

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA' DI BOLOGNA

SCUOLA DI SCIENZE

Corso di Laurea Magistrale in Analisi e Gestione dell'Ambiente

Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali

sede di Ravenna

Effetti del cambiamento dell'uso del suolo sul regime idrologico del fiume Reno

Tesi di laurea in Idrologia ambientale

Relatore:

Prof. Antonellini Marco

Correlatore:

Dott.ssa Giambastiani Beatrice Maria Sole

Controrelatore:

Prof. Buscaroli Alessandro

Presentata da:

Alessandra Rosetti

Sessione Anno Accademico 2017 – 2018

Sommario

LISTA ABBREVIAZIONI	3
1 INTRODUZIONE	4
1.1 Evoluzione dell' Uso del Suolo.	4
1.2 Uso del Suolo: definizioni principali.	5
1.2.1 Cause ed effetti del consumo di suolo	7
1.3 Consumo di Suolo e perdita di Servizi Ecosistemici.	8
2_ AREA DI STUDIO	10
2.1 Il Bacino del Reno.	10
2.2 Assetto geografico ed inquadramento territoriale.	13
2.2.1 Inquadramento climatico	15
2.2.2. Uso del Suolo.	16
2.3 Assetto idrogeologico	17
2.3.1 Geologia degli acquiferi della pianura Emiliano-Romagnola	17
2.3.2 La conoide del fiume Reno.	21
2.4 Assetto idrologico	23
3_ METODOLOGIA	25
3.1 Database Uso Suolo Regione Emilia – Romagna	25
3.2 Evoluzione Uso Suolo	26
3.3 Le conoidi: calcolo dell'infiltrazione	28
3.3.1 Il metodo SCS – CN	28
3.3.2 Calcolo dell'infiltrazione	32
4_ RISULTATI	35
4.1 Analisi statistica	35
4.2 Variazione dei tassi d' infiltrazione	40
5_ DISCUSSIONE	46
5.1 Analisi Statistica	46
5.2 Variazione dei tassi di infiltrazione	47
5.3 Misure di Mitigazione	49
6_ CONCLUSIONI	51
7_ BIBLIOGRAFIA	52
APPENDICE	57
RINGRAZIAMENTI	108

LISTA ABBREVIAZIONI

CN = numero della curva [-]

CN_w = numero della curva pesato [-]

COD_1 = macroclasse dell'uso del suolo considerato (codice uso suolo primo livello)

Fa = volume infiltrato cumulativo di acqua infiltrata [mm]

Ia = perdite iniziali [mm]

P = precipitazione totale [mm]

Pe = pioggia efficace o volume specifico di deflusso diretto [mm]

S = volume potenziale massimo di ritenzione [mm]

1 INTRODUZIONE

1.1 Evoluzione dell' Uso del Suolo.

Scopo della tesi è la caratterizzazione degli effetti del cambiamento dell'uso del suolo e dell'impermeabilizzazione sul regime idrologico nel bacino del fiume Reno, con particolare riguardo all'infiltrazione profonda.

Negli ultimi decenni l'azione dell'uomo all'interno del bacino del Reno ha apportato forti cambiamenti nell'uso del suolo con notevoli ripercussioni sul paesaggio e sull'ambiente circostante. Si pensi per esempio al grande aumento di zone urbanizzate, dovuto all'espansione dei centri urbani, alla nascita di quartieri industriali ed alla conseguente costruzione di infrastrutture, soprattutto viarie (strade ed autostrade), e all'abbandono delle aree montane e rurali seguito all'industrializzazione del territorio.

Dato che il suolo impiega molto tempo a formarsi, lo studio dell'evoluzione del suolo, delle interazioni tra sistemi naturali e sistemi antropogenici e la previsione dei possibili trend di evoluzione futuri, stanno ricevendo sempre più attenzioni da parte della comunità scientifica internazionale, nonché da parte dei pianificatori e degli organismi territoriali (Commissione Europea, 2012).

L'analisi si è basata sulla rilevazione e quantificazione dell'evoluzione dell'uso del suolo all'interno dell'area in esame sulla base di composizione e configurazione. La composizione descrive come si combinano tra loro le diverse classi di uso del suolo, mentre la configurazione evidenzia la loro espansione e la loro distribuzione all'interno del territorio (F. Geri *et al.*, 2008).

L'intervallo di tempo considerato va dal 1954 al 2014 ed in particolare si è fatto riferimento agli anni 1954, 1976, 1994, 2003, 2008, 2014.

Tramite l'utilizzo di strumenti GIS (Sistema Informativo Geografico) è stato possibile rappresentare in maniera grafica la variazione dell'uso del suolo e, tramite il supporto di fogli di calcolo elettronici, si è potuto quantificare la variazione delle diverse macroclassi (categorie generiche in cui è suddiviso l'uso del suolo: antropizzato, agricolo, boschi e ambienti seminaturali, zone umide, corpi idrici) valutate in questo periodo di tempo.

Entrando nello specifico, si è deciso poi di soffermarsi sul litotipo geologico delle conoidi e sulla loro evoluzione in relazione al cambiamento dell'uso del suolo di cui sono state oggetto. Le caratteristiche geologiche e tessiturali delle conoidi alluvionali, costituite da depositi molto permeabili e molto spessi, le rendono i principali acquiferi della pianura emiliano – romagnola, che in alcuni punti vengono ricaricati direttamente dalle acque superficiali dei fiumi e dalle piogge (conoidi prossimali).

Un cambio di uso di suolo, ed in particolare l'impermeabilizzazione, potrebbe causare un deterioramento del suolo, e delle conoidi, con notevoli ripercussioni su tutto il sistema di acque sotterranee. Anche molte attività economiche dell'entroterra e costiere, come quelle turistiche ma non solo, che dagli acquiferi sotterranei prelevano acqua, ne risentirebbero fortemente. Oggi, tuttavia, si sta cercando di tutelare e di limitare lo sfruttamento del sistema delle conoidi (ISPRA, 2016).

Il confronto tra le gestioni passate del territorio e l'uso attuale delle risorse naturali è fondamentale nell'individuare le tendenze dinamiche del paesaggio e dei rapporti tra i sistemi antropici (urbanizzato), agricoli e forestali.

Identificare azioni da attuare e obiettivi politici per prevenire il consumo di suolo è di fondamentale importanza. L'ambiente e la gestione del territorio ricoprono un ruolo sempre più importante nella pianificazione del territorio con misure mirate alla protezione e al rafforzamento delle risorse naturali, alla preservazione delle pratiche agricole e dei sistemi forestali ad elevata valenza naturale, nonché dei paesaggi culturali delle zone rurali europee, nella convinzione che abbiano un ruolo di prim'ordine nella preservazione della biodiversità e degli habitat, così come nella protezione dell'ambiente e della qualità dei suoli (Commissione europea, 2012).

A tal fine, poi, risulta estremamente utile poter contare su modelli di valutazione geografica, come gli strumenti GIS, che permettano l'individuazione che facciano un diretto riferimento a livello territoriale e spaziale, alle aree maggiormente suscettibili ai cambiamenti, al fine di individuare delle priorità di azione locale e per l'implementazione delle diverse misure contenute nei programmi e nelle strategie a livello comunitario, nazionale e regionale, argomenti che verranno ripresi con maggiore dettaglio più avanti.

1.2 Uso del Suolo: definizioni principali.

Le modifiche antropiche del paesaggio, in particolare attività agricole e sfruttamento del territorio, variano in funzione dei diversi periodi storici e sono soggetti alle differenti dinamiche demografiche e sociali. Il continuo aumento della popolazione e la rapida crescita delle attività economiche e commerciali, per esempio, concorrono all'impovertimento degli ecosistemi terrestri e marini presenti sul pianeta.

Secondo l'ISPRA (ISPRA, 2016), il fenomeno del consumo di suolo sta divorando in Italia 35 ettari al giorno: si conta che almeno quattro metri al secondo vengano quotidianamente persi in maniera irreversibile a causa della cementificazione legata

prevalentemente alle attività del mondo edilizio e delle infrastrutture. Sebbene il consumo di suolo sia rallentato negli ultimi anni anche a causa della crisi economica del settore delle costruzioni, non accenna comunque ad arrestarsi (Figura 1) (ISPRA, 2016).

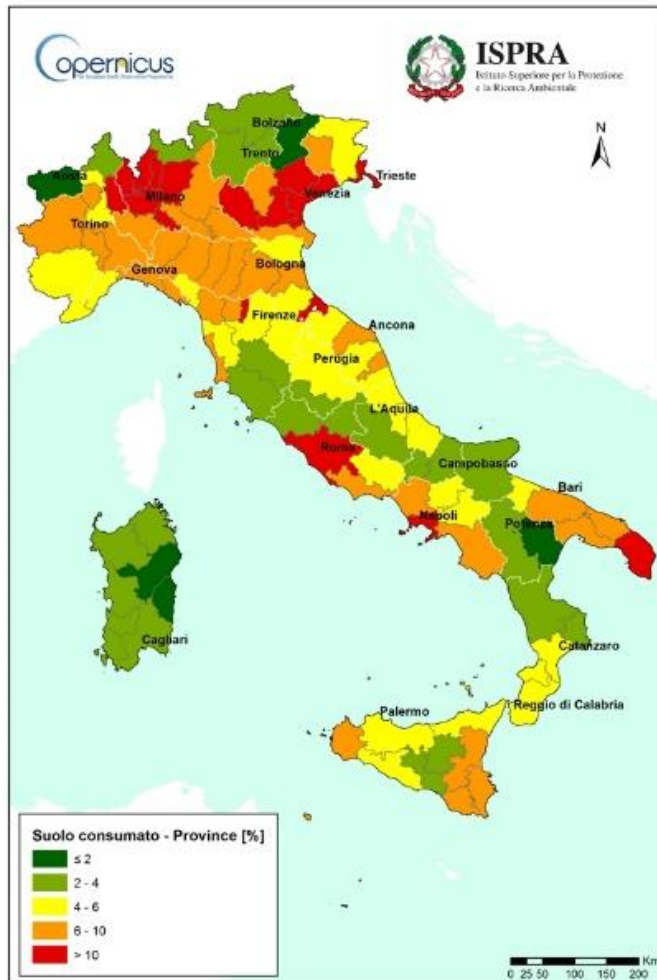


Figura 1. Consumo di suolo percentuale, Italia 2016 (ISPRA, 2016).

Secondo il rapporto dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, 2016), per consumo di suolo s'intende una variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) ad una copertura artificiale del suolo (suolo consumato), associabile alla perdita di superficie agricola naturale o seminaturali.

Il *consumo di suolo* è un fenomeno associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, dovuta all'occupazione di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale. Il fenomeno si riferisce, quindi, a un incremento della copertura artificiale di terreno, legato alle dinamiche insediative. Un processo prevalentemente dovuto alla costruzione di nuovi edifici, fabbricati ed insediamenti, all'espansione delle città, alla

densificazione o alla conversione di terreno entro un'area urbana, all'infrastrutturazione del territorio.

Per *copertura del suolo (Land Cover)* si intende la copertura biofisica della superficie terrestre, comprese le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide, i corpi idrici, come definita dalla direttiva 2007/2/EC. L'impermeabilizzazione del suolo, ovvero la sua copertura permanente con materiali artificiali (quali asfalto o calcestruzzo) per la costruzione, ad esempio, di edifici e strade, costituisce la forma più evidente e più diffusa di copertura artificiale. Le altre forme di copertura artificiale del suolo vanno dalla perdita totale della "risorsa suolo" attraverso l'asportazione per escavazione (comprese le attività estrattive a cielo aperto), alla perdita parziale, più o meno rimediabile, della funzionalità della risorsa a causa di fenomeni quali la compattazione dovuta alla presenza di impianti industriali, infrastrutture, manufatti, depositi permanenti di materiale o passaggio di mezzi di trasporto.

L'*uso del suolo (Land Use)* è, invece, un riflesso delle interazioni tra l'uomo e la copertura del suolo e costituisce quindi una descrizione di come il suolo venga impiegato in attività antropiche.

La rappresentazione più tipica del consumo di suolo è, quindi, data dal crescente insieme di aree coperte da edifici, fabbricati, infrastrutture, aree estrattive, discariche, cantieri, cortili, piazzali e altre aree pavimentate o in terra battuta, serre e altre coperture permanenti, aeroporti e porti, aree e campi sportivi impermeabili, pannelli fotovoltaici e tutte le altre aree impermeabilizzate, non necessariamente urbane.

Tale definizione si estende, pertanto, anche in ambiti rurali e naturali ed esclude, invece, le aree aperte naturali e seminaturali in ambito urbano (2007/2/EC).

1.2.1 Cause ed effetti del consumo di suolo

All'interno delle cavità presenti nel suolo non cementificato trova posto anche l'acqua; durante un episodio di precipitazione le cavità presenti si riempiono al massimo della loro capacità. Un ettaro di suolo non urbanizzato, cioè non costruito, arriva a trattenere acqua dal 10 al 25% del suo volume, questo vuol dire che mediamente i suoli europei sono in grado di trattenere al loro interno circa 3,8 milioni di litri per ettaro, solo nei primi 100 centimetri (Commissione Europea, 2012).

Se un suolo viene coperto, impermeabilizzato, smette istantaneamente ed irrimediabilmente di assorbire acqua. L'acqua, che non si infiltra più nel suolo e non vi viene più trattenuta, è costretta ad andare altrove, allagando le strade, gli edifici, le città. Cementificando ed impermeabilizzando i suoli viene ridotta la risposta mitigativa che il suolo possiede e si riduce la capacità di reagire agli eventi climatici poiché si perde resilienza. Per esempio, nel caso di eventi di precipitazione molto intensi e di breve durata, un suolo non impermeabilizzato permette, in genere, l'immagazzinamento della grande quantità di acqua piovana che arriva nel breve intervallo temporale ed il suo lento rilascio da parte del suolo, rendendone innocui gli effetti (Commissione Europea, 2012). Questo servizio, fondamentale per l'equilibrio nell'ecosistema, viene svolto da milioni di anni, in modo naturale. Se analizzato con i parametri del Ventunesimo secolo, questo drenaggio ha permesso di evitare esondazioni, di salvare vite, case, imprese, e di risparmiare.

L'impermeabilizzazione, ipoteticamente, comporta la riduzione dell'infiltrazione di pioggia nel suolo, in casi estremi impedendolo completamente; l'infiltrazione di acqua piovana nei suoli è fondamentale in quanto permette che l'acqua ricarichi gli acquiferi e che impieghi più tempo per raggiungere i fiumi, riducendo la portata e quindi il rischio di inondazioni (mitigazione naturale delle alluvioni da parte del territorio). Gran parte delle risorse idriche nel suolo sono assorbite dalle piante, riducendo l'incidenza della siccità e quindi evitando la necessità di irrigazione, con meno problemi di salinizzazione in agricoltura (Commissione Europea, 2012).

Oltre a ciò, una maggiore infiltrazione di acqua riduce la dipendenza dagli impianti artificiali per la raccolta dei picchi di precipitazione, costruiti per esempio per prevenire le inondazioni: in questo modo, infatti, la capacità del suolo (e della vegetazione che vi cresce) di trattenere acqua permette di immagazzinarla temporaneamente invece di raccogliere, canalizzare e depurare lo scolo (Commissione Europea, 2012).

1.3 Consumo di Suolo e perdita di Servizi Ecosistemici.

Il suolo svolge una gamma molto ampia di funzioni vitali per l'ecosistema tra cui il sostentamento alla produzione alimentare, alla produzione di altri materiali rinnovabili (legname) ed alla biodiversità.

Il costo ambientale immediato del cambiamento dell'uso del suolo ed in particolare dell'impermeabilizzazione è la perdita di servizi ecosistemici, ovvero di quei benefici che

l'uomo ottiene, direttamente o indirettamente, dagli ecosistemi e necessari al proprio sostentamento, che secondo la recente classificazione del Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) possono essere suddivisi in servizi di approvvigionamento (come prodotti alimentari e biomassa), servizi di regolazione e mantenimento (ad esempio la regolazione del clima, stoccaggio del carbonio, e controllo dell'erosione) e servizi culturali (quali servizi ricreativi, paesaggistici, etc.) (2007/2/EC). La perdita di questi servizi a livello ambientale spesso causa danni che possono essere concatenati tra loro (Commissione Europea, 2012).

L'impermeabilizzazione, in genere, diminuisce molti degli effetti benefici legati al suolo e spesso consuma letteralmente il suolo, a meno che non lo si riutilizzi correttamente altrove: per esempio nella costruzione delle fondamenta in edilizia viene separato lo strato superficiale di suolo dall'atmosfera, impedendo così l'infiltrazione della pioggia e lo scambio di gas tra suolo e aria.

Risentirebbero del consumo di suolo anche altri servizi ecosistemici quali la filtrazione e la moderazione del flusso d'acqua verso le falde. Servizi che permettono ipoteticamente, la rimozione delle sostanze contaminanti e che riducono la frequenza ed il rischio di alluvioni e di siccità (Commissione Europea, 2012).

2_ AREA DI STUDIO

2.1 Il Bacino del Reno.

Dopo il Po, il Reno, rappresenta il maggior fiume della Regione Emilia-Romagna. E' il maggiore fra i corsi d'acqua che sfociano nell'Adriatico a sud del Po per lunghezza, superficie di bacino e portata d'acqua media alla foce.

Il suo corso, che misura circa 212 km ne fa il decimo fiume italiano per lunghezza e per bacino idrografico (4925 Km² ca.) ed il sesto, sia per lunghezza che per bacino, fra quelli che sfociano in mare (Autorità di Bacino del Reno, 2000).

Il Fiume Reno nasce in Toscana nella provincia di Pistoia e sfocia nel mare Adriatico presso Casal Borsetti, frazione di Ravenna. In Tabella 1 è visibile la suddivisione del Bacino del Reno tra la Regione Toscana e la Regione Emilia-Romagna.

Tabella 1. Superficie del bacino e ripartizione regionale (Autorità di Bacino del Reno, Piano di tutela delle acque – Bacino del Reno, 2000).

REGIONE	Nome	% riferita alla superficie totale del bacino	Superficie bacino o parte di bacino (km ²)
	Emilia Romagna	88,4%	4.352,5
	Toscana	11,6%	572,7
	TOTALE	100	4.925,2

Storico confine fra Nord e Centro Italia, il fiume Reno (Figura 2 (a)) si snoda tra le province di Pistoia, Prato, Firenze, Bologna, Modena, Ferrara ed infine Ravenna dove sfocia in Adriatico subito a sud-est delle Valli di Comacchio, a cui è collegato da alcuni canali di bonifica, con un'ampia foce a estuario ed un corso largo circa 120 m con direzione S-N negli ultimi 2 km, separato dal mare da un cordone litoraneo sabbioso.

L'attuale conformazione del bacino è frutto di molteplici lavori di sistemazione idraulica e di bonifica della vastissima area paludosa delle valli emiliane e romagnole.

Il sistema idraulico del Reno ha subito imponenti modifiche: da affluente di destra del Po è stato trasformato in un corso d'acqua dal bacino indipendente. Le sue acque sono state deviate in diversi canali artificiali come lo Scolmatore di Reno (o Cavo Napoleonico) e il Canale del Reno (o Canale Navile) nella provincia di Bologna (Autorità di Bacino del Reno, 2000).

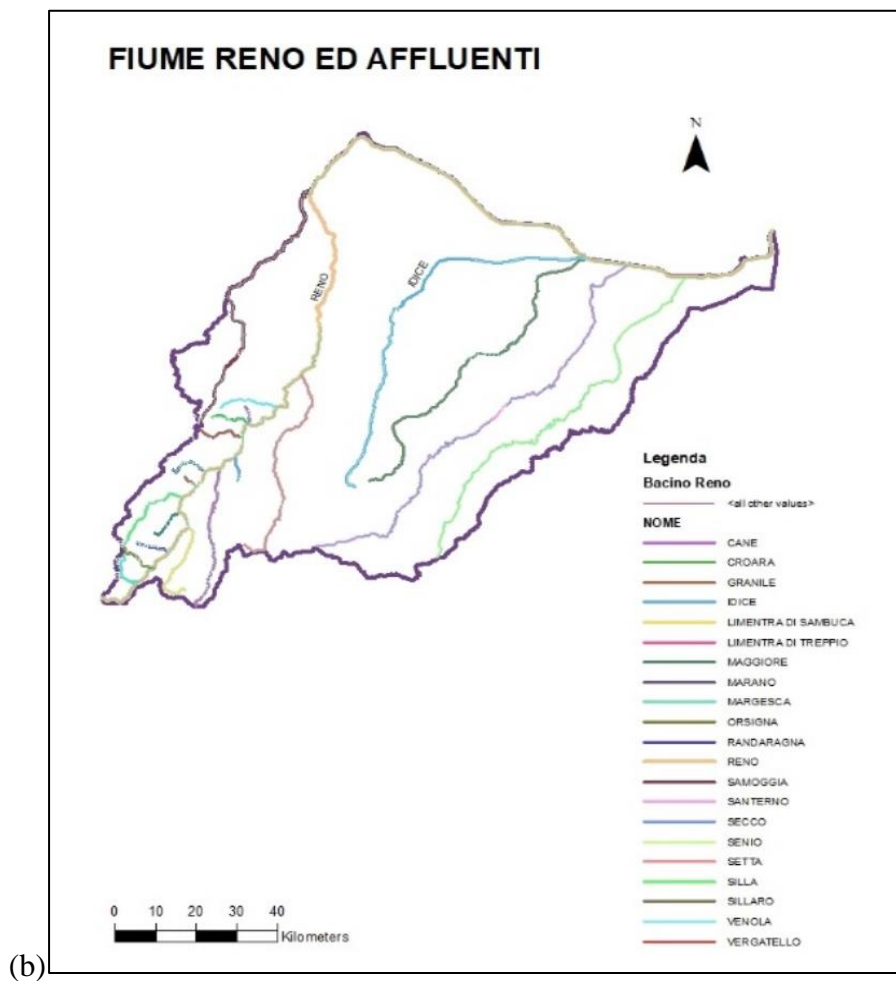


Figura 2. In azzurro i confini del bacino del Reno (a), il Reno ed i suoi affluenti (b).

In seguito alle numerose modifiche del suo corso il Reno ha oggi un andamento caratteristico. Dapprima procede da sud (sugli Appennini) verso nord (in Pianura Padana). Poi, dopo una improvvisa curva a gomito, si dirige da Ovest verso Est, fino all'ultimo tratto, di circa 1 km, in cui piega decisamente verso nord dopo avere aggirato e bordeggiato le Valli di Comacchio (Figura 3).



Figura 3. La foce del fiume Reno tra Bellocchio e Casalborsetti (RA)

Il bacino del Reno è abitato da quasi due milioni di persone e comprende anche zone ad elevatissima concentrazione industriale, come l'area metropolitana bolognese, ed aree assai sviluppate ed evolute anche dal punto di vista agricolo, ad esempio il comprensorio di Lugo-Massa Lombarda, in provincia di Ravenna, per quanto riguarda la produzione di frutta e confetture (Autorità di Bacino del Reno, 2000).

Il Reno costituisce una risorsa idrica fondamentale per le zone che attraversa, densamente abitate ed industrializzate ed è sfruttato intensivamente per vari scopi: potabile (alimenta l'acquedotto di Ravenna e quello di Bologna), irriguo ed industriale.

L'impatto antropico sul Reno ed i suoi tributari, si manifesta anche con la presenza di 5 importanti dighe a scopo esclusivamente idroelettrico, costruite negli anni '30 (il sistema di dighe venne potenziato negli anni settanta). Nel bacino idrografico del fiume Reno si contano anche oltre 200 briglie costruite nella prima metà del 1900 (D. Pavanelli, 2007). L'importanza idroelettrica del sistema e la potenza erogata è stata ampiamente sfruttata anche dalle Ferrovie dello Stato per l'alimentazione elettrica della Direttissima Bologna-Firenze.

Infine, negli anni '60 - '70, nelle zone collinari, vennero realizzati numerosi laghetti a scopo zootecnico ed irriguo. Molti di tali invasi sono ancora oggi presenti, anche se in stato di abbandono, la gran parte di essi è stata però interrata.

Sia il fiume, nella bassa pianura, che il suo ampio estuario, però, non sono mai stati sfruttati per la navigazione a causa della distanza da centri abitati o insediamenti industriali (R. Renzi *et al.*,1989).

2.2 Assetto geografico ed inquadramento territoriale.

Le caratteristiche litologiche, stratigrafiche, strutturali e morfologiche permettono di suddividere il bacino del Reno in cinque grandi settori:

- 1) Crinale Appenninico,
- 2) Appennino Emiliano,
- 3) Basso Appennino,
- 4) Appennino Romagnolo
- 5) Pianura.

La porzione centroccidentale del bacino, ricadente in parte nella regione Toscana, è costituita dal settore dell'Appennino Emiliano. Il crinale è costituito da successioni sedimentarie torbiditiche, arenaceo-pelitiche a composizione quarzosafeldspatica e litica (arenarie), con base scistoso-argillosa-marnosa con intercalazioni arenacee e calcaree. L'Appennino Emiliano è il settore maggiormente interessato da deformazioni che rendono i versanti molto instabili; è caratterizzato dall'affioramento dei cosiddetti *complessi di base* costituiti essenzialmente da terreni argilloso-calcarei a struttura caotica che comprendono argille con calcari inglobanti masse argillose ed arenacee (E. Farabegoli *et al.*). I dissesti sono costituiti prevalentemente da colate di fango e smottamenti ed interferiscono con il reticolo idrografico, provocandone la deviazione ed innescando erosioni di sponda e modificazioni nella geometria dei versanti.

Oltre ai complessi di base sono presenti in questa zona le formazioni degli Flysch Liguri (successioni torbiditiche calcareomarnose e pelitico-arenacee) e la Successione Epiligure con marne di vario colore, conglomerati, arenarie quarzoso-feldspatiche e litiche, peliti. I terreni della Successione Epiligure danno origine a grandi placche con elevata conservatività delle forme (R. Renzi *et al.*,1989).

Dal punto di vista geomorfologico è rilevante osservare che all'interno dello stesso tratto montano vi può essere notevole differenza: il primo tratto di circa 10 km, si differenzia nettamente dal secondo tratto intermontano di circa 15 km, non tanto per la pendenza dell'alveo, quanto per l'aspetto completamente diverso che presenta il bacino. Il primo con gibbosità abbastanza dolci e geologicamente abbastanza stabile; il secondo aspro, selvaggio, scosceso e tendenzialmente franoso, anche se sempre boscosissimo (la Valle del Reno è in assoluto quella coperta dalla maggiore aliquota di boschi in tutto l'Appennino Settentrionale). La ragione di ciò, pare sia da ricondurre ad un fenomeno di cattura (erosione regressiva dei versanti) avvenuto in epoche geologiche remote secondo il quale il Reno, arretrò progressivamente il proprio bacino, *catturando* l' alto bacino dell' Ombrone Pistoiese comprendente anche il bacino del Maresca – Bardalone.

In Figura 4 sono riportate le principali tessiture presenti nel bacino del Reno (Regione Emilia-Romagna, 2009).

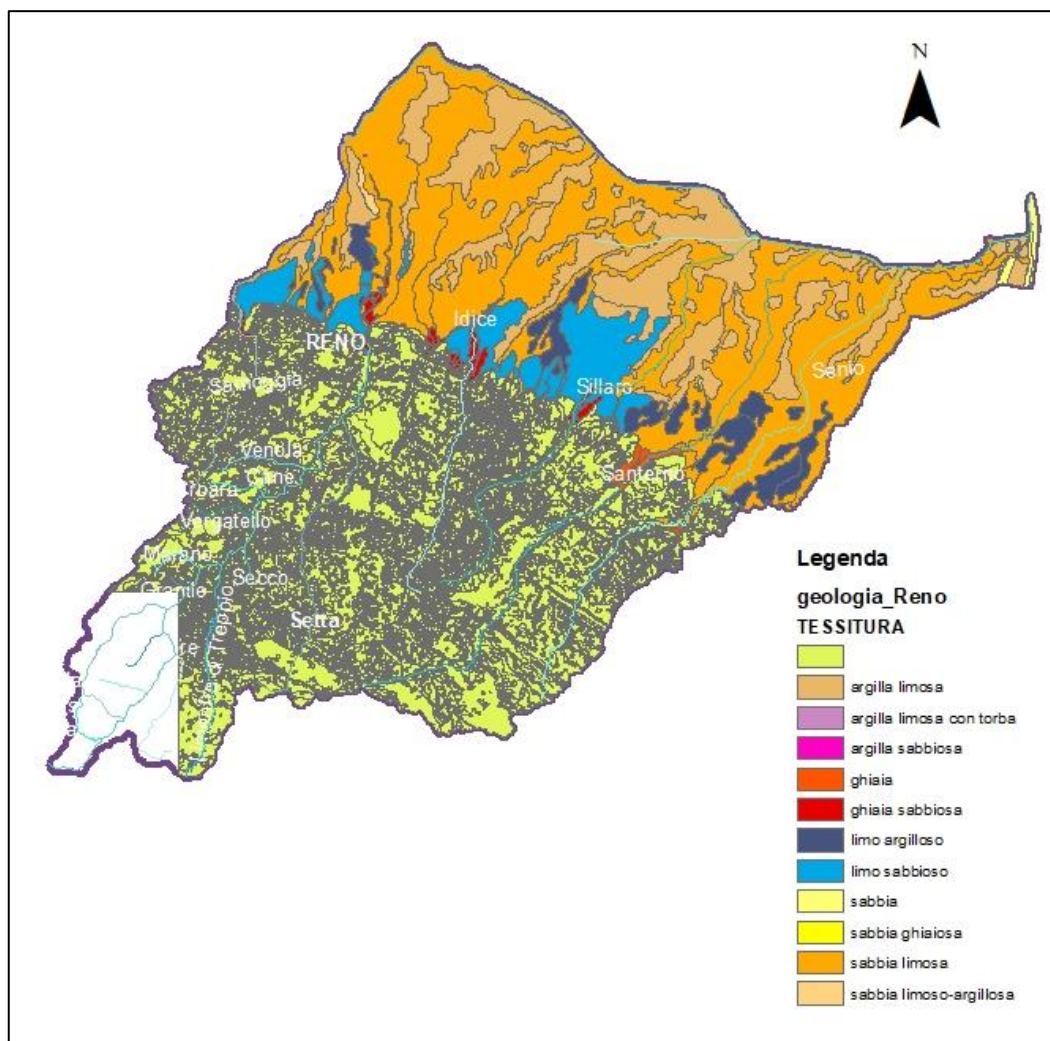


Figura 4 Principali tessiture presenti nel bacino del Reno

2.2.1 Inquadramento climatico

In Figura 5 è visibile la situazione della Regione Emilia – Romagna per quanto riguarda temperatura e precipitazioni (Arpae Emilia-Romagna, <https://www.arpae.it/>).

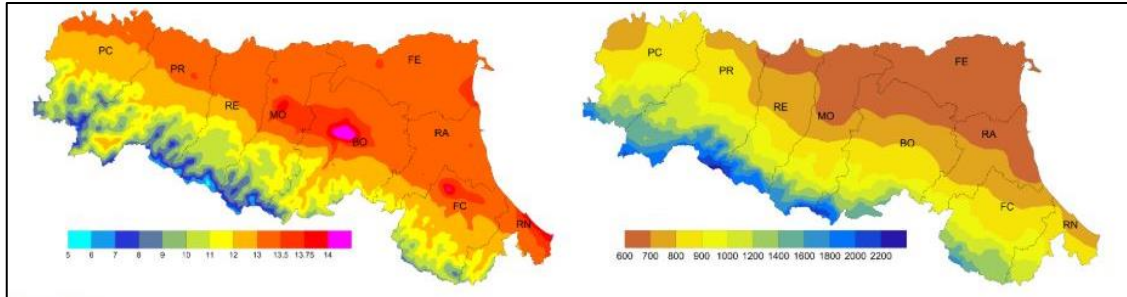


Figura 5. Temperature e precipitazioni medie per il periodo 1961 - 2015 per la Regione Emilia – Romagna (Arpae Emilia – Romagna).

Facendo riferimento a Bologna ci si trova un clima caldo e temperato, si riscontra una piovosità significativa durante l'anno, anche nei mesi abitualmente considerati più secchi; la temperatura media annuale si aggira sui 14 °C e la piovosità media annuale attorno ai 774 mm; la differenza tra le piogge del mese più secco e quelle del mese più piovoso è di 45 mm, mentre durante l'anno le temperature medie variano di 22 °C (<https://it.climate-data.org/>); in Figura 6 il climogramma caratteristico.

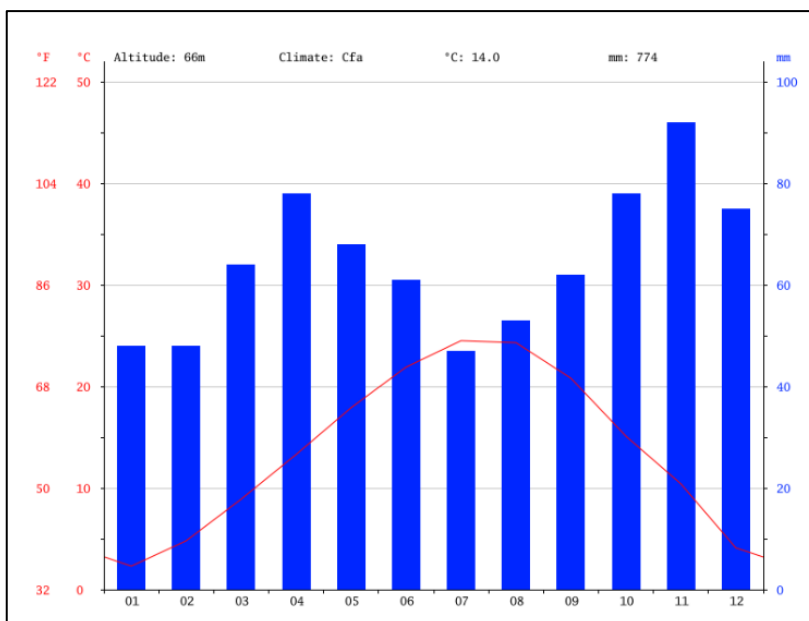


Figura 6. Climogramma per Bologna (<https://it.climate-data.org/>)

Dai raffronti annuali, stagionali e mensili emerge che l'andamento delle precipitazioni nel tempo mostra, specie sull' alto bacino del Reno, una ciclicità della precipitazione annua con periodi di circa vent'anni (Autorità di Bacino del Fiume Reno, 2000). Negli ultimi anni si è osservato un periodo *secco*, per cui la tendenza lineare delle piogge annuali risulta essere negativa; in particolare, si è riscontrato una riduzione delle precipitazioni da gennaio a maggio e da ottobre a dicembre con un calo più accentuato nel mese di febbraio; mentre, al contrario, nei mesi da giugno a settembre si è verificato un aumento delle precipitazioni con un incremento notevole nel mese di agosto. Una eccezione a questo andamento è costituita dall'estate 2003, che rimarrà negli annali come una stagione particolarmente siccitosa, non tanto per le scarse precipitazioni, ma per il perdurare delle alte temperature (Autorità di Bacino del Fiume Reno, 2000).

2.2.2. Uso del Suolo

Nella prima metà del 1900, così come centinaia di ettari di territorio compreso all'interno del bacino sono stati oggetto di rimboschimenti: dagli anni '50 ad oggi, il bosco è passato dal 24% all'attuale 60 % nella fascia 500 m - 900 m.s.l.m., e dal 70% al 98% sopra la fascia dei 900m. (D. Pavanelli, 2007). Una tipologia di interventi e di trasformazioni che hanno caratterizzato in quegli anni gran parte dell'alto Appennino. Attualmente il bacino montano del Reno presenta una copertura forestale superiore al 60% (Inventario forestale regionale).

Relativamente al paesaggio agricolo, fino agli anni '50, le coltivazioni si estendevano fino ai pendii più scoscesi ed era dominato dalla *piantata*, costituita da seminativi intervallati, ogni 5-10 metri, da filari di vite sostenuta da tutori arborei (olmi, aceri e alberi da frutto). Dal dopoguerra, con l'introduzione della meccanizzazione, il paesaggio si è rapidamente trasformato: la piantata è scomparsa, lasciando posto a campi estesi, tanto da interessare interi versanti, spesso in totale assenza di sistemazioni agrarie o di alcun tipo di interruzione che potesse ostacolare o rallentare il rapido lavoro delle macchine agricole.

Per quanto riguarda l'erosione del suolo, attualmente è limitata alle aree agricole, concentrate nel fondovalle e sui versanti più favorevoli alla meccanizzazione, oltre ovviamente alle aree calanchive e dissestate (D. Pavanelli, 2007).

2.3 Assetto idrogeologico

2.3.1 Geologia degli acquiferi della pianura Emiliano-Romagnola

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Emilia – Romagna stima in 2.131 milioni di m³/anno il fabbisogno idrico della Regione. Di questi, il 58 % viene utilizzato in agricoltura, il 26 % per il consumo umano ed il restante 16 % per l'uso industriale. Un terzo di questo enorme volume di acqua è prelevato dalle falde sotterranee della pianura, che forniscono circa il 60 % dell'acqua destinata al consumo umano. E' intuitiva, quindi, l'importanza strategica e insostituibile di questi corpi sotterranei per il sostentamento del territorio (Regione Emilia – Romagna, 1998).

Gli acquiferi della pianura Emiliano – Romagnola sono costituiti principalmente dai depositi di origine alluvionale presenti nella porzione più superficiale della pianura, per uno spessore di circa 400-500 m e, in minima parte, da depositi marini marginali. La distribuzione di questi corpi sedimentari nel sottosuolo è schematicamente rappresentata nella sezione di Figura 7 che attraversa tutta la pianura da Sud a Nord, ovvero dal margine appenninico, che separa gli acquiferi montani da quelli di pianura, al Fiume Po.

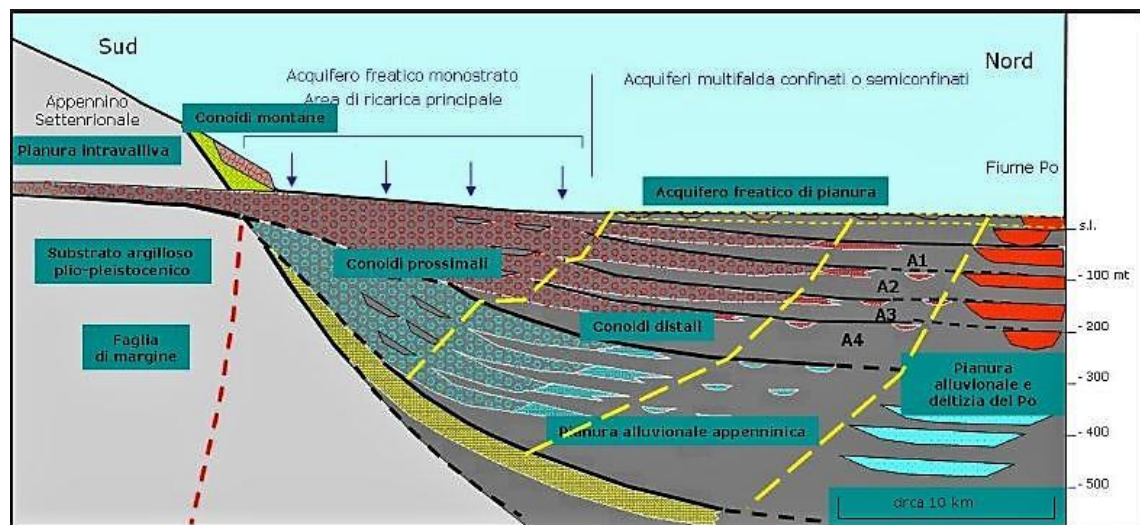


Figura 7. Procedendo quindi dal margine verso nord, si trovano nell'ordine: le conoidi alluvionali, la pianura alluvionale appenninica e la pianura alluvionale e deltizia del Po (Regione Emilia – Romagna, 1998).

Le conoidi alluvionali sono formazioni costituite da sedimenti che si depositano dove vi è una brusca diminuzione di pendenza topografica, come all'uscita di una valle, e dove vi sia un rallentamento della velocità fluviale, per esempio all'arrivo di un corso d'acqua in pianura.

Nelle conoidi prossimali, allo sbocco del fiume nella pianura, prevalgono le ghiaie grossolane e frequentemente affioranti, che essendo più grossolane vengono abbandonate per prime dal corso d'acqua e proseguono nel sottosuolo con spessori fino ad alcune centinaia di metri.

In pianura invece aumentano i depositi fini, alternati a quelli ghiaiosi (sepolti) andando a costituire le conoidi distali (Regione Emilia – Romagna, 1998). Dal punto di vista idrogeologico le conoidi alluvionali, con i loro depositi molto permeabili e molto spessi, sono i principali acquiferi della pianura emiliano – romagnola. In particolare le conoidi prossimali sono sede di un esteso acquifero freatico ricaricato direttamente dalle acque superficiali dei fiumi e dalle piogge, mentre le conoidi distali costituiscono un complesso sistema di acquiferi multistrato con falde confinate e semiconfinate.

La pianura alluvionale appenninica è caratterizzata da una pendenza topografica inferiore ed è formata dai sedimenti fini trasportati dai fiumi appenninici a distanze maggiori, costituiti da alternanze di limi più o meno argillosi, argille e sabbie limose. Essa inizia laddove i corpi ghiaiosi si chiudono e passano lateralmente a sabbie, presenti come singoli corpi nastriformi di pochi metri di spessore, che rappresentano i depositi di riempimento di canale e di argine prossimale. Talvolta si ritrovano degli orizzonti argillosi molto ricchi di sostanza organica che testimoniano il succedersi degli eventi di trasgressione marina che hanno interessato la zona costiera dell'Emilia-Romagna durante il Pleistocene e che costituiscono dei veri e propri livelli guida.

Dal punto di vista idrogeologico i rari e discontinui depositi sabbiosi della pianura alluvionale appenninica, costituiscono degli acquiferi di scarso interesse, anche perché la loro ricarica è decisamente scarsa e deriva unicamente dall'acqua che, infiltratasi nelle zone di ricarica delle conoidi, riesce molto lentamente a fluire sino alla pianura (Amorosi *et al.*, 1999).

I sedimenti fini che si alternano a questi strati sabbiosi sono formati da limi più o meno argillosi, argille, sabbie limose e più raramente sabbie.

L'acquifero freatico di pianura riveste un ruolo molto marginale per quanto concerne la gestione della risorsa a scala regionale. E' invece molto sfruttato nei contesti rurali, dove numerosi pozzi a camicia lo sfruttano per scopi prevalentemente domestici.

Tra gli acquiferi di pianura e quelli di montagna, si trova la zona del margine appenninico, formato da depositi ghiaiosi coperti da sedimenti fini pedogenizzati (conoidi montane) che, in una breve distanza verso la pianura, passano da spessori sottili a spessori anche

molto considerevoli a formare le conoidi alluvionali precedentemente descritte. Al di sotto di questi depositi ghiaiosi si trovano le sabbie costiere attribuibili all'ultimo episodio della sedimentazione marina nell'Appennino e che proseguono fino alle porzioni più distali della pianura (Sabbie Gialle).

Per quanto riguarda i gruppi acquiferi ed i complessi acquiferi, riassunti schematicamente nella Figura 8, il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia – Romagna ha proposto una nuova stratigrafia valida a livello di bacino per i depositi alluvionali e marino marginali presenti nelle prime centinaia di metri del sottosuolo (Regione Emilia – Romagna, 1998).

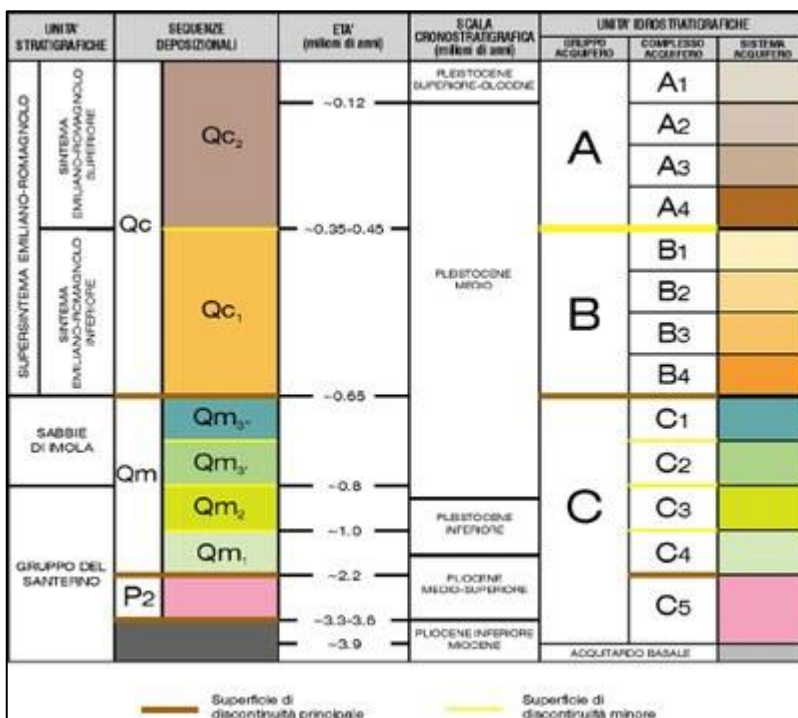


Figura 8. Schema della stratigrafia dei depositi di pianura alluvionale (Regione Emilia – Romagna, 1998).

I depositi della pianura sono stati suddivisi in tre nuove unità stratigrafiche, denominate Gruppi Acquiferi A, B e C (Figura 9): il Gruppo Acquifero A è il più recente ed ha un'età che va dall'Attuale sino a 350.000 – 450.000 anni; il Gruppo Acquifero B, intermedio, va da 350.000 – 450.000 anni sino a 650.000 circa; il Gruppo Acquifero C è il più vecchio e va da 650.000 sino a oltre 3 milioni di anni. Il Gruppo Acquifero A ed il Gruppo Acquifero B sono costituiti principalmente da depositi alluvionali ed in particolare dalle ghiaie delle conoidi alluvionali, dai depositi fini di piana alluvionale e dalle sabbie della piana del Fiume Po; il gruppo acquifero C è formato principalmente da depositi costieri e marino marginali ed è costituito principalmente da pacchi di sabbie alternati a sedimenti

più fini. In prossimità dei principali sbocchi vallivi il gruppo acquifero C contiene anche delle ghiaie intercalate alle sabbie, che costituiscono i delta a conoide dei fiumi appenninici durante il Pleistocene inferiore e medio (Regione Emilia – Romagna, 1998). Esiste una corrispondenza tra i Gruppi Acquiferi (definiti come Unità Idrostratigrafiche) e le Unità Stratigrafiche utilizzate nella Carta Geologica d'Italia. Nello specifico, il Gruppo Acquifero A corrisponde al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), il Gruppo acquifero B al Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI), il Gruppo Acquifero C a diverse unità affioranti nell'Appennino, la più recente delle quali è la Formazione delle Sabbie Gialle di Imola (IMO).

Le Unità Idrostratigrafiche sono formate da una o più sequenze deposizionali caratterizzate da alternanze cicliche di depositi fini (alla base) e grossolani (al tetto) molto spessi. Una sequenza deposizionale è una successione di sedimenti geneticamente legati tra loro (sono depositi durante lo stesso intervallo di tempo e con meccanismi della sedimentazione legati tra loro), compresi alla base e al tetto da superfici di discontinuità della sedimentazione e da superfici di continuità ad esse correlate. All'interno di ciascuna sequenza, si trovano depositi costituiti da differenti litologie, corrispondenti a vari sistemi e ambienti deposizionali. Alla base di ciascuna sequenza si trova un livello molto continuo a scarsa permeabilità che funge da acquicludo tra le diverse unità individuate.

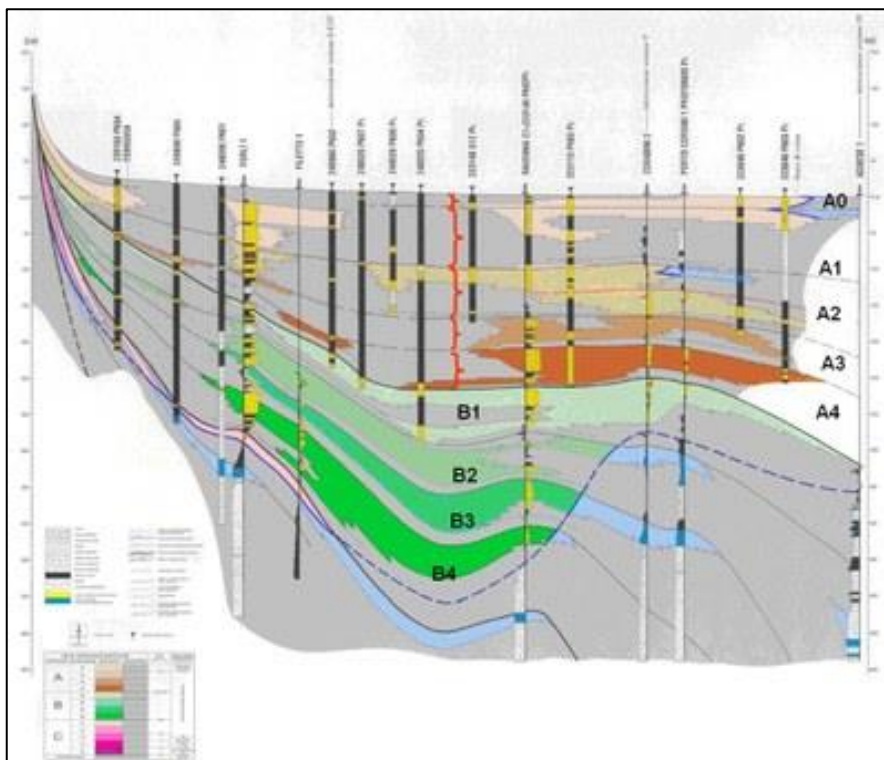


Figura 9. Suddivisione stratigrafica degli acquiferi di pianura (Regione Emilia – Romagna, 1998).

All'interno di ciascun Gruppo Acquifero vengono poi distinti diversi Complessi Acquiferi, unità gerarchicamente inferiori (a cui comunque corrisponde un'unità stratigrafica della Carta Geologica) identificate dal nome del Gruppo Acquifero di appartenenza, seguito da un numero progressivo (A0, A1 ecc.). Anche i Complessi Acquiferi sono Unità Idrostratigrafiche e come tali rappresentano una sequenza deposizionale contraddistinta da un acquitardo basale molto continuo, a cui fa seguito una sedimentazione più fine che diventa poi decisamente grossolana nella porzione terminale della sequenza (Regione Emilia-Romagna, 1998).

Oltre che nello schema di Figura 8, la stratigrafia proposta è ben rappresentata nella Figura 9, dove è ben visibile la suddivisione nel sottosuolo dei diversi Gruppi Acquiferi e la rispettiva distinzione dei vari Complessi Acquiferi.

2.3.2 La conoide del fiume Reno.

La conoide del Fiume Reno appartiene al complesso idrogeologico delle conoidi alluvionali appenniniche che sono caratterizzate dalla presenza di acque di origine appenninica, ma con età recente nelle parti più superficiali e più prossimali, ed acque più antiche a profondità maggiori e nelle parti distali.

In Figura 10, vengono riportati i 4 litotipi: Sabbie di Imola (Sabbie Gialle), Litofacies Arenacea, Sintema Emiliano – Romagnolo Inferiore e Sintema Emiliano – Romagnolo Superiore, che sono stati scelti come riferimento nell'analisi relativa alle conoidi.

Le Sabbie di Imola, rappresentano la più recente tra le unità marine dell'Appennino Settentrionale, sono costituite da depositi sabbiosi e sabbioso – ghiaiosi, di ambiente costiero e subordinatamente di peliti argillose di piana alluvionale e/o laguna. Nello specifico si tratta di sabbie giallastre fini e finissime, più raramente medie e grossolane, con rare intercalazioni pelitiche e rari livelli centimetrici di ciottoli; tipiche di un ambiente di sedimentazione deltizio il loro spessore massimo è pari a 50 metri circa (Amorosi *et al.*, 1998).

Sopra alle Sabbie di Imola si trova la formazione del Sintema Emiliano – Romagnolo Inferiore. Il Sintema Emiliano – Romagnolo Inferiore è formato da limi e limi argillosi in cui sono presenti intercalazioni ghiaiose soprattutto in corrispondenza dei principali paleo-apparati fluviali (Regione Emilia-Romagna, 2009). Esso costituisce la porzione inferiore, non affiorante, del Supersintema Emiliano – Romagnolo, a vari livelli stratigrafici vi si trovano orizzonti di argille organiche e concentrazioni di legni, ma sono

riconoscibili anche sequenze con elevato contenuto in ghiaia, in corrispondenza delle principali aste fluviali. La formazione ha uno spessore di circa 30 metri e presenta un caratteristico colore grigio – verde dovuto alla presenza dei limi e delle argille tipiche di questa unità (Regione Emilia – Romagna,2009). Il Sintema Emiliano – Romagnolo Superiore costituisce quindi la porzione superiore del Supersintema Emiliano – Romagnolo, si differenzia dal sottostante Sintema Emiliano – Romagnolo Inferiore per via del colore grigio - nocciola o giallo – bruno dovuto alla presenza di ghiaie e sabbie di canale fluviale, alternati ad argille, limi e sabbie variamente pedogenizzati. Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore è difatti costituito da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, localmente cementate, con una copertura fine dello spessore massimo di 4 m di limi , da argillosi a limi sabbiosi.

Il suo spessore va da un minimo di pochi metri al margine appenninico, fino ad un massimo di 330 metri nel sottosuolo (Regione Emilia - Romagna, 2009).

Infine, per quanto riguarda la Litofacies arenacea, essa è costituita da formazioni in prevalenza costituite da arenarie, da grossolane a medie, in strati da sottili a spessi frequentemente amalgamati (Regione Emilia-Romagna, 2009). La Litofacies Arenacea fa parte del complesso delle Argille Azzurre e le arenarie di cui è costituita possono essere argillose, talora ciottolose, bioturbate, in strati da sottili a spessi, fino ad un centinaio di metri. Queste formazioni si trovano in genere sottoforma di corpi a geometria lenticolare (Regione Emilia - Romagna, 2009).

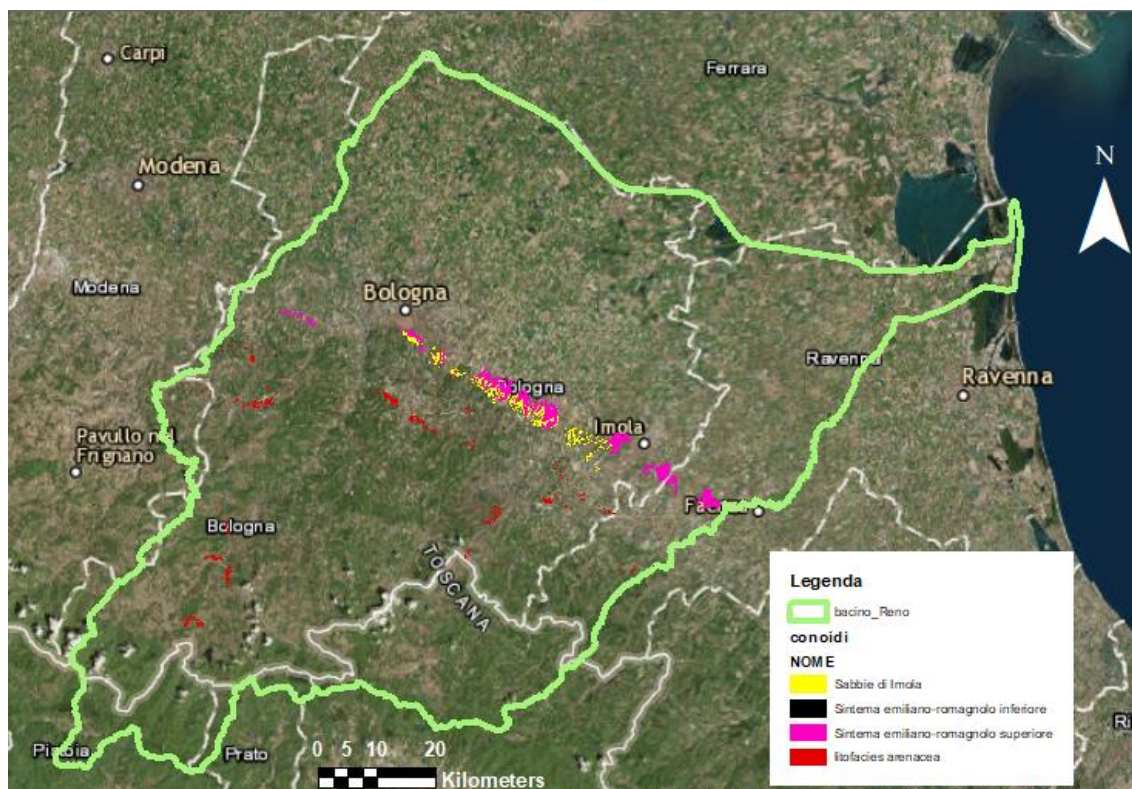


Figura 10. In figura i litotipi selezionati per l'analisi: Sabbie di Imola, Litofacies Arenacea, Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore e Superiore.

2.4 Assetto idrologico

Le formazioni litologiche dell'Appennino Emiliano sono pressoché impermeabili e fanno sì che tutti i corsi d'acqua del bacino, nella parte montana, presentino un regime torrentizio. Ad eccezione di qualche sfasamento in inverno e primavera, a causa del graduale scioglimento della neve, l'andamento dei deflussi nella rete idrografica principale, è parallelo a quello delle precipitazioni, con contributi medi annui di deflusso tra i 15 e i 26 L/sec per Km² (Autorità di Bacino del Reno, 2000).

Allo sbocco in pianura la portata media annua è di 26,5 m³/s, mentre, verso la foce, la portata media annua è di 95 m³/s.

Le massime portate registrate all'arrivo in pianura sfiorano i 2300 m³/s, ma nelle piene ordinarie si superano di poco i 1000.

La portata minima assoluta alla foce è di circa 4 m³/s, mentre allo sbocco in pianura è di 0,6 m³/s, ma circa un secolo fa non scendeva mai sotto i 5 o 6 m³/s.

Le massime piene (in Figura 11 un esempio) si sono storicamente registrate in autunno (novembre), ma il periodo in cui le portate medie sono più elevate è in primavera (marzo)

(52 m³/s in pianura, circa 200 verso la foce), mentre il mese con portate medie più scarse è agosto (2,4 m³/s in pianura, circa 8 verso la foce) (Autorità di Bacino del Reno, 2000). Anche per prevenire le diverse piene è stato creato un sistema di monitoraggio idro-meteorologico: il bacino montano del fiume Reno ed il suo tratto di pianura sono provvisti di sistemi di telerilevamento di pioggia, temperatura e livelli idrici in sezioni significative dei corsi d'acqua principali (Autorità del Bacino del Reno).



Figura 11. Il Reno durante la piena del 22 gennaio 2009 (Autorità di Bacino del Reno, 2000).

L'analisi storica dei valori di portata minima, inoltre, conferma che il fiume, un tempo con portate minime assolute di dieci volte superiori a quelle attuali per effetto dell'aliquota di terreni di emungimenti e della captazione dovuta ad alcuni suoi affluenti sta subendo uno sfruttamento intensivo nel tratto montano a scopo antropico, con captazione pressoché sistematica delle sorgenti montane di moltissimi suoi affluenti: basti osservare che il suo maggior tributario, il Setta, ordinariamente per almeno tre mesi in estate, non gli versa alcun afflusso, poiché è interamente captato dall'Acquedotto di Bologna meno di 1 km a monte della confluenza (Autorità di Bacino del Reno, 2000).

3_METODOLOGIA

3.1 Database Uso Suolo Regione Emilia – Romagna

Per ricostruire l'assetto territoriale del paesaggio nel bacino del Reno nell'intervallo temporale tra il 1954 e il 2014, sono state utilizzate le carte dell'uso del suolo in scala 1:25000 fornite dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. Le carte dell'uso suolo negli anni si sono modificate includendo nuovi dettagli, aumentando il numero di classi ed il dettaglio e la precisione degli elementi che le compongono. Esse infatti si possono distinguere per le diverse caratteristiche, quali fonte informativa, anni di ripresa, sistemi di classificazione e legende a seconda dell'anno considerato. Le principali caratteristiche delle carte sono riportate in Tabella 2 sottostante (Regione Emilia Romagna).

Tabella 2. Tabella riassuntiva delle caratteristiche del database di uso del suolo utilizzato (Geoportale Regione Emilia-Romagna, <http://geoportale.regione.emilia-romagna.it/it/mappe/pianificazione-e-catasto/uso-del-suolo>)

ANNO	FONTE	ANNI DI RIPRESA	LIVELLI	UNITA' MINIMA CARTOGRAFABILE	NUMERO CATEGORIE
1954	Foto aeree pancromatiche (voli G.A.I.) e W.W.S.	1954-1955	2	2.25 ha	19
1976	Foto aeree a colori scala media 1:13500	1971-1978 (in prevalenza 1976)	3	0.375 ha	29
1994	Ortofoto B/N (volo Italia 1994)	1994	4	1.56 ha	83
2003	Immagini pancromatiche satellitari "Quickbird" con pixel 60 cm e aggiornamento su ortofoto AGEA 2008 a colori (RGB)	2002-2005 (in prevalenza 2004)	4	1.56 ha	83
2008	Ortofoto "AGEA 2008" a colori ed infrarosso con pixel 50 cm	2007-2008	4	0.16 ha	90
2014	Ortofoto TeA 2014 a colori ed infrarosso con pixel 50	2014	4	0.16 ha	90

3.2 Evoluzione Uso Suolo

L'evoluzione spaziale e temporale dell'uso del suolo è stata effettuata tramite fogli di calcolo in Excel per produrre tabelle della copertura percentuale degli usi del suolo e relativi istogrammi. Per ciascuna carta dell'uso del suolo sono state calcolate le percentuali delle 5 classi principali mentre per ciascun intervallo di tempo (1954-1976, 1976-1994, 1994-2003, 2003-2008, 2008-2014) sono state calcolate le variazioni totali e i tassi di variazione annua percentuali per ciascuna classe espressi come (Corticelli *et al.*, 2010):

$$\Delta_{tot} = \frac{Classe_x(anno_1) - Classe_x(anno_0)}{Classe_x(anno_0)} * 100$$

(1)

$$\Delta_{annua} = \frac{\Delta_{tot}}{(anno_1 - anno_0)}$$

(2)

Per gli stessi intervalli di tempo, in un'altra tabella è stato calcolato l'indice di artificializzazione totale (*Iart*) e annuo (*Iart_annuo*), un indice che mette in relazione l'aumento di suolo urbanizzato (artificializzato), cioè la macroclasse 1 (COD_1), con la superficie totale esaminata. Di seguito si riportano le formule per il calcolo dell'indice di artificializzazione totale (%) (Corticelli et al., 2010):

$$Iart = \frac{Classe1(anno1) - Classe1(anno0)}{Sup_{tot}} * 100$$

(3)

$$Iart_{annuo} = \frac{Iart}{(anno1 - anno0)}$$

(4)

Per evidenziare quali siano le trasformazioni più consistenti nell'uso del suolo tra il 1954 e il 2014 è stata utilizzata un'estensione di *ArcGis®*, chiamata *Patch Analyst* e nello specifico il tool *Patch Grid – Intersect (Combine) Grid*, che facilita l'analisi spaziale delle patch di paesaggio e la modellazione degli attributi associati. Le due cartografie vengono sovrapposte e viene creato un nuovo strato informativo che riporta i cambiamenti tra l'uso del suolo presente nel 1954 e nel 2014. A seconda del cambiamento cui l'uso del originario è andato incontro è stata poi associata al poligono una particolare dinamica evolutiva utilizzando le seguenti classi:

- 1) urbanizzazione: espansione di aree urbane, o comunque di origine antropica, su terreni un tempo interessati da coltivazioni, prati o pascoli (tutto quello che si è trasformato in Classe 1)
- 2) modifica ad aree agricole: include tutti i passaggi dalle classi 1, 4 e 5 alla Classe 2)
- 3) invariato (classi immutate dal 1954 al 2014)

- 4) forestazione: formazioni arboree od arbustive che vanno ad occupare aree che precedentemente erano pascoli, o aree coltivate o aree antropizzate (tutto ciò che si è trasformato in Classe 3)
- 5) deforestazione: perdita di terreni boscati per ricavarne superfici destinate a coltivazioni agricole o a pascoli (tutto quello che era in Classe 3 e si è trasformato in Classe 2, 4 e 5)
- 6) altro: include l'evoluzione dalle varie classi alla classe 4 e 5.

3.3 Le conoidi: calcolo dell'infiltrazione

3.3.1 Il metodo SCS – CN

Il metodo, risalente al 1972, è stato sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS) che sviluppò una relazione empirica per il deflusso delle precipitazioni per bacini di piccole e medie dimensioni. Oggi, è ancora molto utilizzato per la sua semplicità e per le sue buone prestazioni rispetto ad altri metodi empirici (Mays *et al.*, 2005).

Il metodo CN, si basa su una rappresentazione integrale del processo di infiltrazione, per cui ci si riferirà sempre alle seguenti quantità cumulative:

- 1) precipitazione totale P [mm];
- 2) perdite iniziali I_a [mm];
- 3) volume specifico infiltrato F_a [mm];
- 4) pioggia efficace o volume specifico di deflusso diretto P_e [mm];
- 5) volume specifico di saturazione S [mm]

Per il metodo CN (Figura 12), vengono assunte tre ipotesi:

- 1) Prima dell'inizio del processo d' infiltrazione, un certo quantitativo di acqua viene sottratto al potenziale deflusso diretto: si tratta della precipitazione intercettata dalle chiome della vegetazione, o quella che si accumula nelle locali depressioni del terreno, o che è sottratta dall'imbibizione iniziale del terreno, o ancora in ambito urbano quella intercettata da canalette, scoli e da altre opere di captazione. Per cui il volume specifico di deflusso diretto è pari a:

$$P - I_a$$

- 2) Una volta che il processo di precipitazione ha inizio, un ulteriore quantitativo di acqua è trattenuta nel bacino. Questa quantità è il volume infiltrato cumulativo di acqua infiltrata F_a , che deve essere minore o uguale al volume potenziale massimo di ritenzione di acqua S (cioè, alla massima quantità di acqua immagazzinabile):

$$F_a \leq S$$

- 3) Infine, se vi è una quantità di pioggia sufficiente, in superficie si sviluppa il volume specifico di deflusso diretto P_e . Il volume specifico di deflusso diretto, o pioggia in eccesso, è sempre inferiore o uguale al valore della precipitazione totale:

$$P_e \leq P$$

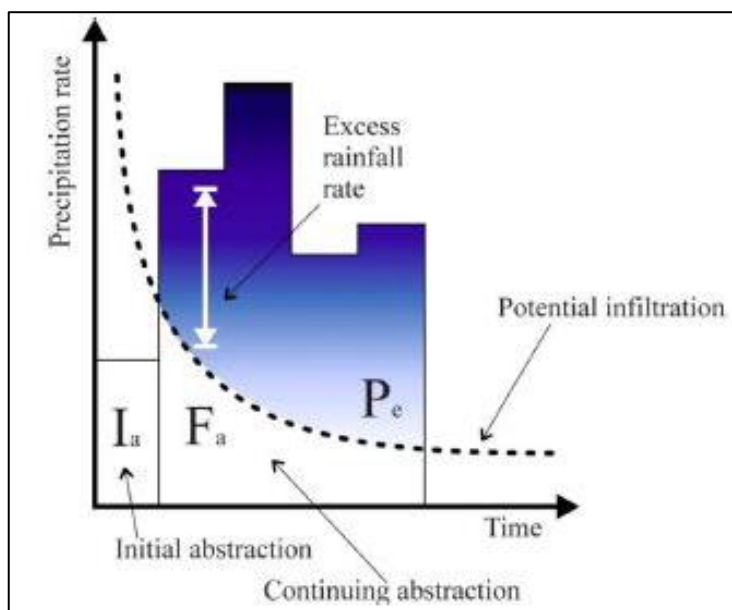


Figura 12. Componenti dell'infiltrazione descritte nel metodo CN.

Il metodo CN presuppone che il rapporto tra volume specifico infiltrato e volume specifico di saturazione sia equivalente al rapporto tra volume specifico di deflusso diretto e il potenziale volume di deflusso diretto ($P - I_a$) (5):

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (5)$$

Inoltre, è possibile scrivere l'equazione (6) di continuità per l'acqua nel bacino idrografico come la somma di tutti i contributi possibili che eguaglia la precipitazione totale:

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (6)$$

Risolvendo l'equazione per F_a e sostituendolo nell'equazione (5) si ottiene:

$$\frac{P - P_e - I_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (7)$$

L'equazione (7) può essere risolta per calcolare il volume specifico di deflusso diretto, ottenendo:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (8)$$

Da studi empirici su numerosi bacini idrografici, è stato rilevato che in normali condizioni di umidità le perdite iniziali possono essere ottenute come:

$$I_a = 0.2 S \quad (9)$$

Si noti che in ogni caso le perdite iniziali non possono superare la quantità di precipitazione in un dato intervallo di tempo.

I valori di S sono messi in relazione con le caratteristiche fisiche di un bacino tramite un parametro adimensionale detto Numero della Curva (in inglese Curve Number da cui CN), compreso tra 0 e 100, che esprime il grado di impermeabilità della superficie. Un $CN = 100$ indica una superficie completamente impermeabile per cui $P = P_e$, mentre per le superfici naturali $CN < 100$ (Mays *et al.*, 2005).

La Figura 13 riporta i valori di CN per i differenti usi del suolo e gruppi di suoli, espressi dalle colonne A, B, C, D, in ordine di impermeabilità del suolo. In Tabella 3 vengono

riportate le principali caratteristiche dei 4 gruppi di suoli (Handbook of Hydrology D.R. Maidment, 1992). Nel nostro caso si è utilizzata la colonna A.

Tabella 3. Classificazione dei tipi idrologici di suolo secondo il metodo CN.

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

La relazione empirica tra S (espressa in mm), e CN è (Mays *et al.*, 2005):

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (10)$$

Land Use Description	Hydrologic Soil Group			
	A	B	C	D
Cultivated land: without conservation treatment	72	81	88	99
with conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land: poor condition ¹	68	79	86	89
good condition ¹	39	61	74	80
Meadow: good condition	30	58	71	78
Wood or forest land: thin stand, poor cover, no mulch	45	66	77	83
good cover ²	25	55	70	77
Open Spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.				
good condition: grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
fair condition: grass cover on 50% to 75% of the area	49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)	89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)	81	88	91	93
Residential				
Average lot size	Average % impervious			
1/8 acre or less	65	77	85	90
1/4 acre	38	61	75	83
1/3 acre	30	57	72	81
1/2 acre	25	54	70	80
1 acre	20	51	68	79
Paved parking lots, roofs, driveways, etc.	98	98	98	98
Streets and roads:				
paved with curbs and storm sewers	98	98	98	98
gravel	76	85	89	91
dirt	72	82	87	89

Figura 13. Valori di CN per i diversi tipi di uso del suolo e gruppi di suoli. (Mays *et al.*, 2005)

3.3.2 Calcolo dell'infiltrazione

Per calcolare Fa , in ambiente GIS si sono individuate e selezionate i litotipi rappresentativi delle conoidi nel bacino del fiume Reno partendo dalla carta geologica della Regione Emilia – Romagna (scala 1: 50000) (Geoportale Regione Emilia-Romagna, 2009).

Con lo strumento *intersect* si è ricavato l'uso del suolo dei vari anni in corrispondenza dei quattro litotipi Sabbie di Imola, Litofacies Arenacea, Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore e Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, scelti perché rappresentativi delle conoidi in virtù delle loro caratteristiche granulometriche e geologiche.

Una volta esportata la tabella degli attributi, utilizzando per l'elaborazione dei dati la stessa metodologia descritta al paragrafo 3.2.1, per ogni litotipo sono stati riportati, suddivisi per anno, il codice delle tipologie di uso del suolo, una sintetica descrizione del codice (secondo le legende delle varie carte di uso del suolo), l'area in m^2 , l'area relativa (%) e il CN associato a quell'uso del suolo. Dove è stato possibile il valore di CN è stato scelto in base alla tabella di Figura 14, che contiene valori più specifici e più realistici rispetto ai valori di Figura 13. I valori di Figura 14 fanno riferimento al terzo livello della classificazione CLC (utilizzata nel database dell'uso suolo per la Regione Emilia – Romagna). Come suggerito da chi ha messo a punto la tabella in Figura 14, ai valori di CN è stata sottratta una quantità pari a 5 perché riferiti al gruppo di suoli A (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona).

Indice	Descrizione	CN
1.1.1	tessuto urbano continuo	92
1.1.2	tessuto urbano discontinuo	90
1.2.1	aree industriali o commerciali	90
1.2.2	reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori	90
1.2.3	aree portuali	90
1.3.1	aree estrattive	90
1.3.2	discariche	75
1.4.1	aree verdi urbane	75
1.4.2	aree sportive e ricreative	82
2.1.1	seminativi in aree non irrigue	70
2.1.1.1	seminativi, vivai, colture ortofloricole in pien'aria	73
2.1.2.2	seminativi, vivai, colture ortofloricole in serra	90
2.2.1	vigneti	70
2.2.2	frutteti	70
2.2.3	oliveti	65
2.3	prati e pascoli	65
2.4	zone agricole eterogenee	70
2.5	ex coltivi	65
3.1	praterie	60
3.2	zone boscate	56
3.3	zone boscate (5.1 pino marittimo)	62 *
3.3	zone caratterizzate da vegetazione arbustiva	60
3.4.1	spiagge, dune	//
3.4.2	rocce nude	90
3.4.3	aree con vegetazione rada (calanchi, conoidi detritici)	75
3.4.4	aree percorse da incendi recenti	75

Figura 14. CN specifici per la classificazione CLC (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona).

Per ogni riga corrispondente ad un codice di uso suolo viene calcolato anche un CN pesato, dividendo il CN tabulato per l'area relativa calcolata in precedenza (Weighted CN, CN_w).

Per ogni anno all'interno di uno stesso litotipo vengono sommati tutti i CN_w , e si calcolano S e Ia (equazioni numero (10) e numero (9)).

I dati pluviometrici utilizzati provengono dal sito del Servizio Idro-Meteo-Clima di Arpae (Arpa Emilia Romagna, <https://simc.arpae.it/dext3r/>), le osservazioni pluviometriche sono orarie, giornaliere e registrate per un intervallo temporale di un anno, in modo da includere anche i periodi in cui le precipitazioni sono più intense. Nel nostro caso si è scelto l'intervallo temporale che va da settembre 2017 a settembre 2018.

Si sono scelte come stazioni quella di Bologna Urbana, stazione di riferimento, ed altre 4 stazioni locali il più possibile vicine alle zone di conoide, ed ad ognuno dei 4 diversi litotipi. Per ognuna delle stazioni si è scelto l'evento di precipitazione più intenso (Figura 15).

Prendendo i valori cumulativi di P , e mettendoli in relazione con i valori di S , Ia calcolati, si sono ottenuti Fa e Pe , seguendo il metodo descritto nel paragrafo 3.3.1, formule (5) e

(8). Infine, si sono confrontati gli andamenti dei parametri S , Ia , Fa e Pe , calcolati per i diversi litotipi negli anni presi in considerazione (1954-2014).

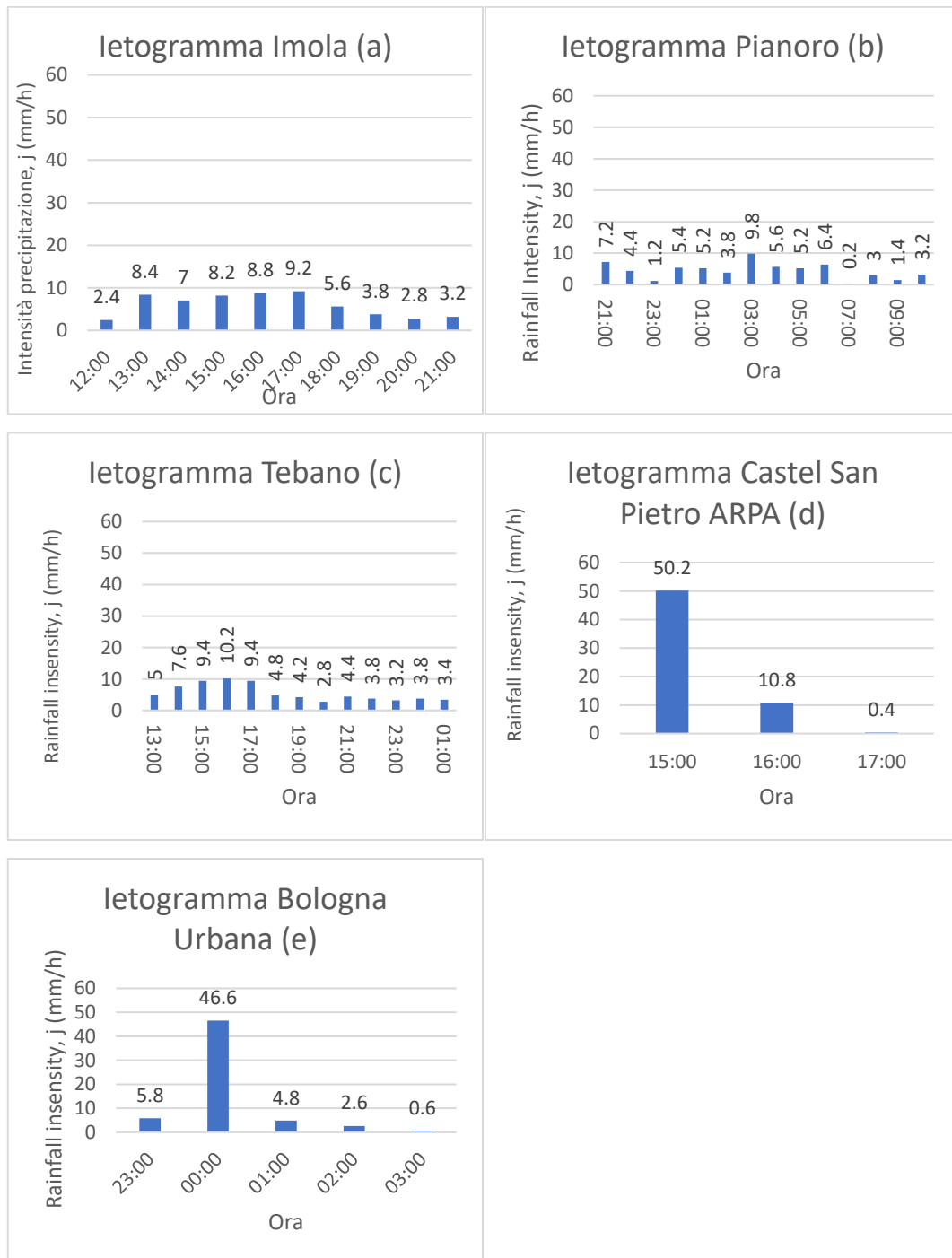


Figura 15. Ietogrammi utilizzati per il calcolo dell'infiltrazione cumulativa, Fa . Lo ietogramma (a) è stato utilizzato per il litotipo Sabbie di Imola, il (b) per la Litofacies Arenacea, il (c) per il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, il (d) per il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, (e) per Bologna (ietogramma di riferimento).

4_RISULTATI

4.1 Analisi statistica

In questa sezione vengono riportati le tabelle ed i grafici risultanti dall'analisi statistica per il bacino idrografico del Fiume Reno.

In Tabella 4 per ogni anno vengono riportate le 5 macroclassi di uso del suolo scelte come riferimento: 1 antropizzato, 2 agricolo, 3 boschivo/seminaturale, 4 zone umide e 5 corpi idrici; per ognuna è riportata l'area in m² e la percentuale di area occupata dalle classi nel bacino del Reno.

In Tabella 5, invece, sono stati scelti 5 intervalli temporali successivi (1954-1976, 1976-1994, 1994-2003, 2003-2008, 2008-2014) e per ogni classe e per ogni intervalli è stata calcolata la variazione totale percentuale e la variazione annua percentuale.

Infine, in Tabella 6, per gli intervalli temporali scelti in precedenza si è calcolato l'indice di artificializzazione totale (%) (equazione (3) e (4) paragrafo 3.2 Evoluzione Uso Suolo). In Figura 16 sono riportati gli istogrammi di variazione totale (%) per le varie classi di uso del suolo, riferiti all'intervallo 1954-2014; la variazione totale sarà quindi rispetto alla situazione iniziale (1954). Vengono riportate anche le carte di uso suolo per il bacino del Reno, costruite tramite GIS (Figura 17) e la carta dell'evoluzione dell'uso del suolo, che riporta le principali trasformazioni del territorio registrate rispetto al 1954 (Figura 18).

Tabella 4. Area (m²) e percentuale (%) occupata da ciascuna classe all'interno del bacino idrografico del Reno.

1954			1976			1994			2003			2008			2014		
CLASSE	AREA m ²	%	CLASSE	AREA m ²	%	CLASSE	AREA m ²	%	CLASSE	AREA m ²	%	CLASSE	AREA m ²	%	CLASSE	AREA m ²	%
1	7E+07	1	1	2E+08	5	1	4E+08	8	1	4E+08	9	1	4E+08	10	1	6E+08	13
2	3E+09	73	2	3E+09	70	2	3E+09	62	2	2E+09	61	2	3E+09	60	2	2E+09	55
3	1E+09	23	3	1E+09	23	3	1E+09	27	3	1E+09	27	3	1E+09	27	3	1E+09	28
4	2E+07	0.5	4	1E+07	0.3	4	2E+07	0.5	4	3E+07	0.8	4	4E+07	0.9	4	4E+07	1
5	8+07	2	5	6E+07	1	5	10E+07	2	5	1E+08	2	5	1E+08	2	5	1E+08	3
totale	4E+09	100	totale	4E+09	100	totale	4E+09	100	totale	4E+09	100	totale	4E+09	100	totale	4E+09	100.

Tabella 5. Variazione totale (%) e variazione annua (%) negli intervalli di tempo 1954-1976, 1976-1994, 1994-2003, 2003-2008, 2008-2014: in verde sono rappresentate le celle per cui vi è stato un incremento (valore positivo) ed in rosso le celle in cui si è registrato un decremento (valore negativo).

VARIAZIONE USO SUOLO											
CLASSE	DESCRIZIONE	1954 - 1976		1976 - 1994		1994 - 2003		2003 - 2008		2008 - 2014	
		VAR %	VAR ANNUA	VAR %	VAR ANNUA	VAR %	VAR ANNUA	VAR %	VAR ANNUA	VAR%	VAR ANNUA
1	aree antropizzate	259	12	51	2	12	1	8	0.4	32	1
2	aree agricole	-5	-0.3	-11	-1	-3	-0.1	-3	-0.1	-7	-0.4
3	terreni boscati e ambienti seminaturali	0.1	0.0	14	2	1	0.1	1	0.1	3	0.3
4	aree umide	-43	-9	74	15	64	13	64	13	2	0.4
5	corpi idrici	-29	-5	71	12	1	0	1	0.2	19	3

Tabella 6. Indice di artificializzazione totale (%) ed annuo (%).

INTENSITA' DI URBANIZZAZIONE							
totale (m ²)	art 2008	art 2014	intervallo anni	Variazione (m ²)	I _a (%)	I _{a_annuo} (%)	m ² /km ²
4E+09	42E+08	6E+08	6	1E+08	3	0.6	5489
totale (m ²)	art 2003	art 2008	intervallo anni	Variazione (m ²)	I _a (%)	I _{a_annuo} (%)	m ² /km ²
4E+09	4E+08	4E+08	5	3E+07	0.8	0.1	1494
totale (m ²)	art 1994	art 2003	intervallo anni	Variazione (m ²)	I _a (%)	I _{a_annuo} (%)	m ² /km ²
4E+09	4E+08	4E+08	9	4E+07	1	0.1	1143
totale (m ²)	art 1976	art 1994	intervallo anni	Variazione (m ²)	I _a (%)	I _{a_annuo} (%)	m ² /km ²
44E+09	2E+08	4E+08	18	1E+08	3	0.7	1584
totale (m ²)	art 1954	art 1976	intervallo anni	Variazione (m ²)	I _a (%)	I _{a_annuo} (%)	m ² /km ²
4E+09	7E+07	2E+08	22	2E+08	4	0.2	1825

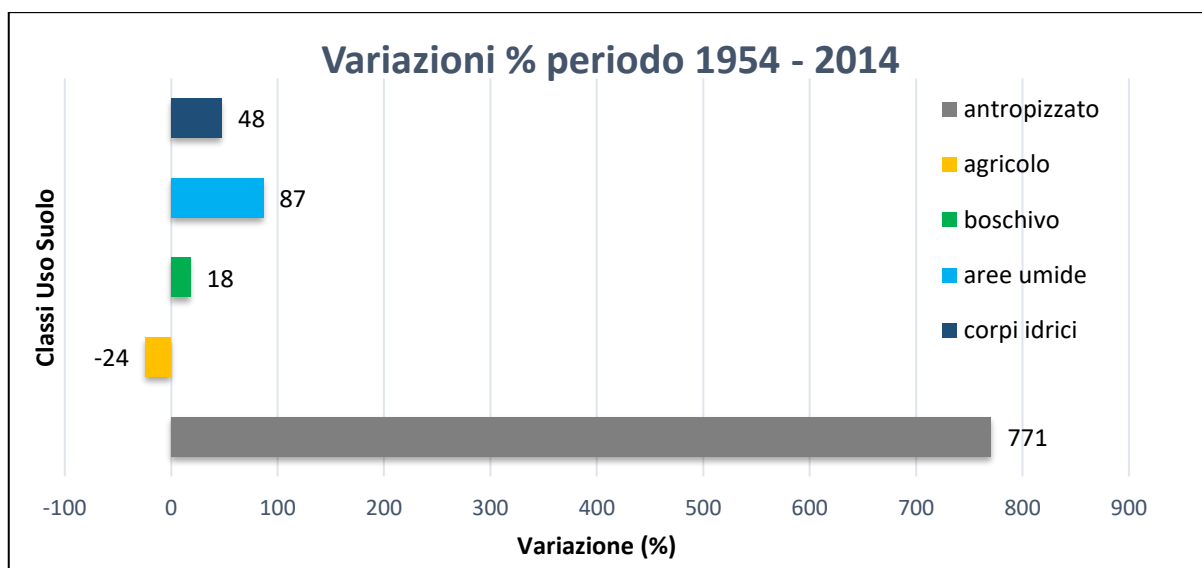


Figura 16. Variazione totale al 2014 rispetto al 1954 per le singole classi di uso suolo: antropizzato (classe 1), agricolo (classe 2), boschivo e seminaturale (classe 3), aree umide (classe 4), corpi idrici (classe 5).

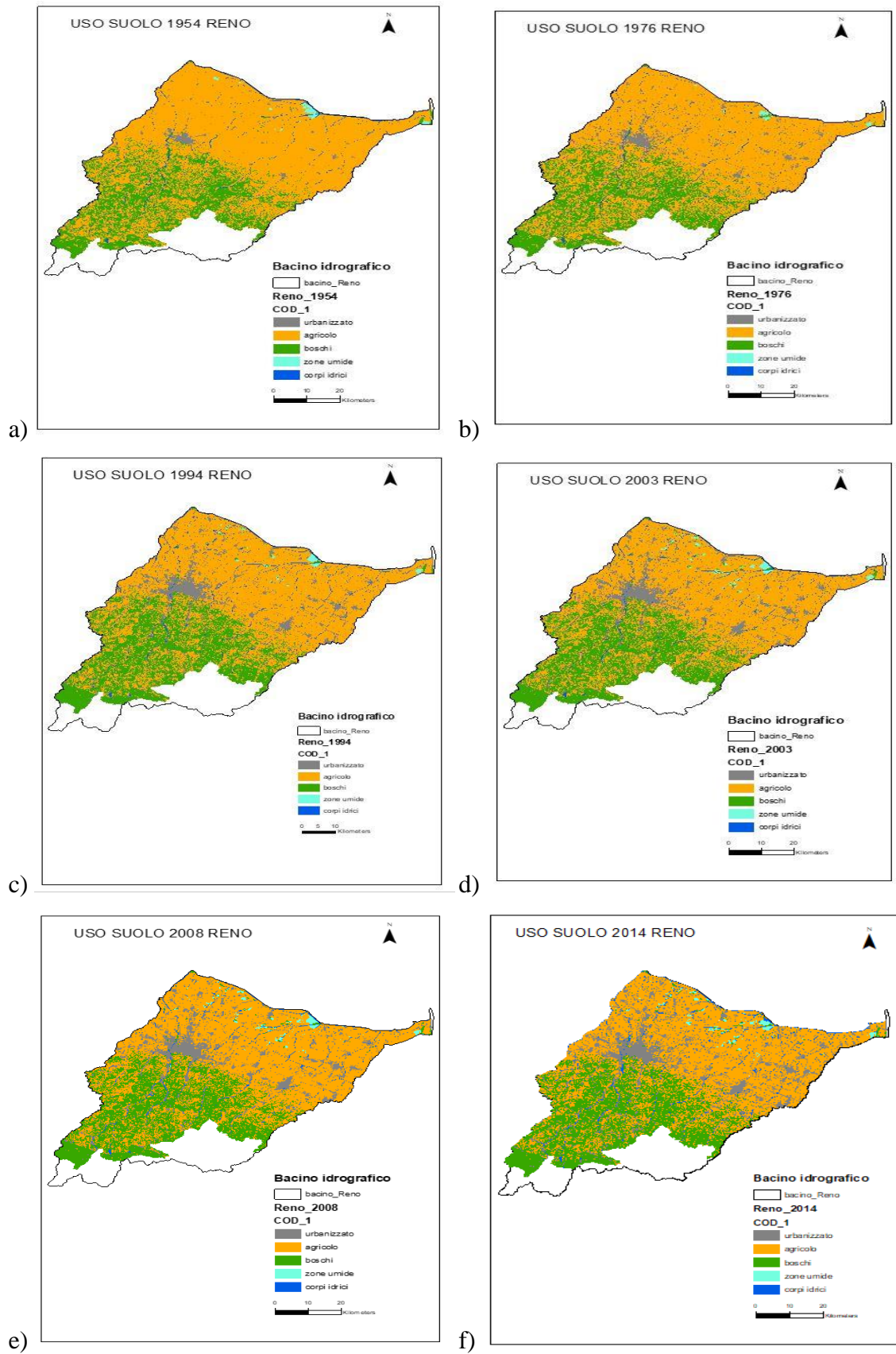


Figura 17. Carte uso suolo (a) 1954, (b) 1976, (c) 1994, (d) 2003, (e) 2008, (f) 2014 per il bacino del fiume Reno, 2014 in bianco le parti del bacino che rientrano nel territorio della Toscana, omesse dallo studio.

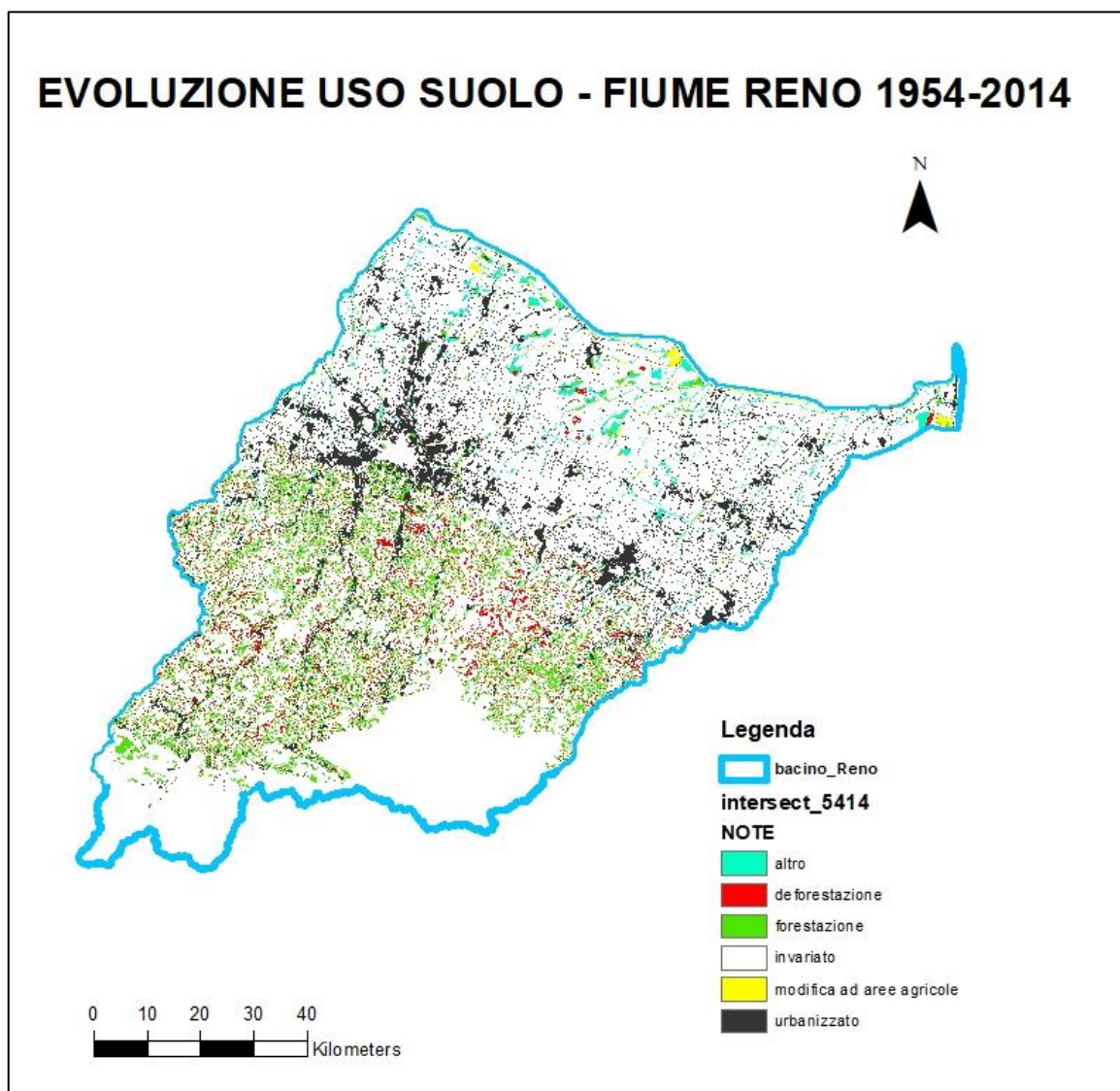


Figura 18. Evoluzione dell'uso del suolo per il bacino del Reno dal 1954 al 2014 in bianco le parti del bacino che rientrano nel territorio della Toscana, omesse dallo studio.

4.2 Variazione dei tassi d' infiltrazione

In Tabella 7 e Tabella 8 si riportano i valori calcolati per i vari litotipi di S e Ia (equazioni (9) e (10) del paragrafo 3.3.1 Il metodo SCS – CN).

Tabella 7. Valori di S (mm) per i vari litotipi

CAPACITA' MASSIMA DI RITENZIONE , S (mm)						
Litotipo	1954	1976	1994	2003	2008	2014
Sabbie di Imola	158.17	149.79	145.59	145.40	144.28	144.64
Litofacies Arenacea	155.93	158.67	142.65	238.19	173.27	137.13
Sintema Emiliano - Romagnolo Inferiore		145.00	139.15	141.77	141.46	133.04
Sintema Emiliano - Romagnolo Superiore	150.21	142.52	142.65	142.86	141.46	137.02

Tabella 8. Valori di Ia per i vari litotipi

PERDITE INIZIALI, Ia (mm)						
Litotipo	1954	1976	1994	2003	2008	2014
Sabbie di Imola	31.63	29.96	29.12	29.08	28.86	28.93
Litofacies Arenacea	31.19	31.73	28.53	47.64	34.65	27.43
Sintema Emiliano - Romagnolo Inferiore		29.00	27.83	28.35	28.29	26.61
Sintema Emiliano - Romagnolo Superiore	30.04	28.50	28.53	28.57	28.29	27.40

Di seguito, i valori di Ia e di S vengono messi in relazione con le precipitazioni nell'area in esame per calcolare i valori di Fa e di Pe . In Tabella 9 e Tabella 10 vengono riportati i valori ottenuti di Fa e Pe usando lo ietogramma di riferimento; in Tabella 11 e Tabella 12 vengono, invece, riportati i valori di Fa e Pe calcolati utilizzando gli ietogrammi locali. Per le tabelle complete si rimanda all'APPENDICE.

Tabella 9. Valori di Fa (mm) per i vari litotipi con ietogramma di riferimento

VOLUME SPECIFICO INFILTRATO, Fa (mm)						
Litotipo	1954	1976	1994	2003	2008	2014
Sabbie gialle	57.73	63.95	66.94	67.07	67.86	67.61
Litofacies Arenacea	59.42	57.35	68.98		45.80	72.69
Sintema Emiliano - Romagnolo Inferiore		67.35	71.35	69.58	69.79	75.32
Sintema Emiliano - Romagnolo Superiore	63.64	69.07	68.98	68.84	69.79	72.76

Tabella 10. Valori di Pe (mm) nei vari litotipi per ietogramma di riferimento

VOLUME SPECIFICO DI DEFLUSSO DIRETTO, Pe (mm)						
Litotipo	1954	1976	1994	2003	2008	2014
Sabbie gialle	19.69	21.86	23.13	23.13	23.47	23.36
Litofacies Arenacea	20.24	19.57	23.97	10.62	16.53	25.78
Sintema Emiliano - Romagnolo Inferiore		23.25	25.10	24.25	24.35	27.24
Sintema Emiliano - Romagnolo Superiore	21.74	24.01	23.97	23.90	24.35	25.82

Tabella 11. Valori di Fa (mm) nei i vari litotipi per ietogrammi locali

VOLUME SPECIFICO INFILTRATO, Fa (mm)						
Litotipo	1954	1976	1994	2003	2008	2014
Sabbie gialle			4.78	5.03	6.51	6.04
Litofacies Arenacea	45.10	38.15	77.75		0.11	90.79
Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore		71.19	73.10	72.26	72.36	74.95
Sintema Emiliano - Romagnolo Superiore	148.84	163.66	163.41	163.02	165.65	173.80

Tabella 12. Valori di Pe (mm) nei i vari litotipi per ietogrammi locali.

VOLUME SPECIFICO DI DEFLUSSO DIRETTO, Pe (mm)						
Litotipo	1954	1976	1994	2003	2008	2014
Sabbie gialle	10.39	10.72	11.00	11.01	11.10	11.07
Litofacies Arenacea	32.89	32.16	37.43	32.15	29.33	39.86
Sintema Emiliano - Romagnolo Inferiore		14.41	16.01	15.27	15.36	17.83
Sintema Emiliano - Romagnolo Superiore	49.21	54.38	54.29	54.14	55.16	58.55

In Figura 19 i grafici per lo ietogramma di riferimento ed in Figura 20 quelli riferiti agli ietogrammi locali: per ogni litotipo si può osservare l'andamento dei parametri S , Ia , Fa e Pe .

IETOGRAMMA DI RIFERIMENTO

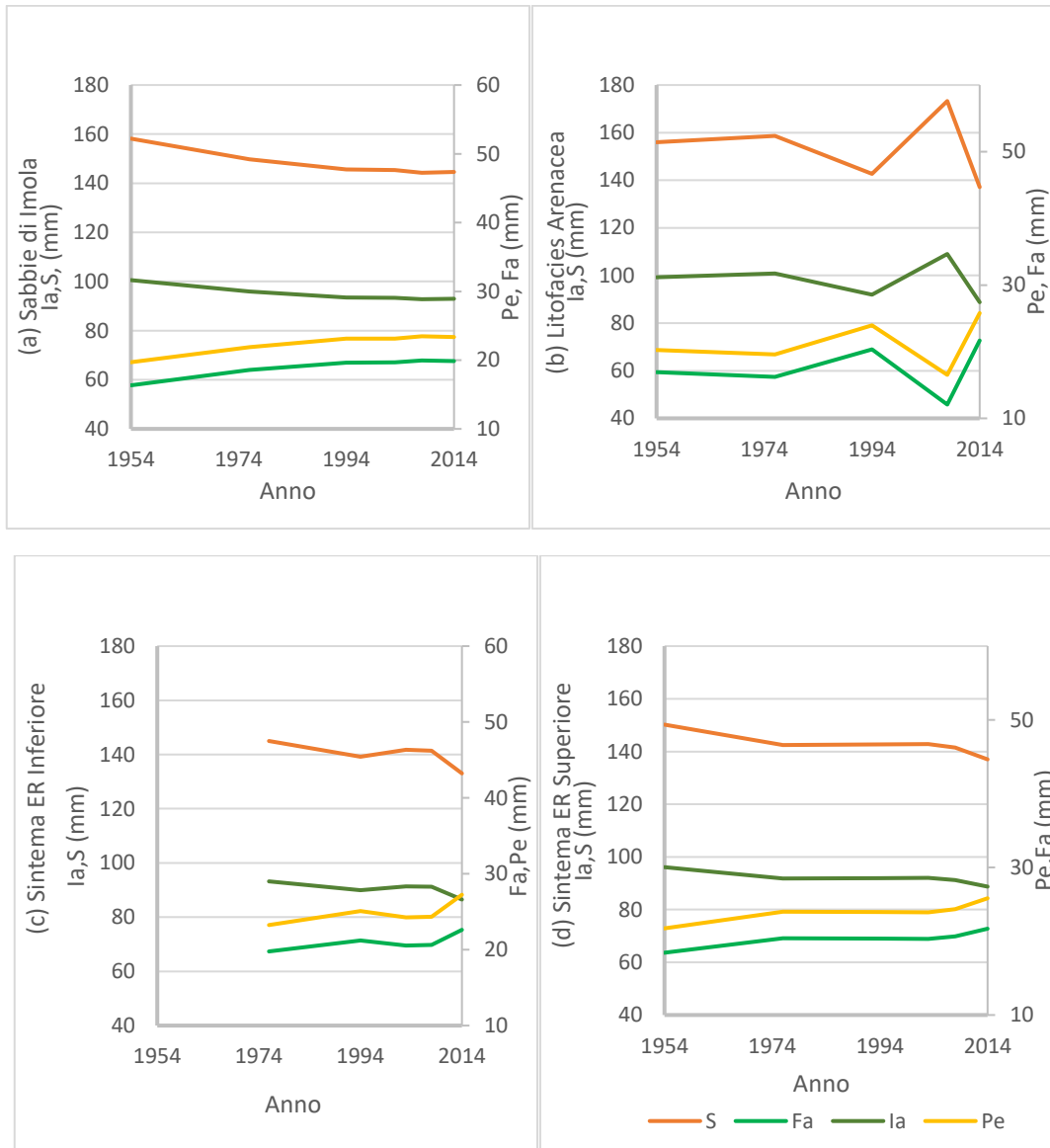


Figura 19. Andamento dei parametri Ia , S , Fa , Pe (mm) in ognuno dei litotipi, per lo ietogramma di riferimento: (a) Sabbie di Imola, (b) Litofacies Arenacea, (c) Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, (d) Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

IETOGRAMMI LOCALI

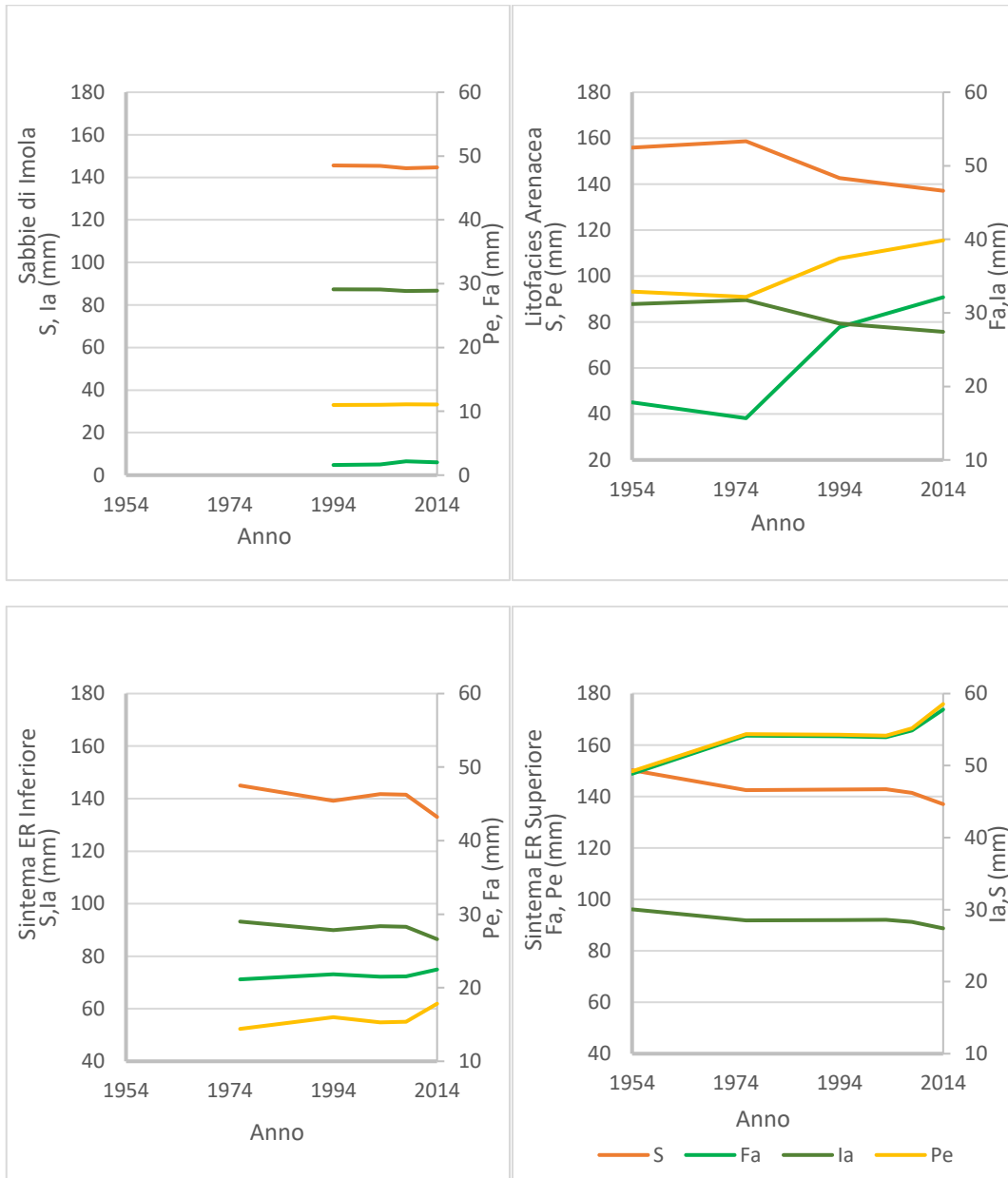


Figura 20. Andamento dei parametri Ia, S, Fa, Pe (mm) in ognuno dei litotipi, per gli ietogrammi locali: (a) Sabbie di Imola, (b) Litofacies Arenacea, (c) Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, (d) Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Per ogni parametro viene rappresentato l'andamento nei diversi litotipi: in Figura 21, i grafici per lo ietogramma di riferimento ed in Figura 22 quelli riferiti agli ietogrammi locali.



Figura 21. Andamento di un parametro specifico nei vari litotipi (ietogramma di riferimento): (a) parametro S, (b) parametro Ia, (c) parametro Fa, (d) parametro Pe.

IETOGRAMMI LOCALI

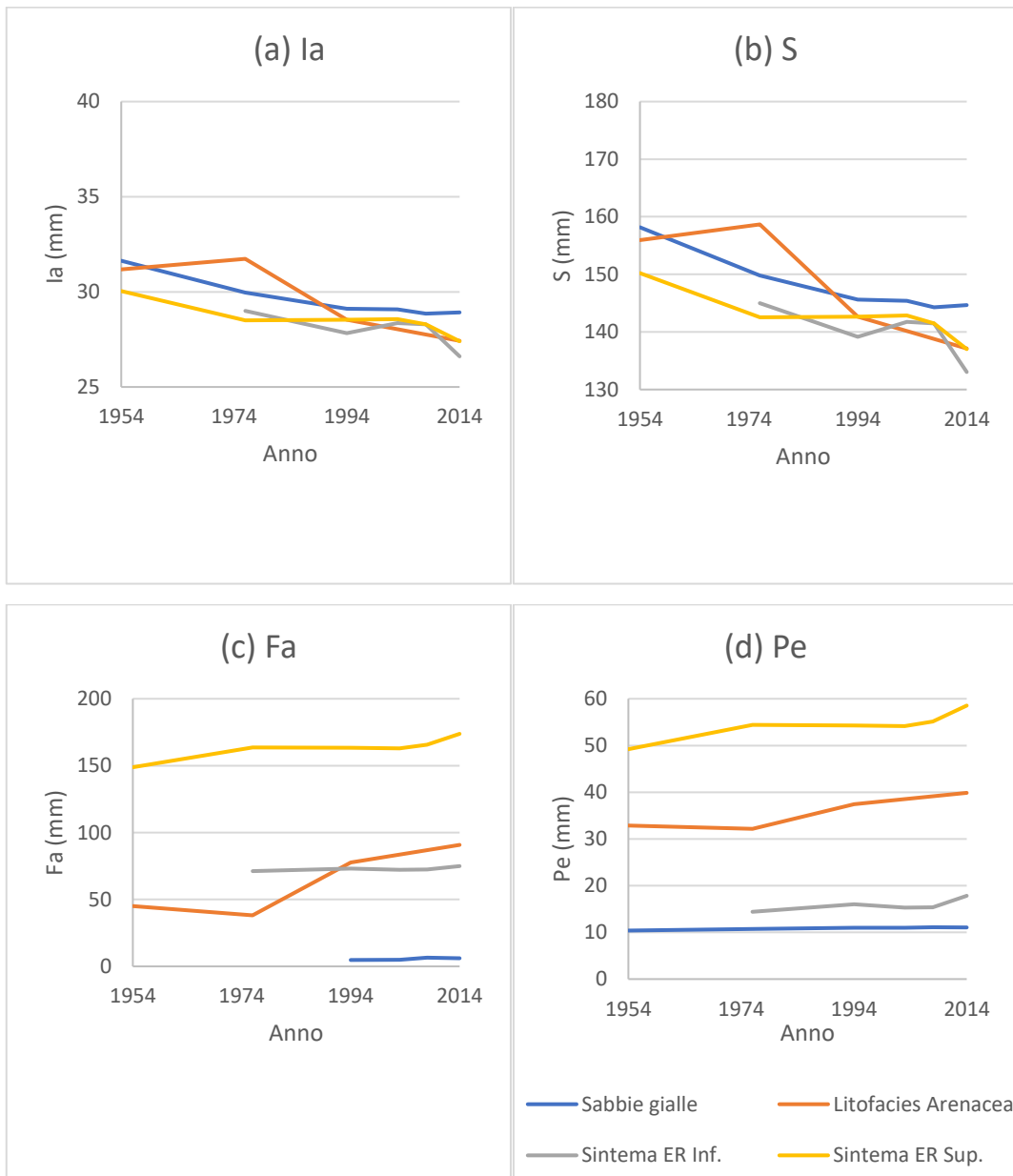


Figura 22. Andamento di un parametro specifico nei vari litotipi (ietogrammi locali): (a) parametro S, (b) parametro Ia, (c) parametro Fa, (d) parametro Pe.

5_DISCUSSIONE

5.1 Analisi Statistica

Per quanto riguarda l'analisi statistica, confrontando i dati del 2014 con quelli del 1954, emerge, per il bacino idrografico del Reno, una crescita generalizzata di tutte le classi, ma in maniera significativa dell'antropizzato. La variazione dell'antropizzato è pari al 770% rispetto all'estensione iniziale a discapito soprattutto dell'agricolo che segna un decremento pari al -24 %. La variazione delle due classi è visibile anche nella successione delle carte di uso suolo: si può osservare la riduzione dell'agricolo in giallo e la crescita dell'urbano, in grigio, in corrispondenza dei centri urbani (Figura 17)

Analizzando nel dettaglio i vari intervalli temporali (Tabella 5) emerge come il massiccio aumento dell'antropizzato si concentri nell'intervallo 1954-1976, con un aumento del 259%. L'aumento dell'antropizzato diminuisce negli intervalli successivi, e raggiunge il minimo nell'intervallo 2003-2008 (8%), ipoteticamente in connessione alla crisi economica del periodo, e ritorna ad aumentare, nell'intervallo temporale successivo, 2008-2014, con valori pari al 32%.

Dal 1954 al 2014 si osserva anche la diminuzione dell'agricolo, classe 2, che raggiunge il picco di diminuzione nell'intervallo 1976-1994, -10%.

Il periodo di massimo incremento dell'urbanizzato coincide storicamente con il boom economico, successivo al secondo dopoguerra italiano. In quegli anni la provincia di Bologna, grazie alla sua posizione geografica, divenne una delle città metropolitane più importanti del Nord Italia. Oltre alla realizzazione di nuovi quartieri industriali e residenziali, in quegli anni vennero realizzate anche molteplici infrastrutture (viarie e di altro tipo) con conseguente impermeabilizzazione di moltissime aree rurali precedentemente non occupate o destinate ad uso agricolo. Lo spopolamento delle aree rurali e pedemontane, contribuì all'abbandono di vaste aree agricole e la perdita di suolo produttivo.

All'interno dell'area del bacino del Reno si è passati da un 2% totale di urbanizzato nel 1954, al 6% nel 1976, fino a raggiungere il 9% nel 2003, per raggiungere l'attuale 13% dell'intero bacino nel 2014 (Tabella 4).

I suoli agricoli sono passati dal rappresentare il 73% del totale nel 1954, al 55% circa nel 2014. Per le aree boschive e seminaturali, classe 3 (COD_1), si assiste ad un aumento elevato negli anni 1976-1994, pari al 14% rispetto alla copertura del 1976 (Tabella 4). L'andamento probabilmente è conseguenza del grande sviluppo urbano del periodo, che

ha causato spesso l'abbandono dei suoli agricoli con la conseguente riforestazione dei campi abbandonati. Negli anni successivi, seppur con variazioni basse (4%), si assiste ad un aumento progressivo dell'ambiente boschivo e seminaturale, passando dal 23% circa del 1954 al 27% del 2014.

Il grande aumento delle aree umide, classe 4, e dei corpi idrici, classe 5, pari rispettivamente all'86% e al 47% (Tabella 4), è dovuto soprattutto ai limiti della classificazione, i corpi idrici venivano spesso erroneamente classificati come boschivo dalle classificazioni più vecchie. Un'altra fonte d'errore può essere la diversa precisione ed accuratezza (diverse unità minime cartografabili e diverso numero di categorie) dei vari database di uso del suolo e le differenti metodologie di classificazione (numero di livelli e sistemi di classificazione differenti).

Per quanto riguarda l'indice di artificializzazione nel bacino idrografico del fiume Reno, seguendo l'andamento della classe dell'antropizzato raggiunge il suo valore massimo nell'intervallo temporale 1954 – 1976 ed il suo minimo nel 2003 – 2008, in concomitanza con la crisi economica che ha rallentato lo sviluppo urbano ed industriale, per riprendere ed attestarsi attualmente su un valore pari al 3%, con un valore annuo che è aumentato in maniera considerevole dallo 0.2% per il 1954 allo 0,5% del 2014.

5.2 Variazione dei tassi di infiltrazione

Per quanto riguarda i valori di S e Ia si può osservare dalle tabelle e dai grafici (paragrafo 4.2 Variazione dei tassi d' infiltrazione) che sono relativamente omogenei nei vari litotipi. Le differenze che si riscontrano per alcuni valori potrebbero essere dovute sia alla classificazione stessa degli usi del suolo che si è evoluta nel corso degli anni, sia alla scelta dei valori di CN . Soprattutto per i valori di S che dipendono direttamente da CN , non esistendo un valore di CN tabulato specifico per tutti gli usi del suolo riportati talvolta il risultato potrebbe non essere del tutto realistico.

L'anno 1954 per il litotipo del Sintema Emiliano-Romagnolo non è stato preso in considerazione perché l'unico uso del suolo sono i corpi idrici (classe 5). I risultati ottenuti (con un $CN=99$, $S=2.57\text{mm}$ e $Ia= 0.51\text{mm}$) sono inutilizzabili per un confronto per cui sono stati eliminati (si vedano i riquadri in grigio nelle tabelle al paragrafo 4.2 Variazione dei tassi d' infiltrazione).

La Litofacies Arenacea presenta dei valori anomali di S e Ia per gli anni 2003 ($S= 238$ mm, $Ia=48$ mm) e 2008 ($S = 173$ mm e $Ia= 35$ mm, in grigio nelle tabelle del paragrafo 4.2 Variazione dei tassi d' infiltrazione). I valori tra gli altri litotipi sono compresi per S tra un valore massimo pari a 158mm (Sabbie di Imola) ed un minimo 133mm (Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore).

I valori più elevati per S e per Ia per il litotipo della Litofacies Arenacea ($173 < S < 238$ mm e per $27 < Ia < 48$ mm) che mostra un andamento piuttosto irregolare (picchi per il 2003 e 2008). Anche le Sabbie di Imola mostrano valori elevati (per S : 158 mm; 150 mm; 146 mm; 145 mm; 144 mm; 145 mm e per Ia : 32 mm; 30mm; 29mm; 29 mm; 28 mm; 28 mm), ma con un andamento più omogeneo negli anni.

I valori di Fa e Pe , come si può osservare dai grafici (paragrafo 4.2 Variazione dei tassi d' infiltrazione) sono molto diversi tra loro. Per quanto riguarda i valori di Fa e di Pe per gli ietogrammi di riferimento si mostrano piuttosto omogenei e contenuti, mentre mostrano notevoli differenze (aumentando anche di un ordine di grandezza) se calcolati per gli ietogrammi locali. Probabilmente la causa va ricondotta al fatto che gli ietogrammi utilizzati per calcolarli hanno caratteristiche tra loro molto differenti. Sebbene a livello quantitativo (P cumulata) si equivalgano (60 mm di P ca. ciascuno), a livello di distribuzione oraria sono molto differenti tra loro.

Per quanto riguarda gli andamenti dei parametri nei vari litotipi, sebbene i valori varino dall'uno all'altro, sono simili tra loro. Si osserva un andamento in diminuzione dal 1954 al 2014 per i parametri S e Ia , mentre si osserva un andamento in aumento per i parametri Fa e Pe .

Rispetto al 1954 si è osservato per S una diminuzione pari di -8% nelle Sabbie di Imola, di -12% nella Litofacies Arenacea, -8%, nel Sintema ER Inferiore (rispetto al 1976) e -9% nel Sintema ER Superiore.

Per Ia si ha una diminuzione rispetto al 1954 pari al -6% nelle Sabbie di Imola, per la Litofacies Arenacea pari al -13% , pari al -7% per il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore e pari al 10% per il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Per Pe , invece, si è registrato un trend in aumento dal 1954 al 2014 del 17% (20% iet.locali) nelle Sabbie di Imola, per la Litofacies Arenacea pari al 23% (102% iet.locali.), pari a 12% (5% iet.locali) per il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore e pari al 14% (17% iet.locali) per il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Infine, per Fa , negli anni si è registrato un trend in aumento pari al 15% (10% iet.locali) nelle Sabbie di Imola, per la Litofacies Arenacea pari al 30% (21% iet.locali), pari al 17%

(28% iet.locali) per il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore e pari al 18% (7% iet.locali) per il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

La diminuzione di Ia negli anni è probabilmente dovuta al disboscamento e all'urbanizzazione che provocherebbero la diminuzione della vegetazione ed il riempimento delle cavità e delle depressioni del terreno diminuendo la quantità di acqua intercettata ad inizio precipitazione.

La diminuzione di S sembra dovuta ad una crescente incapacità dei suoli di immagazzinare l'acqua: il sovrasfruttamento dei suoli ed i frequenti cambiamento di uso del suolo, spesso, ne causano la compattazione e l'impoverimento precoce (ISPRA, 2016).

L' aumento del parametro Pe tra il 1954 e il 2014 dipende probabilmente dal fatto che un suolo fortemente impermeabilizzato che ostacola l'infiltrazione dell'acqua durante gli eventi di precipitazione e il minore quantitativo di acqua intercettata dalla vegetazione (riduzione di Ia), aumenterebbero il quantitativo d'acqua disponibile come deflusso superficiale.

Infine, per quanto riguarda l'andamento di Fa , contrariamente a quello che ci si aspetterebbe, presenta un andamento in aumento. L'acqua che riesce ad infiltrarsi sembrerebbe passare più velocemente alla falda, vista la riduzione nella capacità di immagazzinamento, provvedendo alla ricarica degli acquiferi, ma diminuendo la sua disponibilità all'interno dei suoli.

5.3 Misure di Mitigazione

Come emerge anche dai dati elaborati, l'impermeabilizzazione del suolo nelle aree edificate, soprattutto in pianure alluvionali, riduce la capacità del suolo di immagazzinare acqua (cfr. valori in Tabella 7). Per ridurre al minimo il rischio di allagamenti ed alluvioni, e per conservare quell'acqua che non riesce più ad essere immagazzinata nel suolo, ma che è necessaria per le attività antropiche (urbane, agricole, industriali) le acque di precipitazione dovrebbero essere smaltite e gestite attraverso un'adeguata rete di canalizzazione.

La riduzione di acqua disponibile negli strati di suolo superficiali (nella zona vadosa) potrebbe avere ripercussioni anche sullo sviluppo della vegetazione e delle colture nelle zone agricole (ISPRA, 2016).

Oltre alle normative riguardanti la pianificazione e la gestione del territorio (si ricordi per la Regione Emilia-Romagna la legge regionale n. 24 del 21 dicembre 2017 - Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio) che sono di fondamentale importanza per evitare inutili sprechi di una risorsa qual è il suolo, occorrerebbe orientare lo sviluppo urbano verso il riutilizzo di aree già costruite, compresi i siti industriali dismessi, privilegiando, al contempo, tecniche costruttive che consumano meno suolo o che ne possano salvaguardare alcune funzioni (in particolare la permeabilità).

Esistono per esempio materiali, sostitutivi del cemento e dell'asfalto, che possono essere impiegati per la costruzione delle aree urbane ed in particolare per la costruzione della pavimentazione delle infrastrutture viarie che permettono il passaggio delle acque di precipitazione. L'utilizzo di questi materiali, permette di ridurre i problemi legati al ristagno e alla permanenza delle acque sul manto stradale, andando a ridurre i costi legati alla canalizzazione e allo smaltimento di queste acque.

Tra le varie tipologie di materiale permeabile disponibili sostitutive del comune asfalto impermeabile, si possono citare: prati rasati, ghiaia inerbata, grigliato erboso in plastica ed in calcestruzzo, superfici aggregate con acqua, pavimentazioni in calcestruzzo permeabile ed, infine, l'asfalto poroso (Figura 23) (Commissione Europea, 2012).

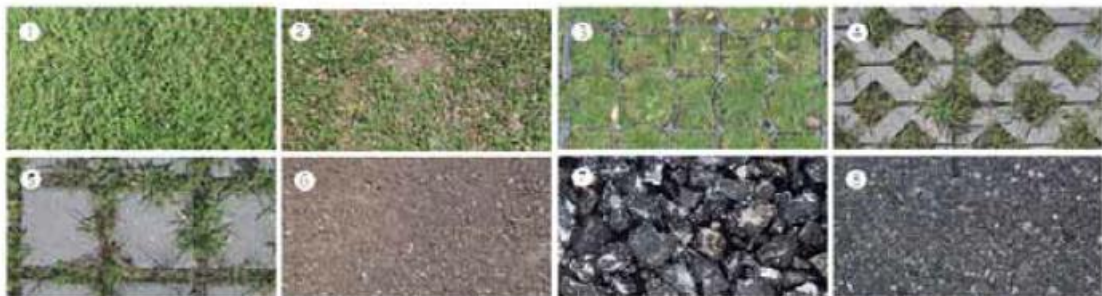


Figura 23. Superfici permeabili alternative all'asfalto tradizionale: 1 prati rasati, 2 ghiaia inerbata, 3 grigliato erboso in plastica, 4 grigliato erboso in calcestruzzo, 5 superfici aggregate con acqua, 6 pavimentazioni in calcestruzzo permeabile, 7 asfalto poroso, 8 asfalto impermeabile (fonte: Prokop et al., 2011)

Esistono anche altre strategie basate sul coinvolgimento diretto delle formazioni a rischio, nel nostro caso le conoidi. In Emilia-Romagna è stato condotto un lavoro sperimentale conoide del fiume Marecchia che prevedeva l'immissione di un volume idrico aggiuntivo nella zona di ricarica diretta della conoide e che sembra abbia avuto esiti positivi (L. Bonzi et al., 2016).

6_ CONCLUSIONI

Nel presente lavoro di tesi si è analizzato il cambiamento dell'uso del suolo dal 1954 al 2014 all'interno del bacino del fiume Reno allo scopo di caratterizzare gli effetti di tali cambiamenti su infiltrazione, ruscellamento, potenziale massimo di ritenzione, perdite iniziali.

Sebbene lo studio faccia riferimento ad un'area limitata, dai risultati ottenuti sembrerebbe esserci una connessione tra i cambiamenti di uso del suolo nel bacino del Reno registrati negli ultimi decenni e i parametri idrologici considerati.

Parallelamente al grande aumento di urbanizzato e di suolo antropizzato tra il 1954 e il 2014 per i parametri si osservano andamenti simili per tutti e 4 i litotipi.

Sia per le perdite iniziali che per il volume potenziale massimo di ritenzione dei suoli si osservano andamenti in diminuzione all'interno del bacino. Parallelamente emergono andamenti in aumento per il volume specifico di deflusso diretto e per il volume cumulativo di acqua infiltrata.

Sebbene l'analisi sia limitata al bacino del Reno, gli effetti dell'artificializzazione e dell'urbanizzazione sembrerebbero incidere positivamente sull'infiltrazione, con un aumento del volume infiltrato cumulativo di acqua all'interno dell'acquifero che verrebbe così ricaricato.

L'artificializzazione delle superfici, diminuendo il potenziale massimo di ritenzione di acqua, comporterebbe però un peggioramento della qualità e della produttività dei suoli, diminuendo l'acqua disponibile all'interno della zona vadosa (fondamentale per esempio per la componente biotica che vive nel suolo e per la vegetazione).

I risultati ottenuti, sebbene relativi ad un'area limitata, possono essere utili per determinare gli impatti dell'impermeabilizzazione e dei cambiamenti di uso del suolo sul regime idrologico e per pianificare azioni di tutela e di salvaguardia di questo sistema (attualmente la Regione si occupa di monitorare e tutelare il sistema).

Per un utilizzo consapevole e sostenibile del territorio, limitando il deterioramento e la perdita di suolo e lo sfruttamento degli acquiferi da cui dipendono strettamente moltissime attività, un ruolo importante può essere svolto dalle misure descritte nel paragrafo 5.3 Misure di Mitigazione, che cercano di limitare il consumo di suolo e di salvaguardare il sistema delle conoidi senza compromettere lo sviluppo economico dell'area.

7_BIBLIOGRAFIA

- Amorosi A, Asioli A, Bondesan M., Cibin U., Colalongo M.L., Correggiari A., Pasini G., Preti D., Roveri M., Sarti G., Severi P., Stefani M., Trincardi F., Vaiani S.C. & Vincenzi S., 1999. Dalle conoidi pedemontane al mare aperto: l'architettura stratigrafica tardo-quadernaria dell'Adriatico settentrionale e della pianura costiera emiliano-romagnola. In Atti del Convegno "Conoscenza e salvaguardia delle aree di pianura", Ferrara, 8-10 novembre 1999, 191-194.
- Amorosi A, Ricci Lucchi L. & Severi P., 1998. Le Sabbie di Imola (Pleistocene medio) nel pedeappennino bolognese. Guida alle Escursioni, Riunione Scientifica Annuale del Gruppo Informale di Sedimentologia - CNR, Bologna 6-9 Ottobre 1998, 26-50.
- Amorosi A., Barbieri M., Castorina F., Colalongo M. L., Pasini G. & Vaiani S. C.(1998b). Sedimentology, micropalaeontology, and strontium-isotope dating of a lower-middle Pleistocene marine succession ("Argille Azzurre") in the Romagna Apennines, northern Italy. *Boll. Soc. Geol. It.*, 117, 789-806.
- Autorità di Bacino del Reno, 2002. Piano Stralcio Assetto Idrogeologico – Rischio idraulico e assetto rete idrografica – Bacino del Fiume Reno.
- Autorità di Bacino del Fiume Reno, 2000. Andamenti delle precipitazioni mensili e annue nel bacino del Reno per il periodo 1921-2000.
- Bakudila A., Fassio F., Sallustio S., Marchetti M., Munafò M., Riitano N., 2015. I comuni e le comunità appenninici: evoluzione del territorio. Conference paper Stati Generali delle Comunità dell'Appennino.
- Beven, K., 2004. Robert E. Horton's perceptual model of infiltration processes. *Hydrol. Process.*, 18, 3447-3460.
- Bonzi Luciana, Ferrari Venusia, Severi Paolo, 2016. Ricarica in condizioni controllate della conoide del fiume Marecchia (Rimini) esiti della sperimentazione.

- Brutsaert, W., 2008. Hydrology. An Introduction. Cambridge University Press.
- Campiani Elisabetta, Corticelli Stefano, Garberi Maria Luisa, Mariani Maria Cristina, Masi Sara, Panichi Siria , 2011. 150 anni di uso del suolo in Emilia-Romagna: dall'unità d'Italia ad oggi. Atti 15a Conferenza Nazionale ASITA - Reggio di Colorno 15-18 novembre 2011.
- Cillis Giuseppe, Picuno Pietro, Statuto Dina, 2015. Impiego di cartografia storica e GIS per l'analisi delle trasformazioni territoriali e del paesaggio rurale. Conferenza sullo Spazio agricolo come bene paesaggistico 26-27 Marzo 2015 Catania – Italy
- Commissione Europea (2012), Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo. Bruxelles, 15.5.2012, SWD (2012) 101.
- Corticelli., S., Mariani, M.C., Masi, S. 2010. Incremento artificializzato 2003-2007 nella Regione Emilia-Romagna. Atti 14° Conferenza Nazionale ASITA, 9-12 Novembre 2010, Fiera di Brescia. Servizio Sviluppo dell'Amministrazione digitale e Sistemi Informativi Geografici, Regione Emilia-Romagna.
- Corticelli S., Garberi M.L., Bocci M.,Mariani M.C., Masi S., 2018. Database uso del suolo di dettaglio 2008 Documentazione. Edizione giugno 2018.
- Corticelli S., Garberi M.L., Bocci M.,Mariani M.C., Masi S., 2018. Database uso del suolo di dettaglio 2014 Documentazione. Edizione giugno 2018.
- Falcucci A., Maiorano L., Boitani L., 2007. Changes in land-use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation. Landscape ecology 22 (4): 617-631.
- Farabegoli E., Benini A., Martelli L., Onorevoli G. & Severi P, 1990. Geologia dell'Appennino Romagnolo da Campigna a Cesenatico. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia. Volume XLVI, 165-184.
- Geri F. et al., 2008. Cambiamenti dell'uso del suolo, tra abbandono e chiusura degli spazi aperti. Un'analisi della provincia di Siena, tra il 1954 e il 2000.

- Healy Richard W., Scanlon Bridget R., 2010. Estimating Groundwater Recharge, US Geological Survey, Lakewood, Colorado.
- ISPRA, 2013. Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure e interventi in campo agricolo e forestale.
- ISPRA (2015). Annuario dei dati ambientali, edizione 2015.
- ISPRA, 2016. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici, Rapporto 248/2016.
- Legge regionale 21 dicembre 2017, n.24, in materia di Disciplina del Suolo e del Territorio.
- Lucatelli S., 2015. La strategia nazionale, il riconoscimento delle aree interne. Territorio 74(7):80-86. Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2010. Strategia Nazionale per la Biodiversità.
- Maidment David R., 1992. Handbook of Hydrology.
- Martelli L. et al., 2009. Note illustrative della geologica d’Italia, foglio 221 Bologna.
- Mays Larry.W.,2005. Water Resources Engineering. Wiley.
- Pavanelli Donatella, 2007. Studio del deflusso liquido e solido del fiume Reno durante gli ultimi 80 anni, tra il cambiamento climatico e l’impatto antropico.
- Renzi Renzo, Macciantelli M.,1989. Il Reno italiano - Storia di un fiume e della sua valle, fino al mare, Cappelli Editore, Bologna.
- Romano B., Zullo F., Cargini M., Febo D., Iezzi C., Mazzola M., Rollo P., 2011. The states and the dynamics of settlement processes and infrastructure transformation of soils in Italy. Ri -Vista 1:13.

Rossetto, R., Marchina, C. (2017). Interventi innovativi per la gestione della risorsa idrica nella bassa Val di Cornia. Linee guida tecnico-operative. Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa.

Sallustio L., Vizzarri M., Marchetti M., 2013. Trasformazioni territoriali recenti ed effetti sugli ecosistemi e sul paesaggio italiano. TERRITORI, 18: 46-53.

Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia – Romagna, 1998. Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna

Severi Paolo, 2001. La Conoide del Fiume Marecchia: ricostruzione geologica di sottosuolo e programma di studi per la corretta gestione della risorsa idrica. Atti del Convegno Rischio idrogeologico nel Riminese. Rimini 11 maggio 2001.

Principali siti web consultati

Arpa Regione Emilia-Romagna.

<http://www.arpa.fvg.it/cms/tema/suolo/approfondimenti/Impermeabilizzazione-onsumo-di-suolo.html>

Geoportale Regione Emilia-Romagna.

<http://geoportale.regione.emilia-romagna.it/it/mappe/pianificazione-e-catasto/uso-del-suolo>

Green.it Vivi Sostenibile. <http://www.green.it/consumo-di-suolo-2/#>

ISPRA per il consumo di suolo <http://www.consumosuolo.isprambiente.it>

Ingegneri.Ambiente.

<http://www.ingegneri.info/news/ambiente-e-territorio/consumo-di-suolo-la-normativa-aggiornata-regione-per-regione/>

Periodico L'Architetto.

<http://magazine.larchitetto.it/settembre-2016/gli-argomenti/attualita/costi-ambientali>

Sito Arpa Emilia-Romagna. <https://arpae.it/>

Servizio Meteorologico Regione Emilia-Romagna. <https://simc.arpae.it/dext3r/>

Wikipedia. [https://it.wikipedia.org/wiki/Reno_\(Italia\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Reno_(Italia))

APPENDICE

Nelle seguenti tabelle seguenti Tabella 1, Tabella 32 Tabella 3, Tabella 4 vengono riportati per ogni litotipo e per ogni anno gli usi del suolo a cui queste zone sono destinate. Da queste prime 4 tabelle, una tabella per ogni litotipo si otterranno quindi i valori di S (mm) e di Ia (mm).

Tabella 1. Calcolo di S(mm) e Ia(mm) per Sabbie di Imola.

Sabbie di Imola							
1954							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m ²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia (mm)
1	antropizzato						
1a	zone urbanizzate	218157	1.43	87	1.25		
2	agricolo						
2a	seminativi	5468459	35.90	65	23.33		
2g	aree agricole eterogenee	2730501	17.92	65	11.65		
2i	seminativo arborato	2717519	17.84	65	11.60		
3	boschi						
3a	formazioni boschive	3511153	23.05	50	11.52		
3b	cespuglieti	531401	3.49	55	1.92		
3d	zone ad affioramento litoide	13014	0.09	85	0.07		
5	corpi idrici	43080	0.28	100	0.28		
totale		1.52E+07	100		61.62	158.17	31.63
1976							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m ²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
111	aree urbane - autostrade	203216	1.33	87	1.16		
121	zone industriali	13058	0.09	85	0.07		
131	zone attività estrattiva - discariche	7562	0.05	85	0.04		
141	zone verdi pubbliche e private	1005504	6.60	70	4.62		
2	territori agricoli						
211	seminativi semplici	8866521	58.21	65	37.84		

212	seminativi arborati	367235	2.41	65	1.57		
222	vigneti	1058423	6.95	65	4.52		
223	frutteti	325730	2.14	65	1.39		
225	pioppeti	22443	0.15	65	0.10		
231	prati, pascoli, prato-pascoli, pascoli arborati	387721	2.55	60	1.53		
3	territori boscati e ambienti seminaturali						
312	formazioni boschive piano basale e submontano	2598885	17.06	50	8.53		
322	zone cespugliate o a carente copertura arborea	264248	1.73	55	0.95		
323	rimboschimenti recenti	42339	0.28	70	0.19		
331	zone ad affioramento litoide	60395	0.40	85	0.34		
5	ambiente delle acque						
511	corsi d'acqua	8745	0.06	100	0.06		
512	corpi d'acqua a livello ordinario	64	0.00	100	0.00		
totale		1.52E+07	100.00		62.90	149.79	29.96
1994							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	la(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1111	tessuto residenziale compatto e denso	30558	0.20	87	0.17		
1112	tessuto residenziale rado	201119	1.32	87	1.15		
1120	tessuto residenziale denso	555819	3.65	87	3.17		
1211	insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli	2787	0.02	85	0.02		
1213	insediamenti di servizi pubblici e privati	94810	0.62	85	0.53		
1311	aree estrattive attive	75322	0.49	85	0.42		
1332	aree estrattive inattive	18115	0.12	85	0.10		
1411	parchi e ville	740969	4.86	70	3.41		

1422	aree sportive	172	0.00	77	0.00
1425	ippodromi e spazi associati	69737	0.46	85	0.39
1214	insediamenti ospedalieri	67461	0.44	85	0.38
1226	rete ed aree per la distribuzione idrica	13247	0.09	85	0.07
2	territori agricoli				
2110	seminativi in aree non irrigue	3588650	23.56	65	15.31
2121	seminativi semplici	3887158	25.52	65	16.59
2210	vigneti	559114	3.67	65	2.39
2220	frutteti e frutti minori	685185	4.50	65	2.92
2241	pioppeti culturali	2723	0.02	65	0.01
2242	altre colture di legno	42235	0.28	65	0.18
2310	prati stabili	150067	0.99	60	0.59
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	66619	0.44	65	0.28
2420	sistemi culturali e particellari complessi	125225	0.82	65	0.53
2430	aree con colture agrarie e con spazi naturali importanti	690071	4.53	65	2.94
3	territori boscati e ambienti seminaturali				
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	3196771	20.99	50	10.49
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	42445	0.28	50	0.14
3130	boschi misti di coniferi e latifoglie	17094	0.11	50	0.06
3231	aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	187798	1.23	55	0.68
3232	aree con rimboschimenti recenti	13940	0.09	70	0.06
3331	aree calanchive	82215	0.54	75	0.40
5	ambiente delle acque				
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	18810	0.12	100	0.12
5121	bacini naturali	5854	0.04	100	0.04

totale		1.52E+07	100.00	63.57	145.59	29.12
2003						
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m²)	%Area	CN	CN_w	S(mm) la(mm)
1	territori modellati artificialmente					
1111	tessuto residenziale compatto e denso	30293	0.20	87	0.17	
1112	tessuto residenziale rado	190065	1.25	87	1.09	
1120	tessuto discontinuo	595791	3.91	85	3.32	
1211	insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli	2797	0.02	85	0.02	
1213	insediamenti di servizi pubblici e privati	96741	0.64	85	0.54	
1311	aree estrattive attive	161854	1.06	85	0.90	
1332	suoli rimaneggiati e artefatti	51271	0.34	70	0.24	
1411	parchi e ville	764313	5.02	70	3.51	
1422	aree sportive	135	0.00	77	0.00	
1425	ippodromi e spazi associati	69678	0.46	77	0.35	
1214	insediamenti ospedalieri	74173	0.49	85	0.41	
1226	reti ed aree per la distribuzione idrica	13254	0.09	85	0.07	
2	territori agricoli					
2110	seminativi in aree non irrigue	2988819	19.62	65	12.75	
2121	seminativi semplici	3967437	26.05	65	16.93	
2210	vigneti	629248	4.13	65	2.69	
2220	frutteti e frutti minori	690027	4.53	65	2.94	
2241	pioppeti colturali	2560	0.02	65	0.01	
2242	altre colture da legno	41567	0.27	65	0.18	
2310	prati stabili	342583	2.25	65	1.46	
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	65141	0.43	60	0.26	

2420	sistemi colturali e particellari complessi	124334	0.82	65	0.53		
2430	aree occupate da colture agrarie con spazi naturali importanti	678722	4.46	63	2.81		
3	territori boscati e ambienti seminaturali						
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	3208649	21.07	50	10.53		
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	42556	0.28	50	0.14		
3130	boschi misti di conifere e latifoglie	17087	0.11	50	0.06		
3231	aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	206874	1.36	55	0.75		
3232	aree con rimboschimenti recenti	77374	0.51	70	0.36		
3331	aree calanchive	74125	0.49	85	0.41		
5	ambiente delle acque						
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	18738	0.12	100	0.12		
5121	bacini naturali	5877	0.04	100	0.04		
totale		1.52E+07	100.00		63.60	145.40	29.08
2008							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1111	tessuto residenziale compatto e denso	30293	0.20	87	0.17		
1112	tessuto residenziale rado	190065	1.25	87	1.09		
1120	tessuto discontinuo	670634	4.40	85	3.74		
1211	insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli	2797	0.02	85	0.02		
1213	insediamenti di servizi pubblici e privati	96741	0.64	85	0.54		
1311	aree estrattive attive	218427	1.43	85	1.22		
1411	parchi e ville	830811	5.45	70	3.82		
1422	aree sportive	135	0.00	77	0.00		
1425	ippodromi e spazi associati	69678	0.46	77	0.35		

1214	insediamenti ospedalieri	74173	0.49	85	0.41
1226	reti ed aree per la distribuzione idrica	13254	0.09	85	0.07
1331	cantieri, spazi in costruzione e scavi	36252	0.24	77	0.18
2	territori agricoli				
2110	seminativi in aree non irrigue	3020045	19.83	65	12.89
2121	seminativi semplici	3849824	25.27	65	16.43
2210	vigneti	705279	4.63	65	3.01
2220	frutteti e frutti minori	650377	4.27	65	2.78
2241	pioppeti colturali	2560	0.02	65	0.01
2242	altre colture da legno	41567	0.27	65	0.18
2310	prati stabili	242959	1.60	60	0.96
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	65141	0.43	65	0.28
2420	sistemi colturali e particellari complessi	151861	1.00	65	0.65
2430	aree occupate da colture agrarie con spazi naturali importanti	630553	4.14	63	2.61
2123	colture orticole in pieno campo, in serra e sotto plastica	13215	0.09	85	0.07
3	territori boscati e ambienti seminaturali				
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	3211260	21.08	50	10.54
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	42556	0.28	50	0.14
3130	boschi misti di conifere e latifoglie	17087	0.11	50	0.06
3231	aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	187124	1.23	55	0.68
3232	aree con rimboschimenti recenti	68678	0.45	70	0.32
3331	aree calanchive	74125	0.49	85	0.41
5	ambiente delle acque				
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	18738	0.12	100	0.12
5121	bacini naturali	5877	0.04	100	0.04

totale		1.52E+07	100.00	63.77	144.28	28.86	
2014							
CLASSE	DESCRIZIONE	ARE(m ²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	la(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1111	tessuto residenziale compatto e denso	16120	0.11	87	0.09		
1112	tessuto residenziale rado	116512	0.76	87	0.67		
1211	insediamenti produttivi	16319	0.11	85	0.09		
1311	aree estrattive attive	38700	0.25	85	0.22		
1332	suoli rimaneggiati e artefatti	18404	0.12	77	0.09		
1411	parchi	71640	0.47	70	0.33		
1422	aree sportive	3214	0.02	77	0.02		
1425	ippodromi	100815	0.66	77	0.51		
1214	insediamenti di servizi	264617	1.74	85	1.48		
1331	cantieri e scavi	2178	0.01	77	0.01		
1121	tessuto residenziale urbano	363919	2.39	85	2.03		
1122	strutture residenziali isolate	590272	3.88	85	3.29		
1215	insediamenti ospedalieri	93799	0.62	85	0.52		
1212	insediamenti agro-zootecnici	15013	0.10	81	0.08		
1312	aree estrattive inattive	77418	0.51	77	0.39		
1323	depositi di rottami	2012	0.01	77	0.01		
1222	reti stradali	82390	0.54	85	0.46		
1430	cimiteri	1539	0.01	70	0.01		
1412	ville	545837	3.58	70	2.51		
1413	aree incolte urbane	11058	0.07	70	0.05		
1229	reti per la distribuzione idrica	12380	0.08	85	0.07		

1424	campi da golf	2739	0.02	70	0.01
2	territori agricoli				
2110	seminativi non irrigui	2595101	17.04	65	11.07
2121	seminativi semplici irrigui	3483504	22.87	65	14.87
2210	vigneti	513399	3.37	65	2.19
2220	frutteti	637069	4.18	65	2.72
2242	altre colture da legno	34756	0.23	65	0.15
2310	prati stabili	685863	4.50	60	2.70
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	46172	0.30	65	0.20
2420	sistemi colturali e particellari complessi	99278	0.65	65	0.42
2430	aree occupate da colture agrarie con spazi naturali importanti	174597	1.15	63	0.72
2123	colture orticole	3189	0.02	65	0.01
2230	oliveti	47303	0.31	60	0.19
3	territori boscati e ambienti seminaturali				
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	3623163	23.79	50	11.89
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	76820	0.50	50	0.25
3130	boschi misti di conifere e latifoglie	6556	0.04	50	0.02
3231	vegetazione arbustiva e arborea in evoluzione	388892	2.55	55	1.40
3232	rimboschimenti recenti	100550	0.66	70	0.46
3331	aree calanchive	58970	0.39	70	0.27
3116	boscaglie ruderali	146728	0.96	85	0.82
5	ambiente delle acque				
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	41855	0.27	100	0.27
5123	bacini artificiali	15916	0.10	100	0.10
5111	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	5445	0.04	100	0.04

totale	1.52E+07	100.00	63.72	144.64	28.93
--------	----------	--------	-------	--------	-------

Tabella 2. Calcolo di S(mm) e Ia(mm) per Litofacies Arenacea.

Litofacies arenacea							
1954							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m ²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	antropizzato						
1a	zone urbanizzate	55065	0.36	87	0.31		
2	agricolo						
2a	seminativi	3317174	21.46	65	13.95		
2f	prati stabili	404218	2.62	60	1.57		
2g	aree agricole eterogenee	1590020	10.29	65	6.69		
2i	seminativo arborato	1236632	8.00	65	5.20		
3	boschi						
3a	formazioni boschive	3225326	20.87	50	10.43		
3b	cespuglieti	3694942	23.91	55	13.15		
3d	zone a prevalente affioramento litoide	1899409	12.29	85	10.45		
5	corpi idrici	33793	0.22	100	0.22		

totale		1.55E+07	100.00	61.96	155.93	31.19	
1976							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
111	aree urbane - autostrade	167289	1.08	87	0.94		
121	zone industriali	6704	0.04	85	0.04		
131	zone attività estrattiva - discariche	14510	0.09	85	0.08		
141	zone verdi pubbliche e private	42307	0.27	70	0.19		
2	territori agricoli						
211	seminativi semplici	4941867	31.98	65	20.79		
212	seminativi arborati	410676	2.66	65	1.73		
222	vigneti	243979	1.58	65	1.03		
223	frutteti	291158	1.88	65	1.22		
231	prati, pascoli, prato-pascoli, pascoli arborati	756721	4.90	60	2.94		
221	colture specializzate	10054	0.07	65	0.04		
3	territori boscati e ambienti seminaturali						
312	formazioni boschive del piano basale o submontano	3038508	19.66	50	9.83		
322	zone cespugliate o con copertura arborea molto carente	3734857	24.17	55	13.29		
323	rimboschimenti recenti	54744	0.35	70	0.25		
331	zone a prevalente affioramento litoide	1482764	9.59	85	8.16		
313	formazioni di conifere adulte	21777	0.14	50	0.07		
314	castagneti da frutto	175910	1.14	50	0.57		
5	ambiente delle acque						
511	corsi d'acqua	58110	0.38	100	0.38		
512	corpi d'acqua a livello ordinario	2307	0.01	100	0.01		
totale		1.55E+07	100.00	61.55	158.67	31.73	
1994							

CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m ²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1111	tessuto residenziale compatto e denso	33950	0.06	87	0.05		
1112	tessuto residenziale rado	1658858	2.71	87	2.35		
1120	tessuto residenziale denso	1797901	2.93	85	2.49		
1211	insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli	258756	0.42	85	0.36		
1213	insediamenti di servizi pubblici e privati	130803	0.21	85	0.18		
1311	aree estrattive attive	76597	0.12	85	0.11		
1332	aree estrattive inattive	130693	0.21	80	0.17		
1411	parchi e ville	1905222	3.11	70	2.18		
1422	aree sportive	71086	0.12	77	0.09		
1425	ippodromi e spazi associati	208984	0.34	77	0.26		
1214	insediamenti ospedalieri	71698	0.12	85	0.10		
1226	rete ed aree per la distribuzione idrica	35082	0.06	85	0.05		
1331	cantieri, spazi in costruzione e scavi	19753	0.03	70	0.02		
1430	cimiteri	86413	0.14	70	0.10		
1424	campi da golf	243695	0.40	70	0.28		
1221	reti stradali e spazi accessori	61637	0.10	85	0.09		
1426	autodromi e spazi associati	2049	0.003	77	0.003		
2	territori agricoli						
2110	seminativi in aree non irrigue	7858297	12.82	65	8.33		
2121	seminativi semplici	17399650	28.38	65	18.45		
2210	vigneti	3324326	5.42	65	3.52		
2220	frutteti e frutti minori	8060543	13.15	65	8.55		
2241	pioppeti culturali	2723	0.00	65	0.00		
2242	altre colture di legno	48119	0.08	65	0.05		
2310	prati stabili	870904	1.42	60	0.85		

2410	colture temporanee associate a colture permanenti	187992	0.31	65	0.20		
2420	sistemi colturali e particellari complessi	734288	1.20	65	0.78		
2430	aree con colture agrarie e con spazi naturali importanti	1519762	2.48	65	1.61		
3	territori boscati e ambienti seminaturali						
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	9563265	15.60	50	7.80		
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	136311	0.22	50	0.11		
3130	boschi misti di coniferi e latifoglie	54124	0.09	50	0.04		
3231	aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	2481882	4.05	55	2.23		
3232	aree con rimboschimenti recenti	82893	0.14	70	0.09		
3331	aree calanchive	2048333	3.34	70	2.34		
3120	boschi di conifere	36471	0.06	50	0.03		
3332	rocce nude, falesie e affioramenti	5479	0.01	85	0.008		
5	ambiente delle acque						
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	45435	0.07	100	0.07		
5121	bacini naturali	5854	0.01	100	0.01		
5123	bacini artificiali di varia natura	44665	0.07	100	0.07		
5111	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	7884	0.01	100	0.01		
totale		6.13E+07	100.00		64.04	142.65	28.53
2003							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1112	tessuto residenziale rado	178541	1.16	87	1.01		
1120	tessuto discontinuo	182767	1.18	85	1.01		
1211	insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli	69418	0.45	85	0.38		
1411	parchi e ville	654	0.00	70	0.00		
1422	aree sportive	50199	0.32	77	0.25		
1321	discariche e depositi di cave, miniere e industrie	24766	0.16	70	0.11		

2	territori agricoli						
2110	seminativi in aree non irrigue	2844894	6.00	65	3.90		
2121	seminativi semplici	149958	0.97	65	0.63		
2210	vigneti	459977	2.98	65	1.93		
2220	frutteti e frutti minori	757849	4.90	65	3.19		
2310	prati stabili	560558	3.63	65	2.36		
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	18897	0.12	65	0.08		
2420	sistemi colturali e particellari complessi	16828	0.11	65	0.07		
2430	aree occupate da colture agrarie con spazi naturali importanti	440136	2.85	65	1.85		
3	territori boscati e ambienti seminaturali						
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	5482636	35.48	50	17.74		
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	87	0.00	50	0.00		
3130	boschi misti di conifere e latifoglie	6501	0.04	50	0.02		
3231	aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	2104969	13.62	55	7.49		
3232	aree con rimboschimenti recenti	100036	0.65	70	0.45		
3331	aree calanchive	1935361	12.52	70	8.77		
3120	boschi di conifere	36238	0.23	70	0.16		
3332	area con vegetazione rada di altro tipo	5506	0.04	70	0.02		
5	ambiente delle acque						
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	23981	0.16	100	0.16		
5111	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	3496	0.02	100	0.02		
totale		1.55E+07	100.00		51.61	238.19	47.64
2008							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1112	tessuto residenziale rado	189920	1.23	87	1.07		
1120	tessuto discontinuo	185948	1.20	85	1.02		

1211	insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli	63060	0.41	85	0.35
1311	aree estrattive attive	31204	0.20	85	0.17
1411	parchi e ville	654	0.00	70	0.00
1422	aree sportive	50199	0.32	77	0.25
1331	cantieri, spazi in costruzione e scavi	14000	0.09	70	0.06
1321	discariche e depositi di cave, miniere e industrie	24766	0.16	70	0.11
2	territori agricoli				
2110	seminativi in aree non irrigue	2693191	17.43	65	11.33
2121	seminativi semplici	132637	0.86	65	0.56
2210	vigneti	527489	3.41	65	2.22
2220	frutteti e frutti minori	733687	4.75	65	3.09
2310	prati stabili	648699	4.20	60	2.52
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	17322	0.11	65	0.07
2420	sistemi colturali e particellari complessi	6253	0.04	65	0.03
2430	aree occupate da colture agrarie con spazi naturali importanti	433087	2.80	65	1.82
2123	colture orticole in pieno campo, in serra e sotto plastica	65	0.00	65	0.00
3	territori boscati e ambienti seminaturali				
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	5556053	35.95	50	17.98
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	87	0.00	50	0.00
3130	boschi misti di conifere e latifoglie	6438	0.04	50	0.02
3231	aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	2025699	13.11	55	7.21
3232	aree con rimboschimenti recenti	115815	0.75	70	0.52
3331	aree calanchive	1933066	12.51	70	8.76
3120	boschi di conifere	36238	0.23	50	0.12
3332	aree con vegetazione rada di altro tipo	5506	0.04	70	0.02
5	ambiente delle acque				
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	19684	0.13	100	0.13

5111	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	3496	0.02	100	0.02		
totale		1.55E+07	100.00		59.45	173.27	34.65
2014							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1111	tessuto residenziale compatto e denso	21299	0.03	87	0.03		
1112	tessuto residenziale rado	1305508.021	2.13	87	1.85		
1211	insediamenti produttivi	114785.15	0.19	85	0.16		
1311	aree estrattive attive	38700	0.06	85	0.05		
1332	suoli rimaneggiati e artefatti	55182.18	0.09	70	0.06		
1411	parchi	312495.8	0.51	70	0.36		
1422	aree sportive	71135.35	0.12	77	0.09		
1425	ippodromi	399771	0.65	77	0.50		
1214	insediamenti di servizi	426598.4	0.70	85	0.59		
1331	cantieri e scavi	68294.6	0.11	70	0.08		
1121	tessuto residenziale urbano	1416623.898	2.31	85	1.96		
1122	strutture residenziali isolate	3269551.555	5.33	85	4.53		
1215	insediamenti ospedalieri	104411	0.17	85	0.14		
1212	insediamenti agro-zootecnici	179941.2221	0.29	85	0.25		
1312	aree estrattive inattive	105958	0.17	85	0.15		
1323	depositi di rottami	11438	0.02	70	0.01		
1222	reti stradali	465988	0.76	70	0.53		
1430	cimiteri	127917.2	0.21	85	0.18		
1412	ville	1448001.613	2.36	70	1.65		
1413	aree incolte urbane	52913.42	0.09	70	0.06		
1229	reti per la distribuzione idrica	36702	0.06	85	0.05		
1424	campi da golf	246339	0.40	70	0.28		

1426	autodromi	1211	0.00	77	0.00
1321	discariche e depositi di cave, miniere e industrie	24830	0.04	70	0.03
1322	discariche di rifiuti solidi urbani	10030	0.02	70	0.01
1224	reti ferroviarie	9656	0.02	85	0.01
1228	impianti fotovoltaici	41786	0.07	85	0.06
2	territori agricoli				
2110	seminativi non irrigui	6231793.751	10.16	65	6.61
2121	seminativi semplici irrigui	16113491.15	26.28	65	17.08
2210	vigneti	3570848.286	5.82	65	3.79
2220	frutteti	5644447.824	9.21	65	5.98
2242	altre colture da legno	113292.59	0.18	65	0.12
2310	prati stabili	1925221.45	3.14	60	1.88
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	156273.1	0.25	65	0.17
2420	sistemi colturali e particellari complessi	319379.7	0.52	65	0.34
2430	aree con colture agrarie e con spazi naturali importanti	394140.4	0.64	65	0.42
2123	colture orticole	44602.13	0.07	65	0.05
2230	oliveti	101991	0.17	65	0.11
2122	vivai	11490	0.02	65	0.01
3	territori boscati e ambienti seminaturali				
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	10507691.18	17.14	50	8.57
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	112092.5	0.18	50	0.09
3130	boschi misti di conifere e latifoglie	17209.6	0.03	50	0.01
3231	vegetazione arbustiva e arborea in evoluzione	2693571.56	4.39	55	2.42
3232	rimboschimenti recenti	514827.65	0.84	70	0.59
3331	aree calanchive	1742365.444	2.84	70	1.99
3116	boscaglie ruderali	229231.61	0.37	70	0.26
3120	boschi di conifere	31895.2	0.05	50	0.03

3332	aree con vegetazione rada di altro tipo	20592.4	0.03	70	0.02		
3115	castagneti da frutto	3275	0.01	50	0.00		
3320	rocce nude, falesie e affioramenti	44739	0.07	85	0.06		
3220	cespuglieti e arbusteti	4616	0.01	55	0.00		
5	ambiente delle acque						
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	217712.16	0.36	100	0.36		
5123	bacini artificiali	163909.8094	0.27	100	0.27		
5111	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	13996.5	0.02	100	0.02		
totale		6.13E+07	100.00		64.94	137.13	27.43

Tabella 3. Calcolo di S(mm) e Ia(mm) per Sintema Emiliano – Romagnolo Inferiore.

Sintema Emiliano - Romagnolo Inferiore							
1954							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m ²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
5	corpi idrici	7491	100.00	100	100.00		
totale		7.49E+03	100.00		100.00	0.00	0.00
1976							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m ²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
111	aree urbane - autostrade	1922189	3.14	87	2.73		
121	zone industriali	134603	0.22	85	0.19		

131	zone attività estrattiva - discariche	22072	0.04	85	0.03		
141	zone verdi pubbliche e private	2663629	4.34	70	3.04		
2	territori agricoli						
211	seminativi semplici	28680702	46.78	65	30.41		
212	seminativi arborati	3752680	6.12	65	3.98		
222	vigneti	8208131	13.39	65	8.70		
223	frutteti	1531744	2.50	65	1.62		
225	pioppeti	23923	0.04	65	0.03		
231	prati, pascoli, prato pascoli, pascoli arborati	1393820	2.27	60	1.36		
221	colture specializzate	35116	0.06	65	0.04		
214	orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	26685	0.04	65	0.03		
3	territori boscati e ambienti seminaturali						
312	formazioni boschive del piano basale o submontano	6502385	10.61	50	5.30		
322	zone cespugliate o con copertura arborea molto carente	4457315	7.27	50	3.63		
323	rimboschimenti recenti	112442	0.18	55	0.10		
331	zone a prevalente affioramento litoide	1543159	2.52	85	2.14		
313	formazioni di conifere adulte	21777	0.04	50	0.02		
314	castagneti da frutto	175910	0.29	50	0.14		
5	ambiente delle acque						
511	corsi d'acqua	73467	0.12	100	0.12		
512	corpi d'acqua a livello ordinario	30649	0.05	100	0.05		
totale		6.13E+07	100.00		63.66	145.00	29.00
1994							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1111	tessuto residenziale compatto e denso	33950	0.06	87	0.05		
1112	tessuto residenziale rado	1658858	2.71	87	2.35		

1120	tessuto residenziale denso	1797901	2.93	85	2.49
1211	insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli	258756	0.42	85	0.36
1213	insediamenti di servizi pubblici e privati	130803	0.21	85	0.18
1311	aree estrattive attive	76597	0.12	85	0.11
1332	aree estrattive inattive	130693	0.21	70	0.15
1411	parchi e ville	1905222	3.11	70	2.18
1422	aree sportive	71086	0.12	77	0.09
1425	ippodromi e spazi associati	208984	0.34	77	0.26
1214	insediamenti ospedalieri	71698	0.12	85	0.10
1226	rete ed aree per la distribuzione idrica	35082	0.06	85	0.05
1331	cantieri, spazi in costruzione e scavi	19753	0.03	77	0.02
1430	cimiteri	86413	0.14	70	0.10
1424	campi da golf	243695	0.40	70	0.28
1221	reti stradali e spazi accessori	61637	0.10	87	0.09
1426	autodromi e spazi associati	2049	0.00	77	0.00
2	territori agricoli				
2110	seminativi in aree non irrigue	7858297	12.82	65	8.33
2121	seminativi semplici	17399650	28.38	65	18.45
2210	vigneti	3324326	5.42	65	3.52
2220	frutteti e frutti minori	8060543	13.15	65	8.55
2241	pioppeti culturali	2723	0.00	65	0.00
2242	altre colture di legno	48119	0.08	65	0.05
2310	prati stabili	870904	1.42	60	0.85
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	187992	0.31	65	0.20
2420	sistemi colturali e particellari complessi	734288	1.20	65	0.78
2430	aree con colture agrarie e con spazi naturali importanti	1519762	2.48	65	1.61
3	territori boscati e ambienti seminaturali				

3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	9563265	15.60	50	7.80		
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	136311	0.22	50	0.11		
3130	boschi misti di coniferi e latifoglie	54124	0.09	50	0.04		
3231	aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	2481882	4.05	70	2.83		
3232	aree con rimboschimenti recenti	82893	0.14	55	0.07		
3331	aree calanchive	2048333	3.34	70	2.34		
3120	boschi di conifere	36471	0.06	50	0.03		
3332	rocce nude, falesie e affioramenti	5479	0.01	85	0.01		
5	ambiente delle acque						
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	45435	0.07	100	0.07		
5121	bacini naturali	5854	0.01	100	0.01		
5123	bacini artificiali di varia natura	44665	0.07	100	0.07		
5111	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	7884	0.01	100	0.01		
totale		6.13E+07	100.00		64.61	139.15	27.83
2003							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1111	tessuto residenziale compatto e denso	33689	0.05	87	0.05		
1112	tessuto residenziale rado	1747607	2.85	87	2.48		
1120	tessuto discontinuo	1931716	3.15	85	2.68		
1211	insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli	296145	0.48	85	0.41		
1213	insediamenti di servizi pubblici e privati	132608	0.22	85	0.18		
1311	aree estrattive attive	188798	0.31	85	0.26		
1332	suoli rimaneggiati e artefatti	109710	0.18	70	0.13		
1411	parchi e ville	1943162	3.17	70	2.22		
1422	aree sportive	71840	0.12	77	0.09		
1425	ippodromi e spazi associati	301164	0.49	77	0.38		

1214	insediamenti ospedalieri	78407	0.13	85	0.11
1226	reti ed aree per la distribuzione idrica	35102	0.06	85	0.05
1331	cantieri, spazi in costruzione e scavi	57867	0.09	70	0.07
1430	cimiteri	137530	0.22	70	0.16
1412	aree incolte nell'urbano	22598	0.04	70	0.03
1424	campi da golf	243411	0.40	70	0.28
1221	reti stradali e spazi accessori	61641	0.10	85	0.09
1426	autodromi e spazi associati	2210	0.00	85	0.00
1321	discariche e depositi di cave, miniere e industrie	24766	0.04	85	0.03
2	territori agricoli				
2110	seminativi in aree non irrigue	6926057	11.30	65	7.34
2121	seminativi semplici	17053511	27.81	65	18.08
2210	vigneti	4119173	6.72	65	4.37
2220	frutteti e frutti minori	7586280	12.37	65	8.04
2241	pioppeti culturali	2560	0.00	65	0.00
2242	altre colture da legno	66649	0.11	65	0.07
2310	prati stabili	1070708	1.75	60	1.05
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	172754	0.28	65	0.18
2420	sistemi colturali e particellari complessi	775877	1.27	65	0.82
2430	aree con colture agrarie con spazi naturali importanti	1490859	2.43	65	1.58
2230	oliveti	19619	0.03	65	0.02
3	territori boscati e ambienti seminaturali				
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	9556484	15.59	50	7.79
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	136266	0.22	50	0.11
3130	boschi misti di conifere e latifoglie	54018	0.09	50	0.04
3231	aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	2450983	4.00	55	2.20
3232	aree con rimboschimenti recenti	255158	0.42	70	0.29

3331	aree calanchive	2009486	3.28	70	2.29		
3120	boschi di conifere	36238	0.06	50	0.03		
3332	aree con vegetazione rada di altro tipo	5506	0.01	70	0.01		
5	ambiente delle acque						
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	45442	0.07	100	0.07		
5121	bacini naturali	5877	0.01	100	0.01		
5123	bacini artificiali di varia natura	44748	0.07	100	0.07		
5111	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	8168	0.01	100	0.01		
totale		6.13E+07	100.00		64.18	141.77	28.35
2008							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1111	tessuto residenziale compatto e denso	33689	0.05	87	0.05		
1112	tessuto residenziale rado	1780061	2.90	87	2.53		
1120	tessuto discontinuo	2066778	3.37	85	2.87		
1211	insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli	258473	0.42	85	0.36		
1213	insediamenti di servizi pubblici e privati	132608	0.22	85	0.18		
1311	aree estrattive attive	258736	0.42	85	0.36		
1411	parchi e ville	2043222	3.33	70	2.33		
1422	aree sportive	71840	0.12	77	0.09		
1425	ippodromi e spazi associati	301164	0.49	77	0.38		
1214	insediamenti ospedalieri	78407	0.13	85	0.11		
1226	reti ed aree per la distribuzione idrica	35102	0.06	85	0.05		
1331	cantieri, spazi in costruzione e scavi	73826	0.12	70	0.08		
1312	aree estrattive inattive	13573	0.02	70	0.02		
1430	cimiteri	137530	0.22	70	0.16		
1412	aree incolte nell'urbano	37544	0.06	70	0.04		

1424	campi da golf	243411	0.40	70	0.28
1221	reti stradali e spazi accessori	61641	0.10	85	0.09
1426	autodromi e spazi associati	2210	0.00	77	0.00
1321	discariche e depositi di cave, miniere e industrie	24766	0.04	70	0.03
2	territori agricoli				
2110	seminativi in aree non irrigue	6804553	11.10	65	7.21
2121	seminativi semplici	16935249	27.62	65	17.95
2210	vigneti	4630250	7.55	65	4.91
2220	frutteti e frutti minori	7020671	11.45	65	7.44
2241	pioppeti culturali	2560	0.00	65	0.00
2242	altre colture da legno	66649	0.11	65	0.07
2310	prati stabili	1081248	1.76	60	1.06
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	171179	0.28	65	0.18
2420	sistemi culturali e particellari complessi	828936	1.35	65	0.88
2430	aree con colture agrarie con spazi naturali importanti	1432881	2.34	65	1.52
2123	colture orticole in pieno campo, in serra e sotto plastica	48658	0.08	65	0.05
2230	oliveti	19619	0.03	65	0.02
3	territori boscati e ambienti seminaturali				
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	9668604	15.77	50	7.88
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	136266	0.22	50	0.11
3130	boschi misti di conifere e latifoglie	53955	0.09	50	0.04
3231	aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	2345432	3.83	55	2.10
3232	aree con rimboschimenti recenti	262241	0.43	70	0.30
3331	aree calanchive	2007191	3.27	70	2.29
3120	boschi di conifere	36238	0.06	50	0.03
3332	aree con vegetazione rada di altro tipo	5506	0.01	70	0.01
5	ambiente delle acque				

5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	41145	0.07	100	0.07		
5121	bacini naturali	5877	0.01	100	0.01		
5123	bacini artificiali di varia natura	44748	0.07	100	0.07		
5111	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	8168	0.01	100	0.01		
totale		6.13E+07	100.00		64.23	141.46	28.29
2014							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1111	tessuto residenziale compatto e denso	21299	0.03	87	0.03		
1112	tessuto residenziale rado	1305508.021	2.13	87	1.85		
1211	insediamenti produttivi	114785.15	0.19	85	0.16		
1311	aree estrattive attive	38700	0.06	85	0.05		
1332	suoli rimaneggiati e artefatti	55182.18	0.09	70	0.06		
1411	parchi	312495.8	0.51	70	0.36		
1422	aree sportive	71135.35	0.12	77	0.09		
1425	ippodromi	399771	0.65	77	0.50		
1214	insediamenti di servizi	426598.4	0.70	85	0.59		
1331	cantieri e scavi	68294.6	0.11	70	0.08		
1121	tessuto residenziale urbano	1416623.898	2.31	85	1.96		
1122	strutture residenziali isolate	3269551.555	5.33	85	4.53		
1215	insediamenti ospedalieri	104411	0.17	85	0.14		
1212	insediamenti agro-zootecnici	179941.2221	0.29	85	0.25		
1312	aree estrattive inattive	105958	0.17	80	0.14		
1323	depositi di rottami	11438	0.02	77	0.01		
1222	reti stradali	465988	0.76	87	0.66		
1430	cimiteri	127917.2	0.21	70	0.15		
1412	ville	1448001.613	2.36	70	1.65		

1413	aree incolte urbane	52913.42	0.09	70	0.06
1229	reti per la distribuzione e produzione dell'energia	36702	0.06	85	0.05
1424	campi da golf	246339	0.40	70	0.28
1426	autodromi	1211	0.00	77	0.00
1321	discariche e depositi di cave, miniere e industrie	24830	0.04	70	0.03
1322	discariche di rifiuti solidi urbani	10030	0.02	70	0.01
1224	reti ferroviarie	9656	0.02	85	0.01
1228	impianti fotovoltaici	41786	0.07	85	0.06
2	territori agricoli				
2110	seminativi non irrigui	6231793.751	10.16	65	6.61
2121	seminativi semplici irrigui	16113491.15	26.28	65	17.08
2210	vigneti	3570848.286	5.82	65	3.79
2220	frutteti	5644447.824	9.21	65	5.98
2242	altre colture da legno	113292.59	0.18	65	0.12
2310	prati stabili	1925221.45	3.14	60	1.88
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	156273.1	0.25	65	0.17
2420	sistemi colturali	319379.7	0.52	65	0.34
2430	aree con colture agricole e spazi naturali importanti	394140.4	0.64	65	0.42
2123	colture orticole	44602.13	0.07	65	0.05
2230	oliveti	101991	0.17	60	0.10
2122	vivai	11490	0.02	65	0.01
3	territori boscati ed ambienti seminaturali				
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	10507691.18	17.14	50	8.57
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	112092.5	0.18	50	0.09
3130	boschi misti di conifere e latifoglie	17209.6	0.03	50	0.01
3231	vegetazione arbustiva e arborea in evoluzione	2693571.56	4.39	70	3.08
3232	rimboschimenti recenti	514827.65	0.84	70	0.59

3331	aree calanchive	1742365.444	2.84	70	1.99		
3116	boscaglie ruderali	229231.61	0.37	55	0.21		
3120	boschi di conifere	31895.2	0.05	50	0.03		
3332	aree con vegetazione rada di altro tipo	20592.4	0.03	70	0.02		
3115	castagneti da frutto	3275	0.01	50	0.00		
3320	rocce nude, falesie e affioramenti	44739	0.07	85	0.06		
3220	cespuglieti e arbusteti	4616	0.01	55	0.00		
5	ambiente delle acque						
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	217712.16	0.36	100	0.36		
5123	bacini artificiali	163909.8094	0.27	100	0.27		
5111	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	13996.5	0.02	100	0.02		
totale		6.13E+07	100.00		65.63	133.04	26.61

Tabella 4. Calcolo di S(mm) e Ia(mm) per il Sintema Emiliano – Romagnolo Superiore

Sintema Emiliano - Romagnolo Superiore							
1954							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m ²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	antropizzato						
1a	zone urbanizzate	890383	2.91	87	2.53		
1d	zone industriali	25154	0.08	85	0.07		
2	agricolo						
2a	seminativi	13516723	44.14	65	28.69		
2g	aree eterogenee	1638262	5.35	65	3.48		
2i	seminativi arborati	13223025	43.18	65	28.07		
3	boschi						
3a	formazioni boschive	1225115	4.00	50	2.00		
3b	cespuglieti	96451	0.31	55	0.17		
3d	zone ad affioramento litoide	5842	0.02	85	0.02		
totale		3.06E+07	100.00		62.84	150.21	30.04
1976							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m ²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
111	aree urbane - autostrade	1922189	3.14	87	2.73		
121	zone industriali	134603	0.22	85	0.19		
131	zone attività estrattiva - discariche	22072	0.04	80	0.03		
141	zone verdi pubbliche e private	2663629	4.34	70	3.04		
2	territori agricoli						
211	seminativi semplici	28680702	46.78	65	30.41		
212	seminativi arborati	3752680	6.12	65	3.98		

222	vigneti	8208131	13.39	65	8.70		
223	frutteti	1531744	2.50	65	1.62		
225	pioppeti	23923	0.04	65	0.03		
231	prati, pascoli, prato-pascoli, pascoli arborati	1393820	2.27	60	1.36		
221	colture specializzate	35116	0.06	65	0.04		
214	orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	26685	0.04	85	0.04		
3	territori boscati e ambienti seminaturali						
312	formazioni boschive del piano basale o submontano	6502385	10.61	50	5.30		
322	zone cespugliate o con copertura arborea molto carente	4457315	7.27	55	4.00		
323	rimboschimenti recenti	112442	0.18	70	0.13		
331	zone a prevalente affioramento litoide	1543159	2.52	85	2.14		
313	formazioni di conifere adulte	21777	0.04	50	0.02		
314	castagneti da frutto	175910	0.29	50	0.14		
5	ambiente delle acque						
511	corsi d'acqua	73467	0.12	100	0.12		
512	corpi d'acqua a livello ordinario	30649	0.05	100	0.05		
totale		6.13E+07	100.00		64.06	142.52	28.50
1994							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1111	tessuto residenziale compatto e denso	33950	0.06	87	0.05		
1112	tessuto residenziale rado	1658858	2.71	87	2.35		
1120	tessuto residenziale denso	1797901	2.93	85	2.49		
1211	insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli con spazi annessi	258756	0.42	85	0.36		
1213	insediamenti di servizi pubblici e privati	130803	0.21	85	0.18		
1311	aree estrattive attive	76597	0.12	85	0.11		
1332	aree estrattive inattive	130693	0.21	80	0.17		

1411	parchi e ville	1905222	3.11	70	2.18
1422	aree sportive	71086	0.12	77	0.09
1425	ippodromi e spazi associati	208984	0.34	77	0.26
1214	insediamenti ospedalieri	71698	0.12	85	0.10
1226	rete ed aree per la distribuzione idrica	35082	0.06	85	0.05
1331	cantieri, spazi in costruzione e scavi	19753	0.03	70	0.02
1430	cimiteri	86413	0.14	70	0.10
1424	campi da golf	243695	0.40	70	0.28
1221	reti stradali e spazi accessori	61637	0.10	85	0.09
1426	autodromi e spazi associati	2049	0.00	77	0.00
2	territori agricoli				
2110	seminativi in aree non irrigue	7858297	12.82	65	8.33
2121	seminativi semplici	17399650	28.38	65	18.45
2210	vigneti	3324326	5.42	65	3.52
2220	frutteti e frutti minori	8060543	13.15	65	8.55
2241	pioppeti culturali	2723	0.00	65	0.00
2242	altre colture di legno	48119	0.08	65	0.05
2310	prati stabili	870904	1.42	60	0.85
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	187992	0.31	65	0.20
2420	sistemi colturali e particellari complessi	734288	1.20	65	0.78
2430	aree con colture agrarie e con spazi naturali importanti	1519762	2.48	65	1.61
3	territori boscati e ambienti seminaturali				
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	9563265	15.60	50	7.80
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	136311	0.22	50	0.11
3130	boschi misti di coniferi e latifoglie	54124	0.09	50	0.04
3231	aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	2481882	4.05	55	2.23
3232	aree con rimboschimenti recenti	82893	0.14	70	0.09

3331	aree calanchive	2048333	3.34	70	2.34		
3120	boschi di conifere	36471	0.06	50	0.03		
3332	rocce nude, falesie e affioramenti	5479	0.01	85	0.01		
5	ambiente delle acque						
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	45435	0.07	100	0.07		
5121	bacini naturali	5854	0.01	100	0.01		
5123	bacini artificiali di varia natura	44665	0.07	100	0.07		
5111	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	7884	0.01	100	0.01		
totale		6.13E+07	100.00		64.04	142.65	28.53
2003							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1111	tessuto residenziale compatto e denso	33689	0.05	87	0.05		
1112	tessuto residenziale rado	1747607	2.85	87	2.48		
1120	tessuto discontinuo	1931716	3.15	85	2.68		
1211	insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli	296145	0.48	85	0.41		
1213	insediamenti di servizi pubblici e privati	132608	0.22	85	0.18		
1311	aree estrattive attive	188798	0.31	85	0.26		
1332	suoli rimaneggiati e artefatti	109710	0.18	70	0.13		
1411	parchi e ville	1943162	3.17	70	2.22		
1422	aree sportive	71840	0.12	77	0.09		
1425	ippodromi e spazi associati	301164	0.49	77	0.38		
1214	insediamenti ospedalieri	78407	0.13	85	0.11		
1226	reti ed aree per la distribuzione idrica	35102	0.06	85	0.05		
1331	cantieri, spazi in costruzione e scavi	57867	0.09	70	0.07		
1430	cimiteri	137530	0.22	70	0.16		
1412	aree incolte nell'urbano	22598	0.04	70	0.03		

1424	campi da golf	243411	0.40	70	0.28
1221	reti stradali e spazi accessori	61641	0.10	85	0.09
1426	autodromi e spazi associati	2210	0.00	77	0.00
1321	discariche e depositi di cave, miniere e industrie	24766	0.04	70	0.03
2	territori agricoli				
2110	seminativi in aree non irrigue	6926057	11.30	65	7.34
2121	seminativi semplici	17053511	27.81	65	18.08
2210	vigneti	4119173	6.72	65	4.37
2220	frutteti e frutti minori	7586280	12.37	65	8.04
2241	pioppeti colturali	2560	0.00	65	0.00
2242	altre colture da legno	66649	0.11	65	0.07
2310	prati stabili	1070708	1.75	60	1.05
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	172754	0.28	65	0.18
2420	sistemi colturali e particellari complessi	775877	1.27	65	0.82
2430	aree con colture agrarie e spazi naturali importanti	1490859	2.43	65	1.58
2230	oliveti	19619	0.03	65	0.02
3	territori boscati e ambienti seminaturali				
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	9556484	15.59	50	7.79
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	136266	0.22	50	0.11
3130	boschi misti di conifere e latifoglie	54018	0.09	50	0.04
3231	aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	2450983	4.00	55	2.20
3232	aree con rimboschimenti recenti	255158	0.42	70	0.29
3331	aree calanchive	2009486	3.28	70	2.29
3120	boschi di conifere	36238	0.06	50	0.03
3332	aree con vegetazione rada di altro tipo	5506	0.01	70	0.01
5	ambiente delle acque				
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	45442	0.00	100	0.00

5121	bacini naturali	5877	0.00	100	0.00		
5123	bacini artificiali di varia natura	44748	0.00	100	0.00		
5111	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	8168	0.00	100	0.00		
totale		6.13E+07	100.00		64.00	142.86	28.57
2008							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1111	tessuto residenziale compatto e denso	33689	0.05	87	0.05		
1112	tessuto residenziale rado	1780061	2.90	87	2.53		
1120	tessuto discontinuo	2066778	3.37	85	2.87		
1211	insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli con spazi annessi	258473	0.42	85	0.36		
1213	insediamenti di servizi pubblici e privati	132608	0.22	85	0.18		
1311	aree estrattive attive	258736	0.42	85	0.36		
1411	parchi e ville	2043222	3.33	70	2.33		
1422	aree sportive	71840	0.12	77	0.09		
1425	ippodromi e spazi associati	301164	0.49	77	0.38		
1214	insediamenti ospedalieri	78407	0.13	85	0.11		
1226	reti ed aree per la distribuzione idrica	35102	0.06	85	0.05		
1331	cantieri, spazi in costruzione e scavi	73826	0.12	70	0.08		
1312	aree estrattive inattive	13573	0.02	80	0.02		
1430	cimiteri	137530	0.22	70	0.16		
1412	aree incolte nell'urbano	37544	0.06	70	0.04		
1424	campi da golf	243411	0.40	70	0.28		
1221	reti stradali e spazi accessori	61641	0.10	85	0.09		
1426	autodromi e spazi associati	2210	0.00	77	0.00		
1321	discariche e depositi di cave, miniere e industrie	24766	0.04	70	0.03		
2	territori agricoli						

2110	seminativi in aree non irrigue	6804553	11.10	65	7.21
2121	seminativi semplici	16935249	27.62	65	17.95
2210	vigneti	4630250	7.55	65	4.91
2220	frutteti e frutti minori	7020671	11.45	65	7.44
2241	pioppeti colturali	2560	0.00	65	0.00
2242	altre colture da legno	66649	0.11	65	0.07
2310	prati stabili	1081248	1.76	60	1.06
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	171179	0.28	65	0.18
2420	sistemi colturali e particellari complessi	828936	1.35	65	0.88
2430	aree con colture agrarie e spazi naturali importanti	1432881	2.34	65	1.52
2123	colture orticole in pieno campo, in serra e sotto plastica	48658	0.08	65	0.05
2230	oliveti	19619	0.03	60	0.02
3	territori boscati e ambienti seminaturali				
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	9668604	15.77	50	7.88
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	136266	0.22	50	0.11
3130	boschi misti di conifere e latifoglie	53955	0.09	50	0.04
3231	aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea e con alberi	2345432	3.83	55	2.10
3232	aree con rimboschimenti recenti	262241	0.43	70	0.30
3331	aree calanchive	2007191	3.27	70	2.29
3120	boschi di conifere	36238	0.06	50	0.03
3332	aree con vegetazione rada di altro tipo	5506	0.01	70	0.01
5	ambiente delle acque				
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	41145	0.07	100	0.07
5121	bacini naturali	5877	0.01	100	0.01
5123	bacini artificiali di varia natura	44748	0.07	100	0.07
5111	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	8168	0.01	100	0.01
totale		6.13E+07	100.00		64.23

141.46	28.29
---------------	--------------

2014							
CLASSE	DESCRIZIONE	AREA(m ²)	%Area	CN	CN_w	S(mm)	Ia(mm)
1	territori modellati artificialmente						
1111	tessuto residenziale compatto e denso	21299	0.03	87	0.03		
1112	tessuto residenziale rado	1305508.021	2.13	87	1.85		
1211	insediamenti produttivi	114785.15	0.19	85	0.16		
1311	aree estrattive attive	38700	0.06	85	0.05		
1332	suoli rimaneggiati e artefatti	55182.18	0.09	70	0.06		
1411	parchi	312495.8	0.51	70	0.36		
1422	aree sportive	71135.35	0.12	77	0.09		
1425	ippodromi	399771	0.65	77	0.50		
1214	insediamenti di servizi	426598.4	0.70	85	0.59		
1331	cantieri e scavi	68294.6	0.11	70	0.08		
1121	tessuto residenziale urbano	1416623.898	2.31	85	1.96		
1122	strutture residenziali isolate	3269551.555	5.33	85	4.53		
1215	insediamenti ospedalieri	104411	0.17	85	0.14		
1212	insediamenti agro-zootecnici	179941.2221	0.29	85	0.25		
1312	aree estrattive inattive	105958	0.17	80	0.14		
1323	depositi di rottami	11438	0.02	77	0.01		
1222	reti stradali	465988	0.76	85	0.65		
1430	cimiteri	127917.2	0.21	70	0.15		
1412	ville	1448001.613	2.36	70	1.65		
1413	aree incolte urbane	52913.42	0.09	70	0.06		
1229	reti per la distribuzione	36702	0.06	85	0.05		
1424	campi da golf	246339	0.40	70	0.28		
1426	autodromi	1211	0.00	77	0.00		
1321	discariche e depositi di cave, miniere e industrie	24830	0.04	77	0.03		

1322	discariche di rifiuti solidi urbani	10030	0.02	70	0.01
1224	reti ferroviarie	9656	0.02	85	0.01
1228	impianti fotovoltaici	41786	0.07	85	0.06
2	territori agricoli				
2110	seminativi non irrigui	6231793.751	10.16	65	6.61
2121	seminativi semplici irrigui	16113491.15	26.28	65	17.08
2210	vigneti	3570848.286	5.82	65	3.79
2220	frutteti	5644447.824	9.21	65	5.98
2242	altre colture stabili	113292.59	0.18	65	0.12
2310	prati stabili	1925221.45	3.14	60	1.88
2410	colture temporanee associate a colture permanenti	156273.1	0.25	65	0.17
2420	sistemi colturali e particellari complessi	319379.7	0.52	65	0.34
2430	aree con colture agricole e con spazi naturali importanti	394140.4	0.64	65	0.42
2123	colture orticole	44602.13	0.07	65	0.05
2230	oliveti	101991	0.17	60	0.10
2122	vivai	11490	0.02	85	0.02
3	territori boscati e ambienti seminaturali				
3112	boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	10507691.18	17.14	50	8.57
3113	boschi a prevalenza di salici e pioppi	112092.5	0.18	50	0.09
3130	boschi misti di conifere e latifoglie	17209.6	0.03	50	0.01
3231	vegetazione arbustiva e arborea in evoluzione	2693571.56	4.39	55	2.42
3232	rimboschimenti recenti	514827.65	0.84	70	0.59
3331	aree calanchive	1742365.444	2.84	70	1.99
3116	boscaglie ruderali	229231.61	0.37	55	0.21
3120	boschi di conifere	31895.2	0.05	50	0.03
3332	aree con vegetazione rada di altro tipo	20592.4	0.03	70	0.02
3115	castagneti da frutto	3275	0.01	50	0.00

3320	rocce nude, falesie e affioramenti	44739	0.07	85	0.06		
3220	cespuglieti e arbusteti	4616	0.01	55	0.00		
5	ambiente delle acque						
5112	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	217712.16	0.36	100	0.36		
5123	bacini artificiali	163909.8094	0.27	100	0.27		
5111	alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	13996.5	0.02	100	0.02		
totale		6.13E+07	100.00		64.96	137.02	27.40

In Tabella 5, Tabella 6, Tabella 7, Tabella , vengono riportati per ogni litotipo costituente la formazione delle conoidi e per ogni anno preso in esame sono riportati i calcoli di Fa e Pe , utilizzando lo ietogramma di riferimento.

Tabella 5. Calcolo $Fa(mm)$ e $Pe(mm)$ per Sabbie di Imola.

Sabbie di Imola							
1954							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	31.63	158.17	-30.88	5.04	5.04
2	46.6	52.4	31.63	158.17	18.36	2.41	-2.63
3	4.8	57.2	31.63	158.17	22.01	3.56	1.15
4	2.6	59.8	31.63	158.17	23.91	4.26	0.70
5	0.6	60.4	31.63	158.17	24.34	4.43	0.17
1976							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	29.96	149.79	-28.80	4.65	4.65
2	46.6	52.4	29.96	149.79	19.52	2.92	-1.72
3	4.8	57.2	29.96	149.79	23.05	4.19	1.27
4	2.6	59.8	29.96	149.79	24.88	4.96	0.77
5	0.6	60.4	29.96	149.79	25.30	5.14	0.18
1994							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	29.12	145.59	-27.76	4.45	4.45
2	46.6	52.4	29.12	145.59	20.07	3.21	-1.24
3	4.8	57.2	29.12	145.59	23.54	4.54	1.33
4	2.6	59.8	29.12	145.59	25.34	5.34	0.80
5	0.6	60.4	29.12	145.59	25.75	5.53	0.19
2003							
QUANTITA' CUMULATIVE							

Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	29.08	145.40	-27.72	4.44	4.44
2	46.6	52.4	29.08	145.40	20.10	3.22	-1.21
3	4.8	57.2	29.08	145.40	23.56	4.56	1.33
4	2.6	59.8	29.08	145.40	25.36	5.36	0.80
5	0.6	60.4	29.08	145.40	25.77	5.55	0.19
2008							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	28.86	144.28	-27.44	4.38	4.38
2	46.6	52.4	28.86	144.28	20.24	3.30	-1.08
3	4.8	57.2	28.86	144.28	23.69	4.65	1.35
4	2.6	59.8	28.86	144.28	25.48	5.46	0.81
5	0.6	60.4	28.86	144.28	25.89	5.66	0.19
2014							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	28.93	144.64	-27.53	4.40	4.40
2	46.6	52.4	28.93	144.64	20.20	3.28	-1.12
3	4.8	57.2	28.93	144.64	23.65	4.62	1.35
4	2.6	59.8	28.93	144.64	25.44	5.43	0.81
5	0.6	60.4	28.93	144.64	25.85	5.62	0.19

Tabella 6. Calcolo Fa(mm) e Pe(mm) per Litofacies Arenacea.

Litofacies arenacea							
1954							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)

1	5.8	5.8	31.19	155.93	-30.32	4.94	4.94
2	46.6	52.4	31.19	155.93	18.67	2.54	-2.40
3	4.8	57.2	31.19	155.93	22.29	3.72	1.18
4	2.6	59.8	31.19	155.93	24.18	4.44	0.72
5	0.6	60.4	31.19	155.93	24.60	4.61	0.17
1976							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	31.73	158.67	-31.00	5.07	5.07
2	46.6	52.4	31.73	158.67	18.28	2.38	-2.69
3	4.8	57.2	31.73	158.67	21.94	3.52	1.14
4	2.6	59.8	31.73	158.67	23.85	4.22	0.70
5	0.6	60.4	31.73	158.67	24.28	4.39	0.17
1994							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	28.53	142.65	-27.04	4.31	4.31
2	46.6	52.4	28.53	142.65	20.45	3.42	-0.89
3	4.8	57.2	28.53	142.65	23.87	4.80	1.38
4	2.6	59.8	28.53	142.65	25.65	5.62	0.82
5	0.6	60.4	28.53	142.65	26.05	5.82	0.20
2003							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	47.64	238.19	-50.75	8.91	8.91
2	46.6	52.4	47.64	238.19	4.67	0.09	-8.82
3	4.8	57.2	47.64	238.19	9.19	0.37	0.28
4	2.6	59.8	47.64	238.19	11.57	0.59	0.22
5	0.6	60.4	47.64	238.19	12.11	0.65	0.06
2008							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	34.65	173.27	-34.62	5.77	5.77
2	46.6	52.4	34.65	173.27	16.10	1.65	-4.12
3	4.8	57.2	34.65	173.27	19.95	2.60	0.95
4	2.6	59.8	34.65	173.27	21.96	3.19	0.59
5	0.6	60.4	34.65	173.27	22.42	3.33	0.14
2014							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	27.43	137.13	-25.67	4.05	4.05

2	46.6	52.4	27.43	137.13	21.13	3.85	-0.20
3	4.8	57.2	27.43	137.13	24.46	5.31	1.46
4	2.6	59.8	27.43	137.13	26.19	6.18	0.87
5	0.6	60.4	27.43	137.13	26.58	6.39	0.21

Tabella 7. Calcolo Fa(mm) e Pe(mm) per Sintema Emiliano – Romagnolo Inferiore.

Sintema Emiliano - Romagnolo Inferiore							
1954							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	0.00	0.00	0.00	5.80	5.80
2	46.6	52.4	0.00	0.00	0.00	52.40	46.60
3	4.8	57.2	0.00	0.00	0.00	57.20	4.80
4	2.6	59.8	0.00	0.00	0.00	59.80	2.60
5	0.6	60.4	0.00	0.00	0.00	60.40	0.60
1976							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	29.00	145.00	-27.62	4.42	4.42
2	46.6	52.4	29.00	145.00	20.15	3.25	-1.17
3	4.8	57.2	29.00	145.00	23.61	4.59	1.34
4	2.6	59.8	29.00	145.00	25.40	5.40	0.80
5	0.6	60.4	29.00	145.00	25.81	5.59	0.19
1994							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	27.83	139.15	-26.17	4.14	4.14
2	46.6	52.4	27.83	139.15	20.88	3.69	-0.46
3	4.8	57.2	27.83	139.15	24.25	5.12	1.43
4	2.6	59.8	27.83	139.15	26.00	5.97	0.85
5	0.6	60.4	27.83	139.15	26.39	6.18	0.20
2003							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	28.35	141.77	-26.82	4.27	4.27
2	46.6	52.4	28.35	141.77	20.56	3.49	-0.78

3	4.8	57.2	28.35	141.77	23.97	4.88	1.39
4	2.6	59.8	28.35	141.77	25.74	5.71	0.83
5	0.6	60.4	28.35	141.77	26.14	5.91	0.20
2008							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	28.29	141.46	-26.75	4.25	4.25
2	46.6	52.4	28.29	141.46	20.60	3.51	-0.74
3	4.8	57.2	28.29	141.46	24.00	4.90	1.39
4	2.6	59.8	28.29	141.46	25.77	5.74	0.83
5	0.6	60.4	28.29	141.46	26.17	5.94	0.20
2014							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	26.61	133.04	-24.67	3.86	3.86
2	46.6	52.4	26.61	133.04	21.60	4.19	0.33
3	4.8	57.2	26.61	133.04	24.87	5.72	1.53
4	2.6	59.8	26.61	133.04	26.56	6.63	0.91
5	0.6	60.4	26.61	133.04	26.95	6.84	0.22

Tabella 8. Calcolo Fa(mm) e Pe(mm) per Sintema Emiliano – Romagnolo Superiore.

Sintema Emiliano - Romagnolo Superiore							
1954							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	30.04	150.21	-28.91	4.67	4.67
2	46.6	52.4	30.04	150.21	19.46	2.90	-1.77
3	4.8	57.2	30.04	150.21	23.00	4.16	1.26
4	2.6	59.8	30.04	150.21	24.84	4.92	0.76
5	0.6	60.4	30.04	150.21	25.25	5.10	0.18
1976							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	28.50	142.52	-27.01	4.30	4.30
2	46.6	52.4	28.50	142.52	20.46	3.43	-0.87
3	4.8	57.2	28.50	142.52	23.89	4.81	1.38
4	2.6	59.8	28.50	142.52	25.66	5.63	0.83
5	0.6	60.4	28.50	142.52	26.06	5.83	0.20
1994							
QUANTITA' CUMULATIVE							

Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	28.53	142.65	-27.04	4.31	4.31
2	46.6	52.4	28.53	142.65	20.45	3.42	-0.89
3	4.8	57.2	28.53	142.65	23.87	4.80	1.38
4	2.6	59.8	28.53	142.65	25.65	5.62	0.82
5	0.6	60.4	28.53	142.65	26.05	5.82	0.20
2003							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	28.57	142.86	-27.09	4.32	4.32
2	46.6	52.4	28.57	142.86	20.42	3.41	-0.91
3	4.8	57.2	28.57	142.86	23.85	4.78	1.37
4	2.6	59.8	28.57	142.86	25.63	5.60	0.82
5	0.6	60.4	28.57	142.86	26.03	5.80	0.20
2008							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	28.29	141.46	-26.74	4.25	4.25
2	46.6	52.4	28.29	141.46	20.60	3.51	-0.74
3	4.8	57.2	28.29	141.46	24.00	4.91	1.39
4	2.6	59.8	28.29	141.46	25.77	5.74	0.83
5	0.6	60.4	28.29	141.46	26.17	5.94	0.20
2014							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5.8	5.8	27.40	137.02	-25.65	4.04	4.04
2	46.6	52.4	27.40	137.02	21.14	3.86	-0.19
3	4.8	57.2	27.40	137.02	24.47	5.32	1.47
4	2.6	59.8	27.40	137.02	26.20	6.19	0.87
5	0.6	60.4	27.40	137.02	26.59	6.40	0.21

In Tabella , Tabella , Tabella , Tabella vengono riportati per ogni litotipo costituente la formazione delle conoidi e per ogni anno preso in esame sono riportati i calcoli di Fa e Pe , utilizzando gli ietogrammi locali.

Tabella 9. Calcolo $Fa(mm)$ e $Pe(mm)$ per Sabbie di Imola con ietogramma locale.

Sabbie di Imola							
1954							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	8.4	8.4	31.63	158.17	-27.23	4.00	4.00
2	7	15.4	31.63	158.17	-18.09	1.86	-2.14
3	8.2	23.6	31.63	158.17	-8.46	0.43	-1.43
4	8.8	32.4	31.63	158.17	0.76	0.00	-0.43
5	9.2	41.6	31.63	158.17	9.38	0.59	0.59
6	5.6	47.2	31.63	158.17	14.17	1.39	0.80
7	3.8	51	31.63	158.17	17.25	2.11	0.72
1976							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	8.4	8.4	29.96	149.79	-25.18	3.62	3.62
2	7	15.4	29.96	149.79	-16.13	1.57	-2.06
3	8.2	23.6	29.96	149.79	-6.64	0.28	-1.29
4	8.8	32.4	29.96	149.79	2.40	0.04	-0.24
5	9.2	41.6	29.96	149.79	10.80	0.84	0.80
6	5.6	47.2	29.96	149.79	15.46	1.78	0.94
7	3.8	51	29.96	149.79	18.45	2.59	0.81
1994							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	8.4	8.4	29.12	145.59	-24.16	3.44	3.44
2	7	15.4	29.12	145.59	-15.15	1.43	-2.01
3	8.2	23.6	29.12	145.59	-5.74	0.22	-1.21
4	8.8	32.4	29.12	145.59	3.21	0.07	-0.15
5	9.2	41.6	29.12	145.59	11.50	0.99	0.91
6	5.6	47.2	29.12	145.59	16.08	2.00	1.01
7	3.8	51	29.12	145.59	19.02	2.86	0.86
2003							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	8.4	8.4	29.08	145.40	-24.11	3.43	3.43

2	7	15.4	29.08	145.40	-15.10	1.42	-2.01
3	8.2	23.6	29.08	145.40	-5.69	0.21	-1.21
4	8.8	32.4	29.08	145.40	3.25	0.07	-0.14
5	9.2	41.6	29.08	145.40	11.53	0.99	0.92
6	5.6	47.2	29.08	145.40	16.11	2.01	1.02
7	3.8	51	29.08	145.40	19.05	2.87	0.86
2008							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	8.4	8.4	28.86	144.28	-23.83	3.38	3.38
2	7	15.4	28.86	144.28	-14.84	1.38	-2.00
3	8.2	23.6	28.86	144.28	-5.45	0.20	-1.19
4	8.8	32.4	28.86	144.28	3.46	0.08	-0.11
5	9.2	41.6	28.86	144.28	11.71	1.03	0.95
6	5.6	47.2	28.86	144.28	16.28	2.07	1.03
7	3.8	51	28.86	144.28	19.20	2.95	0.88
2014							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	8.4	8.4	28.93	144.64	-23.92	3.40	3.40
2	7	15.4	28.93	144.64	-14.92	1.40	-2.00
3	8.2	23.6	28.93	144.64	-5.53	0.20	-1.19
4	8.8	32.4	28.93	144.64	3.39	0.08	-0.12
5	9.2	41.6	28.93	144.64	11.65	1.02	0.94
6	5.6	47.2	28.93	144.64	16.22	2.05	1.03
7	3.8	51	28.93	144.64	19.15	2.92	0.87

Tabella 10. Calcolo Fa(mm) e Pe(mm) per Litofacies Arenacea con ietogramma locale.

Litofacies Arenacea							
1954							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	7.2	7.2	31.19	155.93	-28.35	4.36	4.36
2	4.4	11.6	31.19	155.93	-22.40	2.81	-1.55
3	1.2	12.8	31.19	155.93	-20.84	2.46	-0.36
4	5.4	18.2	31.19	155.93	-14.17	1.18	-1.28
5	5.2	23.4	31.19	155.93	-8.20	0.41	-0.77
6	3.8	27.2	31.19	155.93	-4.09	0.10	-0.30

7	9.8	37	31.19	155.93	5.60	0.21	0.10
8	5.6	42.6	31.19	155.93	10.63	0.78	4.93
9	5.2	47.8	31.19	155.93	15.01	1.60	-0.73
10	6.4	54.2	31.19	155.93	20.05	2.96	1.00
11	0.2	54.4	31.19	155.93	20.21	3.01	-1.23
12	3	57.4	31.19	155.93	22.44	3.77	-0.01
13	1.4	58.8	31.19	155.93	23.46	4.15	0.08
14	3.2	62	31.19	155.93	25.73	5.08	1.03
1976							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	7.2	7.2	31.73	158.67	-29.02	4.49	4.49
2	4.4	11.6	31.73	158.67	-23.06	2.93	-1.56
3	1.2	12.8	31.73	158.67	-21.50	2.57	-0.36
4	5.4	18.2	31.73	158.67	-14.80	1.26	-1.30
5	5.2	23.4	31.73	158.67	-8.80	0.46	-0.80
6	3.8	27.2	31.73	158.67	-4.67	0.13	-0.33
7	9.8	37	31.73	158.67	5.10	0.17	0.04
8	5.6	42.6	31.73	158.67	10.17	0.70	5.01
9	5.2	47.8	31.73	158.67	14.59	1.48	-0.78
10	6.4	54.2	31.73	158.67	19.68	2.79	0.95
11	0.2	54.4	31.73	158.67	19.83	2.83	-1.26
12	3	57.4	31.73	158.67	22.09	3.57	-0.06
13	1.4	58.8	31.73	158.67	23.12	3.94	0.04
14	3.2	62	31.73	158.67	25.42	4.85	0.94
1994							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	7.2	7.2	28.53	142.65	-25.08	3.75	3.75
2	4.4	11.6	28.53	142.65	-19.21	2.28	-1.47
3	1.2	12.8	28.53	142.65	-17.68	1.95	-0.33
4	5.4	18.2	28.53	142.65	-11.14	0.81	-1.14
5	5.2	23.4	28.53	142.65	-5.32	0.19	-0.62
6	3.8	27.2	28.53	142.65	-1.34	0.01	-0.18
7	9.8	37	28.53	142.65	7.99	0.47	0.46
8	5.6	42.6	28.53	142.65	12.81	1.26	4.54
9	5.2	47.8	28.53	142.65	16.98	2.29	-0.44
10	6.4	54.2	28.53	142.65	21.75	3.91	1.29
11	0.2	54.4	28.53	142.65	21.90	3.97	-1.09
12	3	57.4	28.53	142.65	24.01	4.86	0.27
13	1.4	58.8	28.53	142.65	24.97	5.30	0.26
14	3.2	62	28.53	142.65	27.11	6.36	1.52
2003							
QUANTITA' CUMULATIVE							

Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	7.2	7.2	47.64	238.19	-48.71	8.27	8.27
2	4.4	11.6	47.64	238.19	-42.46	6.42	-1.84
3	1.2	12.8	47.64	238.19	-40.81	5.97	-0.46
4	5.4	18.2	47.64	238.19	-33.59	4.15	-1.82
5	5.2	23.4	47.64	238.19	-26.98	2.75	-1.41
6	3.8	27.2	47.64	238.19	-22.36	1.92	-0.83
7	9.8	37	47.64	238.19	-11.13	0.50	-1.42
8	5.6	42.6	47.64	238.19	-5.15	0.11	7.88
9	5.2	47.8	47.64	238.19	0.16	0.00	-1.95
10	6.4	54.2	47.64	238.19	6.39	0.18	-0.28
11	0.2	54.4	47.64	238.19	6.58	0.19	-1.81
12	3	57.4	47.64	238.19	9.38	0.38	-1.21
13	1.4	58.8	47.64	238.19	10.66	0.50	-0.71
14	3.2	62	47.64	238.19	13.55	0.82	-1.10
2008							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	7.2	7.2	34.65	173.27	-32.62	5.17	5.17
2	4.4	11.6	34.65	173.27	-26.59	3.54	-1.63
3	1.2	12.8	34.65	173.27	-25.01	3.15	-0.38
4	5.4	18.2	34.65	173.27	-18.18	1.73	-1.43
5	5.2	23.4	34.65	173.27	-12.04	0.78	-0.94
6	3.8	27.2	34.65	173.27	-7.79	0.34	-0.45
7	9.8	37	34.65	173.27	2.31	0.03	-0.30
8	5.6	42.6	34.65	173.27	7.60	0.35	5.49
9	5.2	47.8	34.65	173.27	12.22	0.93	-1.05
10	6.4	54.2	34.65	173.27	17.56	1.98	0.67
11	0.2	54.4	34.65	173.27	17.73	2.02	-1.39
12	3	57.4	34.65	173.27	20.11	2.64	-0.33
13	1.4	58.8	34.65	173.27	21.19	2.95	-0.13
14	3.2	62	34.65	173.27	23.62	3.73	0.47
2014							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	7.2	7.2	27.43	137.13	-23.72	3.50	3.50
2	4.4	11.6	27.43	137.13	-17.89	2.06	-1.43
3	1.2	12.8	27.43	137.13	-16.37	1.75	-0.32
4	5.4	18.2	27.43	137.13	-9.89	0.67	-1.08
5	5.2	23.4	27.43	137.13	-4.15	0.12	-0.54
6	3.8	27.2	27.43	137.13	-0.23	0.00	-0.12
7	9.8	37	27.43	137.13	8.95	0.62	0.62
8	5.6	42.6	27.43	137.13	13.66	1.51	4.39
9	5.2	47.8	27.43	137.13	17.74	2.64	-0.31

10	6.4	54.2	27.43	137.13	22.40	4.37	1.42
11	0.2	54.4	27.43	137.13	22.54	4.43	-1.02
12	3	57.4	27.43	137.13	24.60	5.38	0.40
13	1.4	58.8	27.43	137.13	25.53	5.84	0.34
14	3.2	62	27.43	137.13	27.61	6.96	1.74

Tabella 11. Calcolo di Fa(mm) e Pe(mm) per Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore con ietogramma locale.

Sistema Emiliano - Romagnolo inferiore							
1954							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	50.2	50.2	0.00	0.00	0.00	50.20	50.20
2	10.8	61	0.00	0.00	0.00	61.00	10.80
3	0.4	61.4	0.00	0.00	0.00	61.40	0.40
1976							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	50.2	50.2	29.00	145.00	18.50	2.70	2.70
2	10.8	61	29.00	145.00	26.21	5.79	3.08
3	0.4	61.4	29.00	145.00	26.48	5.92	0.13
1994							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	50.2	50.2	27.83	139.15	19.27	3.10	3.10
2	10.8	61	27.83	139.15	26.78	6.38	3.29
3	0.4	61.4	27.83	139.15	27.04	6.52	0.14
2003							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	50.2	50.2	28.35	141.77	18.93	2.92	2.92
2	10.8	61	28.35	141.77	26.54	6.11	3.19
3	0.4	61.4	28.35	141.77	26.80	6.25	0.14
2008							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	50.2	50.2	28.29	141.46	18.97	2.94	2.94
2	10.8	61	28.29	141.46	26.57	6.14	3.20
3	0.4	61.4	28.29	141.46	26.83	6.28	0.14
2014							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S (mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)

1	50.2	50.2	26.61	133.04	20.04	3.55	3.55
2	10.8	61	26.61	133.04	27.33	7.06	3.51
3	0.4	61.4	26.61	133.04	27.58	7.21	0.15

Tabella 12. Calcolo Fa(mm) e Pe(mm) per Sintema Emiliano – Romagnolo Superiore con ietogramma locale.

Sintema Emiliano - Romagnolo superiore							
1954							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5	5	30.04	150.21	-30.05	5.01	5.01
2	7.6	12.6	30.04	150.21	-19.73	2.29	-2.72
3	9.4	22	30.04	150.21	-8.50	0.45	-1.84
4	10.2	32.2	30.04	150.21	2.13	0.03	-0.42
5	9.4	41.6	30.04	150.21	10.73	0.83	0.80
6	4.8	46.4	30.04	150.21	14.75	1.61	0.78
7	4.2	50.6	30.04	150.21	18.08	2.47	0.87
8	2.8	53.4	30.04	150.21	20.21	3.14	5.68
9	4.4	57.8	30.04	150.21	23.43	4.33	-1.53
10	3.8	61.6	30.04	150.21	26.08	5.48	-0.69
11	3.2	64.8	30.04	150.21	28.23	6.53	0.63
12	3.8	68.6	30.04	150.21	30.68	7.88	2.14
13	3.4	72	30.04	150.21	32.80	9.16	2.07
1976							
		QUANTITA' CUMULATIVE					
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm)	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5	5	28.50	142.52	-28.15	4.64	4.64
2	7.6	12.6	28.50	142.52	-17.90	2.00	-2.64
3	9.4	22	28.50	142.52	-6.82	0.31	-1.69
4	10.2	32.2	28.50	142.52	3.60	0.09	-0.22
5	9.4	41.6	28.50	142.52	11.99	1.10	1.01
6	4.8	46.4	28.50	142.52	15.90	2.00	0.89
7	4.2	50.6	28.50	142.52	19.13	2.97	0.97
8	2.8	53.4	28.50	142.52	21.19	3.70	5.38
9	4.4	57.8	28.50	142.52	24.30	5.00	-1.35
10	3.8	61.6	28.50	142.52	26.86	6.24	-0.44
11	3.2	64.8	28.50	142.52	28.93	7.37	0.91
12	3.8	68.6	28.50	142.52	31.29	8.80	2.44
13	3.4	72	28.50	142.52	33.33	10.17	2.26
1994							
		QUANTITA' CUMULATIVE					

Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5	5	28.53	142.65	-28.18	4.65	4.65
2	7.6	12.6	28.53	142.65	-17.93	2.00	-2.65
3	9.4	22	28.53	142.65	-6.84	0.31	-1.69
4	10.2	32.2	28.53	142.65	3.58	0.09	-0.22
5	9.4	41.6	28.53	142.65	11.97	1.10	1.00
6	4.8	46.4	28.53	142.65	15.88	1.99	0.89
7	4.2	50.6	28.53	142.65	19.11	2.96	0.97
8	2.8	53.4	28.53	142.65	21.18	3.69	5.38
9	4.4	57.8	28.53	142.65	24.29	4.98	-1.35
10	3.8	61.6	28.53	142.65	26.85	6.22	-0.45
11	3.2	64.8	28.53	142.65	28.92	7.35	0.91
12	3.8	68.6	28.53	142.65	31.28	8.79	2.44
13	3.4	72	28.53	142.65	33.32	10.15	2.26
2003							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5	5	28.57	142.86	-28.23	4.66	4.66
2	7.6	12.6	28.57	142.86	-17.98	2.01	-2.65
3	9.4	22	28.57	142.86	-6.89	0.32	-1.69
4	10.2	32.2	28.57	142.86	3.54	0.09	-0.23
5	9.4	41.6	28.57	142.86	11.94	1.09	1.00
6	4.8	46.4	28.57	142.86	15.85	1.98	0.89
7	4.2	50.6	28.57	142.86	19.09	2.94	0.96
8	2.8	53.4	28.57	142.86	21.15	3.68	5.39
9	4.4	57.8	28.57	142.86	24.26	4.96	-1.36
10	3.8	61.6	28.57	142.86	26.83	6.20	-0.46
11	3.2	64.8	28.57	142.86	28.90	7.33	0.90
12	3.8	68.6	28.57	142.86	31.27	8.76	2.43
13	3.4	72	28.57	142.86	33.30	10.12	2.25
2008							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5	5	28.29	141.46	-27.88	4.59	4.59
2	7.6	12.6	28.29	141.46	-17.65	1.96	-2.63
3	9.4	22	28.29	141.46	-6.58	0.29	-1.66
4	10.2	32.2	28.29	141.46	3.80	0.11	-0.19
5	9.4	41.6	28.29	141.46	12.16	1.14	1.04
6	4.8	46.4	28.29	141.46	16.05	2.05	0.91
7	4.2	50.6	28.29	141.46	19.27	3.04	0.98
8	2.8	53.4	28.29	141.46	21.32	3.78	5.34
9	4.4	57.8	28.29	141.46	24.42	5.09	-1.32
10	3.8	61.6	28.29	141.46	26.96	6.35	-0.41
11	3.2	64.8	28.29	141.46	29.02	7.49	0.95

12	3.8	68.6	28.29	141.46	31.37	8.94	2.49
13	3.4	72	28.29	141.46	33.39	10.32	2.29
2014							
QUANTITA' CUMULATIVE							
Time (h)	j (mm/h)	P (mm)	Ia (mm)	S mm	Fa (mm)	Pe (mm)	je (mm/h)
1	5	5	27.40	137.02	-26.78	4.38	4.38
2	7.6	12.6	27.40	137.02	-16.60	1.79	-2.59
3	9.4	22	27.40	137.02	-5.63	0.22	-1.57
4	10.2	32.2	27.40	137.02	4.63	0.16	-0.06
5	9.4	41.6	27.40	137.02	12.86	1.33	1.17
6	4.8	46.4	27.40	137.02	16.68	2.31	0.98
7	4.2	50.6	27.40	137.02	19.84	3.36	1.05
8	2.8	53.4	27.40	137.02	21.85	4.15	5.17
9	4.4	57.8	27.40	137.02	24.88	5.52	-1.21
10	3.8	61.6	27.40	137.02	27.37	6.83	-0.26
11	3.2	64.8	27.40	137.02	29.38	8.02	1.13
12	3.8	68.6	27.40	137.02	31.67	9.52	2.68
13	3.4	72	27.40	137.02	33.65	10.95	2.41

RINGRAZIAMENTI

Desidero innanzitutto ringraziare il Professor Marco Antonellini per la fiducia dimostratami e per avermi seguito durante tutto lo svolgimento del lavoro con consigli e confronti che mi hanno aiutato nel fare le scelte più opportune. Ringrazio la Dottoressa Beatrice Maria Sole Giambastiani per la continua disponibilità e prontezza nei chiarimenti, per la sua pazienza, per la costante attenzione e per avermi guidato con i suoi suggerimenti e consigli.

Ripercorrendo la mia strada, non posso fare a meno di pensare a tutti coloro che mi hanno supportato e sopportato, nei momenti più difficili e nelle decisioni più importanti.

Il mio primo e più sentito ringraziamento va alla mia famiglia senza la quale non sarei mai arrivata a questo importantissimo traguardo. Li ringrazio per il loro sostegno, anche economico, e per avermi sempre accompagnato e guidato in silenzio e con tanta, tanta pazienza durante tutto il mio percorso universitario, spesso difficile e complicato, facendomi crescere e maturare.

Ringrazio i miei zii Sergio e Paola, e le mie cugine Sofia e Chiara, per essermi sempre stati accanto e per non aver mai dubitato delle mie possibilità di riuscita.

Un pensiero va poi a tutti i miei amici che mi hanno accompagnato in questi anni: alle amiche di una vita Elisa e Chiara, a tutti gli amici lontani, in particolare Valentina e Gioia, agli amici della palestra e a tutti quelli che mi hanno regalato tanti bei momenti. Un particolare ringraziamento va a Francesca, Flavia, Enrica e Giulia che mi sono sempre state vicine e che mi hanno sempre sostenuto e fatto divertire anche nei momenti più difficili.

Ringrazio le mie compagne di Convitto Angela ed Enrica, per tutte le chiacchierate, le discussioni e le esperienze condivise; ringrazio anche Suor Dolores, Suor Maddalena e Suor Teresa per la loro gentilezza e soprattutto per la loro pazienza.

Ringrazio anche tutti gli amici dell'Università: i compagni di corso a Ravenna, gli amici della Biblioteca, gli amici della Facoltà di Enologia che mi hanno regalato tanti bei momenti spensierati ed allegri. Un pensiero speciale va, infine, ai miei compagni di studio di una vita Giorgio e Giulia che ringrazio per le ore passate a studiare assieme, per gli aperitivi di fine lezione e per i week-end, le vacanze e per tutte quelle interminabili ore passate a studiare girovagando per tutte le Biblioteche disponibili.