



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Piano per l'Adattamento ai Cambiamenti climatici nel Comune di Rosignano Marittimo

Comune di Rosignano Marittimo

Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni dell'Università degli Studi di Pisa



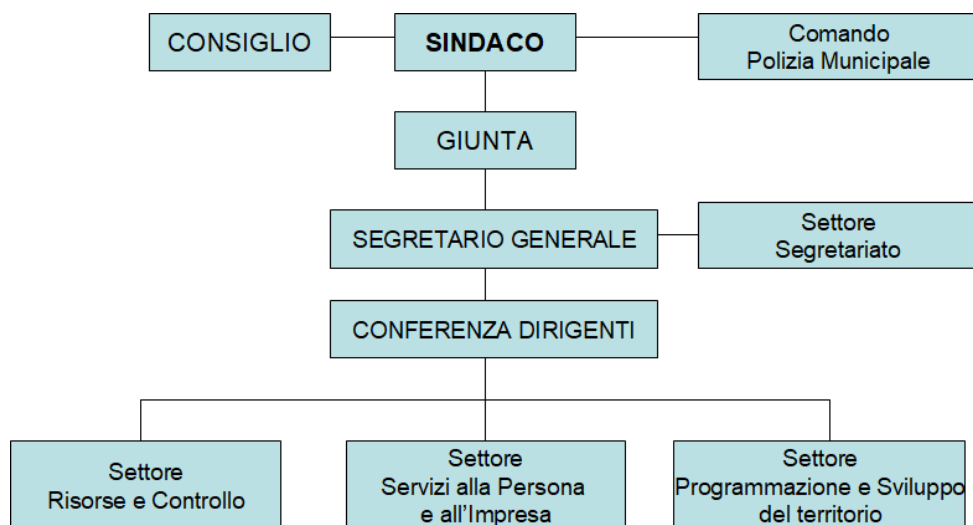
FASE 1: PREPARARE IL TERRENO PER L'ADATTAMENTO

1. Introduzione:

Con il Piano per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici si vogliono analizzare le possibili strategie di contrasto ad alcuni dei molteplici effetti legati al cambiamento climatico atteso nel territorio di Rosignano, ed in particolare all'innalzamento del livello medio marino. Attualmente, alla valutazione dell'impatto di tali cambiamenti sul sistema territoriale e ambientale futuro, segue un percorso volto ad affrontare tali effetti e che si sviluppa in due direzioni: quello della mitigazione, che mira a ridurre progressivamente le emissioni di gas climalteranti, in gran parte responsabili del riscaldamento globale, e quello dell'adattamento, volto, invece, a contrastare gli effetti e le vulnerabilità dei sistemi naturali e socioeconomici, attuali e futuri, del cambiamento climatico, così come la variabilità che si verifica in assenza di cambiamenti climatici, nel contesto di una società in continuo cambiamento. Il concetto di adattamento non vuole quindi solo significare protezione contro gli impatti negativi, ma anche creazione di una maggiore flessibilità al cambiamento, traendo vantaggio dai suoi possibili benefici, e sviluppo di una capacità di resilienza di fronte agli inevitabili impatti di un clima in cambiamento. L'adattamento e la mitigazione sono, pertanto, azioni complementari, ed entrambi costituiscono delle aree prioritarie per affrontare la questione del cambiamento climatico.

2. Identificazione del Responsabile del Piano e del Gruppo di lavoro

Il Comune di Rosignano Marittimo è attualmente organizzato secondo il seguente organigramma:





In particolare al Settore Programmazione e Sviluppo del Territorio afferiscono le funzioni di: Gare e appalti (Centrale Unica di Committenza), Lavori Pubblici, Patrimonio, Manutenzioni, Edilizia Privata, Pianificazione e Demanio Marittimo, Ambiente, Tutela degli animali, randagismo, igiene pubblica e Protezione Civile.

Responsabile del Piano per l'Adattamento ai cambiamenti climatici:

Il Responsabile del piano è identificato nel Dirigente del Settore programmazione e Sviluppo del Territorio che, sulla base degli indirizzi del Sindaco e della Giunta Comunale avrà il compito di individuare, pianificare e monitorare le azioni di adattamento.

Dirigente: Immorali Andrea
Sede: via Don Bosco, 8 - 57016 Rosignano Marittimo (LI)
Tel.: 0586-724252 (Segreteria)
Fax: 0586-724306
E-mail: a.immorali@comune.rosignano.livorno.it

Gruppo di lavoro per la predisposizione del Piano per l'Adattamento ai cambiamenti climatici:

Il Responsabile del Piano per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici, per la sua predisposizione, si avvarrà di un gruppo di lavoro costituito dalle Unità Organizzative competenti per materia:

- ▶ Unità Organizzativa Ambiente, Igiene urbana e tutela animali
- ▶ Unità Organizzativa Manutenzioni e Protezione Civile
- ▶ Unità Organizzativa Progettazione ed Esecuzione lavori pubblici
- ▶ Unità Organizzativa Pianificazione e Demanio Marittimo;
- ▶ Unità Organizzativa Edilizia Privata
- ▶ Unità Organizzativa Supporto Organi di Governo (Comunicazione)

Gli attori territoriali:

Il Comune di Rosignano Marittimo è caratterizzato per una forte attivismo nei settori del volontariato e del sociale. Anche per quanto riguarda il presidio e la tutela dell'Ambiente sono molte le Associazioni che, attraverso iniziative, manifestazioni e attività quotidiane, si preoccupano di preservarne la qualità. Oltre a queste il Comune di Rosignano Marittimo, in qualità di ente capofila dell'Ufficio Comune di Protezione Civile della Bassa Val di Cecina ha promosso la costituzione di un coordinamento del volontariato di protezione civile e, attraverso lo stesso



progetto ADAPT, la costituzione del Partenariato Urbano per l'Adattamento ai cambiamenti climatici. Di seguito si riportano i riferimenti:

► [Coordinamento del volontariato di protezione civile](#)

Croce Rossa Italiana Comitato Locale di Rosignano Solvay

Società di Pubblica Assistenza e Mutuo Soccorso di Rosignano Marittimo;

Venerabile Confraternita della Misericordia di Gabbro

Associazione Giubbe Verdi Compagnia Alta Maremma Rosignano Marittimo

Croce Rossa Italiana Comitato Locale di Donoratico

Compagnia di Pubblica Assistenza di Bibbona

Associazione Misericordia di San Pietro in Palazzi

Confraternita della Misericordia di Castagneto Carducci

Società Pubblica Assistenza Cecina

► [Partenariato Urbano per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici](#)

Rappresentanti Assemblee Permanenti di Frazione (Rosignano Marittimo, Rosignano Solvay, Vada)

Rappresentanti Associazioni di Categoria (CNA)

Cittadini attivi

► [CEA – Centro di Educazione Ambientale](#)

Il Centro di Educazione Ambientale del Comune di Rosignano Marittimo è nato come "LEA-Torre del Faro" e rinominato in seguito quale CEA, collabora con gli istituti scolastici del territorio ed opera in campo ambientale con società ed aziende locali.

► [MusNa – Museo di Storia Naturale](#)

Il nuovo Museo di Storia naturale, collocato nei locali di Villa Pertusati in Rosignano Marittimo. è gestito dall'Associazione Amici della natura che promuove attività didattica e divulgativa rivolta alla cittadinanza e alle scuole, attraverso uscite guidate, mostre, conferenze, proiezioni, dibattiti ed altre iniziative aperte al pubblico.

► [OTP – Operazione territorio Pulito](#)

E' caratterizzata da cittadine ed i cittadini che mettono a disposizione un po' del proprio tempo libero per contribuire alla rimozione dei rifiuti in piccole aree, a vantaggio dell'intera comunità

► [Occhi sulle Colline e Associazioni di tutela ambientale](#)

Associazione INITINERE, Rosignano Solvay

Circolo Ippico Mandriolo, Gabbro



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Associazione Trekking Libertas, Rosignano Solvay
Associazione ASCA - Associazione Scientifica Comunicazione Ambientale), Rosignano Solvay
Associazione Giubbe Verdi Compagnia Alta Maremma Rosignano Marittimo
Associazione il Sentiero, Rosignano Marittimo
Associazione Federcaccia, Rosignano Marittimo
Associazione Gioco di vele, Rosignano Marittimo

3. Analisi delle Politiche in corso:

Il comune di Rosignano Marittimo nell'ambito della pianificazione settoriale e strategia in materia ambientale, urbanistica e di infrastrutture trasportistiche è dotato dei seguenti strumenti: Piano d'azione per l'energia sostenibile (PAES); Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS); Piano Strutturale Comunale (PSC); Piano Operativo Comunale (POC).

► Piano d'azione per l'energia sostenibile (PAES).

L'adesione al Patto da parte del Comune di Rosignano M.mo è avvenuta nel settembre 2013 con deliberazione di Consiglio Comunale n. 99 del 30/09/2013. Tenendo in considerazione i dati dell'Inventario di Base delle Emissioni, il documento identifica misure concrete di riduzione, insieme a tempi e responsabilità, in modo da tradurre la strategia di lungo termine in azione. Gli assi di intervento previsti dal PAES di Rosignano M.mo sono i seguenti e definiti d'azioni realizzate, da realizzare a breve termine e a lungo termine: a) efficienza energetica nel settore civile (azioni: metanizzazione impianti di riscaldamento e sostituzione di finestre in edifici comunali, allaccio alla rete di teleriscaldamento di alcuni edifici comunali, efficientamento sistema pubblica illuminazione comunale, efficientamento illuminazione dei cimiteri, Controllo delle Certificazioni Energetiche degli edifici, modifiche del Regolamento Edilizio e del Regolamento di Edilizia Sostenibile, sostenibilità dello sviluppo urbanistico, riqualificazione impianti in edifici ERP, ampliamento della rete di teleriscaldamento ad utenze private); b) mobilità sostenibile (azioni: trasporto pubblico locale, creazione piste ciclabili, nuove linee di TPL); c) sostenibilità del turismo e delle attività produttive (azione: riqualificazione ambientale dell'area artigianale Le Morelline, attività produttive sostenibili, "smart grid"); d) produzione di energia da fonti rinnovabili (azioni: installazione impianti solari fotovoltaici su edifici comunali, installazione impianti solari termici su 2 edifici comunali, centrale fotovoltaica a Scapigliato, energia dalle onde, potenziamento dell'impianto biogas); e) uso razionale delle risorse (azioni: acquisti di energia elettrica prodotta da Fonti Energetiche Rinnovabili, installazione da ASA di fontanelle d'acqua ad alta qualità, impianto di compostaggio con produzione di energia elettrica, sperimentazione di tecnologie di trattamento di oli vegetali); f) educazione ambientale ed informazione ai cittadini (azioni: attività di educazione ambientale del



Comune presso le scuole, codice di comportamento e clausole di rispetto dell'ambiente per l'acquisizione di beni e servizi attraverso gare).

► Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS)

E' stato approvato con Delibera del Consiglio Comunale n° 75 del 29 giugno 2017. L'Amministrazione comunale con la volontà di aggiornare il piano dei trasporti esistente, in modo da renderlo maggiormente coerente con le mutate necessità e modalità di spostamento della popolazione e di coloro che per altri motivi (lavoro, studio, svago o turismo) transitano e si muovono sull'area comunale, con l'obiettivo di accrescere l'accessibilità e la fruibilità del territorio, riducendo gli impatti ambientali e migliorando la qualità della vita dei cittadini, ha ritenuto che il PUMS fosse lo strumento più adeguato, nonostante le dimensioni ridotte del Comune, per le quali non sarebbe prescritta neanche la realizzazione del Piano Urbano della Mobilità (PUM). Il PUMS, infatti, pone al centro le persone e la soddisfazione delle loro esigenze di mobilità, seguendo un approccio trasparente e partecipativo che prevede il coinvolgimento attivo dei cittadini e di altri portatori di interesse fin dall'inizio del suo processo di definizione.

► Piano Strutturale Comunale (PSC)

E' stato approvato con Delibera C.C. n. 13 del 20.01.2004 (modificato con delibera G.C. n. 38 del 28.03.2006) e redatto secondo i dispositivi normativi della L.R. n. 5 del 16 gennaio 1995 "Norme per il governo del territorio". Il piano ha una natura strutturale e strategica al fine di descrivere gli indirizzi di sviluppo urbano e territoriale futuro in conformità con i principi di sostenibilità e sussidiarietà. Lo strumento di pianificazione, tuttora vigente, è sviluppato sui seguenti cinque ambiti strategici: a) sviluppo dei servizi e produzione di effetto urbano; b) sviluppo dell'imprenditorialità e qualificazione economica; c) qualificazione del territorio; d) politiche culturali, formazione, politiche sociali; e) gestione efficiente del PRG.

► Piano Operativo Comunale (POC)

E' stato adottato con Delibera del Consiglio Comunale n° 114 del 29 agosto 2017. Il Piano Operativo Comunale è lo strumento di pianificazione territoriale e urbanistica che, ai sensi della LR 65/2014, sostituisce il Regolamento Urbanistico allo scopo di disciplinare l'attività edilizia ed urbanistica del Comune. Il P.O.C. disciplina sia la gestione degli insediamenti esistenti che la trasformazione degli assetti insediativi, infrastrutturali ed edilizi del territorio. L'Amministrazione ritiene strategici gli interventi legati al cambiamento climatico, alla coesione sociale e all'identità territoriale, volti ad incrementare i servizi, promuovere il turismo sostenibile e sostenere le attività produttive per innovare e riqualificare il tessuto produttivo locale.

4. Individuazione dei beneficiari finali delle azioni di adattamento:

Beneficiari finali del presente piano sono i cittadini nella loro più generale accezioni di cityusers ovvero di coloro che usufruiscono della città, dei suoi servizi, delle sue funzioni e che, nello stesso tempo, devono essere tutelati e protetti.



FASE 2: VALUTAZIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI IN UNO SCENARIO CLIMATICO FUTURO

1. Inquadramento bacino del botro Secco e botro Cotone

Botro Cotone

Inquadramento bacino

Il bacino idrografico del Fosso Cotone si estende in Provincia di Livorno ed è delimitato a sud-est dal bacino del Secco e a nord dal bacino del Crocetta. Il Fosso Cotone ha origine dalla Via di Serragrande (m. 160 s.l.m.). Si sviluppa per circa 4.10 Km e ha un carattere tipicamente torrentizio e sottende un bacino di circa 2.37 kmq. L'asta scorre in direzione da nord verso sud-ovest dopodiché viene tombato da Via Lungomonte a Via dei Mille e devia il suo percorso scorrendo da est verso ovest dove viene intubato all' altezza della ff-ss e poco dopo si immette nel Botro Secco.

Caratteristiche bacino e uso del suolo

Dal punto di vista dell'uso del suolo il bacino può essere approssimativamente schematizzato come segue:

- Zona collinare con prevalente uso boschivo (circa i 55% dell'intero bacino), che si protrae dalla sorgente fino all'altezza della superstrada . La vegetazione che ricopre questa zona è la macchia mediterranea (lecci, sughere, corbezzoli, pungitopi, edere, ecc.) con molte zone di alto fusto.
- Zona pedecollinare con prevalente uso agricolo (circa 5%), che si protrae dalla superstrada fino alla Via Lungomonte.
- Zona valliva prettamente urbanizzata (circa 40%) dalla Via Lungomonte fino alla ff-ss.

Botro Bargingo

Inquadramento bacino

Il bacino idrografico del Botro del Bargingo si estende interamente in Provincia di Livorno ed è delimitato a nord dallo spartiacque dei monti livornesi , ovest dal bacino del Cotone e a sud-est bacino del Secco. Il Botro del Bargingo ha origine nei pressi della Loc. Molino a Vento (circa m. 145 s.l.m.) si sviluppa per circa 2.5 Km e ha un carattere tipicamente torrentizio con un'estensione di circa 1.13 kmq. L'asta principale scorre principalmente in direzione da nord-est verso sud-ovest, dove nella zona collinare riceve una serie di affluenti minori, dopodiché si immette nel Botro Cotone.



Caratteristiche bacino e uso del suolo

Dal punto di vista dell'uso del suolo il bacino può essere approssimativamente schematizzato come segue:

- Zona collinare con prevalente uso boschivo (il 50% dell'intero bacino), che si protrae dalla sorgente fino alla Loc. Col di Leccio . La vegetazione che ricopre questa zona è la macchia mediterranea (lecci, sughere, corbezzoli, pungitopi, edere, ecc.) con diverse zone di alto fusto.
- Zona pedecollinare prettamente agricola (50% dell'intero bacino), che si protrae dalla Loc. Col di Leccio fino all'immissione nel Botro Cotone.

Botro Secco

Inquadramento bacino

Il bacino idrografico del Botro Secco si estende interamente in Provincia di Livorno ed è delimitato a nord dallo spartiacque dei monti livornesi , ovest dal bacino del Bargingo e a sud-est con il bacino del Fosso dei orti o Fosso Pisano. Il Botro Secco ha origine anch'esso nei pressi della Loc. Molino a Vento (circa m. 145 s.l.m.) si sviluppa per circa 3.7 Km e ha un carattere tipicamente torrentizio con un'estensione di circa 2 kmq. L'asta principale scorre principalmente in direzione da nord-est verso sud-ovest, dove nella zona collinare riceve una serie di affluenti minori, dopodiché riceve le acque del Botro Cotone poi sfocia a mare in località Lo Soglietto, presso Rosignano Solavay.

Caratteristiche bacino e uso del suolo

Dal punto di vista dell'uso del suolo il bacino può essere approssimativamente schematizzato come segue:

- Zona collinare con prevalente uso boschivo (il 30% dell'intero bacino), che si protrae dalla sorgente fino alla Loc. Col di Leccio . La vegetazione che ricopre questa zona è la macchia mediterranea (lecci, sughere, corbezzoli, pungitopi, edere, ecc.) con diverse zone di alto fusto.
- Zona pedecollinare prettamente agricola (30% dell'intero bacino), che si protrae dalla Loc. Col di Leccio fino all'ingresso nella zona urbanizzata di Rosignano Solvay.
- Zona valliva prettamente urbanizzata (circa 40%) dalla Via Lungomonte fino alla costa.



Figura - Inquadramento del bacino Cotone-Secco con i corsi d'acqua principali in esso contenuti.

2. Elaborazione Idrologica

Schema della rete

L'individuazione di zone a carattere omogeneo per quanto riguarda uso del suolo e caratteristiche ha permesso di suddividere ogni bacino in diversi sottobacini per meglio approssimare la realtà del territorio. In questo modo è stato possibile schematizzare l'area complessiva in modo da poterla inserire nel software HEC-HMS con cui sono state effettuate le elaborazioni idrauliche.

In questo modo si ha per il Botro Cotone la suddivisione in sottobacino collinare denominato "CT_S1" e sottobacino urbano "CT_I1", mentre per il Bargingo, data la sua minore estensione, si ha un unico sottobacino con caratteristiche rurali nominato "BA_S1". Allo stesso modo il Botro Secco è stato suddiviso in 3 sottobacini, uno con carattere collinare "SE_S1", ed altri due con carattere urbano quali "SE_I1" ed "SE_I2".



Figura – Suddivisione dell'area in esame in sottobacini (in bianco) e le aste principali (in blu)

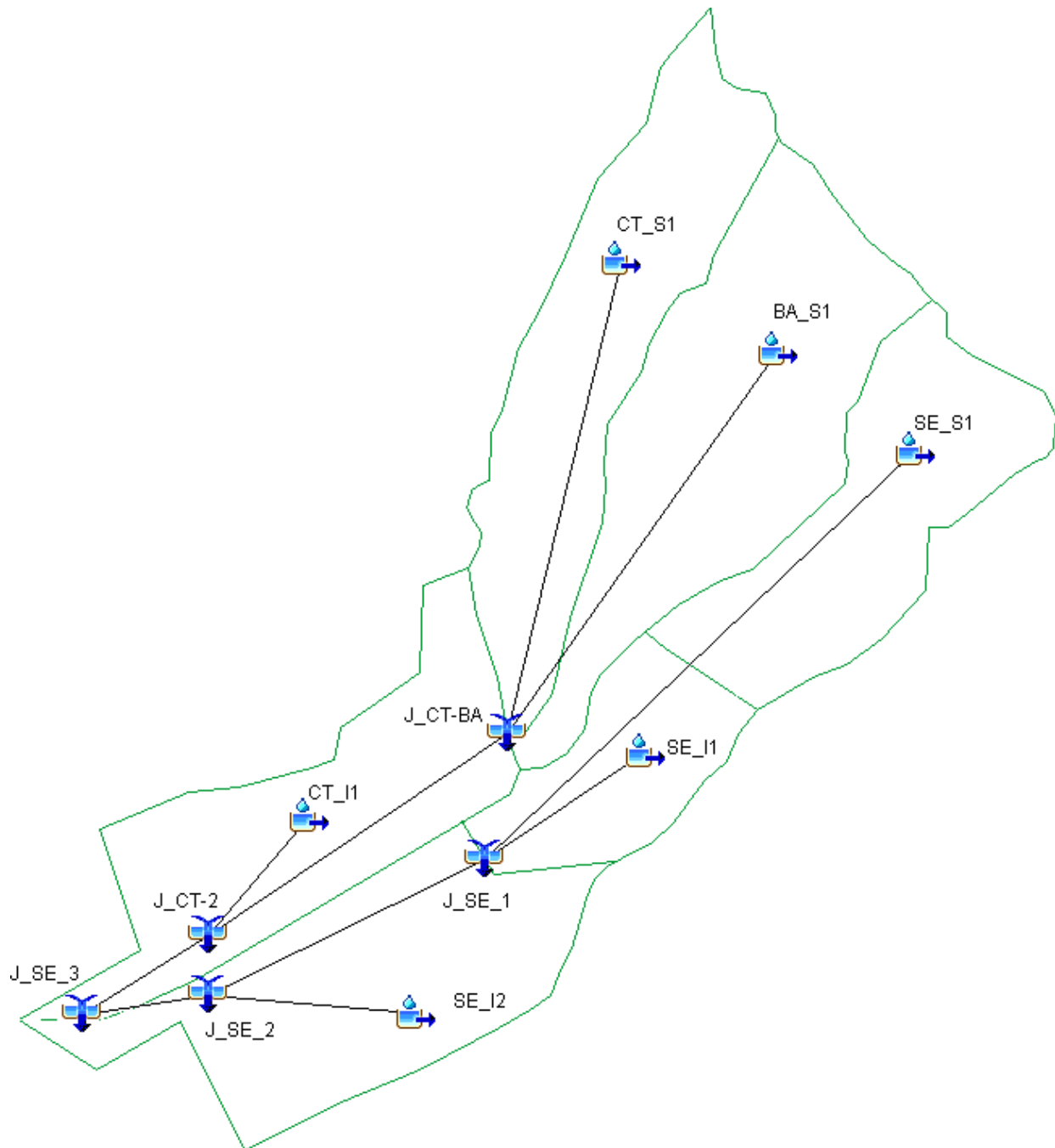


Figura – Schema utilizzato per l'analisi idrologica del bacino Secco-Cotone con HEC-HMS

Dati di pioggia e dati geomorfologici del bacino nelle condizioni attuali

Si riportano i dati utilizzati per l'elaborazione del modello idrologico al fine di ottenere gli idrogrammi del bacino in esame. E' stato utilizzato il programma "QGIS" per ottenere i bacini idrografici corrispondenti ad ogni corso d'acqua, ed in seguito per ottenere i dati geomorfologici necessari riguardanti il bacino ed ogni sottobacino.

Per i bacini CT_S1, BA_S1, SE_S1 e CT_I1 è stato utilizzato il metodo di trasformazione afflussi-deflussi SCS_CN, mentre per i restanti due bacini il metodo kinematic wave. Dal sito della regione Toscana è



stato possibile acquisire la carta regionale della distribuzione del parametro CN II sul territorio necessario per calcolare parametri come le perdite iniziali (Ia) e per la costruzione dell'idrogramma.

Bacino	Area [kmq]	L asta [km]	CN	i (pendenza asta)
CT - S1	0,85	2,44	89,8	0,04
BA - S1	1,13	2,48	88,2	0,04
SE_S1	0,68	1,28	89,22	0,06
CT - I1	0,73	1,7	95	0,04

Con i dati trovati sono stati calcolati i vari tempi di corrivazione (Tc) di ogni bacino, tramite i quali si è potuto stimare il tempo di ritardo (T lag), parametro essenziale per l'applicazione del metodo SCS e quindi la stima degli idrogrammi di piena per l'intera rete.

Bacino	Kirpich [ore]	Viparelli [ore]	Pezzoli [ore]	Watt [ore]	Chow [ore]	Tc medio [min]	Tlag [min]	Ia [mm] (perdita iniziale)
CT S1	0,46	0,68	0,67	0,63	0,48	0,66	26,07	7,21
BA S1	0,5	0,69	0,68	0,63	0,48	0,67	26,47	8,50
SE_S1	0,24	0,36	0,29	0,32	0,28	0,31	12,29	7,67
CT - I1	0,34	0,47	0,47	0,47	0,38	0,45	17,72	3,34

La curva di possibilità pluviometrica CPP utilizzata è quella ancora fornita dalla Regione Toscana per il territorio di Rosignano ed è pari a:

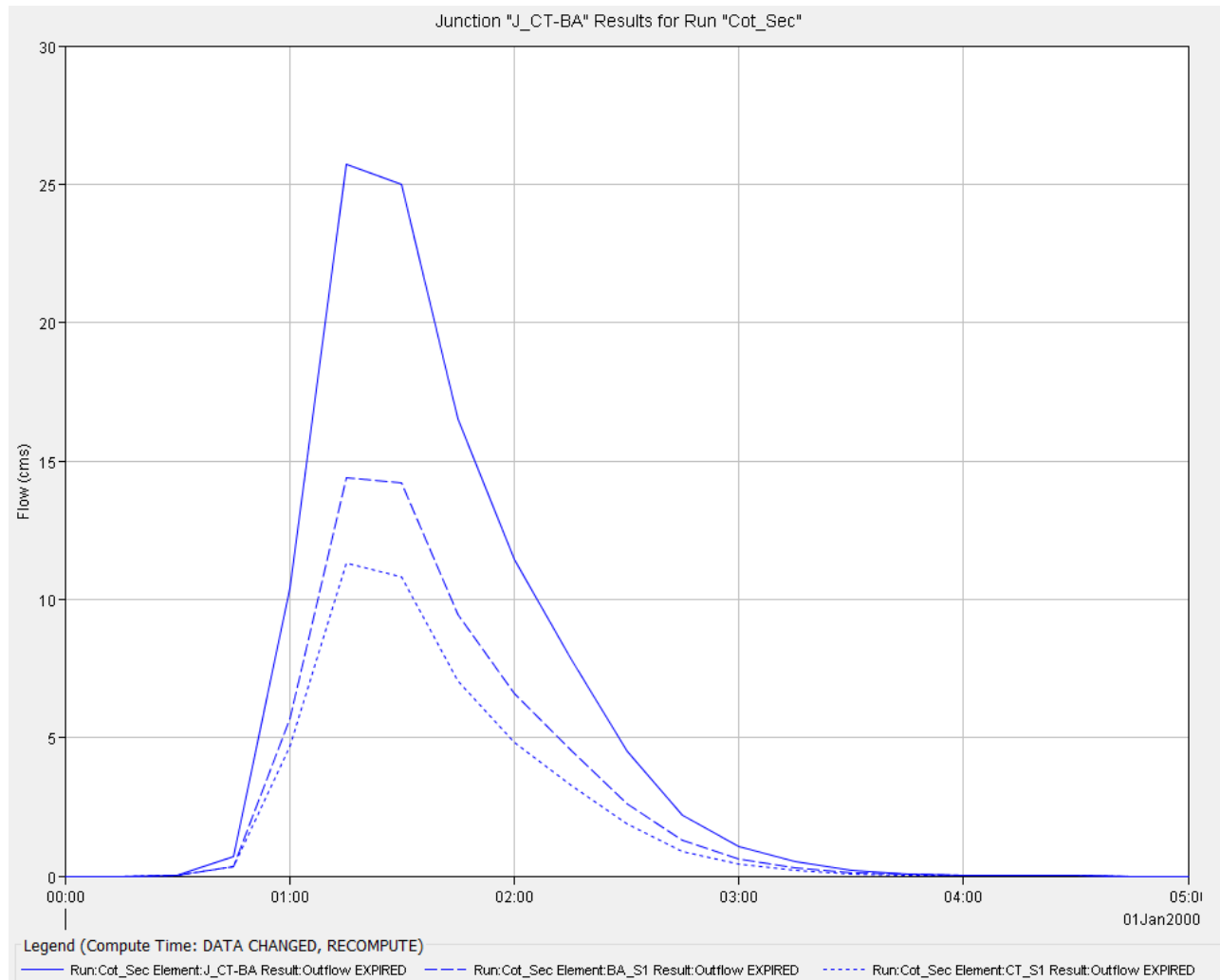
$$h = 65,6883 \times t^{0,2802}$$

Dati i tempi di corrivazione intorno alla mezz'ora è stato scelto un tempo di pioggia Tp= 2 ore, superiore ad esso ma non eccessivamente. Con i dati di pioggia così trovati è stato possibile elaborare uno ietogramma, scelto di tipo Chicago, per simulare l'evento meteorico critico sul bacino.



3. Risultati elaborazione nella condizione attuale

Confluenza tra Botro Cotone e Botro Bargingo

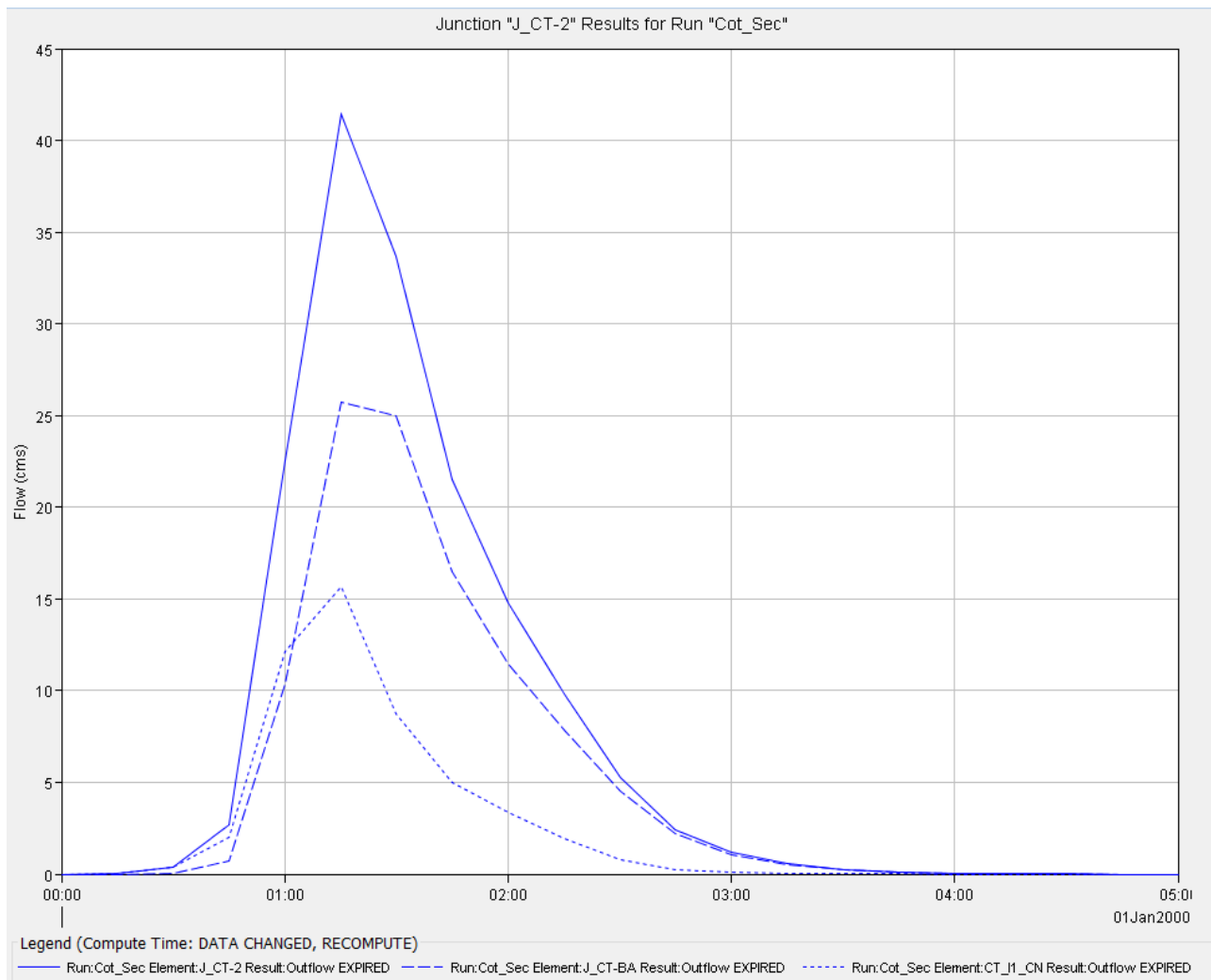


Si registra una porta al colmo nella confluenza tra Cotone e Bargingo pari a:

- $Q_{max} = 25.7 \text{ mc/s}$



Botro Cotone nei pressi della ferrovia Pisa – Roma

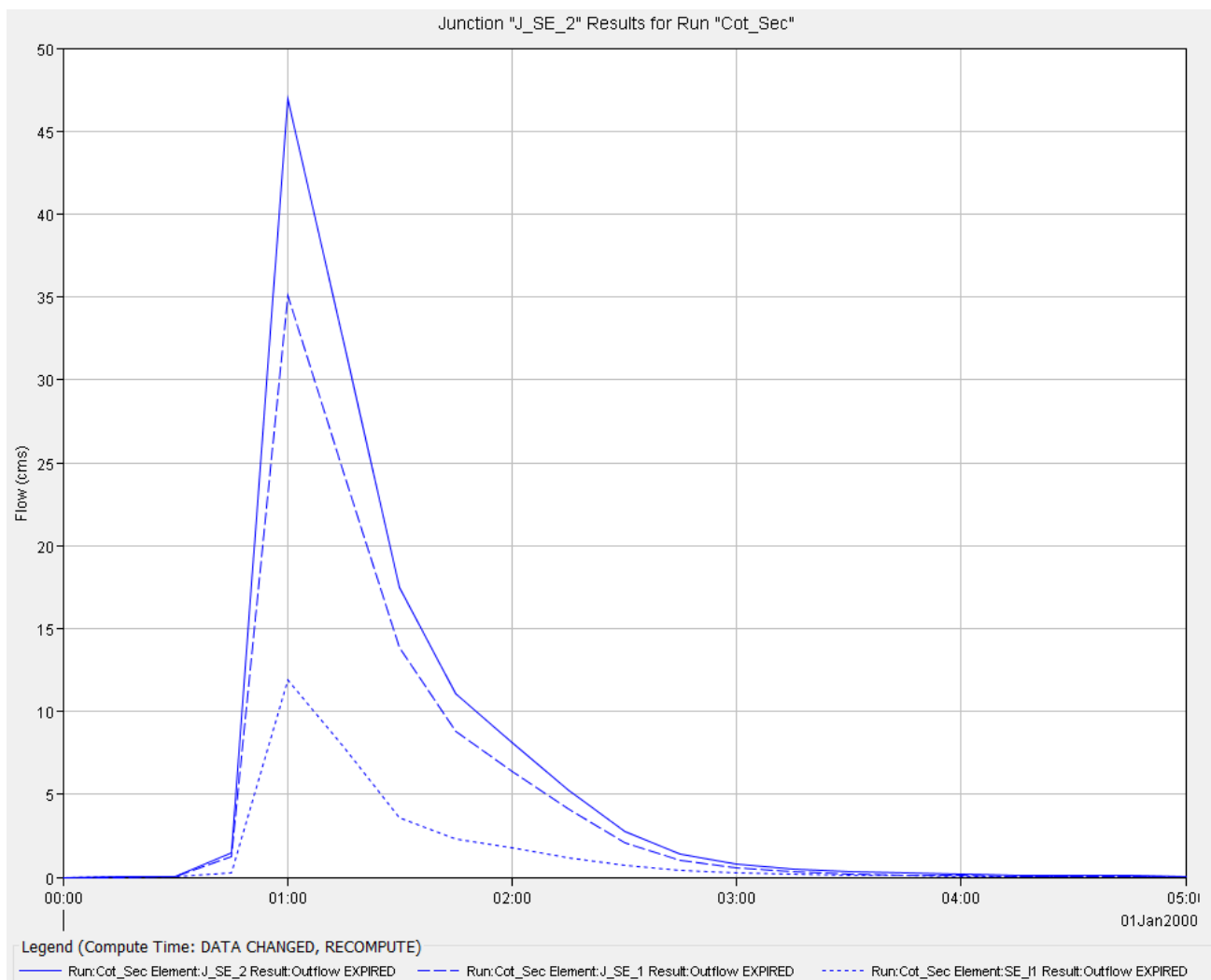


Si registra una porta al colmo nella sezione del Botro Cotone vicino al rilevato ferroviario pari a:

$$Q_{max} = 41.4 \text{ mc/s}$$



Botro Secco in prossimità del tombamento in via della Repubblica

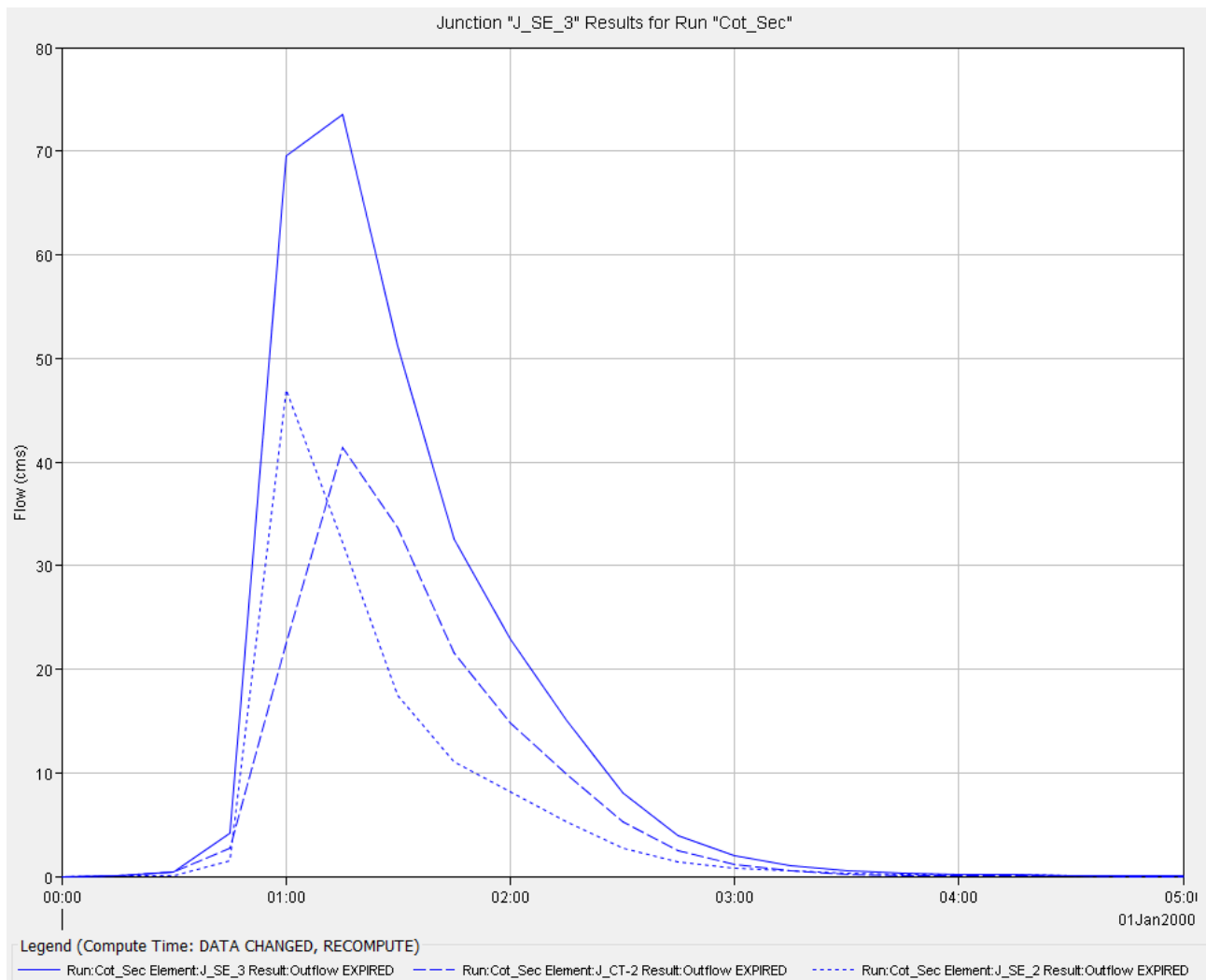


Si registra una porta al colmo nella sezione prossima al tombamento in via Allende pari a:

- $Q_{max} = 47 \text{ mc/s}$



Botro Secco alla foce



Si registra una porta al colmo nella sezione della foce pari a:

- $Q_{max} = 73,6 \text{ mc/s}$



4. Criticità di alcune sezioni nelle condizioni attuali:

Si individuano diverse situazioni di criticità nelle condizioni attuali, ovvero sezioni in cui la portata massima trentennale stimata non riesce a transitare. E' stata calcolata per ogni sezione la massima portata che può defluire in condizioni di sezione libera da ostacoli e in situazione sfavorevole di sezione ostruita accidentalmente da ostacoli. Per fare ciò è stata divisa la portata massima defluente a sezione libera per un coefficiente di sicurezza $k = 1.2$, ottenendo così dei valori di portata ammissibili minori ai precedenti.

Le sezioni che si dimostrano non sufficienti a consentire un adeguato deflusso alle portate massime sono le seguenti:

- Sezione del Botro Cotone corrispondente al passaggio al di sotto della linea ferroviaria F.S. Pisa – Roma, situata nelle vicinanze di Via Pisacane. (Sezione 1 in figura)

Dimensioni sezione 1: $B = 2.6$ m ed $h = 1.6$ m.

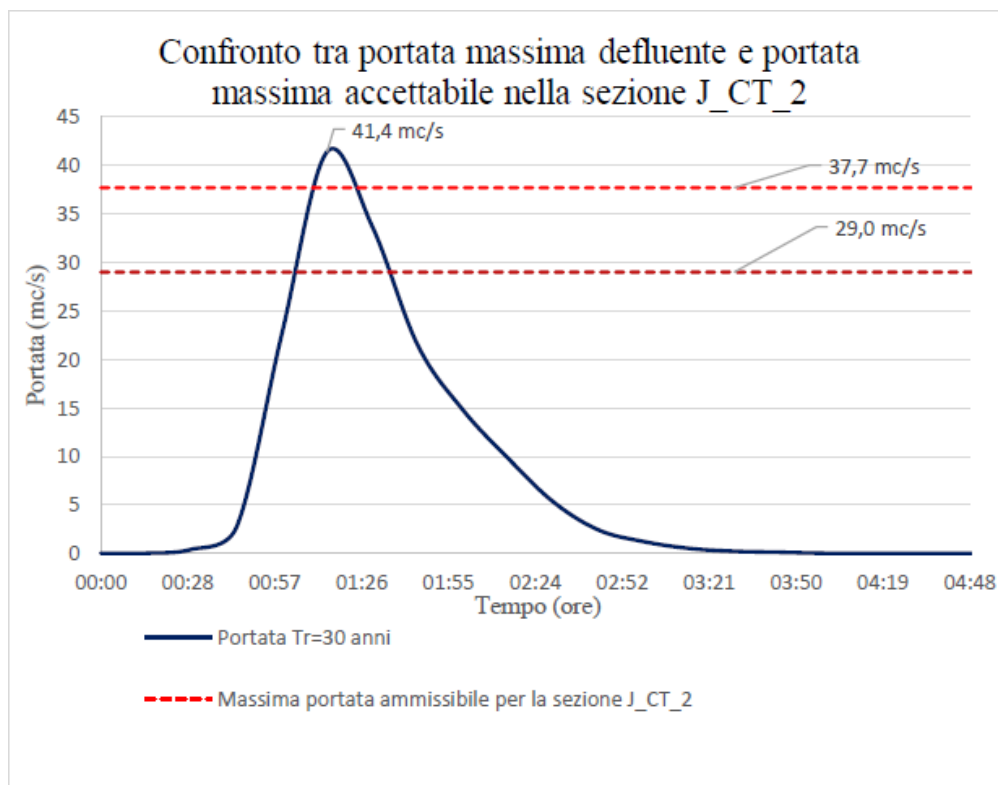




Figura – Sezione del sottopassaggio in cui il Botro Cotone attraversa la linea ferroviaria

- Sezione del Botro Cotone situata all'incrocio tra via Allende e via della Repubblica in cui si ha l'ingresso del corso d'acqua in suo tratto tombato, precedente alla confluenza con il Botro Cotone. (Sezione 2 in figura)

Dimensioni sezione: $B = 1.8$ m ed $h = 1.7$ m.

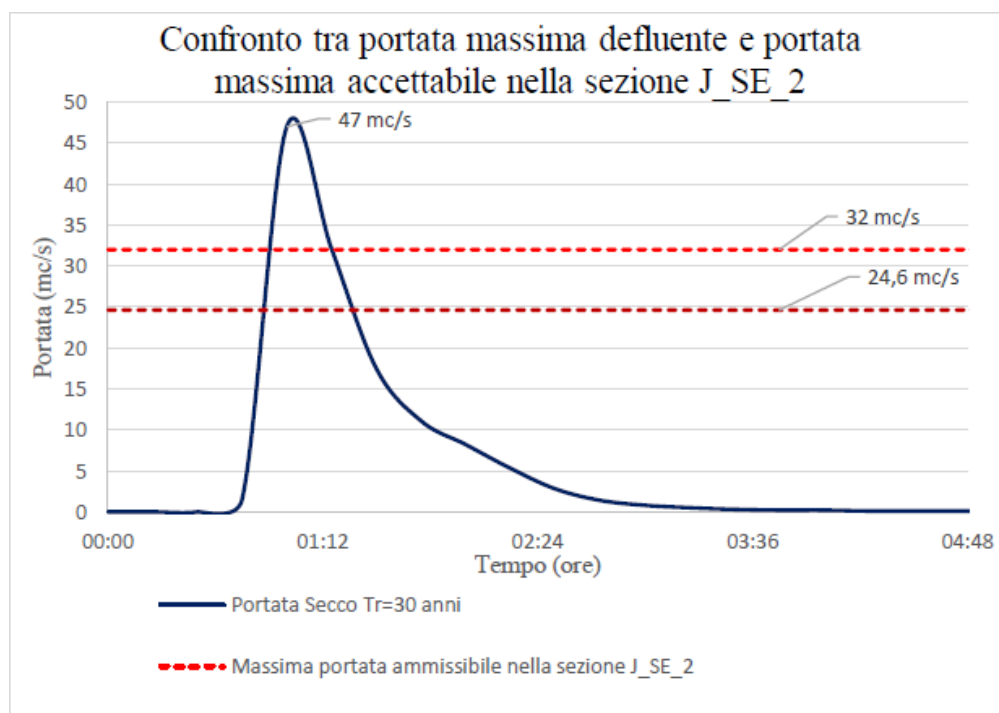




Figura – Sezione del sottopassaggio in cui il Botro Secco inizia il suo tratto tombato prima della foce.



Figura – Inquadramento delle sezioni critiche 1 e 2

5. Cambiamenti a scala di bacino stimati per il 2100

Dagli scenari già studiati ed analizzati a riguardo del cambiamento climatico nella zona Mediterranea di Rosignano, si possono effettuare delle ipotesi e quindi valutare in maniera qualitativa la risposta di tale bacino ai cambiamenti stimati. In maniera sintetica si andrà modificare i parametri riguardanti:

- *Dati pluviometrici*: si andrà ad utilizzare la curva pluviometrica stimata con proiezioni statistiche per la situazione climatica del 2100, già presentata nel report. Tramite analisi statistiche (elaborazione di Gumbel su media mobile) sono state calcolate le piogge orarie corrispondenti a durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore previste per il 2100. Confrontando tali dati con le medie trentennali dei periodi antecedenti si nota una riduzione percentuale dei valori al 2100 variabile dal 10% al 30%, in base alla durata della pioggia. A favore di sicurezza si è scelto di diminuire quindi i valori ottenuti dalla curva di possibilità pluviometrica attuale per il territorio di Rosignano del 10%, ottenendo una nuova CPP stimata per il 2100.

Tale CPP avrà espressione: $h = 62,93 \times t^{0,281}$ e fornisce delle altezze di pioggia leggermente minori di quella attuale.

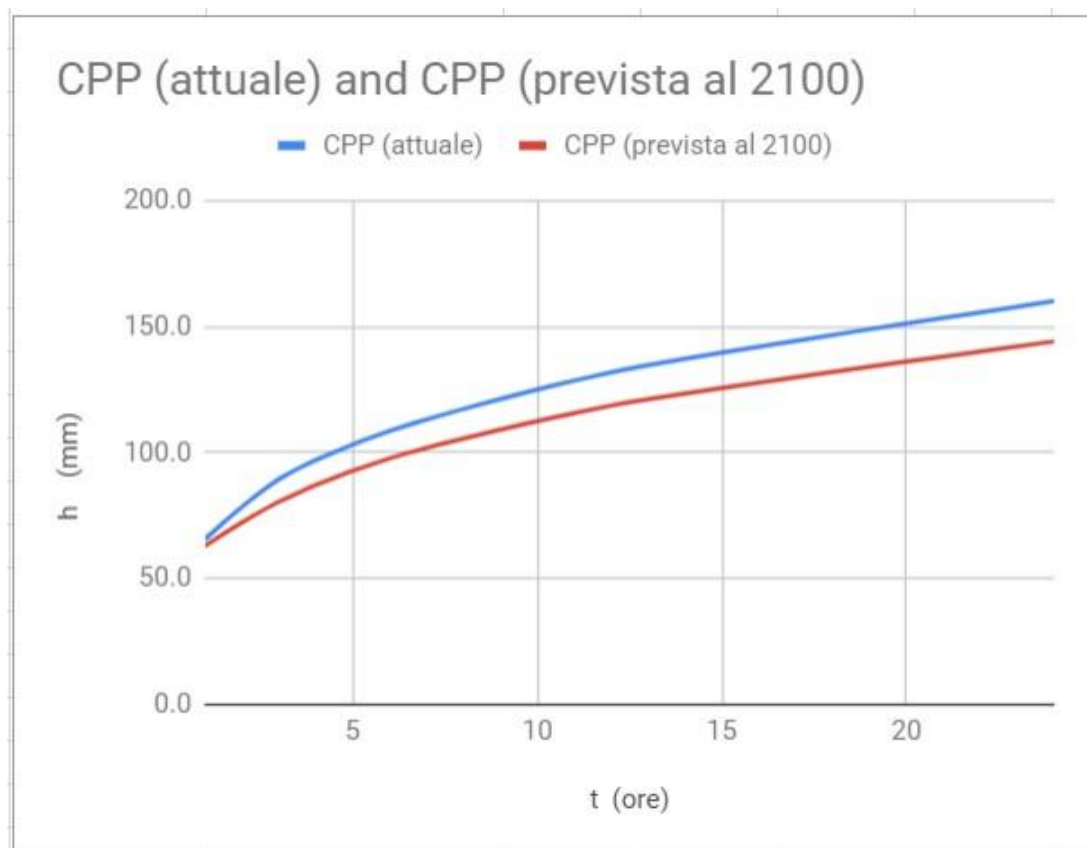


Figura – Confronto tra le CPP attuale e futura stimata al 2100 con $Tr=30$ anni



- Vegetazione.* Le considerazioni finali contenute nel report riportano che: “I risultati dei modelli sembrano dimostrare che il territorio di Rosignano Marittimo, rispetto alla situazione media regionale, presenta una marcata vulnerabilità degli ecosistemi forestali e naturali al cambiamento climatico, dovuta probabilmente alla posizione costiera e al fatto che in parte le formazioni forestali risentono delle modificazioni antropiche dell’habitat. Questo ultimo fattore è specificamente riferito alle formazioni di Pino domestico dunale, che derivano da impianto artificiale coetaneo e che purtroppo rappresentano un’importante risorsa turistica. Relativamente vulnerabili sono risultati i boschi di leccio, prevalentemente monospecifici, e le aree naturali a sclerofille, che colonizzano habitat residuali (poco fertili) dal punto di vista ecologico, trattandosi di formazioni che in terreni migliori si sarebbero evolute in lecceta. Più resilienti (anche se comunque vulnerabili in confronto al territorio regionale) sembrano essere i boschi misti di latifoglie mesofile.” Dalla figura sotto si nota come le due zone in cui si concentrano di più le tipologie di vegetazione naturale sono la parte Nord del comune, e la parte collinare nell’area di Rosignano Marittimo (contornata in rosso), coincidente con la porzione a monte del bacino complessivo del Botro Cotone adesso in esame. Pur essendo un’area non estesa si ha una certa varietà di specie; si ha in prevalenza aree a vegetazione di sclerofilla, brughiere e cespuglieti, boschi di conifere mediterranee ed anche boschi di latifoglie caducifoglie mesofile. Non è facile effettuare una precisa stima di quale porzione di vegetazione si verificherà la scomparsa nel 2100, ma va comunque considerata la possibilità di una diminuzione del suo sviluppo ed estensione con conseguente aumento del parametro CN.

I sottobacini in esame che subiranno quindi variazioni di copertura superficiale sono quelli che ricoprono le zone collinari; si aumenterà quindi in modo sensibile il parametro CN simulando una minore infiltrazione a causa di una minore intercettazione della parte apicale della vegetazione, ed una leggera diminuzione del tempo di corrvazione in quanto le particelle liquide potranno scorrere con meno ostacoli lungo i pendii sempre meno vegetati, avvicinandosi così alla condizione riportata nella tabella dei valori CN sotto il tipo di “boschi in cattiva condizione idrologica” (CN II = 83).

Si riportano quindi di seguito i nuovi valori trasformati secondo la formula di equivalenza in CN III:

Bacino	CN III - 2100	Ia - 2100 [mm] (perdita iniziale)	Tlag [min]
CT - S1	91	6,3	24,0
BA - S1	91	6,3	24,0
SE_S1	91	6,3	11,0

Tabella – Dati variati per i bacini con maggiore componente boscata

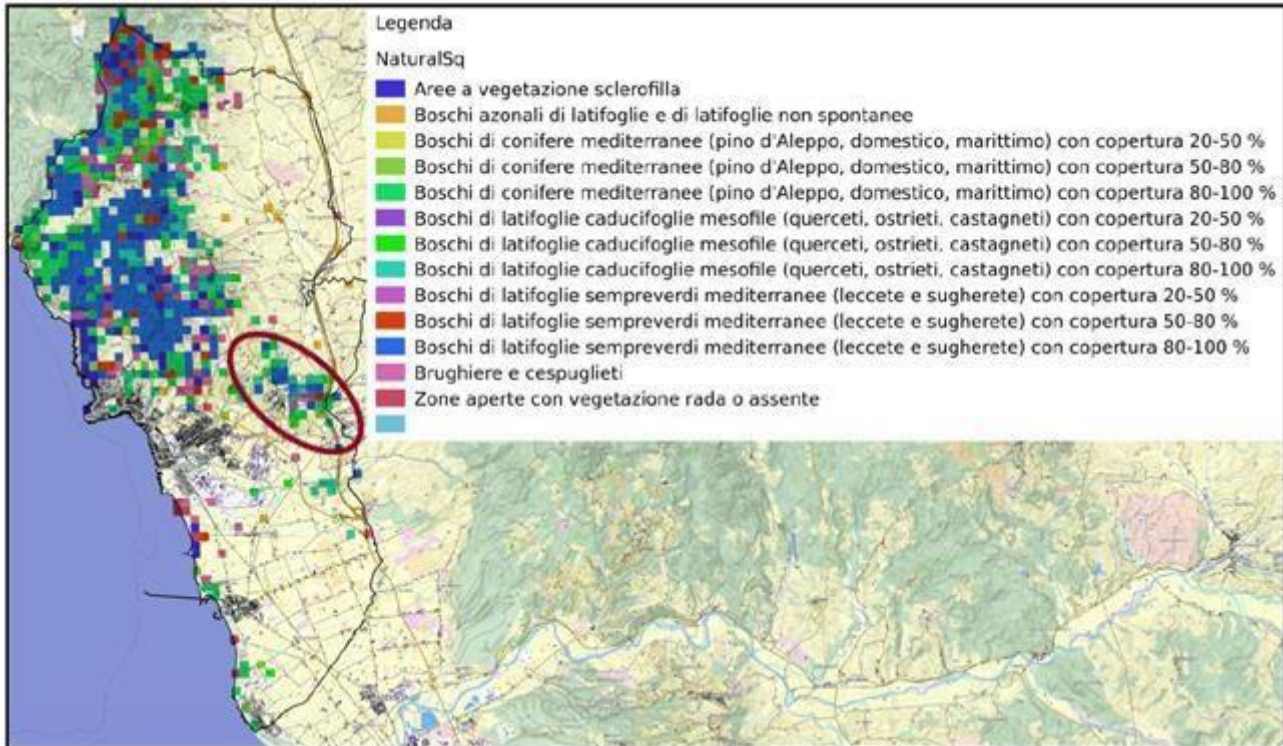


Figura – Tipologie vegetali presenti nella parte collinare dei bacini in esame (contornata in rosso)

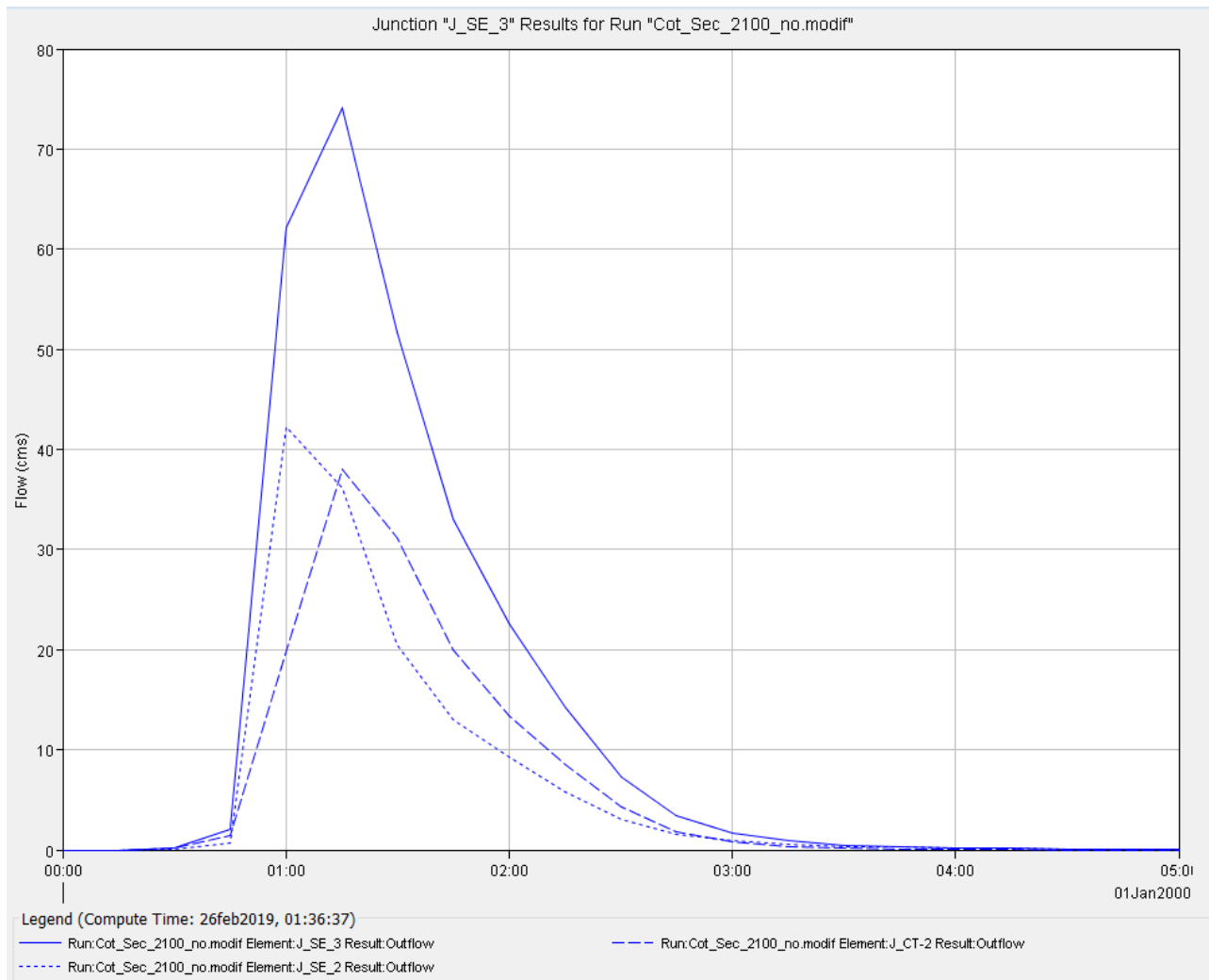
- *Possibile aumento demografico*: altro fattore da non trascurare è il possibile aumento demografico che si potrà verificare nei prossimi anni, che non sarà marcato come potrebbe esserlo stato in altri periodi storici, ma che è da tenere in conto poiché strettamente collegato alla produzione di superfici urbanizzate. Le superfici urbanizzate sono quelle che contribuiscono di più all'aumento dei deflussi poiché più impermeabilizzate; si stima un aumento del 10% di tale superficie con conseguente cambio del parametro CN con cui si simula la copertura e l'uso del suolo dei vari sottobacini.

Trascurando i sottobacini CT_I1 ed SE_I2 che delimitano già zone completamente urbanizzate, si riscontra che possibili espansioni urbane possano avvenire prevalentemente nel sottobacino del Botro Secco "SE_I1" e nella parte bassa del bacino del Botro Bargingo "BA_S1". Nell'elaborazione qui presentata il sottobacino SE_I1 simula già un territorio con caratteristiche urbanizzate, mentre il sottobacino BA_S1 è tipo collinare boscato. Si sceglie quindi di non modificare i parametri CN dei due sottobacini, che andrebbero quindi rappresentare delle zone a carattere misto non in maniera veritiera, di aumentare la superficie di una a discapito dell'altra.

Stimando la superficie urbanizzata di Rosignano Solvay intorno ai 2,5 kmq, si calcola il suo 10% che sarà pari a 0,25 kmq; tale valore di incremento fittizio di superficie urbana sarà sommato al sottobacino SE_I1 che già rappresenta territorio urbanizzato, e sottratto al bacino BA_S1 che perderà superficie vegetata naturale.

6. Risultati elaborazione nella condizione variata al 2100

Si riporta in seguito l'idrogramma di piena per il Botro Secco alla foce con il bacino in condizioni variate in seguito ai possibili scenari stimati per il 2100.

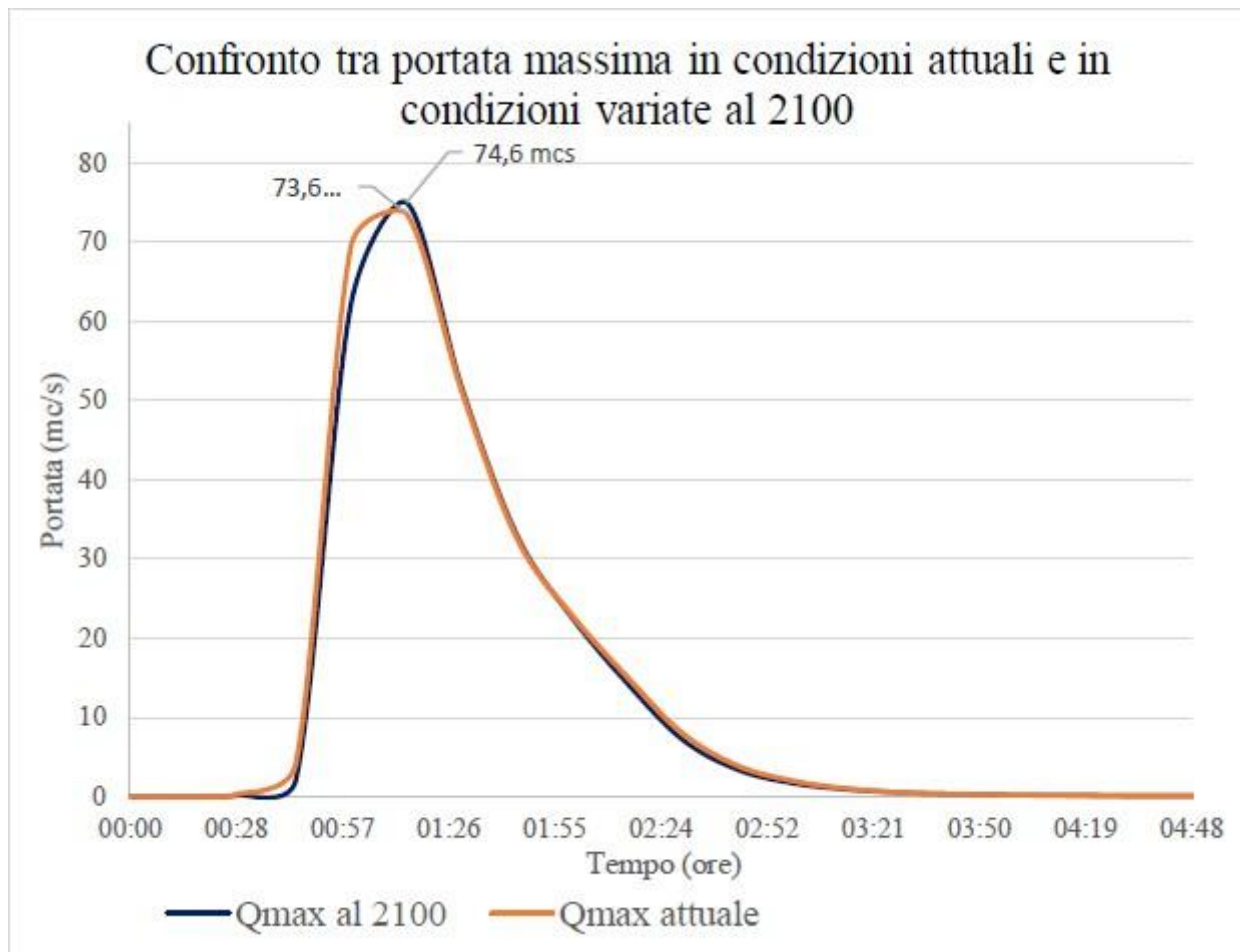


Si registra una porta al colmo nella sezione della foce pari a:

- $Q_{max} = 74,6 \text{ mc/s}$

E' interessante confrontare, grazie al grafico seguente, come le portate di colmo nei due scenari siano sostanzialmente uguali se non fosse per un minimo aumento della portata per la situazione al 2100. Questo perché la curva di possibilità pluviometrica prevista al 2100 con il suo andamento leggermente minore rispetto a quella attuale, compensa i cambiamenti che si possono verificare nell'intero bacino, per quanto essi siano minimi e di difficile quantificazione.

Si nota comunque che il problema rispetto agli ingressi dei Botri in sezioni chiuse o tombate permane, spingendo quindi alla necessità di attuare delle misure di adattamento al bacino per far sì che le portate al colmo diminuiscano, invece di aumentare seppur in maniera minima.



7. Criticità riscontrate e valutazioni di intervento

Le criticità che si individuano sono dal punto di vista idraulico le medesime cui si era giunti nell'analisi dello scenario in condizioni attuali. Questo perché nonostante si abbiano delle variazioni di portata, non si hanno modifiche tali da essere significative in positivo per le sezioni 1 e 2 (evidenziate nella figura sopra), mantenendo quindi uno stato di criticità per la portata massima trentennale futura e manifestando quindi preoccupazione per la portata con $Tr=200$ anni che sicuramente non riuscirà a defluire correttamente.

Per la sezione 1 (J_CT_2) appartenente al Botro Cotone si riscontra una sensibile diminuzione della portata che diventa $Q=39$ mc/s, ma che comunque non riesce a defluire dalla sezione del sottopassaggio da cui può transitare a sezione piena 37.7 mc/s. Ovviamente anche per il caso sfavorevole in cui la sezione sia in parte ostruita, si verificano problemi per il deflusso.

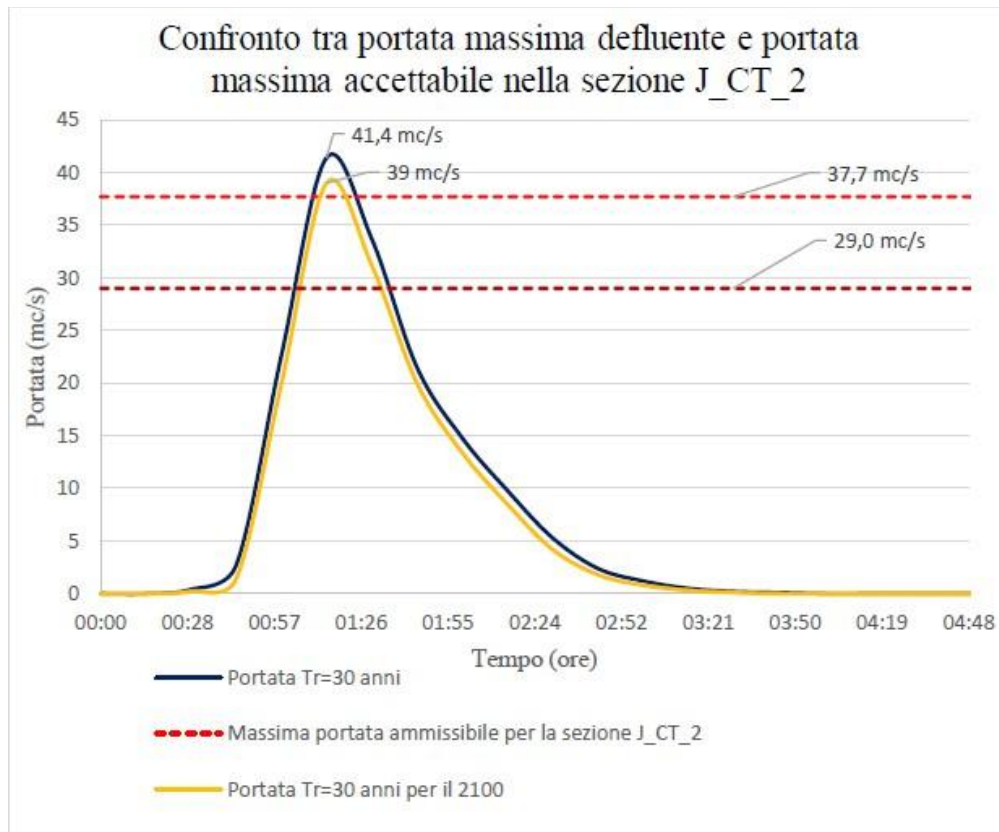


Grafico – La sezione 1 risulta ancora insufficiente per il deflusso della portata tentennale calcolata per il 2100

Per la sezione 2 (J_SE_2) appartenente al Botro Secco si riscontra il medesimo problema con una portata $Q=42.3$ mc/s che risulta maggiore della $Q=32.3$ mc/s disponibile e di quella in caso di sezione diminuita.

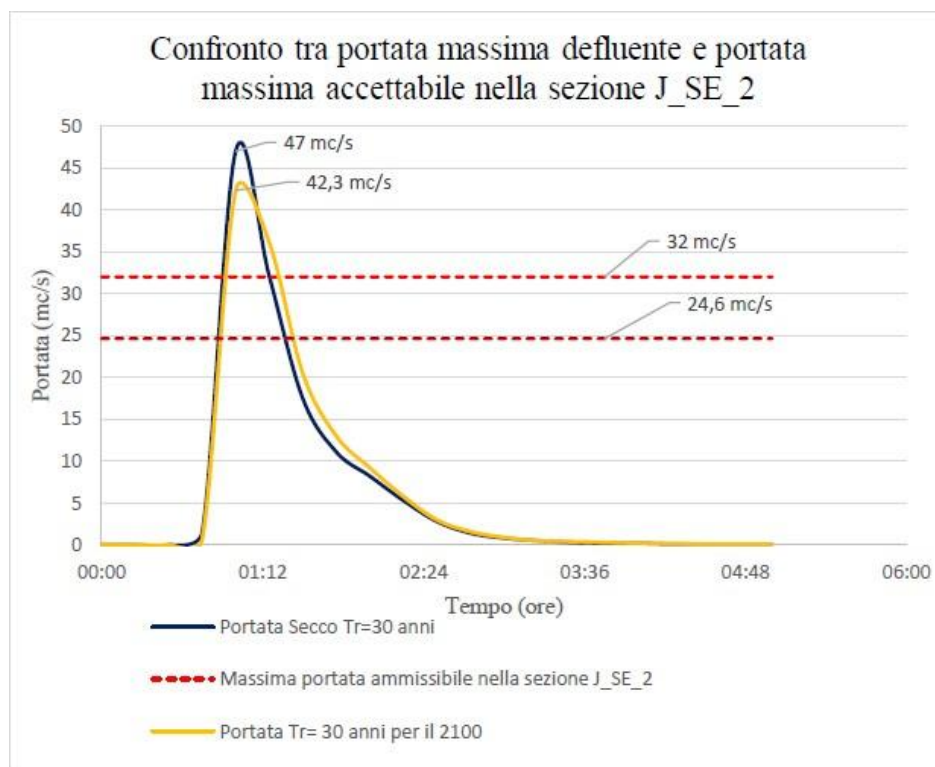


Grafico – La sezione 2 risulta ancora insufficiente per il deflusso della portata tentennale calcolata per il 2100



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Risulta chiaro quindi che sia necessario adottare misure di adattamento atte a ridurre in qualche modo le portate al colmo per far sì che anche per tempi di ritorno non molto elevati, come quello preso in esame pari a 30 anni, non si presentino delle criticità in varie sezioni della rete di deflusso, creando rischi concreti per il territorio. Tali rischi sono preferibilmente da eliminare dato che entrambi i Botri attraversano il centro urbano abitato. Gli interventi dovranno essere effettuati a scala di bacino e avranno caratteri diversi se effettuati su aree urbanizzate o su aree rurali con superfici vegetate.



FASE 3: DEFINIZIONE DELLE AZIONI DI ADATTAMENTO

1. Misure di adattamento per il rischio idrogeologico

Sistemazioni proposte per bacino di tipo collinare

Sistemazione idraulico-agrarie e drenaggio

Un importante fattore che determina variazioni anche importanti del tempo che impiegano le acque di runoff ad entrare nel canale di raccolta principale di un sottobacino collinare, caratterizzato quindi da una certa pendenza dei versanti, è la sistemazione idraulica con cui esso è concepito. In base ad essa l'acqua impiegherà più o meno tempo a percorrere il proprio percorso. Tali sistemazioni sono di pari passo sia idrauliche che agrarie, in quanto i principali fruitori delle colline sono gli agricoltori che ne modellano molto spesso le forme.

A livello agronomico, sono sorte soluzioni sistematorie rispondenti alle moderne esigenze dell'economia agricola e di dinamicità dei mercati. La sistemazione a rittochino, continua ad essere la più diffusa anche nelle formazioni collinari a forte declività, accentuando in questo modo il fenomeno dell'erosione superficiale. Un miglioramento della regimazione idrica superficiale, la si ottiene mediante il tracciamento di solchi o fossi acquai. La sistemazione a strade o fosse livellari, proposta da Gasparini per i terreni con pendenza media inferiore del 25%, consente di captare l'acqua di ruscellamento proveniente dalla parte del terreno situato a monte, per convogliarla nei collettori naturali o artificiali. Le fosse hanno un andamento a girapoggio, pendenza dell'1- 2,5%, distano fino a 150 m l'una dall'altra e possono essere lunghe fino a 200 m. La sistemazione a fosse o nella variante strade-fosse livellari può inoltre mantenere la possibilità di effettuare le lavorazioni principali a rittochino, mentre le lavorazioni complementari, dovranno essere effettuate di traverso. Sulla base delle caratteristiche del terreno (contenuto di argilla in particolare), della topografia degli appezzamenti (pendenza e dimensione) e naturalmente del regime pluviometrico dell'area considerata, si determinano rispettivamente il volume di affossatura di possibile allestimento, nonché la portata dell'affossatura stessa, mediante l'applicazione della formula di Chezy.



Figura - Erosione per "incisione" nel rittochino (a destra), assente nella porzione con solchi acquai (a sinistra). Barbiano di Felino (Pr), foto Cantarelli

Rimboschimento ed inerbimento

Interventi semplici come quello dell'inerbimento possono essere effettuati sui terreni spogli ma anche in terreni in cui sono presenti colture dotate di fusto come olivi, vigne e alberi da frutto. Inerbire i versanti permette di dotare il fondo sui cui si ha lo scorrimento superficiale delle acque di pioggia una maggiore scabrezza che fa diminuire la velocità delle particelle d'acqua determinando così una minore erosione e un ritardo più elevato per l'ingresso in rete delle stesse (aumento del tempo di corrivazione).

Per interventi di rimboschimento si dovranno effettuare valutazioni per determinare specie adatte ad essere inserite nell'area scelta senza creare problemi all'ecosistema locale. I vantaggi ottenuti dal rimboschimento sono notevoli in quanto si avranno diversi effetti benefici dovuti all'intercettazione da parte delle chiome degli alberi e alla protezione dall'erosione del terreno sottostante dato che la forza con cui le gocce d'acqua colpiranno il suolo saranno smorzate di molto.

Sistemazioni proposte per bacino di tipo urbano

La situazione per i bacini urbani risulta di più complicata gestione in quanto la loro progettazione e conformazione è il risultato di una concezione diversa ed ormai obsoleta della gestione dei deflussi



urbani. Adesso, nella pianificazione di un'area urbana ex-novo, è possibile seguire criteri di progettazione orientati verso il drenaggio urbano sostenibile e il principio di invarianza idraulica in modo da creare delle zone urbanizzate che non contribuiscono in modo significativo all'aumento dei deflussi urbani. Mediante le tecnologie conosciute sotto l'acronimo di SUDS (Sustainable Urban Drainage System) si riesce a fare in modo che l'acqua meteorica non venga convogliata in maniera istantanea verso i collettori e quindi verso il canale principale, ma che al contrario venga trattenuta e rilasciata gradualmente, in modo da eliminare i picchi di portata, tramite elementi progettati ad-hoc come bacini di ritenzione urbani, pozzi perdenti o trincee drenanti. Per quanto riguarda invece zone urbane ormai datate, intervenire risulta più complicato poiché risulta più difficile individuare zone utilizzabili a tali scopi; esse dovranno essere infatti aree allagabili da trasformare, dove possibile, in "green elements" o aree verdi abbastanza estese per garantire l'effettivo rendimento di tali opere.

Impianti di infiltrazione di piccole dimensioni

Come già evidenziato la questione dello spazio da dedicare a queste opere per la laminazione dei deflussi generati da eventi meteorici in ambito urbano gioca un ruolo fondamentale.

Gli impianti senza passaggio attraverso il suolo (es. pozzo perdente o trincea d'infiltrazione) hanno il vantaggio di necessitare una superficie limitata. Non garantiscono però l'effetto filtrante e di depurazione del suolo. Pertanto trattengono solo in misura limitata le sostanze nocive, che possono raggiungere le acque sotterranee attraversando unicamente il sottosuolo. In particolare in caso di incidenti la protezione delle acque sotterranee è messa in pericolo.

La quantità di acqua che può essere smaltita da un impianto d'infiltrazione dipende dalla struttura e dalla permeabilità, vale a dire dalla capacità d'infiltrazione specifica del suolo, dal livello della falda, dal tipo di impianto costruito e dal livello di rigurgito. Si presentano di seguito tre diverse tipologie di opere possibili.

- *Corpo di ghiaia:* può essere costruito in un fosso di forma qualsiasi. Esso costituisce anche un volume di ritenzione ed è pertanto indicato in presenza di sottosuoli poco permeabili. Questa caratteristica lo rende preferibile ad un pozzo perdente, per la protezione delle acque sotterranee. Il riempimento sopra il corpo di ghiaia presenta di regola uno spessore di almeno 1 m.

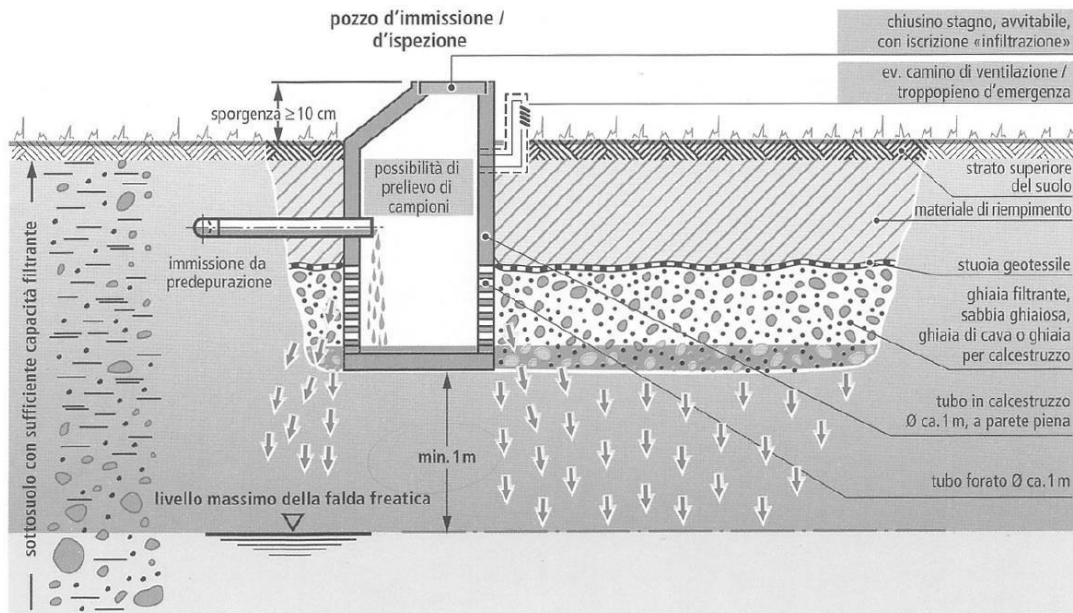


Figura – Bacino di infiltrazione e ritenzione

- **Pozzo perdente:** l'infiltrazione tramite pozzo perdente avviene in maniera puntuale, direttamente nello strato permeabile. L'impiego di pozzi perdenti è adatto all'evacuazione di piccole superfici veicolanti acqua non o poco inquinata e quando lo spazio disponibile è limitato. Il pozzo perdente è sensibile alla colmatatura da materiale in sospensione.

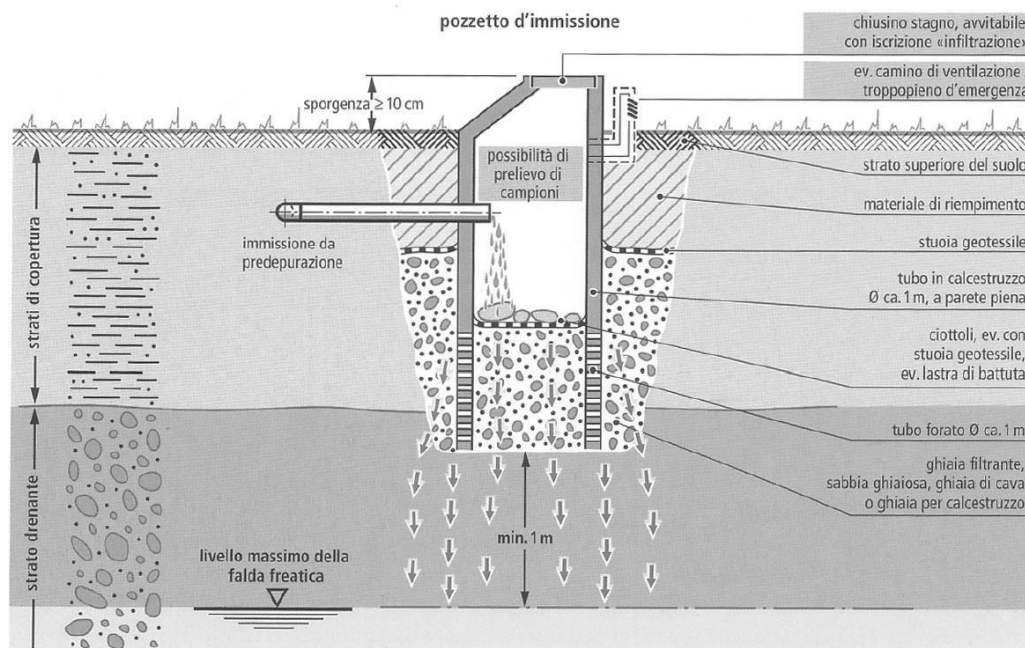


Figura – Pozzo perdente

- **La trincea d'infiltrazione:** la trincea d'infiltrazione è raccomandata solo in presenza di un sottosuolo con buona capacità drenante. I pozzetti d'immissione e d'ispezione possono essere realizzati con fondo permeabile (pozzi perdenti) per aumentare la capacità d'infiltrazione dell'impianto.

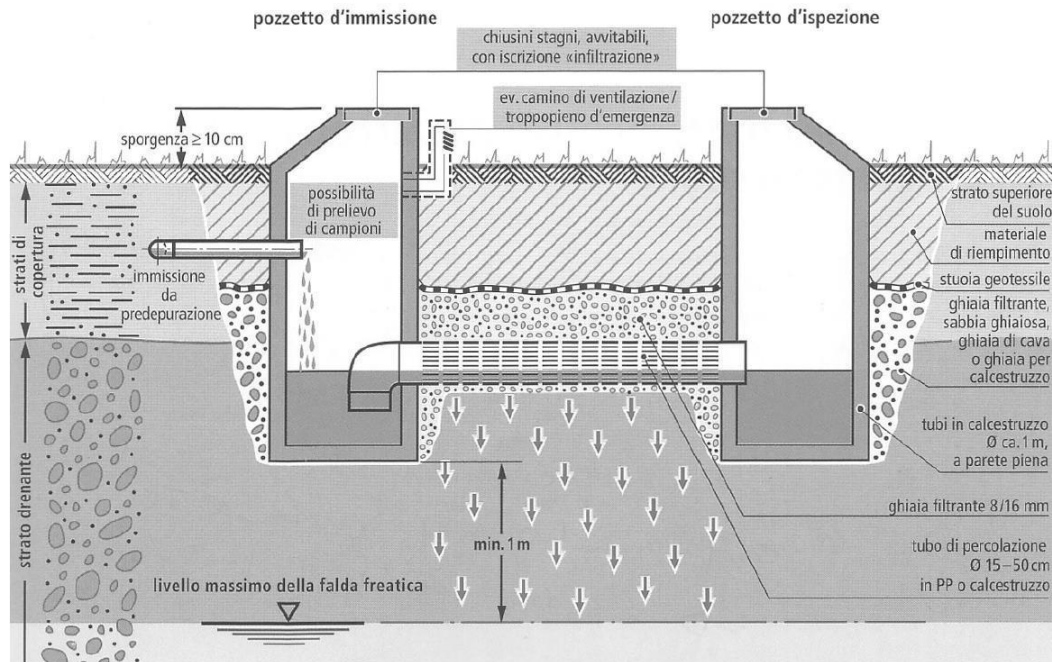


Figura – Trincea di infiltrazione e ritenzione

(Immagine tratte Istruzioni per l'infiltrazione e la ritenzione delle acque chiare e meteoriche dei fondi, Edizione febbraio 2013)

Pavimentazioni permeabili e prati ghiaiosi

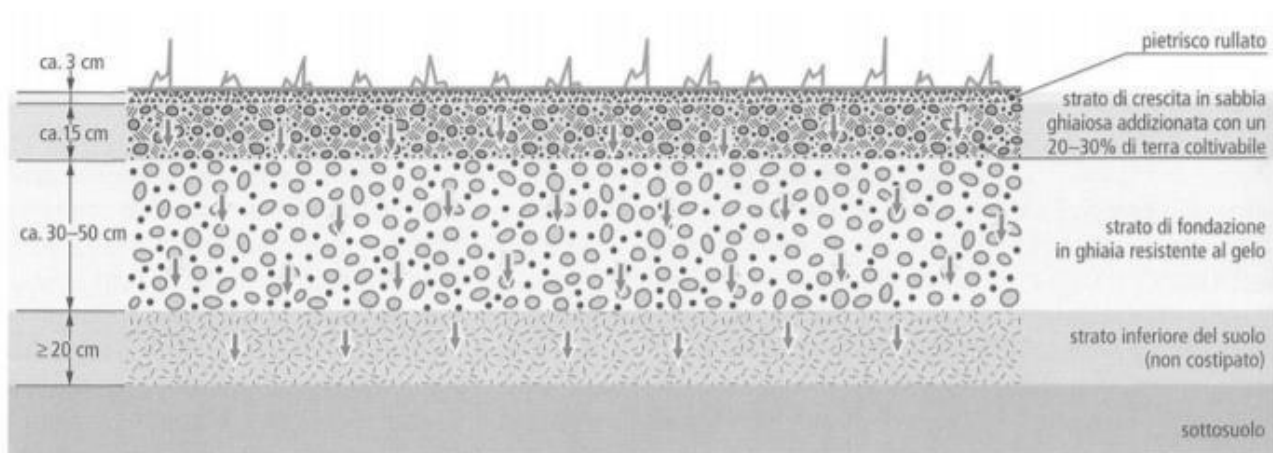
La misura più efficace di gestione delle acque consiste nella rinuncia a impermeabilizzare le superfici nelle aree edificate, facendo in modo che le acque meteoriche possano continuare a disperdersi superficialmente e ad infiltrarsi sul posto. Perciò, dove le condizioni locali lo permettono, piazze, sentieri, strade d'accesso e posteggi per le autovetture, nonché strade di quartiere e strade residenziali poco trafficate, sono di principio da costruire permeabili all'acqua, preferibilmente provviste di una copertura vegetale. L'utilizzo di pavimentazioni permeabili e prati ghiaiosi permette di ottenere grossi vantaggi in termine di infiltrazione e rappresentano interventi dal costo relativamente basso e da una facile messa in opera.

- **Pavimentazioni permeabili:** si impiegano materiali porosi o semi-permeabili per la pavimentazione delle aree destinate a parcheggio, dei vialetti di accesso e interni alle aree private, delle strade a uso pedonale o comunque traffico molto basso. Lo strato più superficiale può essere realizzato in getto, ricorrendo ad asfalti o conglomerati, oppure

con elementi prefabbricati in forma alveolare, in materiale lapideo o sintetico. Risultano ideali per l'infiltrazione delle acque delle aree di stazionamento.



- *Prati ghiaiosi*. I prati ghiaiosi sono superfici ghiaiose carrozzabili sulle quali cresce una vegetazione (spontanea o seminata). Se lo strato di fondazione in ghiaia viene realizzato con uno spessore superiore al necessario, esso svolge un ruolo di volume di ritenzione, analogamente al corpo di ghiaia.



Bacini di infiltrazione

Un bacino d'infiltrazione costituisce un impianto di trattamento a carattere naturale. Va scavato ad una profondità tale da attraversare gli strati di copertura, raggiungendo direttamente il sottosuolo

drenante. In ogni caso la capacità specifica d'infiltrazione della base dell'impianto deve essere superiore a quella del suolo dell'impianto: in caso contrario si avrebbe ristagno d'acqua.

I bacini di infiltrazione esercitano un'azione di ricarica della falda sotterranea, che in alcuni casi può risultare effettivamente necessaria per correggere l'alterazione, determinata dall'urbanizzazione, del ciclo naturale dell'acqua. Essi esercitano anche un'azione di controllo della qualità: la percolazione attraverso l'eventuale strato vegetato e gli strati di terreno sottostanti consentono la parziale rimozione di alcuni inquinanti (in particolare: solidi sospesi, batteri, BOD).

I siti adatti alla localizzazione di bacini di infiltrazione devono essere individuati in aree di non grande valore commerciale, non troppo lontane dalla rete fognaria che vi deve recapitare e aventi caratteristiche morfologiche e idrogeologiche favorevoli rispetto all'uso previsto.

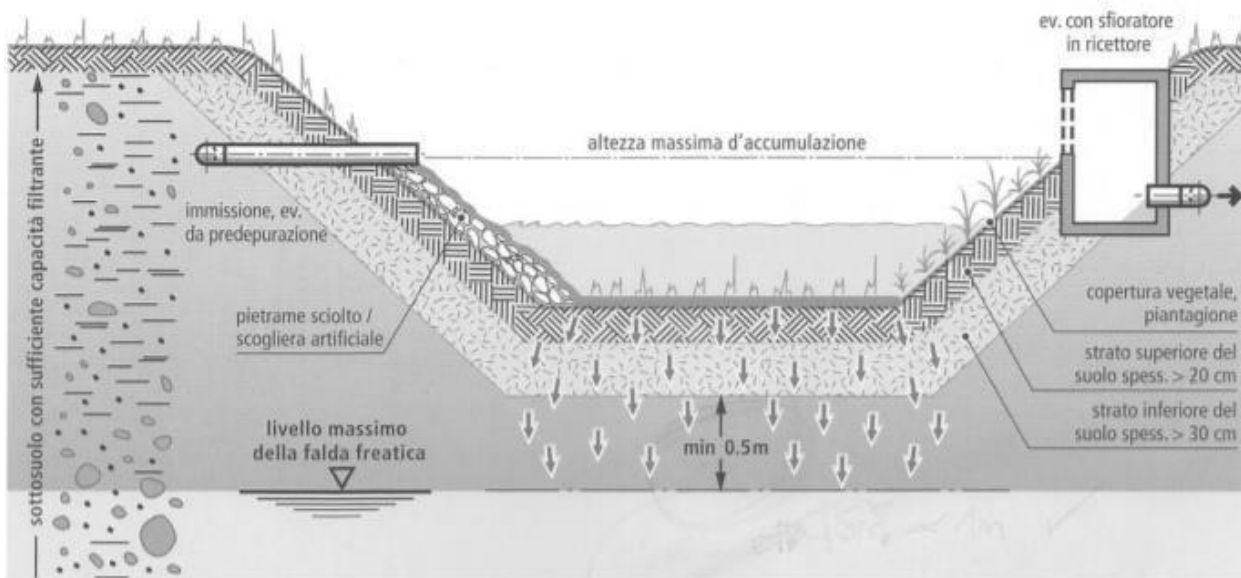


Figura - Bacino di infiltrazione e ritenzione



Figura - Esempio di realizzazione di un bacino di ritenzione

Serbatoi multifunzionali per accumulo acqua piovana

Essi rappresentano un'ottima soluzione sia per i privati che per la comunità. Da un lato permettono di risparmiare acquisto di acqua, dall'altro se installati in maniera sistematica costituiscono volumi di invaso non trascurabili accumulando diversi millimetri di pioggia raccolti da una superficie scolante corrispondente alla copertura di ogni abitazione in cui sono installati.

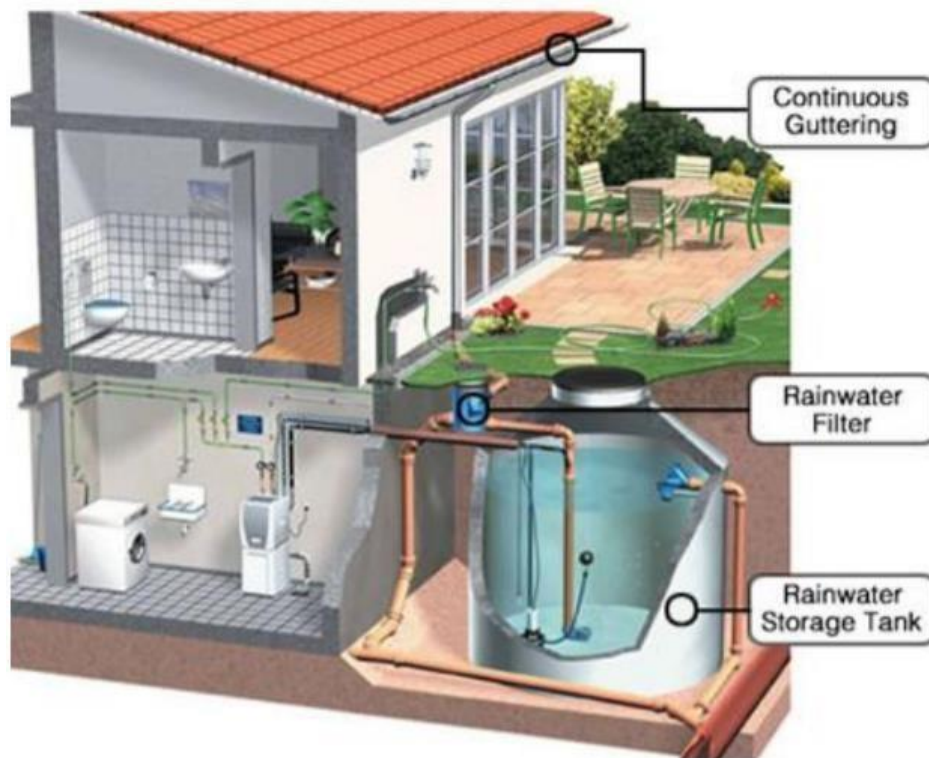


Figura – Schema di impianto di un serbatoio di accumulo di acque meteoriche

All'interno dello studio "Riutilizzo delle acque di pioggia in Germania: efficienza, dimensionamento, aspetti idrici e ambientali (Herrmann, Schmida, 2000)" si affrontavano due questioni principali:

- valutare gli effetti positivi derivanti dall'utilizzo dei sistemi di raccolta dell'acqua piovana sul sistema di drenaggio urbano
- quantificare il risparmio idrico per gli utenti che utilizzano tali sistemi.

Tralasciando il secondo punto, nello studio vengono analizzati frequenza e volumi degli eventi di overflow (scarico in fognatura) ed inoltre vengono esaminati i deflussi durante gli undici eventi di pioggia più intensi verificatisi durante i dieci anni della modellazione, osservando significative riduzioni dei volumi scaricati in fognatura quando si adottano sistemi per la raccolta dell'acqua piovana.

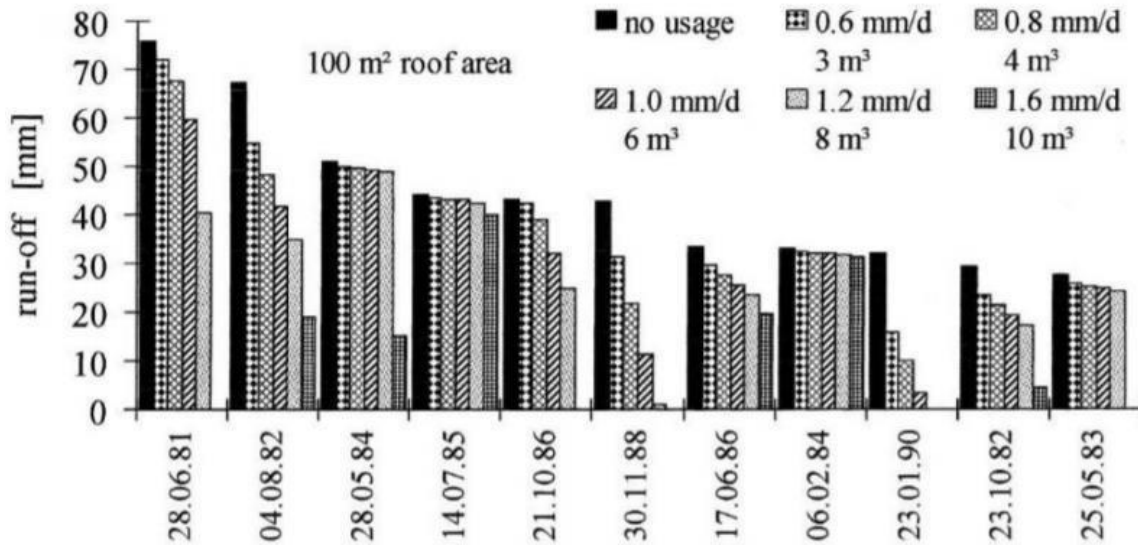


Figura - Riduzione del deflusso durante undici eventi meteorici (1976-1986), in relazione ai consumi specifici a al volume del serbatoio (Herrmann, Schmida, 2000)

Per quanto riguarda l'uso di un volume di ritenzione aggiuntivo, viene analizzato il deflusso durante il più violento evento meteorico del periodo della modellazione, per un'area di 200 mq e un consumo specifico di 1 mm/d con un serbatoio di 6 mc. Il grafico del livello dell'acqua nel serbatoio mostra gli effetti del volume di 6 mc nel deflusso dell'acqua. L'aggiunta di un volume aggiuntivo di 9,5 mc riduce lo scarico in fognatura a zero.

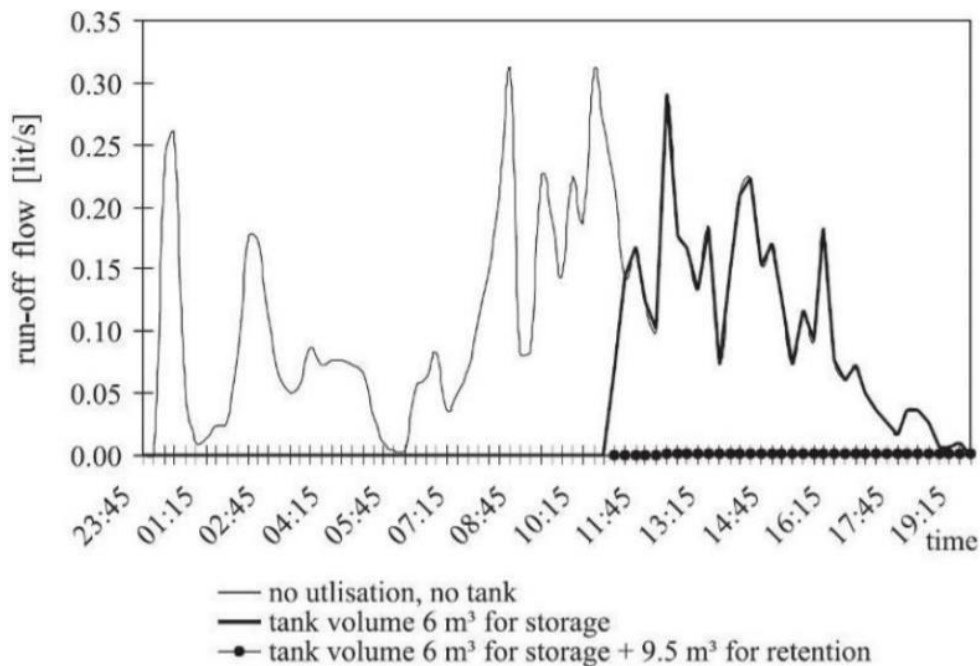


Figura - Deflusso durante il più violento evento meteorico del periodo della modellazione, per un'area di 200 mq e un consumo specifico di 1mm/d. (Herrmann, Schmida, 2000)

Coperture Verdi

Il verde pensile e le pareti verdi si inseriscono a pieno titolo tra gli strumenti di mitigazione e compensazione ambientale, presentando le seguenti utilità: riducono gli afflussi ai sistemi di drenaggio mediante la ritenzione e la detenzione delle acque meteoriche, permettono di contenere l'aumento delle temperature attraverso l'evapotraspirazione e l'assorbimento della radiazione solare incidente, abbattano considerevolmente il ricircolo delle polveri inquinanti mediante la capacità di assorbimento e trattenuta delle stesse, attuano i processi del ciclo dell'acqua, tramite la ritenzione (immagazzinamento e dispersione) del volume di pioggia.

Le diverse tecnologie attualmente impiegate per la realizzazione dei tetti verdi e, in generale, del verde pensile, devono riprodurre, in linea di principio, una stratificazione composta da diversi elementi, oltre all'elemento di supporto strutturale (soletta, copertura) e all'elemento di tenuta (impermeabilizzazione) che rappresentano la superficie di posa per il verde pensile. Vengono, infatti, generalmente impiegati i seguenti elementi: 1. strato antiradice (integrato o meno) e strato d'accumulo e protezione meccanica; 2. strato drenante; 3. strato filtrante; 4. substrato di vegetazione; 5. accessori (per il drenaggio e l'irrigazione); 6. Vegetazione.

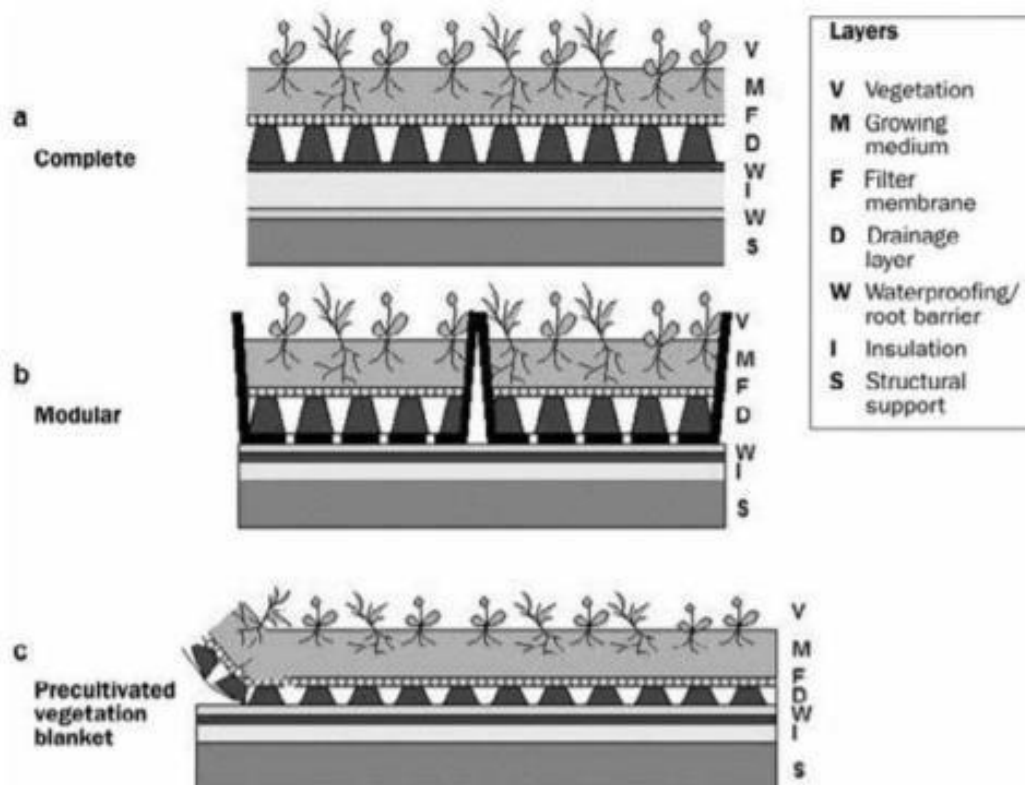


Figura - Tecniche costruttive convenzionali di tetto verde estensivo (tratti dall'articolo *Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services*, pubblicato sul sito <http://www.bioone.org> dell'American Institute of Biological Sciences)



Finalità aggiuntiva degli interventi:

- Le opere di infiltrazione permettono se progettate in maniera sistematica e diffusa di ricaricare la falda in modo diretto e più consistente in modo da contrastare il maggior emungimento previsto a seguito dei periodi di siccità di durata aumentata, stimati all'interno del report.
- I serbatoi di accumulo multifunzionale allo stesso modo permettono di avere un risparmio sullo sfruttamento della risorsa idrica e una sensibilizzazione dell'utente al riuso e al risparmio.

Nuovi parametri per i bacini urbani in esame

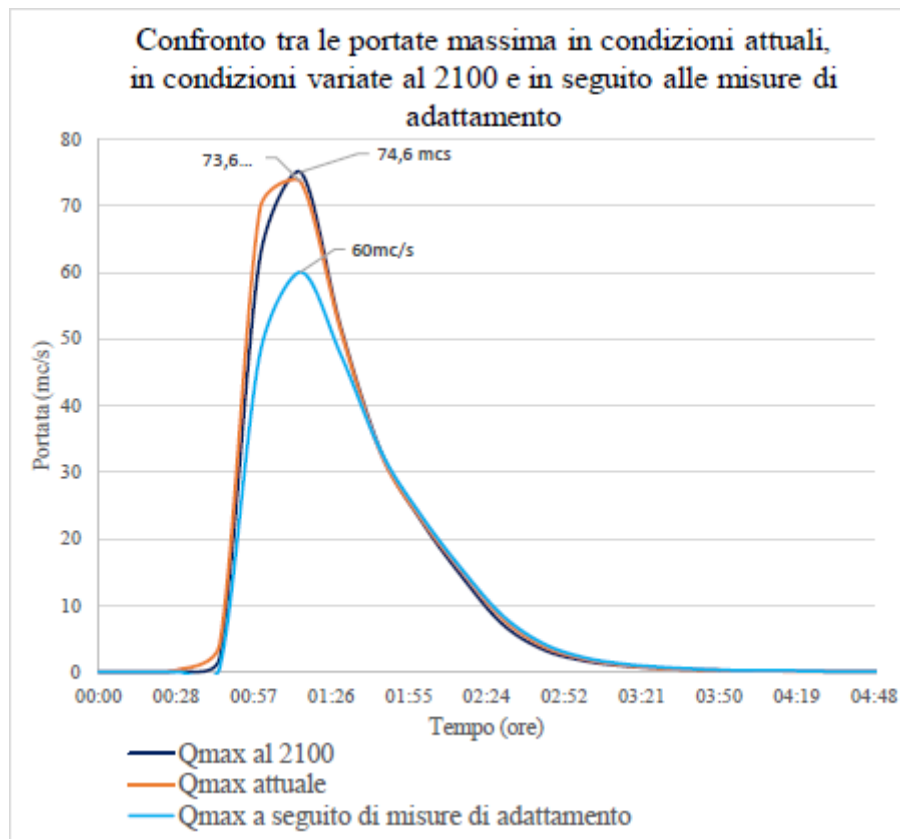
L'installazione di opere di infiltrazione è possibile nell'area urbana di Rosignano Solvay, all'interno dei sottobacini "CT_I1", "SE_I1" ed "SE_I2", anche se non in maniera molto diffusa in quanto non si hanno delle superfici a verde dotate di notevole estensione.

Risultano comunque diversi spot in cui situare tali opere, nel sottobacino del botro Secco, in prossimità dell'Istituto Superiore I.I.S. "Enrico Mattei", del campo sportivo e del circuito di atletica e nei vari spazi verdi pubblici alla sinistra del Botro. Per quanto riguarda il bacino del Cotone invece si individuano luoghi idonei negli spazi verdi vicino a via Pisacane e la ferrovia, nei dintorni della Parrocchia S.Croce e della Biblioteca Comunale "M.Musu".

L'installazione dei serbatoi di accumulo deve essere fatta in forma privata e sarà necessario un processo che passi da una sensibilizzazione diffusa della popolazione locale alle possibili criticità riguardanti la risorsa idrica nel prossimo futuro; per questo motivo risulta difficile mettere in conto adesso questo tipo di intervento, poiché sarebbe difficile quantificare la diffusione di questo sistema di raccolta delle acque. Le opere filtranti presentate sopra producono effetti importanti per quanto riguarda l'infiltrazione iniziale degli afflussi meteorici. Nel nostro modello si inserisce quindi una maggiorazione dell'infiltrazione calcolata col metodo CN

2. Risultati elaborazione dopo l'attuazione delle misure di adattamento

Si riportano in seguito i risultati ottenuti con il bacino in condizioni modificate simulando l'applicazione di tutte le misure di adattamento proposte. Si nota una decisa diminuzione della portata al colmo alla foce di più di 10 mc/s, ma occorre analizzare le sezioni critiche 1 e 2 per capire se ci sono stati miglioramenti



Nei grafici proposti sotto si nota come per la sezione 1 (J_CT_2) si abbia un effettivo miglioramento in quanto la portata transitante in questa sezione $Q=30$ mc/s è adesso minore di quella massima accettabile, determinando così condizioni al deflusso buone per la portata massima trentennale . Tale portata $Q=31$ mc/s risulta però comunque critica per il caso di sezione ostruita.

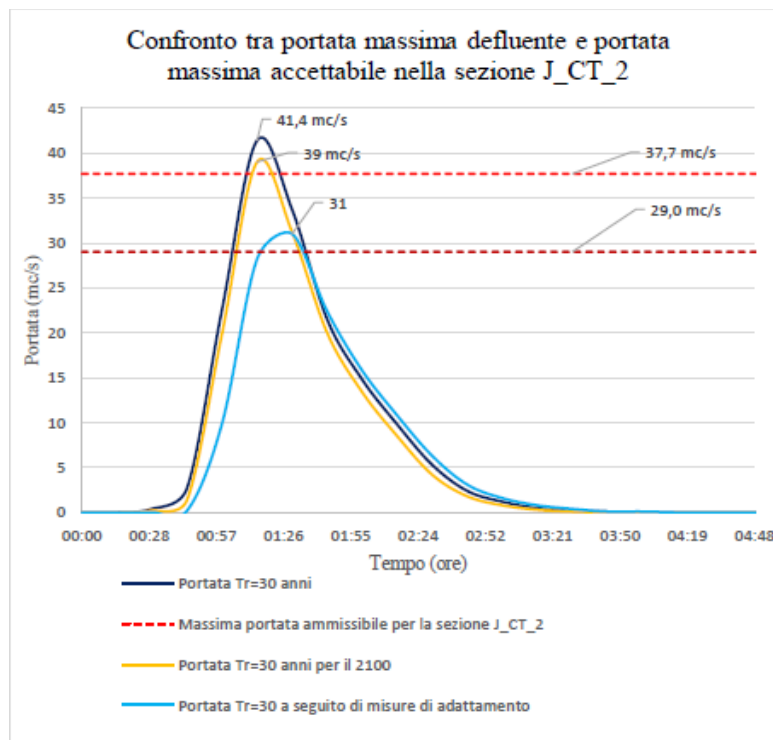


Figura – La sezione 1 risulta adesso adeguata alla portata trovata a seguito dell’applicazione delle misure di adattamento

Per quanto riguarda invece la sezione 2 (J_SE_2) si verifica che nonostante ci sia una diminuzione della portata di varie unità fino al valore di $Q=37.9 \text{ mc/s}$, essa non sia comunque sufficiente a garantire un corretto deflusso. In questo caso si potrebbe procedere ad un’analisi ancora più accurata di tutte le sezioni critiche del Botro Secco ed eventualmente riaprire i tratti tombati conferendo una sezione d’alveo al corso d’acqua adeguata al deflusso di tutte le portate.

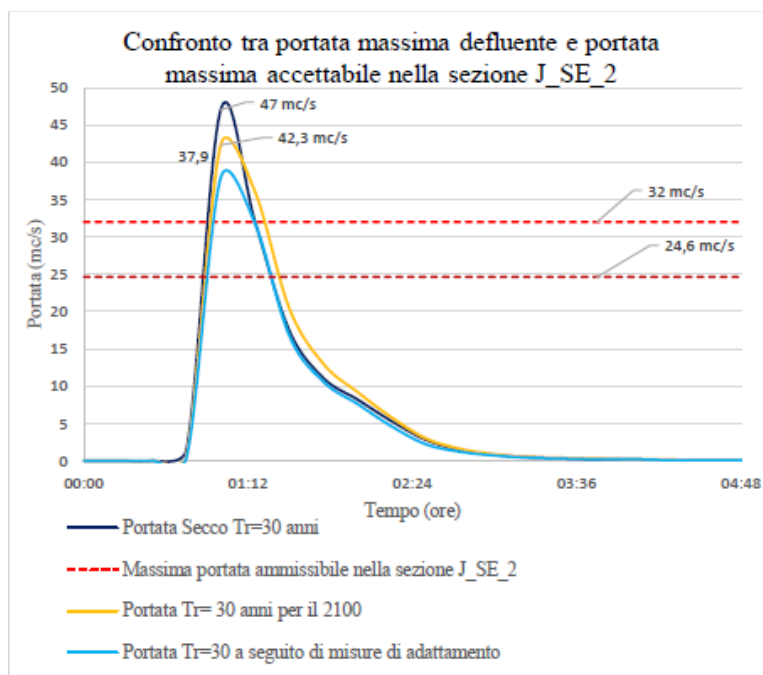


Figura – La sezione 2 non risulta comunque adeguata al deflusso della portata massima derivante dal bacino a seguito dell’applicazione delle misure di adattamento.



3. Indicazioni strategiche per gli interventi di adattamento al rischio idrogeologico

A seguito dell'analisi fatta e dei risultati raccolti si è in grado di riassumere gli aspetti salienti emersi. L'analisi di un bacino misto, in parte urbano e in parte collinare/rurale, come quello del Secco-Cotone ha permesso di analizzare gli effetti dei cambiamenti climatici in entrambi i tipi di ambienti. L'elaborazione condotta ha permesso di calcolare la risposta del bacino sotto le condizioni attuali e quelle future in seguito agli effetti previsti all'anno 2100 e si è riscontrato una sostanziale costanza negli idrogrammi di piena in uscita; le portate massime trovate hanno valore pressoché simile a quello delle portate calcolate in condizioni attuali, essendo l'aumento della portata futura pari solo ad un'unità.

Nonostante questo fatto interessante, si sono evidenziate condizioni di criticità che permangono in entrambe le situazioni, attuale e futura. All'interno della rete analizzata, ricca di tratti in cui i canali corrono coperti (tratti "tombati"), si hanno quindi numerose sezioni di imbocco chiuse in cui il canale si immette. Sono state analizzate alcune di queste sezioni (immagini sezione 4) e si è riscontrato che esse non hanno una capacità sufficiente a far defluire le portate trentennali calcolate nei vari tratti, sia per le condizioni attuali che per quelle future, generando così pericoli di allagamenti (grafici nella sezione 7).

Dopo di che si è analizzato un possibile scenario futuro con caratteristiche del bacino variare di misure di adattamento nei confronti degli effetti previsti a seguito della variazione del clima. L'eterogeneità del bacino ha permesso di passare in rassegna misure di adattamento valide sia per aree più a carattere naturale che per aree antropizzate in maniera forte, come quelle urbane del centro abitato di Rosignano Solvay. I risultati ottenuti in questo caso hanno evidenziato una decisa diminuzione della portata massima in uscita dell'intero bacino, e di conseguenza anche nei tratti intermedi delle aste principali dei sottobacini. Per quanto riguarda le sezioni analizzate in quanto critiche si ha il miglioramento delle condizioni di deflusso per una di esse, con la portata defluente minore di quella ammissibile in entrambi i casi di sezione libera ed ostruita, anche se nel secondo caso lo scarto è minimo. Nell'altro caso la sezione, pur essendo diminuita la portata defluente rimane ancora sottodimensionata per garantire un corretto deflusso.

Si riscontra quindi che le misure di adattamento proposte siano da attuare in ogni caso, in quanto esistono già criticità allo stato attuale per tempi di ritorno medi di 30 anni, così da eliminare in parte problemi legati alle portate defluenti troppo elevate. Nel caso analizzato si evidenzia che tali misure di adattamento potrebbero non essere sufficienti in alcuni casi, come per la sezione 1 in cui il botro Secco entra sotto via Allende. Risulta quindi necessario

provvedere ulteriori modifiche ancora più incisive sul bacino e magari anche sulla struttura del corso d'acqua.

Proposta di azione pilota consistente nella installazione di idrometri e pluviometri

Tra le misure di adattamento per la mitigazione del rischio si effettua la proposta di azione pilota consistente nella installazione di idrometri a ultrasuoni collegati a sirene in prossimità dei tratti tombati dei botri che attraversano il centro cittadino e che costituiscono anche canali di raccolta delle fognature bianche. Si potrà in questo modo avere la possibilità di allertare la popolazione locale in maniera tempestiva nelle situazioni di maggior rischio. L'installazione di pluviometri, sia nella parte bassa che nella parte alta del bacino, permetterebbe di avere misure di pioggia più precise e specifiche per l'area critica in esame. In questo modo sarebbe possibile poter tarare ancora con più veridicità i dati di pioggia da inserire nei modelli idrologici per ottenere idrogrammi sempre più precisi.

4. Misure di adattamento per il rischio erosione costiera

L'effetto più evidente dell'innalzamento del livello medio marino (SLR) è l'arretramento della linea di riva, tanto più sensibile quanto minore è la pendenza del profilo della costa. E' stato analizzato il probabile innalzamento del livello medio del mare relativamente a vari scenari ed orizzonti temporali, per il quale sono stati scelti i seguenti valori di calcolo per l'analisi dell'arretramento della linea di riva.

Innalzamento [cm]	2050		2100	
	min	max	min	max
	25	40	40	82

Tabella – Valori di calcolo dell'innalzamento del livello medio del mare.

Evoluzione della linea di riva

La valutazione al 2100 dell'arretramento della linea di riva, attraverso l'impiego della *Regola di Bruun*, è stata analizzata già nel documento "Profilo Climatico Locale del Comune di Rosignano Marittimo" ed ha condotto alla redazione delle seguenti carte, qui riportate per comodità.



Figura – Delimitazione e numerazione aree studio

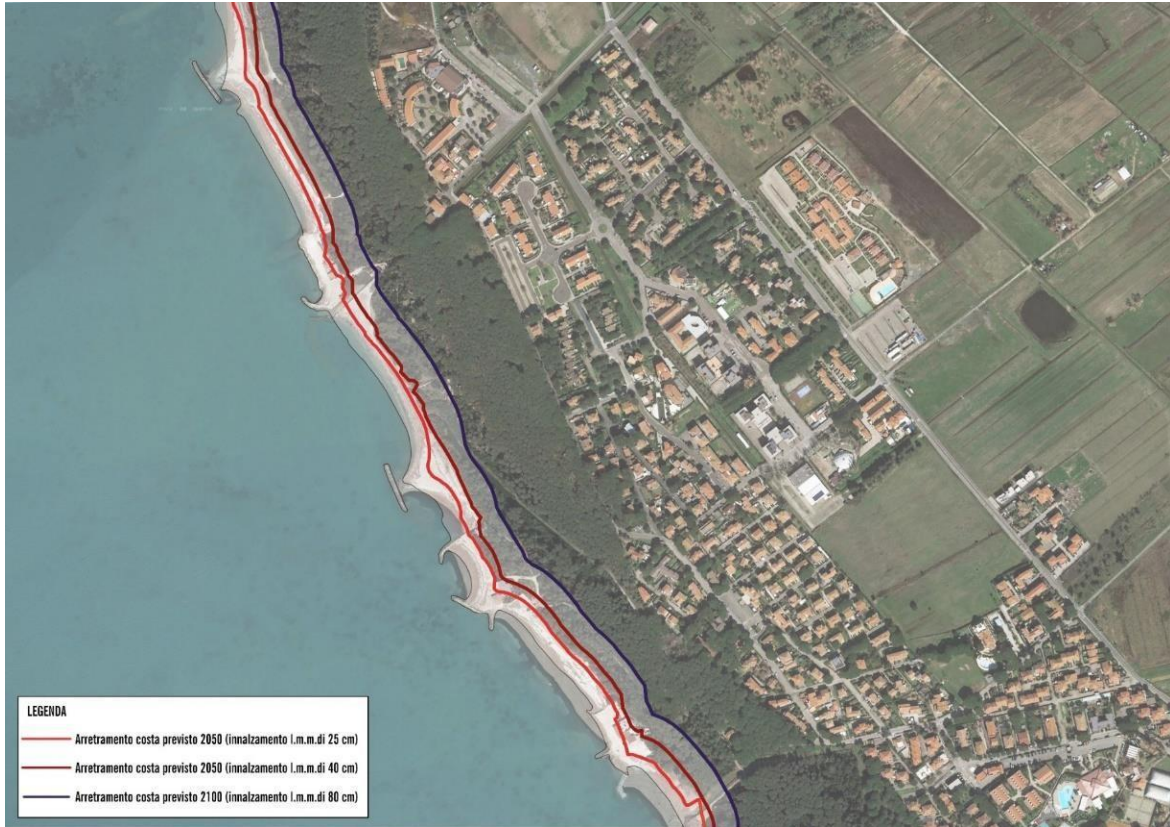


Figura – Area 1



Figura – Area 2



Figura – Area 3

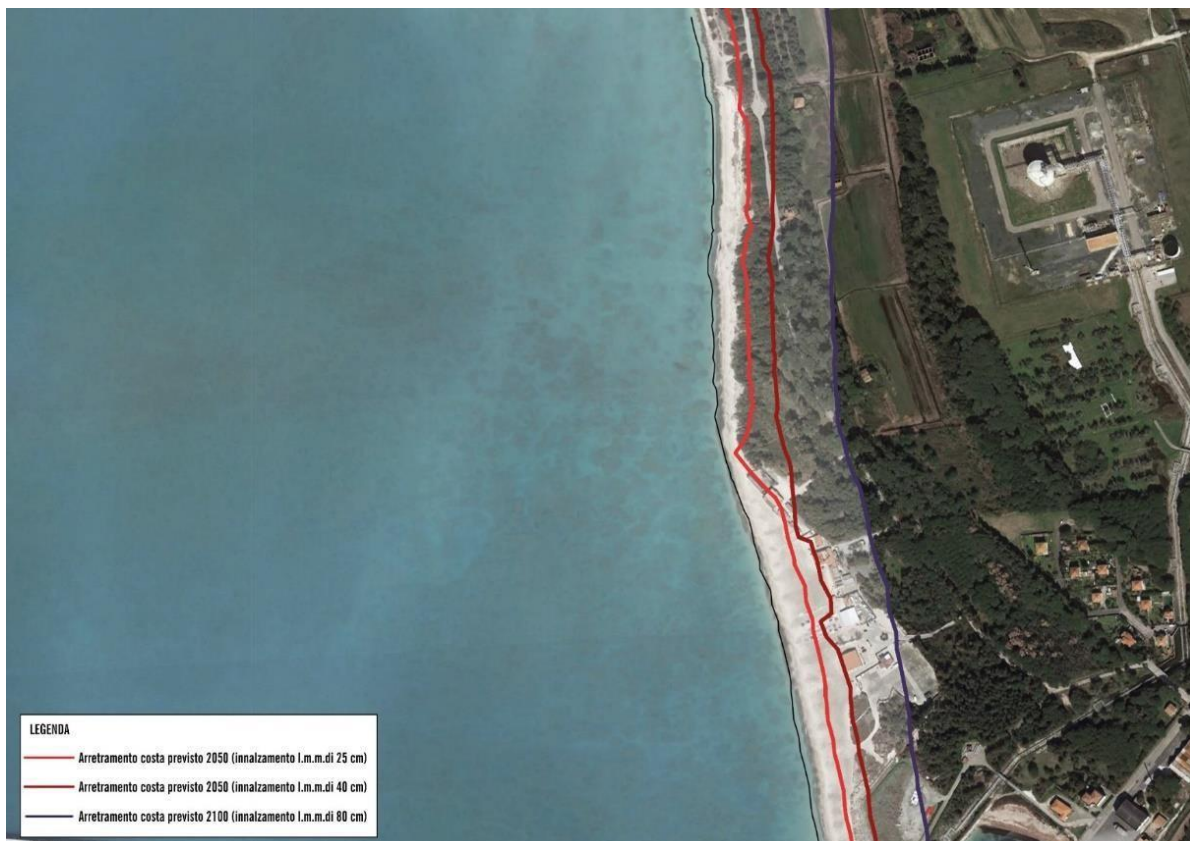


Figura – Area 4



Figura – Area 5



Figura – Area 6



Figura – Area 7

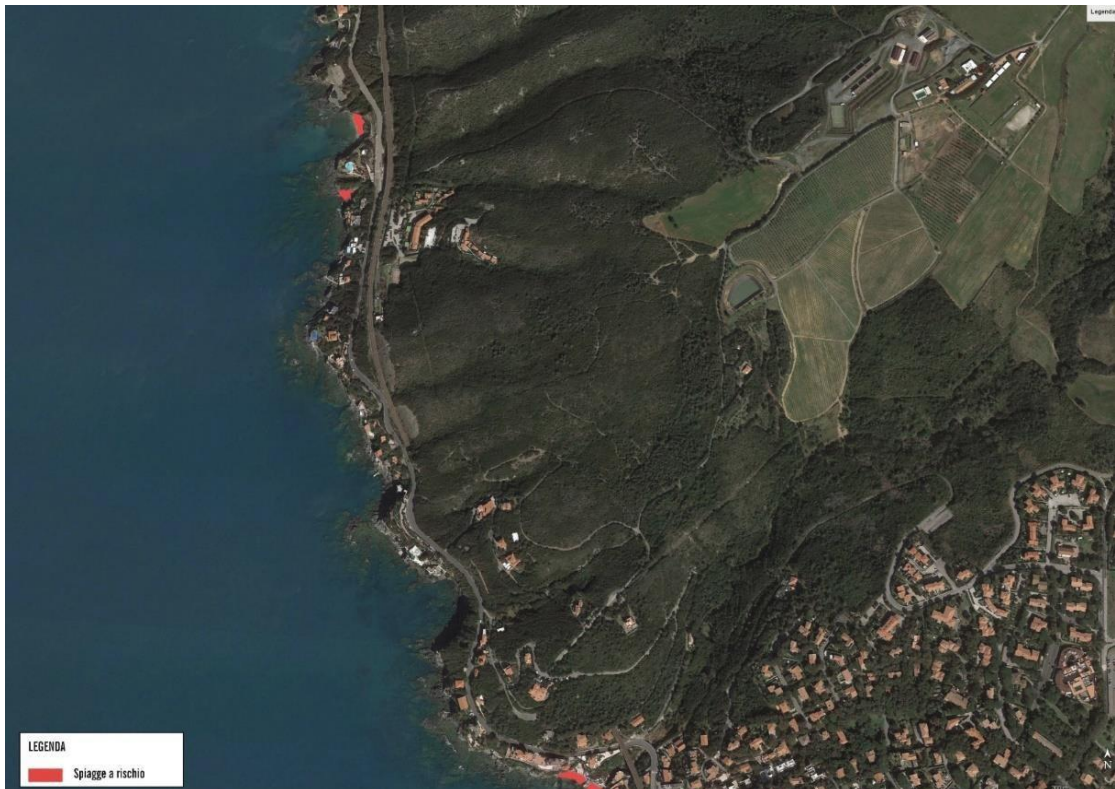


Figura – Area 8



Figura – Area 9

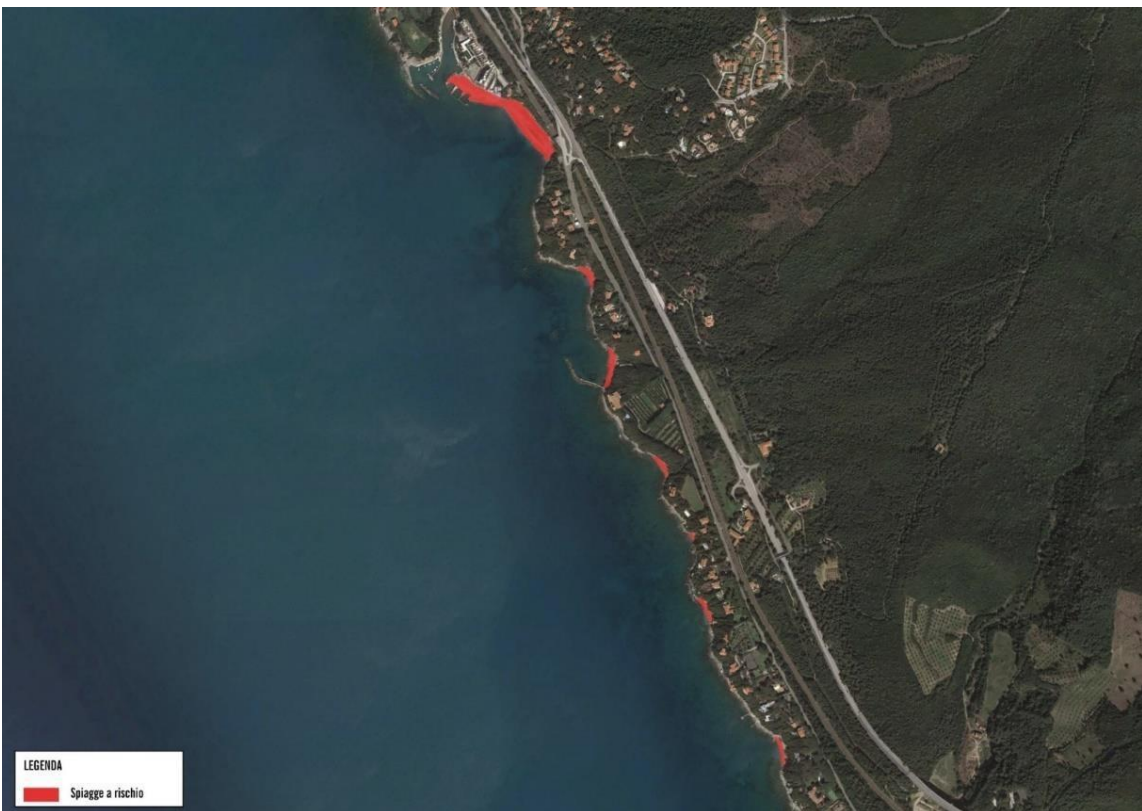


Figura – Area 10

L'innalzamento del livello marino e il conseguente arretramento della linea di riva portano a dover fare delle considerazioni sulle opere marittime esistenti, le quali saranno soggette, oltre che a livelli liquidi maggiori, a moti ondosi caratterizzati da energia d'impatto maggiore. Tali opere dovranno pertanto subire nuove verifiche di resistenza strutturale e di stabilità nelle condizioni variate, ed eventualmente essere ampliate e migliorate.

Misure di adattamento: difesa dei litorali

L'adattamento all'innalzamento del livello medio del mare può essere perseguito intraprendendo diverse strade, in particolare attraverso la protezione della costa con strutture artificiali aderenti o distaccate dalla stessa, i ripascimenti artificiali e l'arretramento dei beni da difendere (edifici, strade, ferrovie...) ad una distanza di sicurezza dalla linea di riva in evoluzione.

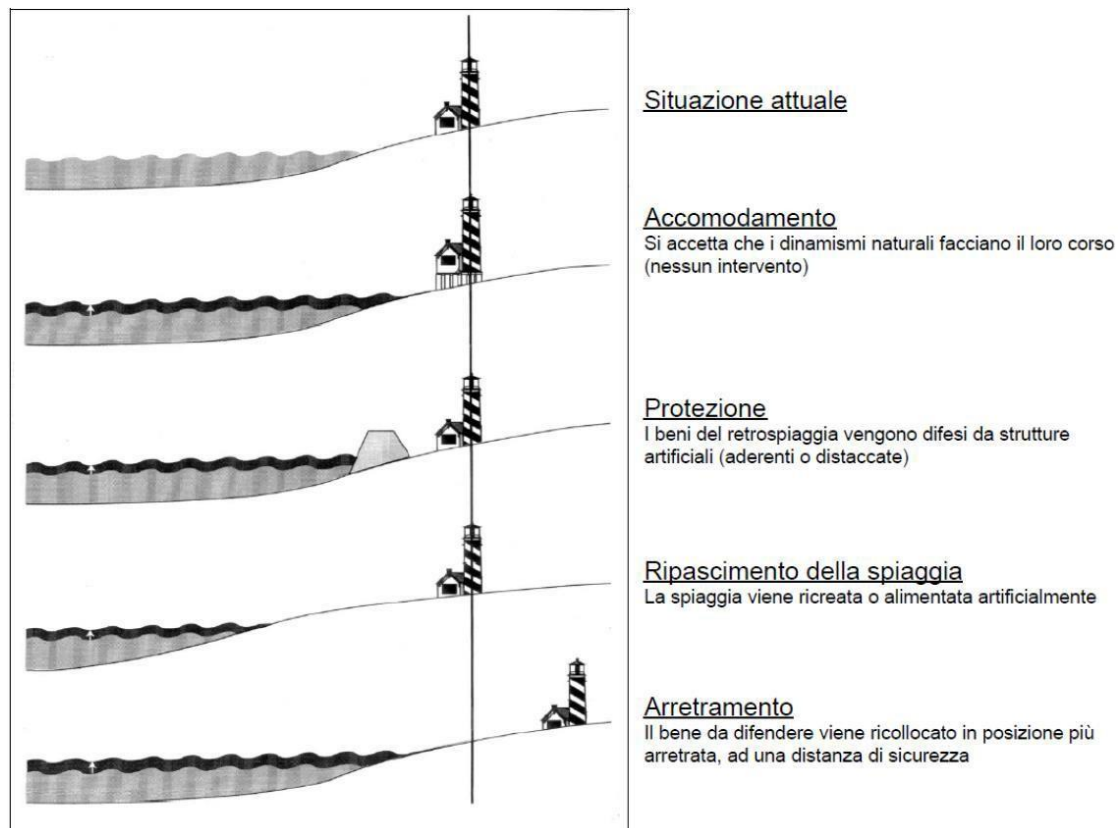


Figura- Criteri di intervento su un litorale per l'adattamento al SLR. (Fonte: Università degli Studi di Trieste)

La salvaguardia della linea di riva nelle zone soggette a erosione costiera dovuta ad innalzamento del livello marino avviene principalmente attraverso interventi di protezione della costa attentamente localizzati e dimensionati. È da sottolineare che la spiaggia stessa rappresenta un'opera di difesa, la più naturale e meno impattante dal punto di vista visivo ed ambientale. In questo contesto la difesa dei litorali non può che concretizzarsi in misure finalizzate a ridurre l'energia del moto ondoso incidente la costa, anticipandone il frangimento

(frangiflutti), ed ostacolanti la dispersione dei materiali verso il largo, affiancate ad interventi di ripascimento artificiale. Le opere realizzabili in tal senso sono molteplici, la scelta della tipologia, della localizzazione e della quantità degli interventi da realizzare è funzione dello specifico fine da perseguire, di considerazioni economiche e sull'efficacia nel tempo, e non ultimo, dell'impatto ambientale e paesaggistico che inevitabilmente determinano sul territorio.

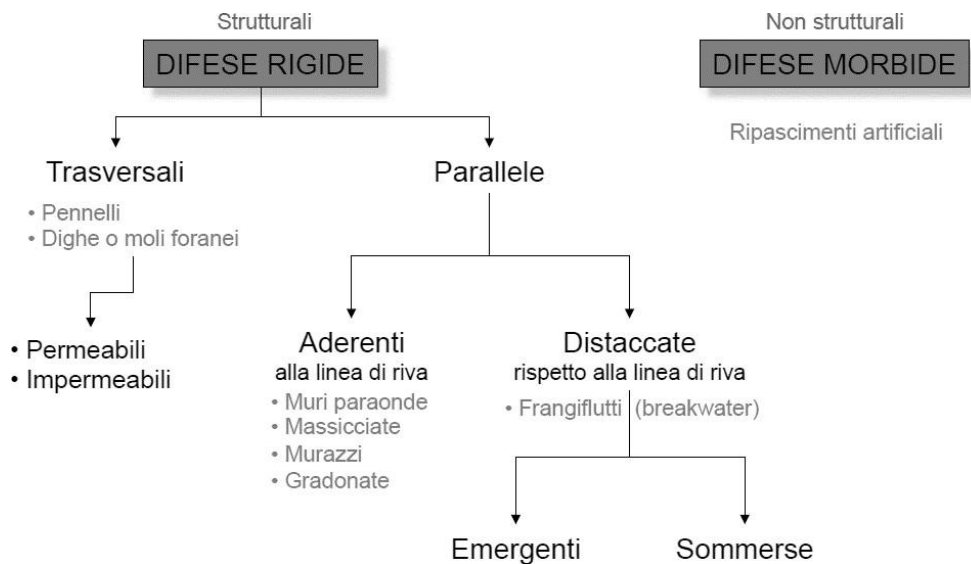


Figura – Tipologie di interventi di difesa del litorale. (Fonte:Università degli Studi di Trieste)

Una seconda distinzione può essere fatta tra opere di difesa passiva e attiva. Le prime sono quelle che proteggono la situazione esistente, senza la pretesa di ottenere alcun miglioramento; sono in genere interventi di urgenza e quindi provvisori, ma possono diventare definitivi qualora la naturale tendenza evolutiva del litorale non consenta miglioramenti, a meno di realizzare opere molto onerose. Le opere di difesa attiva, più efficaci, sono quelle che permettono di ottenere un miglioramento della situazione esistente e sono costituite essenzialmente da opere fisse (scogliere, pennelli...) e ripascimenti artificiali.

Barriere frangiflutti

Le barriere frangiflutti sono opere longitudinali distaccate, realizzate principalmente con scogliere ad asse principale parallelo o leggermente inclinato rispetto alla linea di riva, separate tra loro da varchi necessari per il ricambio d'acqua, mediamente ampi $0,25 \times B$, dove B è la lunghezza del singolo frangiflutto. Il sistema di barriere parallele viene posto, di solito, nella zona dei frangenti e la sua principale funzione è quella di provocare una dissipazione di energia del moto ondoso prima che le onde raggiungano la costa. Esse inducono una riduzione dell'agitazione nell'area protetta, favorendo così i processi di sedimentazione, con conseguente



aumento della superficie della spiaggia che viene ad assumere un classico andamento sinusoidale dovuto a fenomeni di diffrazione dei fronti d'onda.

Agli effetti positivi della dissipazione di energia del moto ondoso, si associano, tuttavia, gli effetti negativi sulla dinamica dei sedimenti dovute all'incremento di turbolenza nella zona subito dietro la struttura (che può portare all'indesiderata formazione dei tomboli e dei salienti) e agli effetti di riflessione locali, che portano ad un incremento dell'altezza dell'onda di fronte alla struttura. In corrispondenza dei varchi si ha inoltre la formazione di forti correnti, con conseguente approfondimento dei fondali e progressivo arretramento della linea di riva. Alcuni di questi processi, se trascurati, portano al fallimento dell'intervento, come effettivamente riscontrato più volte nella pratica.

Nella realizzazione di più strutture, è importante l'ordine di costruzione, con quale successione vengono messe in opera (se a distanza di tempo), in funzione del trasporto longitudinale costiero prevalente, per evitare di accentuare fenomeni erosivi in seguito difficili ed onerosi da contrastare.

Per quanto riguarda la tecnologia di esecuzione delle barriere parallele a riva, si devono distinguere quelle emergenti, costruite quasi esclusivamente in massi naturali, da quelle sommerse, le quali riducono l'impatto visivo, offrendo però meno protezione, e per le quali si sono sviluppate anche altre tecniche: dal riempimento di sabbia di grandi contenitori, come i tubi Longard, all'utilizzo di sacchi in geotessuto riempiti anch'essi di sabbia.



Figura – Esempio di scogliere emerse realizzate a Vada. (Fonte: Google, 2019)



Ripascimenti artificiali

Con il termine ripascimento artificiale si intende il rifornimento di una spiaggia con sedimenti trasportati con mezzi meccanici sia di terra che marittimi o con impianti per il trasporto idraulico della sabbia, evitando la costruzione di quelle opere che, oltre ad essere paesaggisticamente dannose, interferiscono con la dinamica litoranea. Inoltre, il ripascimento artificiale, intervento di tipo morbido, non deturpa il paesaggio costiero e non ha sfavorevoli ripercussioni sul regime dei litorali, che anzi, non possono che essere favoriti da un incremento di apporti di sedimenti.

Lo scopo è quello di costruire una spiaggia che protegga la costa dalle mareggiate, con un impatto visivo positivo ed un'integrazione nell'ambiente naturale che le altre tipologie di intervento non possono vantare; questo aspetto costituisce il vero punto di forza ed il principale motivo dell'attuale successo dell'intervento morbido. Nell'ambito delle misure di adattamento all'innalzamento del livello del mare, risulta perciò l'intervento da preferire, in termini di efficacia e di impatto paesaggistico ed ambientale. Il ripascimento artificiale non è però un intervento definitivo e deve perciò essere periodicamente integrato per rifornire la spiaggia della parte persa per erosione; inoltre, un corretto intervento di ripascimento non si deve ridurre ad un apporto locale di sabbia, ma prevedere un vero e proprio piano di ripascimento con interventi programmati nel tempo.

Per quanto concerne la scelta del materiale da utilizzare possono essere scelte principalmente tre strade: prelievo di materiale sabbioso da cave dell'entroterra, da cave marine o utilizzo di materiale dragato da porti, foci e moli. Il prelievo da cave terrestri, oltre a essere economicamente svantaggioso, reca grave danno dal punto di vista eco-ambientale. Il materiale sabbioso delle spiagge è un materiale di transito che viene costantemente sottratto alla terraferma e trasportato dalle correnti (e dalla forza di gravità) verso gli abissi marini. Le correnti longitudinali spostano lungo i litorali il materiale sabbioso ma non lo sottraggono ad essi, mentre quelle trasversali lo spostano in maniera definitiva. Nel momento in cui ci si deve porre il problema di contrastare il fenomeno dell'erosione delle coste, il punto più naturale ed ecologico di captazione del materiale sabbioso è situato all'inizio del suo tragitto verso gli abissi, ovvero ai limiti della zona attiva di trasporto longitudinale (usualmente oltre la batimetrica dei 10 m). Le cave a mare sono quindi il luogo più naturale di prelievo di materiale, perché esso è quello che preesisteva sulle spiagge e perché ad esse tornerà di nuovo. C'è da aggiungere inoltre un enorme risparmio sul costo del materiale di ripascimento, nonché un basso impatto costruttivo (eliminazione del trasporto da terra, solo trasporto via mare).

La riuscita di un intervento dipende dalla granulometria e dalla qualità del materiale disponibile: il diametro medio deve essere in generale uguale o poco superiore di quello

originario, perché si potrebbero innescare effetti negativi, come l'erosione delle spiagge sottoflutto, dovuta alla diversa mobilità del sedimento.

I ripascimenti sono spesso accompagnati, dove possibile, dalla costruzione di dune con la funzione di ridurre il trasporto eolico, di contrastare gli allagamenti del territorio retrostante e di fornire una riserva di sabbia per le mareggiate più intense.

Per rendere più stabili i sedimenti riportati artificialmente sulle spiagge, si può realizzare, inoltre, una protezione della zona di ripascimento con opere rigide come barriere sommerse e/o pennelli ortogonali, oppure coprendo i sedimenti più fini con uno strato di forte spessore di materiale più grossolano (ghiaia) che assorba completamente la deformazione del profilo in conseguenza a mareggiate.

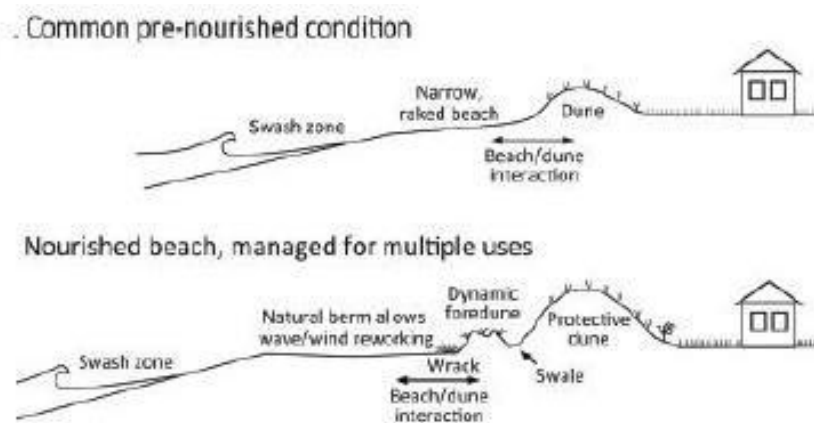


Figura – Situazione pre-ripascimento (sopra) e a ripascimento avvenuto (sotto). (Fonte Nap.edu)



Figura – Miami Beach prima e dopo il ripascimento artificiale

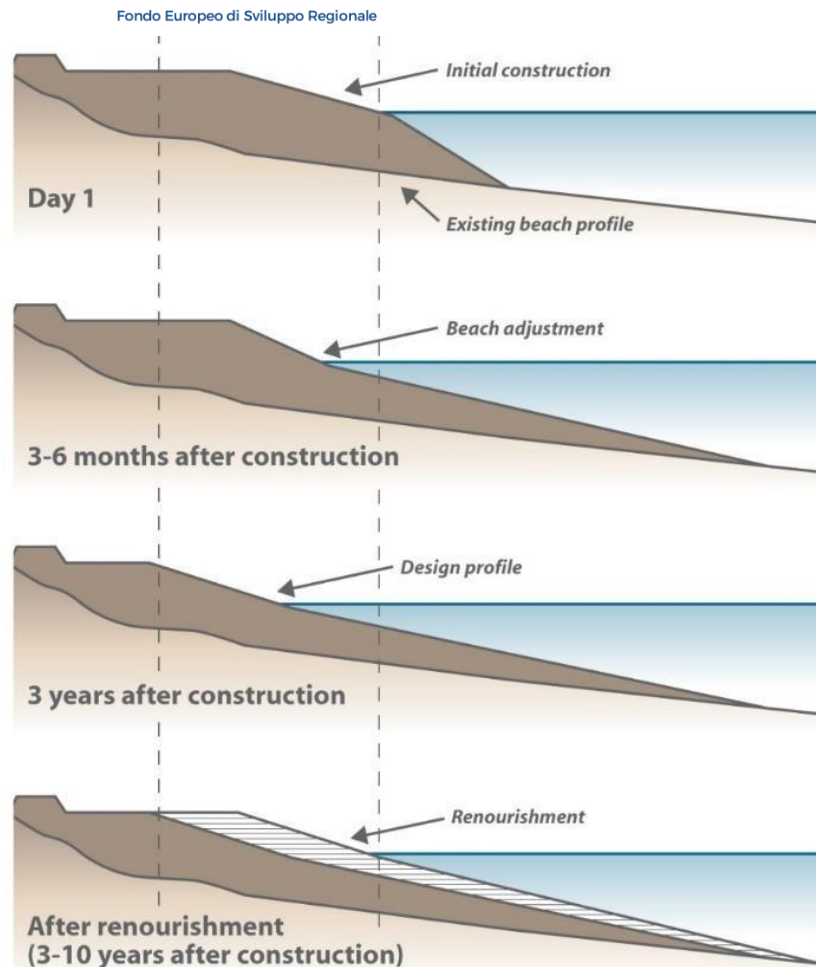


Figura – Mantenimento del ripascimento nel tempo (Fonte: <https://media.defense.gov>)

Intrusione del cuneo salino

Le proiezioni future di innalzamento del livello medio marino portano a prevedere un incremento dell'estensione delle aree soggette ad intrusione marina, proporzionalmente all'entità di tale innalzamento. Ulteriori fattori contribuenti allo sviluppo del fenomeno sono la previsione di una diminuzione delle precipitazioni e l'incremento delle aree non permeabili, dovuto al futuro aumento di popolazione. Possiamo quindi assumere che in futuro le aree IS2, che attualmente non presentano intrusione, ma che sono suscettibili al fenomeno, manifesteranno una crescente salinizzazione.

Misure di adattamento

Al fine di ostacolare il fenomeno dell'intrusione del cuneo salino dovuto al futuro innalzamento del livello marino ed alla diminuzione delle precipitazioni, e quindi di ricarica della falda, dovranno essere attuate delle misure di adattamento. Esistendo una relazione tra la portata di



acqua dolce verso il mare e l'entità dell'intrusione salina, il problema è essenzialmente relativo alla gestione della risorsa idrica, dal momento che la portata dell'acquifero altro non è che la differenza tra il tasso di ricarica naturale dello stesso ed il tasso di emungimento. Le strade più semplici da poter intraprendere sono perciò rappresentate dall'aumento del tasso di ricarica e/o dalla diminuzione del tasso di emungimento nella zona costiera.

Ricarica della falda

La falda può essere ricaricata trattenendo per un tempo maggiore, durante i periodi di pioggia, le acque nei corsi d'acqua e nei canali di bonifica presenti nel tratto costiero, per esempio realizzando delle piccole briglie che ne rallentino la velocità e permettano un'infiltrazione maggiore, oppure tramite bacini e stagni di ritenuta, realizzati in aree con terreni permeabili. Questi ultimi possono anche essere accoppiati a specifica vegetazione per favorire il trattamento delle acque.

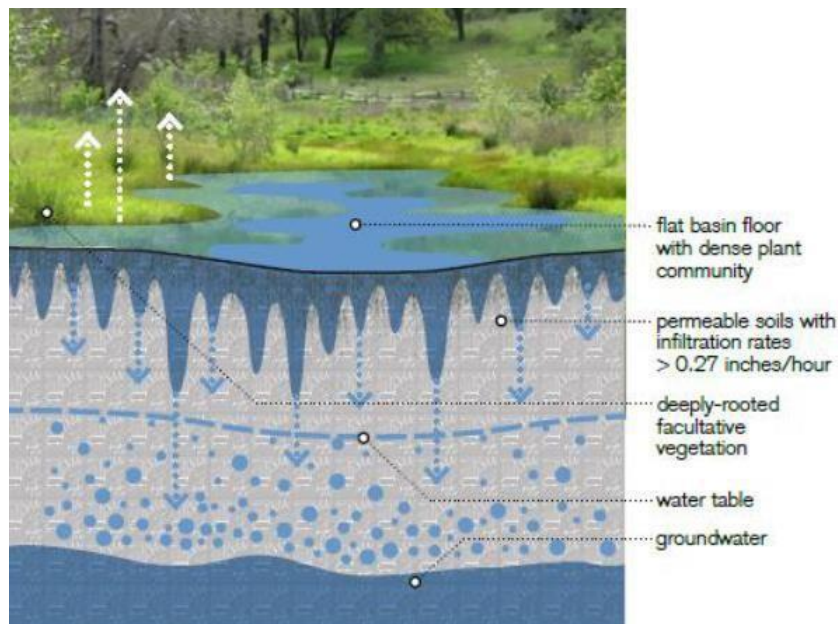
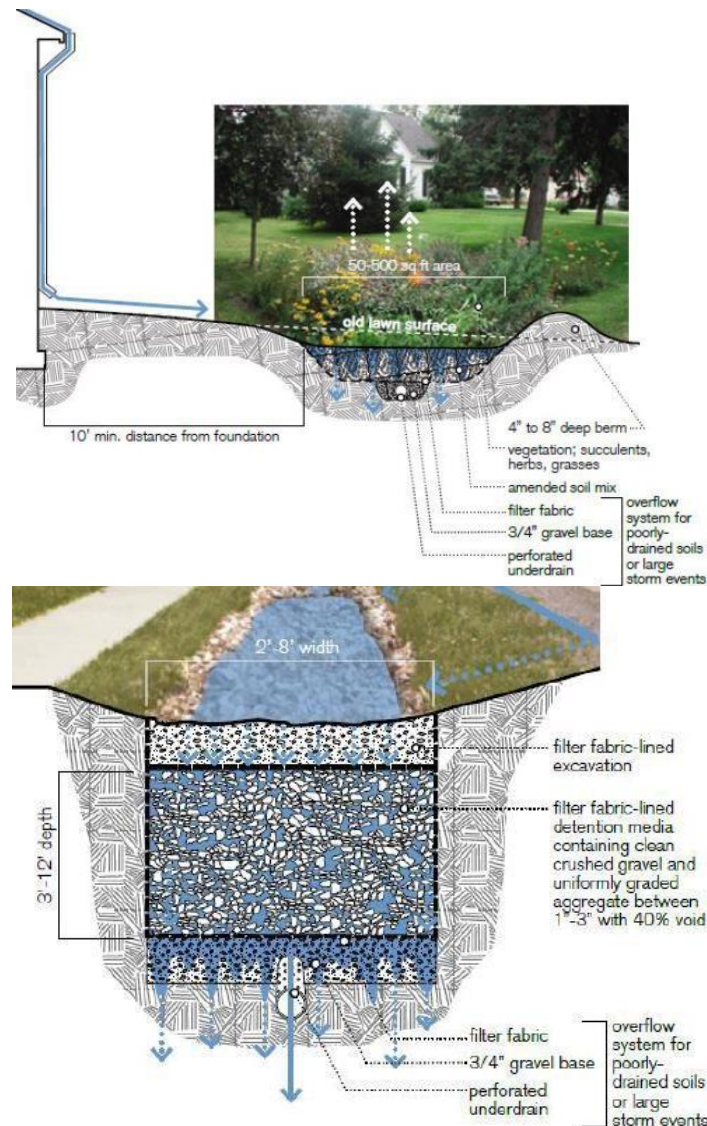


Figura - Esempio di bacino di infiltrazione (Fonte: Low Impact Development Manual)

Superfici urbanizzate permeabili

Una ulteriore misura da adottare per aumentare l'aliquota di precipitazione infiltrantisi in falda è quella di rendere il più possibile permeabili le superfici urbanizzate. L'impermeabilizzazione dei suoli è infatti uno degli effetti dell'urbanizzazione che più incide sull'aumento della vulnerabilità del sistema ambientale e sul ciclo idrologico, comportando una riduzione progressiva dell'infiltrazione a ricarica delle falde e delle acque sotterranee ed aumentando lo scorrimento superficiale (run-off). Inoltre, essa tende a ridurre i tempi di corrivazione delle acque meteoriche intensificando i fenomeni alluvionali. Gli interventi di urbanizzazione futura devono quindi

orientarsi verso sistemi di drenaggio urbano diffusi su tutto il territorio urbanizzato (pavimentazioni drenanti o semipermeabili, trincee drenanti, stagni di ritenuta, rain garden, tree box filter ...).



Figura– Esempi di realizzazione di rain garden (a sinistra) e trincea drenante (a destra)

(Fonte: Low Impact Development Manual)

Gestione degli emungimenti

Una gestione scorretta della risorsa idrica sotterranea può aumentare in maniera rilevante l'entità del problema dell'intrusione salina negli acquiferi costieri. La quantità di acqua da estrarre e il posizionamento dei pozzi sono i parametri da tenere in considerazione per prevenire l'innalzamento dell'interfaccia salina al di sotto dei pozzi di estrazione (fenomeno di upconing, si veda Figura 13.1). La variazione della posizione e della forma del cuneo di intrusione salina è direttamente causata dall'abbassamento del carico piezometrico dell'acqua dolce. Ciò comporta un considerevole aumento del rischio che il pozzo, nel tempo, inizi ad estrarre acqua salata o salmastra. In generale, se le portate estratte sono maggiori della ricarica,

l'acqua salata penetra all'interno dell'acquifero fino a raggiungere il pozzo in maniera tanto più rapida quanto maggiore è la portata estratta dal pozzo. Si assiste di conseguenza alla formazione di un cono (cono di ascensione) di forma speculare a quello che si forma intorno al pozzo per l'acqua dolce (cono di depressione).

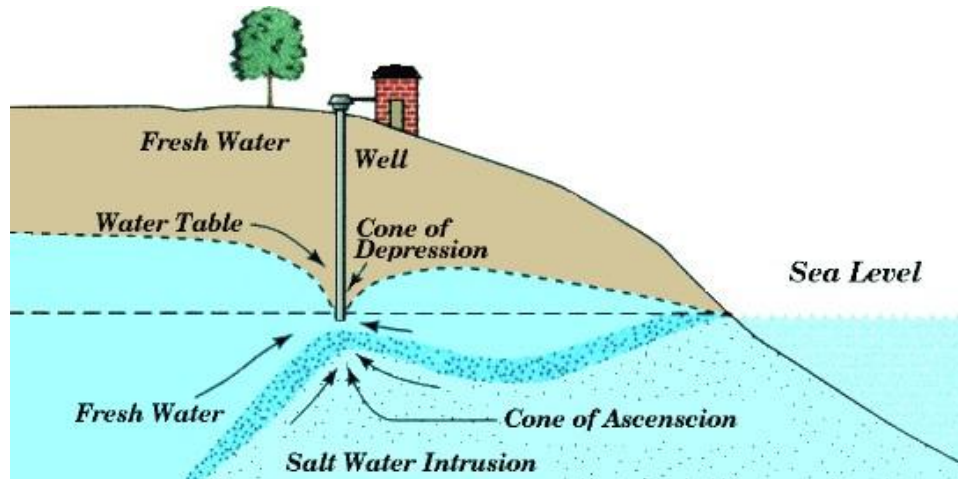
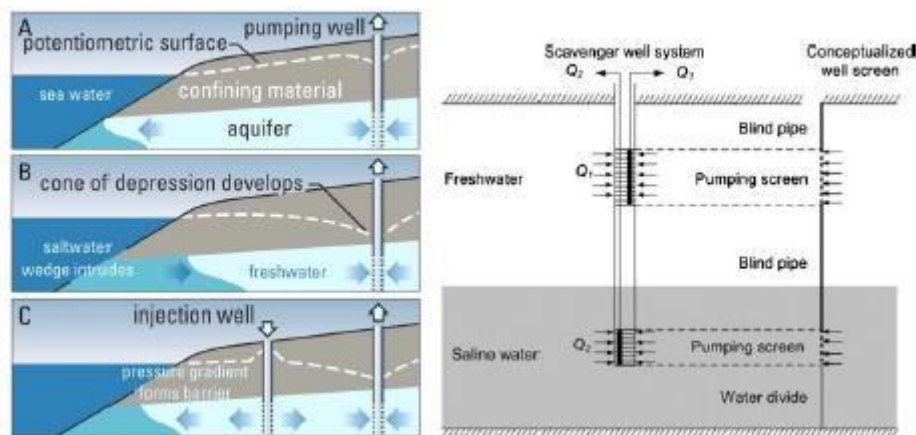


Figura – Schematizzazione del fenomeno di upconing

Una volta che l'acquifero viene interessato da un avanzamento significativo del cono di acqua salata, le operazioni di bonifica e di depurazione dello stesso sono particolarmente complicate ed onerose. Per questo motivo le opere di contrasto ai fenomeni di upconing sono essenzialmente di carattere preventivo. Tra tutte si riconoscono per frequenza di impiego ed efficacia, le barriere di pozzi di re-immissione di acqua dolce tra la barriera di estrazione e la costa, i dreni orizzontali che evitano l'estrazione puntuale della risorsa, favorendo invece un prelievo diffuso; i pozzi scavenger che consistono in un sistema di pozzi ravvicinati che estraggono separatamente acqua dolce e salata. Meno utilizzate, visti i costi elevati e le problematiche di realizzazione, sono invece le barriere fisiche contro l'intrusione salina.



Figura– Pozzo di re-immissione (a sinistra) e pozzo scavenger (a destra)

Risulta da sottolineare anche un altro effetto legato al pompaggio di acqua dalla falda, quello della subsidenza. Quando si estrae acqua dal sottosuolo, infatti, lo strato contenente il fluido subisce una diminuzione di pressione che porta ad un costipamento dei sedimenti che in superficie può ripercuotersi con un abbassamento del suolo. Tale movimento è legato alla profondità ed allo spessore dell'acquifero, alle caratteristiche litologiche ed ai volumi di acqua estratta. Il fenomeno della subsidenza è quindi da limitare, soprattutto in previsione degli scenari futuri di innalzamento del livello marino, poiché andrebbe ad aggravare l'arretramento della linea di riva.

Nella fascia costiera interessata dall'intrusione marina devono pertanto essere quanto più possibile limitate le azioni di pompaggio, soprattutto per quanto riguarda gli utilizzi agricoli e quelli dei campeggi nella zona di Vada e della Mazzanta. Risulta, ad esempio, consigliabile l'utilizzo di acquedotti irrigui con prelievo da invasi superficiali. Qualora ciò non fosse possibile, è consigliabile valutare la realizzazione delle opere di prevenzione precedentemente descritte.

Profilo liquido del fiume Fine

L'innalzamento atteso del livello medio marino provocherà variazioni alla quota di sbocco del fiume Fine, il quale sarà soggetto ad innalzamento del proprio profilo liquido dalla sezione di sbocco a mare fino ad alcuni chilometri più a monte. Il livello marino allo sbocco costituisce infatti la condizione al contorno per il tracciamento del profilo di corrente lenta che caratterizza il fiume Fine; costruendo tale profilo da valle verso monte e raccordandolo asintoticamente al livello di moto uniforme indisturbato di monte, si ottiene per ogni sezione la nuova quota idrometrica da confrontare con quella delle arginature esistenti. Per tutta la lunghezza del tratto interessato da tale rigonfiamento, dovrà essere verificato il rispetto dei franchi con tali arginature che, nel caso si rivelassero insufficienti, dovranno essere rialzate.

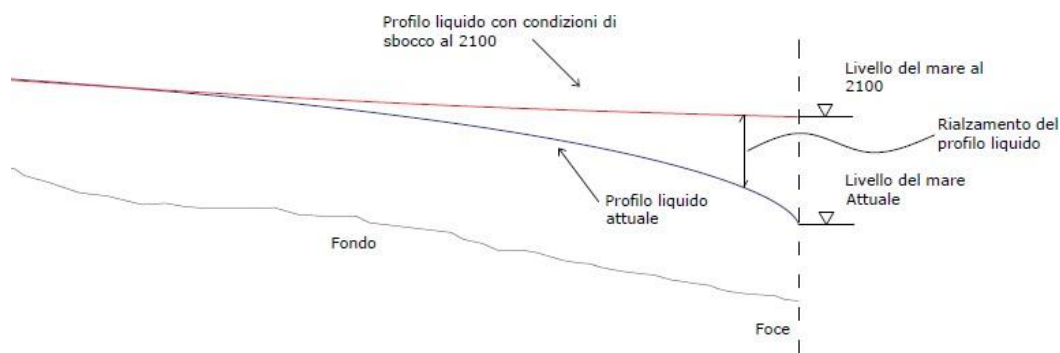


Figura – Andamento qualitativo del profilo liquido attuale e futuro per le condizioni attese al 2100.

Data la forma del profilo liquido atteso, ossia un profilo di corrente lenta ritardata in alveo a debole pendenza di fondo, si prevede che il tratto più problematico sarà quello in prossimità della foce, il quale potrà dar luogo ad allagamenti nelle zone adiacenti all'alveo. Dal Piano di Gestione Rischio Alluvioni si può dedurre una delimitazione indicativa dell'estensione futura delle aree soggette a pericolosità da alluvione fluviale elevata, paragonandolo alle zone che attualmente sono classificate come a pericolosità media. Si assisterà infatti ad una diminuzione del tempo di ritorno per il quale dette zone si allagheranno.

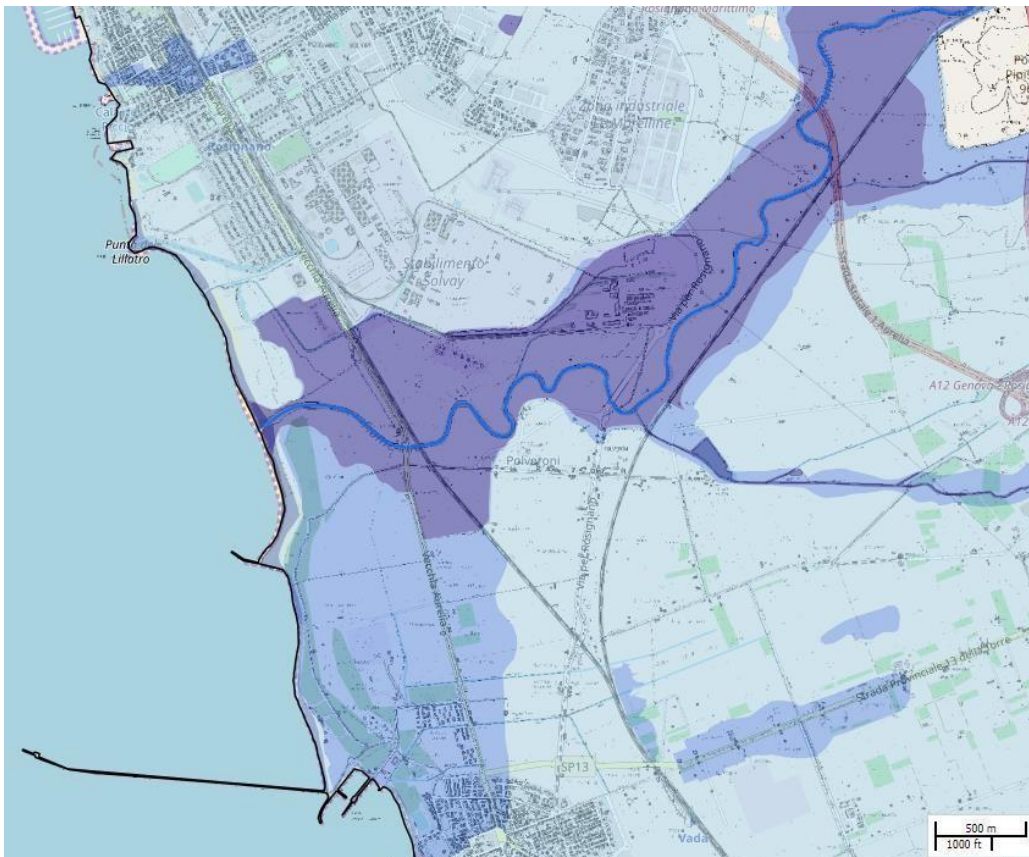


Figura – Mappa di pericolosità attuale da alluvione fluviale (Fonte: Piano di Gestione Rischio Alluvioni)

4. Piano delle azioni di adattamento ai Cambiamenti Climatici

Nella tabella riepilogativa vengono suddivise le azioni per l'adattamento ai cambiamenti climatici che il Comune di Rosignano Marittimo ha individuato come strategiche per migliorare la resilienza del territorio. Le azioni sono suddivise in strutturali (prevedono la realizzazioni di interventi infrastrutturali, opere edilizie, manufatti ecc) e non strutturali (prevedono interventi di carattere informativo e formativo della cittadinanza ecc) secondo la tempistica di realizzazione (breve, medio e lungo periodo).



	TIPOLOGIA DI RISCHIO	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	PERIODO		
			BREVE	MEDIO	LUNGO
AZIONI DI ADATTAMENTO	MISURE DI ADATTAMENTO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO	Sistemazioni idraulico-agrarie e drenaggio		Completamento messa in sicurezza fosso Vallecorsa (Scheda 2)	
		Rimboschimento e inerbimento		Piantumazione alberature in ambito urbano (Scheda 1)	
		Impianti di infiltrazione di piccole dimensioni			
		Pavimentazioni permeabili e prati ghiaiosi			
		Serbatoi multifunzionali per accumulo acqua piovana	Adeguamento e messa in sicurezza laghetto delle Spianate (Scheda 4)		
		Coperture verdi			
	MISURE DI ADATTAMENTO PER IL RISCHIO EROSIONE COSTIERA	Barriere frangiflutti			
		Ripascimenti artificiali	Ripristino e difesa della linea di costa (Scheda 3)		
	MISURE DI ADATTAMENTO PER IL RISCHIO DI INTRUSIONE DEL CUNEO SALINO	Ricarica della falda		Riduzione emungimenti attraverso censimento pozzi artesiani ed estensione rete	



					<i>idrica Gabbro (Scheda 5)</i>	
			<i>Superfici urbanizzate permeabili</i>			
			<i>Gestione degli emungimenti</i>			
NON STRUTTURALI	<i>Misure di adattamento per il rischio idrogeologico</i>	<i>Sistemi di allerta</i>	<i>Sistema di allertamento della popolazione mediante sirena per rischio idraulico (Scheda 7)</i>			
				<i>Sistema di monitoraggio e allerta sottopasso Via dei Cipressi (Scheda 6)</i>		
		<i>Azioni di comunicazione e sensibilizzazione</i>		<i>Campagne informative e di sensibilizzazione sui cambiamenti climatici (Scheda 8)</i>		
		<i>Misure di adattamento per il rischio erosione costiera</i>				
		<i>Misure di adattamento per il rischio di intrusione del cuneo salino</i>				



FASE 4: IMPLEMENTAZIONE DELLE AZIONI, MONITORAGGIO E VALUTAZIONE

1. Metodologia per la rilevazione delle Azioni di adattamento

Sulla base delle indicazioni strategiche analizzate dal Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze e dal Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni dell'Università degli Studi di Pisa, il Comune di Rosignano Marittimo ha predisposto una scheda di rilevazione delle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici attraverso la quale il responsabile del piano e i responsabili delle U.O. competenti per materia (vedi pag. 3 responsabile del piano e gruppo di lavoro) individuano gli interventi, i progetti, le attività da inserire all'interno del Piano stesso. La scheda individua i responsabili dell'attuazione dell'azione, i tempi per la sua realizzazione, le risorse allocate o da allocare, il sistema di monitoraggio e di valutazione dell'efficacia dell'azione.

2. Le azioni per l'adattamento ai cambiamenti climatici

Scheda 1

Titolo dell'Azione: Piantumazione alberature ad alto fusto in ambito urbano	Descrizione: Al fine di limitare l'effetto isola di calore, responsabile dell'aumento delle temperature in ambito urbano, saranno effettuate delle piantumazioni di alberi ad alto fusto in diverse zone del territorio con l'obiettivo di ricreare zone verdi e ombreggiature.		
Tipologia di Azione	Strutturale <input checked="" type="checkbox"/>		Non Strutturale <input type="checkbox"/>
Tempistica dell'Azione (indicare se l'azione è di breve, medio o lungo periodo)	Breve <input type="checkbox"/>	Medio <input checked="" type="checkbox"/>	Lungo <input type="checkbox"/>
Dirigente Responsabile dell'Azione	Andrea Immorali Settore Programmazione e Sviluppo del territorio		
U.O. Competente e referenti dell'Azione	U.O. Manutenzioni e Protezione Civile Susanna Berti		
Costo complessivo dell'Azione	€ 50.000,00		
Fasi di realizzazione dell'Azione	Fase 1: Individuazione aree Fase 2: piantumazione alberature ad alto fusto		
Indicatori di risultato	Indicatore 1: numero alberature piantumate		



(individuare almeno 2 indicatori)	Indicatore 2: numero di nuove aree verdi piantumate
Monitoraggio	Misurazione Indicatore 1* Misurazione Indicatore 2* * Misurazione di ciascun Indicatore al 31/12 di ciascun anno di validità del Piano di Adattamento
Note	Inserire eventuali note

Scheda 2

Titolo dell'Azione: Completamento messa in sicurezza Fosso Vallecorsa	Descrizione: Si tratta del completamento dell'intervento di messa in sicurezza del territorio di Vada da rischio piene e alluvioni mediante un insieme sistematico di opere sul Fosso Vallecorsa e sul Fosso Mozzicone. Le opere consistono principalmente nella realizzazione ed adeguamento di casse di espansione ed argini dei fossi in oggetto, al fine di scongiurare cedimenti e conseguenti allagamenti		
Tipologia di Azione	Strutturale <input checked="" type="checkbox"/>	Non Strutturale <input type="checkbox"/>	
Tempistica dell'Azione (indicare se l'azione è di breve, medio o lungo periodo)	Breve <input type="checkbox"/>	Medio <input checked="" type="checkbox"/>	Lungo <input type="checkbox"/>
Dirigente Responsabile dell'Azione	Andrea Immorali Settore Programmazione e Sviluppo del territorio		
U.O. Competente e referenti dell'Azione	U.O. Progettazione ed Esecuzione Lavori Pubblici Serena Talamucci		
Costo complessivo dell'Azione	€ 955.000,00		
Fasi di realizzazione dell'Azione	Fase 1: Progettazione opere Fase 2: Realizzazione opere		
Indicatori di risultato (individuare almeno 2 indicatori)	Indicatore 1: Approvazione delibera progetto esecutivo Indicatore 2: Approvazione collaudo		
Monitoraggio	Misurazione Indicatore 1* Misurazione Indicatore 2* * Misurazione di ciascun Indicatore al 31/12 di ciascun anno di		



	validità del Piano di Adattamento
Note	Inserire eventuali note

Scheda 3

Titolo dell’Azione: Ripristino e difesa della linea di costa	Descrizione: Al fine di preservare e tutelare la linea di costa sono previsti interventi di riprofilatura degli arenili oltre a misure “soft” di gestione dei depositi di alghe quale azione per limitare l’erosione.		
Tipologia di Azione	Strutturale <input checked="" type="checkbox"/>	Non Strutturale <input type="checkbox"/>	
Tempistica dell’Azione (indicare se l’azione è di breve, medio o lungo periodo)	Breve <input checked="" type="checkbox"/>	Medio <input type="checkbox"/>	Lungo <input type="checkbox"/>
Dirigente Responsabile dell’Azione	Andrea Immorali Settore Programmazione e Sviluppo del territorio		
U.O. Competente e referenti dell’Azione	U.O. Manutenzioni e Protezione Civile Susanna Berti		
Costo complessivo dell’Azione	€ 130.000,00		
Fasi di realizzazione dell’Azione	Fase 1: Individuazione arenili maggiormente esposti al rischio erosione Fase 2: Realizzazione opere di riprofilatura		
Indicatori di risultato (individuare almeno 2 indicatori)	Indicatore 1: Nr. arenili riprofilati Indicatore 2: Mq di costa riprofilati		
Monitoraggio	Misurazione Indicatore 1* Misurazione Indicatore 2* * Misurazione di ciascun Indicatore al 31/12 di ciascun anno di validità del Piano di Adattamento		
Note	Inserire eventuali note		



Scheda 4

Titolo dell’Azione: Adeguamento e messa in sicurezza laghetto delle Spianate	Descrizione: Il laghetto esistente in Loc. Spianate rappresenta un’importante riserva di acqua che consente di preservare la falda acquifera anche in periodi di forte siccità. L’intervento consiste nel realizzare un complesso sistema di opere finalizzate a migliorare ed adeguare il controllo e monitoraggio del livello delle acque del laghetto, per garantirne l’efficienza ed evitare che le forti piogge che caratterizzano il clima attuale e futuro provochino esondazioni e allagamenti.		
Tipologia di Azione	Strutturale X		Non Strutturale <input type="checkbox"/>
Tempistica dell’Azione (indicare se l’azione è di breve, medio o lungo periodo)	Breve X	Medio <input type="checkbox"/>	Lungo <input type="checkbox"/>
Dirigente Responsabile dell’Azione	Andrea Immorali Settore Programmazione e Sviluppo del territorio		
U.O. Competente e referenti dell’Azione	U.O. Progettazione ed esecuzione Lavori Pubblici Serena Talamucci		
Costo complessivo dell’Azione	€ 300.000,00		
Fasi di realizzazione dell’Azione	Fase 1: Progettazione opere Fase 2 : Procedura affidamento lavori Fase 2: Realizzazione opere		
Indicatori di risultato (individuare almeno 2 indicatori)	Indicatore 1: Delibera di approvazione del progetto di fattibilità tecnica-economica, e Determinazione di approvazione del progetto esecutivo Indicatore 2: Approvazione collaudo		
Monitoraggio	Misurazione Indicatore 1* Misurazione Indicatore 2* * Misurazione di ciascun Indicatore al 31/12 di ciascun anno di validità del Piano di Adattamento		
Note	Inserire eventuali note		



Scheda 5

Titolo dell’Azione: Riduzione emungimenti attraverso censimento pozzi artesiani ed estensionerete idrica Gabbro	Descrizione: Con l’obiettivo di ridurre gli emungimenti idrici verrà realizzato un complesso di attività che prevede l’estensione della rete idrica in località Malavolta, nella frazione di Gabbro, oltre che la realizzazione di un censimento dei pozzi artesiani per valutare ed eventualmente controllare l’utilizzo dell’acqua di falda.		
Tipologia di Azione	Strutturale X		Non Strutturale <input type="checkbox"/>
Tempistica dell’Azione (indicare se l’azione è di breve, medio o lungo periodo)	Breve <input type="checkbox"/>	Medio X	Lungo <input type="checkbox"/>
Dirigente Responsabile dell’Azione	Andrea Immorali Settore Programmazione e Sviluppo del territorio		
U.O. Competente e referenti dell’Azione	Settore Programmazione e Sviluppo del territorio Andrea Immorali		
Costo complessivo dell’Azione	€ 100.000,00		
Fasi di realizzazione dell’Azione	Fase 1: Censimento e verifica procedure autorizzato rie pozzi artesiani Fase 2: Realizzazione estensione rete idrica		
Indicatori di risultato (individuare almeno 2 indicatori)	Indicatore 1: Nr. pozzi artesiani censiti; Nr. pozzi artesiani autorizzati Indicatore 2: Nr. abitazioni collegate alla rete idrica		
Monitoraggio	Misurazione Indicatore 1* Misurazione Indicatore 2* * Misurazione di ciascun Indicatore al 31/12 di ciascun anno di validità del Piano di Adattamento		
Note	Inserire eventuali note		



Scheda 6

Titolo dell'Azione: Sistema di monitoraggio e allerta sottopasso Via dei Cipressi	Descrizione: Realizzazione di un sistema di monitoraggio e allerta della popolazione in caso di allagamento, dovuto alle forti piogge che caratterizzano il clima attuale e quello futuro, del sottopasso posto in corrispondenza di Via dei Cipressi.		
Tipologia di Azione	Strutturale <input checked="" type="checkbox"/>	Non Strutturale <input type="checkbox"/>	
Tempistica dell'Azione (indicare se l'azione è di breve, medio o lungo periodo)	Breve <input type="checkbox"/>	Medio <input checked="" type="checkbox"/>	Lungo <input type="checkbox"/>
Dirigente Responsabile dell'Azione	Andrea Immorali Settore Programmazione e Sviluppo del territorio		
U.O. Competente e referenti dell'Azione	U.O. Manutenzioni e Protezione Civile Susanna Berti		
Costo complessivo dell'Azione	€ 50.000		
Fasi di realizzazione dell'Azione	Fase 1: Progettazione sistema di monitoraggio e allerta Fase 2: Realizzazione sistema di monitoraggio e allerta		
Indicatori di risultato (individuare almeno 2 indicatori)	Indicatore 1: Approvazione delibera progetto esecutivo Indicatore 2: messa in esercizio		
Monitoraggio	Misurazione Indicatore 1* Misurazione Indicatore 2* * Misurazione di ciascun Indicatore al 31/12 di ciascun anno di validità del Piano di Adattamento		
Note	Inserire eventuali note		

Scheda 7

Titolo dell'Azione: Sistema di allertamento della popolazione mediante sirena per rischio	Descrizione: Vengono installati due idrometri e un pluviometro per il rilevamento di dati meteo su due fossi tombati, in modo da poter allertare la popolazione attraverso sirene in maniera automatica
--	---



idraulico			
Tipologia di Azione	Strutturale <input type="checkbox"/>	Non Strutturale X	
Tempistica dell’Azione	Breve X	Medio <input type="checkbox"/>	Lungo <input type="checkbox"/>
Dirigente Responsabile dell’Azione	Andrea Immorali Settore Programmazione e Sviluppo del Territorio		
U.O. Competente e referenti dell’Azione	U.O. Manutenzioni e Protezione Civile Susanna Berti		
Costo complessivo dell’Azione	€ 116.099,14		
Fasi di realizzazione dell’Azione	Fase 1: realizzazione dell’opera Fase 2: formazione e informazione della popolazione coinvolta		
Indicatori di risultato <small>(individuare almeno 2 indicatori)</small>	Indicatore 1: collaudo dell’opera Indicatore 2: buon esito dell’esercitazione		
Monitoraggio	Misurazione Indicatore 1* Test di funzionamento dell’impianto Misurazione Indicatore 2* Feedback della percezione della popolazione		
Note	Inserire eventuali note:		

Scheda 8

Titolo dell’Azione: Campagne informative e di sensibilizzazione sui cambiamenti climatici	Descrizione: Organizzazione di una campagna informativa rivolta alla cittadinanza sulle conseguenze dei cambiamenti climatici in relazione al territorio comunale, con particolare riferimento ai rischi derivanti da alluvioni e "bombe d'acqua". La campagna sarà articolata con una serie di assemblee pubbliche, alcuni incontri mirati a specifiche categorie (quali insegnanti, volontari, ecc.) e momenti formativi rivolti a tecnici e ordini professionali, interessati a vario titolo alla pianificazione e progettazione territoriale.		
Tipologia di Azione	Strutturale <input type="checkbox"/>	Non Strutturale X	
Tempistica dell’Azione <small>(indicare se l’azione è di breve, medio o lungo periodo)</small>	Breve <input type="checkbox"/>	Medio X	Lungo <input type="checkbox"/>



Dirigente dell'Azione	Responsabile	Maria Castallo Settore Segretariato - Supporto Organi di Governo
U.O. referenti dell'Azione	Competente e	U.O. Supporto Organi di Governo Clementina Fantoni
Costo dell'Azione	complessivo	€ 10.000,00
Fasi di realizzazione dell'Azione		Fase 1: Co-progettazione campagna insieme agli stakeholders sensibili Fase 2: realizzazione assemblee pubbliche
Indicatori di risultato (individuare almeno 2 indicatori)		Indicatore 1: approvazione delibera campagna di sensibilizzazione Indicatore 2: numero assemblee pubbliche realizzate
Monitoraggio		Misurazione Indicatore 1* Misurazione Indicatore 2* * Misurazione di ciascun Indicatore al 31/12 di ciascun anno di validità del Piano di Adattamento
Note		Inserire eventuali note