

Valutazione globale provvisoria dei problemi relativi alla  
valutazione e gestione del rischio di alluvione nella parte  
afferdente alla Regione Emilia – Romagna del Distretto  
Idrografico dell'Appennino Settentrionale

Direttiva 2007/60/CE e D.Lgs. n. 49 del 23.02.2010

## MAPPE DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO

*Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni*

(art. 6 Direttiva 2007/60/CE e art. 6 D.Lgs 49/2010)

Relazione Tecnica sugli Aspetti Metodologici

**(UoM ITI021, UoM ITR081, UoM ITI01319)**

VERSIONE 2.0

Dicembre 2013

**ATTUAZIONE DIRETTIVA 2007/60/CE e D.Lgs. 49/2010**

**A cura di:**

Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica (DG Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa)

Coordinamento delle attività per l'attuazione della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010.

Rapporti con le Autorità di Bacino nazionali, MATTM, ISPRA.

Supporto alla stesura di metodologie e indirizzi operativi. Relazioni Tecniche.

Autorità di Bacino del fiume Reno, Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli

Autorità di Bacino Marecchia–Conca

Autorità di Bacino del fiume Po (coordinamento distretto padano)

Autorità di Bacino fiume Arno (coordinamento distretto Appennino settentrionale)

Autorità di Bacino fiume Tevere (coordinamento distretto Appennino centrale)

Elaborazione mappe della pericolosità di alluvione dei corsi d'acqua naturali, analisi del rischio e rapporti con la pianificazione di bacino vigente.

Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (DG Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa)

Elaborazione mappe della pericolosità e del rischio per fenomeni di ingressione marina.

Sistematizzazione banche dati, elaborazioni cartografiche e supporto alla produzione delle mappe del rischio di alluvione.

Supporto alla elaborazione delle mappe di pericolosità dell'ambito di bonifica e analisi morfologiche.

Servizi Tecnici di Bacino (DG Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa)

Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPO)

Verifica preliminare mappe e segnalazioni criticità.

Servizio tutela e risanamento risorsa acqua (DG Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa)

Rapporti con la Direttiva 2000/60/CE.

Agenzia Regionale di Protezione Civile

Banche dati elementi esposti e rapporto con la pianificazione di emergenze.

Servizio comunicazione, educazione alla sostenibilità e strumenti di partecipazione

(DG Centrale Organizzazione, Personale, Sistemi Informativi E Telematica)

Supporto nella fase di informazione, comunicazione, partecipazione e sviluppo strumenti dedicati.

Consorzi di Bonifica

Analisi della pericolosità di alluvione della rete di bonifica.

Province

Banche dati elementi esposti.

Messa a disposizione PTCP (parte rischio idraulico), Piani di Emergenza Protezione Civile.

ARPA Emilia-Romagna

Cambiamenti climatici e supporto all'aggiornamento dei dati idrologici (studio pilota).

**REDAZIONE DOCUMENTO:**

Patrizia Ercoli (Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica)

INDICE

1. Premessa.....	5
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO SPECIFICO .....	7
3. I DISTRETTI IDROGRAFICI.....	8
4. I SOGGETTI COMPETENTI.....	10
5. LA VALUTAZIONE PRELIMINARE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI .....	11
6. LE MAPPE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DI ALLUVIONE.....	12
6.1 IL DOCUMENTO TECNICO DI RIFERIMENTO PER LA PREDISPOSIZIONE DELLE MAPPE ..	14
6.2 IL QUADRO DI RIFERIMENTO E GLI AMBITI INDAGATI .....	16
6.3 MAPPE DELLA PERICOLOSITA' .....	16
6.4 I CAMBIAMENTI CLIMATICI.....	27
6.5 MAPPE DEL DANNO (UOM ITI021, UOM ITR081, UOM ITI01319).....	28
6.5.1 Gli elementi esposti .....	28
6.5.2 Fonte dei dati per gli elementi esposti.....	28
6.5.3 La vulnerabilità.....	35
6.5.4 Il danno potenziale.....	35
6.6 MAPPE DEL RISCHIO (UOM ITI021, UOM ITR081, UOM ITI01319).....	47
6.6.1 Definizione e classi di rischio.....	47
6.6.2 Matrice del rischio.....	48
6.7 CONSIDERAZIONI FINALI.....	51
ALLEGATO 1 .....	52
Metodologia per la mappatura della pericolosità di alluvione del reticolo idrografico artificiale di pianura in Regione Emilia-Romagna .....	52
1. Premessa.....	54
2. Le classi di pericolosità previste dalla Direttiva 2007/60 e dal D.Lgs. 49/2010 e i dati richiesti.....	55
3. Metodologia operativa per la mappatura della pericolosità sul reticolo artificiale di bonifica (metodo semplificato).....	56
4. Mappe della pericolosità di dettaglio ottenute a partire da modellazioni idrologico-idrauliche del reticolo artificiale di bonifica (metodo completo).....	59
5. Sintesi dei metodi utilizzati .....	59
6. Livelli di conoscenza e di confidenza .....	60
7. Modello organizzativo.....	60
8. Conclusioni.....	60
ALLEGATO A ALLA RELAZIONE TECNICA «AMBITO DI BONIFICA» .....	62
IL CONTRIBUTO ALLA FORMAZIONE DI UNA CARTOGRAFIA DI PERICOLOSITÀ RELATIVA AL RETICOLO IDROGRAFICO CONSORTILE .....	62
1. Materiali.....	63
1.1 Cartografia delle aree storicamente allagate o allagabili nei comprensori di bonifica.....	63
1.2 Un confronto preliminare con altri dati ambientali.....	66
2. Approssimazioni compiute e indicazioni per successivi approfondimenti.....	68
APPROFONDIMENTO .....	70
Sperimentazione per una cartografia delle aree morfologicamente depresse: il caso di studio dei Consorzi Burana ed Emilia Centrale.....	70
Finalità e metodo. ....	70
Risultati e proposte per futuri sviluppi.....	73
ALLEGATO 2 .....	77
Relazione Tecnica a corredo delle mappe Della Pericolosità e del Rischio di Alluvioni per l'Ambito Costiero .....	77
3 - Le alluvioni storiche in Emilia-Romagna .....	85
4 - Gli scenari utilizzati nell'analisi .....	88
5 – Metodologia per la mappatura della pericolosità nelle aree costiere .....	89
5.2 - Perimetrazione delle zone inondabili .....	90

<b>6.1 – Analisi dell’uso del suolo .....</b>	<b>97</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>105</b>
<b>Glossario .....</b>	<b>106</b>

## 1. Premessa

La presente relazione costituisce un approfondimento del documento per la consultazione pubblica “Valutazione globale provvisoria dei problemi relativi alla valutazione e gestione del rischio di alluvione nella parte afferente alla Regione Emilia – Romagna del Distretto Idrografico dell’Appennino Settentrionale”, pubblicato nel giugno 2013 secondo quanto previsto dal Decreto Legislativo 152/2006 (*Testo Unico Ambientale*), art.66 comma 7, ed intende fornire, in modo sintetico, una descrizione della metodologia e del processo che si sono seguiti per arrivare alla elaborazione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni, in ottemperanza a quanto richiesto dalla Direttiva 2007/60/Ce e dal Decreto Legislativo 49/2010.

La comunicazione e la partecipazione pubblica rivestono, infatti, un ruolo strategico nel percorso di predisposizione delle mappe e del piano di gestione del rischio di alluvioni<sup>1</sup> ed è, pertanto, importante non solo garantire la conoscenza e il coinvolgimento degli stakeholders (istituzionali e non) e del pubblico più vasto mediante la pubblicazione delle mappe e della valutazione globale provvisoria, ma anche chiarire gli approcci e le principali criticità del processo.

L’ambito territoriale a cui il documento si riferisce è il settore emiliano - romagnolo del Distretto Idrografico dell’Appennino Settentrionale, corrispondente ai seguenti bacini idrografici, elencati tra gli altri all’art. 64, comma 1 lett.c) del D.Lgs. 152/06 nell’ordine:

- 1) Conca Marecchia, già bacino interregionale ai sensi della Legge n. 183 del 1989
- 2) Reno, già bacino interregionale ai sensi della Legge n. 183 del 1989
- 3) Fiumi Uniti, Montone, Ronco, Savio, Rubicone e Uso, già bacini regionali ai sensi della legge n. 183 del 1989
- 4) Lamone, già bacino regionale ai sensi della legge n. 183 del 1989

---

<sup>1</sup> Gli articoli 9 e 10 della Direttiva 2007/60/CE, prevedono, infatti, che:

- “La partecipazione attiva di tutte le parti interessate, prevista dall’ articolo 10 della presente direttiva, è coordinata, se opportuno, con la partecipazione attiva delle parti interessate prevista dall’ articolo 14 della direttiva 2000/60/CE” (Art. 9, par.3).
- “Ai sensi della normativa comunitaria applicabile, gli Stati membri mettono a disposizione del pubblico la valutazione preliminare del rischio di alluvione, le mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni e i piani di gestione del rischio di alluvioni.” (Articolo 10, par. 1).
- “Gli Stati membri incoraggiano la partecipazione attiva delle parti interessate all’ elaborazione, al riesame e all’aggiornamento dei piani di gestione del rischio alluvioni di cui al capo IV.” (Art. 10, par. 2).

Tali adempimenti sono ribaditi anche nel D.Lgs. 49/2010, all’articolo 10 “Informazione e consultazione del pubblico” :

1. Le autorità di bacino distrettuali di cui all’articolo 63 del decreto legislativo n. 152 del 2006 e le regioni afferenti il bacino idrografico in coordinamento tra loro e con il Dipartimento nazionale della protezione civile, ciascuna per le proprie competenze, mettono a disposizione del pubblico la valutazione preliminare del rischio di alluvioni, le mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni ed i piani di gestione del rischio di alluvioni di cui agli articoli 4, 6 e 7.
2. Le stesse autorità di cui al comma 1 promuovono la partecipazione attiva di tutti i soggetti interessati di cui all’articolo 9, comma 3, lettera c), all’elaborazione, al riesame e all’aggiornamento dei piani di gestione di cui agli articoli 7 e 8.

- 5) bacini minori afferenti alla costa Romagnola, già bacini regionali ai sensi della legge n. 183 del 1989.

Tali bacini afferiscono ai territori di competenza delle seguenti Autorità di Bacino:

- A) Autorità di Bacino Interregionale Marecchia – Conca (bacino di cui al punto 1 dell'elenco precedente)
- B) Autorità di Bacino Interregionale del fiume Reno (bacino di cui al punto 2 dell'elenco precedente)
- C) Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli (bacini di cui ai punti 3, 4 e 5 dell'elenco precedente)

Le tre Autorità di Bacino (che ricadono all'interno del distretto dell'Appennino Settentrionale e, prevalentemente nel territorio della regione Emilia-Romagna) sono anche state definite da ISPRA Competent Authority per l'attuazione della Direttiva 2007/60/CE e vengono identificate con i seguenti codici di riferimento:

- A) ITI01319: Autorità di Bacino Interregionale Marecchia – Conca
- B) ITI021: Autorità di Bacino Interregionale del fiume Reno
- C) ITR081: Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli

## 2. INQUADRAMENTO NORMATIVO SPECIFICO

La Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni, recepita nell'ordinamento italiano con il Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n. 49, in analogia a quanto predispone la Direttiva 2000/60/CE in materia di qualità delle acque, vuole creare un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la gestione dei fenomeni alluvionali e si pone, pertanto, l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture.

La Direttiva e il D.lgs. 49/2010 privilegiano un approccio di pianificazione a lungo termine, scandito in tre tappe successive e tra loro concatenate (Figura a), che prevede:

- fase 1: valutazione preliminare del rischio di alluvioni;
- fase 2: elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione;
- fase 3: predisposizione del piano di gestione del rischio di alluvioni.

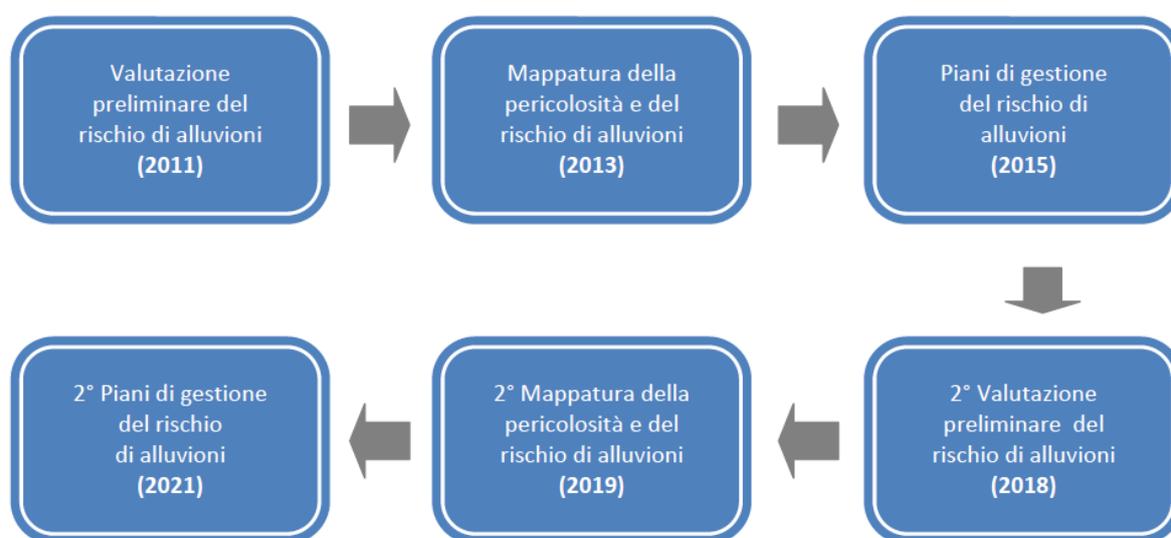


Figura a – Ciclo di attuazione previsto dalla Direttiva 2007/60/Ce e dal D.Lgs. 49/2010

Attualmente gli Enti competenti all'attuazione della direttiva e del decreto sono impegnati nella elaborazione di quanto previsto nella fase 2 (mappe della pericolosità e del rischio), avendo il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare comunicato alla Commissione Europea, su indicazione delle Autorità di Bacino, entro i termini stabiliti, di derogare dalla valutazione preliminare del rischio di alluvioni (par. 5).

Le scadenze temporali imposte dai due dispositivi normativi per ciascuna delle tre fasi previste sono schematicamente indicate in Figura b.

La normativa prevede che gli elementi di cui al piano di gestione del rischio di alluvioni (fase 1, 2 e 3) siano riesaminati periodicamente e, se del caso, aggiornati, anche tenendo conto delle probabili ripercussioni dei cambiamenti climatici sul verificarsi delle alluvioni. L’attuazione della direttiva e del D.lgs. 49/2010 è, pertanto, ciclica, essendo previsto un primo riesame della valutazione preliminare del rischio al 2018, delle mappe della pericolosità al 2019 e del piano di gestione al 2021 e, successivamente, ogni 6 anni.

L’unità territoriale di riferimento indicata dalla direttiva per la predisposizione delle mappe e del piano di gestione è il distretto idrografico.

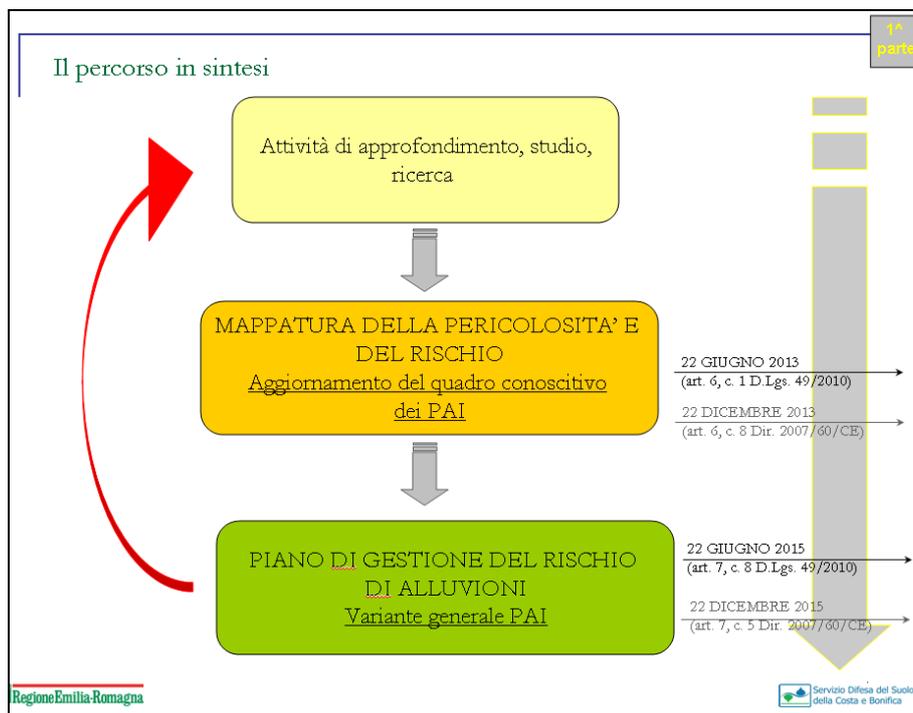


Figura b – Le fasi di attuazione previste dal D.Lgs. 49/2010 e dalla Direttiva 2007/60/CE

### 3. I DISTRETTI IDROGRAFICI

Per rispondere al dettato della Direttiva Quadro sulle Acque (Dir. 2000/60/CE) e di quelle che man mano vanno a inserirsi nella cornice (framework) da essa delineata, come la Direttiva “Alluvioni” (Dir. 2007/60/CE), il legislatore italiano, con il D. Lgs. 152/2006, opera una radicale riorganizzazione dell’assetto precedentemente impostato dalla L. 183/89, suddividendo il territorio nazionale in soli **8 distretti idrografici** (art. 64 D.lgs. 152/2006): Alpi Orientali, Padano, Appennino Settentrionale, Serchio (distretto pilota), Appennino Centrale, Appennino meridionale, Sardegna e Sicilia, che originano dalla riaggregazione dei bacini elementari già elencati dalla L. 183/89 e classificati in: nazionali, interregionali e regionali.

Come si vede dalla mappa (Figura c), in Emilia Romagna gli ambiti di pianificazione di bacino passano così dai cinque originari (bacino del Po, del Reno, Bacini Romagnoli, bacino del Marecchia e Conca e del Tevere) a tre:

- Distretto idrografico Padano (invariato rispetto al bacino del Po), che raccoglie gli affluenti di destra del Po che scorrono nelle province di Piacenza, Parma, Reggio Emilia, Modena, Ferrara;
- Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, che raccoglie i corsi d'acqua che sfociano direttamente in Adriatico dopo aver solcato le province di Bologna, Ravenna, Forlì - Cesena e Rimini;
- Distretto idrografico dell'Appennino Centrale, di poche decine di chilometri quadrati (circa 27 km<sup>2</sup>), corrispondenti alle testate della valle del Tevere e del suo primo tributario Teveriola, in provincia di Forlì - Cesena.

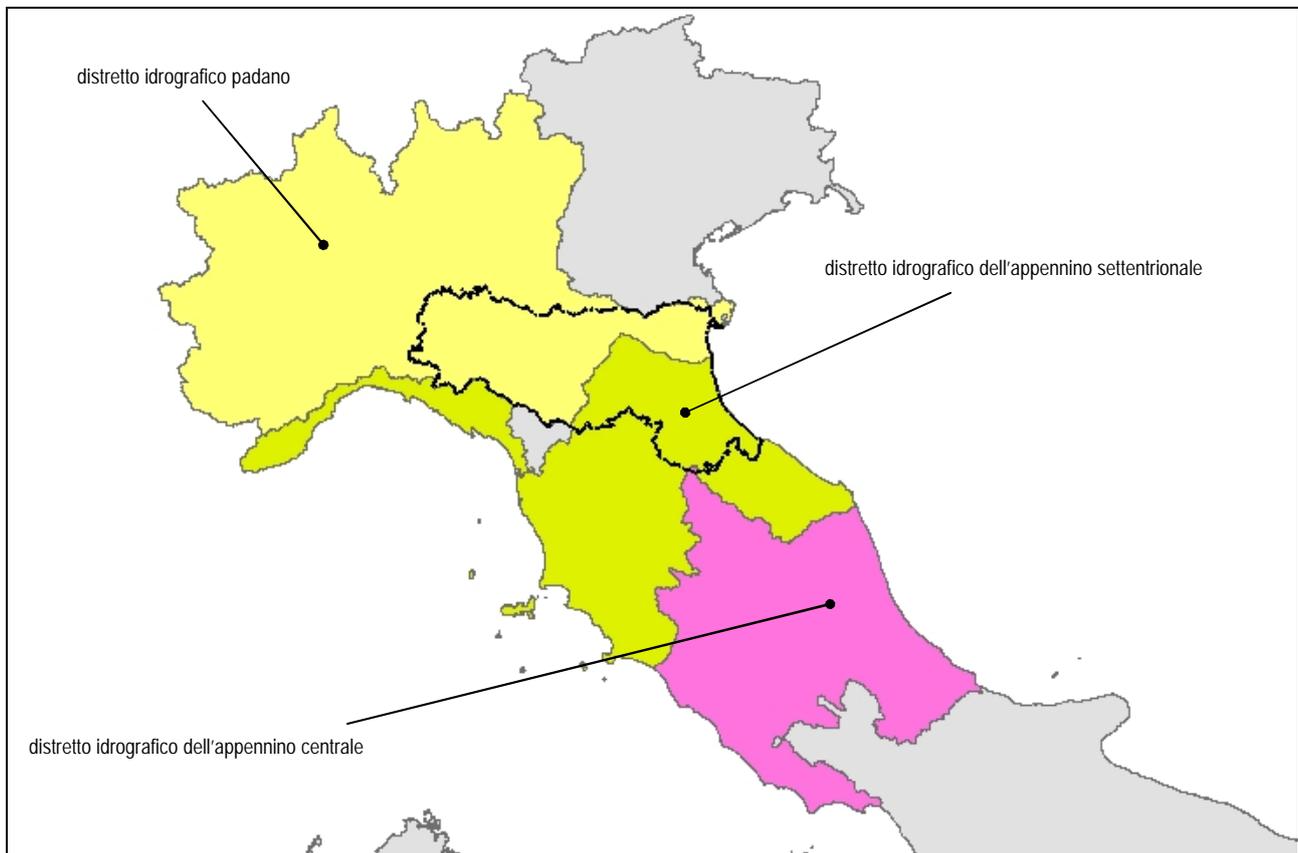


Figura c – La Regione Emilia-Romagna e i tre distretti idrografici che la interessano: padano, dell'Appennino Settentrionale e dell'Appennino Centrale

#### 4. I SOGGETTI COMPETENTI

In base al D.Lgs. 49/2010, i soggetti competenti agli adempimenti di cui sopra sono le Autorità di bacino distrettuali (come definite all'art. 63 del D.Lgs. 152/2006) e le Regioni, che in coordinamento tra loro e con il Dipartimento nazionale della protezione civile, predispongono la parte dei piani di gestione per il distretto idrografico relativa al sistema di allertamento nazionale, statale e regionale, per il rischio idraulico ai fini di protezione civile.

Non essendo ancora, ad oggi, pienamente operative le Autorità di Distretto, con il D.Lgs. 219 del 10 dicembre 2010 si è stabilito che (art. 4, c. 1, lett. b “Misure transitorie”):

*“le Autorità di Bacino di rilievo nazionale, di cui alla legge 183/1989, e le regioni, ciascuna per la parte di territorio di propria competenza, provvedono all’adempimento degli obblighi previsti dal D.lgs. 23 febbraio 2010. n. 49. Ai fini della predisposizione degli strumenti di pianificazione di cui al predetto D.lgs. 49 del 2010, le autorità di bacino di rilievo nazionale svolgono funzione di coordinamento nell’ambito del distretto idrografico di appartenenza”.*

Il D.lgs. 219/2010 all'art. 4, c. 3, inoltre, aggiunge:

*“L’approvazione di atti di rilevanza distrettuale è effettuata dai comitati istituzionali e tecnici delle autorità di bacino di rilievo nazionale, integrati da componenti designati dalle regioni il cui territorio ricade nel distretto idrografico a cui gli atti si riferiscono se non già rappresentate nei medesimi comitati”.*

Secondo quanto sopra esposto, ciò implica, da un lato, per la porzione di territorio che comprende gli affluenti del Po e del Tevere, la completa coincidenza del territorio regionale con l'ambito dell'Autorità di Bacino nazionale (che, quindi, provvedono direttamente agli adempimenti previsti dal D.lgs. 49/2010), dall'altro, per la restante porzione (ricadente nell'Appennino Settentrionale), la presa in carico diretta da parte della Regione Emilia-Romagna dell'applicazione dei contenuti del D.lgs. 49/2010, sotto il coordinamento dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Per rispondere a questa incombenza la Regione Emilia - Romagna ha orientato la propria organizzazione tenendo conto della complessità tecnica degli obiettivi richiesti dalla Direttiva e dalla articolazione delle competenze in materia di difesa del suolo nel contesto regionale.

Le attività in corso vengono svolte unitamente e con il supporto delle Autorità di Bacino nazionali e con la collaborazione delle Autorità di Bacino regionali e interregionali e dei Servizi regionali in base alle diverse competenze che cooperano concretamente nella definizione di metodologie, raccolta, gestione e elaborazione dei dati necessari alla mappatura di pericolosità ed alla valutazione del rischio di inondazioni.

A tale fine è stato istituito con Det. n. 3757 del 5/04/2011 un apposito Gruppo di Lavoro per l'attuazione del D.lgs. 49/2010 che vede la partecipazione delle seguenti strutture:

- Servizio difesa del suolo, della costa e bonifica (coordinamento)
- Autorità di Bacino del fiume Reno

- Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli
- Autorità di Bacino Interregionale Marecchia-Conca
- Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli
- Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua
- Agenzia Regionale di Protezione Civile

Per gli adempimenti di carattere più operativo, il gruppo di lavoro di cui sopra lavora in stretta collaborazione con i seguenti Enti e strutture che contribuiscono ognuno per le rispettive competenze:

- Servizi Tecnici di Bacino regionali e AIPO
- Province
- Consorzi di Bonifica e Urber
- ARPA
- Servizio Comunicazione, Educazione alla sostenibilità e strumenti di partecipazione

## **5. LA VALUTAZIONE PRELIMINARE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI**

Ai sensi dell'art. 4 del D.lgs. 49/2010, la valutazione preliminare del rischio di alluvioni (fase 1) fornisce una stima dei rischi potenziali connessi a tali fenomeni, effettuata sulla base delle informazioni disponibili, di dati registrati, di analisi speditive e degli studi sugli sviluppi a lungo termine, comprendendo almeno le seguenti componenti (art. 4, c 2):

lett. a) *“cartografie tematiche del distretto idrografico in scala appropriata comprendenti i limiti amministrativi, i confini dei bacini idrografici, dei sottobacini, delle zone costiere, dalle quali risulti la topografia e l'uso del territorio”*;

lett. b) *“descrizione delle alluvioni avvenute in passato che hanno avuto notevoli conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali e che, con elevata probabilità, possono ancora verificarsi in futuro in maniera simile, compresa l'estensione dell'area inondabile e, ove noti, le modalità di deflusso delle acque, gli effetti al suolo e una valutazione delle conseguenze negative che hanno avuto”*;

lett. c) *“descrizione delle alluvioni significative avvenute in passato che, pur non avendo avuto notevoli conseguenze negative ne potrebbero avere in futuro”*;

lett. d) *“valutazione delle potenziali conseguenze negative di future alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali, tenendo conto di elementi quali la topografia, la localizzazione dei corpi idrici superficiali e le loro caratteristiche idrologiche e geomorfologiche generali, le aree di espansione naturale delle piene, l'efficacia delle infrastrutture artificiali esistenti per la difesa dalle alluvioni, la localizzazione delle*

*aree popolate, di quelle ove esistono attività economiche e sociali e gli scenari a lungo termine, quali quelli socio economici e ambientali, determinati anche dagli effetti dei cambiamenti climatici".*

L'esistenza sul territorio italiano della pianificazione di bacino redatta dalle Autorità di Bacino Nazionali, Interregionali e Regionali ai sensi della Legge 183/89 e, in particolare, la vigenza dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) redatti ai sensi della Legge 267/98 ha portato a decidere a livello nazionale di non svolgere la valutazione preliminare del rischio di alluvioni ritenendo il livello delle informazioni contenute nei piani adeguato ai requisiti richiesti e di procedere direttamente alla elaborazione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni con i criteri previsti dalla direttiva e dal suo decreto di attuazione, applicando, quindi, le misure transitorie previste all'art. 11 c. 1 dello stesso.

Tale decisione risulta dagli atti dei Comitati Tecnici delle Autorità di Bacino ricomprese nel territorio della Regione Emilia-Romagna (dicembre 2010) e dalle relative comunicazioni al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare effettuate in occasione delle sedute dei Comitati Istituzionali dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno e del fiume Tevere del 21 dicembre 2010 e dal Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po n. 76 del 22 dicembre 2010.

La documentazione relativa ai suddetti Piani che interessano il territorio emiliano-romagnolo, comprendente la relazione di piano, in cui sono illustrati criteri e metodologie utilizzate ed risultati raggiunti, la normativa e le cartografie è disponibile presso le pagine web specifiche dal link:

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/chi-siamo/autorita-di-bacino>

In relazione alla valutazione preliminare del rischio di alluvioni, il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile ha incaricato il CNR-IRPI di Perugia di predisporre, secondo il formato richiesto dalla Commissione Europea, il catalogo AVI per la parte alluvioni, omogeneo per tutto il territorio italiano. Tenuto conto che l'AVI contiene informazioni fino al 2001, il catalogo è stato integrato con ulteriori informazioni relative ai principali eventi alluvionali che si sono verificati dal 2002 al 2011.

L'attività é connessa alla creazione di un catasto ufficiale, certificato e condiviso ai diversi livelli territoriali, finalizzato all'aggiornamento del Piano di gestione, sia in funzione della perimetrazione delle aree a rischio, sia per la definizione degli scenari dei piani di emergenza.

Esso dovrà contenere tutti gli eventi segnalati dagli Enti locali che hanno determinato danni superiori ad una certa soglia, secondo i dati inseriti da ciascuna Regione e/o Autorità di bacino, su una piattaforma *WEB – BASED* che sarà predisposta a cura del Dipartimento della protezione civile.

## **6. LE MAPPE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DI ALLUVIONE**

La fase 2 prevista dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D.Lgs. 49/2010 è quella relativa alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvione (art. 6).

Il fenomeno alluvionale viene descritto nell'art. 2 “definizioni” del D.lgs. 49/2010 come: *“l'allagamento temporaneo, anche con trasporto ovvero mobilitazione di sedimenti anche ad alta densità, di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua. Ciò include le inondazioni causate da laghi, fiumi, torrenti, eventualmente reti di drenaggio artificiale, ogni altro corpo idrico superficiale anche a regime temporaneo, naturale o artificiale, le inondazioni marine delle zone costiere ed esclude allagamenti non direttamente imputabili ad eventi meteorologici”*<sup>2</sup>.

Le **mappe della pericolosità** devono, pertanto, indicare le aree geografiche potenzialmente allagabili con riferimento all'insieme di cause scatenanti sopra descritte, in relazione a tre scenari (art. 6, comma 2 D.Lgs. 49/2010):

- 1) Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi<sup>3</sup>;
- 2) Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità);
- 3) Alluvioni frequenti: tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (elevata probabilità).

Ciascuno scenario deve essere, inoltre, descritto attraverso almeno i seguenti elementi (art. 6, comma 3 D.Lgs. 49/2010):

- a) estensione dell'inondazione e portata della piena<sup>4</sup>;
- b) altezza e quota idrica<sup>5</sup>;
- c) caratteristiche del deflusso (velocità e portata).

---

<sup>2</sup> La Legge 6 agosto 2013, n.97 all'art. 19 “Modifiche al decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, in materia di valutazione e gestione dei rischi di alluvioni. Procedura di infrazione 2012/2054”, comma 1, riporta: “Al decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, sono apportate le seguenti modificazioni:

- a) all'articolo 2, comma 1, lettera a), le parole “non direttamente imputabili ad eventi meteorologici” sono sostituite dalle seguenti “causati da impianti fognari”;

In virtù di tale modifica, l'art. 2, comma 1, lett. a si legge:

“a) alluvione: l'allagamento temporaneo, anche con trasporto ovvero mobilitazione di sedimenti anche ad alta densità, di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua. Ciò include le inondazioni causate da laghi, fiumi, torrenti, eventualmente reti di drenaggio artificiale, ogni altro corpo idrico superficiale anche a regime temporaneo, naturale o artificiale, le inondazioni marine delle zone costiere ed esclude gli allagamenti causati da impianti fognari”.

<sup>3</sup> La Legge 6 agosto 2013, n.97 all'art. 19 “Modifiche al decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, in materia di valutazione e gestione dei rischi di alluvioni. Procedura di infrazione 2012/2054”, comma 1, lett. b), punto 2), riporta: 2) la lettera a) è sostituita dalla seguente:

« a) scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi ».

La precedente lett. a) “Alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento (bassa probabilità)” è pertanto sostituita da quanto sopra riportato.

<sup>4</sup> Il testo precedente relativo all'art. 6, comma 3, lett. a) «estensione dell'inondazione» è così sostituito dalla Legge 6 agosto 2013, n.97 all'art. 19 “Modifiche al decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, in materia di valutazione e gestione dei rischi di alluvioni. Procedura di infrazione 2012/2054”, comma 1, lett. c).

<sup>5</sup> Il testo precedente relativo all'art. 6, comma 3, lett. b) «altezza idrica o livello» è così sostituito dalla Legge 6 agosto 2013, n.97 all'art. 19 “Modifiche al decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, in materia di valutazione e gestione dei rischi di alluvioni. Procedura di infrazione 2012/2054”, comma 1, lett. c).

Il D.lgs. 49/2010 definisce all'art. 2 il rischio di alluvioni *“la combinazione della probabilità di accadimento di un evento alluvionale e delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali derivanti da tale evento”*.

Le mappe del rischio di alluvioni contengono, pertanto, tali elementi con riferimento ai predetti scenari.

## **6.1 IL DOCUMENTO TECNICO DI RIFERIMENTO PER LA PREDISPOSIZIONE DELLE MAPPE**

Secondo quanto previsto dal D.Lgs. 49/2010 (Allegato 1, Parte C), il Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare, con il contributo di ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, dell'Autorità di Bacino Nazionali e delle Regioni, ha emanato un documento contenente gli indirizzi operativi per la predisposizione delle mappe e la redazione del piano di gestione (*“Indirizzi operativi per l'attuazione della direttiva 2007/60/ce relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni”*, MATTM aprile 2013, di seguito indicato come *“Indirizzi operativi MATTM”*).

Tali indirizzi indicano le metodologie di definizione delle mappe di pericolosità e rischio sul territorio nazionale, utilizzando e valorizzando al massimo gli strumenti già predisposti nell'ambito della pianificazione di bacino in attuazione della normativa previgente (Piani di Assetto Idrogeologico, PAI) e gli studi per l'aggiornamento e l'attuazione del PAI, sviluppati a scala di bacino e a scala locale.

Secondo tale documento, dunque, che ha lo scopo non solo di soddisfare le richieste dei citati riferimenti normativi (Dir. 2007/60/CE e D.Lgs. 49/2010), ma di capitalizzare quanto fino ad oggi realizzato ed affrontare in modo condiviso, organico ed adeguato la gestione futura del rischio idraulico, le azioni da compiere per la stesura delle mappe si configurano fundamentalmente come un lavoro di aggiornamento, omogeneizzazione e valorizzazione e dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) vigenti.

Negli anzidetti indirizzi è scritto, infatti, che *“la stesura delle mappe di pericolosità e rischio da alluvione si presentano, allo stato attuale, come un lavoro di aggiornamento, omogeneizzazione e valorizzazione dei PAI vigenti al fine di raggiungere un primo livello comune a livello nazionale, in cui tutte le informazioni derivabili da dati già contenuti nei vigenti strumenti di pianificazione (PAI) siano rappresentate in modo omogeneo e coerente con le indicazioni riportate nell'art.6 del D. Lgs. 49/2010.”*

Negli indirizzi operativi sono specificati i criteri con cui operare l'omogeneizzazione dei parametri di pericolosità e rischio. In particolare gli indirizzi prevedono che *“[...] la parte principale della prima fase di lavoro, (che) deve portare i diversi Enti coinvolti, non tanto alla mera realizzazione di nuovi studi idrologici ed idraulici, redazione di carte o pianificazione di interventi, ma piuttosto ad un inquadramento di quanto già realizzato garantendo alla scadenza del giugno 2013 la*

*possibilità di disporre, a livello nazionale, di un unico sistema di rappresentazione condiviso ed uniforme delle condizioni di pericolosità e rischio idraulico, nel rispetto dei dettami del D.Lgs. 49/2010; ciò non esclude la possibilità di dettagliare, ove possibile, le condizioni minime di cui sopra in presenza di ulteriori dati per la specializzazione dei parametri di pericolosità e rischio.*

*[..] Per l'elaborazione delle "mappe di pericolosità" – richieste ai fini dello sviluppo del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – tenuto conto dei contenuti del D.Lgs. 49/2010, della mancanza di metodologie predefinite a livello nazionale, dell'esiguità di risorse economiche appropriate ed esclusivamente dedicate, al fine di ottimizzare quanto ad oggi realizzato, si procederà, quindi, a correlare e massimizzare i prodotti disponibili, per ottenere una caratterizzazione uniforme dell'intero territorio nazionale ed avere, così, una base comune sulla quale sarà possibile avviare la fase di Gestione del Rischio prevista per il 2015 e nell'ambito di essa programmare azioni di mitigazione del rischio, in termini strutturali e non strutturali, nonché le successive fasi di aggiornamento previste (2019 – 2021). Per quanto riguarda invece, l'individuazione e mappatura del rischio idraulico, la normativa indica con precisione i criteri di massima sia per la valutazione degli elementi esposti sia delle condizioni di rischio. Infatti, il D.Lgs. 49/2010 recepisce quanto indicato nel D.P.C.M. 29.09.98 [..]."*

In particolare, gli Indirizzi operativi prevedono, per chi ha provveduto "alla definizione e mappatura delle aree inondabili", la seguente classificazione delle stesse (pag. 16):

- *aree con elevata probabilità di accadimento ( $30 \leq T \leq 50$ ) - - >P3 (pericolosità elevata);*
- *aree con media probabilità di accadimento ( $100 \leq T \leq 200$ ) - - >P2 (pericolosità media);*
- *aree con bassa probabilità di accadimento ( $200 \leq T \leq 500$ ) - - >P1 (pericolosità bassa).*

Al fine di rendere congruente l'anzidetta classificazione con la pianificazione di bacino si è adottata la classificazione di seguito riportata dove le aree inondabili sono classificate in funzione del Tempo di ritorno critico ( $T_{RC}$ ) definito, per una data area, come il tempo di ritorno minimo dell'insieme degli eventi di pioggia che provocano un'inondazione dell'area stessa.

Le aree inondabili, in funzione del Tempo di ritorno critico, sono classificate, quindi:

- *aree con elevata probabilità di accadimento ( $T_{RC} \leq 50$ ) - - >P3 (pericolosità elevata);*
- *aree con media probabilità di accadimento ( $50 < T_{RC} \leq 200$ ) - - > P2 (pericolosità media);*
- *aree con bassa probabilità di accadimento ( $200 < T_{RC}$ ) - - >P1 (pericolosità bassa).*

Sulla base di questa classificazione e di quanto presente nei PAI si sono individuate le zone con pericolosità P1, P2 e P3 come spiegato nel dettaglio nei paragrafi successivi.

Il documento è pubblicato sul sito:

[http://www.minambiente.it/export/sites/default/archivio/allegati/vari/documento\\_definitivo\\_indirizzi\\_operativi\\_direttiva\\_alluvioni\\_gen\\_13.pdf](http://www.minambiente.it/export/sites/default/archivio/allegati/vari/documento_definitivo_indirizzi_operativi_direttiva_alluvioni_gen_13.pdf).

## 6.2 IL QUADRO DI RIFERIMENTO E GLI AMBITI INDAGATI

E' a seguito di quanto affermato dai suddetti indirizzi che, come detto in premessa, il riferimento principale per l'attuazione delle prime fasi della Direttiva 2007/60/CE è, per il territorio della regione Emilia-Romagna, la pianificazione esistente.

Le mappe predisposte, quindi, mettono a sistema e valorizzano il patrimonio già contenuto nei PAI, il cui sistema normativo e impianto rimane invariato: le mappe costituiscono il necessario quadro conoscitivo sulla base del quale predisporre il piano di gestione del rischio di alluvioni e mantengono piena coerenza con quanto espresso nei PAI, salvo aggiungere alcuni nuovi ambiti di indagine, in recepimento a quanto espresso nella direttiva.

Nel territorio regionale, infatti, le attività finalizzate alla mappatura della pericolosità e del rischio ai sensi dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010 sono state sviluppate, parallelamente, con riferimento ai seguenti ambiti omogenei:

- a) corsi d'acqua naturali (reticolo principale e secondario);
- c) reticolo artificiale di bonifica (nel territorio di pianura);
- d) ambito costiero.

## 6.3 MAPPE DELLA PERICOLOSITA'

### Corsi d'acqua naturali

La redazione delle mappe di pericolosità per i corsi d'acqua naturali (aste fluviali principali e secondarie) si è basata, essenzialmente, sul lavoro ad oggi svolto dalle Autorità di Bacino competenti sulle UoM alle quali la presente relazione si riferisce, utilizzando al meglio quanto contenuto nei rispettivi Piani di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e nei loro aggiornamenti.

Oltre alle perimetrazioni già comprese nei P.A.I. sono stati utilizzati, laddove possibile:

- studi di aggiornamento/revisione recenti, su tratti fluviali già ricompresi nei P.A.I., in corso di definitiva approvazione, ma validati dal punto di vista tecnico;
- studi e approfondimenti recenti, su tratti fluviali non indagati.

Il lavoro svolto è consistito, in sostanza, nell'aggiornare, integrare e omogeneizzare quanto contenuto nei P.A.I. vigenti al fine di arrivare ad una rappresentazione omogenea e coerente con quanto previsto nell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010.

E' opportuno evidenziare che la definizione di livelli di pericolosità omogenei in funzione dei parametri idraulici sui bacini esaminati potrà essere completata solo a seguito di una completa rimodellazione idraulica, eventualmente da porre in essere per il successivo ciclo di attuazione della Direttiva 2007/60/CE e il conseguente aggiornamento delle mappe, pertanto agli scopi dell'attuale lavoro si è proceduto utilizzando solo il materiale di studio già disponibile secondo gli indirizzi delle direttive fornite dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Per completezza, derivando il quadro della pericolosità dai P.A.I. vigenti, si sottolinea come anche l'input idrologico utilizzato per la elaborazione delle mappe della pericolosità in questo primo ciclo di attuazione della Direttiva 2007/60/CE ai fini della redazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni consista nell'insieme di studi specifici redatti ai fini della predisposizione dei P.A.I., ai quali si rimanda, pertanto, per maggiori dettagli.

#### EUUoMCode ITI021 (Autorità di bacino del Reno)

La delimitazione delle aree inondabili è stata effettuata per i tre scenari di alluvione indicati nella direttiva 2007/60/CE. I **tre scenari** sono stati indagati con approfondimento e dettaglio crescente dallo scenario con scarsa probabilità a quello con elevata probabilità di alluvioni.

Le aree allagabili sono state individuate sulla base degli studi e delle perimetrazioni dei **Piani stralcio per l'Assetto Idrogeologico e di Bacino (PAI) redatti dal 2000 al 2008**, secondo le modalità previste dalla normativa nazionale. Si sono inclusi integrazioni e aggiornamenti derivanti dall'attuazione degli interventi dei PAI o da approfondimenti.

Una prima fase di lavoro è stata dedicata all'omogeneizzazione delle perimetrazioni contenute nei 4 PAI stralcio del territorio dell'Autorità di bacino del Reno; si sono rielaborati gli strati vettoriali per il **miglioramento topologico e dei database associati**. Nella seconda fase di lavoro si è proceduto a definire una metodologia coerente ed omogenea per la **trasposizione delle perimetrazioni** eseguite nei PAI ai sensi della Legge 267/98 nelle mappe di pericolosità previste dalla direttiva europea. La terza ed ultima fase sono state **elaborate le mappe di pericolosità**.

In sintesi, tutte le perimetrazioni dei PAI sono state trasferite nelle mappe di pericolosità assegnando pericolosità elevata (P3) alle individuazioni degli **alvei attivi** dei corsi d'acqua e delle **aree ad alta probabilità d'inondazione** e pericolosità media (P2) alle **pertinenze fluviali**.

La mappatura della pericolosità è stata elaborata con **tre metodi**:

1. da **studi idrologici-idraulici** con modelli idraulici monodimensionali o con calcoli idraulici semplificati per i corsi d'acqua che attraversano le aree più popolate nelle **porzioni vallive e collinari** e successiva proiezione dei livelli idrometrici massimi sulle quote terreno, derivanti da rilievi topografici o dalle carte tecniche regionali (CTR) a scala 1:5000;
2. da **valutazioni di carattere geomorfologico-idraulico** per i tratti montani e i corsi d'acqua di minore importanza abbinate allo studio dell'evoluzione fluviale negli ultimi 60 anni, attraverso la cartografie e le foto aeree (primo anno di riferimento 1954 volo GAI);
3. da **studi idrologici-idraulici** con modelli idraulici monodimensionali per i corsi d'acqua di **pianura**, in prevalenza arginati, e con la valutazione delle aree maggiormente colpite dalle esondazioni e di quelle raggiunte sulla base dell'individuazione delle **celle idrauliche**, aree di territorio delimitate da rilevati e barriere, costituenti invasi delle alluvioni.

Si sono individuate le aree alluvionabili per 265 corsi d'acqua del bacino. Tali aree hanno un'estensione di 827 km<sup>2</sup> nello scenario P3 (elevata probabilità), di 3450 km<sup>2</sup> per P2 (media

probabilità) e di 4500 km<sup>2</sup> per P1 (scarsa probabilità), in questo calcolo le aree inondate da due corsi d'acqua diversi sono contate due volte.

La **probabilità di alluvione** nei primi due scenari deriva dalla probabilità della precipitazione di progetto utilizzata nei modelli idrologici per la valutazione degli idrogrammi di piena.

Per lo scenario ad elevata probabilità di inondazione si sono utilizzati **tempi di ritorno** ( $T_R$ ) di 25, 30 o 50 anni a seconda del tratto di corso d'acqua, per lo scenario a media probabilità di inondazione  $T_R$  100 o 200 anni. La scelta fra i diversi  $T_R$  è stata fatta in relazione alla conoscenza storica del grado di criticità dei vari tratti.

Lo scenario relativo alla **scarsa probabilità di alluvioni** è stato valutato solo in pianura con un approccio semplificato: si è assegnata una pericolosità P1 alle celle idrauliche vicine al corso d'acqua o adiacenti a celle con pericolosità P2 di ridotte dimensioni.

Nei tratti montani e collinari i massimi livelli di piena sono stati estesi alla sezione della valle per individuare le aree allagabili.

In pianura, l'involuppo dei massimi livelli di piena per determinato  $T_R$  è stato utilizzato per individuare i tratti soggetti a potenziale sormonto arginale. Dai **tratti di sormonto** si sono individuate le aree alluvionabili.

Nei tratti di corso d'acqua indagati con modelli idraulici si sono utilizzati rilievi topografici delle sezioni e delle opere trasversali, con distanza media di 500-600 m. Nei restanti tratti del reticolo si sono utilizzate le informazioni derivanti dalle CTR.

I modelli idraulici sono stati calibrati e validati sulla base di eventi storici utilizzando le serie misurate integrate con le informazioni di rilievo al suolo delle tracce e degli effetti della piena.

Lo studio delle portate di piena è stato effettuato con modelli idrologici afflussi-deflussi: semi-distribuito a parametri concentrati (ARNO Todini 1996) e per il T. Senio completamente distribuito e fisicamente basato (TOPKAPI Progea).

I **modelli idrologici** sono stati calibrati per eventi storici e gli idrogrammi di progetto derivano da eventi estremi di precipitazione di prefissato  $T_R$ . Lo studio delle piogge ha eseguito una regionalizzazione delle serie storiche e valutato fattori di crescita per diverse durate (1, 3, 6, 12, 18, 24 ore).

Si sono utilizzati i seguenti modelli idraulici di moto vario: PAB, MIKE11 e HEC-RAS.

La scala di analisi delle mappe è 1:5000 in Emilia-Romagna e 1:10000 in Toscana.

Per le mappe di pericolosità si è adottata una gradazione del **livello di confidenza (LC)** in tre classi da basso (1) ad alto (3).

Le aree P3 hanno un LC pari a 3, le aree P2 generalmente pari a 1 se derivanti dalle celle idrauliche, a 2 dal criterio geomorfologico e a 3 dai modelli idraulici, le aree P1 hanno, generalmente, LC pari 1.

Non sono stati valutati per la redazione delle mappe scenari di cedimento/rottura dei rilevati arginali (rischio residuale), tema già trattato nel P.A.I. e di cui si terrà conto a livello di azioni da mettere in campo in caso di evento nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni in via di elaborazione (2015).

Si è considerato l'effetto a lungo termine della **subsidenza** nelle aree di pianura vulnerabili. I cambiamenti climatici sono stati valutati indirettamente, applicando **condizioni cautelative** nei modelli idrologici. Inoltre, la **pericolosità** individuata è **potenziale** ossia, in ogni tratto, è valutata supponendo che le piene siano tutte contenute negli alvei nei tratti di monte, questo consente una programmazione degli interventi strutturali che non incida negativamente a monte e a valle.

#### EUUoMCode ITR081 (Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli)

Il reticolo idrografico principale è costituito dai seguenti corpi idrici: Pisciatello e Rubicone, Savio e Borello, Rabbi, Ronco, Montone, Lamone e Marzeno, Fiumi Uniti, Bevano e del Voltre.

La delimitazione delle aree inondabili è stata effettuata, in questa prima fase di attuazione della Direttiva 2007/60/CE, sulla base degli studi e delle perimetrazioni dei **Piani stralcio per l'Assetto Idrogeologico e di Bacino (PAI) redatti dal 2000 al 2008**, secondo le modalità previste dalla normativa nazionale. Si sono inclusi integrazioni e aggiornamenti derivanti dall'attuazione degli interventi dei PAI o da approfondimenti.

La stima del colmo delle portate di piena è stata effettuata mediante l'applicazione del metodo della regionalizzazione delle grandezze idrologiche proposto nell'ambito del progetto VA.PI. del CNR-GNDICI "piogge estreme di assegnata durata e tempo di ritorno" e "portate massime di piena di assegnato tempo di ritorno", sulla base dell'analisi statistica dei dati disponibili nel comparto Romagna-Marche (dal Reno al Tronto) del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano.

A partire dalle portate di piena di assegnato tempo di ritorno calcolate, si è stimato l'idrogramma di piena corrispondente basandosi sull'ipotesi di conservazione della curva delle durate di portata stimata nelle sezioni di chiusura. Le portate di picco alla chiusura del bacino collinare-montano dei fiumi principali sono disponibili per i tempi di ritorno 30, 50, 100, 200 e 500 anni.

La mappatura della pericolosità è stata elaborata con **tre metodi**:

- A) da **studi idrologici-idraulici** con modelli idraulici monodimensionali o con calcoli idraulici semplificati per i corsi d'acqua che attraversano le aree più popolate nelle **porzioni vallive e collinari** e successiva proiezione dei livelli idrometrici massimi sulle quote terreno, derivanti da rilievi topografici o dalle carte tecniche regionali (CTR) a scala 1:5000;
- B) da **valutazioni di carattere geomorfologico-idraulico** per i tratti montani e i corsi d'acqua di minore importanza abbinate allo studio dell'evoluzione fluviale negli ultimi 60 anni, attraverso la cartografie e le foto aeree (primo anno di riferimento 1954 volo GAI);
- C) da **studi idrologici-idraulici** con modelli idraulici monodimensionali per i corsi d'acqua di **pianura**, in prevalenza arginati, e con la valutazione delle aree maggiormente colpite dalle

esondazioni e di quelle raggiunte sulla base dell'individuazione delle **celle idrauliche**, aree di territorio delimitate da rilevati e barriere, costituenti invasi delle alluvioni.

Nel primo caso (A), i livelli di piena sono stati determinati con modelli idraulici. La morfologia degli alvei e del territorio ad essi adiacente è stata acquisita tramite specifiche campagne di rilievi topografici di dettaglio, di tipo celerimetrico, con restituzione delle sezioni trasversali e dei profili longitudinali del reticolo idrografico principale per i tratti significativi, vale a dire per i tratti in cui gli eventi di piena di riferimento possono coinvolgere ambiti territoriali antropizzati con potenziali danni a persone e/o a beni esposti.

Sono stati studiati mediante modellazione idraulica sia i corsi d'acqua principali sopra elencati, che alcuni corsi d'acqua secondari, identificati come prioritari ai fini della gestione dei rischi idraulici per i quali sono stati condotti, in tempi successivi rispetto al primo gruppo, specifici rilievi topografici e costruiti modelli idraulici in HEC-RAS. I corsi d'acqua interessati sono i seguenti.

1 Bacino del Savio

- 1.1 Rio Taverna
- 1.2 Fosso del Rio
- 1.3 Rio Cappella
- 1.4 Torrente Boratella

2 Bacino del Ronco-Bidente

- 2.1 Rio Grotta
- 2.2 Ausa Nuova
- 2.3 Rio Salso
- 2.4 Rio S. Giorgio

3 Bacino del Montone-Rabbi

- 3.1 Rio Cozzi-Converselle
- 3.2 Rio dell' Olmo
- 3.3 Ronco di Vecchiazano
- 3.4 Fosso di Predappio

4 Bacino del Lamone-Marzeno

- 4.1 Rio Campo Dosio
- 4.2 Torrente Tramazzo (abitato di Modigliana)
- 4.3 Torrente Ibola
- 4.4 Torrente Acerreta

Nelle porzioni collinari-montane la delimitazione delle aree inondabili è stata effettuata mediante l'individuazione sulle sezioni trasversali dei punti di intersezione dei livelli idrici con il profilo naturale del terreno la restituzione degli stessi punti in proiezione planimetrica ed il loro raccordo con il supporto delle Carte Tecniche Regionali in scala 1:5.000/10.000 e di immagini satellitari. Si sono così delimitate le aree interessate da eventi di piena con tempo di ritorno fino a 200 anni definite a pericolosità media (senario P2 o medium probability, M) e le aree interessate da eventi di piena con tempo di ritorno fino a 50 anni definite a pericolosità elevata (scenario P3 o high probability, H).

Per alcuni corsi d'acqua secondari del territorio di interesse (elencati in Tabella 1), è stata delineata sulla base di analisi di tipo geomorfologico una "fascia di espansione fluviale" (metodo B). Da un esame qualitativo delle fasce delineate, si è ritenuto ragionevole assimilare queste ultime alle "aree ad elevata probabilità di esondazione" ed attribuirvi la pericolosità elevata, P3.

	NOME	BACINO		NOME	BACINO
1	Torrente Ibola	LAMONE	28	Torrente Sasina	RONCO
2	Rio Tombarella	LAMONE	29	Torrente Tombina	RONCO
3	Rio Belvedere	LAMONE	30	Torrente Suasia	RONCO
4	Rio Albonello	LAMONE	31	Torrente Bidente di Ridracoli	RONCO
5	Torrente Samoggia	LAMONE	32	Torrente Bidente Fiumicino	RONCO
6	Rio Vitisano	LAMONE	33	Rio Ausa (Vecchia e Nuova)	RONCO
7	Rio San Cristoforo	LAMONE	34	Rio Grotta	RONCO
8	Rio Quinto	LAMONE	35	Torrente Bidente di Campigna	RONCO
9	Rio Campodosio	LAMONE	36	Torrente Bidente di Corniolo	RONCO
10	Torrente Tramazzo	LAMONE	37	Rio di Verghereto	RONCO
11	Torrente Acereta	LAMONE	38	Rio Salso	RONCO
12	Rio Purocielo	LAMONE	39	Torrente Para	SAVIO
13	Torrente Ebola	LAMONE	40	Rio Dei Mazzi (freddo)	SAVIO
14	Rio di Chio	LAMONE	41	Torrente Alferello	SAVIO
15	Rio Merle	LAMONE	42	Torrente Chiusa	SAVIO
16	Rio Sandrona	LAMONE	43	Torrente Fanante	SAVIO
17	Torrente di Cuzzano	MONTONE	44	Rio Maggio	SAVIO
18	Rio S. Antonio	MONTONE	45	Torrente Ansa	SAVIO
19	Rio di Sensano	MONTONE	46	Rio Sassignolo	SAVIO
20	Torrente Ridaccio	MONTONE	47	Rio Cella-S. Biagio	SAVIO
21	Torrente Brasina	MONTONE	48	Rio Capazza	SAVIO
22	Torrente Acquacheta	MONTONE	49	Rio Cesuola	SAVIO
23	Torrente Fiumicello	MONTONE	50	Rio S. Mauro	SAVIO
24	Torrente Fantella	MONTONE			
25	Rio Cosina	MONTONE			
26	Fiume Rabbi	RABBI			
27	Rio Ronco di Vecchiazano	MONTONE			

Tabella 1

Entro la fascia associata all'evento trentennale è stata anche identificata la zona interessata dalla piena di tempo di ritorno di 2 anni ("piena ordinaria") per i corsi d'acqua principali (Lamone, Marzeno, Montone, Ronco, Fiumi Uniti, Bevano, Savio, Borello, Rubicone, Pisciatello, Rabbi). Tale zona, delineata inizialmente mediante un calcolo idraulico sui modelli HEC-RAS disponibili all'Autorità di bacino e successivamente verificata con opportuni sopralluoghi, è da ritenersi rappresentativa dell'"alveo", la cui definizione è peraltro sempre necessariamente convenzionale.

L'alveo così delimitato comprende anche le zone che, in relazione alle dinamiche geomorfologiche del corso d'acqua, possono essere riattivabili ed interessate, a seguito di evoluzioni, dalla piena ordinaria. In pianura viene associata al concetto di alveo anche la fascia occupata dai rilevati arginali che del corso d'acqua costituiscono una pertinenza. A questa fascia è stata attribuita la pericolosità elevata P3.

Nei tratti arginati dei corsi d'acqua, ove il territorio è caratterizzato da minime differenze altimetriche (dell'ordine di pochi metri su distanze di alcuni chilometri) e altitudini talora inferiori al livello del mare, la determinazione delle porzioni soggette ad eventuali fenomeni di allagamento è stata effettuata tramite un attento esame micromorfologico delle curve di livello (metodo C), mediante l'utilizzo di un accurato modello altimetrico (DTM), nel quale le quote degli elementi naturali sono desunte dalla Carta Tecnica Regionale o da piani quotati più recenti se disponibili e quelle degli oggetti artificiali (infrastrutture lineari e relativi sottopassi e altri varchi idraulici) opportunamente distinti per prevedere i loro effetti sui percorsi idraulici.

Mediante specifiche elaborazioni GIS sono individuate le celle quadrate di 10 m per lato in cui, per effetto della minore quota, si convogliano le acque defluite dalle celle vicine (*flow accumulation*). Classificando opportunamente le celle in funzione del numero delle celle loro tributarie è possibile individuare i percorsi di flusso preferenziali in cui verosimilmente l'acqua si raccoglierà per fluire verso i punti più depressi della pianura.

La rappresentazione delle più probabili direzioni del flusso (*flow paths*), generata da considerazioni esclusivamente morfologiche, viene completata imponendo dei percorsi che originano dalle sezioni riconosciute inofficose dai modelli idraulici di propagazione, per eventi a moderata probabilità di accadimento (T200).

In ultimo, un algoritmo (*buffer by elevation change*), che agisce ugualmente su modello digitale del terreno, permette di associare alle direzioni di flusso così individuate le celle poste ad una quota compresa tra il fondo del percorso preferenziale e un dislivello imposto, identificando le aree che parteciperanno, pur con intensità decrescente, ai flussi idraulici nella pianura.

L'unione di tali nuove aree con quelle già precedentemente riconosciute a potenziale allagamento con criteri storici identifica l'ambito delle "Aree di potenziale allagamento" a cui è associata la pericolosità media P2 .

Con lo stesso criterio e in coordinamento con la competente Autorità di bacino, è stata elaborata la mappa delle aree della Bassa Romagna tra Lamone e Senio, ricadenti nei territori dell'Autorità di Bacino del Reno, potenzialmente allagabili dai flussi in uscita dal Lamone nei tratti inofficiosi per eventi di moderata probabilità P2.

Per quanto riguarda lo scenario corrispondente a bassa probabilità, da valutazioni condotte nell'ambito dello sviluppo dei modelli idraulici sulla base dei quali sono state perimetrate le zone a pericolosità moderata ed elevata per il territorio in esame, è emerso come, nei territori collinari e montani caratterizzati da una morfologia relativamente accentuata delle valli fluviali, l'estensione delle zone a pericolosità bassa (tempo di ritorno fino a 500 anni) risulti generalmente poco superiore a quella delle aree a moderata pericolosità (tempo di ritorno fra 100 e 200 anni). Le differenze fra le due estensioni sono di entità confrontabile con l'incertezza sulle fasce a moderata pericolosità, dovuta alla parametrizzazione delle scabrezze. Inoltre, la limitata robustezza delle estrapolazioni statistiche delle portate a tempi di ritorno così elevati rispetto alla lunghezza delle serie campionarie, e l'influenza dei cambiamenti climatici in atto motivano l'esigenza di subordinare

una mappatura delle zone a bassa pericolosità a ulteriori approfondimenti, e di soprassedere per il momento alla loro inclusione nelle mappe di pericolosità ai sensi del D.Lgs. 49/2010.

Nei territori di pianura il problema è reso ancor più evidente dal fatto che le zone allagabili per assegnato tempo di ritorno sono spesso determinate dal sormonto di arginature e dalla propagazione in morfologia fortemente condizionata da manufatti ed infrastrutture più che dalla naturale topografia. In tali condizioni risulta ancora più difficile identificare differenze significative fra gli allagamenti per tempi di ritorno di 200 e 500 anni, che in entrambi i casi corrisponderebbero ad ampie estensioni di territorio. E' comunque opportuno sottolineare che la perimetrazione presentata, che si limita a tempi di ritorno di 30 e 200 anni, fornisce indicazioni per la gestione delle alluvioni piuttosto complete, cui si ritiene che poco verrebbe comunque aggiunto dalla perimetrazione delle aree con tempo di ritorno di 500 anni.

In sintesi, facendo riferimento agli ambiti normati nei P.A.I.

in collina e montagna:

- le aree ad elevata probabilità di esondazione (soggette all'espansione del corso d'acqua per piene con tempo di ritorno non superiore a 30 anni) sono attribuite allo scenario a pericolosità elevata, P3 (F, frequente – H, high);
- le aree a moderata probabilità di esondazione (soggette all'espansione del corso d'acqua per piene con tempo di ritorno non superiore a 200 anni) - sono attribuite allo scenario a pericolosità media P2 (PF, poco frequente – M, medium)

in pianura:

- le aree di potenziale allagamento (soggette ad essere raggiunte dalle acque fuoriuscite dal reticolo di drenaggio artificiale, oppure dai corpi idrici naturali per piene con tempo di ritorno non superiore a 200 anni) sono attribuite allo scenario a pericolosità media P2 (PF, poco frequente – M, medium);
- la fascia di rispetto dai corpi arginali è associata allo scenario a pericolosità media P2PF, poco frequente – M, medium).

La scala di riferimento per l'analisi delle mappe è 1:10.000.

Si è considerato l'effetto a lungo termine della **subsidenza** nelle aree di pianura vulnerabili. I cambiamenti climatici sono stati valutati indirettamente, applicando **condizioni cautelative** nei modelli idrologici.

EUUoMCode ITI01319 (Autorità di Bacino Marecchia – Conca)

Il reticolo idrografico principale è costituito da sette corpi idrici con foce diretta in Adriatico: T. Uso, F. Marecchia–Ausa (con i principali tributari T. Senatello, T. Mazzocco, T. San Marino), T. Marano, Rio Melo, T. Conca, T. Ventena e T. Tavollo.

La delimitazione delle aree inondabili è stata effettuata, in questa prima attuazione della Direttiva 2007/60/CE, per i seguenti scenari:

- eventi a media probabilità di accadimento: piene con tempo di ritorno fino a 200 anni;
- eventi a elevata probabilità di accadimento: piene con tempo di ritorno fino a 50 anni;

La stima del colmo delle portate di piena in ciascuna delle sezioni significative dei singoli corsi d'acqua è stata condotta mediante il metodo proposto nel "Progetto Speciale VA.PI." (VALutazione Piene - GNDICI-CNR, 1995/'98). Tale metodologia consiste in una "regionalizzazione" che fa riferimento alla "portata indice", ovvero a quella portata "tipica" di ogni sezione il cui tempo di ritorno rimane costante nell'ambito della regione omogenea. La metodologia conduce alla definizione di due relazioni a validità regionale: la prima esprime l'entità della portata indice, individuata nel valore medio delle serie storiche di portate massime annuali al colmo  $Q_I$ , in funzione delle caratteristiche geomorfologiche e pluviometriche del bacino sotteso; la seconda  $q'(T_R)$  rappresenta la "curva di crescita" delle portate adimensionalizzate nei confronti dei rispettivi valori indice, ovvero il loro legame con il tempo di ritorno, cioè  $q'(T_R) = Q(T_R)/Q_I$ . Utilizzando le relazioni proposte, è possibile stimare i valori massimi di portata prevedibili, per i diversi tempi di ritorno, in corrispondenza di sezioni fluviali non strumentate, note alcune caratteristiche geomorfologiche e pluviometriche dei bacini sottesi dalle sezioni stesse. La curva di crescita nel metodo VA.PI. è basata sul modello probabilistico di distribuzione TCEV (Two Component Extreme Value).

Quali idrogrammi di piena di riferimento, si sono assunti idrogrammi triangolari sovrapposti a un deflusso di base costante pari al 10% del colmo di piena, con tempo di concentrazione pari a  $T_c$  (tempo di corrivazione) e tempo di esaurimento pari a  $2T_c$ . Il tempo di piena  $T_p$  risulta dunque triplice rispetto al tempo di corrivazione.

I livelli di piena sono stati determinati con modelli idraulici. La morfologia degli alvei e del territorio ad essi adiacente è stata acquisita tramite specifiche campagne di rilievi topografici di dettaglio, di tipo celerimetrico, con restituzione delle sezioni trasversali e dei profili longitudinali del reticolo idrografico principale per i tratti significativi, vale a dire per i tratti in cui gli eventi di piena di riferimento possono coinvolgere ambiti territoriali antropizzati con potenziali danni a persone e/o a beni esposti. Considerato il tipo di geometrie d'alveo, i modelli sviluppati sono tutti di tipo monodimensionali e quasi tutti in regime di moto vario. Si è utilizzato il regime di moto permanente, per semplicità ed a favore di sicurezza, solo in alcuni casi in cui risultavano con tutta evidenza trascurabili gli effetti di laminazione nella propagazione dell'onda di piena.

La delimitazione delle aree inondabili è stata effettuata mediante l'individuazione sulle sezioni trasversali dei punti di intersezione dei livelli idrici con il profilo naturale del terreno, la restituzione degli stessi punti in proiezione planimetrica ed il loro raccordo con il supporto delle Carte Tecniche Regionali in scala 1:5.000/10.000 e di immagini satellitari. Si sono così delimitate le aree interessate da eventi di piena con tempo di ritorno fino a 200 anni definite a pericolosità media (scenario P2 o medium, M) e le aree interessate da eventi di piena con tempo di ritorno fino a 50 anni definite a pericolosità elevata (scenario P3 o high, H). Inoltre sono stati delimitati gli alvei del reticolo idrografico principale definiti secondo criteri morfologici, vale a dire quali aree interessate

dal deflusso e dalla divagazione delle acque delimitate dal ciglio di sponda o, nel caso di tratti arginati, dai corpi arginali. Rientrano negli alvei tutte le aree morfologicamente appartenenti al corso d'acqua in quanto sedimenti storicamente interessati dal deflusso delle acque e riattivabili o sedimenti interessati dall'andamento pluricorsale del corso d'acqua e dalle sue naturali divagazioni. Gli alvei sono stati classificati a pericolosità elevata (P3, H).

Nei tratti arginati dei corsi d'acqua, le aree inondabili sono state individuate nel caso di superamento degli stessi dal livello delle piene. Non sono stati valutati per la redazione delle mappe scenari di cedimento/rottura dei rilevati arginali (rischio residuale), tema già trattato nel P.A.I. e di cui si terrà conto a livello di azioni da mettere in campo in caso di evento nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni in via di elaborazione (2015).

La scala di riferimento per l'analisi delle mappe è 1:10.000.

Si è considerato l'effetto a lungo termine della **subsidenza** nelle aree di pianura vulnerabili. I cambiamenti climatici sono stati valutati indirettamente, applicando **condizioni cautelative** nei modelli idrologici.

#### Ambito costiero (UoM ITI021, UoM ITR081, UoM ITI01319)

Le aree inondabili costiere sono state individuate utilizzando un modello di analisi di dati geografici: partendo dalle metodologie indicate nel Report T03-08-02 'Guidelines on Coastal Flood Hazard Mapping', sono stati sviluppati opportuni adeguamenti per tener conto delle caratteristiche morfologiche del tratto di costa considerato.

L'elevazione totale della superficie del mare è stata calcolata sommando più fattori tra loro concomitanti: l'effetto delle onde (che sottocosta generano un rialzo cosiddetto "wave set-up"), l'acqua alta, data dalla marea astronomica (tide) e dal sovrizzo atmosferico (surge).

Non è considerato il run-up che necessiterebbe di un modello ad hoc.

Le diverse altezze critiche, corrispondenti agli scenari di bassa, media ed elevata probabilità (Tabella 2), sono state comparate con dati morfologici di dettaglio (rilievo Lidar anno 2008), tenendo conto dello smorzamento e dei percorsi reali seguiti dall'acqua.

Le aree sono state inoltre verificate attraverso il confronto con numerosi dati storici relativi alle mareggiate che hanno colpito il tratto costiero investigato, nonché con le indicazioni fornite da modelli fisici molto dettagliati utilizzabili a scala locale.

Il collaudo è stato effettuato anche utilizzando l'esperienza dei tecnici dei diversi enti che partecipano al management delle aree costiere.

Scenario	Tr	Elevazione totale superficie del mare in metri
Frequente <b>P3</b>	Tdr = 10	1,49
Poco Frequente <b>P2</b>	Tdr = 100	1,81
Raro <b>P1</b>	Tdr >> 100	2,5 m (Dato Piano costa RER '82)

Tabella 2 – Valori del sovrizzo totale da mareggiata considerati per la perimetrazione delle aree soggette ad ingressione marina

Le mappe di pericolosità predisposte seguendo il metodo sopra descritto non tengono conto della presenza di misure di difesa temporanee, quali ad esempio le dune invernali e la protezione con paratie mobili, non essendo queste vere e proprie opere strutturali, ma strumenti utilizzati per la gestione del rischio, posti in essere, in particolare nel periodo invernale, per ridurre i danni conseguenti alle mareggiate, dagli enti e dai privati.

I dettagli della metodologia sono riportati nell'Allegato 2 alla presente relazione.

#### Reticolo di bonifica (UoM ITI021, UoM ITR081, UoM ITI01319)

La perimetrazione delle aree potenzialmente allagabili è stata effettuata con riferimento a due scenari: alluvioni frequenti (per tempi di ritorno fino a 50 anni, scenario H, high probability) e alluvioni poco frequenti (per tempi di ritorno fino a 200 anni, scenario M, medium probability). In ragione dell'elevata estensione del reticolo, della complessità del sistema e della presenza di zone morfologicamente depresse, il metodo di individuazione delle aree soggette ad alluvioni è di tipo prevalentemente storico-inventariale e si è sviluppato a partire dai dati e dalle informazioni sugli eventi avvenuti orientativamente in epoca successiva al 1990 censiti da ciascun consorzio di Bonifica, in quanto ritenuti maggiormente compatibili con l'attuale scenario di bonifica e di uso del suolo.

A questa tipologia di aree si aggiungono limitate zone individuate mediante modelli idrologico – idraulici (metodo completo) e aree delimitate sulla base del giudizio esperto degli enti gestori (metodo conoscitivo) in relazione alla generale incapacità del reticolo a far fronte ad eventi di precipitazione caratterizzati da  $T_r$  superiori (in media) a 50 anni: in questo caso (scenario M), le aree perimetrate coincidono con gran parte dei settori di pianura dei bacini idrografici.

Le aree così ottenute sono state controllate e completate sulla base di analisi geomorfologiche condotte attraverso l'utilizzo del DTM Lidar (MATTM, 2008, risoluzione 1 punto/m<sup>2</sup>), aventi lo scopo di individuare le zone a scolo e drenaggio difficoltoso.

Qualora disponibili, i dati sono corredati da informazioni che riguardano il tirante medio dell'acqua raggiunto durante un determinato evento (superamento o meno del valore soglia di 0,5 m), la velocità (superamento o meno del valore soglia di 0,4 m/s) e la durata dell'allagamento (superamento o meno delle 24 ore).

Le mappe della pericolosità non tengono conto della possibilità che si verifichino rotture arginali o malfunzionamenti degli impianti di sollevamento e delle opere di gestione delle piene (chiaviche, paratoie, etc).

Il dettaglio della cartografia ottenuta è riferito a una scala compresa tra 1:10.000 e 1:25.000.

I dettagli della metodologia sono riportati nell'Allegato 1 alla presente relazione.

## 6.4 I CAMBIAMENTI CLIMATICI

Le mappe al momento predisposte non contemplano in modo specifico il possibile effetto dei cambiamenti climatici e non sono elaborate in relazione anche a possibili scenari di cambiamento climatico: i cambiamenti climatici, tuttavia, sono stati valutati indirettamente, applicando **condizioni cautelative** nei modelli idrologici.

Tale tema è piuttosto complesso e anche nell'ambito delle attività di ricerca nazionale e comunitaria non è stato ancor definito un orientamento generale di riferimento su come tenere conto dei cambiamenti climatici sulla mappatura della pericolosità da alluvione. Gli stessi Indirizzi Operativi del MATTM, più volte citati, suggeriscono che *“Il confronto con eventuali scenari futuri di cambiamento climatico dovrà essere affrontato nel secondo ciclo di attività del piano di gestione anche con l'ausilio degli scenari in corso di perfezionamento e validazione prodotti dal Centro Euro – Mediterraneo sui Cambiamenti climatici (CMCC) istituito ad hoc negli anni scorsi”*.

Allo scopo, tuttavia, di dotarsi di maggiori conoscenze in tal senso e di avere a disposizione strumenti idonei per gli aggiornamenti successivi delle mappe di pericolosità e di rischio, è attualmente in corso uno studio specifico a cura di ARPA – SIMC sui bacini del Reno e della Romagna, svolto in collaborazione con il Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) di Bologna.

Lo studio è volto in primo luogo ad aggiornare i dati relativi alle precipitazioni e ai livelli idrici registrati nelle stazioni della rete di misura esistente e, quindi, le curve di possibilità pluviometrica, anche allo scopo di rendere disponibili gli input pluviometrici ed idrologici più recenti, stante il quadro presente al momento nei PAI (da cui derivano le mappe), le cui elaborazioni idrologiche risalgono per lo più, a meno di locali aggiornamenti, agli anni '90.

Le attività in corso, i cui risultati saranno disponibili già per la prima stesura del Piano di Gestione, rispondono anche alle seguenti esigenze:

- Û Opportunità di utilizzare tecniche più performanti omogenee sul territorio, sulla base delle migliori informazioni e dei dati più recenti disponibili;
- Û Opportunità di estendere lo spettro di Tr utilizzati nei PAI vigenti e, quindi, uniformare, in futuro, la mappatura della pericolosità;
- Û Iniziare ad adattare la gestione del rischio idraulico al cambiamento climatico potenziale il prima possibile (Guidance document n. 24 “River basin management in a changing climate”);
- Û Individuare possibili scenari idrologici futuri, allo scopo di verificare se l'aggiornamento delle mappe si rende necessario o meno.

## **6.5 MAPPE DEL DANNO (UOM ITI021, UOM ITR081, UOM ITI01319)**

### **6.5.1 Gli elementi esposti**

La Direttiva 2007/60/Ce elenca, all'art. 6, comma 5 gli elementi da considerare nella valutazione degli impatti causati dagli eventi alluvionali, in particolare con riferimento a:

- § numero indicativo degli abitanti potenzialmente interessati;
- § tipo di attività economiche insistenti sull'area potenzialmente interessata;
- § impianti di cui all'allegato I della direttiva 96/61/CE sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento e aree protette potenzialmente interessate, individuate nell'allegato IV, paragrafo 1, punti i), iii) e v) della direttiva 2000/60/CE;
- § altre informazioni ritenute utili dagli stati membri, come l'indicazione delle aree in cui possono verificarsi alluvioni con elevato volume di sedimenti trasportati e colate detritiche e informazioni su altre notevoli fonti di inquinamento.

Il D.Lgs. 49/2010 elenca con maggior dettaglio rispetto alla Direttiva 2007/60/CE le categorie di elementi potenzialmente a rischio, aggiungendo ulteriori due categorie, costituite da:

- § infrastrutture e strutture strategiche (autostrade, ferrovie, ospedali, scuole, etc);
- § beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse presenti nell'area potenzialmente interessata.

Inoltre prevede che siano considerate tutte le tipologie di aree protette iscritte nel registro (Allegato 9 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006) e non solo un sottoinsieme come previsto dalla Direttiva 2007/60/CE.

Gli "Indirizzi operativi MATTM" raggruppano gli elementi da considerare in 6 macrocategorie:

- 1) Zone urbanizzate, con indicazione sul numero indicativo di abitanti potenzialmente interessati da possibili eventi alluvionali
- 2) Strutture Strategiche e sedi di attività collettive
- 3) Infrastrutture strategiche e principali
- 4) Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse
- 5) Distribuzione e tipologia delle attività economiche insistenti sull'area potenzialmente interessata
- 6) Zone interessate da insediamenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale, e aree protette potenzialmente interessate.

### **6.5.2 Fonte dei dati per gli elementi esposti**

Con riferimento agli elementi descritti al paragrafo precedente, sono stati reperiti i dati necessari per ottenere il quadro di riferimento degli usi del territorio nei bacini regionali facenti parte del distretto dell'Appennino Settentrionale.

Il reperimento di tali dati è stato il risultato di un'intensa attività di collaborazione tra gli Enti a vario titolo competenti (Ministero, Province, Direzioni Regionali, etc), che hanno messo a disposizione i database georeferenziati in loro possesso, fornendo contestualmente informazioni in merito all'aggiornamento e ai limiti di confidenza degli stessi.

La base di dati utilizzata per la definizione degli elementi esposti è derivata, pertanto, da archivi estremamente eterogenei e diversificati che sono stati organizzati all'interno della matrice costituita dalle sei macrocategorie individuate negli indirizzi operativi del Ministero.

Segue un'analisi sintetica della fonte dei dati, per ciascuna delle 6 macrocategorie individuate.

#### A) ZONE URBANIZZATE e ABITANTI POTENZIALMENTE INTERESSATI

Alla macrocategoria 1 (Zone urbanizzate) appartengono gli agglomerati urbani, i nuclei abitati con edificazione diffusa e sparsa, il tessuto residenziale, i cantieri, le aree cimiteriali, le aree incolte e verdi urbane, le aree degradate.

La fonte utilizzata per descrivere questa categoria consiste nella Carta dell'Uso del Suolo Regionale in formato .shp, disaggregata al li IV livello, consistente in una base dati georeferenziata di tipo vettoriale contenente raggruppamenti omogenei di dati riferiti alle varie tipologie di uso del suolo 2008, alla scala di riferimento 1:25.000, realizzata mediante l'utilizzo di ortofoto "AGEA 2008" a colori (RGB) e comprendente anche i 7 nuovi comuni della Valmarecchia (ortofoto "AGEA 2007").

#### Scheda riepilogativa database uso del suolo 2008

Fonte informativa utilizzata	Ortofoto "AGEA 2008" a colori ed infrarosso con pixel 50 cm – Ortofoto "AGEA 2007" a colori per la zona della Valmarecchia
Anni di ripresa	2007 - 2008
Livelli	4
Sistema di classificazione	Corine Land Cover per i primi 3 livelli specifiche CISIS per il 4° livello
Numero di categorie	83
Area minima	1,56 ettari
Dimensione minima	75 m in generale, 25 m per le categorie 1.2.2.1, 1.2.2.2, 5.1.1.1, 5.1.1.2, 5.1.1.3 e 5.1.1.4
Numero poligoni complessivo	84.358
Restituzione di origine	a video

Figura d – Scheda riepilogativa del database Uso del suolo 2008, desunta da "Uso del suolo 2008. Documentazione", a cura di S. Corticelli, M.L. Garberi M.C. Mariani, S. Masi

La carta e tutte le informazioni correlate sono visualizzabili alla pagina:

<http://geoportale.regione.emilia-romagna.it/it/catalogo/dati-cartografici/pianificazione-e-catasto/uso-del-suolo/2008-coperture-vettoriali-delluso-del-suolo-edizione-2011>

Per la valutazione degli abitanti potenzialmente interessati dagli eventi alluvionali, il dato di base utilizzato è stato fornito dall'Istat (sito web ufficiale [www.istat.it](http://www.istat.it)) e consiste nelle sezioni di censimento aggiornate al 2001 (dati spaziali e tabellari) nel sistema di riferimento ED 1950 UTM Zona 32, non essendo ancora disponibile, al momento delle elaborazioni il risultato completo del censimento 2011.

#### B) STRUTTURE STRATEGICHE E SEDI DI ATTIVITÀ COLLETTIVE

Alla macrocategoria 2 “Strutture Strategiche e sedi di attività collettive” appartengono: ospedali, scuole, aree sportive e ricreative, campeggi e strutture ricettive, impianti tecnologici e grandi impianti di servizi pubblici e privati.

La fonte di tali dati è stata, anche in questo caso, la Carta di Uso del Suolo Regionale.

Allo scopo di dettagliare maggiormente e specificare le categorie scuole e ospedali sono stati anche reperiti i database specifici, facendo riferimento a:

- 1) strato informativo georiferito elaborato dall’Agenzia regionale di Protezione Civile (2013) a partire dagli elenchi e dagli indirizzi forniti dalla Direzione Regionale Cultura, Formazione e Lavoro, per quanto riguarda asili nido (pubblici e privati, aggiornati al 2013), istituti scolastici pubblici per l’infanzia (aggiornati al 2013), scuole primarie, secondarie e istituti superiori (aggiornati al 2013), Università, localizzate sul territorio regionale;
- 2) strato informativo georiferito elaborato dall’Agenzia regionale di Protezione Civile a partire dagli elenchi della Direzione Regionale Sanità e Politiche Sociali (aggiornati al 2012), con individuazione di distretti sanitari, ambulatori, ospedali, centri di cura pubblici e privati, presidi sanitari ed altre strutture sanitarie di rilievo regionale.

Tali dati sono stati controllati e verificati utilizzando ulteriori database messi a disposizione dalle Province.

La copertura è di tipo puntuale.

#### C) INFRASTRUTTURE STRATEGICHE E PRINCIPALI

La terza categoria di elementi a rischio è quella delle Infrastrutture strategiche e comprende le reti per la distribuzione di servizi (linee elettriche, gasdotti, acquedotti, etc), le vie di comunicazione di importanza strategica (e spazi accessori), sia carrabili che ferrate, porti, aeroporti, grandi dighe.

Tali dati sono stati desunti dalle seguenti fonti:

- 1) reti per la distribuzione di servizi: database interno prodotto dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, sistematizzando i dati acquisiti dai vari enti gestori;
- 2) vie di comunicazione (carrabili e ferrate) e spazi accessori: database topografico regionale (DBTR RER, aggiornamento 2008);
- 3) porti, aeroporti, stazioni ferroviarie e impianti di smistamento merci: carta dell’uso del suolo regionale (2008);
- 4) dighe: database topografico regionale (DBTR RER, aggiornamento 2008).

Per le reti stradali, lo strato informativo tratto dal database topografico contiene già una classificazione amministrativa in autostrade, strade regionali, statali, provinciali, comunali, strade vicinali, strade private.

In questo caso le coperture sono di tipo lineare, salvo il database costituito dalle dighe, a carattere puntuale. Quest’ultimo è stato controllato anche grazie ai database provinciali disponibili.

#### D) BENI AMBIENTALI, STORICI E CULTURALI DI RILEVANTE INTERESSE

Per quanto riguarda la quarta macrocategoria, comprendente, secondo gli Indirizzi operativi, le aree naturali, le aree boscate, le aree protette e vincolate, aree di vincolo paesaggistico,

aree di interesse storico-culturale, le zone archeologiche, le fonti di dati sono state le seguenti:

- 1) Per l'individuazione dei cosiddetti "Beni ambientali", locuzione derivante dalla previgente normativa in materia di tutela del paesaggio, ed oggi, con l'entrata in vigore del D.Lgs. n. 42 del 2004, Codice del beni culturali e del paesaggio, definiti più propriamente **beni paesaggistici**, si è fatto riferimento al Titolo III del Codice e, in particolare, agli articoli 136 e 142. Si tratta di immobili o aree del territorio che sono assoggettati a **tutela paesaggistica**, per i quali la normativa statale stabilisce che qualunque intervento o opera di trasformazione del territorio debba essere assoggettata a procedura di rilascio di autorizzazione paesaggistica (di cui all'art. 146 del Codice stesso). Sono di due tipi:
  - i **beni paesaggistici specifici** (o individui) di cui all'art. 136: immobili o aree considerati di notevole interesse pubblico paesaggistico attraverso un atto amministrativo (decreto del Ministro fino al 1977 e, successivamente, delibera della Regione) che, dal momento della efficacia dell'atto, ne determina l'assoggettamento a vincolo paesaggistico. Si tratta di beni specifici, come ville, giardini, panorami, centri storici, alberi monumentali, ecc., ma sono da considerare vincolati soltanto nel caso sia espressamente intervenuta la dichiarazione di notevole interesse pubblico;
  - i **beni paesaggistici generici** di cui all'art. 142, che individuano elementi territoriali che sono considerati caratteristici del territorio per motivazioni morfologiche, naturalistiche o ubicazionali (coste, fiumi, monti, boschi, parchi, ecc.) per i quali, proprio in considerazione della loro unicità e della necessità di tutelarne l'identità, la legge ha stabilito l'assoggettamento a vincolo paesaggistico al di là della loro condizione oggettiva. La loro tutela è stata sancita dalla Legge n. 431 del 1985 (Legge Galasso), entrata in vigore il 6 settembre 1985: significa che da tale data queste aree sono assoggettate a vincolo paesaggistico *ope legis*, con le conseguenze procedurali descritte sopra (rilascio di autorizzazione paesaggistica).

Di tali due categorie sono stati considerati solo i beni paesaggistici specifici di cui all'art. 136 del Codice dei Beni culturali e del Paesaggio, la cui copertura vettoriale è stata messa a disposizione dal Servizio pianificazione urbanistica, paesaggio e uso sostenibile del territorio della RER. In essa sono distinti due gruppi di elementi:

Tipologia elemento	Geometria	Anno	Nota
Beni paesaggistici	Elementi puntuali	2013	Art. 136, Cose immobili, ville e giardini, parchi, beni di difficile cartografazione, etc
Beni paesaggistici	Elementi areali	2013	Art. 136, Bellezze panoramiche, ville e parchi, giardini, tenute, etc

I due tematismi (aggiornati al gennaio 2013), al momento, non consentono di distinguere tra bellezze individue (Art. 136, lett. "a" e "b") e bellezze d'insieme (Art. 136, lett. "c" e "d")

Non sono state rappresentate cartograficamente, invece, le aree individuate dall'art. 142 del Codice dei Beni culturali e del Paesaggio, quali territori costieri, marini e lacustri, fiumi e corsi d'acqua, territori coperti da boschi e foreste, etc, in quanto si è ritenuto che la vulnerabilità di tali beni ad opera di eventi alluvionali sia pressoché nulla e, in linea di massima, che tali fenomeni possano rientrare nelle dinamiche di naturale evoluzione di un ambiente che, quindi, non rivestano una specifica criticità.

- 2) Per i beni storico-culturali, invece, sono stati considerati i seguenti database:
- SIT Carta del Rischio realizzato dall'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro ISCR e dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali (MIBAC), consistente in un sistema di banche dati alfanumeriche e cartografiche di sperimentazione e ricerca sul territorio, per la conoscenza sul rischio di danno dei beni immobili, consultabile alla pagina <http://www.cartadelrischio.it>.

I dati consistono in:

- aree archeologiche (copertura vettoriale areale, aggiornati al 2004);
- beni archeologici ed architettonici distinti nelle seguenti categorie (copertura vettoriale puntuale, aggiornati al 2004):

- 1 ARCHEOLOGICO VINCOLATO
- 2 ARCHITETTONICO VINCOLATO
- 3 ARCHEOLOGICO FONTI TCI E LATERZA
- 4 ARCHITETTONICO FONTI TCI E LATERZA
- 5 MUSEO - EDIFICIO MODERNO

Tutti i beni mobili (dipinti su tavola, tele, reperti archeologici, etc), in quanto non georiferiti, sono associati al relativo bene immobile.

- A completamento e migliore aggiornamento dei dati di cui al punto 1, sono stati considerati ulteriori database, forniti dal Servizio pianificazione urbanistica, paesaggio e uso sostenibile del territorio della RER ed esaminati e classificati anche con il supporto della Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici dell'Emilia Romagna.

I dati consistono in:

- aree archeologiche (copertura vettoriale areale aggiornata al 2010), consistenti nelle tutele archeologiche raccolte nei PTCP sulla base dell'art. 21 del PTPR, distinti in:

Si tratta di circa 573 elementi cartografati a scala regionale, distinti in:

Tipologia elemento	
a.	complessi archeologici, cioè complessi di accertata entità ed estensione (abitati, ville, nonché ogni altra presenza archeologica) che si configurano come un sistema articolato di strutture;
b1.	aree di accertata e rilevante consistenza archeologica, cioè aree interessate da

	notevole presenza di materiali, già rinvenuti ovvero non ancora toccati da regolari campagne di scavo, ma motivatamente ritenuti presenti, le quali si possono configurare come luoghi di importante documentazione storica;
b2.	aree di concentrazione di materiali archeologici o di segnalazione di rinvenimenti; aree di rispetto o integrazione per la salvaguardia di paleo-habitat, aree campione per la conservazione di particolari attestazioni di tipologie e di siti archeologici; aree a rilevante rischio archeologico;
c.	zone di tutela della struttura centuriata, cioè aree estese ed omogenee in cui l'organizzazione della produzione agricola e del territorio segue tuttora la struttura centuriata come si è confermata o modificata nel tempo;
d.	zone di tutela di elementi della centuriazione, cioè aree estese nella cui attuale struttura permangono segni, sia localizzati sia diffusi, della centuriazione.

- Ulteriore fonte dei dati di simile tipologia è la carta di uso del suolo regionale per quanto attiene le aree occupate da parchi, ville e giardini.
- 3) Rientrano, inoltre, in questa macrocategoria i seguenti gruppi di elementi:
- SIC e ZPS: i dati relativi ai Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e alle Zone di Protezione Speciale (ZPS) della Rete Natura 2000 presenti sul territorio regionale derivano dal corrispondente tematismo vettoriale messo a disposizione dal competente Servizio Parchi e Riserve Forestali della Regione Emilia-Romagna, aggiornato al 2012, e scaricabile dal sito: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/consultazione/dati>
  - Aree Protette: le geometrie vettoriali (formato shape) dei perimetri e della zonizzazione vigente di Parchi, Riserve, Paesaggi protetti e Aree di riequilibrio ecologico della Regione Emilia-Romagna sono state fornite dal Servizio regionale Parchi e Riserve Forestali e sono consultabili al sito: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/consultazione/dati>
  - Geositi regionali: i dati relativi ai geositi presenti sul territorio regionale derivano dal corrispondente tematismo vettoriale messo a disposizione dal competente Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, aggiornato al 2011, e scaricabile dal sito: [https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia\\_sgss/user/viewer.jsp?service=geositi](https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geositi)
  - altre aree naturali: elementi naturali quali canali, alvei, corsi d'acqua, laghi, bacini naturali, aree nude ed incolte, spiagge e dune, rocce nude e falesie e aree boscate sono state desunte dalla carta di uso del suolo regionale.

#### E) DISTRIBUZIONE E TIPOLOGIA DELLE ATTIVITÀ ECONOMICHE INSISTENTI SULL'AREA POTENZIALMENTE INTERESSATA

Alla macrocategoria 5, Attività economiche, appartengono le seguenti classi di elementi potenzialmente esposti:

- insediamenti industriali, artigianali, commerciali, e servizi pubblici e privati;
- aree estrattive attive;
- stabilimenti balneari;
- acquacolture e saline;
- agricolo specializzato;
- agricolo non specializzato.

Come per le zone urbanizzate, quale fonte dei dati è stata utilizzata la Carta dell'Uso del Suolo Regionale in formato .shp.

F) ZONE INTERESSATE DA INSEDIAMENTI PRODUTTIVI O IMPIANTI TECNOLOGICI, POTENZIALMENTE PERICOLOSI DAL PUNTO DI VISTA AMBIENTALE, E AREE PROTETTE POTENZIALMENTE INTERESSATE

I dati relativi a tale macrocategoria consistono in:

- stabilimenti a rischio di incidente rilevante (RII): i dati cartografici relativi a tutto il territorio regionale sono stati forniti dal Servizio Risanamento atmosferico, acustico e elettromagnetico della Regione Emilia-Romagna per il tramite di Arpa Emilia-Romagna, Direzione Tecnica, che li ha georiferiti a partire dagli elenchi ufficiali su ortofoto Ageo 2011 alla scala 1:5.000. Il tematismo è aggiornato al 31/01/2013;
- impianti soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA): anche tale tematismo è stato fornito dal Servizio Risanamento atmosferico, acustico e elettromagnetico della Regione ed è stato elaborato da Arpa E-R. I dati sono aggiornati al luglio 2012 e sono visualizzabili anche al sito: <http://ippc-aia.arpa.emr.it>;
- impianti soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) statale: il tematismo georeferenziato è stato reperito presso la pagina web del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare [www.va.minambiente.it](http://www.va.minambiente.it) (Valutazioni ambientali VAS-VIA), tramite servizio wms/wfs; i dati sono aggiornati al 30 settembre 2013 e la scala di riferimento è 1:10'000;
- discariche, depuratori, inceneritori: per tali dati è stato utilizzato il riferimento della carta dell'uso del suolo regionale;

I layer vettoriali relativi agli stabilimenti RII e agli impianti AIA regionali sono puntuali, mentre il tematismo inerente discariche, depuratori, inceneritori ha caratteristiche areali.

Tali informazioni sono state confrontate con il registro E-PRTR (The European Pollutant Release and Transfer Register) in formato Access dalla pagina web: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/member-states-reporting-art-7-under-the-european-pollutant-release-and-transfer-register-e-prtr-regulation-7>, in modo da fornire il maggiore aggiornamento e dettaglio disponibile (si veda pag. 19 delle note di compilazione del database di ISRPA del 21/11/2013).

Nell'insieme definito come "aree protette potenzialmente interessate" in riferimento all'allegato 9 alla parte III del D.lgs. 152/2006, sono state considerate principalmente le aree per l'estrazione di acque destinate al consumo umano (pozzi e acque superficiali) il cui tematismo è stato fornito dal Servizio Tutela della Risorsa Idrica regionale, quale componente del Piano di Gestione delle Acque (PGA) elaborato a scala di distretto,

aggiornato al 2012, nonché tutte quelle già elencate al precedente punto 3 (SIZ, ZPS, Parchi, etc).

### 6.5.3 La vulnerabilità

Il valore del bene esposto dipende da numerosi parametri che, considerati nella loro globalità, lo esprimono quantitativamente. La vulnerabilità di un bene dipende dalla sua capacità di resistere all'evento calamitoso in relazione all'intensità di quello specifico evento. Per valutare quantitativamente tale parametro è necessario dunque conoscere le caratteristiche strutturali, costruttive ed il livello di efficienza del bene nonché le caratteristiche dell'evento calamitoso ad esempio attraverso la velocità di propagazione dell'onda di piena oppure mediante l'altezza che raggiunge il tirante idrico in relazione ai diversi tempi di ritorno ed alla modellazione dei suoli.

Il concetto di vulnerabilità di un bene come sopra definito, è estremamente puntuale e complesso e dipende da una serie articolata di informazioni che, per il grande dettaglio dei beni esposti considerati, non sono determinabili, almeno in questa prima fase di attuazione della Direttiva, se non in modo ipotetico; esso non è pertanto applicabile compiutamente alla scala dell'intero bacino idrografico.

Secondo le disposizioni della Direttiva 2007/60/CE, gli “Indirizzi operativi” del MATTM concordano sul fatto che “...Per arrivare alla parametrizzazione della vulnerabilità, riferita alla singola classe di elementi a rischio o ancora più in dettaglio riferita al singolo elemento a rischio, le attività di studio risultano complesse e onerose; infatti, non è sempre possibile valutare il livello di protezione del costruito (inteso ad esempio come conoscenza delle caratteristiche strutturali di un edificio o come la definizione di piani di protezione civile) o l'energia d'impatto della corrente e quindi arrivare a definire numericamente il grado di resistenza alle sollecitazioni indotte dal verificarsi dell'evento naturale estremo”.

Pertanto, seguendo le indicazioni degli “Indirizzi Operativi” citati, in questa prima fase si è assegnata alla vulnerabilità valore pari a 1, considerando che, indipendentemente dalle caratteristiche proprie e intrinseche, tutti gli elementi esposti ricompresi nelle sei macrocategorie siano caratterizzati da vulnerabilità massima nei confronti di un possibile fenomeno alluvionale, in modo tale da “rendere immediato il passaggio dalle carte degli elementi esposti a quelle del danno potenziale (danno stimato pari al valore dell'elemento stesso).

### 6.5.4 Il danno potenziale

Tutto l'archivio digitale degli elementi esposti descritto al paragrafo 6.5.1 è stato organizzato secondo le specifiche tecniche concordate con le Autorità di Bacino e dotato di un attributo specifico consistente nell'indicazione del Danno potenziale per ciascuna categoria e tipologia, desunto dalle indicazioni contenute negli “Indirizzi operativi MATTM”, anche tenendo in considerazione i concetti e le metodologie messe a punto per i PAI in particolare per quanto riguarda la salvaguardia delle vite umane, la protezione dei beni monetizzabili relativi al tessuto produttivo – industriale artigianale ed agricolo – del territorio e delle strutture ed infrastrutture strategiche che ne costituiscono l'armatura; sono ugualmente considerati beni esposti a danno potenziale anche tutte le diverse categorie di beni ambientali, paesaggistici e storico – culturali.

Sulla base di queste considerazioni sono state individuate quattro classi di danno:

- **D4** (*Danno potenziale molto elevato*): aree in cui si può verificare la perdita di vite umane, ingenti danni ai beni economici, naturali storici e culturali di rilevante interesse, gravi disastri ecologico – ambientali;
- **D3** (*Danno potenziale elevato*): aree con problemi per l'incolumità delle persone e per la funzionalità del sistema economico, aree attraversate da linee di comunicazione e da servizi di rilevante interesse, le aree sedi di importanti attività produttive;
- **D2** (*Danno potenziale medio*): aree con limitati effetti sulle persone e sul tessuto socioeconomico.
- Aree attraversate da infrastrutture secondarie e attività produttive minori, destinate sostanzialmente ad attività agricole o a verde pubblico;
- **D1** (*Danno potenziale moderato o nullo*): comprende le aree libere da insediamenti urbani o produttivi dove risulta possibile il libero deflusso delle piene.

I valori del danno potenziale attribuiti a ciascuna categoria di elementi esposti è riportato in Tabella 3 e Tabella 4, unitamente al valore della tipologia di attività economica, secondo la classificazione europea.

Per quanto riguarda la tipologia di beni esposti facenti parte della macro categoria “Beni paesaggistici e culturali”, che comprende una ampia serie di beni tutelati e vincolati, anche molto diversi tra loro (dalle zone umide ai siti archeologici, dai beni paesaggistici alle zone di tutela delle sorgenti, etc), si sono seguite le indicazioni degli indirizzi del MATTM i quali prevedono che per i sistemi ambientali ad alto pregio naturalistico e per le aree protette e tutelate ai sensi della L. 394/91 e del DPR 357/97 “*il livello e l'intensità dell'interferenza del danno è strettamente correlato alle caratteristiche ecosistemiche e sito-specifiche*”; pertanto “*la classificazione del danno potenziale su questi sistemi dovrà essere definita dall'Ente preposto, sentita l'Autorità di Gestione del Sito Natura 2000 e/o dell'Ente Parco, che potranno fornire indicazioni circa la tipologia ecosistemica e degli habitat presenti sia nella zona di piena, sia in quella di espansione delle piene, che nella zone di possibile alluvione ed esondazione, nonché indicare i contenuti delle misure di conservazione e/o dei Piani di Gestione già vigenti per le aree*”. Di queste indicazioni si dà conto nella Tabella 4; i beni ai quali non viene attribuito uno specifico valore del danno potenziale, demandando a valutazioni successive e specifiche tale aspetto, come sopra indicato, sono inseriti nei database degli elementi esposti e vengono comunque rappresentati nelle mappe, a scopo informativo. L'inserimento di tali informazioni nel database geografico permette in ogni caso di sviluppare eventuali approfondimenti nelle fasi successive di elaborazione del Piano.

Regione Emilia – Romagna  
PIANO di GESTIONE del RISCHIO di ALLUVIONI

Scala Europea	Scala Nazionale	Scala di distretto	Scala regionale	Scala Nazionale	Scala Europea	
(da Schema FHRM_2p1.xsd)	(da Indirizzi Operativi MATTM, aprile 2013)	(da specifiche tecniche distretto)	(da specifiche tecniche regionali)	(da Indirizzi Operativi MATTM, aprile 2013)	(da "Note sulla compilazione del Database Access conforme agli Schema per il reporting frlls Dir. 2007/60/CE art. 6: Flood Hazard and Risk Maps", Ispra versione del 21/11/2013)	
MACROCATEGORIA EUROPEA	MACROCATEGORIA ITALIANA	CATEGORIA ELEMENTI ESPOSTI	4° LIVELLO CORINE – USO SUOLO	DANNO POTENZIALE	CODICE TIPOLOGIA ATTIVITA ECONOMICA	CATEGORIA TIPOLOGIA ATTIVITA ECONOMICA
Abitanti potenzialmente interessati	Numero di abitanti					
Attività economiche e sociali	Zone urbanizzate	Tessuto residenziale	Tessuto residenziale compatto e denso	4	B41	Property
			Tessuto residenziale rado			
			Tessuto residenziale discontinuo			
		Cantieri	Cantieri e scavi	3	B44	Economic Activity
			Suoli rimaneggiati e artefatti	1		
		Aree verdi	Aree incolte urbane	1	B43	Rural Land Use
			Parchi e ville	2		
		Cimiteri	Cimiteri	3	B42	Infrastrucutre

Regione Emilia – Romagna  
PIANO di GESTIONE del RISCHIO di ALLUVIONI

.....

	Attività produttive	Insediamenti industriali, artigianali, commerciali, servizi e agricoli	Insediamenti produttivi	4	B44	Economic Activity
			Insediamenti commerciali			
			Insediamenti di servizi			
		Aree estrattive	Aree estrattive attive	3	B43	Rural Land Use
			Aree estrattive inattive	2		
		Stabilimenti balneari	Stabilimenti balneari	3	B44	Economic Activity
		Saline	Saline	4	B44	Economic Activity
		Acquaculture	Acquaculture in zone umide salmastre	4	B44	Economic Activity
			Acquaculture in ambiente continentale			
			Acquaculture in mare			
		Colture permanenti	Vigneti	2	B43	Rural Land Use
			Oliveti			
			Frutteti			
			Pioppeti colturali			
			Altre colture da legno			
Aree boscate	Castagneti da frutto	2	B43	Rural Land Use		

Regione Emilia – Romagna  
 PIANO di GESTIONE del RISCHIO di ALLUVIONI

		Colture orticole e vivai	Vivai	3	B43	Rural Land Use
			Colture orticole	2	B43	Rural Land Use
		Seminativi non irrigui e seminativi semplici irrigui	Seminativi non irrigui	2	B43	Rural Land Use
			Seminativi semplici irrigui			
		Zone agricole eterogenee	Colture temporanee associate a colture permanenti	2	B43	Rural Land Use
			Sistemi colturali e particellari complessi			
			Aree con colture agricole e spazi naturali importanti			
		Seminativi	Risaie	2	B43	Rural Land Use
	Prati stabili	Prati stabili	2	B43	Rural Land Use	
	Strutture strategiche e sedi di attività collettive	Insedimenti ospedalieri	Insedimenti ospedalieri	4	B42	Infrastructure
		Scuole	Insedimenti di servizi pubblici e privati	4	B42	Infrastructure
		Impianti tecnologici	Aree per impianti delle telecomunicazioni <sup>6</sup>	4	B42	Infrastructure
		Aree ricreative e sportive <sup>4</sup>	Parchi di divertimento e aree attrezzate	4	B44	Economic Activity

<sup>6</sup> Codice 1224.

Regione Emilia – Romagna  
PIANO di GESTIONE del RISCHIO di ALLUVIONI

.....

			Aree sportive	4		
			Campi da golf	4		
			Ippodromi e spazi associati	4		
			Autodromi e spazi associati	4		
		Campeggi e strutture turistico-ricettive	Campeggi e strutture turistico-ricettive	4	B44	Economic Activity
	Infrastrutture strategiche	Reti ferroviarie e stradali e spazi accessori <sup>5</sup>	Reti ferroviarie e spazi accessori (stazioni, binari, smistamento, depositi, etc)	4	B42	Infrastructure
			Reti stradali e spazi accessori (svincoli, stazioni di servizio, autostazioni, depositi di mezzi pubblici, etc)	4		
			Reti stradali secondarie e spazi accessori <sup>6</sup>	3		
		Aree per grandi impianti di smistamento merci	Grandi impianti di concentrazione e smistamento e smistamento merci (interporti e simili)	4	B42	Infrastructure
		Aree portuali	Aree portuali da diporto <sup>3</sup>	4	B42	Infrastructure
			Aree portuali commerciali e per la pesca	4		
		Aree aeroportuali ed eliporti	Aeroporti commerciali e militari	4	B42	Infrastructure
			Aeroporti per volo sportivo e eliporti <sup>3</sup>	3		
	Reti per la distribuzione di servizi	Reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto di energia	4	B42	Infrastructure	

Regione Emilia – Romagna  
PIANO di GESTIONE del RISCHIO di ALLUVIONI

			Reti ed aree per la distribuzione idrica	4	B42	Infrastructure	
		Bacini produttivi	Bacini con destinazione produttiva	4	B42	Infrastructure	
		Opere di difesa costiera	Opere di difesa	1	B46	Not applicable	
Ambiente	Insediamenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale	Insediamenti dei grandi impianti tecnologici	Insediamenti di grandi impianti tecnologici <sup>7</sup> (impianti di smaltimento rifiuti, inceneritori, impianti di depurazione delle acque, compresi gli spazi annessi)	3	B46	Not applicable	
		Discariche e depositi di rottami	Discariche e depositi di cave, miniere e industrie	3	B46	Not applicable	
			Discariche di rifiuti solidi urbani				
		Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli					
Beni paesaggistici e culturali	Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse	Aree archeologiche	Aree archeologiche	3	B44	Economic Activity	
		Aree boscate	Boschi di latifoglie (boschi a prevalenza di faggi, querce, carpini e castagni, salici e pioppi; boschi planiziari a prevalenza di farnie, frassini, etc)	1	2 (inondazioni da mare)	B43	Rural Land Use
			Boschi di conifere				
		Boschi misti di conifere e latifoglie					

<sup>7</sup> Codice 1215.

Regione Emilia – Romagna  
 PIANO di GESTIONE del RISCHIO di ALLUVIONI

		Aree naturali e seminaturali	Praterie e brughiere di alta quota, Cespuglieti e arbusteti, aree a vegetazione arbustiva e arborea in evoluzione, aree con vegetazione rada; aree con rimboschimenti recenti; aree percorse da incendi	1		B43	Rural Land Use
			Spiagge, dune e sabbie			B44	Economic Activity
			Rocce nude, falesie, affioramenti			B46	Not applicable
			Aree calanchive				
			Zone umide interne e torbiere				
			Zone umide e valli salmastre				
			Corsi d'acqua (alvei, argini), canali e idrovie				
			Bacini d'acqua (bacini naturali, bacini artificiali, bacini di varia natura)				
			Mari				
			Duna stabilizzata			1	2 (inondazioni da mare)

Tabella 3 – Analisi delle categorie di uso del suolo desunte dalla carta di uso del suolo regionale e classificazione nelle categorie a scala europea, nazionale e di distretto con relativa attribuzione del valore del danno potenziale (con riferimento alle inondazioni la cui sorgente è rappresentata da corsi d'acqua naturali e artificiali e dal mare) e della tipologia di attività economica prevalente (classi da B41 a B46) rispetto alla quale si valuta il danno.

Regione Emilia – Romagna  
PIANO di GESTIONE del RISCHIO di ALLUVIONI

.....

Scala Europea	Scala Nazionale	Scala di distretto	Scala regionale	Scala Nazionale	Scala Europea	
(da Schema FHRM_2p1.xsd)	(da Indirizzi Operativi MATTM, aprile 2013)	(da specifiche tecniche distretto)	(da specifiche tecniche regionali)	(da Indirizzi Operativi MATTM, aprile 2013)	(da "Note sulla compilazione del Database Access conforme agli Schema per il reporting frlls Dir. 2007/60/CE art. 6: Flood Hazard and Risk Maps", Ispra versione del 21/11/2013)	
MACROCATEGORIA EUROPEA	MACROCATEGORIA ITALIANA	CATEGORIA ELEMENTI ESPOSTI	TIPOLOGIA DATO	DANNO POTENZIALE	CODICE TIPOLOGIA ATTIVITÀ ECONOMICA	CATEGORIA TIPOLOGIA ATTIVITÀ ECONOMICA
Attività economiche e sociali	Infrastrutture strategiche	Dighe	Dighe	4	B42	Infrastructure

Regione Emilia – Romagna  
 PIANO di GESTIONE del RISCHIO di ALLUVIONI

AMBIENTE	Insediamenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale	Impianti individuati nell'allegato I del D.L. 59/2005	Impianti AIA-IPCC (IED)	4	B46	Not applicable
			Impianti RIR	4	B46	Not applicable
	Aree protette potenzialmente interessate	Aree protette	SIC-ZPS	-	B46	Not applicable
			Geositi	-	B46	Not applicable

Regione Emilia – Romagna  
PIANO di GESTIONE del RISCHIO di ALLUVIONI

.....

			Aree per l'estrazione di acqua ad uso idropotabile	-	B46	Not applicable
Beni paesaggistici e culturali	Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse	Beni paesaggistici	Beni paesaggistici specifici e generici	-	B46	Not applicable
			Aree archeologiche (art. 21 PTPR)	a) complessi archeologici, cioè complessi di accertata entità ed estensione (abitati, ville, nonché ogni altra presenza archeologica) che si configurano come un sistema articolato di strutture;	4	B46
		b1) aree di accertata e rilevante consistenza archeologica, cioè aree interessate da notevole presenza di materiali, già rinvenuti ovvero non ancora toccati da regolari campagne di scavo, ma motivatamente ritenuti presenti, le quali si possono configurare come luoghi di importante documentazione storica;	-			
		b2) aree di concentrazione di materiali archeologici o di segnalazione di rinvenimenti; aree di rispetto o integrazione per la salvaguardia di paleo-habitat, aree campione per la conservazione di particolari attestazioni di tipologie e di siti archeologici; aree a rilevante rischio archeologico;	-			
c) zone di tutela della struttura centuriata, cioè aree estese ed omogenee in cui l'organizzazione della produzione	-					

Regione Emilia – Romagna  
PIANO di GESTIONE del RISCHIO di ALLUVIONI



			agricola e del territorio segue tuttora la struttura centuriata come si è confermata o modificata nel tempo;			
			d) zone di tutela di elementi della centuriazione, cioè aree estese nella cui attuale struttura permangono segni, sia localizzati sia diffusi, della centuriazione.			

Tabella 4 – Analisi delle categorie di elementi esposti desunte da database regionali e classificazione nelle categorie a scala europea, nazionale e di distretto con relativa attribuzione del valore del danno potenziale e della tipologia di attività economica prevalente (classi da B41 a B46) rispetto alla quale si valuta il danno.

## 6.6 MAPPE DEL RISCHIO (UOM ITI021, UOM ITR081, UOM ITI01319)

Le mappe del rischio predisposte per le UoM Reno, Romagnoli e Marecchia-Conca sono restituite in due formati grafici:

- rappresentazione degli elementi esposti di cui all'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6, c. 5 del D.Lgs, 49/2010 ricadenti all'interno delle aree di pericolosità articolate nei tre scenari previsti, tematizzati in funzione delle 6 macrocategorie indicate negli Indirizzi Operativi MATTM" (Zone urbanizzate, Strutture Strategiche e sedi di attività collettive, Infrastrutture strategiche e principali, Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse, Distribuzione e tipologia delle attività economiche insistenti sull'area potenzialmente interessata, Zone interessate da insediamenti produttivi o impianti tecnologici) e della tipologia di attività economica prevalente presente nelle suddette aree;
- rappresentazione degli elementi esposti classificati in 4 gruppi di rischio, a valore crescente (da R1, moderato o nullo a R4, molto elevato), secondo quanto previsto dal D.P.C.M. 29.09.98 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e del D.L. 11.06.98, n. 180".

Tale seconda tipologia di mappa risponde a quanto specificamente richiesto dal D.Lgs. 49/2010 (art. 6, c. 5), per il quale "le mappe del rischio di alluvioni indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni, nell'ambito degli scenari di cui al comma 2 e prevedono le 4 classi di rischio di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 29 settembre 1998", mentre la prima si attesta sulle indicazioni riportate nella Direttiva 2007/60/CE che chiede di localizzare gli elementi esposti all'interno delle aree a diversa pericolosità di alluvione individuate nelle mappe di pericolosità, distinti in alcune categorie codificate (popolazione, attività economiche, etc).

Entrambe le mappe sono, di fatto, derivate dal medesimo gruppo di tematismi e layer vettoriali del rischio, nei quali sono presenti e codificate tutte le informazioni necessarie per effettuare i due tipi di vestizioni grafiche.

### 6.6.1 Definizione e classi di rischio

La definizione del concetto di rischio presentata dagli "Indirizzi operativi" del MATTM ripropone la formula di Varnes secondo la quale:

$$R = P \times E \times V = P \times Dp$$

dove:

**P** (*pericolosità*): probabilità di accadimento, all'interno di una certa area e in un certo intervallo di tempo, di un fenomeno naturale di assegnata intensità;

**E** (*elementi esposti*): persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, ecc.) e/o attività

(economiche, sociali, ecc.) esposte ad un evento naturale;

**V** (*vulnerabilità*): grado di capacità (o incapacità) di un sistema/elemento a resistere all'evento naturale;

**Dp** (*danno potenziale*): grado di perdita prevedibile a seguito di un fenomeno naturale di data intensità, funzione sia del valore che della vulnerabilità dell'elemento esposto;

**R** (*rischio*): numero atteso di vittime, persone ferite, danni a proprietà, beni culturali e ambientali, distruzione o interruzione di attività economiche, in conseguenza di un fenomeno naturale di assegnata intensità.

Il D.P.C.M. 29.09.98 “Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e del D.L. 11.06.98, n. 180” nel ribadire che i Piani di Bacino, devono tener conto delle disposizioni del D.P.R. 18.07.95, definisce quattro classi di rischio:

- **R4** (*rischio molto elevato*): per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.
- **R3** (*rischio elevato*): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale;
- **R2** (*rischio medio*): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- **R1** (*rischio moderato o nullo*): per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

#### 6.6.2 Matrice del rischio

L'analisi del rischio nelle tre UoM a cui si riferisce la presente relazione è stata svolta secondo procedure automatizzate su piattaforma GIS– Arcmap attraverso le quali sono stati elaborati i dati provenienti dalle Mappe della pericolosità e dalle Mappe del danno potenziale.

Il decreto 49/2010 all'articolo 6 comma 5 indica, infatti, le categorie di elementi esposti che devono essere considerati ai fini della mappatura di rischio. Una volta definite le varie classi di danno così come riportato ai paragrafi precedenti, occorre definire il valore del rischio per tali elementi in funzione della pericolosità dell'evento atteso. Pertanto, definiti i 3 livelli di pericolosità (P3, P2, P1) e i 4 di danno potenziale (D4, D3, D2, D1) sono stati stabiliti i quattro livelli di Rischio conseguenti R4, R3, R2 ed R1 e quindi redatte le Mappe del rischio.

L'algoritmo da utilizzare per la classificazione del territorio in 4 categorie di rischio, come richiesto dal D.Lgs. 49/2010, è definito all'interno degli “Indirizzi operativi” del MATTM, in particolare mediante la elaborazione di una matrice generale che associa le classi di pericolosità P1, P2, P3 alle classi di danno D1, D2, D3 e D4 (Figura e).

Tale matrice consente di modulare il rischio in relazione all'intensità dei processi attesi attraverso la flessibilità delle classi di rischio introdotta in alcune celle.

Per quanto riguarda il territorio di competenza delle UoM in esame, si è convenuto dopo aver esaminato nel dettaglio i risultati ottenuti nelle diverse combinazioni della matrice possibili, e cercando di mantenere una certa coerenza con la metodologia utilizzata per la elaborazione delle mappe della pericolosità e i contenuti dei Pai vigenti di utilizzare la sottomatrice riportata in Figura f, nel caso dell’ambito di studio rappresentato dai corsi d’acqua naturali principali e secondari. Considerato tuttavia, che nessuna delle sottomatrici ottenibili da quella generale proposta è apparsa adeguata a rappresentare i processi che si verificano nell’ambito del reticolo secondario artificiale di pianura, per il quale, appunto, sono stati osservati fenomeni frequenti, ma caratterizzati da tiranti e velocità molto esigui, tali da non comportare condizioni di rischio elevato o molto elevate che risulterebbero dall’applicazioni delle precedenti matrici, si è ritenuto necessario sopperire a tale mancanza con la compilazione di una nuova matrice dedicata all’ambito del reticolo secondario di pianura (Figura g). Si ricorda che per tale ambito non sono state prese in considerazione le aree allagabili per evento raro in quanto non pertinenti per il reticolo in esame che ha un tempo di ritorno di progetto non superiore ai 50 anni e una serie di dati non adeguata a simulare tale scenario.

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA			
	P3	P2		P1
D4	R4	R4	R3	R2
D3	R4	R3	R3	R2 R1
D2	R3	R2	R2	R1
D1	R1	R1	R1	R1

Figura e – Matrice del rischio (Indirizzi Operativi MATTM)

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA		
	P3	P2	P1
D4	R4	R3	R2
D3	R3	R3	R1
D2	R2	R2	R1
D1	R1	R1	R1

Figura f – Matrice del rischio adottata per la UoM ITI021, ITR081, ITI01319 per l’ambito costituito dai corsi d’acqua naturali

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA	
	P3=f(h,v,Tr)	P2=f(h,v,Tr)
D4	R3	R2
D3	R3	R1
D2	R2	R1
D1	R1	R1

Figura g – Matrice del rischio adottata per la UoM ITI021, ITR081, ITI01319 per l'ambito costituito dal reticolo secondario artificiale di pianura

Le mappe del rischio elaborate applicando le due matrici sopra descritte sono costituite da tre tematismi:

- copertura poligonale: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità e elementi esposti di tipo areale (uso del suolo, etc);
- copertura lineare: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità e elementi esposti di tipo lineare (p.e. viabilità stradale e ferroviaria, etc);
- copertura puntuale: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità e elementi esposti di tipo areale (istituti scolastici, strutture sanitarie e ospedaliere, impianti IED, etc)

Gli elementi a rischio di tipo puntuale (p.e. istituti scolastici) e lineari (p.e. viabilità stradale) sono stati rappresentati attribuendo al punto o alla linea il colore corrispondente al livello di rischio attribuito. I colori attribuiti alle 4 classi di rischio (visibili anche nelle corrispondenti celle delle matrici utilizzate, Figura e - Figura g) sono stati concordati a scala di distretto dell'appennino settentrionali e sono ugualmente utilizzati anche nel distretto padano.

Le mappe così redatte sono state poi integrate, come indicato sia nella Direttiva 2007/60/CE che nel D.Lgs. 49/2010, in modo tale da contenere informazioni circa il numero di abitanti potenzialmente esposti all'alluvione e gli impianti industriali potenzialmente pericolosi (ai sensi dell'allegato I del D.L. 59/2005).

Per quanto riguarda la stima della popolazione potenzialmente esposta in caso di alluvione, il dato è stato ottenuto mediante elaborazione GIS effettuata tramite intersezione dei poligoni del rischio con quelli delle sezioni censuarie ISTAT. I dati di censimento disaggregati fino all'unità della sezione di censimento sono stati sottoposti ad una procedura iterativa al fine di trasferire l'informazione in essi contenuta su diversi *layer* di interesse:

- layer della pericolosità (nei tre scenari considerati);
- le zone di rischio idraulico R4, R3, R2, R1.

Questo al fine di associare, ad ogni singola area di pericolosità e ad ogni singola zona di rischio il numero di abitanti potenzialmente interessati. In particolare si è supposto che, all'interno di ogni sezione di censimento, la popolazione residente fosse omogeneamente distribuita.

Va ribadito che le mappe del rischio, come accade per le mappe della pericolosità, sono già contenute negli strumenti di pianificazione di bacino vigenti (P.A.I.) attraverso i quali sono stati già configurati gli assetti idraulico-territoriali che assicurano condizioni di equilibrio e compatibilità tra le dinamiche idrogeologiche e le attività di sviluppo sul territorio.

Le Autorità di bacino competenti sulle tre UoM hanno già infatti individuato nei loro rispettivi strumenti le situazioni a maggiore rischio, adottando criteri simili e paragonabili a quelli qui indicati con riferimento alle aree di esondazione del reticolo principale e secondario di ciascun bacino.

Le differenze riscontrabili nell'attuale mappatura non sono legate alle classi di rischio che venivano definite con il D.P.C.M. del 29.09.98, quanto piuttosto in una più dettagliata individuazione degli elementi esposti e relativa attribuzione delle classi di danno potenziale, nonché dai loro rapporti matriciali per l'attribuzione del livello di rischio.

Altra importante novità è quella dell'aver esteso l'analisi di rischio anche all'ambito costiero e a quello di pianura.

## 6.7 CONSIDERAZIONI FINALI

Obiettivo principale del presente documento è di fornire la descrizione della metodologia seguita per la composizione delle mappe di pericolosità e di rischio delle UoM ITI021 (Bacino interregionale del Reno e affluenti), ITR081 (Bacini regionali romagnoli) e ITI01319 (Bacino interregionale Conca-Marecchia), come aderenti al dettato del D.Lgs 49/2010 e agli scopi della Direttiva 2007/60, nonché di specificare le attività in corso e di quelle future nel quadro sinergico delle azioni da porre in campo per la redazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. In particolare tale quadro riferisce delle correlazioni necessarie tra :

- le attività dei soggetti competenti per la definizione delle pericolosità e del rischio nei rispettivi territori;
- le attività per la partecipazione ai fini della redazione del Piano, in coerenza con la attività di partecipazione inerenti la direttiva 2000/60 con i riferimenti del D.Lg.152/06.

Le mappe predisposte relative alla pericolosità di alluvione, elementi esposti potenzialmente interessati, danno e rischio, risultano dalla applicazione delle metodologie condivise a livello di distretto e regionale, nonché dalle Linee di Indirizzo redatte dal Ministero dell'Ambiente e derivano dagli studi di base contenuti nei P.A.I.; le eventuali differenze sono dovute alla necessaria omogeneizzazione degli strati informativi, ottenuti a livello regionale e di bacino con le informazioni provenienti dagli Enti competenti; è importante evidenziare comunque che dette mappe ricomprendono il livello di assetto idraulico già definito nei P.A.I. vigenti.

A seguito del periodo di osservazione sarà revisionato il presente documento e sarà prodotta la versione definitiva della cartografia con la valutazione specifica per quanto concerne le principali problematiche inerenti il fenomeno in esame e le possibili soluzioni.

## ALLEGATO 1

# Metodologia per la mappatura della pericolosità di alluvione del reticolo idrografico artificiale di pianura in Regione Emilia-Romagna

ai sensi dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010

## RELAZIONE

Data	Creazione: giugno 2013 (aggiornamento dicembre 2013)
Tipo	Relazione metodologica
Formato	Microsoft Word – dimensione: pagine 108
Identificatore	<a href="#">2012 - Metodologia mappatura pericol ret bonifica_1rev.doc</a>
Lingua	it-IT
Redazione documento:	Ercoli Patrizia
Referente della Regione Emilia-Romagna per le attività:	Ercoli Patrizia

Redazione documento

Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica – Regione Emilia-Romagna

' 051 527 6811

*Referente:*

*ing. Patrizia Ercoli*

Allegato A

Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli – Regione Emilia-Romagna

*Referente:*

*dott.ssa Maria Teresa De Nardo*

Contributi e contenuti tecnici a cura dei Consorzi di Bonifica

*Un particolare ringraziamento per le attività svolte al Consorzio della Bonifica Burana, nell'ambito dell'«Accordo tra l'Autorità di Bacino del fiume Po, la Regione Emilia Romagna, la Provincia di Reggio-Emilia, la Provincia di Modena, il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, il Consorzio di Bonifica Burana per l'applicazione in Regione Emilia-Romagna (bacino pilota del fiume Secchia) della Direttiva 2007/60/CE, di cui al D.Lgs. 49/2010 pubblicato sulla G.U. n. 77 del 2 aprile 2010» (D.G.R. 247 del 5 marzo 2012)*

## 1. Premessa

Il presente documento tecnico ha lo scopo di illustrare la metodologia utilizzata per la perimetrazione delle aree a differente pericolosità per piena lungo i canali di bonifica artificiali di pianura nel territorio della Regione Emilia-Romagna afferente ai distretti padano e dell'Appennino Settentrionale, seguendo le indicazioni e i contenuti della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni (di seguito anche Direttiva Alluvioni) e del D.Lgs. 49/2010<sup>8</sup> di recepimento.

E' necessario chiarire in premessa che il documento in oggetto si occupa di definire la sola Pericolosità di alluvione e non già anche la vulnerabilità e il valore degli elementi esposti: non tratta, quindi, della valutazione globale del Rischio, calcolato come prodotto della Pericolosità (P), della Vulnerabilità (V) e dell'Esposizione (E) ( $R = P \times V \times E$ ), essendo tale attività demandata alle successive fasi del lavoro previste.

La metodologia prende avvio del lavoro preliminare svolto, in virtù dell'«Accordo tra l'Autorità di Bacino del Fiume Po, la Regione Emilia-Romagna, la Provincia di Reggio Emilia, la Provincia di Modena, il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, il Consorzio di Bonifica Burana, per l'applicazione in Regione Emilia-Romagna (bacino pilota del fiume Secchia) della Direttiva 2007/60/CE, di cui al D.Lgs. 49/2010 pubblicato sulla G.U. n. 77 del 2 aprile 2010», dai Consorzi di Bonifica Burana e dell'Emilia Centrale, in collaborazione con la Regione Emilia-Romagna e l'Autorità di Bacino del fiume Po: tale attività ha avuto quale risultato una prima mappatura della pericolosità con un metodo semplificato nel territorio di pertinenza del Consorzio di Bonifica Burana.

La metodologia è in linea con i contenuti dell'Allegato 6.3 alla Relazione Tecnica del “Progetto esecutivo delle attività per la redazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione”, approvato dal Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po in data 31 gennaio 2012 ed è stata, inoltre, presentata e discussa durante la riunione plenaria coordinata dalla Regione Emilia-Romagna (Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica) svoltasi in data 2 aprile 2012, alla presenza delle Autorità di Bacino interessate per territorio, nella quale ha avuto una prima condivisione generale da parte dei presenti.

In sintesi, il metodo consiste nella mappatura della pericolosità a partire dalla valutazione critica degli allagamenti storici verificatisi sul territorio, validati, se disponibili, con i dati derivanti da modellazioni idrologico-idrauliche effettuate dai Consorzi ai fini della progettazione di interventi di mitigazione del rischio, dello studio delle criticità del sistema, della valutazione della sostenibilità di nuove espansioni urbanistiche, etc.

La scelta di tale metodo (meglio dettagliato nel seguito) è anche suffragata dai risultati dello studio “Quadro di sintesi dei dati e degli studi riguardanti il reticolo idraulico in gestione ai Consorzi di Bonifica finalizzato alla mappatura della pericolosità e del rischio di alluvioni ai sensi dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010”, effettuato dalla Regione Emilia-Romagna (Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica) con la collaborazione fattiva dei Consorzi di Bonifica, dal quale si desumono i seguenti principi generali:

- § gli eventi di piena storici che interessano la rete di bonifica regionale vengono censiti con una certa regolarità, in particolare a partire dagli anni '90;
- § i dati vengono per lo più informatizzati (in ambiente GIS) e archiviati;
- § esistono cartografie a scala di comprensorio riportanti le aree allagate in occasione di eventi storici almeno a partire dagli anni '90.

Viceversa, dal quadro generale risultante dalla compilazione delle schede di cui al documento sopra citato, emerge una non completa omogeneità relativamente all'utilizzo di modelli idrologico-idraulici (mono e bidimensionali), alla disponibilità “in house” degli stessi (con conseguente possibilità di riproducibilità e modifica dei dati), all'estensione territoriale della modellazione (che non copre, generalmente tutta la rete di pertinenza), agli scenari di progetto utilizzati (tempi di ritorno di riferimento, condizioni di saturazione del terreno, periodo stagionale di riferimento, etc).

Sulla base di tali considerazioni, stante la complessità dei temi da trattare, l'esiguità delle risorse e la scarsità dei tempi, l'utilizzo della metodologia semplificata applicata basata sull'analisi dei dati storici di allagamento garantisce un'adeguata omogeneità a scala regionale e una buona rispondenza alla reale criticità della rete.

---

<sup>8</sup> D.Lgs. 23 febbraio 2010, n. 49 “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”

## 2. Le classi di pericolosità previste dalla Direttiva 2007/60 e dal D.Lgs. 49/2010 e i dati richiesti

Il contesto normativo e i riferimenti principali da tenere in considerazione nell'analisi dei fenomeni alluvionali che possono interessare il reticolo artificiale di pianura sono, nell'ordine, la Direttiva 2007/60/CE e il D.Lgs. 49/2010 di recepimento.

In tale contesto può risultare utile e di interesse, prima ancora di impostare le attività, effettuare un'analisi comparativa dei due strumenti, in modo tale da evidenziarne gli aspetti concordanti e le eventuali differenze.

La definizione di alluvione che si rinviene nella Direttiva 2007/60/CE è (art. 2):

*“l'allagamento temporaneo di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua. Ciò include le inondazioni causate da fiumi, torrenti di montagna, corsi d'acqua temporanei mediterranei, e le inondazioni marine delle zone costiere e può escludere gli allagamenti causati dagli impianti fognari”.*

Il D.Lgs. 49/2010, all'art. 2 “definizioni” descrive l'“alluvione” come:

*“l'allagamento temporaneo, anche con trasporto ovvero mobilitazione di sedimenti anche ad alta densità, di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua. Ciò include le inondazioni causate da laghi, fiumi, torrenti, eventualmente reti di drenaggio artificiale, ogni altro corpo idrico superficiale anche a regime temporaneo, naturale o artificiale, le inondazioni marine delle zone costiere ed esclude allagamenti non direttamente imputabili ad eventi meteorologici”.*<sup>9</sup>

Le due norme di riferimento individuano, inoltre, una serie di scenari in base ai quali effettuare la mappatura della pericolosità da alluvione.

	Direttiva 2007/60/CE	D.Lgs 49/2010
	(art. 6)	(art. 6)
Scenario a)	Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi	Alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento (bassa probabilità) <sup>10</sup>

<sup>9</sup> La Legge 6 agosto 2013, n.97 all'art. 19 “Modifiche al decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, in materia di valutazione e gestione dei rischi di alluvioni. Procedura di infrazione 2012/2054”, comma 1, riporta:

“Al decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, sono apportate le seguenti modificazioni:

- b) all'articolo 2, comma 1, lettera a), le parole “non direttamente imputabili ad eventi metereologici” sono sostituite dalle seguenti “causati da impianti fognari”;

In virtù di tale modifica, l'art. 2, comma 1, lett. a si legge:

“a) alluvione: l'allagamento temporaneo, anche con trasporto ovvero mobilitazione di sedimenti anche ad alta densità, di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua. Ciò include le inondazioni causate da laghi, fiumi, torrenti, eventualmente reti di drenaggio artificiale, ogni altro corpo idrico superficiale anche a regime temporaneo, naturale o artificiale, le inondazioni marine delle zone costiere ed esclude gli allagamenti causati da impianti fognari”.

<sup>10</sup> La Legge 6 agosto 2013, n.97 all'art. 19 “Modifiche al decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, in materia di valutazione e gestione dei rischi di alluvioni. Procedura di infrazione 2012/2054”, comma 1, lett. b), punto 2), riporta:

2) la lettera a) è sostituita dalla seguente:

« a) scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi ».

La precedente lett. a) “Alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento (bassa probabilità)” è pertanto sostituita da quanto sopra riportato.

Scenario b)	Media probabilità di alluvioni (tempo di ritorno probabile >=cento anni)	Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità)
Scenario c)	Elevata probabilità di alluvioni, se opportuno	Alluvioni frequenti: tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (elevata probabilità)

La Direttiva 2007/60/CE prevede che per ciascuno degli scenari di cui sopra vengano indicati i seguenti elementi:

- a) portata della piena;
- b) profondità delle acque o, se del caso, livello delle acque;
- c) se opportuno, velocità del flusso o flusso d'acqua considerato.

Il D.Lgs. 49/2010 individua, per ogni scenario, almeno i seguenti elementi:

- a) estensione dell'inondazione e portata della piena<sup>11</sup>;
- b) altezza e quota idrica<sup>12</sup>;
- c) caratteristiche del deflusso (velocità e portata).

### **3. Metodologia operativa per la mappatura della pericolosità sul reticolo artificiale di bonifica (metodo semplificato)**

La metodologia messa a punto dal tavolo di lavoro costituito dai Consorzi di Bonifica regionali, dalle Autorità di Bacino e dalla Regione Emilia-Romagna per la elaborazione delle mappe di pericolosità da alluvione del reticolo secondario artificiale di pianura è di tipo semplificato e si basa sulla perimetrazione degli allagamenti storici che hanno interessato il sistema costituito dai canali di bonifica.

In relazione agli scenari indicati in normativa (si veda il paragrafo precedente), si sottolinea che i canali di bonifica che interessano il territorio regionale, realizzati a cavallo tra il XIX ed il XX secolo con finalità territoriali molto diverse rispetto alle esigenze attuali, risultano sostanzialmente progettati, per lo più, per eventi di un ordine di grandezza inferiore anche solo al punto c (alluvioni frequenti). Considerando che l'adeguamento strutturale di tale reticolo idrografico, nella sua complessità, non ha potuto seguire la rapida evoluzione urbanistica degli ultimi 50 anni, si ritiene che, salvo alcuni collettori e dorsali principali, la capacità di scolo della rete sia rimasta invariata o addirittura sia diminuita.

Tale dato è confermato anche da recenti studi eseguiti su alcune porzioni della rete di bonifica regionale aventi lo scopo di valutare le condizioni di "control failure" (capacità limite della rete) e di "failure" (allagamenti diffusi in tutto il bacino) di parte della rete di bonifica<sup>13</sup>.

Per quanto sopra si ritiene, quindi, che, con riferimento al reticolo di bonifica, risultino difficilmente valutabili sia lo scenario a) che lo scenario b).

Per tali tempi di ritorno, infatti, la rete risulterebbe, a meno di alcuni casi, insufficiente in modo generalizzato, con allagamenti diffusi su porzioni molto ampie del territorio e ristagnamenti maggiori nelle zone depresse.

<sup>11</sup> Il testo precedente relativo all'art. 6, comma 3, lett. a) «estensione dell'inondazione» è così sostituito dalla Legge 6 agosto 2013, n.97 all'art. 19 "Modifiche al decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, in materia di valutazione e gestione dei rischi di alluvioni. Procedura di infrazione 2012/2054", comma 1, lett. c).

<sup>12</sup> <sup>12</sup> Il testo precedente relativo all'art. 6, comma 3, lett. b) «altezza idrica o livello» è così sostituito dalla Legge 6 agosto 2013, n.97 all'art. 19 "Modifiche al decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, in materia di valutazione e gestione dei rischi di alluvioni. Procedura di infrazione 2012/2054", comma 1, lett. c).

<sup>13</sup> Tali scenari, per il Bacino Acque Basse tra Fiumi Secchia e Panaro, si verificano per eventi meteorici primaverili con tempo di ritorno rispettivamente di 6 ed i 16 anni.

Gli scenari da prendere in considerazione per le analisi devono, quindi, essere opportunamente ricalibrati in funzione dell'ambito di studio specifico e delle caratteristiche specifiche di ciascun comprensorio di bonifica.

In particolare, il metodo si fonda sui seguenti criteri generali:

- sono presi in esame gli eventi alluvionali che hanno provocato allagamenti per insufficienza specifica della rete di scolo di bonifica (crisi interna<sup>14</sup>); vengono tralasciati, in questa prima fase, gli allagamenti verificatisi in passato che hanno interessato il territorio drenato dal reticolo di bonifica dovuti a tracimazioni dei corsi d'acqua naturali principali o secondari, rotture arginali, sifonamenti, inofficiosità della rete di drenaggio urbana, eventi accidentali (malfunzionamento di impianti idrovori, mancanza di energia elettrica, etc);
- gli allagamenti storici presi in considerazione ai fini della mappatura della pericolosità si riferiscono ad eventi avvenuti orientativamente in epoca successiva al 1990, in quanto ritenuti maggiormente compatibili con l'attuale scenario di bonifica e di uso del suolo. Qualora si disponga, tuttavia, di informazioni relative ad eventi antecedenti, aventi il carattere della ripetibilità e dotati di un sufficiente livello di confidenza, tali dati possono essere ricompresi nelle analisi, anche in relazione alle singole specificità dei comprensori di bonifica e delle modifiche intervenute negli anni sia nell'uso del suolo che nella funzionalità e geometria del reticolo;
- partendo dalla conoscenza documentata degli eventi del passato, ciascuna area indicata nella cartografia storica viene riportata nella mappa di pericolosità solo se l'allagamento verificatosi in passato risulta, oggi e in futuro, ripetibile (come previsto dall'art. 4, c. 2, lett. b) del D.Lgs. 49/2010). In caso di interventi eseguiti volti alla risoluzione del problema, l'area è omessa ovvero è indicata con tempo di ritorno congruo ai lavori realizzati;
- per ciascuna delle aree allagate individuate è indicato, sulla base di considerazioni tecnico-empiriche, il tempo di ritorno stimato corrispondente. In ogni caso, anche in relazione a quanto enunciato precedentemente (tempi di ritorno limite del reticolo secondario di bonifica), si ritiene di poter ricondurre gli eventi storici registrati dagli anni '90 ad oggi, verosimilmente ai seguenti due scenari:
  - Ø Alluvioni frequenti (Tr fino a 50 anni, elevata probabilità)<sup>15</sup>.
  - Ø Alluvioni poco frequenti (Tr fino a 200 anni, media probabilità).Per tale scenario, come già detto in precedenza, sulla base del giudizio esperto dei consorzi di bonifica si può affermare che ampie porzioni del territorio consortile risultano potenzialmente allagabili e, pertanto, le indicazioni che si possono trarre dalla mappatura hanno carattere prevalentemente qualitativo, a meno che non siano disponibili anche dati derivanti da modellazioni idrologico-idrauliche. Le aree delimitate per tale scenario sono identificate come derivate da un modello di tipo "conoscitivo".
- qualora si sia in possesso, a scala di comprensorio o limitatamente ad alcuni bacini specifici, di dati derivanti da modellazioni idrologico-idrauliche mono o bidimensionali (anche se elaborate per finalità diverse da

---

<sup>14</sup> Una problematica fondamentale inerente tale mappatura risiede nella difficoltà di distinguere, per le caratteristiche della pianura e dei collettori di bonifica, se l'allagamento derivi da sormonto della sponda/ciglio arginale o se l'allagamento derivi dall'incapacità del collettore idraulico di recepire le acque provenienti dai terreni e dai centri urbani, creando così condizioni di rigurgito e ristagno dell'acqua.

Tale questione può essere superata in un approccio qualitativo seguendo la definizione di alluvione riportata all'art. 2 del D.Lgs. n. 49 del 23/02/2010, dove non viene fatta una distinzione tra i due tipi di allagamento. In un approccio completo di tipo modellistico, invece, risulta molto più problematico in quanto, solitamente, vengono simulate solo le esondazioni, ignorando gli allagamenti derivanti da ristagno delle aree che non hanno potuto convogliare le proprie acque ai vettori idraulici.

<sup>15</sup> Includendo anche gli eventi con Tr < 20 anni che comunque risultano gravosi per il reticolo di pianura

quelle derivanti dall'attuazione della Direttiva Alluvioni ma comunque in grado di fornire dati utili per gli scenari di pericolosità), tali risultati sono utilizzati per effettuare una più attendibile interpretazione degli allagamenti storici registrati e per verificare la mappatura della pericolosità effettuata su base storica;

- le mappe di pericolosità su base storica riportano, oltre al dato “estensione dell'inondazione”, anche i seguenti elementi:
  1. altezza idrica (o livello).

Per quanto riguarda la definizione del livello conseguente all'allagamento, considerata la difficoltà di indicare nel dettaglio la quota raggiunta dall'acqua in ciascun areale durante gli eventi storici registrati, si indica un valore soglia atto a rappresentare la criticità dell'allagamento. In via preliminare, qualitativamente, sulla base dell'esperienza e della conoscenza del territorio da parte dei Consorzi di Bonifica, si può adottare un battente idrico di riferimento pari mediamente a 0.5 m, indicando, quindi, in legenda quali allagamenti hanno avuto livello superiore ( $> 0.5$  m) o inferiore (o uguale) ( $\leq 0.5$  m) a tale soglia senza ulteriori specificazioni. Tale approccio risulta particolarmente pratico e indicato nel caso di applicazione di un metodo semplificato;

2. caratteristiche del deflusso: velocità.

In considerazione delle pendenze estremamente basse dei terreni attraversati dal reticolo di bonifica, la definizione della velocità dell'allagamento risulta, in generale, ininfluenza, per cui valgono le stesse considerazioni fatte per l'individuazione di tiranti di riferimento, che portano alla definizione di un valore soglia che, nel caso di allagamento dovuto a “crisi/rischio interni”, si può assumere mediamente inferiore o uguale a 0.4 m/sec;

3. un'ulteriore indicazione che può essere riportata, anche se non specificatamente richiesta dalla normativa, consiste nella durata della permanenza dell'allagamento sull'area. Anche in questo caso valgono le considerazioni sulla definizione di un valore soglia che differenzi la gravità dell'evento.

In merito agli elementi di cui ai punti 1, 2 e 3 precedenti, si precisa, a sostegno delle scelte effettuate, che le alluvioni che determinano allagamenti per insufficienza del reticolo di bonifica solitamente raggiungono un limite massimo di alcune decine di centimetri ed il deflusso di tali acque, per le scarse pendenze che caratterizzano il territorio di pianura, tende ad avere velocità quasi nulla. Naturalmente tali indicazioni avranno associato un livello di confidenza basso (si veda il paragrafo 6), in relazione al metodo in base al quale sono stati desunti.

Al fine di una più realistica rappresentazione delle aree allagate storicamente, nonché potenzialmente riallargabili, e di un controllo ulteriore della congruenza della mappatura alla morfologia del territorio, sono stati utilizzati, ove disponibili, anche i seguenti prodotti (si veda Allegato A):

- dati Lidar del Piano di Telerilevamento Nazionale prodotto dal Ministero dell'Ambiente e del Territorio e del Mare (2008);
- ortofoto Agea;
- modelli DTM;
- informazioni desumibili da banche dati e studi regionali quali, ad esempio dati di subsidenza, aree depresse, etc

Tale attività di approfondimento e di analisi morfologica del territorio è stata condotta anche con la collaborazione del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (Allegato A).

La cartografia ottenuta è prodotta in ambiente GIS e contiene anche i seguenti strati informativi:

- layer “canali consortili”;
- layer “mappa della pericolosità”, costituito dai seguenti tematismi:
  1. alluvioni frequenti (indicate anche con il simbolo F o H, high);

2. alluvioni poco frequenti, completo delle relative informazioni inerenti i valori soglia di tirante e, se possibile, la durata media di permanenza dell'allagamento sull'area (indicate anche con il simbolo PF o M, medium).

Una volta terminata la elaborazione della prima versione della mappa di pericolosità a scala consorziale (relativa a ciascun distinto comprensorio di bonifica) secondo il metodo sopra esposto, sono stati effettuati ulteriori approfondimenti e verifiche coinvolgendo gli Enti a vario titolo in possesso di dati ed informazioni inerenti gli eventi alluvionali che hanno interessato la rete di bonifica, in particolare Urber, i Servizi di Protezione Civile di livello provinciale, i Comuni, etc, al fine di effettuare un attento confronto dei risultati ottenuti con gli elementi in loro possesso, relativi agli interventi d'emergenza effettuati, alle criticità idrauliche note, etc.

Il prodotto finale (restituzione cartografica definitiva) è ottenuto mosaicando ed unendo le mappe di pericolosità prodotte da ciascun Consorzio, caratterizzate dalla medesima struttura dei dati e tematismi e da un'unica legenda di riferimento, previa verifica della congruità delle informazioni riportate, in particolare nelle zone di confine tra un Consorzio e l'altro.

E' stata così ottenuta un'unica cartografia a scala regionale riportante la "mappatura della pericolosità del reticolo artificiale di bonifica (metodo semplificato)".

Per quanto attiene il tema dei cambiamenti climatici, non è stato possibile tenere in considerazione, già in questo primo ciclo, il loro possibile impatto sui fenomeni alluvionali che interessano la rete idrografica secondaria di pianura; alcuni interessanti elementi potranno venire, tuttavia, dallo svolgimento dell'attività "Idrologia di piena e cambiamenti climatici" (svolta da ARPA-SIMC con riferimento all'intero territorio regionale), dalla quale potranno essere meglio definiti i livelli di confidenza dei parametri considerati e individuate, quindi, le linee d'azione prioritarie da mettere in atto nel successivo ciclo di aggiornamento della Direttiva Alluvioni e del D.Lgs. 49/2010.

#### **4. Mappe della pericolosità di dettaglio ottenute a partire da modellazioni idrologico-idrauliche del reticolo artificiale di bonifica (metodo completo)**

Nei casi in cui i Consorzi di Bonifica possiedono informazioni di maggior dettaglio derivanti da specifiche modellazioni di carattere idrologico-idraulico (metodo completo) della rete di bonifica in loro gestione (effettuata per scopi coincidenti con quelli di cui al D.Lgs. 49/2010 o differenti, ma a questa riconducibili) sono stati derivati, da questi, mappe di pericolosità rispondenti ai requisiti di cui all'art. 6 del D.Lgs. 49/2010.

#### **5. Sintesi dei metodi utilizzati**

In sintesi, dunque, i metodi che si sono utilizzati per la elaborazione delle mappe della pericolosità relative all'ambito di bonifica consistono in:

- Metodo inventariale: nel caso in cui la perimetrazione di area allagabile derivi dal database relativo ai fenomeni di allagamento storici censiti;
- Metodo conoscitivo: nel caso in cui la campitura / perimetrazione di area allagabile derivi da considerazioni relative alla generale incapacità del reticolo a far fronte ad eventi di precipitazione caratterizzati da Tr superiori (in media) a 50 anni;
- Metodo completo: qualora la perimetrazione di area allagabile derivi da modellazioni idrologiche/idrauliche

## 6. Livelli di conoscenza e di confidenza

In analogia alle procedure previste rispetto alla gestione del rischio sismico, si è evidenziata la necessità di associare, come peraltro già proposto relativamente agli altri ambiti di analisi (reticolo idrografico naturale principale e secondario/minore, idrologia di piena, ambito costiero, etc), ai principali parametri e grandezze stimati nell'ambito delle diverse attività, il livello di confidenza che le caratterizza, anche in considerazione del principio generale per cui il margine di incertezza associato alla valutazione dei processi alluvionali può essere sicuramente diminuito in funzione dei livelli conoscitivi disponibili ma mai completamente eliminato.

Tale livello di confidenza è distinto in termini qualitativi su tre classi (Alto, Medio e Basso) in funzione delle conoscenze disponibili e, nel caso specifico in esame, è definito, singolarmente, per i seguenti parametri:

PER IL METODO SEMPLIFICATO STORICO-INVENTARIALE:

- delimitazione del limite delle aree inondabili;
- parametri idraulici stimati con metodi empirici (livelli di piena, velocità, tempo di permanenza dell'allagamento);
- tempo di ritorno associabile all'evento storico registrato.

PER IL METODO COMPLETO:

- delimitazione del limite delle aree inondabili.
- parametri idraulici (livelli di piena e velocità);
- idrogrammi e portate al colmo di piena.

Il livello di confidenza legato alle perimetrazioni ottenute con il metodo conoscitivo è, in generale, basso, in quanto non del tutto supportate da informazioni di natura storico-inventariale o da dati modellistici, ma piuttosto basate sul giudizio esperto dei Consorzi di Bonifica.

La valutazione del livello di confidenza dei diversi parametri sopra specificati è di fondamentale importanza anche per orientare in termini di priorità le attività di aggiornamento e miglioramento dei quadri conoscitivi che saranno sviluppate nei successivi cicli di riesame ed aggiornamento previsti dalla normativa.

## 7. Modello organizzativo

Il percorso individuato è stato svolto in stretta collaborazione con i Consorzi di Bonifica in primo luogo, Urber, le Autorità di Bacino, le Province e con gli altri Enti competenti a vario titolo.

Il modello organizzativo ha previsto, quindi, la costituzione di un tavolo tecnico di coordinamento che ha visto la presenza di tutti i Consorzi di bonifica regionali (avente lo scopo di seguire nel dettaglio le attività).

Durante le fasi di predisposizione delle mappe di pericolosità (redatte secondo il metodo semplificato storico-inventariale) sono stati organizzati incontri di discussione e confronto, sia a livello plenario, che per aree territoriali o ambiti contigui, alla presenza dei Consorzi di Bonifica, delle Autorità di Bacino competenti per territorio e degli altri Enti interessati, coordinati dalla Regione Emilia-Romagna (Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica).

## 8. Conclusioni

Il programma di lavoro messo a punto, di concerto con i Consorzi di Bonifica e le Autorità di Bacino, si è basato sull'applicazione, a scala regionale, di un metodo di tipo storico-inventariale che, a partire dalle informazioni relative

agli allagamenti storici che hanno interessato, prevalentemente dagli anni 90 ad oggi, il reticolo di bonifica, interpreta i dati anche alla luce della ripetibilità degli eventi e delle loro caratteristiche (valori soglia del tirante e della velocità, tempo di permanenza), arrivando, quale risultato finale, alla mappatura della pericolosità di alluvione per crisi interna del reticolo di bonifica secondo due scenari: alluvioni frequenti ( $Tr \leq 50$  anni) e alluvioni poco frequenti ( $Tr \leq 200$  anni).

Laddove in possesso di dati derivanti da modellazioni idrologico-idrauliche di dettaglio la cartografia generale “su base storica” viene integrata con mappe specifiche, costituenti uno zoom a scala maggiore.

La metodologia semplificata messa a punto ha il vantaggio di:

- arrivare alla definizione di un prodotto omogeneo a scala regionale (nel territorio di competenza del distretto padano e del distretto dell'Appennino settentrionale), ottenuto a partire da dati storici di archivio contraddistinti da una buona affidabilità, interpretati alla luce dell'esperienza e della conoscenza tecnica dei Consorzi di bonifica;
- consentire il rispetto dei tempi dettati dalla normativa vigente (elaborazione delle mappe di pericolosità e di rischio entro il 22 giugno 2013);
- lasciare aperta la strada per affinamenti e miglioramenti successivi, da condursi nei cicli di aggiornamento previsti dalla direttiva 2007/60/CE e dal D.Lgs. 49/2010.

**ALLEGATO A ALLA RELAZIONE TECNICA «AMBITO DI BONIFICA»**

**IL CONTRIBUTO ALLA FORMAZIONE DI UNA CARTOGRAFIA DI  
PERICOLOSITÀ RELATIVA AL RETICOLO IDROGRAFICO  
CONSORTILE**

*A cura di:*

M.T. De Nardo

*(Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna)*

D. Bonaposta,

*(laureato in Scienze Ambientali, Master in Sistemi Informativi Geografici)*

P. Ercoli

*(Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica, Regione Emilia-Romagna)*

## 1. Materiali

Nell'ambito della collaborazione con il Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica finalizzata all'attuazione della Direttiva 2007/60/Ce e del D.Lgs. 49/2010, presso il Servizio Geologico regionale, sono state svolte una serie di attività finalizzate alla formazione della cartografia di pericolosità, basata sull'individuazione delle aree allagate/allagabili riferite al reticolo artificiale in gestione agli otto Consorzi di Bonifica in cui è suddivisa la Regione.

A tale scopo sono state acquisite le seguenti basi informative:

- cartografie in formato vettoriale relative alle aree allagate o allagabili, elaborate dai Consorzi di Bonifica di Piacenza, Emilia Centrale, Burana, Renana, Pianura di Ferrara, Romagna Occidentale, Romagna. I dati sono stati assemblati dall'Unione delle Bonifiche dell'Emilia-Romagna (URBER), nel maggio 2013 e documentano gli eventi dal 1996 in poi;
- dati in forma cartacea consegnati dal Consorzio della Bonifica Parmense, digitalizzati presso il Servizio Geologico ed implementati dal Consorzio, approfondendo anche i contenuti del Piano di Protezione Civile della Provincia di Parma;
- dati vettoriali relativi alle aree allagabili dalla “piena centenaria”, provenienti dal Consorzio della Bonifica di Piacenza, successivamente implementati da una valutazione più generale relativa al comprensorio;
- dati vettoriali (parziali) relativi ai perimetri di aree storicamente allagate provenienti dalle Province di Piacenza, Modena, Reggio Emilia, Forlì-Cesena, riferite ad eventi di varia età;
- dati vettoriali relativi al reticolo di bonifica e agli impianti idrovori e di sollevamento, provenienti dai Consorzi, utili per un confronto con la base informativa sul reticolo idrografico regionale, aggiornata al 2006;
- dati vettoriali consistenti nella suddivisione del territorio della pianura emiliano-romagnola in celle idrauliche (tematismo elaborato dall'Agenzia di Protezione Civile regionale, aggiornato al 1996);
- dati vettoriali delle celle idrauliche di pianura acquisiti dalle Province, consistenti, per la pianura ravennate, in una copertura più aggiornata e dettagliata, effettuata sulla base di studi appositamente condotti in quest'area.

Uno dei problemi da risolvere, nel confronto e sintesi dei dati di cui sopra, è stato quello della loro omogeneizzazione in termini di sistemi di riferimento geografici<sup>16</sup>, considerando oltretutto che, recentemente, anche il sistema di riferimento regionale è stato trasformato dal cosiddetto UTM32\* (ovvero un originario sistema ED50UTM32N con traslazione o “falsa origine” delle coordinate chilometriche Nord) all'attuale UTM32R (Gauss-Boaga Ovest con traslazione o “falsa origine” delle coordinate chilometriche).

### 1.1 Cartografia delle aree storicamente allagate o allagabili nei comprensori di bonifica.

La base informativa principale è naturalmente costituita dai dati provenienti dai Consorzi di Bonifica, dove a ciascun poligono cartografato sono associate le informazioni indicate nelle specifiche tecniche concordate con questi ultimi (Ercoli, gennaio 2013).

Il contenuto informativo, seppure con qualche disomogeneità, permette quantomeno di classificare le aree secondo:

- ñ il tempo di ritorno degli eventi di riferimento, frequenti (F o H), allagabili con tempi di ritorno fino a 50 anni) e poco frequenti (PF o M, tempo di ritorno fino a 200 anni).
- ñ Il metodo attraverso il quale sono state individuate (storico-inventariale<sup>17</sup>, da giudizio esperto o conoscitivo, da modellazione idraulica o completo).

---

16 I dati sono pervenuti nei sistemi di riferimento UTM32\*, UTM fuso 32 (ED50UTM32N), Gauss-Boaga fuso Ovest (GBO), WGS84UTM32N.

17 Di comune accordo tra i Consorzi, si è preso l'evento del 1996 come primo riferimento.

Il quadro conoscitivo di partenza, relativo a sette degli otto Consorzi è riassunto nella tabella 1:

<b>Piacenza</b>	81 aree F con metodo inventariale, liv. confidenza alto, nessuna area PF.
<b>Emilia Centrale</b>	70 aree F, probabilmente con metodo inventariale, liv. confidenza medio 1 area PF, liv. confidenza basso.
<b>Burana</b>	118 aree F con metodo inventariale, liv. confidenza basso. 46 aree F con metodo completo (datato al 2001), di forma circolare, liv. confidenza alto,  10 aree PF con metodo conoscitivo, liv. confidenza basso. 1 area PF con metodo inventariale, liv. confidenza basso.
<b>Renana</b>	331 aree F con metodo inventariale e relativi anni (1996, da 2003 a 2012) liv. confidenza basso 358 aree F con metodo conoscitivo, liv. confidenza basso, tra cui figurano anche le perimetrazioni “nastriiformi” di tratti dei canali di bonifica o “buffers”.  136 aree PF con metodo inventariale e relativi anni (1996, da 2003 a 2012) liv. confidenza basso 9 aree PF con metodo completo con relativi anni (da 2007 a 2012) liv. confidenza basso 1 area PF con metodo conoscitivo, liv. confidenza basso
<b>Pianura di Ferrara</b>	13 aree F con metodo inventariale, liv. confidenza basso 9 aree PF con metodo inventariale, liv. confidenza basso
<b>Romagna Occidentale</b>	54 aree F con metodo inventariale (evento 1996), liv. confidenza alto. 30 aree F con metodo conoscitivo, liv. confidenza medio 87 aree F con metodo conoscitivo, liv. confidenza basso, tra cui figurano anche le perimetrazioni “nastriiformi” di tratti dei canali di bonifica o “buffers”.  115 aree PF con metodo conoscitivo, liv. confidenza medio
<b>Romagna</b>	123 aree F con metodo inventariale (evento 1996), liv. confidenza medio  133 aree PF con metodo inventariale, liv. confidenza medio 62 aree PF con metodo conoscitivo, liv. confidenza basso

Tabella 1 – Sintesi dei dati salienti presenti nella base informativa proveniente da URBER nel maggio 2013.

La cartografia ottenuta in questa prima approssimazione è schematizzata in figura 1. In verde sono rappresentate le aree allagabili per eventi di tipo PF, in azzurro quelle allagate o allagabili per eventi di tipo F, per il solo reticolo idrografico in gestione ai Consorzi di Bonifica.

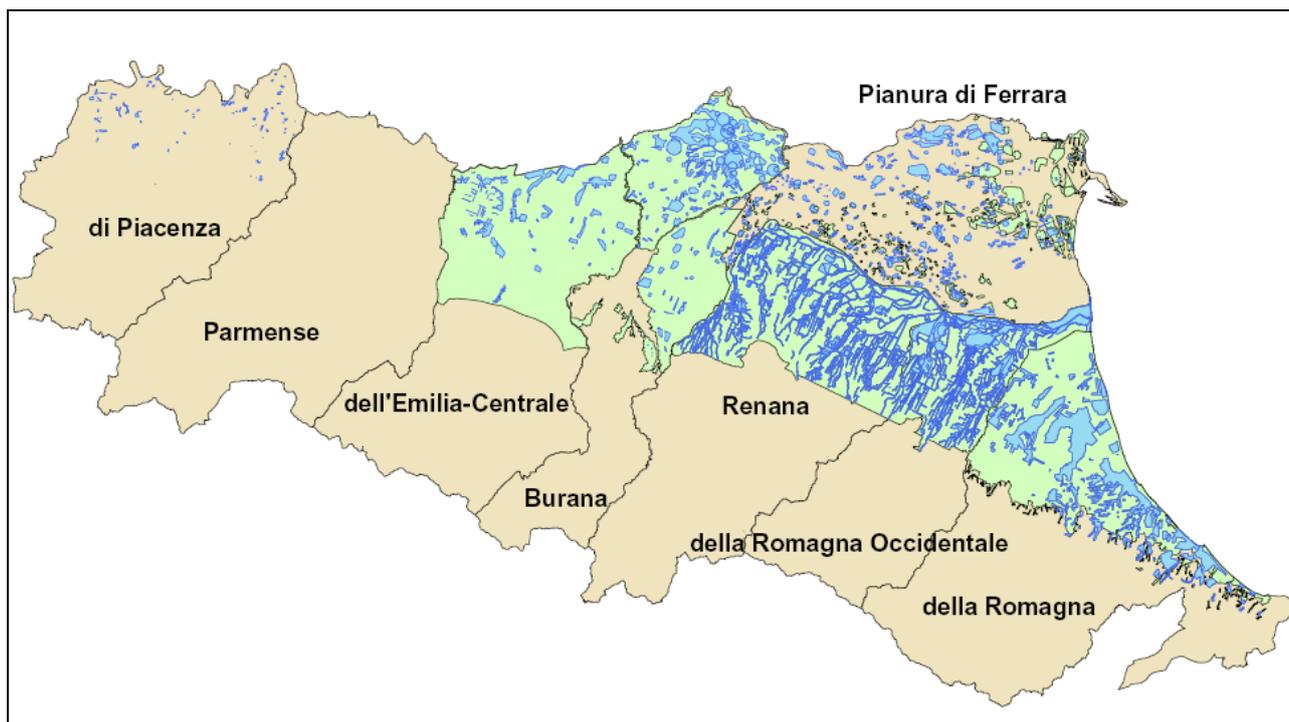


Figura 1- Carta delle aree allagate o allagabili nel settore di pianura emiliano-romagnolo interessato dal reticolo idrografico artificiale, derivante dalla prima consegna effettuata dai Consorzi di Bonifica nel maggio 2013. In azzurro, le aree di tipo F, in verde quelle allagabili da eventi PF.

Il quadro conoscitivo di prima approssimazione è stato completato attraverso le elaborazioni o le acquisizioni descritte ai punti 2 e 3 dell'elenco numerato del paragrafo “Materiali”, completando o integrando le informazioni mancanti (ad esempio, nella pianura piacentina e parmense). I dati di cui al punto 4, provenienti dalle Province, sono stati utilizzati solo per un confronto locale, mentre quelli sul reticolo idrografico consortile (punto 5) sono stati utilizzati “a campione” per verificare la coerenza nella distribuzione delle aree, dovendo essere per forza correlate con quest'ultimo.

I dati sulle celle idrauliche del punto 6 sono stati utilizzati nell'elaborazione descritta nell'allegato, consistente in una sperimentazione per ottenere una cartografia delle aree morfologicamente depresse in settori della pianura “ristretti”, individuati per la risoluzione di problemi cartografici specifici.

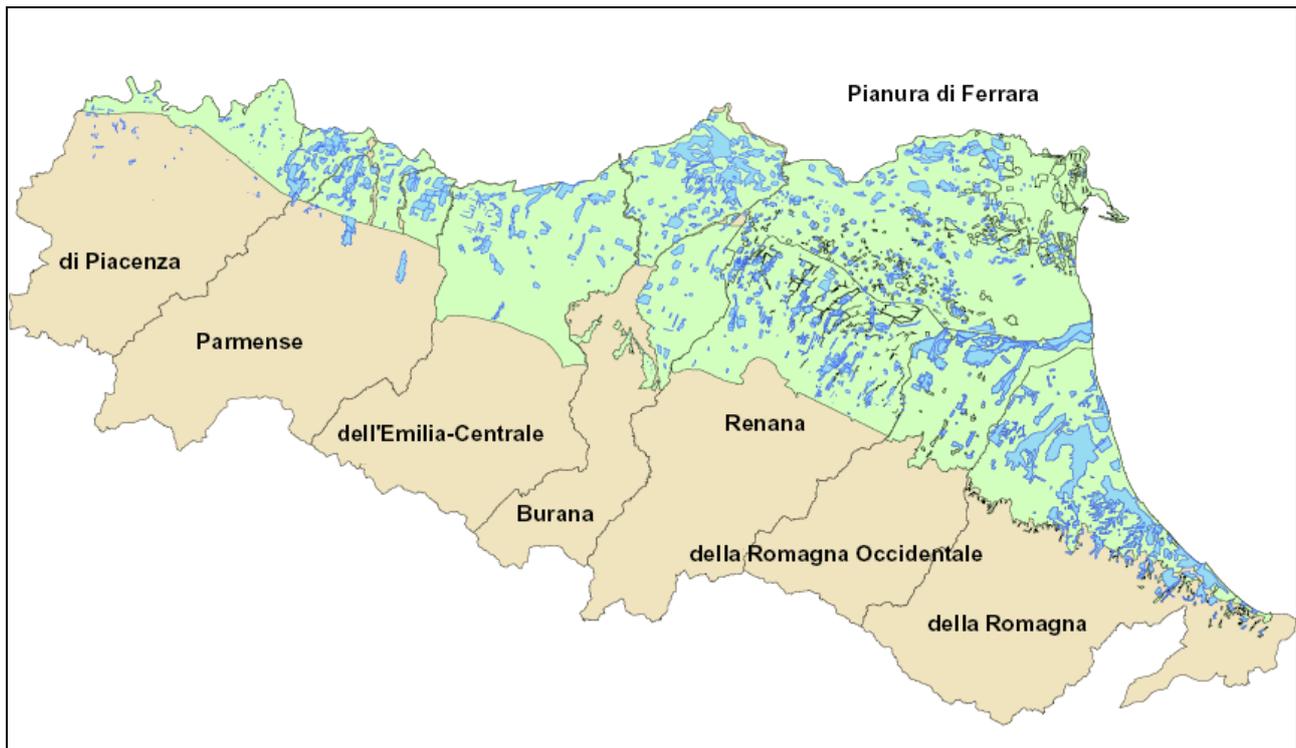


Figura 2 - Carta delle aree allagate o allagabili nel settore di pianura emiliano-romagnolo interessato dal reticolo idrografico artificiale, come integrate e proposte per una validazione ai Consorzi di Bonifica nel novembre 2013. In azzurro, le aree di tipo F, PF in verde.

Per ottenere le elaborazioni di figura 2, sottoposte ad una validazione dei Consorzi, è stato necessario prendere (di comune accordo) alcune decisioni allo scopo di omogeneizzare il più possibile la rappresentazione, rispetto alle basi informative predisposte dai singoli Consorzi nel maggio 2013 (figura 1). Ad esempio, si è intervenuti su alcuni tipi di aree allagabili di forma peculiare (circolare, nastriforme) che non potevano essere ricondotte ai casi storicamente documentati nel contesto degli eventi di tipo F. Queste sono state di comune accordo eliminate.

Nell'allegato viene proposto un metodo di analisi territoriale che, attraverso il confronto con la conoscenza territoriale dei Consorzi, può condurre ad una risoluzione dei problemi individuati, in un successivo ciclo di pianificazione.

## 1.2 Un confronto preliminare con altri dati ambientali.

La distribuzione delle aree storicamente allagate o allagabili per eventi di tipo F è stata confrontata con la Carta Geologica di Superficie a scala 1:250.000, elaborata in origine alla scala 1:100.000 e pubblicata dal Servizio Geologico regionale (Preti, 1999)<sup>18</sup>. Vi sono rappresentati gli ambienti sedimentari della pianura alluvionale e costiera, differenziando i sedimenti per tessitura (ghiaie, sabbie, limi e argille) e in base al grado di alterazione pedogenetica (sviluppo dei suoli). Il risultato è schematizzato in figura 3, dove le aree allagate sono colorate in rosso. Nella carta geologica di pianura, il grigio rappresenta i sedimenti a tessitura più grossolana (ghiaie e sabbie), l'azzurro i limi più o meno sabbiosi, in giallo i limi argillosi e le argille, anche recanti resti di sostanza organica. Come è prevedibile, le aree soggette ad allagamenti si distribuiscono

18 E' stata utilizzata questa cartografia tematica perché copre l'intera estensione della pianura emiliano-romagnola.

in preferenza nei settori dove in superficie i sedimenti sono più fini, delimitati lateralmente dai corpi sabbiosi nastriformi per loro natura morfologicamente più rilevati,. Questi ambiti sono già naturalmente interessati da condizioni di drenaggio difficoltoso e qui si è intervenuti storicamente attraverso le opere di bonifica.

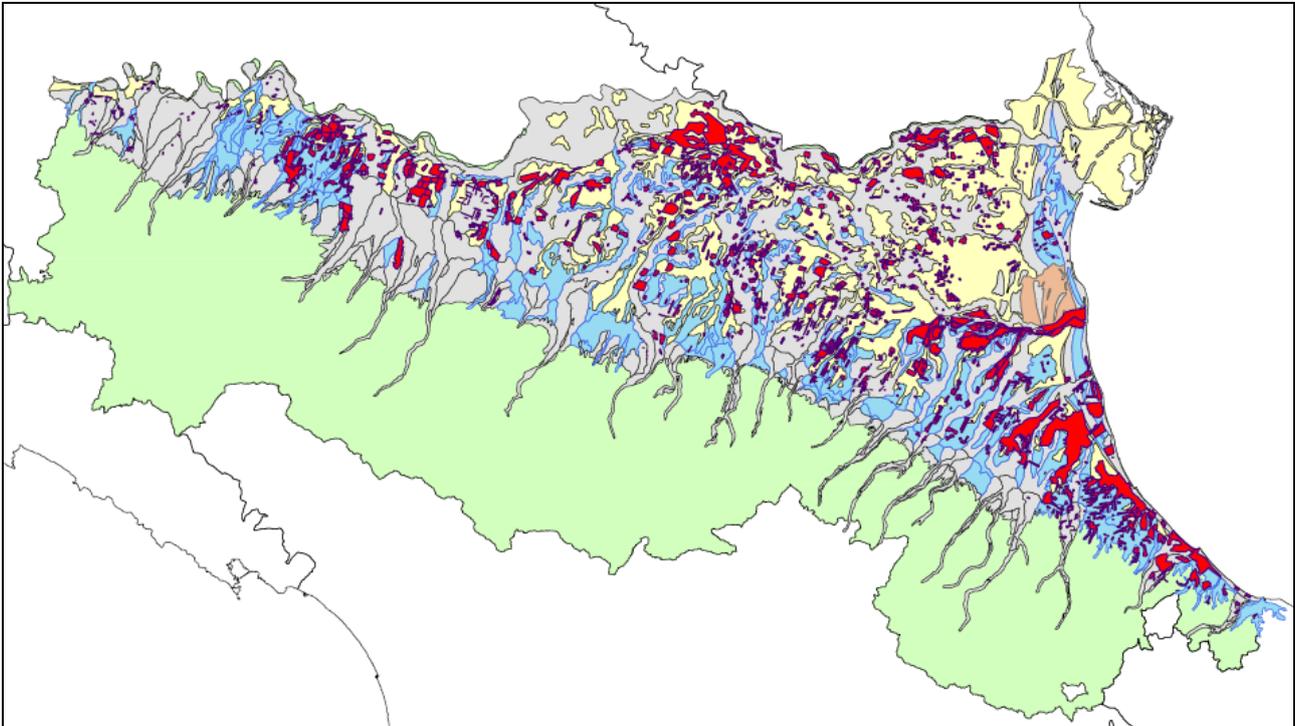


Figura 3- Confronto tra la Carta Geologica di Superficie della pianura emiliano-romagnola (Preti, 1999) e la distribuzione delle aree allagate (in rosso) del reticolo consortile.

E' stato effettuato anche un confronto tra la distribuzione delle aree allagate F e la cartografia relativa al fenomeno della subsidenza, espresso attraverso le linee di uguale velocità di abbassamento del suolo, come esito cumulativo che tiene conto anche dell'ultima campagna di rilevamento effettuata con interferometria radar (elaborazioni ARPA, 2013, referente Flavio Bonsignore). Dal confronto, si ricava come abbia più senso svolgere una comparazione non a scala regionale ma piuttosto a quella provinciale o sovracomunale e limitatamente ai settori della pianura dove la velocità di abbassamento della superficie topografica raggiunge i massimi valori (dell'ordine delle decine di millimetri/anno). Qui il fenomeno può avere il massimo condizionamento anche sull'officiosità del reticolo artificiale e delle opere ad esso correlate. In figura 4, il colore rosso indica i settori maggiormente subsidenti della pianura, prioritari per lo svolgimento di questo approfondimento.

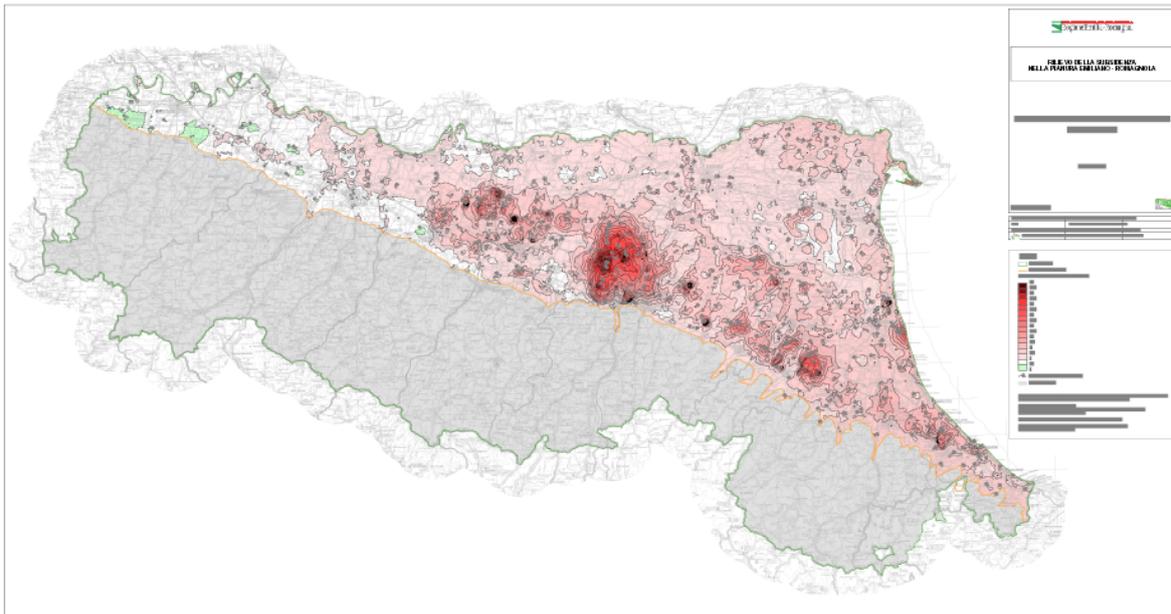


Figura 4 - Distribuzione delle aree con la maggiore velocità di abbassamento (in rosso) nella pianura emiliano-romagnola (ARPA, rilevamento 2006-2011)

## 2. Approssimazioni compiute e indicazioni per successivi approfondimenti

Partendo dai dati acquisiti dai singoli Consorzi di Bonifica, è stato necessario procedere non solo all'omogeneizzazione dei dati secondo i procedimenti descritti al par. 1.1, ma anche ad alcune approssimazioni e rielaborazioni che hanno riguardato temi specifici, i cui risultati costituiscono premessa per gli approfondimenti da effettuarsi nel successivo ciclo di pianificazione.

- **Le aree allagabili da eventi Poco Frequenti (PF).** Come si vede dal confronto tra le figure 1 e 2, interagendo con i Consorzi si è proceduto a localmente a individuare l'intera area del comprensorio o parte di essa, come area allagabile per eventi di tipo PF. In base alla conoscenza del territorio di cui dispone ogni gestore, infatti, è risultato che il reticolo artificiale può manifestare evidenze di scarsa efficienza in settori generalizzati, specie in relazione a precipitazioni brevi e intense. Sempre nell'ambito degli eventi PF, sono state salvaguardate o messe in maggiore evidenza (es. attraverso la risoluzione di problemi topologici emersi in corso d'opera) le aree ricavate da metodo inventariale, in quanto storicamente allagate: è stato il caso dei Consorzi della Renana, Pianura di Ferrara, Romagna.
- **Aree allagate da eventi Frequenti (F).** Nel trattare questo tipo di aree attraverso GIS e dovendo predisporre una carta di pericolosità funzionale alle successive elaborazioni di rischio, è stato necessario risolvere alcuni casi di locale sovrapposizione tra i poligoni. Ad esempio si è riscontrata la sovrapposizione (parziale o totale) tra poligoni con contenuti informativi analoghi (dovuta anche ad errori topologici?) o quella che è effettivamente espressione degli esiti di eventi differenti per anno e/o caratteristiche. I casi di sovrapposizione tra poligoni sono stati risolti in prima approssimazione adottando soluzioni che permettessero di:
  - cartografare nella loro massima e fedele estensione le aree allagate o allagabili
  - conservare rigorosamente le informazioni originarie provenienti dai Consorzi

- rispettare le specifiche indicate dall'Autorità di Bacino del Po per i contenuti delle mappe di pericolosità da alluvione (novembre 2013), dove si indica che, in caso di sovrapposizione tra aree allagate (es. storicamente), al settore in comune vanno attribuiti i dati indicativi della maggiore classe di pericolosità documentabile in via cautelativa.
- **Aree allagabili di forma peculiare.** Dall'esame delle basi dati acquisite attraverso URBER nel maggio del 2013, risultava che, localmente, erano state cartografate delle aree allagabili per eventi F, aventi forma particolare. Si trattava di aree circolari ottenute con “metodo completo” (Consorzio di Burana); aree a sviluppo rettilineo ricavate con metodo inventariale e indicate come “di centuriazione romana” (Emilia Centrale); aree nastriformi o buffers, ricavate con metodo conoscitivo (Renana, Romagna Occidentale). Dopo un confronto con i Consorzi, le uniche aree che hanno avuto motivo di essere preservate nella cartografia di pericolosità sono state quelle “della centuriazione romana”, trattandosi di aree allagabili a tutti gli effetti. Le aree di altro tipo, in quanto non corrispondenti ad allagamenti storicamente documentabili, sono state eliminate in questa approssimazione, proponendo un metodo per una loro analisi dettagliata attraverso l'individuazione di aree morfologicamente predisposte a difficoltose condizioni di drenaggio delle acque superficiali. Una sperimentazione in tal senso è stata effettuata in settori dei comprensori di Burana e dell'Emilia Centrale (vedi allegato), configurando un metodo applicabile per approfondire questo tema nelle analisi territoriali nell'ambito del successivo ciclo di pianificazione. Per essere esaustivo, i risultati dell'applicazione del metodo proposto dovranno essere validati dai Consorzi, passaggio che in questa fase non è stato possibile effettuare, dato l'incalzare delle scadenze e che verrà necessariamente riservato all'approfondimento di cui sopra.
- **Attribuzione delle aree allagate/allagabili alle "Unity of Management".** Applicando le specifiche indicate dall'Autorità di Bacino del Po per i contenuti delle mappe di pericolosità da alluvione (novembre 2013), è stato necessario attribuire anche le aree cartografate dai Consorzi alle Autorità di Bacino territorialmente competente, individuate come "Unity of Management" ai sensi della Direttiva 2007/60. Tuttavia, i confini dei Consorzi possono localmente non coincidere con quelli delle Autorità di Bacino, ed è concettualmente erroneo suddividere aree allagate o allagabili in seguito ad uno stesso evento; per risolvere questo aspetto, nei settori orientali della pianura emiliano-romagnola è stato necessario localmente attribuire alcune aree allagabili alla rispettiva "Unit of Management" in base al criterio della prevalenza della superficie che vi è compresa.

In sintesi, gli approfondimenti che, a giudizio di chi scrive, andranno proposti per lo svolgimento di analisi territoriali da effettuarsi in collaborazione con i Consorzi di Bonifica, nel successivo ciclo di pianificazione sono i seguenti:

- studio delle aree morfologicamente depresse, per una comparazione con quelle storicamente allagate, nei settori giudicati critici entro i comprensori di bonifica
- studio della distribuzione delle aree allagate o allagabili nei settori della pianura emiliano-romagnola interessati dalle massime velocità di subsidenza.

## APPROFONDIMENTO

### **Sperimentazione per una cartografia delle aree morfologicamente depresse: il caso di studio dei Consorzi Burana ed Emilia Centrale.**

*(D. Bonaposta, laureato in Scienze Ambientali, Master in Sistemi Informativi Geografici, collaboratore del Servizio Geologico, Simico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna; M.T. De Nardo, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli).*

#### **Finalità e metodo.**

Dall'esame delle basi dati acquisite attraverso i Consorzi di Bonifica, mosaicati in prima battuta da URBER nel maggio del 2013, risultava che, localmente, erano state cartografate delle aree allagabili di forma particolare. Si trattava di: 46 aree di forma circolare, di tipo F (allagabili per eventi con tempi di ritorno di 25 anni) ottenute con “metodo completo” nel 2001, nel Consorzio di Bonifica Burana; 23 aree di forma riconducibile piuttosto ad un tratto rettilineo, di tipo F e ricavate con metodo inventariale, indicate come “di centuriazione romana”, nel territorio di competenza del Consorzio dell'Emilia Centrale.

Attraverso una sperimentazione condotta nell'ambito delle attività finalizzate all'attuazione della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010 viene proposto un metodo per analizzare la morfologia della pianura nei settori interessati da queste aree di forma peculiare, per proporre ai Consorzi interessati una possibile soluzione cartografica alternativa; lo scopo è rendere il tematismo finale relativo alla pericolosità da alluvione per il reticolo artificiale omogeneo a scala regionale.

A tale scopo, sono state individuate le celle idrauliche in cui ricadevano le sole aree allagabili interessate, utilizzando la base dati proveniente dall'Agenzia di Protezione Civile regionale. Attraverso l'applicazione di un'apposita funzionalità del programma ArcGis limitatamente a tali celle è stata ottenuta un'elaborazione cartografica in formato raster, per la determinazione delle aree topograficamente depresse rispetto alla quota media della superficie del suolo. L'applicazione di questo strumento di ArcGis richiede la disponibilità di un modello digitale della superficie topografica e sono stati quindi utilizzati i seguenti dati, acquisiti attraverso il Servizio Geologico regionale:

- Digital Terrain Model (DTM) con griglia di 1m per 1m circa, ottenuto dal rilevamento Lidar 2008 del Piano di Telerilevamento Nazionale (provenienza: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, MATTM). Descrive il suolo privo di manufatti ed è focalizzato sulla fascia costiera e sui corsi d'acqua di ordine principale, per un'estensione laterale prefissata.
- Digital Surface Model (DSM) con griglia di 2m per 2m, ottenuto per la Regione Emilia-Romagna dalle Ortofoto AGEA (Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura) del 2008. Descrive il suolo con i manufatti esistenti es. costruzioni, rilevati arginali e stradali, etc.

L'utilizzo di due basi dati così diverse (sia concettualmente che come grado di dettaglio) è stata un'approssimazione necessaria in quanto il DTM 2008 non copre l'intera pianura emiliano-romagnola. Entrambe le basi dati presentano, in ogni caso, un migliore grado di risoluzione rispetto ad un altro DTM già presente nella disponibilità regionale, vale a dire quello con griglia di 5m per 5m, elaborato a partire dalle ortofoto AIMA del 1979.

Come risultato dell'applicazione sono stati ottenuti diciassette file raster, georeferenziati secondo le celle idrauliche utilizzate (figura 1).

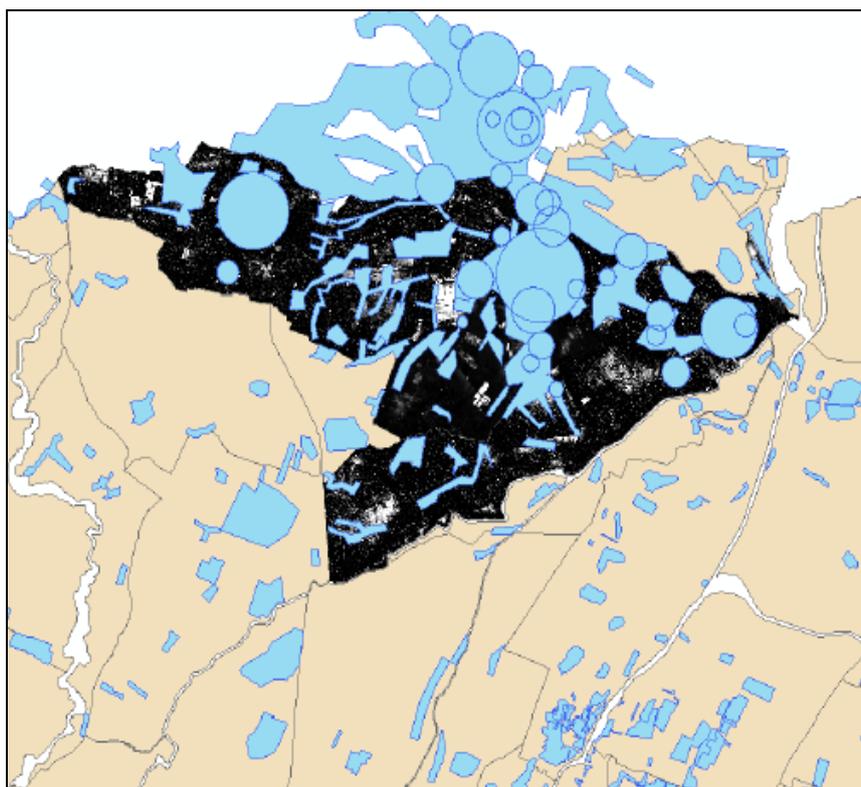


Figura 1- Restituzione in ArcGis dei raster ottenuti con il metodo descritto nel testo, sovrapposti alle celle idrauliche dell'Agenzia di Protezione Civile, interessate dalle aree allagabili di forma circolare nel Consorzio di Burana.

I raster ottenuti sono stati elaborati in ArcGis, classificandoli per categorie che esprimono, con colori diversi, la profondità rispetto alla quota topografica di riferimento. In figura 2 è illustrato un esempio della classificazione e il colore indica i settori che presentano le quote topografiche maggiormente depresse, relativamente all'ambito della cella idraulica considerata. In pianta, questi settori formano una superficie chiusa che materializza un'area che, dal solo punto di vista morfologico, è localmente predisposta ad un drenaggio difficoltoso delle acque superficiali.

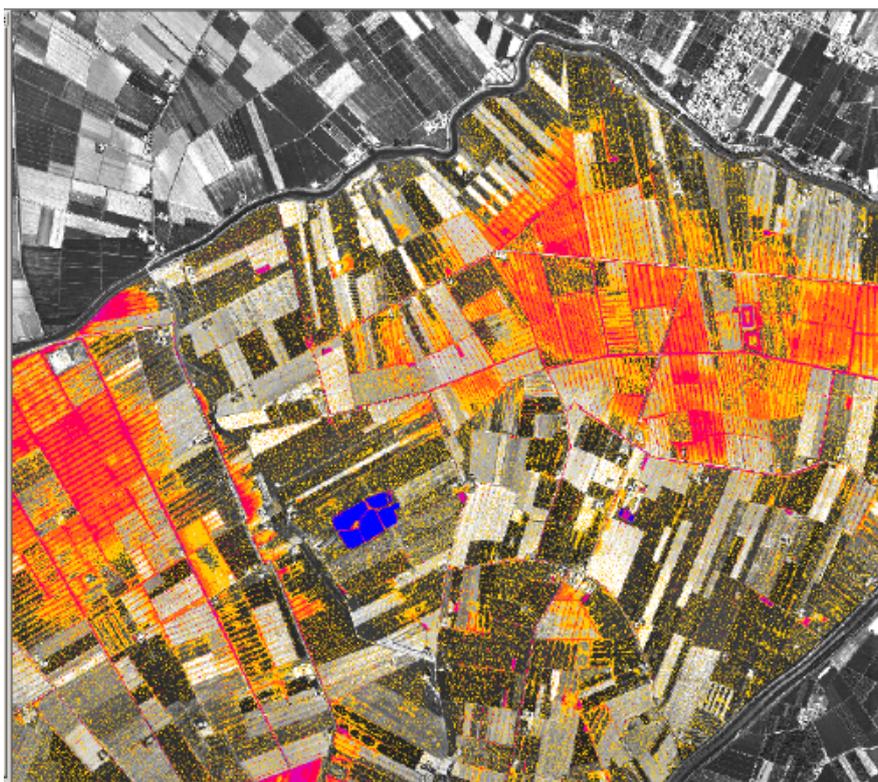


Figura 2 – Particolare dei raster ottenuti, classificati: in colore, le aree morfologicamente depresse.

Dai raster classificati rispetto alle quote, le aree sono state cartografate come in figura 3. Nell'elaborazione non sono state considerate le aree depresse di origine artificiale, come è il caso dell'area in colore, di forma rettangolare (figure 2 e 3, in basso), verosimilmente riconducibile ad un laghetto.

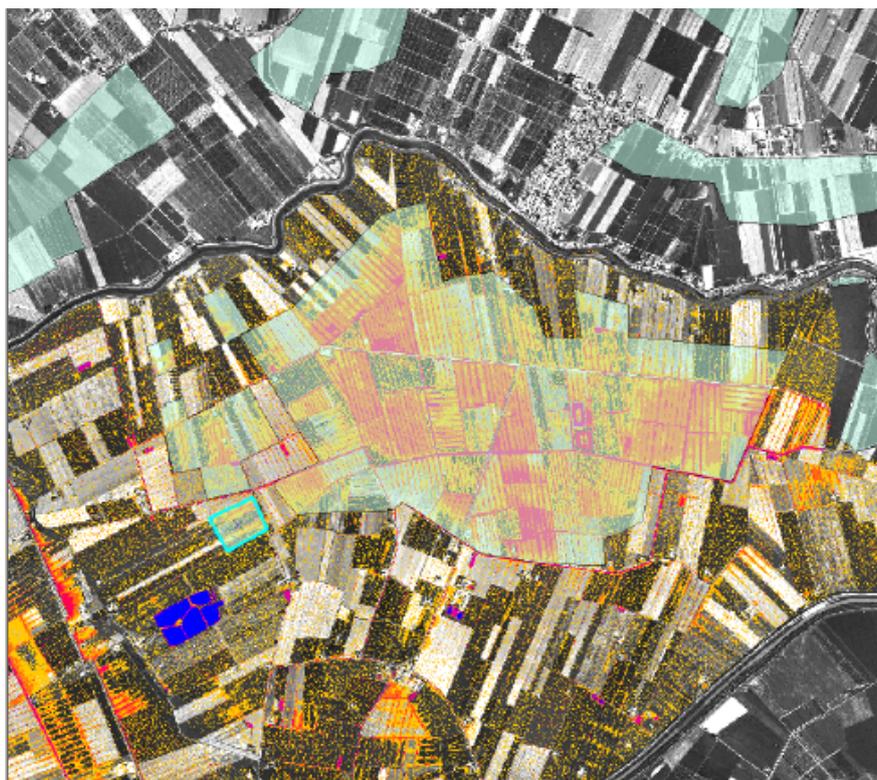


Figura 3 – Esempio di area cartografata, morfologicamente depressa e predisposta a condizioni di drenaggio difficoltoso delle acque.

La cartografia così ottenuta permette di individuare anche aree a drenaggio difficoltoso che presentano alcune peculiarità. Ad esempio, sono individuabili alcuni tratti critici del reticolo di bonifica e l'uso del DSM permette localmente di cartografare situazioni dove le aree critiche per il drenaggio delle acque (ad esempio, in occasione di piogge intense) hanno una causa artificiale, data dalla presenza di rilevati.

#### **Risultati e proposte per futuri sviluppi.**

Con il metodo sin qui descritto sono state cartografate le aree predisposte a condizioni di drenaggio difficoltoso, limitatamente ai casi di maggiore evidenza che mantenessero un dettaglio riferito a una scala compresa tra 1:10.000 (indicativamente) e 1:25.000. Il risultato ottenuto è schematicamente rappresentato in figura 4.



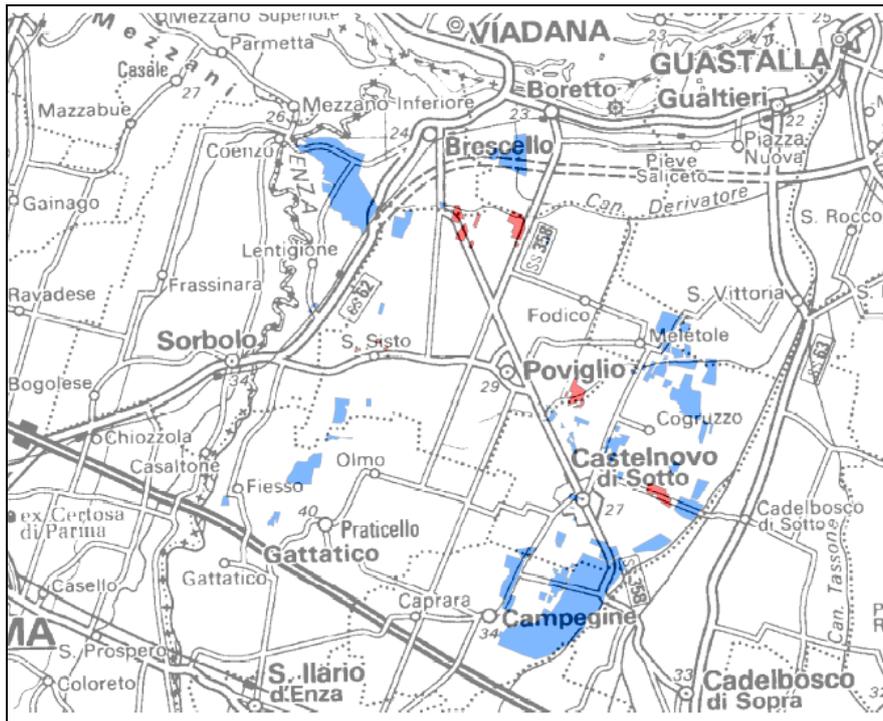


Figura 6 – Cartografia delle aree predisposte a condizioni di drenaggio difficoltoso delle acque superficiali, Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale. I settori di studio sono quelle delle celle idrauliche interessate da aree allagate di forma peculiare.

I poligoni così cartografati sono stati confrontati con il file derivante dal tematismo sulle aree allagate/allagabili con tempi di ritorno inferiori a 50 anni elaborato sulla base dei dati prodotti da ciascun Consorzio di Bonifica. Il risultato ottenuto per il Consorzio di Burana è schematizzato in figura 7.

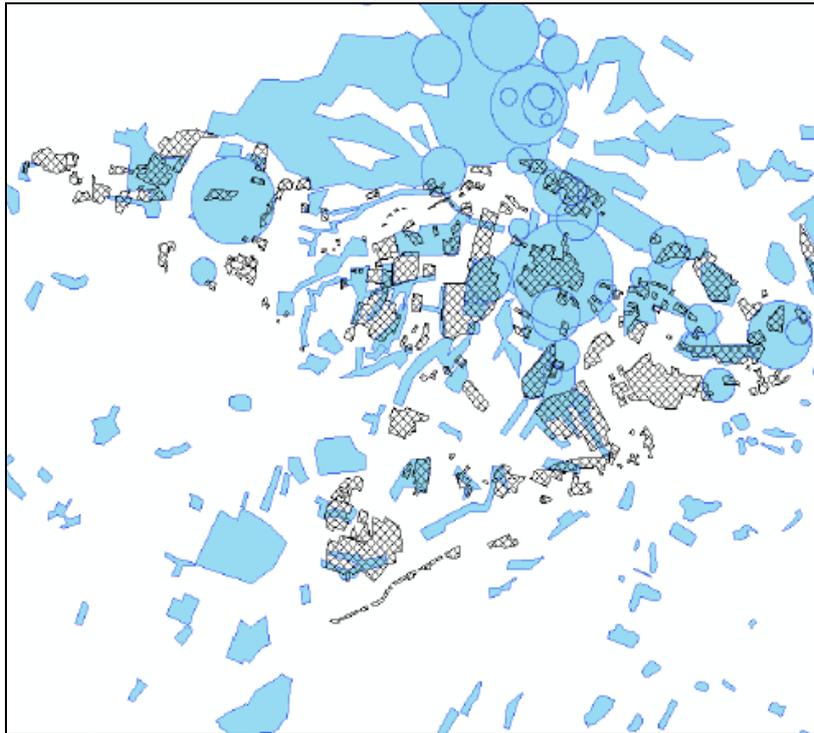


Figura 7 – Cartografia delle aree predisposte a condizioni di drenaggio difficoltoso delle acque superficiali (in retino), confrontate con la base dati sulle aree allagate/allagabili predisposta dal Consorzio di Bonifica di Burana. I settori di studio sono quelle delle celle idrauliche interessate da aree allagate di forma peculiare.

Nel caso delle aree circolari, è risultato come la maggior parte di esse comprendessero al loro interno aree morfologicamente depresse, a riprova della criticità di questi settori. Se esiste una generale coincidenza tra la distribuzione delle aree morfologicamente depresse e quella delle aree storicamente<sup>19</sup> allagate di tipo F, non si possono più di tanto confrontare, invece, le forme delle superfici. Si conferma in ogni caso la rarità dei casi di “bassi” topografici completamente isolati rispetto alle aree per cui esistano evidenze storiche di allagamenti.

Il passo successivo del metodo proposto in queste pagine è quello di interagire con i Consorzi interessati che, a motivo della profonda conoscenza del territorio di propria competenza, potranno valutare la congruità delle caratteristiche delle aree depresse cartografate, ottenute attraverso il metodo sperimentato. Queste elaborazioni, per l'alto grado di dettaglio che sono in grado di offrire, si prestano a risolvere casi di studio in un ambito areale ristretto, piuttosto che sull'area vasta.

### **Ringraziamenti**

*A conclusione del lavoro svolto, si ringraziano i referenti tecnici dei Consorzi di Bonifica che hanno fornito informazioni utili alla formazione del quadro conoscitivo ottenuto in questa approssimazione.*

*Si ringrazia il Responsabile del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Raffaele Pignone, per avere messo a disposizione le competenze necessarie, nell'ambito della collaborazione con il Servizio Difesa del Suolo e della Costa.*

---

19 Di comune accordo tra i Consorzi, l'evento alluvionale più "antico" di riferimento è quello del 1996.

## ALLEGATO 2

### RELAZIONE TECNICA A CORREDO DELLE MAPPE DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO DI ALLUVIONI PER L'AMBITO COSTIERO

*A CURA DEL SERVIZIO GEOLOGICO SISMICI E DEI SUOLI*

Data	Consegna 20.12.2013 srv.geol
Tipo	
Formato	Microsoft Word – dimensione: pagine 108
Identificatore	
Redazione documento:	Luisa Perini, Lorenzo Calabrese, Giovanni Salerno, Paolo Luciani (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli)

## 1 – Introduzione

obiettivi della direttiva 2007/60/CE (EFD), recepita dal decreto legge n. 49/2010.

La Regione Emilia-Romagna, attraverso il proprio gruppo di lavoro dedicato, ha deciso di produrre autonomamente tali elaborati sfruttando l'ampia mole di dati e di studi sul tema contenuti nel Sistema Informativo del Mare e della Costa.

Su proposta del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli (SGSS), il gruppo di lavoro ha deciso di procedere alla creazione di carte di pericolosità da inondazione costiera, mettendo a punto un metodo 'semplificato' per la mappatura delle aree inondabili che si basa sull'uso del GIS piuttosto che di modelli idraulici, i quali richiederebbero tempi e costi non compatibili con le risorse del progetto.

Questo tipo di approccio si fonda sulla disponibilità di un modello digitale del terreno ad altissima risoluzione e di accurati studi in merito ai parametri del clima meteo marino che hanno fornito i dati per creare gli scenari di analisi necessari. Un fondamentale supporto è stato fornito dalle informazioni degli eventi di mareggiata storici e dalle simulazioni modellistiche condotte in alcuni siti studio della costa regionale. Grazie a questi dati, infatti è stato possibile verificare e collaudare la cartografia prodotta.

Il problema della sommersione della fascia costiera è stato affrontato in alcuni progetti europei quali Cenas (1990-1993) e MICORE (1998-2010) che hanno prodotto importantissimi risultati ai quali si fa riferimento soprattutto per la costruzione degli scenari di analisi.

Nell'ambito del progetto MICORE, in particolare, il SGSS, in collaborazione con ARPA-SIMC e UNife, ha prodotto il catalogo delle " mareggiate storiche " dove sono stati raccolti dati e informazioni sulle mareggiate che hanno afflitto le coste regionali nel periodo 1946-2010 (Perini et al. 2011). Tale lavoro ha costituito un riferimento indispensabile per la realizzazione delle cartografie previste dalla direttiva.

## 2 - Inquadramento dell'area costiera dell'Emilia-Romagna ricadente nel Distretto dell'Appennino Settentrionale

Il settore costiero emiliano-romagnolo compreso tra la foce del F. Reno e Cattolica comprende le province di Ravenna, di Forlì-Cesena e Rimini e i comuni che si affacciano direttamente sul mare sono, da nord a sud, quelli di: Ravenna, Cervia (prov. RA), Cesenatico, Gatteo, Savignano sul Rubicone, San Mauro Pascoli (prov. FC), Bellaria-Igea Marina, Rimini, Riccione, Misano Adriatico, Cattolica (prov. RN).

Sulla base di quanto prescritto nella direttiva “alluvioni” il piano di gestione deve essere affidato ad un'autorità competente espressamente nominata.

L'Italia, in attesa dell'attuazione della costituzione delle Autorità di distretto, ha comunicato alla Commissione Europea le autorità competenti, scegliendo la possibilità prevista dal citato articolo 3 della direttiva e individuando quindi quali unità di gestione i bacini idrografici nazionali, interregionali e regionali. Le corrispondenti Autorità di bacino sono pertanto competenti ognuna per il proprio territorio, in coordinamento con il Ministero dell'Ambiente, le Regioni e le Province Autonome per ciò che riguarda la gestione in fase di evento ai sensi della normativa nazionale in materia di protezione civile.

Per il distretto dell'Appennino Settentrionale pertanto le unità di gestione e le relative autorità competenti per il tratto di costa dell'Emilia-Romagna sono quelle indicate nel seguente elenco.

Codice	Denominazione
ITADBI021	Autorità di bacino Interregionale del fiume Reno
ITADBI901	Autorità di Bacino Interregionale Marecchia – Conca
ITADBR081	Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli

Tabella 1 – Autorità competenti per il tratto costiero dell'Emilia-Romagna ricadente nel Distretto Settentrionale

Questo territorio è caratterizzato da una costa bassa e sabbiosa sviluppatasi al margine della piana alluvionale dei rami meridionale del Po e dei fiumi appenninici.

In base alla conformazione fisica, all'assetto geologico, all'uso del suolo e alla storia evolutiva alle diverse scale temporali, questa porzione di territorio è stata suddivisa in due unità: il settore Ravennate, che si estende dalla foce del F. Reno fino a Cervia, e quello Riminese che comprende la zona meridionale della costa regionale, inglobando il tratto di quella di Forlì-Cesena.

Il **settore Ravennate** è caratterizzato da una piana costiera sabbiosa costruita dai fiumi appenninici e dai rami deltizi meridionali del Delta del Po e si estende per circa 40 km in direzione nord-sud con un'ampiezza variabile dai 20 km, in corrispondenza del delta del fiume Reno fino a circa 5 km in prossimità di Cervia.

Seguendo la costa a partire da nord sono riconoscibili le cuspidi deltizie del fiume Reno, dei Fiumi Uniti e del fiume Savio. La forma della linea costiera è principalmente ondulata a causa della convessità delle foci e della concavità dei blandi golfi che si sviluppano nelle aree interposte. Attualmente è in corso l'erosione delle cuspidi deltizie e l'accrescimento delle aree inter-cuspide

ovvero è attivo una graduale tendenza di rettificazione della linea di riva, processo riconoscibile a partire dai primi decenni del '900.

L'intero settore è caratterizzato da una forte trasporto litorale delle sabbie verso nord, come risulta evidente dall' avanzamento della linea di riva che si osserva a sud dei moli portuali.

Questa dinamica condiziona anche l'ampiezza delle spiagge che varia da 0 m, in corrispondenza dei tratti di riva protetti da opere radenti (vedi foce Reno e Lido Adriano sud) fino ad un massimo di circa 150 m in corrispondenza dei moli sud del porto di Ravenna.

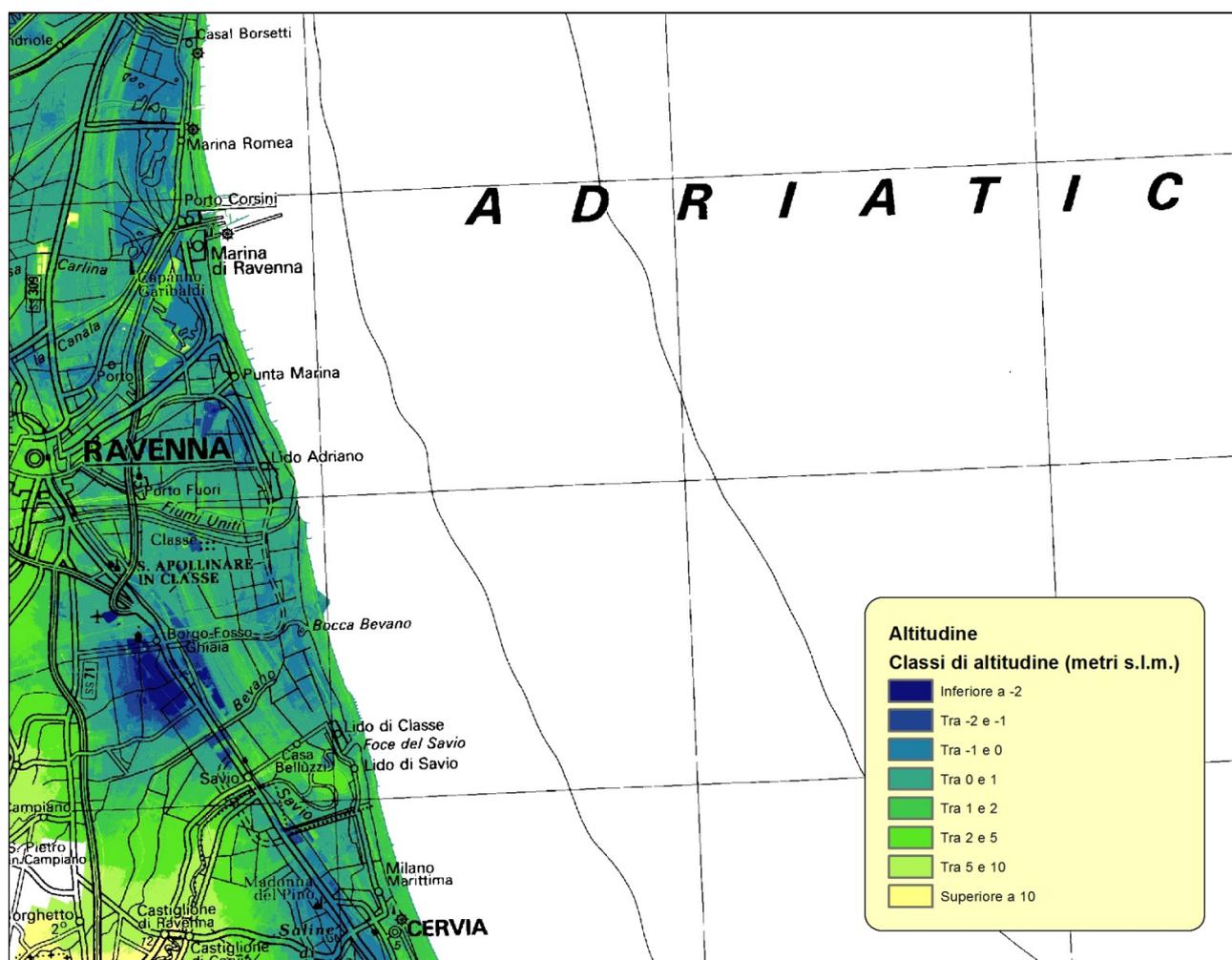


Figura 1 - Altimetria del settore costiero emiliano-romagnolo ricadente nel bacino del distretto dell'Appennino Settentrionale, settore ravennate.

L'altimetria del settore è caratterizzata dalla diffusione di aree con quote poco superiori al livello del mare (tra 0 e 1 m s.l.m.) e ampi settori depressi corrispondenti alle 'valli' inondate e/o bonificate (Figura 1). Le porzioni naturali maggiormente elevate, comunque non superiori generalmente ai 2-3 m, corrispondono alle creste degli antichi cordoni dunali e delle dune attuali; a queste si aggiungono i rilievi degli argini artificiali dei corsi d'acqua e dei rilevati stradali che vanno da 1 a 6 m circa.

La duna, importantissimo elemento morfologico per la difesa dall'ingressione marina, è frammentata e presente in meno del 38% della costa.

L'uso del suolo di questa porzione della fascia costiera, analizzata per circa 1,5 km dalla linea di riva verso l'entroterra (ampiezza di riferimento della dinamica litoranea regionale), è misto e caratterizzato dalla presenza di aree urbane, agricole, con vegetazione e zone umide.

I dati più significativi dell'evoluzione dell'uso del suolo dal dopoguerra ai giorni nostri possono essere riassunti brevemente in:

- progressivo aumento del territorio urbanizzato (+18%);
- drastica riduzione del sistema spiaggia a scapito prevalentemente delle dune (-11%);
- diminuzione delle aree coltivate (-14%).

Il settore **Riminense** è sviluppato per circa 50 km, da Cervia a Cattolica, ed è caratterizzata da complessi di duna/spiaggia, in gran parte mascherati dal tessuto urbano, che hanno formato una sottile striscia di litorale di ampiezza variabile da circa 5 km, nei pressi di Cervia, fino a 1000-800 m nella zona più a sud. I depositi sono riferibili a fasi sedimentarie alternate di deposizione ed erosione avvenute nel corso dell'Olocene.

La piana costiera comprende quindi il sottile settore dei sistemi di cordone litorale e, solo marginalmente, la piana costruita dai fiumi appenninici Rubicone e Savio. Le quote sono generalmente comprese tra i 2 e 3 m s.l.m. e degradano nella parte settentrionale a partire da Gatteo Mare, ove si osservano valori tra i 0 e 2 m s.l.m (Figura 2).

Nei pressi di Cervia, sono invece presenti alcune aree al di sotto del livello del mare. Un elemento morfologico che contraddistingue questo tratto di costa è la scarpata di falesia fossile, localmente superiore ai 2 m di altezza e pressoché continua da Cattolica a Igea Marina, che separa gli ambienti alluvionali appenninici a quote superiori ai 6 m s.l.m. dalla piana costiera sabbiosa s.s.

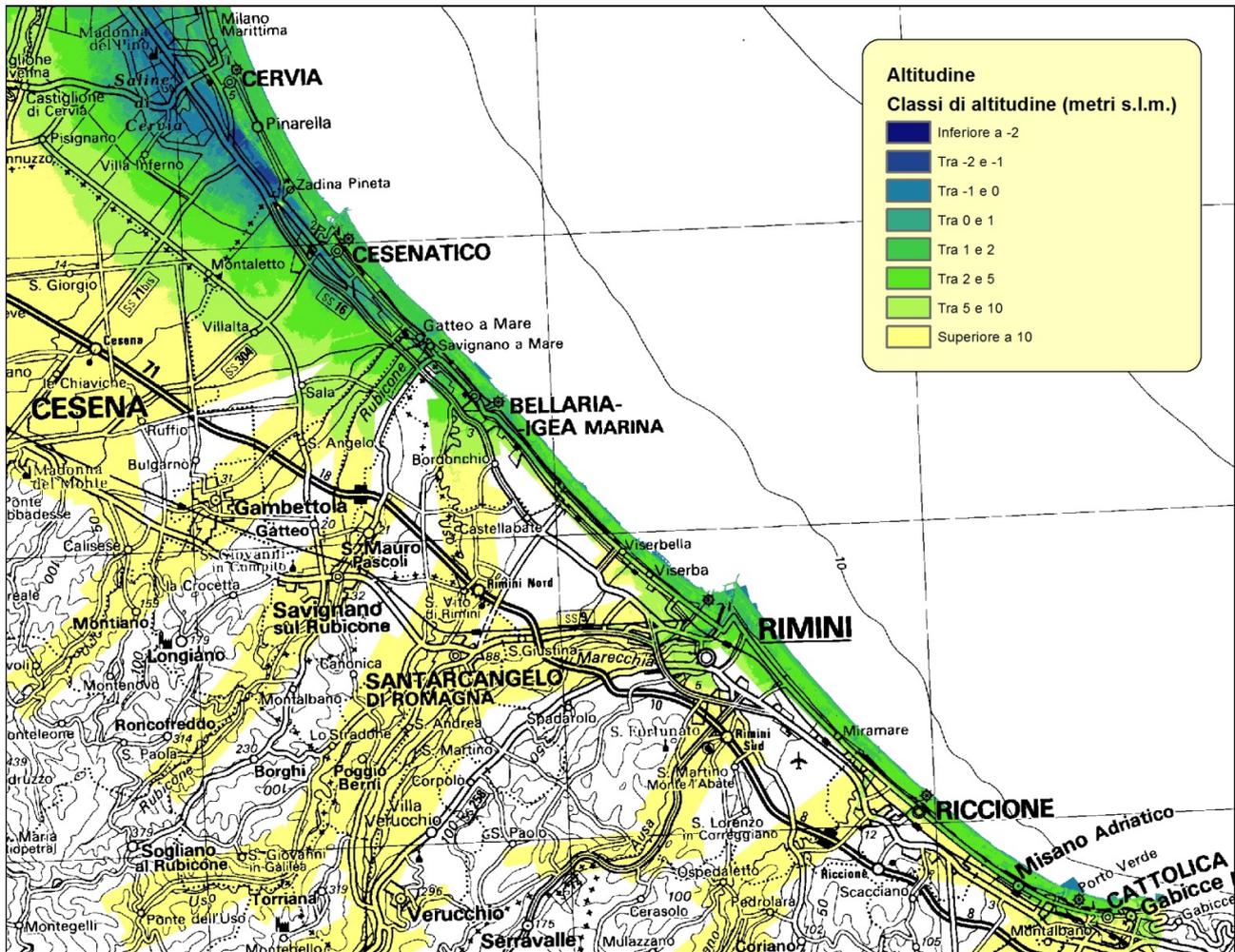


Figura 2 - Altimetria del settore costiero Emiliano-Romagnolo ricadente nel bacino del Distretto dell'Appennino Settentrionale, settore riminese

Le geometrie della piana costiera e l'andamento della linea di riva sono relativamente stabili se considerate alla scala dei 1.000 e dei 100 anni. Negli ultimi 50 anni variazioni locali sono comunque in gran parte attribuibili alla costruzione delle difese costiere e dei porti.

Attualmente le evidenze morfologiche di dune sono rare o assenti (1% del complesso duna/spiaggia) a causa dei prelievi di sabbia per uso edilizio e dello spianamento delle stesse legato all'intensa urbanizzazione. Le spiagge sono lateralmente continue e ampie mediamente 80 m, con valori minimi inferiori ai 10 m e massimi di circa 170 m; esse sono caratterizzate dalla continua presenza di stabilimenti balneari.

La costa ha un andamento prevalentemente rettilineo con un'interruzione in corrispondenza dei porti di Rimini e Cesenatico dove assume la forma di un cuneo asimmetrico.

Questa unità presenta un indice di urbanizzazione pari a 1, calcolato attraverso il rapporto lunghezza di litorale urbanizzato/ lunghezza di litorale totale.

L'uso del suolo della fascia costiera, ampia circa 1,5 km dalla linea di riva verso l'entroterra, è caratterizzato dalla prevalenza di aree urbane e da zone agricole o con vegetazione.

I dati più significativi dell'evoluzione dell'uso del suolo dal dopoguerra ai giorni nostri possono essere riassunti brevemente come un drastico aumento del territorio urbanizzato (+40%) a scapito prevalentemente del territorio coltivato (-45%).

La linea di costa emiliano-romagnola è fortemente irrigidita dalla presenza di opere di difesa particolarmente diffuse soprattutto nelle province meridionali (Perini et al, 2008).

Il territorio costiero di pertinenza del Bacino del distretto dell'Appennino Settentrionale, come già ricordato, interessa le province di Ravenna, Forlì-Cesena e Rimini che, come si evince dalla Tabella hanno un grado di artificializzazione della costa piuttosto elevato e diversificato. La tipologia di opere presenti, per lo più, comprende opere di difesa longitudinali emergenti e/o soffolte, opere trasversali e subordinatamente difese aderenti.

Tabella 2 - Indici strutturali calcolati a livello provinciale relativi all'anno 2005, (da Perini et al., 2008)

Provincia	Estensione litorale	Estensione opere di difesa artificiali	Estensione difese naturali (duna):	Indice strutturale IS= costa protetta/lunghezza costa
Ravenna	~ 47,5 Km	~ 23,4 Km	~ 18,3 Km	0,5
Forlì-Cesena	~ 9,4 Km	~ 7,2 Km	~ 0,2 Km	0,8
Rimini	~ 35 Km	~ 22,6 Km	~ 0,5 Km	0,6

Un altro fattore che caratterizza questo territorio è la subsidenza; nell'ambito costiero, questo fattore è cruciale e deve essere attentamente controllato soprattutto dove l'altimetria della costa è più depressa poiché, sul lungo termine, potrebbe favorire l'ingressione delle acque marine.

Lungo la fascia costiera la componente naturale della subsidenza, dovuta principalmente alla compattazione dei sedimenti incoerenti e ai movimenti verticali del substrato roccioso è variabile dai 4-5 mm/anno del settore nord, dal delta del Po al settore ravennate (Teatini et al., 2005; Houtenbos et al, 2005), fino a circa 0,5 mm/anno a sud di Cesenatico (Gambolati et al., 1998).

Tali valori hanno subito forti accelerazioni nell'ultimo secolo in particolare a partire dagli anni '40, per effetto dell'estrazione di fluidi dal sottosuolo (acqua, petrolio, gas, ecc.) e per la bonifica di valli e di terreni paludosi, raggiungendo velocità di abbassamento di gran lunga superiori a quelli naturali.

Negli ultimi decenni, grazie a politiche ed interventi atti a ridurre il fenomeno, si è osservata una riduzione dei valori di abbassamento del suolo, anche se localmente si registrano ancora valori superiori a 10 mm/anno, in corrispondenza delle cuspidi deltizie (F. Reno, F. Uniti e F. Savio) e nell'immediato entroterra tra Cesenatico e Rimini.

Il clima medio del mare lungo la costa regionale appartenente al Distretto dell'Appennino Settentrionale è caratterizzato da venti provenienti dal I, II e IV Quadrante, in particolare dominano quelli compresi tra ESE e SSE, tra NNE ed E e quelli di NO. I valori di massima altezza d'onda sono attribuibili ai venti di Bora (ESE) e di Levante (E) mentre le tempeste più frequenti sono prodotte dai settori compresi tra 60° e 120° (venti di Scirocco).

Al largo l'altezza d'onda significativa (ovvero la media del terzo più alto delle onde presenti in una data superficie del mare) è inferiore a 0.5 m con provenienza principale da est mentre l'altezza d'onda massima più frequente, calcolata nel periodo 2000-2004, risulta compresa tra 1,8 e 2 m con provenienza da NE ed E. Il regime tidale è asimmetrico con componenti sia diurne sia semi-diurne e

la massima escursione di marea è di 1.2 m in sizigie. Questo settore del litorale risulta particolarmente esposto ai venti di Bora e a quelli orientali.

### 3 - Le alluvioni storiche in Emilia-Romagna

Il rischio di alluvione costiera in Emilia-Romagna è imputabile sia alla morfologia della piana costiera che all'elevato grado di sfruttamento antropico di questo ambito territoriale, avvenuto soprattutto a partire dal dopoguerra.

Questo processo continuo di occupazione delle aree prospicienti la spiaggia, che non si è arrestato completamente nonostante le raccomandazioni legate al programma di Gestione Integrata della Fascia Costiera, ha avuto come conseguenze:

- la forte riduzione, se non la perdita totale, della spiaggia;
- la perdita o la frammentazione delle dune costiere, che costituiscono la naturale barriera all'ingressione dell'acqua da mare, oltre che di un serbatoio naturale di sabbia;
- un estremo irrigidimento della linea di costa determinato dalla costruzione di opere di difesa rigide che hanno modificato il profilo topo-batimetrico della spiaggia e il trasporto solido litoraneo;
- un aumento dell'esposizione dei beni a rischio.

In questo contesto, in occasione di eventi di mareggiata intensi, si osservano processi idraulici e sedimentologici quali :

- l'inondazione dell'intera spiaggia, con conseguente danneggiamento delle strutture turistico-balneari;
- l'erosione della spiaggia (compresa la porzione sommersa) e della duna, con conseguente trasporto sedimentario in aree di retro spiaggia (formazione di ventagli di washover) e di spiaggia sommersa esterna (depositi di rip current);
- lo scavalco delle opere di difesa (rigide o morbide temporanee) e l'allagamento delle zone depresse retrostanti, oppure la formazione di brecce negli argini in sabbia.

Nel territorio regionale, la tipologia di fenomeni e le caratteristiche dei processi in atto sono ricorrenti e le località storicamente colpite coincidono quasi sempre con quelle attualmente più critiche. L'analisi storica delle mareggiate (passaggio fondamentale, peraltro previsto dalla normativa, ai sensi dell'art. 4) riveste, quindi, un ruolo molto importante per la conoscenza dei fenomeni e dei relativi impatti e può risultare uno strumento utile anche ai fini della valutazione e validazione dei risultati ottenuti dalla modellazione (più o meno raffinata).

In tal senso, la Regione Emilia-Romagna dispone di un grande numero di informazioni acquisite nell'ambito del progetto europeo Micore, grazie al quale è stato prodotto uno specifico catalogo, particolarmente completo e dettagliato, attraverso il quale sono state elaborate le mappe di pericolosità, su base storica. Esse evidenziano le aree particolarmente soggette ai fenomeni di erosione costiera, inondazione marina, esondazione di canali e dalla combinazione di più fenomeni (figura 3).

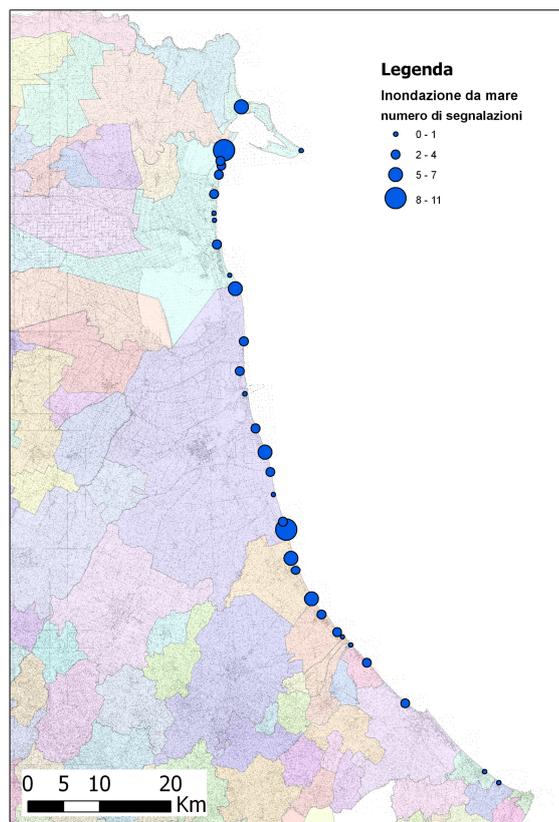
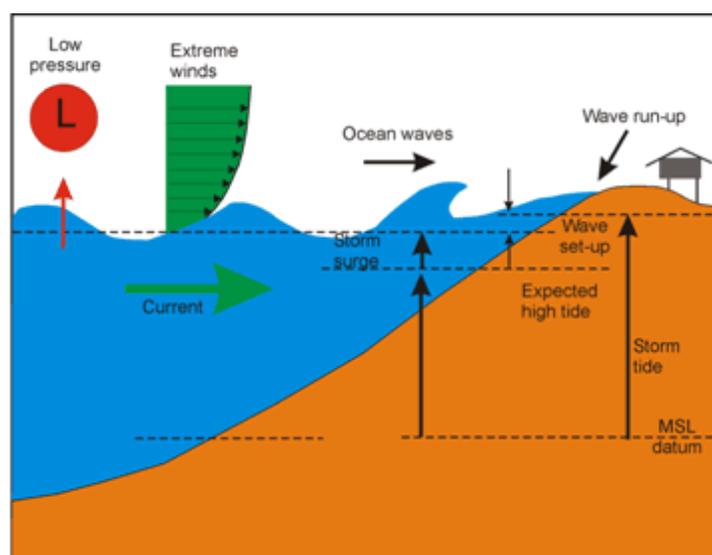


Figura 3 - Nel periodo 1946-2010 sono 31 le località che hanno subito danni per ingressione marina in occasione di fenomeni di mareggiata; tra queste quelle che presentano le maggiori ricorrenze sono: Lido di Savio, Lido Adriano, Lido di Volano e Goro

L'analisi storica ha evidenziato che le alluvioni costiere sono legate all'innalzamento della superficie del mare prodotto da più fattori concomitanti: marea astronomica, storm surge e wave set-up (figura 4).



*Figura 4 - L'innalzamento della superficie del mare in occasione di un evento di mareggiata (storm tide) è un parametro complesso ed è uguale alla quota di marea astronomica attesa (expected high tide), incrementata dalla pressione barometrica e dal vento sotto costa (storm surge), nonché dall'accumulo dell'acqua nella zona di frangimento delle onde (wave set-up)*

#### 4 - Gli scenari utilizzati nell'analisi

Nell'ambito della metodologia semplificata utilizzata per l'analisi di pericolosità dell'Emilia-Romagna si è deciso di simulare l'inondazione prodotta dall'innalzamento del livello del mare in occasione di mareggiate caratterizzate dall'azione concomitante di onda e alta marea. I parametri considerati nella simulazione sono stati pertanto: il sollevamento meteorologico (storm-surge), la marea astronomica e il sovrizzo dell'onda ( wave set-up).

Come richiesto dalla direttiva, sono stati analizzati tre scenari:

1. Lo scenario Frequente P3 (corrispondente ad eventi con  $Tr = 10$  anni).
2. Lo scenario Poco Frequente P2 (corrispondente ad eventi con  $Tr = 100$  anni).
3. Lo scenario Raro P1 (corrispondente ad eventi con  $Tr \gg 100$  anni, definito anche super-100).

Lo scenario P1,  $T \gg 100$  (o super 100), è stato introdotto in accordo con i Servizi Tecnici Regionali, per tener conto di aree che storicamente sono state colpite da mareggiate molto intense ma delle quali non sono note le caratteristiche meteo marine.

Come valore di riferimento si è deciso di utilizzare il massimo valore di innalzamento della superficie del mare calcolato per gli scenari estremi all'interno del Piano Costa dell'Emilia-Romagna del 1982 (Idroser, 1982), valutato attraverso un approccio modellistico.

Per la definizione dei valori da applicare agli scenari P3 e P2 si è fatto riferimento ai valori più attendibili reperiti nella bibliografia più recente, derivanti da analisi statistiche.

E' importante sottolineare che, in assenza di un'analisi dei tempi di ritorno combinati dei diversi parametri, si è scelto di adottare, come semplificazione, il criterio dello scenario peggiore determinato dalla concomitanza dei 3 parametri.

Scenario	Tempo di ritorno (anni)	Valori di Storm-Surge in metri <i>Masina e Ciavola, 2011</i>	Valore medio di massima marea astronomica <i>(Idroser 1996)</i>	Valore medio di set-up in metri <i>Decouttere et al 1997</i>	Elevazione totale superficie del mare
Frequente <b>P3</b>	Tdr = 10	H critica = 0,79 m s.l.m.	0.40 m	0.30	1,49 m
Poco Frequente <b>P2</b>	Tdr = 100	H critica = 1.02 m s.l.m.	0.40 m	0.39	1,81 m
Raro <b>P1</b>	Tdr $\gg 100$				2,5 m

*Tabella 3 - Sintesi dei valori di innalzamento della superficie del mare considerati nell'analisi*

## 5 – Metodologia per la mappatura della pericolosità nelle aree costiere

Il metodo di analisi proposto per la mappatura della pericolosità nelle aree costiere, si basa su un approccio semplificato che risponde alle esigenze di ottenere un primo prodotto in tempi brevi, come richiesto dalla Direttiva e dal D.lgs. 49/2010 (disporre delle mappe di pericolosità e di rischio al giugno 2013), tenendo conto delle scarse risorse economiche disponibili.

Si ritiene, inoltre, che la mappatura della pericolosità basata su metodologie semplificate sia, in questa fase, la più indicata per affrontare lo studio di un territorio complesso e dinamico come quello costiero, ove si analizzano processi precedentemente esclusi dai PAI. Si sottolinea inoltre che approcci più complessi potranno essere applicati successivamente in occasione dei cicli di revisione previsti dalla Direttiva (a partire dal 2015).

In generale, salvo particolari situazioni, il metodo semplificato non renderà possibile la definizione dei tiranti idrici e delle velocità (come richiesto all'art. 6, c. 3 del D.Lgs. 49/2010), senza tuttavia inficiare la sostanziale conformità rispetto agli obiettivi che si pone la normativa di riferimento.

Il metodo proposto ha indubbi vantaggi in termini di semplicità e rapidità di utilizzo e, per il collaudo, può beneficiare dei risultati di un certo numero di studi pregressi, come quelli legati al catalogo delle mareggiate storiche, e quelli in cui è stata effettuata la modellistica idraulica bidimensionale a scala locale.

La metodologia che si propone è stata presentata e discussa sia all'interno di tavoli di lavoro regionali (estesi ai vari settori competenti in materia) che in ambito extra regionale, ove sono stati condivisi l'impostazione generale, i punti di forza e i limiti.

Le mappe di pericolosità predisposte non tengono conto della presenza di misure di difesa temporanee, quali ad esempio le dune invernali e la protezione con paratie mobili, non essendo queste vere e proprie opere strutturali, ma strumenti utilizzati per la gestione del rischio, posti in essere, in particolare nel periodo invernale, per ridurre i danni conseguenti alle mareggiate, dagli enti e dai privati.

### 5.1 – Basi di dati e conoscenze disponibili per il settore costiero

La Regione Emilia-Romagna dispone di una serie complessa e numerosa di dati a supporto delle analisi, per lo più organizzati e contenuti nel Sistema Informativo Mare-Costa prodotto dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.

In particolare gli strati informativi geografici disponibili e gli studi pregressi sono riassunti nella tabella 4.

Strati informativi geografici disponibili per l'ambito costiero	
CTR	1:5000
Limiti amministrativi	Comuni, province, STB, ADB
Linee di riva	Dal 1800 al 2010 (10 linee a partire dal 1943 con frequenza più ravvicinata nell'ultimo decennio)
DTM alta risoluzione	Lidar 2004 (grid 1x1) da Rimini a Gorino) Lidar 2008 PNT (tutta la costa) (fornito in coordinate geografiche grid equivalente circa 1.5x1.5) Lidar 2010 (APC) (grid 1x1) post mareggiata
Rilievi batimetrici	2006 e precedenti
Uso del suolo Fascia costiera	Classificazione in GIS ricavata da foto interpretazione volo costa 2005 e da foto interpretazione volo costa 2008
Carte morfologiche	Aggiornamento 2005

Opere di difesa	Cataloghi informatici opere di difesa rigida 2005 e 2008.
Ripascimenti	DB aggiornato al 2010 e collegato alle celle litoranee
Dati meteorologici	Dati bibliografici sui livelli di onda e marea classificati per diversi tempi di ritorno
<b>Studi a supporto della mappatura di pericolosità</b>	
Pericolosità da mareggiata per T1-T10 e T100 lungo transetti	Analisi degli impatti attraverso modello monodimensionale con output puntuale spaziato circa 500 m. Per ciascun punto oltre al tipo di impatto è noto il livello massimo raggiunto dall'acqua elaborato attraverso una formula per il calcolo del run-up La pericolosità è infatti valutata utilizzando un metodo statistico/modellistico basato sul calcolo della risalita della lama d'acqua per effetto combinato di mareggiata e marea di tempesta. Esiste inoltre un output lineare che combina l'effetto atteso con la tipologia di uso del suolo della prima fascia costiera attribuendo un valore di rischio qualitativo (alto-medio-basso)
Mappe di pericolosità per le località di Savio e Cesenatico	Mappe di inondazione ricavate dall'applicazione del modello bidimensionali Mike 21 per le aree di Lido di Savio e Cesenatico nord, relative all'analisi dell'effetto combinato di mareggiata e piena fluviale.
Mappe storiche	Cartografie GIS delle località storicamente colpite da eventi di mareggiata e classificazione delle tipologie di impatto
Database in_storm	Contiene l'archivio dei dati di previsione e allerta degli eventi di mareggiata, nonché i dati di registrazione dei fenomeni e dei relativi impatti sul territorio
Altre cartografie	Progetto Plancoast (attuato nei territori costiero della prov. FE): analisi di arretramento della linea di riva per effetto combinato di subsidenza e innalzamento del livello del mare (secondo curve IPCC); scenari di evoluzione della linea di riva

*Tabella 4 – Strati informativi geografici e studi a supporto della mappature della pericolosità disponibili per il settore costiero della Regione Emilia-Romagna*

## 5.2 - Perimetrazione delle zone inondabili

Per l'individuazione spaziale delle aree inondabili sono state utilizzate in prima approssimazione le metodologie indicate nel Report T03-08-02 'Guidelines on Coastal Flood Hazard Mapping', basate essenzialmente sul confronto tra altezze critiche del mare e l'assetto morfologico.

L'altezza della piana costiera regionale, tuttavia, risulta poco adatta all'applicazione del suddetto metodo a causa dell'estensione delle aree con quota al di sotto del livello medio del mare nel territorio costiero ferrarese-ravennate, si manifesta un marcato sovradimensionamento degli allagamenti, che non ha riscontro nei dati storici. Si è pertanto optato per l'introduzione di un 'fattore correttivo' per tenere conto della perdita di carico dell'acqua nel corso di un evento di inondazione.

Questo fattore è stato determinato sperimentalmente confrontando i risultati del modello con alcune misure di run-up e con la perimetrazione delle aree inondate in corrispondenza di centri abitati, dati acquisiti in occasione di recenti mareggiate, e contenuti nel database in\_storm. L'analisi di questi dati ha fornito un range di possibili valori, tra i quali è stato scelto quello maggiormente cautelativo: il modello assume che lo smorzamento dell'allagamento possa essere espresso da un angolo d'inclinazione verso terra della superficie dell'elevazione totale del mare la cui cotangente ha come valore 0,002.

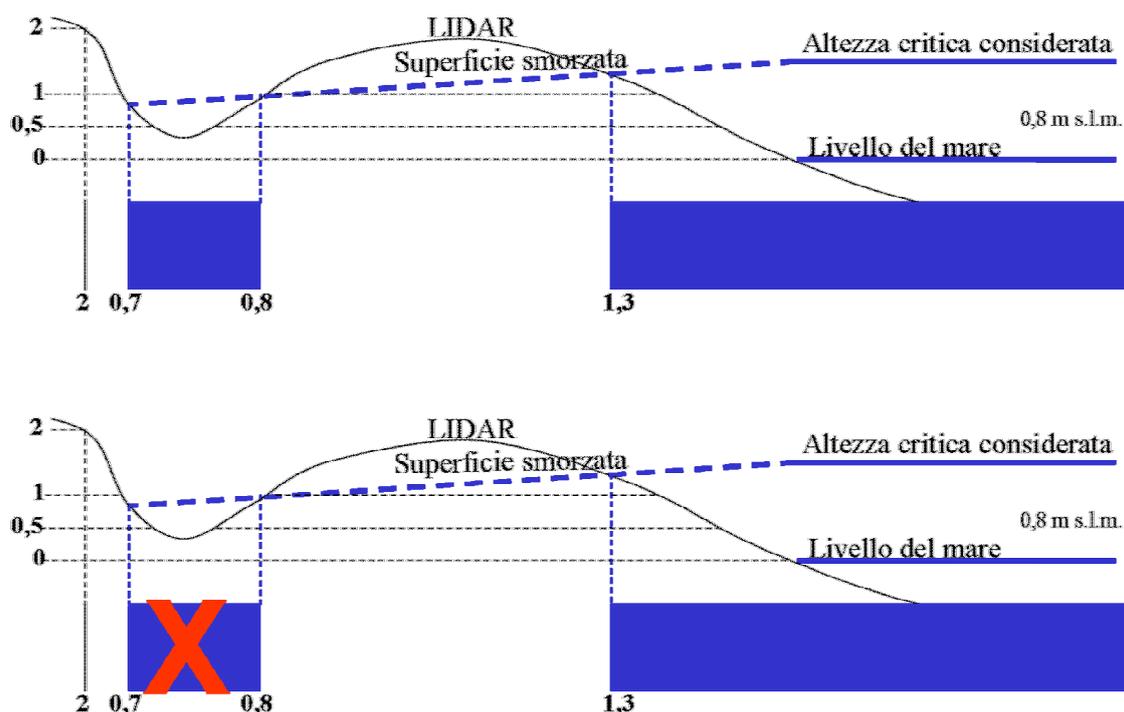


Figura 5 - Rappresentazione schematica della propagazione dell'onda; esclusione dei varchi non in comunicazione con la linea di riva

La semplice applicazione di una correzione basata sulla distanza lineare dalla linea di costa generava comunque interpretazioni del fenomeno ancora sovradimensionate, soprattutto in contesti con aree elevate distribuite longitudinalmente alla linea di costa, subito seguite verso terra da aree depresse.

Per evitare queste sovrastime, il modello utilizza una distanza dalla linea di riva non di tipo euclideo, ma che tiene conto dei percorsi minimi possibili effettuati dalle acque per raggiungere le diverse aree (che risulta quasi sempre maggiore rispetto alla distanza euclidea). Per fare questo sono stati utilizzati strumenti di analisi GIS (*Cost Distance*, implementato nell'estensione *Spatial Analyst* del software ArcGIS) che hanno considerato, oltre la distanza dalla linea di riva, anche la quota e il rilievo topografico.

Il risultato del modello è una matrice raster in cui ciascuna cella assume un valore in funzione della distanza dalla linea di riva. Questa distanza viene utilizzata per smorzare le altezze d'acqua fino all'intersezione con la superficie morfologica.

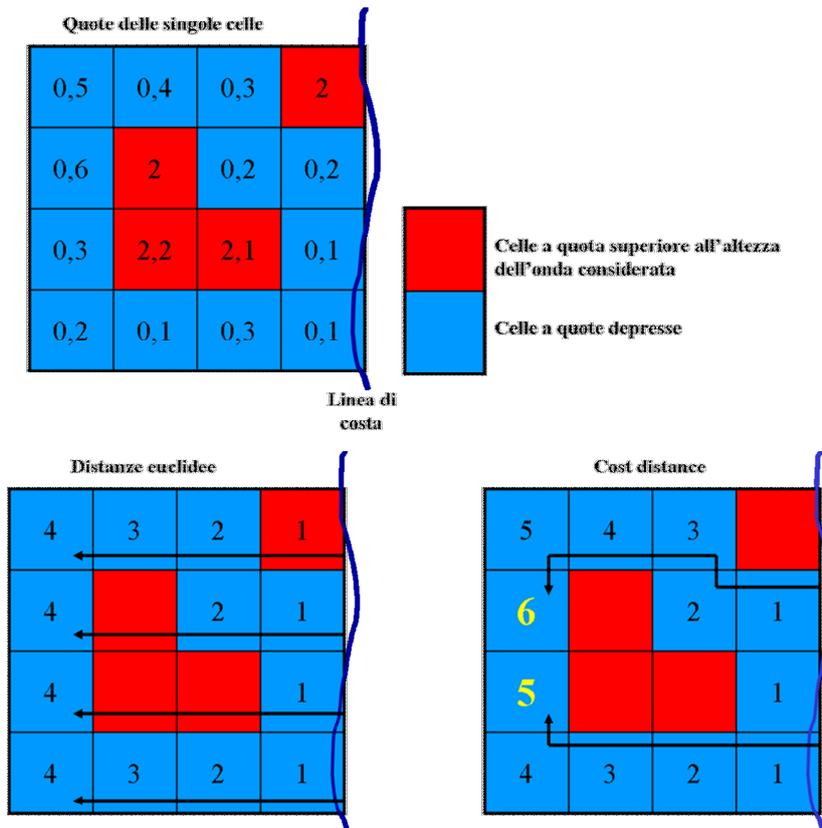


Figura 6 - Schema del modello raster semplificato

Questo tipo di approccio permette di individuare le porzioni della fascia costiera potenzialmente inondabili per ciascuno dei diversi scenari considerati. L'analisi di distribuzione delle aree individuate permette poi di delimitare quelle zone, morfologicamente depresse, che presentano 'varchi' e che consentono l'ingressione marina, escludendo così quelle 'isolate', che non verrebbero interessate dalle inondazioni (vedi schema figura 5 ed esempio di mappatura in figura 8).

La procedura appena descritta è stata tradotta in un protocollo metodologico costituito da una concatenazione di operatori di analisi geografica, costruita utilizzando l'applicazione Model Builder di ArcGIS.

Il modello prodotto assume come dati in input un solo strato geografico (DTM da Lidar) e due valori (angolo di smorzamento e altezza del mare critica) che costituiscono dei parametri, ossia è possibile specificarli ogni volta che il modello viene lanciato per valutare scenari differenti.

L'output del modello è costituito da un dato geografico che individua le aree potenzialmente inondabili per lo scenario prefigurato.

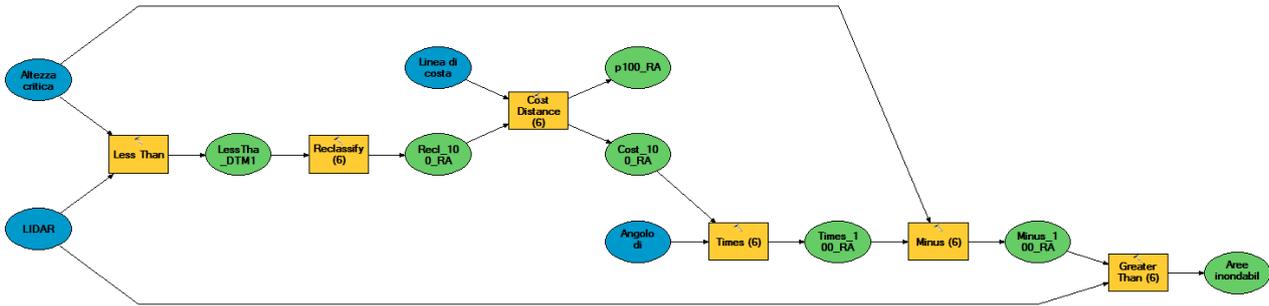


Figura 7 – Implementazione della metodologia nel Model Builder

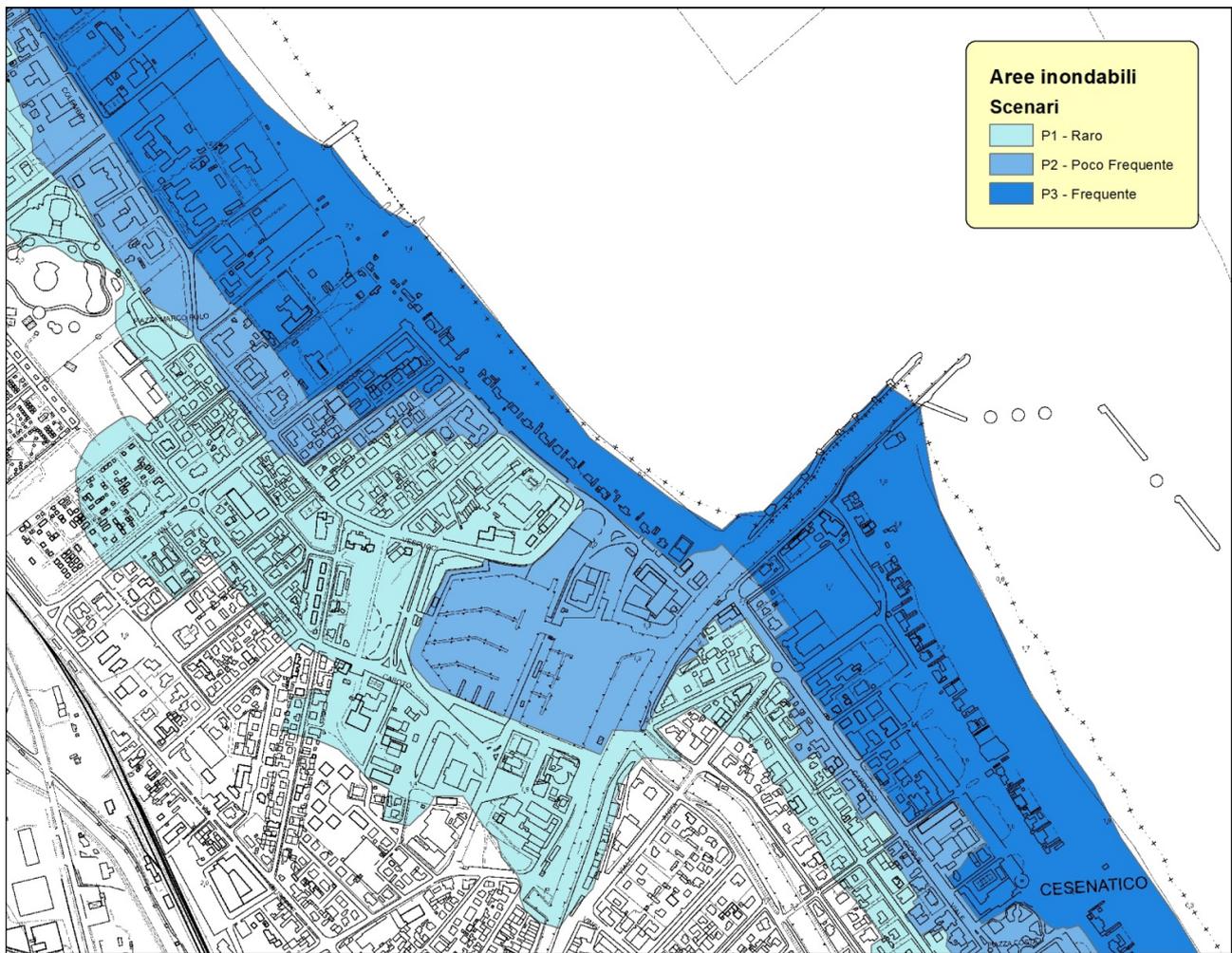


Figura 8 - Esempio di mappatura nella zona del Porto canale di Cesenatico

Una prima validazione del metodo è stata fatta confrontando, in alcune specifiche zone, i risultati ottenuti con quelli derivanti dall'applicazione di modelli idraulici bidimensionali sperimentati in due casi di studio della costa regionale, Cesenatico e Savio (Zanutigh et al.2011). Un ulteriore importante confronto è stato quello con i dati cartografici relativi agli eventi storici, elaborati

nell’ambito del progetto Micore e contenuti sia nel volume ‘Le mareggiate e gli impatti sulla costa dell’Emilia-Romagna 1946-2010’ che nel database in Storm.

Al termine dei confronti e delle validazioni sono state prodotte le mappe definitive che riportano le aree costiere allagabili e sono state effettuate alcune analisi statistiche sintetizzate nelle tabelle e nelle figure di seguito riportate.

In tabella 5 e figura 9 viene descritta la distribuzione dei diversi scenari di pericolosità nel tratto di costa della Regione Emilia-Romagna compresa all’interno del Distretto Settentrionale.

Scenario	Superficie (ha) incrementali	Superficie (ha) totali
P3 -H	1.064	1.064
P2 - M	709	1.773
P1 - L	2.638	4.411

Tabella 5 – Superfici interessate dai diversi livelli di pericolosità; le superfici sono derivate per sottrazione (la P2 non tiene conto delle aree P3 e la P1 non tiene conto delle aree P3 e P2)

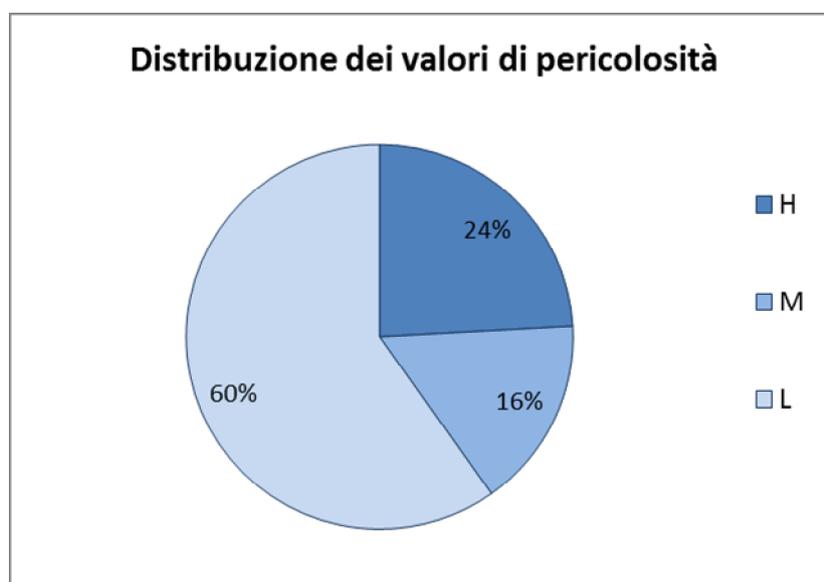


Figura 9 – Distribuzione delle superfici interessate dai diversi livelli di pericolosità

In tabella 6 viene riportata la superficie complessiva interessata da ciascun livello di pericolosità, suddivise in base ai confini delle tre Autorità di Bacino competenti; a differenza della tabella precedente, le superfici indicate in questo caso sono comprensive anche delle eventuali aree con livello di pericolosità maggiore.

Scenario	Adb Reno Superficie (ha)	Adb Fiumi Romagnoli Superficie (ha)	Adb Marecchia-Conca Superficie (ha)
P1 - L	439	3.225	747
P2 - M	177	1.117	479
P3 -H	115	642	307

Tabella 6 – Superfici coinvolte con i diversi livelli di pericolosità per ognuna delle Autorità di Bacino competenti lungo la costa della Regione Emilia-Romagna compresa nel Distretto Settentrionale

Al fine dell'analisi può essere utile inoltre confrontare i dati di pericolosità a livello di Comune costiero come indicato in tabella 7.

Comune	Superficie (ha)			
	P1	P2	P3	Totale
BELLARIA-IGEA MARINA	118	44	43	205
CATTOLICA	7	6	23	36
CERVIA	265	129	101	495
CESENATICO	100	102	118	320
GATTEO	17	12	13	42
MISANO ADRIATICO	18	15	16	49
RAVENNA	1969	287	562	2818
RICCIONE	5	37	33	75
RIMINI	120	71	146	337
SAN MAURO PASCOLI	15	3	4	22
SAVIGNANO SUL RUBICONE	4	3	5	12

Tabella 7 – Superfici coinvolte da diversi livelli di pericolosità per i comuni costieri della Regione Emilia-Romagna compresi nel Distretto Settentrionale

Per lo scenario Frequente P3, è stata inoltre effettuata una sintesi delle superfici corrispondenti ad alcuni usi del suolo ritenuti strategici nelle aree costiere (tabella 8).

Comune	Tessuto urbanizzato	Spiaggia, dune, sabbia	Stabilimenti balneari	Camping e strutture ricreative	Altro
BELLARIA-IGEA MARINA	1	37	4	0	1
CATTOLICA	0	16	0	0	7
CERVIA	4	65	23	0	9
CESENATICO	45	47	16	0	10
GATTEO	5	5	1	0	2
MISANO ADRIATICO	2	12	1	0	1
RAVENNA	78	149	9	14	312
RICCIONE	0	32	0	0	1
RIMINI	1	131	13	0	1
SAN MAURO PASCOLI	1	3	0	0	0
SAVIGNANO SUL RUBICONE	1	1	0	2	2

Tabella 8 – Superfici coinvolte (ha) dal livello di pericolosità P3 per i comuni costieri della Regione Emilia-Romagna compresi nel Distretto Settentrionale relative a usi del suolo strategici

### 5.3 – Elaborati di consegna

I dati di pericolosità sono stati restituiti, in accordo da quanto definito dai documenti tecnici di indirizzo prodotti da ISPRA, in formato geografico georeferenziato (shapefile).

I dati sono stati consegnati suddivisi in base all'Autorità di Bacino competente.

Complessivamente sono stati forniti tre livelli informativi per ciascuna Autorità di Bacino, ciascuno corrispondente alla superficie interessata da un determinato livello di pericolosità. In tabella 7 sono riportati i nomi dei dati geografici associati a ciascun livello e alla relativa Autorità di bacino. Il nome è stato attribuito usando lo schema:

*Codice Stato + Codice UoM + Sigla Tema + Scenario + Ambito Territoriale + Ambito Amministrativo + Data*

dove le varie parti assumono i seguenti valori:

Codice Stato = IT;

Codice UoM = N008 (per il distretto del Po);

Sigla Tema = FHM (Flood Hazard Maps);

Scenario = L / M / H (Low / Medium / High corrispondenti a piene Rare / Poco Frequenti / Frequenti);

Ambito Territoriale = ACM;

Ambito Amministrativo = RER (Regione Emilia Romagna);

Data = anno mese giorno.

<b>Scenario</b>	<b>Adb Reno Nome shapefile</b>	<b>Adb Fiumi Romagnoli Nome shapefile</b>	<b>Adb Marecchia-Conca Nome shapefile</b>
P1 - L	ITI021FHMLACMRER20131222	ITR081FHMLACMRER20131222	ITI019FHMLACMRER20131222
P2 - M	ITI021FHMMACMRER20131222	ITR081FHMMACMRER20131222	ITI019FHMMACMRER20131222
P3 - H	ITI021FHMHACMRER20131222	ITR081FHMHACMRER20131222	ITI019FHMHACMRER20131222

*Tabella 9 – Dati geografici relativi alla pericolosità*

## 6 – La valutazione degli elementi esposti

Le analisi di rischio considerano le condizioni di vulnerabilità del territorio attraverso due diversi indicatori:

- 1 – Analisi di dettaglio degli elementi dell’uso del suolo e conseguente valutazione della loro suscettibilità alla perdita di valore e di funzioni in conseguenza di inondazioni marine;
- 2 – Individuazione degli elementi strategici e sensibili individuati dalla Direttiva Alluvioni e dal D.Lgs. 49/10 (art. 6 – comma 5).

### 6.1 – Analisi dell’uso del suolo

Un primo tipo di indicatore che considera le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni è rappresentato da una interpretazione delle classi di uso del suolo utilizzate dai database regionali. Ad ogni classe è associato un valore di ‘Danno’ compreso tra 1 e 4 (1 conseguenze negative minime, 4 conseguenze massime), che, per l’ambito costiero, tiene conto del diverso tipo di impatto legato alla presenza di acque salate

In tabella 10 sono riportate le classi di uso del suolo presenti nel territorio potenzialmente impattabile da eventi di alluvione costiera; ad ognuna di esse viene associata una classe di danno potenziale.

Categoria	Classe di danno
1112 Er Tessuto residenziale rado	D4
1120 Ed Tessuto residenziale discontinuo	D4
1211 Ia Insediamenti produttivi	D4
1213 Is Insediamenti di servizi	D4
1215 It Impianti tecnologici	D3
1221 Rs Reti stradali	D3
1222 Rf Reti ferroviarie	D4
1226 Ri Reti per la distribuzione idrica	D4
1231 Nc Aree portuali commerciali	D4
1232 Nd Aree portuali da diporto	D4
1233 Np Aree portuali per la pesca	D4
1331 Qc Cantieri e scavi	D3
1332 Qs Suoli rimaneggiati e artefatti	D1
1411 Vp Parchi e ville	D2
1412 Vx Aree incolte urbane	D1
1421 Vt Campeggi e strutture turistico-ricettive	D4
1422 Vs Aree sportive	D4
1423 Vd Parchi di divertimento	D4
1428 Vb Stabilimenti balneari	D3
1430 Vm Cimiteri	D3
2121 Se Seminativi semplici irrigui	D2
2123 So Colture orticole	D2
2210 Cv Vigneti	D2
2220 Cf Frutteti	D2
2241 Cp Pioppeti colturali	D2
2310 Pp Prati stabili	D2
2410 Zt Colture temporanee associate a colture permanenti	D2
2420 Zo Sistemi colturali e particellari complessi	D2
2430 Ze Aree con colture agricole e spazi naturali importanti	D2
3114 Bp Boschi planiziari a prevalenza di farnie e frassini	D2
3120 Ba Boschi di conifere	D2
3130 Bm Boschi misti di conifere e latifoglie	D2

3220 Tc	Cespuglieti e arbusteti	D1
3231 Tn	Vegetazione arbustiva e arborea in evoluzione	D1
3232 Ta	Rimboschimenti recenti	D1
3310 Ds	Spiagge, dune e sabbie	D1
4110 Ui	Zone umide interne	D1
4211 Up	Zone umide salmastre	D1
4212 Uv	Valli salmastre	D1
5111 Af	Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	D1
5112 Av	Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	D1
5113 Ar	Argini	D1
5114 Ac	Canali e idrovie	D1
5121 An	Bacini naturali	D1
5123 Ax	Bacini artificiali	D1
9998	Opere di difesa	D1
9999	Duna stabilizzata	D2

Tabella 10 – Classi di uso del suolo con corrispondente classe di danno

In figura 10 è riportata, a titolo di esempio, l'interpretazione dell'uso del suolo in funzione del danno potenziale per l'area di Cesenatico.

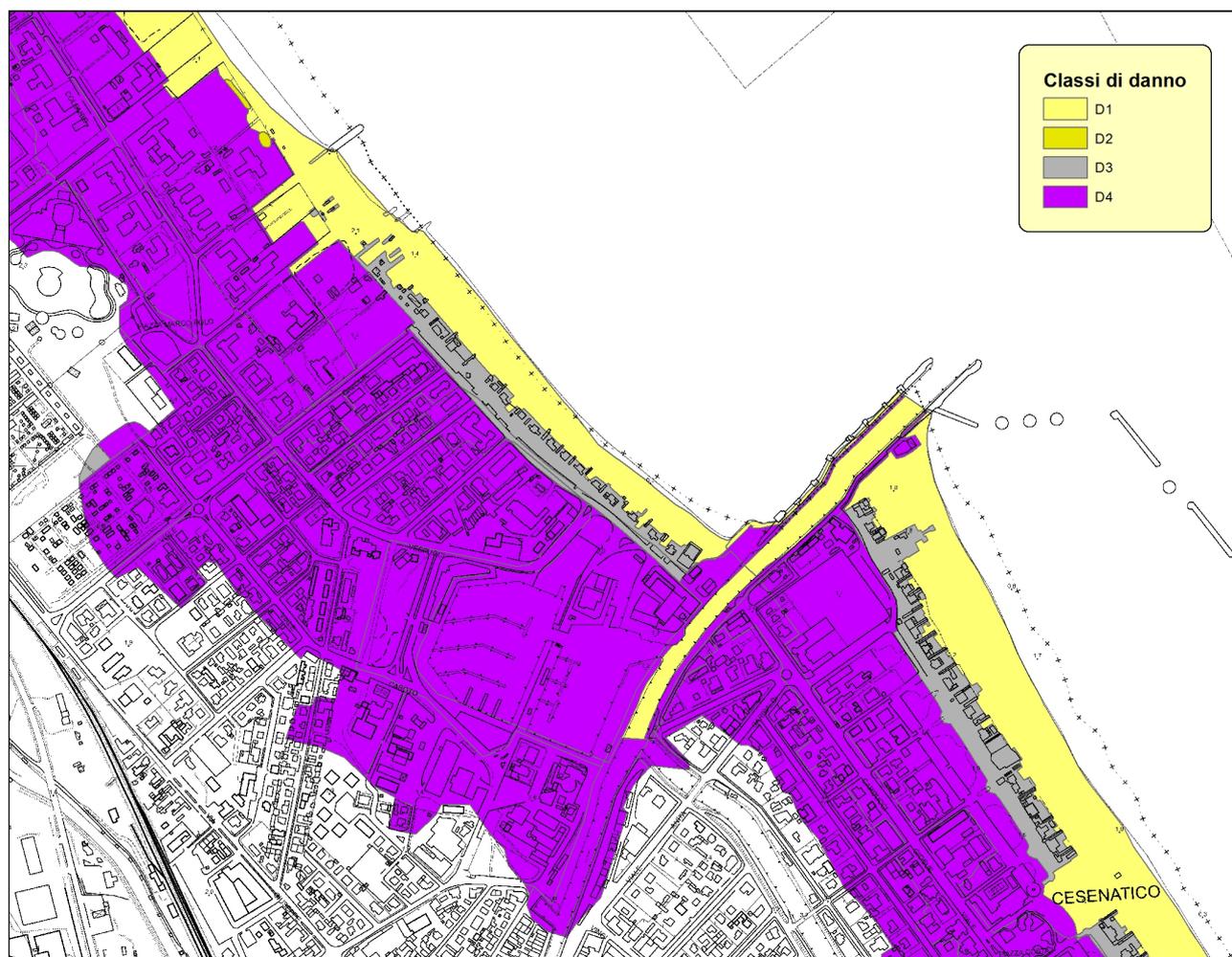


Figura 10 – Esempio di classificazione dell'uso del suolo in funzione del danno potenziale

### 6.2 – Individuazione degli elementi strategici

La Direttiva Alluvioni indica al comma 5 dell’articolo 6 alcuni elementi sensibili da tenere in considerazione nelle analisi per la mappatura del rischio.

Il primo elemento da considerare è la popolazione potenzialmente coinvolta per gli eventi dei diversi scenari.

La popolazione coinvolta residente in ciascun comune ricadente nel Distretto Settentrionale è stata calcolata utilizzando la densità di popolazione riscontrata nelle diverse sezioni censuarie interessate da fenomeni di inondazioni. In tabella 11 sono riportati i valori complessivi di popolazione che per ciascuno scenario potrebbero essere coinvolti.

Comune	Scenari		
	n. di abitanti potenzialmente coinvolti		
	P1	P2	P3
BELLARIA-IGEA MARINA	4.394	1.659	157
CATTOLICA	80	67	60
CERVIA	4.745	1.418	622
CESENATICO	2997	1335	383
GATTEO	1035	610	284
MISANO ADRIATICO	129	102	36
RAVENNA	10.683	3.565	1.176
RICCIONE	219	153	92
RIMINI	4.876	604	165
SAN MAURO PASCOLI	382	129	72
SAVIGNANO SUL RUBICONE	249	91	55

*Tabella 11 – Comuni costieri della Regione Emilia-Romagna ricadenti nel Distretto Settentrionale e popolazione potenzialmente coinvolta con i diversi scenari di inondazione costiera*

Gli altri elementi strategici considerati sono suddivisi in base alla primitiva geografica con cui sono rappresentati; essi sono pertanto suddivisi in elementi puntuali (tabella 12) ed elementi lineari (tabella 13).

Tipo di elemento	Adb Reno Nr	Adb Fiumi Romagnoli Nr	Adb Marecchia- Conca Nr	Totale
Beni storico-culturali	0	6	11	17
Impianti potenzialmente pericolosi	0	1	0	1
Ospedali e servizi sanitari	0	54	23	77
Scuole di ogni ordine e grado	2	26	6	34

*Tabella 12 – Tipi di elementi puntuali e numero di essi potenzialmente coinvolti*

Tipo di elemento	Adb Reno Lunghezza (m)	Adb Fiumi Romagnoli Lunghezza (m)	Adb Marecchia- Conca	Totale Lunghezza (m)
------------------	---------------------------	--------------------------------------	-------------------------	-------------------------

Regione Emilia – Romagna  
PIANO di GESTIONE del RISCHIO di ALLUVIONI

.....

			<b>Lunghezza (m)</b>	
Rete stradale	12.802	248.956	66.874	328.632
Rete ferroviaria	0	126	1.537	1.663
Reti elettriche	7.528	158.639	42.006	208.173
Reti gas	1.877	19.362	51.843	73.082
Acquedotti	3.378	89.815	19.564	112.757

*Tabella 13 – Tipi di elementi lineari e lunghezza dei tratti potenzialmente coinvolti*

## 7 – La valutazione del rischio

Le linee guida proposte dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) hanno previsto la possibilità di modulare il rischio in relazione all’intensità dei processi attesi attraverso la flessibilità delle classi di rischio introdotta in alcune celle della matrice, pervenendo così alla definizione di due matrici, una più cautelativa e una meno cautelativa; per il settore costiero si è scelto di utilizzare la matrice meno cautelativa, illustrata in figura 11.

<i>CLASSI DI RISCHIO</i>	<i>CLASSI DI PERICOLOSITA</i>		
	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P1</b>
<b>D4</b>	<b>R4</b>	<b>R3</b>	<b>R2</b>
<b>D3</b>	<b>R3</b>	<b>R3</b>	<b>R1</b>
<b>D2</b>	<b>R2</b>	<b>R2</b>	<b>R1</b>
<b>D1</b>	<b>R1</b>	<b>R1</b>	<b>R1</b>

Figura 11 – Matrice meno cautelativa adottata in ambito costiero

Applicando la matrice ai ‘layer’ di pericolosità e di danno è stato derivato lo strato informativo del rischio, del quale in figura 12 viene rappresentato lo stralcio relativo al centro abitato di Cesenatico.

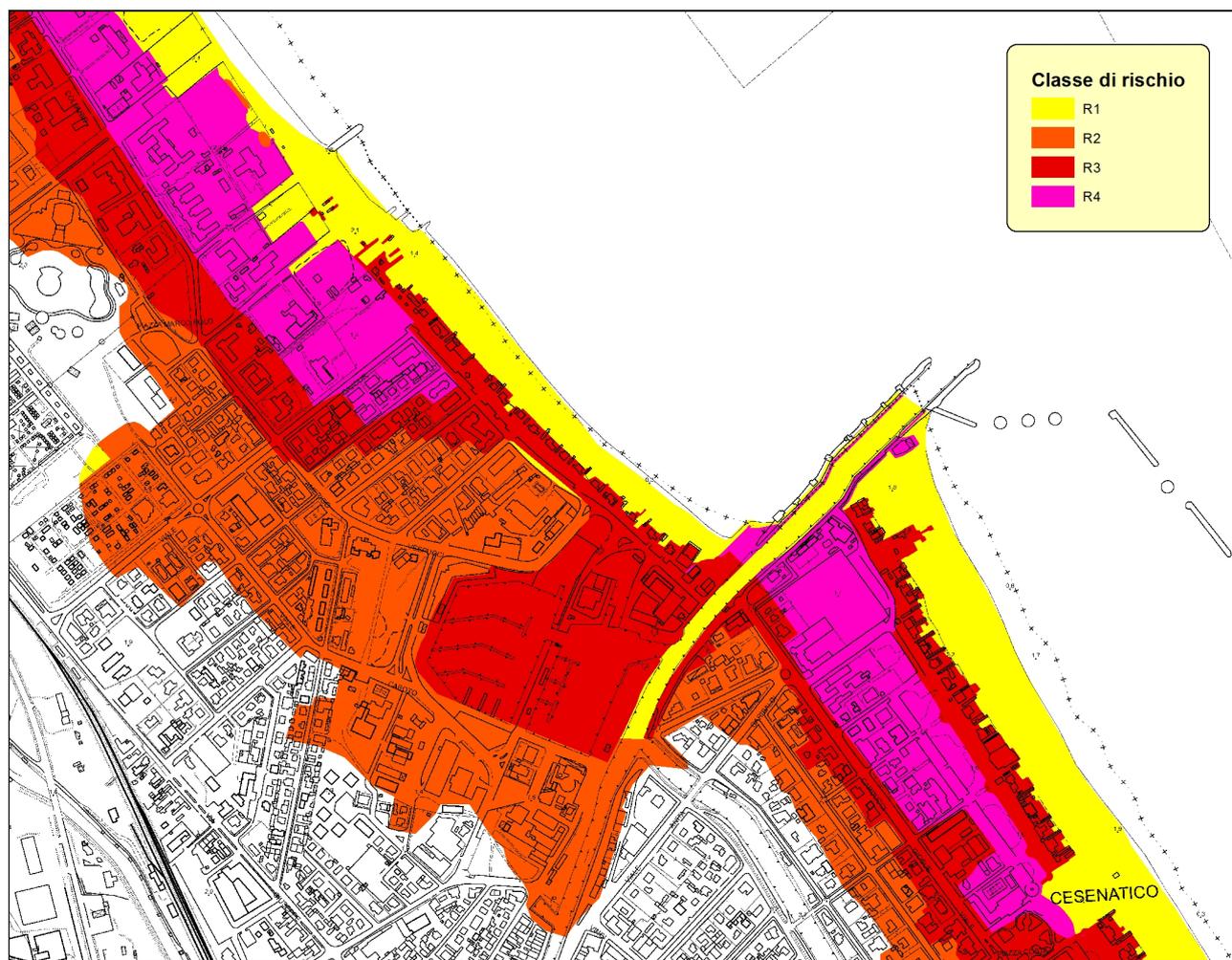


Figura 12 – Esempio di mappa del rischio

Complessivamente, nella porzione costiera della Regione Emilia-Romagna ricadente nel Distretto Settentrionale, le aree a rischio predominanti sono le R1; in tabella 14 sono riportate le superfici complessive ricadenti in ciascuna classe, per ciascuna delle Autorità di Bacino comprese nel Distretto.

Classe di rischio	Adb Reno Superficie (ha)	Adb Fiumi Romagnoli Superficie (ha)	Adb Marecchia-Conca Superficie (ha)	Totale Superficie (ha)
R1	245	1806	370	2421
R2	127	753	202	1082
R3	27	413	151	591
R4	40	253	24	317

Tabella 14 – Superfici interessate dai diversi livelli di rischio

Un altro dato interessante da analizzare è la presenza di aree urbanizzate (classi di uso del suolo ‘Tessuto urbano rado’ e ‘Tessuto urbano discontinuo’) ricadenti in aree potenzialmente inondabili; tali aree concentrano infatti criticità specifiche e in esse diventa di fondamentale importanza

pianificare interventi di mitigazione del rischio; in tabella 15 vengono riportate le superfici urbanizzate interessate da rischio di inondazione per i comuni ricadenti nel Distretto Settentrionale.

Comune	R2	R3	R4	TOTALE
BELLARIA-IGEA MARINA	65	30	1	96
CATTOLICA	1	0	0	1
CERVIA	208	85	4	297
CESENATICO	68	75	45	188
GATTEO	15	12	5	32
MISANO ADRIATICO	1	4	2	7
RAVENNA	259	107	78	444
RICCIONE	2	5	0	7
RIMINI	84	18	1	103
SAN MAURO PASCOLI	12	2	1	15
SAVIGNANO SUL RUBICONE	0	0	0	0

*Tabella 15 – Superfici urbanizzate(ha) interessate da condizioni di rischio nei comuni della Regione Emilia-Romagna ricadenti nel Distretto Settentrionale*

Tra gli elementi presenti nel settore costiero che maggiormente risentono dei fenomeni di inondazioni ci sono poi gli stabilimenti balneari; questo tipo di attività costituiscono in molti casi il primo antropico ad essere interessato dagli allagamenti; in tabella 16 vengono riportate le superfici corrispondenti a stabilimenti balneari interessate da rischio di inondazione per i comuni ricadenti nel Distretto Settentrionale.

Comune	R1 Superficie (ha)	R3 Superficie (ha)	Totale Superficie (ha)
BELLARIA-IGEA MARINA	0,29	7,92	8,21
CATTOLICA	2,24	3,66	5,90
CERVIA	1,90	33,77	35,67
CESENATICO	0,44	18,01	18,45
MISANO ADRIATICO	0,03	4,18	4,21
RAVENNA	10,47	29,15	39,63
RICCIONE	0,17	17,73	17,90
RIMINI	1,38	42,75	44,13

*Tabella 16 – Superfici occupate da stabilimenti balneari interessate da condizioni di rischio nei comuni della Regione Emilia-Romagna ricadenti nel Distretto Settentrionale*

## 8 - Considerazioni finali

Le mappe di pericolosità e rischio dell'area costiera emiliano-romagnola afferente al Distretto dell'Appennino Settentrionale costituiscono la prima tappa del percorso di piano e altresì forniscono un primo strumento utile ad evidenziare le criticità che caratterizzano questo ambito territoriale e le aree che necessitano ulteriori e più approfondite analisi.

L'osservazione speditiva evidenzia che la maggior estensione delle aree ad elevata pericolosità P3, sono circoscritte alla spiaggia libera e a quella occupata da infrastrutture balneari, come è naturale che sia visto che queste aree rappresentano lo spazio di smorzamento delle onde, paragonabile alle aree golenali dei corsi d'acqua.

I tratti dove le aree P3 sono più estese spesso corrispondono alle foci fluviali, dove le quote sono basse e le dune naturali e/o artificiali non sono presenti.

Le aree urbane, interessate dallo stesso scenario P3 sono quelle storicamente note per essere vulnerabili a fenomeni di ingressione marina in occasione di mareggiate, tra questi i più rilevanti sono: l'area portuale di Marina di Ravenna, alcune zone di Lido Adriano, Lido di Dante, Lido di Savio, e alcune aree comprese tra Cesenatico e Gatteo a Mare. In tutti i casi siamo in presenza di territori altimetricamente depressi, privi di difese naturali (dune) e con un'elevata urbanizzazione del fronte mare.

Si è constatato che le opere di difesa a mare, quali scogliere e pennelli, non hanno alcuna effetto di mitigazione del fenomeno mentre, nella pratica, si sono dimostrate molto efficaci le opere temporanee di difesa che vengono erette nel periodo invernale quali le 'dune invernali' e le paratie a difesa degli abitanti.

Come indicato nella parte metodologica, di questi elementi non si è tenuto conto nella mappatura delle aree potenzialmente allagabili.

## Bibliografia

- Decouttere C., De Baker K, Monbaliu J. & Berlamont J. 1997. Storm wave simulation in the Adriatic Sea. In CENAS, Kluwer Academic (ed.), Dordrecht, The Netherlands: pp. 189-210.
- Gambolati, G., Giunta, G., Putti, M., Teatini, P., Tomasi, L., Betti, I., Morelli, M., Berlamont, J., De Backer, K., Decouttere, C., Monbaliu, J., Yu, C.S., Broeker, I., Kristenser, E.D, Elfrink, B., Dante, A. And Gonella, M., 1998. Coastal evolution of the Upper Adriatic Sea due to Sea Level Rise, and Natural and Anthropic Land Subsidence. CENAS, Kluwer Academic (ed.), Dordrecht, The Netherlands, pp. 1-34.
- Houtenbos, A.P.E.M., Hounjet, M.W.A., Barends, B.J., 2005. Subsidence from geodetic measurements in the Ravenna area. Proceedings of the 7th International Symposium on Land Subsidence (Shanghai, China), pp. 79–99.
- Idroser (1982) - *Piano progettuale per la difesa della costa Adriatica emiliano-romagnola*. Regione Emilia-Romagna.
- Idroser (1996) - Progetto di Piano per la difesa del mare e la riqualificazione ambientale del litorale della Regione Emilia- Romagna. Regione Emilia-Romagna, Bologna, pp. 365.
- Masina M. & Ciavola P. (2011). Analisi dei livelli marini estremi e delle acque alte lungo il litorale ravennate. Studi Costieri 2011 – 18 pp.87-101
- Perini L., Lorito S. & Calabrese L. (2008) - *Il Catalogo delle opere di difesa costiera della Regione Emilia-Romagna*. Studi Costieri 15, pp. 39-56. ISSN 1129-8588 Nuova Grafica Fiorentina.
- Perini L., Calabrese L., Deserti M., Valentini A., Ciavola P., Armaroli C. (a cura di) (2011) – *Le Mareggiate e gli impatti sulla costa in Emilia-Romagna, 1946-2010*. I quaderni di Arpa, pp. 141. Arpa Emilia Romagna, Bologna, ISBN 88-87854-27-5.
- Report Number T03-08-02 ‘Guidelines on Coastal Flood Hazard Mapping’
- Teatini P., Ferronato M., Gambolati G., Bertoni W., Gonella M., 2005 – A century of land subsidence in Ravenna, Italy. Environmental Geology 47(6), pp 831-846.
- Zanuttigh B., Perini L. & Mazzoli P., 2011. Scenarios of combine driver and sea water inundation along the Adriatic Coast. Geophysical Research Abstract vol. 13, EGU2011 -1694.

## Glossario

**Cost Distance:** algoritmo di analisi raster, normalmente utilizzato in analisi di tipo economico, è stato adattato per la valutazione delle aree inondabili.

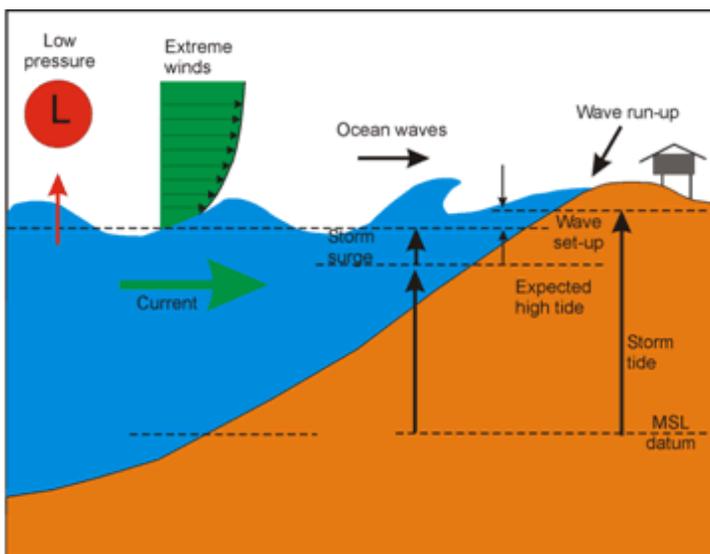
**Danno:** si tratta di un'interpretazione delle classi di uso del suolo in funzione della perdita di funzionalità potenziale conseguente ad eventi di mareggiata; tale valutazione tiene conto anche delle conseguenze specifiche in occasione di inondazioni di acqua salata.

**Erosione costiera :** processo di asportazione di sedimento dalla spiaggia (caso Emilia-Romagna) e/o dalla falesia, determinato dall'azione delle onde, correnti di marea o dal vento. L'erosione si verifica principalmente in eventi meteo marini intensi e provoca l'arretramento della linea di riva e l'abbassamento della superficie topografica di spiaggia. Il tasso di erosione è generalmente espresso in Volume/lunghezza/tempo (anno), oppure in termini di arretramento della linea di riva m/anno

**Ingressione marina:** processo di inondazione della costa (emersa) da parte del mare. L'acqua marina può raggiungere le aree topograficamente depresse retrostanti la spiaggia fluendo attraverso i varchi presenti nella duna costiera o negli argini, oppure scavalcando le stesse difese (fenomeno di tracimazione). Allo stesso fenomeno è ascrivibile la tracimazione dei canali in corrispondenza delle foci.

### Mareggiata:

un evento meteo-marino di forte intensità e proporzioni, nei termini delle grandezze fisiche che lo caratterizzano: vento, onda e livello del mare (marea astronomica + sovrizzo). Tale evento produce spesso impatti significativi sulla costa, quali allagamenti, erosione, danni alle infrastrutture, ecc. Non esiste un'unica definizione di mareggiata, poiché questo termine assume caratteristiche "locali", essendo legata al diverso impatto che le condizioni meteo-marine possono avere sul litorale.



I parametri che caratterizzano una mareggiata sono: vento (wind), onde (waves), correnti (current), marea astronomica (tide), sovrizzo atmosferico (surge), impilamento dell'onda sotto costa ( wave set-up), risalita dell'onda sulla spiaggia (run-up)

**Marea astronomica:** moto periodico di ampie masse d'acqua (laghi, mari e oceani) che si innalzano (flusso, alta marea) e abbassano (riflusso, bassa marea) per effetto dell'attrazione della luna e del sole e della rotazione terrestre.

**Onda marina:** movimento oscillatorio della massa d'acqua che determina uno spostamento verso l'alto e verso il basso della superficie del mare. I principali parametri che descrivono l'onda sono: l'Altezza Significativa, il periodo e la direzione. L'altezza dell'onda è definita come la differenza tra il massimo livello raggiunto dall'onda (cresta) ed il suo livello minimo (cavo), l'altezza significativa dell'onda viene calcolata a partire dalle altezze di tutte le onde presenti in un'area della superficie del mare, ordinate per altezza crescente. Si definisce Altezza Significativa la media del terzo più alto, e la si esprime in metri (m). Il periodo medio è, invece, la semplice media dei periodi di tutte le onde considerate in un'area di superficie del mare, dove per periodo si intende l'intervallo di tempo necessario affinché in uno stesso punto si alternino due creste d'onda. Si misura in secondi (s). Per Direzione si intende la direzione di provenienza delle onde, espressa in base alla convenzione Nautica, secondo la quale gli angoli (in gradi sessagesimali) sono riferiti al Nord.

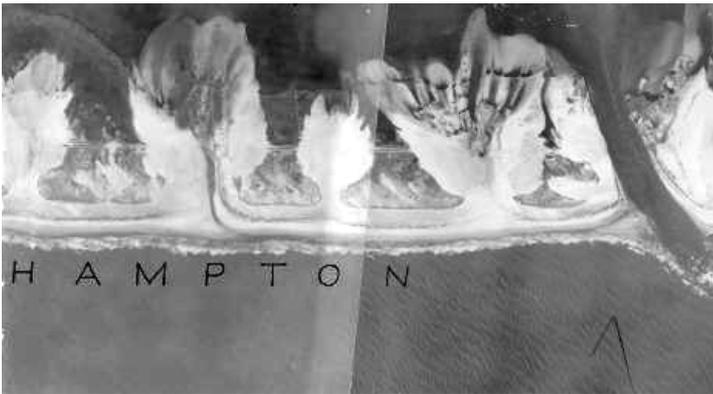
**Run-up:** risalita dell'onda sulla spiaggia e/o su un argine . La misura di questo parametro è determinata dalla quota, in verticale, della massima risalita dell'onda rispetto alla superficie ferma del mare.

**Smorzamento:** lo smorzamento consiste nella perdita di quota del livello marino che si registra nel corso di un fenomeno di ingressione; questo parametro è stato valutato in modo empirico, utilizzando una serie di misurazioni effettuate in concomitanza di eventi di mareggiata e scegliendo il valore più cautelativo.

**Storm Surge (Sovralzo):** risalita del livello del mare determinate dall'effetto combinato del vento e della diminuzione della pressione atmosferica. Essa non include la marea astronomica.

**Tracimazione:** fenomeno di scavalco di una duna o di una difesa costiera (argine) dovuta all'effetto di wave run-up e/o del surge che determinano un innalzamento della cresta dell'onda. Il fenomeno è spesso accompagnato da un trasporto di sabbia verso terra.

**Washover fan** (ventaglio di washover): accumulo di sabbia, a forma di ventaglio, deposto nell'area di retrospiaggia. Esso è prodotto dal trasporto di sedimento da parte delle onde e dello 'storm surge' che producono un consistente asporto di sabbia dalla spiaggia e/o dalla duna e il trasferimento, nell'area retrostante.



**Wave set-up:** sopra-elevazione della superficie del mare sotto costa per effetto della frangenza delle onde.