAN NICCOLO'	83,2	83,2	100,0	2.859	2.799	-2,10	33,7
AR	CASTELFRANCO DI SOPRA	37,4	37,4	100,0	2.657	2.702	1,69	72,3
AR	CASTIGLION FIBOCCHI	25,5	25,5	100,0	1.731	1.935	11,79	75,9
AR	CASTIGLION FIORENTINO	111,6	101,8	91,2	11.410	11.629	1,92	104,2
AR	CAVRIGLIA	60,9	60,9	100,0	6.740	7.401	9,81	121,6
AR	CHITIGNANO	14,9	14,9	99,9	817	929	13,71	62,2
AR	CHIUSI DELLA VERNA	102,1	92,5	90,6	2.223	2.221	-0,09	21,7
AR	CIVITELLA IN VAL DI CHIANA	100,2	100,2	100,0	7.649	8.494	11,05	84,8
AR	CORTONA	342,9	226,5	66,1	22.598	22.487	-0,49	65,6
AR	FOIANO DELLA CHIANA	40,8	40,8	100,0	7.738	8.051	4,04	197,5
AR	LATERINA	23,9	23,9	100,0	3.310	3.404	2,84	142,4
AR	LORO CIUFFENNA	86,7	86,7	100,0	4.452	4.949	11,16	57,0
AR	LUCIGNANO	44,9	44,9	100,0	3.349	3.436	2,60	76,6
AR	MARCIANO DELLA CHIANA	23,9	23,9	100,0	2.401	2.615	8,91	109,6
AR	MONTE SAN SAVINO	89,6	88,5	98,8	7.847	8.030	2,33	89,6
AR	MONTEMIGNAIO	26,0	26,0	100,0	532	545	2,44	20,9
AR	MONTEVARCHI	56,9	56,8	99,8	21.710	22.028	1,46	386,8
AR	ORTIGNANO RAGGIOLO	36,6	36,6	100,0	804	847	5,35	23,1
AR	PERGINE VALDARNO	46,6	46,6	100,0	3.182	3.176	-0,19	68,1
AR	PIAN DI SCO	18,6	18,6	100,0	4.599	5.247	14,09	282,2
AR	POPPI	96,9	96,8	99,9	5.601	5.813	3,79	60,0
AR	PRATOVECCHIO	75,5	75,5	100,0	3.068	3.084	0,52	40,8
AR	SAN GIOVANNI VALDARNO	21,5	21,5	100,0	17.732	17.190	-3,06	799,6
AR	STIA	62,6	62,6	100,0	3.017	2.918	-3,28	46,6
AR	SUBBIANO	77,7	68,4	87,9	4.442	5.221	17,54	67,2
AR	TALLA	59,9	59,9	100,0	1.237	1.181	-4,53	19,7
AR	TERRANUOVA BRACCIOLINI	85,7	85,7	100,0	10.392	10.814	4,06	126,2
FI	BAGNO A RIPOLI	74,0	74,0	100,0	27.382	25.860	-5,56	349,5
FI	BARBERINO DI MUGELLO	133,2	125,7	94,4	8.739	9.189	5,15	69,0
FI	BARBERINO VAL D'ELSA	65,7	65,7	100,0	3.542	3.665	3,47	55,8
FI	BORGO SAN LORENZO	146,1	134,0	91,8	15.285	15.725	2,88	107,7
FI	CALENZANO	76,9	76,9	100,0	14.959	15.126	1,12	196,7
FI	CAMPI BISENZIO	28,7	28,7	100,0	34.444	36.731	6,64	1.278,9
FI	CAPRAIA E LIMITE	24,9	24,9	100,0	5.137	5.590	8,82	224,4
FI	CASTELFIORENTINO	66,5	66,5	100,0	17.155	16.911	-1,42	254,4
FI	CERRETO GUIDI	49,3	49,3	100,0	8.953	9.373	4,69	190,2
FI	CERTALDO	75,5	75,5	100,0	15.942	15.851	-0,57	209,9
FI	DICOMANO	61,6	56,0	90,9	4.570	4.723	3,35	76,7

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico

FI	EMPOLI	62,1	62,1	100,0	43.522	43.634	0,26	702,2
FI	FIESOLE	42,1	42,1	100,0	15.096	14.946	-0,99	354,6
FI	FIGLINE VALDARNO	71,6	71,6	100,0	15.699	16.254	3,54	227,0
FI	FIRENZE	102,3	102,3	100,0	403.294	376.760	-6,58	3.683,7
FI	FIRENZUOLA	272,0	3,2	1,2	4.844	4.724	-2,48	17,4
FI	FUCECCHIO	65,2	65,2	100,0	20.540	20.977	2,13	321,7
FI	GAMBASSI TERME	83,5	83,5	100,0	4.215	4.495	6,64	53,8
FI	GREVE IN CHIANTI	169,5	169,5	100,0	11.139	12.541	12,59	74,0
FI	IMPRUNETA	48,8	48,8	100,0	15.028	14.790	-1,58	303,4
FI	INCISA IN VAL D'ARNO	26,4	26,4	100,0	5.312	5.589	5,21	211,3
FI	LASTRA A SIGNA	43,0	43,0	100,0	17.416	18.043	3,60	419,8
FI	LONDA	59,3	59,3	100,0	1.216	1.568	28,95	26,4
FI	MONTAIONE	104,7	104,7	100,0	3.390	3.418	0,83	32,6
FI	MONTELUPO FIORENTINO	24,5	24,5	100,0	10.064	10.819	7,50	440,8
FI	MONTESPERTOLI	125,0	125,0	100,0	9.432	10.964	16,24	87,7
FI	PELAGO	54,7	54,7	100,0	7.218	7.246	0,39	132,5
FI	PONTASSIEVE	114,2	114,2	100,0	20.439	20.735	1,45	181,5
FI	REGGELLO	121,5	121,5	100,0	12.601	13.796	9,48	113,6
FI	RIGNANO SULL'ARNO	54,3	54,3	100,0	6.359	7.040	10,71	129,7
FI	RUFINA	45,7	45,7	100,0	5.922	6.535	10,35	142,9
FI	SAN CASCIANO IN VAL DI PESA	107,9	107,9	100,0	16.012	16.356	2,15	151,6
FI	SAN GODENZO	99,4	63,7	64,1	1.105	1.167	5,61	11,7
FI	SAN PIERO A SIEVE	36,5	36,5	100,0	3.770	3.862	2,44	105,9
FI	SCANDICCI	59,7	59,7	100,0	53.523	50.657	-5,35	847,9
FI	SCARPERIA	79,6	79,6	99,9	5.852	6.318	7,96	79,3
FI	SESTO FIORENTINO	48,7	48,7	100,0	47.406	46.822	-1,23	962,3
FI	SIGNA	18,8	18,8	100,0	14.375	14.949	3,99	793,4
FI	TAVARNELLE VAL DI PESA	56,9	56,9	100,0	6.911	7.123	3,07	125,1
FI	VAGLIA	57,0	57,0	100,0	4.393	4.771	8,60	83,7
FI	VICCHIO	138,6	125,9	90,8	6.271	6.924	10,41	49,9
FI	VINCI	54,4	54,4	100,0	13.747	13.804	0,41	253,7
LI	COLLESALVETTI	107,8	91,9	85,2	15.087	16.113	6,80	149,5
LI	LIVORNO	102,6	1,7	1,7	167.512	162.321	-3,10	1.582,6
LU	ALTOPASCIO	28,6	28,6	100,0	9.976	10.398	4,23	363,7
LU	CAPANORI	156,3	128,0	81,9	43.874	43.739	-0,31	279,9
LU	MONTECARLO	15,7	15,7	100,0	4.065	4.282	5,34	273,4
LU	PORCARI	18,0	18,0	100,0	6.827	6.970	2,09	387,0
LU	VILLA BASILICA	36,6	31,2	85,2	2.028	1.883	-7,15	51,4
PG	CASTIGLIONE DEL LAGO	205,8	70,9	34,4	13.409	13.828	3,12	67,2
PG	CITTA' DELLA PIEVE	110,3	39,1	35,5	6.655	6.945	4,36	63,0
PG	PACIANO	16,8	16,7	99,4	923	933	1,08	55,6
PG	PANICALE	78,8	21,1	26,8	5.185	5.379	3,74	68,2
PG	PIEGARO	99,5	1,5	1,5	3.574	3.632	1,62	36,5
PG	TUORO SUL TRASIMENO	54,9	4,8	8,7	3.563	3.670	3,00	66,8
PI	BIENTINA	29,3	29,3	100,0	5.291	5.790	9,43	197,6
PI	BUTI	23,0	23,0	100,0	5.201	5.369	3,23	233,0
PI	CALCI	25,1	25,1	100,0	5.504	5.722	3,96	228,0

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico

PI	CALCINAIA	14,9	14,9	100,0	8.103	8.392	3,57	561,7
PI	CAPANNOLI	22,5	22,5	100,0	4.943	4.978	0,71	221,6
PI	CASCIANA TERME	36,6	36,6	100,0	3.228	3.425	6,10	93,7
PI	CASCINA	78,5	78,5	100,0	36.301	37.591	3,55	478,8
PI	CASTELFRANCO DI SOTTO	48,3	48,3	100,0	10.834	11.286	4,17	233,9
PI	CASTELLINA MARITTIMA	45,5	1,5	3,4	1.816	1.871	3,03	41,1
PI	CHIANNI	62,0	56,2	90,6	1.614	1.583	-1,92	25,5
PI	CRESPINA	27,0	27,0	100,0	3.241	3.437	6,05	127,4
PI	FAUGLIA	42,5	42,5	100,0	2.873	3.131	8,98	73,6
PI	LAJATICO	72,6	72,5	100,0	1.475	1.429	-3,12	19,7
PI	LARI	45,2	45,2	100,0	7.855	8.034	2,28	177,8
PI	LORENZANA	19,3	19,3	99,9	1.030	1.159	12,52	60,0
PI	MONTECATINI VAL DI CECINA	154,8	14,3	9,3	2.178	2.071	-4,91	13,4
PI	MONTOPOLI IN VAL D'ARNO	30,1	30,1	100,0	8.870	9.360	5,52	311,1
PI	ORCIANO PISANO	11,6	4,1	35,4	568	598	5,28	51,7
PI	PALAIA	73,9	73,9	100,0	4.417	4.561	3,26	61,7
PI	PECCIOLI	92,5	92,5	100,0	4.989	4.926	-1,26	53,3
PI	PISA	185,5	181,1	97,6	98.928	92.494	-6,50	498,7
PI	PONSACCO	19,7	19,7	100,0	12.131	12.398	2,20	629,8
PI	PONTERA	46,3	46,3	100,0	26.393	26.051	-1,30	562,3
PI	RIPARBELLA	59,1	5,5	9,3	1.318	1.313	-0,38	22,2
PI	SAN GIULIANO TERME	91,9	39,3	42,8	28.188	29.503	4,67	321,0
PI	SAN MINIATO	102,6	102,6	100,0	25.352	26.203	3,36	255,5
PI	SANTA CROCE SULL'ARNO	16,9	16,9	100,0	12.345	12.476	1,06	737,9
PI	SANTA LUCE	66,4	8,9	13,4	1.457	1.464	0,48	22,1
PI	SANTA MARIA A MONTE	38,1	38,1	100,0	10.373	10.680	2,96	280,2
PI	TERRICCIOLA	43,3	43,3	100,0	3.815	3.893	2,04	89,8
PI	VICOPISSANO	26,9	26,9	100,0	7.584	7.812	3,01	290,3
PI	VOLTERRA	252,7	128,3	50,8	12.879	11.845	-8,03	46,9
PO	CANTAGALLO	95,4	75,2	78,8	2.536	2.811	10,84	29,5
PO	CARMIGNANO	38,5	38,5	100,0	9.584	11.092	15,73	287,9
PO	MONTEMURLO	30,9	30,9	100,0	17.164	18.002	4,88	582,4
PO	POGGIO A CAIANO	5,9	5,9	100,0	7.941	8.473	6,70	1.428,8
PO	PRATO	97,6	97,6	100,0	165.707	171.135	3,28	1.753,7
PO	VAIANO	34,1	34,1	100,0	8.848	9.111	2,97	267,0
PO	VERNIO	63,3	44,0	69,4	5.464	5.578	2,09	88,1
PT	AGLIANA	11,9	11,9	100,0	13.410	13.716	2,28	1.155,6
PT	BUGGIANO	16,0	16,0	100,0	7.559	8.057	6,59	504,0
PT	CHIESINA UZZANESE	7,3	7,3	100,0	3.934	3.965	0,79	546,3
PT	LAMPORECCHIO	22,3	22,3	100,0	6.512	6.600	1,35	295,4
PT	LARCIANO	25,0	25,0	100,0	6.063	6.075	0,20	242,9
PT	MARLIANA	43,0	41,2	95,8	2.405	2.851	18,54	66,3
PT	MASSA E COZZILE	16,1	16,1	100,0	6.598	6.991	5,96	433,8
PT	MONSUMMANO TERME	32,8	32,8	100,0	18.228	19.602	7,54	598,2
PT	MONTALE	32,1	32,1	99,9	9.807	10.089	2,88	313,9
PT	MONTECATINITERME	17,6	17,6	100,0	20.653	20.292	-1,75	1.150,8

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico

PT	PESCIA	79,2	76,2	96,2	18.123	18.030	-0,51	227,7
PT	PIEVE A NIEVOLE	12,6	12,6	100,0	8.489	8.914	5,01	709,0
PT	PISTOIA	236,0	185,0	78,4	87.830	85.906	-2,19	363,9
PT	PITEGLIO	49,9	11,4	22,8	2.034	1.941	-4,57	38,9
PT	PONTE BUGGIANESE	29,4	29,4	100,0	7.274	7.541	3,67	256,8
PT	QUARRATA	45,9	45,9	100,0	21.020	21.804	3,73	475,2
PT	SERRAVALLE PISTOIESE	42,1	42,1	100,0	8.754	9.537	8,94	226,3
PT	UZZANO	7,8	7,8	100,0	4.016	4.496	11,95	574,4
SI	CASOLE D'ELSA	148,4	76,5	51,6	2.568	2.751	7,13	18,5
SI	CASTELLINA IN CHIANTI	99,8	92,7	92,9	2.508	2.622	4,55	26,3
SI	CASTELNUOVO BERARDENGA	177,0	19,1	10,8	6.316	7.221	14,33	40,8
SI	CHIANCIANO TERME	36,7	23,5	64,0	7.445	7.196	-3,34	196,1
SI	CHIUSI	58,1	45,2	77,7	9.103	8.717	-4,24	150,1
SI	COLLE DI VAL D'ELSA	92,3	92,3	100,0	17.040	18.612	9,23	201,7
SI	GAIOLE IN CHIANTI	129,1	26,1	20,2	2.309	2.366	2,47	18,3
SI	MONTEPULCIANO	165,8	149,8	90,3	13.856	13.950	0,68	84,1
SI	MONTERIGGIONI	99,3	77,5	78,0	7.134	7.703	7,98	77,6
SI	POGGIBONSI	70,6	70,6	100,0	26.364	27.191	3,14	385,0
SI	RADDA IN CHIANTI	80,2	54,2	67,6	1.633	1.666	2,02	20,8
SI	RAPOLANO TERME	82,9	36,7	44,3	4.975	4.729	-4,94	57,0
SI	SAN GIMIGNANO	138,3	138,3	100,0	6.956	7.027	1,02	50,8
SI	SINALUNGA	78,4	78,2	99,7	11.583	11.630	0,41	148,3
SI	SOVICILLE	143,6	13,8	9,6	7.640	8.203	7,37	57,1
SI	TORRITA DI SIENA	58,1	53,1	91,4	7.071	7.036	-0,49	121,0
SI	TREQUANDA	63,9	17,9	27,9	1.374	1.412	2,77	22,1