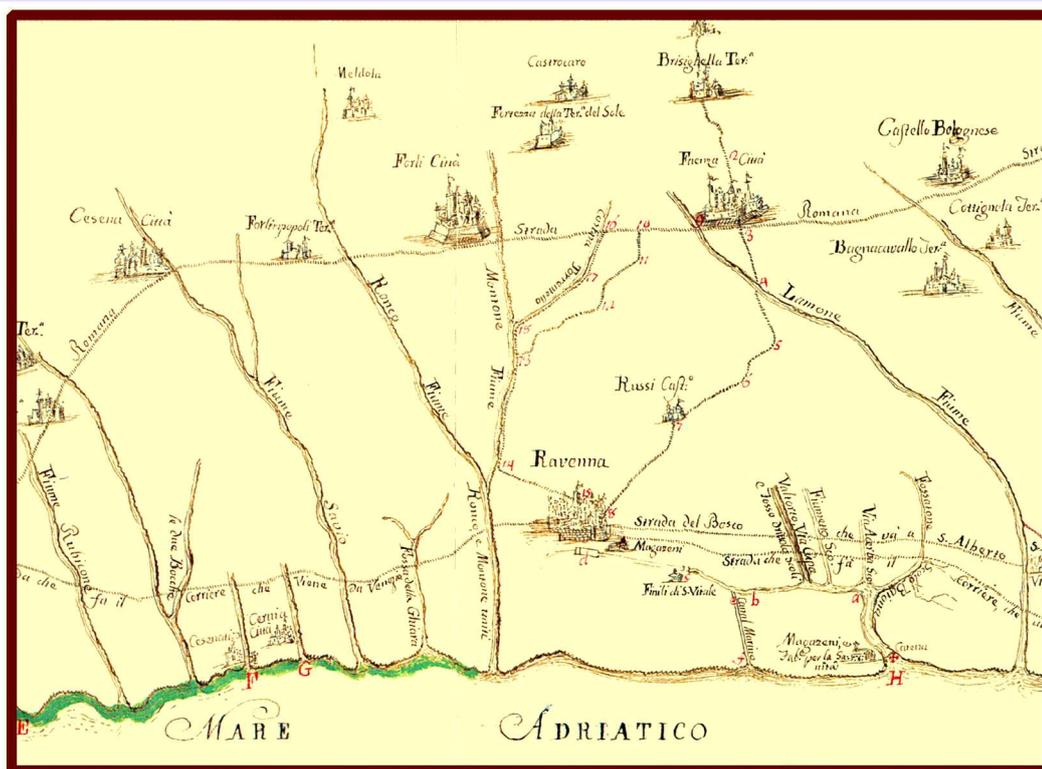


PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano



***Adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 e s.m.i.,
come modificata dalla Variante di coordinamento PGRA-PAI,
adottata dal C.I. con delibera 2/2 del 7/11/2016***

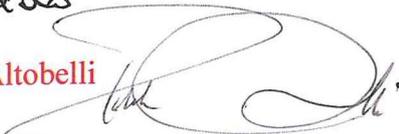
Presidente

Paola Gazzolo



Segretario

Arch. Paola Altobelli



Progettista

Ing. Gabriele Strampelli



Gruppo di lavoro della presente Variante

Dott. Gabriele Cassani - Responsabile *Pianificazione e norme*

Dott. Oscar Zani - *Pianificazione e norme*

Dott. Claudio Camporesi - *Cartografia e supporto informatico*

Gruppo di progetto del Piano stralcio Rischio Idrogeologico

Arch. Erminio Ferrucci - Coordinamento al progetto di Piano

Dott. Domenico Donati - Coordinamento alle analisi di Piano

Ing. Alberto Pistocchi - Responsabile progetto Rischio idraulico

Dott. Oscar Zani - Responsabile progetto Rischio frane

Dott. Gabriele Cassani - Responsabile rapporti con la pianificazione e norme

Dott. Claudio Camporesi - Cartografia e supporto informatico

Rag. Carla Gugnoni - Responsabile funzione amministrativa

Seg. Susi Gaudenzi - Supporto funzione amministrativa

Gruppo di lavoro per la redazione della direttiva

Ing. Alberto Pistocchi (Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli) - Coordinamento

Ing. Vincenzo Bosi (Consorzio di Bonifica della Romagna Centrale)

Ing. Leonardo Giorgi (Consorzio di Bonifica Savio e Rubicone)

Ing. Caterina Mancusi (Servizio Tecnico di Bacino Fiumi Romagnoli)

Geom. Fausto Pardolesi (Servizio Tecnico di Bacino Fiumi Romagnoli)

Ing. Davide Sormani (Servizio Tecnico di Bacino Fiumi Romagnoli)

Analisi a supporto della direttiva

Progetto del sistema di supporto alle decisioni, coordinamento scientifico-metodologico: Ing. Alberto Pistocchi

Progetto e direzione campagna geognostica arginature: Dott. Oscar Zani

Consulenze: Prof. Armando Brath (parametri meteomarinari; rischio di collasso arginale); Prof.

Massimo Ferraresi (analisi numeriche di dam break); Prof. Marco Franchini (calcolo delle

portate di progetto); Prof. Gabriele Giorgi (costruzione del modello digitale del terreno di

pianura); Ing. Leonardo Giorgi (invarianza idraulica); Prof. Guido Gottardi, Ing. Federico Donati

(analisi della saturabilità delle arginature)

Collaborazioni: Ing. Federico Donati (elaborazioni sul rischio di collasso arginale e sui tiranti

idrici di riferimento); Dott. Paolo Rosetti (raccolta e digitalizzazione dei dati altimetrici di

pianura); Ing. Caterina Mancusi, geom. Fausto Pardolesi, Ing. Davide Sormani (verifiche

idrauliche e controlli sui dati di esondazione).

INDICE

1	Premesse. Individuazione dei processi di pianificazione, procedimenti autorizzativi.	Pag. 5
2	Calcolo delle portate di riferimento.	6
2.1	Metodi di stima ammissibili.	6
2.2	Indicazioni operative sull'uso dei metodi di regionalizzazione e cinematico.	8
2.3	Procedure di stima semplificate; utilizzo di valori di portata calcolati nel contesto del piano di bacino.	9
3	Verifiche idrauliche.	9
4	Prescrizioni particolari per gli attraversamenti.	12
5	Criteri per la redazione degli studi di compatibilità idraulica (art.2 ter.; art. 3; art. 4).	17
6	Tiranti idrici di riferimento e accorgimenti tecnico-costruttivi (art. 6 comma 4).	18
7	Criteri e accorgimenti tecnici per la realizzazione delle misure per l'invarianza idraulica (art. 9).	19
7.1	Premesse e considerazioni generali; individuazione di soglie dimensionali degli interventi.	19
7.2	Efficacia dell'azione di laminazione e verifiche idrauliche consigliate in sede di autorizzazione degli interventi ai fini dell'invarianza idraulica.	22
7.3	Modalità di realizzazione dell'invarianza idraulica.	23
7.4	Valutazione dei coefficienti di deflusso; valutazione della permeabilità delle superfici.	28
7.5	Invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici che non provocano mai effetti di aggravio delle condizioni di piena del corpo idrico ricevente; individuazione di soluzioni alternative alla realizzazione di volumi di invaso (art. 9 comma 8)	30
7.6	Studi idrologici di maggior dettaglio per aree di estensione maggiore di 10 ha (art. 9 comma 6); indicazioni per le procedure di verifica ambientale ai sensi della L.R. 9/1999 per le trasformazioni di uso del suolo.	32
8	Indirizzi per i Comuni ricadenti nelle aree di pianura per promuovere la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane anche nelle aree edificate (art. 8 comma 2).	33
9	Criteri di valutazione delle distanze di rispetto dai corpi arginali di cui al comma 1 art. 10	33
10	Criteri ispiratori per l'attuazione delle prescrizioni di cui all'art. 11 delle norme del piano.	34
10.1	Definizione dell'insieme dei rischi idraulici connessi alle reti di smaltimento delle acque meteoriche nei comprensori di bonifica in riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno di 30 e 200 anni e linee d'intervento per la riduzione dei rischi individuati (art. 11 comma 1)	34
10.2	Obiettivi di progetto per la messa in sicurezza dei corsi d'acqua; approvazione delle opere di riduzione del rischio idraulico da parte dell'autorità competente (art. 11 comma 2).	35
10.3	Definizione delle convenzioni fra i soggetti gestori di opere idrauliche facenti parte del reticolo idrografico principale e l'Autorità idraulica inerenti il funzionamento e la manutenzione delle opere stesse.(art. 11 comma 5)	36

ELENCO DEGLI ALLEGATI

Allegato 1	Descrizione dei metodi di calcolo delle portate di progetto.	Pag. 37
Allegato 2	Valutazione orientativa del possibile valore dell'indice CN sui bacini romagnoli.	56
Allegato 3	Parametri a ed n delle curve di possibilità climatica desumibili dallo studio di Franchini, 2001.	57
Allegato 4	Parametri idrologici e morfometrici richiesti per il calcolo della portata indice con il metodo regionale.	58
Allegato 5	Dati orientativi riguardo a livelli marini di assegnato tempo di ritorno, clima ondoso.	59
Allegato 6	Tiranti idrici di riferimento per le aree di pianura sottoposte a rischio di allagamento.	74
Allegato 7	Metodologie di verifica speditiva e cartografia delle distanze di rispetto dai corpi arginali.	75

4. Prescrizioni particolari per gli attraversamenti

I nuovi attraversamenti devono essere progettati in generale per le piene con tempo di ritorno di 200 anni ai sensi dell'articolo 7 delle norme del piano stralcio per il rischio idrogeologico.

Gli attraversamenti esistenti devono anch'essi essere adeguati in generale a portate di progetto con un tempo di ritorno di 200 anni.

Nel caso in cui gli attraversamenti esistenti possano configurare un rischio idraulico, l'Autorità idraulica competente provvede a richiederne l'adeguamento, previa esecuzione di opportune verifiche idrauliche.

Gli attraversamenti esistenti non regolarmente autorizzati possono essere autorizzati in sanatoria in base alle vigenti norme solo a condizione che siano verificati per portate con un tempo di ritorno di 200 anni.

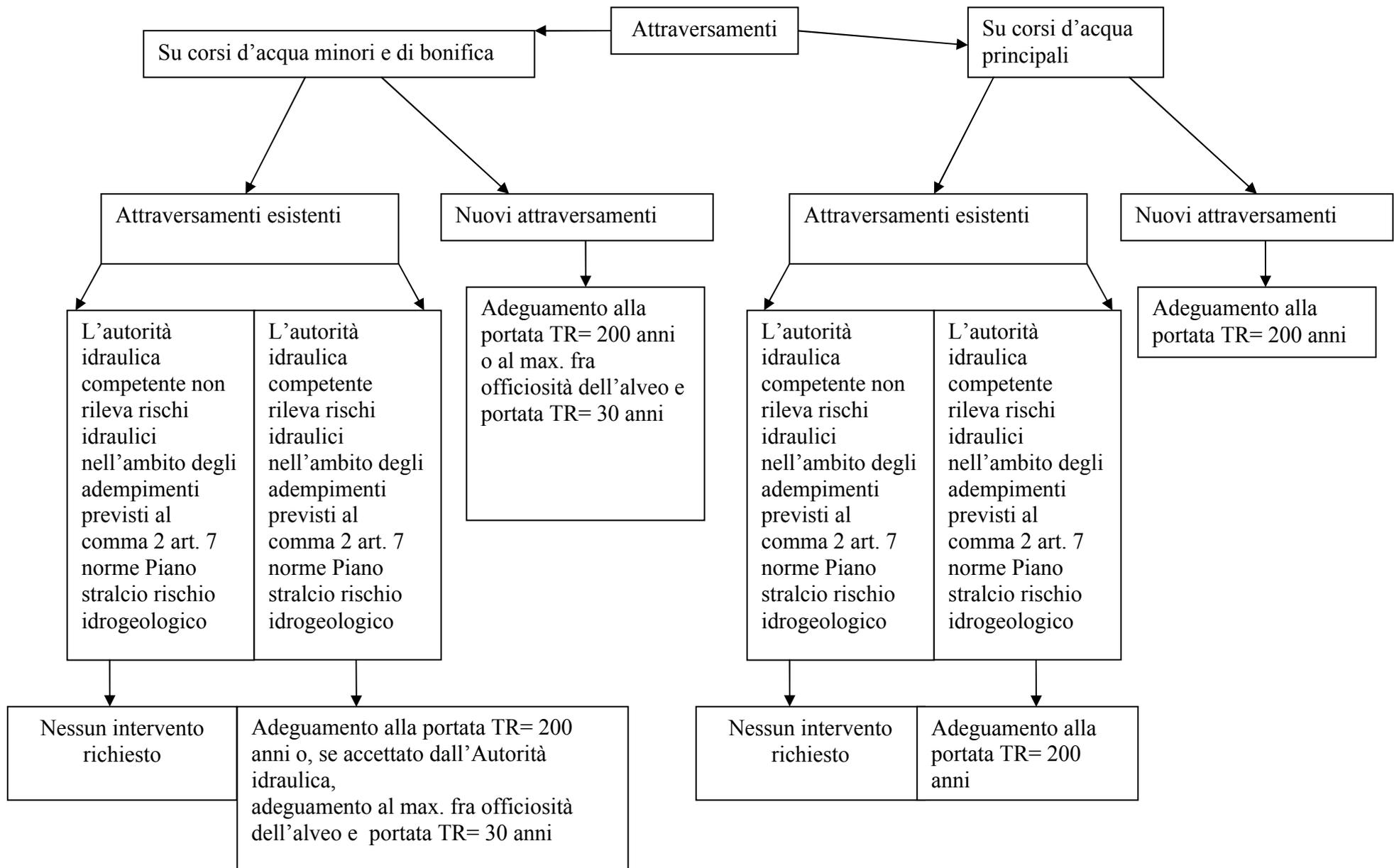
Nel caso in cui gli attraversamenti esistenti non risultino soddisfare le portate di tempo di ritorno 200 anni, è facoltà dei soggetti titolari, anche in sede di autorizzazione in sanatoria, richiedere all'Autorità competente di mantenere l'opera al livello di officiosità esistente purché esso non risulti inferiore a quello del tratto di corso d'acqua in cui l'opera è collocata, o comunque non sia tale da provocare situazioni di rischio idraulico.

L'istanza può essere motivatamente respinta dall'Autorità idraulica competente; un'accettazione dell'istanza comporta contestualmente, per il titolare della concessione, l'obbligo di adeguamento immediato dell'opera nel momento in cui il corso d'acqua venga sottoposto ad interventi di adeguamento.

Per il reticolo minore e di bonifica, è facoltà dei proponenti progetti di nuovi attraversamenti richiederne l'autorizzazione a fronte di un'officiosità degli stessi anche minore di quella corrispondente alla portata di tempo di ritorno di 200 anni, purché non inferiore al massimo fra la portata con tempo di ritorno 30 anni del corso d'acqua su cui l'attraversamento insiste e l'officiosità del corso d'acqua stesso. In tali casi, ai fini dell'espressione di parere d parte dell'Autorità idraulica competente è comunque necessario produrre una valutazione relativa agli effetti che, in presenza dell'attraversamento, potrebbe avere il transito di una portata con tempo di ritorno di 200 anni in termini di aggravio del rischio idraulico. **Tale valutazione potrà essere omessa nei canali di bonifica classificati come secondari ai sensi degli specifici regolamenti di polizia idraulica dei competenti consorzi di bonifica.**

L'istanza può essere motivatamente respinta dall'Autorità idraulica competente; un'accettazione dell'istanza comporta contestualmente, per il titolare della concessione, l'obbligo di adeguamento immediato dell'opera nel momento in cui il corso d'acqua venga sottoposto ad interventi di adeguamento.

Lo schema seguente riassume gli adempimenti richiesti per gli attraversamenti, nuovi o esistenti.



Se vi è già nel tratto in oggetto un progetto preliminare, definitivo o esecutivo di adeguamento in corso di redazione, adottato o approvato dall'Autorità idraulica competente, è necessario adeguare l'attraversamento alle esigenze progettuali prospettate, attraverso un opportuno confronto tecnico con i progettisti.

In generale, si fa riferimento in fase di progettazione alle direttive del D.M. 4 Maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali" e della relativa Circolare Ministeriale n.34233 del 25 febbraio 1991.

Il principio generale cui le Autorità idrauliche competenti si riferiscono nel rilasciare le autorizzazioni è quello di richiedere maggiori cautele e margini di sicurezza dei progetti in presenza di un minore livello di approfondimento delle verifiche e valutazioni idrologico-idrauliche.

Ai fini dell'attuazione della presente direttiva, si distinguono le seguenti tipologie di attraversamenti:

- Ponti su fiume principale
- Ponti su corsi d'acqua minori
- Tombinature su corsi d'acqua minori/canali di bonifica
- Guadi
- Attraversamenti aerei di servizi
- Attraversamenti in sub-alveo
- Traverse su corsi d'acqua

Per ciascuna tipologia, valgono le prescrizioni riportate nel seguito.

Nel caso dei corsi d'acqua principali, come definiti dall'art. 2 delle norme del piano stralcio per il rischio idrogeologico:

- per i tratti collinari e montani le portate di progetto da utilizzare per le verifiche idrauliche sono calcolate in sede di redazione del piano di bacino e contenute nella relazione del piano stesso. Per le sezioni intermedie fra quelle oggetto di calcolo, si potranno adottare valori interpolati linearmente in funzione dell'area del bacino imbrifero afferente. Per casi di particolare impegno è facoltà dell'Autorità idraulica competente richiedere il calcolo della portata di progetto con metodologie e criteri diversi e da valutare caso per caso.
- Per i tratti di pianura, in assenza di valutazioni specifiche, si considera la portata definita dal piano di bacino alla sezione di chiusura del bacino collinare e montano, senza considerare fenomeni di laminazione. Qualora nel piano di bacino vigente siano previsti o attuati interventi strutturali di laminazione (casce di espansione), la verifica può essere condotta sulla portata di progetto specificata a valle delle casce di espansione.
- La considerazione di effetti di laminazione può essere accettata solo nell'ambito di un calcolo idraulico di moto vario relativo al tratto di corso d'acqua che va dalla chiusura del bacino collinare e montano fino alla sezione di intervento cui si riferiscono le verifiche. Al fine di tale calcolo è sufficiente utilizzare i dati geometrici disponibili per i tratti a monte, ed attenersi alle richieste dell'Autorità idraulica competente in merito a sezioni integrative eventualmente da rilevare nel tratto oggetto di intervento.

Per i rimanenti corsi d'acqua, si dovrà procedere al calcolo delle portate di progetto con le metodologie discusse in precedenza in questa direttiva, o con altri metodi purché ben documentati e largamente condivisi dalla comunità tecnico-scientifica.

Per la realizzazione di nuovi ponti è opportuno evitare pile in alveo ogni volta che ciò sia possibile.

La forma delle pile deve essere definita idrodinamicamente in modo di ridurre al minimo gli attriti.

La relazione idraulica deve a tal fine illustrare il comportamento idrodinamico delle pile attraverso gli opportuni calcoli, da svolgersi con i metodi di usuale impiego. Dovrà essere chiaramente specificato il profilo del pelo libero di progetto attraverso il ponte anche in considerazione dell'effetto delle pile e dovrà essere calcolata l'erosione attesa attorno alle pile, ai fini della corretta valutazione del grado di sicurezza delle loro fondazioni, con esclusione comunque di pile a fondazione diretta.

I raccordi alla sezione del corso d'acqua saranno da progettare con cura con l'accortezza di evitare vortici indesiderati. La relazione idraulica deve illustrare con gli opportuni calcoli gli effetti idraulici delle variazioni di sezione (restringimento ed allargamento), ed esplicitare la scelta e modellazione delle aree inefficaci per il deflusso (zone di morta della corrente).

I rivestimenti d'alveo sono di regola da contenersi, se ritenuti necessari, alla sagoma d'ingombro dell'attraversamento e ai necessari raccordi.

Per ponti la cui struttura comporti minima interazione con il corso d'acqua (p.es. quota sottotrave non inferiore ai cigli di sponda, assenza di restringimenti e pile), l'Autorità idraulica competente potrà accettare verifiche più speditive, anche in ipotesi di moto uniforme, da valutarsi caso per caso.

La consuetudine della progettazione idraulica indica un franco minimo di 1 m. Tale valore è ormai consolidato nella prassi per i fiumi principali; se si riscontrano situazioni o tratti a rischio di esondazioni o se è forte il restringimento di sezione, si possono anche richiedere valori di franco superiore. Sono ove possibile da evitare attraversamenti che abbiano la quota dell'intradosso dell'impalcato inferiore (sottotrave) a quella della sommità arginale, anche se le verifiche idrauliche portano a franchi superiori a quelli previsti.

Nei casi di minore impegno e nei casi in cui il livello di approfondimento delle valutazioni idrologico-idrauliche fornisca le sufficienti garanzie di sicurezza, è facoltà dell'Autorità idraulica competente accettare franchi di sicurezza minori.

Le soglie di fondo associate ai ponti sono soggette alle prescrizioni relative alle traverse, di seguito riportate.

Le tombinature dei corsi d'acqua minori, sia naturali sia di bonifica, sono in generale escluse ai sensi dell'art. 41 comma 1 del D.Lgs. 152/1999 e ss.mm.ii., e si possono eseguire solo quando "si verifichino situazioni particolari per la tutela della pubblica incolumità e sicurezza" così come previsto nella Direttiva concernente criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo nel territorio della regione Emilia-Romagna approvata con deliberazione della Giunta Regionale n.3939 del 06.09.1994.

Nei casi in cui si realizzi la tombinatura, in linea generale, garantire l'officiosità pari a portate di tempo di ritorno di 200 anni contribuisce a conferire ai tratti tombinati una capacità di invaso compensativa dell'artificializzazione del reticolo che la tombinatura opera. Nel caso di tombinature, è opportuno prevedere adeguati franchi di sicurezza.

L'Autorità idraulica competente potrà accettare un'officiosità di progetto pari a portate con tempo di ritorno inferiore a 200 anni, solo quando questo non configuri situazioni di rischio idraulico maggiore di quello preesistente all'intervento, e fermo restando per il titolare

dell'autorizzazione l'obbligo di immediato adeguamento della tombinatura in caso di mutate condizioni del corso d'acqua o di interventi di adeguamento dello stesso, in base ai principi generali sopra richiamati.

I guadi devono essere sottoposti a verifiche in ordine:

- ai possibili effetti di rigurgito a monte
- agli scavi localizzati a valle del guado per l'effetto di accelerazione della corrente e delle dissipazioni energetiche
- ai fenomeni di interruzione del trasporto solido al fondo.

A tal fine è necessario che le verifiche idrologiche ed idrauliche contengano una specifica valutazione dell'effetto di intercettazione dei sedimenti prodotto, e una ricostruzione del profilo del pelo libero per tempo di ritorno di 200 anni e della distribuzione delle tensioni di trascinamento al fondo lungo il profilo stesso in corrispondenza di una portata da stabilire in relazione alle condizioni locali di modellamento del fondo e che, in linea di massima, può essere valutata pari alla media dei massimi annuali (portata indice) come definita nell'allegato 1 ed in Franchini, 2001, cui si rinvia per ulteriori approfondimenti.

In casi di minore impegno possono essere accettate verifiche più speditive, purché i progetti e le azioni di manutenzione previste forniscano i sufficienti margini di sicurezza rispetto ai tre fenomeni evidenziati.

Gli attraversamenti aerei non devono interferire con il deflusso delle acque. Vanno comunque rispettate le distanze previste dal R.D. 523/04 e dal R.D. 368/04. Gli attraversamenti con cavi e condotte dovranno avere i supporti alle distanze dai cigli e dai corpi arginali previste dalle leggi sopra menzionate; le parti aeree dovranno avere altezze che consentano il passaggio ai mezzi impiegati nelle manutenzioni dagli uffici preposti tenuto conto anche delle distanze di sicurezza delle linee in tensione previste dalla legge.

Per gli attraversamenti in subalveo devono essere mantenute le distanze di sicurezza come da R.D. 523/04 e R.D. 368/04 in maniera tale da dare la possibilità di eseguire lavori di allargamento o rettifica dei profili. Le distanze saranno comunque da concordare caso per caso con l'Autorità idraulica competente per tenere conto di progetti o programmi esistenti dell'Autorità di bacino e dell'Autorità idraulica competente.

Gli attraversamenti di fognature e altri condotti affioranti sull'alveo non sono in nessun caso ammessi.

Le traverse di qualunque altezza e natura, anche qualora associate ad attraversamenti, devono essere progettate in modo da minimizzare gli impatti sul corso d'acqua in termini di:

- interruzione del trasporto solido al fondo,
- scavi a valle per effetto dell'accelerazione della corrente e della dissipazione energetica
- interruzione del continuum fluviale, ed in particolare interruzione dei percorsi di risalita dei pesci
- possibili effetti di esondazione per rigurgito a monte.

A tal fine le valutazioni idrologiche ed idrauliche forniscono tutti gli elementi necessari alla quantificazione degli effetti sopra elencati e giustificano le scelte progettuali rispetto ai medesimi, in analogia con quanto già detto a proposito dei guadi e con gli opportuni ulteriori approfondimenti eventualmente richiesti dall'Autorità idraulica competente.

I progetti relativi a traverse sui corsi d'acqua possono essere accettati dall'Autorità idraulica competente solo nel caso in cui l'opera e le sue condizioni generali di manutenzione e gestione siano sostenibili sotto i precedenti aspetti.

In particolare, i progetti delle traverse devono prevedere i dispositivi per garantire la possibilità di risalita dei pesci, e le azioni di manutenzione volte al ripristino del trasporto solido al fondo

interrotto dall'opera, con opportuna rimozione dei sedimenti accumulati a monte e loro rilascio nell'alveo a valle senza alcuna asportazione di materiale.

6. Tiranti idrici di riferimento e accorgimenti tecnico-costruttivi (art. 6 comma 4)

I tiranti idrici di riferimento sono i valori delle altezze d'acqua attesi a seguito di possibili esondazioni.

La determinazione del tirante idrico equivale alla definizione dei criteri di protezione passiva dei manufatti rispetto alle esondazioni, in quei territori nei quali gli allagamenti sono possibili per la naturale conformazione del terreno e per la presenza di insufficienze del reticolo idraulico.

È responsabilità del progettista garantire che gli interventi di qualunque natura siano compatibili con detti criteri di protezione passiva.

In Allegato 5 6 alla presente direttiva si riporta la definizione cartografica dei tiranti idrici di riferimento per le aree di pianura del territorio dell'Autorità dei Bacini Romagnoli.

Con riferimento alle aree potenzialmente interessate da fenomeni alluvionali, individuate nelle tavole della *Perimetrazione aree a rischio idrogeologico* relative al territorio di pianura del bacino idrografico del presente piano, per il territorio a valle delle via Emilia la suddetta ~~Tale~~ definizione si basa sull'analisi del modello digitale del terreno e tiene conto delle considerazioni di tipo morfologico ed idraulico riportate in Allegato 5 6. Per le aree collocate a monte della via Emilia il tirante idrico di riferimento, in assenza di specifici approfondimenti conoscitivi, è fissato convenzionalmente

- in 0,2 m. nelle aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (P2)
- in 0,5 m. nelle aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (P3).

In presenza di specifici approfondimenti conoscitivi di carattere morfologico/topografico il tirante idrico di riferimento sarà calcolato in base ai dati disponibili.

È utile ricordare che il tirante idrico di riferimento è da assumere come il livello dell'acqua misurato dall'intersezione fra piano di campagna e pareti perimetrali degli edifici, ed è quindi a priori variabile lungo il perimetro degli edifici in relazione alla morfologia locale del terreno. È pertanto da assumersi, in ogni caso, come tirante idrico di riferimento quello più cautelativo sul sito di ciascun intervento.

Nel caso di interventi all'interno di lotti circondati da strade in rilevato, il tirante idrico di riferimento è da valutarsi rispetto al piano stradale, ad eccezione dei casi in cui le strade siano state realizzate in tempi recenti (orientativamente, successivamente alla stesura della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000 dell'Emilia Romagna) e conseguentemente non considerate nella realizzazione della carta dei tiranti idrici di riferimento. Tali casi particolari dovranno essere valutati *ad hoc* dal responsabile del procedimento autorizzativo di volta in volta in essere a partire dalle informazioni disponibili.

In relazione al tirante idrico di riferimento, ferma restando la competenza dei Comuni a fornire le indicazioni specifiche nell'ambito dei propri regolamenti edilizi ed urbanistici, si possono riportare le seguenti indicazioni ~~di massima~~:

- Per aree con tiranti idrici attesi non superiori a 0,5 m: occorre garantire che non vi siano aperture dei vani utilizzati al di sotto del tirante idrico di riferimento. Pertanto occorrerà

evitare aperture degli scantinati, scannafossi, rampe di rimesse interrato sprovviste di protezioni idonee, e ogni altra situazione in cui possa verificarsi ingresso d'acqua in locali abitabili o comunque frequentabili dalle persone.

- Per aree con tiranti idrici attesi maggiori di 0,5 m e non superiori a 1,5 m: ~~è consigliabile vietare~~ **di regola da escludere** ogni utilizzo del sottosuolo; il piano inferiore di calpestio degli edifici deve essere posto su adeguata sopraelevazione.
- Per aree con tiranti idrici attesi superiori a 1,5 m si configurano situazioni di forte criticità connessa al rischio idraulico; è di regola **da escludere** ~~seconsigliabile~~ ogni nuova costruzione in assenza di preventivi interventi di messa in sicurezza idraulica dei corsi d'acqua da cui può originare l'esondazione. Anche a seguito di interventi di messa in sicurezza, è sempre raccomandabile subordinare la realizzazione di interventi all'attuazione di un programma di monitoraggio e manutenzione degli stessi e in generale delle condizioni dei corsi d'acqua da cui può originare il rischio idraulico.

È sempre lasciata al proponente l'intervento la facoltà di realizzare a proprie spese gli interventi di adeguamento del reticolo idrografico in modo da rimuovere la causa delle possibili esondazioni con tempo di ritorno di 200 anni. In tal caso il proponente l'intervento è sollevato da ogni obbligo di adozione di particolari criteri e accorgimenti tecnico-costruttivi, essendo gli interventi di adeguamento del reticolo da considerarsi sufficienti.

In tale ipotesi, il proponente l'intervento deve concordare il progetto di adeguamento del reticolo con l'Autorità idraulica competente, che esprime sul progetto di adeguamento un parere vincolante ed eventuali prescrizioni, e mantiene la supervisione generale dei lavori.

Ai lavori ultimati si applica quanto previsto dagli articoli 3, 4 e 6 delle Norme del Piano stralcio per il rischio idrogeologico ai fini dell'adozione di una variante cartografica del piano stesso.

Laddove, in presenza di specifici approfondimenti conoscitivi di carattere morfologico/topografico il tirante idrico di riferimento si riveli dimostratamente differente da quello indicato dal valore di dettaglio dei tiranti idrici di riferimento, rilevabile dalla cartografia in formato grid di cui all'allegato 6 della presente direttiva, tale scostamento dovrà essere segnalato all'Autorità di bacino ai fini dell'eventuale correzione. Nelle more del conseguente aggiornamento, sarà responsabilità del progettista garantire che gli interventi di qualunque natura siano compatibili con i criteri di protezione passiva sopra indicati.

ALLEGATI

Allegato 5: dati orientativi riguardo a livelli marini di assegnato tempo di ritorno, clima ondoso

Il riferimento per le valutazioni dei parametri meteomarini sulla costa emiliano-romagnola è costituito dal documento “Progetto di Piano per la difesa dal mare e la riqualificazione ambientale del litorale della Regione Emilia Romagna – Relazione generale”, elaborato da IDROSER spa e datato aprile 1996.

In tale documento sono riportate le informazioni necessarie all’interpretazione dei fenomeni di mareggiata, e – alla tabella 3.7 del documento – sono forniti i valori di innalzamento del livello medio del mare in battigia (incluso il wave set up) per tempo di ritorno di 1, 10 e 100 anni.

Tali valori, in cm, sono rispettivamente:

Cattolica: 130, 170, 210

Rimini: 130, 170, 210

Cesenatico: 135, 180, 220

Fiumi Uniti: 150(sud)/155(nord), 200, 250

Porto Corsini: 150, 195, 245

Sacca di Goro: 150, 195, 240.

Si riportano nel seguito alcune informazioni utili alla stima dei parametri meteomarini, desunte da documenti elaborati nell’ambito di attività tecniche svolte sul territorio dell’Autorità di bacino.

I documento:

Riferimento aggiornato dei parametri meteo marini e delle scelte effettuate per il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

I parametri meteo marini e la metodologia utilizzata per la valutazione della pericolosità di alluvionamento dell’ambito costiero di cui al PGRA, sono reperibili negli allegati del Progetto di Piano “Mappatura della pericolosità nelle aree costiere marine della Regione Emilia-Romagna ricadenti nel distretto padano e dell’Appennino Settentrionale” a cura del Servizio Geologico Sismico e dei Suolo – Regione Emilia-Romagna, al quale possono essere richiesti i parametri meteo marini o eventuali delucidazioni di merito.

Sottostante si riporta un estratto dalla Relazione del PGRA dove sono sinteticamente riportati valori di elevazione del mare per diversi tempi di ritorno

Scenario	Tr	Elevazione totale superficie del mare in metri
Frequente P3	Tdr = 10	1,49
Poco Frequente P2	Tdr = 100	1,81
Raro P1	Tdr >> 100	2,5 m

(Dato Piano costa RER '82)

Tabella 11 – Valori del sovrainnalzo totale da mareggiata considerati per la perimetrazione delle aree soggette ad ingressione marina

II documento:

I paragrafi seguenti sono estratti da

Brath, A., “Studio idrologico-idraulico per la progettazione del Canale Scolmatore Leonardo; verifica idraulica del progetto esecutivo” datato marzo 2002 e commissionato dal Consorzio di Bonifica Savio e Rubicone di Cesena.

Analisi dei dati di marea

I fenomeni di marea assumono, come noto, una certa rilevanza nell’Alto Adriatico, avendosi ampiezze tipiche delle maree di circa 15 cm in quadratura e di circa 35-40 cm nei periodi di sigizie; le corrispondenti escursioni diurne ammontano quindi a circa 30 cm in quadratura ed a 70-80 cm nei periodi di sigizie. Ai fini della caratterizzazione statistica delle maree si può ricorrere alle osservazioni disponibili per il mareografo di Ravenna Porto Corsini ed a quelle, più frammentarie, disponibili per il mareografo di Rimini. Sono stati quindi raccolti i valori massimi annuali delle altezze di alta marea in entrambi i mareografi; per il mareografo di Ravenna è stato possibile reperire le osservazioni relative al periodo 1934-1987, mentre i dati di Rimini si riferiscono al periodo 1937-1979 con alcune importanti interruzioni. In totale si è potuto disporre di 52 osservazioni dei massimi annuali per Ravenna e di 32 per Rimini. Nella Figura 36 è riportata la serie storica dei massimi annuali delle altezze di alta marea per Ravenna Porto Corsini, mentre nella Figura 37 è riportata l’analoga serie per il mareografo di Rimini.

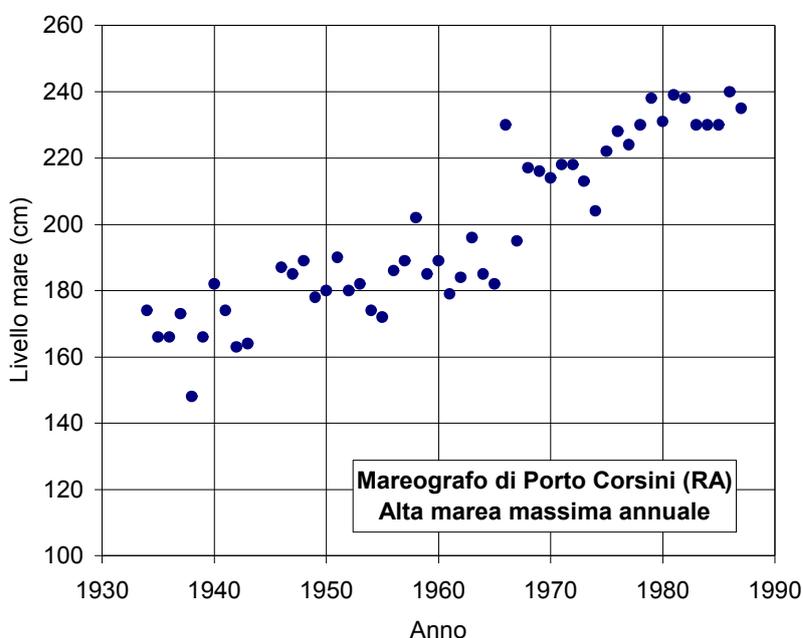


Figura 36 – Massimi annuali delle altezze di alta marea per il mareografo di Ravenna Porto Corsini

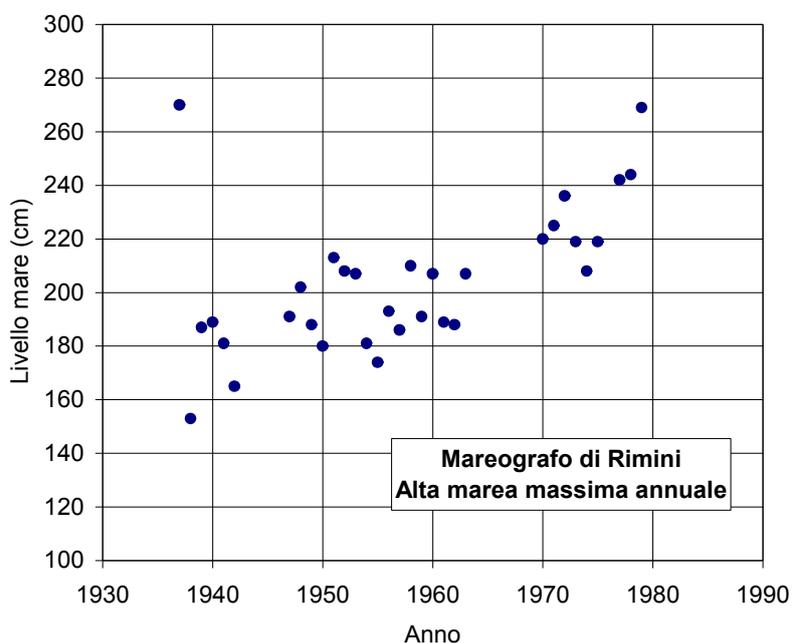


Figura 37 – Massimi annuali della altezze di alta marea

per il mareografo di Rimini

Si nota da entrambe le Figure un evidente trend di crescita, dovuto al fenomeno della subsidenza. Al fine di eliminare questo effetto, che, se ignorato, renderebbe di scarso significato l'analisi statistica, le osservazioni dei massimi annuali sono state detrendizzate, sottraendo dalle altezze massime osservate il livello medio annuo del mare. Nelle Figure 38 e 39 sono riportate le osservazioni dei livelli medi annui del mare rispettivamente per il mareografo di Ravenna e per quello di Rimini. Queste serie storiche sono sicuramente tra le più affidabili e significative ai fini della caratterizzazione del fenomeno della subsidenza lungo costa. Si può notare che si sarebbe avuto un incremento del livello medio mare di circa 60 cm per Ravenna nel periodo dal 1934 al 1987 (54 anni); per Rimini il trend è altrettanto evidente e comporta un innalzamento di circa 56 cm in 40 anni (dal 1940 al 1979). La regolarizzazione con opportuna funzione interpolante dell'andamento dei punti osservati porta a valutare un innalzamento medio annuo di circa 1.3 cm per Ravenna e di circa 1.4 cm per Rimini.

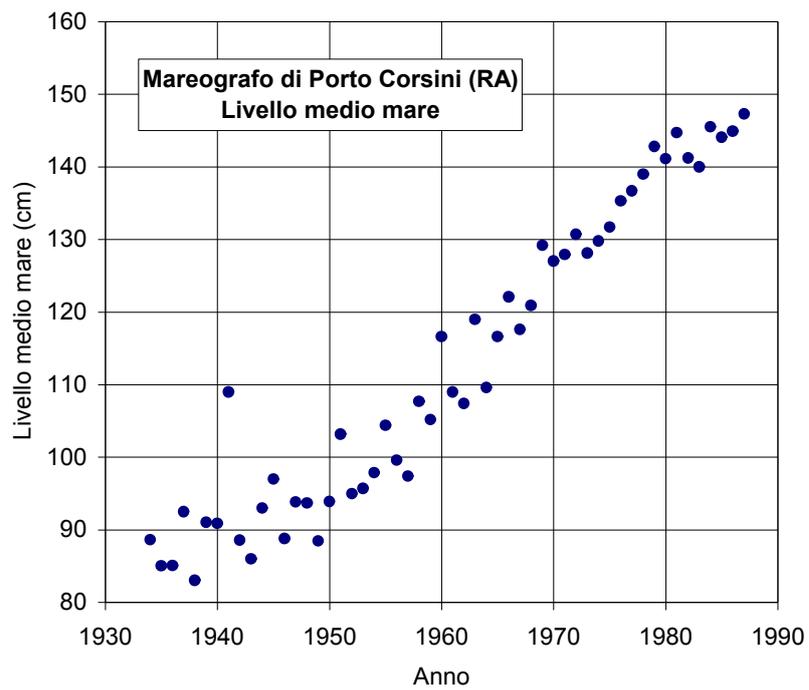


Figura 38 – Andamento del livello medio annuo del mare, osservato al mareografo di Ravenna Porto Corsini

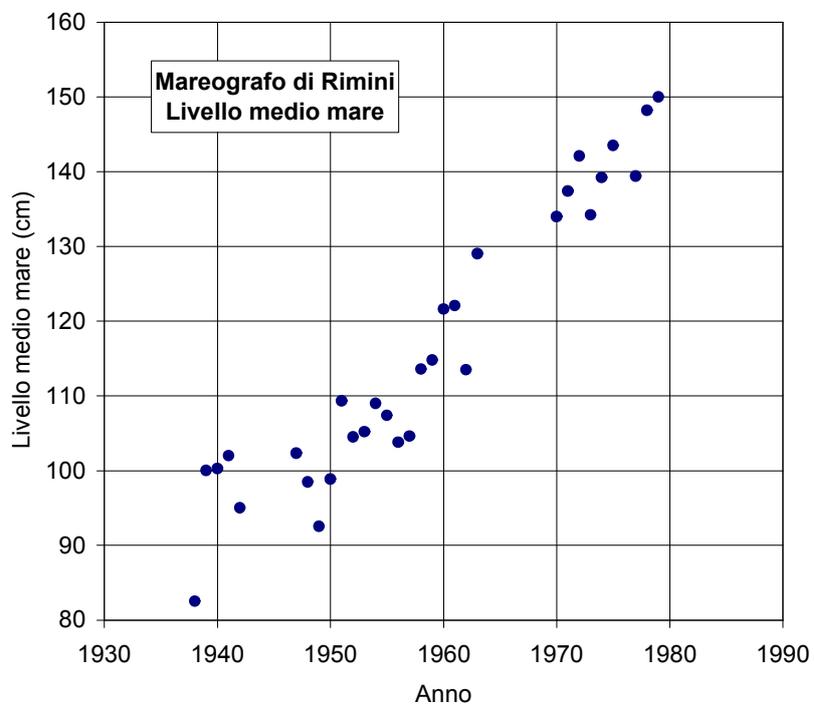


Figura 39 – Andamento del livello medio annuo del mare, osservato al mareografo di Rimini

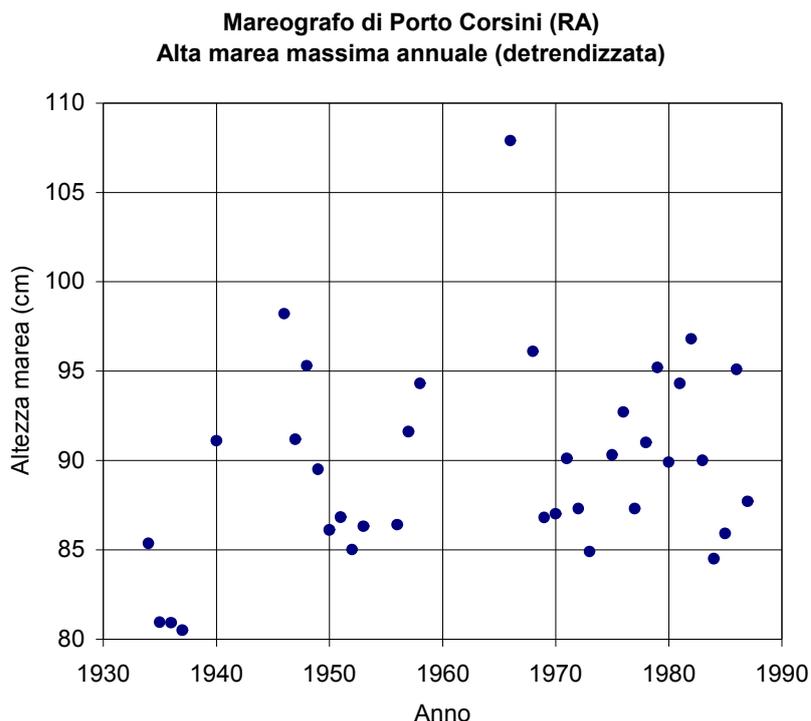


Figura 40 – Massimi annuali delle altezze di alta marea per il mareografo di Ravenna Porto Corsini (serie depurata dal trend dovuto alla subsidenza)

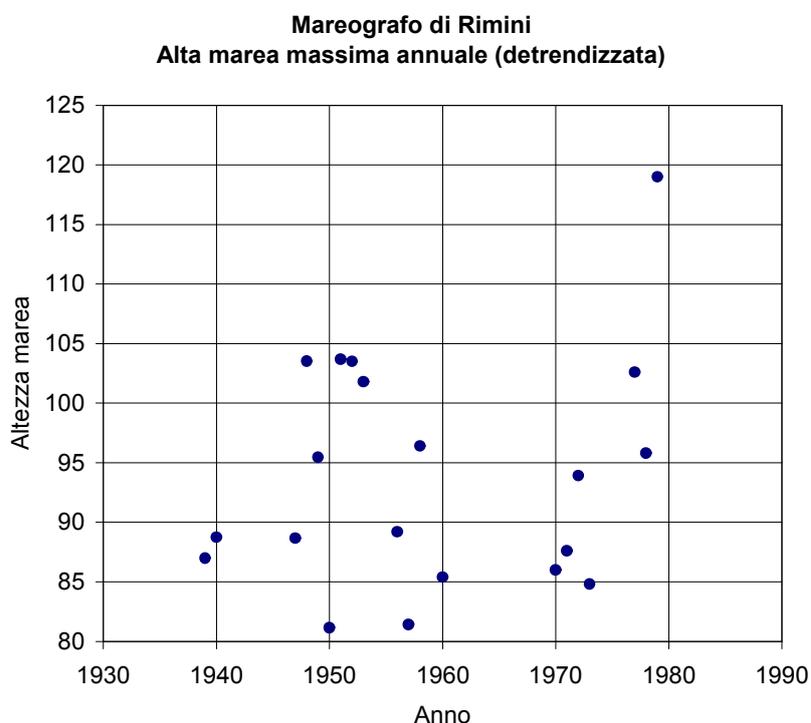


Figura 41 – Massimi annuali delle altezze di alta marea per il mareografo di Rimini (serie depurata dal trend dovuto alla subsidenza)

Nelle Figure 40 e 41 sono riportate le serie storiche dei massimi annuali delle alte maree detrendizzate, relative rispettivamente al mareografo di Ravenna Porto Corsini ed a quello di Rimini. Si può notare come il massimo valore del livello di marea verificatosi nel periodo di

osservazione sia risultato pari a circa 108 cm sul livello medio mare per Ravenna (anno 1966) ed a circa 120 cm a Rimini (anno 1979). Quest'ultimo valore è però riconducibile ad una piena molto intensa del Marecchia, all'epoca sfociante ancora nel Porto Canale e poi deviato a seguito dell'evento. Si è quindi provveduto alla regolarizzazione statistica delle serie dei massimi annuali dell'alta marea.

Nella Figura 42 è riportato il confronto in carta probabilistica di Gumbel tra la serie storica dei massimi annuali e la distribuzione teorica del valore estremo del primo tipo relativamente al mareografo di Ravenna Porto Corsini; nella Figura 43 è riportata l'analogo confronto per il mareografo di Rimini. Si può notare un adattamento della distribuzione teorica di probabilità alla distribuzione di frequenza delle osservazioni che nel primo caso è accettabile e nel secondo appare invece più che soddisfacente.

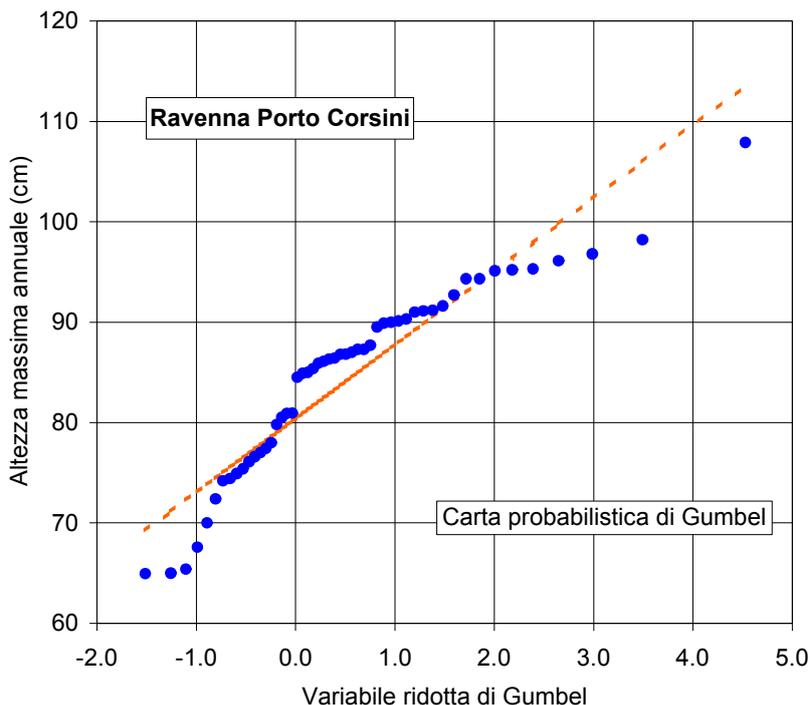


Figura 42 – Confronto tra la distribuzione di frequenza osservata dei massimi annuali delle altezze di alta marea (serie depurata del trend) e la distribuzione di probabilità teorica del valore estremo del primo tipo per il mareografo di Ravenna Porto Corsini.

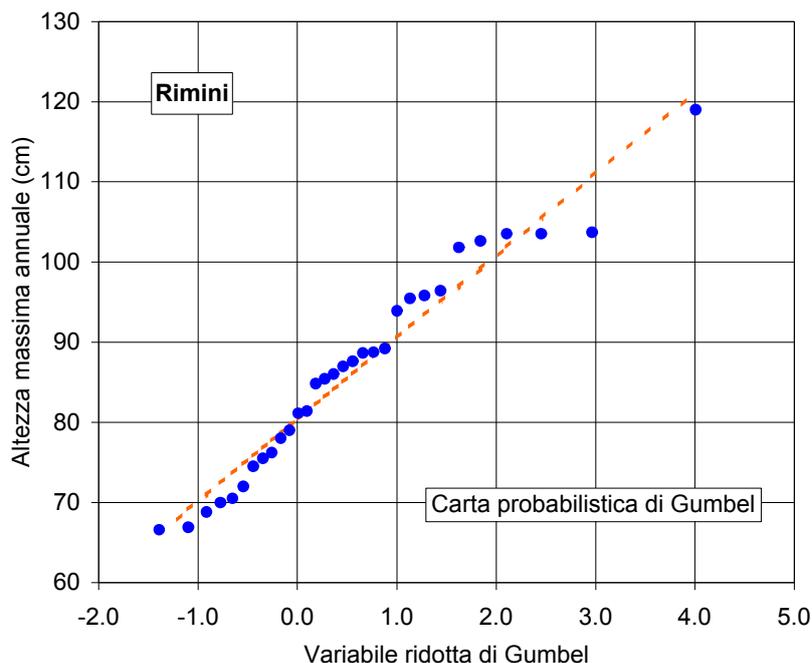


Figura 43 – Confronto tra la distribuzione di frequenza osservata dei massimi annuali delle altezze di alta marea (serie depurata del trend) e la distribuzione di probabilità teorica del valore estremo del primo tipo per il mareografo di Rimini.

Nonostante ciò si è preferito nelle valutazioni successive fare riferimento ai dati di Ravenna, sia perché più numerosi di quelli di Rimini sia in quanto questi ultimi appaiono meno affidabili essendo in qualche modo influenzati, a causa della posizione del mareografo, sia dal fenomeno del wave setup sia dalla presenza delle piene del Marecchia, in particolare per l’evento del 1979. Dalla distribuzione teorica dei valori massimi annuali delle altezze di marea rispetto al livello medio del mare di Ravenna Porto Corsini sono stati quindi stimati i valori delle altezze di marea massime annuali di assegnato tempo di ritorno per alcuni tempi di ritorno di particolare interesse tecnico. Questi valori sono riportati nella Tabella 5. Si nota come la massima alta marea attesa con tempo di ritorno decennale risulta pari a circa 97 cm mentre quella centennale risulta pari a 114 cm. E’ da rilevare che dette stime sono in stretto accordo con quelle ricavate nell’ambito del Piano Coste della Regione Emilia-Romagna.

Tabella 5 - Altezze di alta marea sul medio mare per assegnato tempo di ritorno T

T (anni)	$h(T)$ (cm)
2	83
5	91
10	97
20	102
50	109
100	114

Massimo livello del mare per assegnato tempo di ritorno

Per valutare il massimo innalzamento del livello statico del mare sottocosta per assegnati livelli del tempo di ritorno, informazione richiesta per l'esecuzione delle verifiche idrauliche, occorre aggiungere ai contributi derivanti dai fenomeni di marea quelli apportati dal sopraelevamento del livello marino sottocosta dovuto al moto ondoso (wave setup), dagli eventuali effetti del vento (storm surge), dalla subsidenza e dall'eustatismo.

L'analisi è complicata in primo luogo dal fatto che il trend della subsidenza e quello dell'eustatismo risultano difficilmente prevedibili quando si faccia riferimento al lungo periodo, come è richiesto dalle valutazioni inerenti al rischio idraulico che si riferiscono a tempi di ritorno dell'ordine dei cento anni. Per la subsidenza, infatti, oltre a quella naturale, stimabile con una discreta approssimazione, si aggiunge quella di origine antropica, che negli ultimi decenni è risultata di gran lunga preponderante e che sul lungo periodo è di valutazione assai incerta in quanto influenzata dalle future politiche di gestione del territorio, oggi difficilmente prevedibili. Per l'eustatismo vale un discorso analogo, in quanto, anche se vero che esso produce effetti oggi di scarsa importanza, non è facilmente definibile il suo apporto nel lungo periodo, visti gli scenari di cambiamento climatico forniti dai modelli matematici di circolazione generale dell'atmosfera.

Infine, la valutazione dell'innalzamento del livello marino sottocosta è alquanto difficoltosa, in quanto, a causa della significativa correlazione esistente tra moto ondoso e marea, risulta difficoltoso valutare l'effetto congiunto dei due fenomeni, non potendosi disporre di lunghe serie storiche, che invece sarebbero necessarie per una valutazione corretta.

In tali condizioni si è ritenuto opportuno fare riferimento alle stime del massimo innalzamento statico ricavate nell'ambito del Piano Coste della Regione Emilia-Romagna. Queste si basano su una complessa analisi delle osservazioni contemporanee di marea nei mareografi di Ravenna Porto Corsini e Rimini, relative al periodo 1970-1979, e delle registrazioni di moto ondoso effettuate nello stesso periodo sulla piattaforma PCB.

Detta piattaforma si trova a circa 20 km al largo di Ravenna, su un fondale di circa 25 metri e, per una serie di motivi, è tradizionalmente ritenuta la fonte più attendibile per la ricostruzione delle caratteristiche del moto ondoso al largo lungo la costa romagnola. Nella Figura 44 è fornita una rappresentazione del clima ondoso caratteristico della piattaforma PCB, desunto elaborando le registrazioni del moto ondoso del periodo 1/1/1971-31/12/1980 rilevate alla piattaforma stessa. La figura rappresenta l'altezza d'onda significativa, opportunamente divisa in classi, al variare della direzione di provenienza.

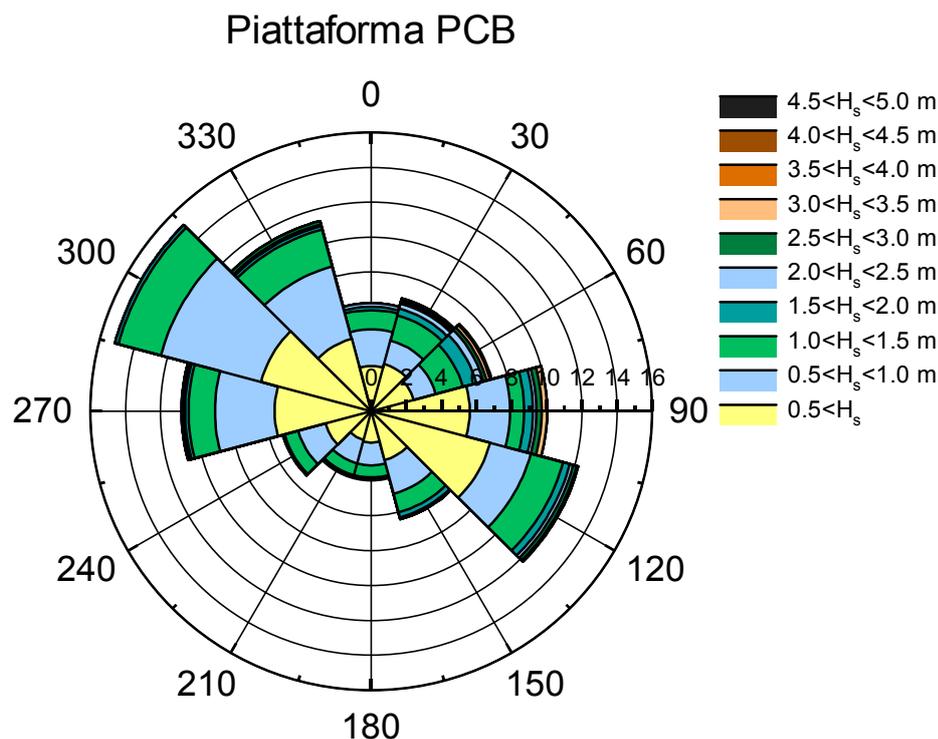


Figura 44 – Piattaforma PCB. Altezza d’onda significativa al variare della direzione di provenienza (periodo di osservazione: dall’1/1/1971 al 31/12/1980).

Si riconosce un clima medio del periodo con predominanza delle direzioni ONO e ESE. I valori massimi dell’altezza d’onda sono però ristretti ai settori ENE, dovuti ai fenomeni di bora, e al settore E, dovuti alle perturbazioni di levante.

Ritornando agli studi svolti nell’ambito del Piano Coste, è stata innanzitutto effettuata tramite tecniche di filtraggio un’analisi delle registrazioni di marea disponibili. Per quanto riguarda invece le osservazioni del moto ondoso al largo, esse sono state opportunamente trasferite sottocosta, in modo da calcolare la soprelevazione del livello del mare in prossimità della battigia dovuta alla conversione dell’energia cinetica del moto ondoso in energia potenziale nella zona di frangimento. Infine, considerando le registrazioni contemporanee di marea e di moto ondoso sottocosta, è stata studiata la probabilità congiunta di altezze di marea e di moto ondoso; aggiungendo infine i contributi stimati derivanti dalla subsidenza e dall’eustatismo si sono ottenuti, per la zona di Cesenatico, i valori del massimo innalzamento del livello statico del mare per vari tempi di ritorno riportati in Tabella 6.

Tabella 6 – Massimo innalzamento del livello del mare per assegnato tempo di ritorno T in località Cesenatico

T (anni)	$h(T)$ (cm)
1	135
10	180
100	220

Questi valori sono stati presi a base dei calcoli idraulici svolti nel presente studio, per definire la condizione al contorno di valle da imporre nelle simulazioni.

III documento

*I paragrafi seguenti sono tratti dalle relazioni costituenti l'Allegato 3 della Relazione conclusiva del "Nucleo tecnico per l'orientamento e la verifica degli approfondimenti del quadro progettuale per la messa in sicurezza del territorio costiero fra Savio e Pisciatello", a cura dell'Autorità di bacino e datata gennaio 2003. Le relazioni sono state redatte da **MED Ingegneria srl** che ha svolto in due fasi gli studi relativi all'erosione costiera nel tratto compreso fra i porti-canale di Cesenatico e di Cervia.*

Ondametria

I dati di moto ondoso impiegati per lo studio sono quelli registrati presso la piattaforma PCB, posta 20 km al largo di Ravenna nel punto di coordinate 44°23'16.9"N e 12°34'29.2"E, e situata su un fondale di 25m.

I dati meteomarini rilevati presso la piattaforma PCB comprendono:

- nel periodo 1971-1992:
 - misure di intensità e direzione del vento, distribuite in maniera abbastanza uniforme nel periodo in esame;
 - osservazioni di altezza d'onda effettuate 2-3 volte al giorno: viene osservata l'altezza d'onda con risoluzione 1 piede e la direzione con risoluzione 1 quarta (22.5°). Le osservazioni sono completamente assenti per gli anni 1974-1975 e 1980, molto saltuarie nel periodo 1983-1992, mentre gli altri anni sono coperti in maniera sufficientemente completa, costituendo un campione di circa 6000 dati utili. Sporadicamente i dati di altezza d'onda sono integrati da osservazioni sullo stato del mare;
 - misure di altezza e periodo delle onde, ricavate durante una campagna di misure di circa 1 anno condotta tra il giugno 1971 ed il maggio 1972.
- Nel periodo 1992-1996 le misurazioni usufruiscono degli strumenti che dal 1992 sono installati presso la piattaforma e che acquisiscono dati di:
 - Livello del mare,
 - Onde (HS, TS),
 - Vento (velocità e direzione),
 - Correnti (componenti nelle direzioni E-W, S-N),
 - Temperatura e umidità dell'aria,
 - Irraggiamento solare.

I dati sono stati acquisiti durante il primo anno ogni 10' ed in seguito ogni 30'.

L'analisi dei dati ondametrici non fornisce al momento indicazioni riguardo la direzione delle onde.

L'efficienza delle misure è stata piuttosto alta dal 1993.

In definitiva le osservazioni effettuate presso la piattaforma PCB coprono in maniera sufficientemente regolare un periodo di circa 13 anni (1971-1983) e le misure un periodo di circa 5 anni (1992-1996).

Per la sua posizione la piattaforma risulta rappresentativa del moto ondoso della costa romagnola ed in particolare dell'area al largo del sito in esame, non essendo le misurazioni condizionate da effetti dovuti a rifrazione e shoaling per la ubicazione della piattaforma su fondale profondo.

Il settore di traversia individuato per il litorale di studio è compreso fra i 90°N ed i 120°N. In Tabella 1 sono riportate le registrazioni di moto ondoso al largo relative a tale punto, per il settore di traversia considerato, ordinate per direzione di provenienza ed altezza significativa.

Dir (°N)		-15 ÷ 15	15 ÷ 45	45 ÷ 75	75 ÷ 105	105 ÷ 135
Hs(m)						
0.0	0.5	225	245	220	493	614
0.5	1.0	181	127	118	200	209
1.0	1.5	98	135	138	146	163
1.5	2.0	14	34	70	48	39
2.0	2.5	14	22	37	22	17
2.5	3.0	0	11	19	28	14
3.0	3.5	3	11	17	19	9
3.5	4.0	0	5	3	3	0
4.0	4.5	0	26	3	3	0
4.5	5.0	0	0	5	0	0
5.0	5.5	0	0	0	3	0

Tabella 1 - Registrazioni di moto ondoso per il settore di traversia

[...]

Di seguito viene riportata la tabella con le condizioni di moto ondoso al largo e con le condizioni di moto ondoso alla batimetrica di riferimento, da dove si evince quale sia la tendenza di propagazione del moto ondoso: l'asse di propagazione del moto ondoso tende a girare e disporsi perpendicolarmente alla linea di costa in maniera tanto più sensibile quanto maggiore è l'altezza d'onda.

Trasferimento onde sottocosta con NSW					
Onde al largo			Onde sottocosta z=-10 m		
Hs (m)	T (s)	MWD (°N)	Hs (m)	T (s)	MWD (°N)
0.5	2.3	0	0.47	2.30	0.2
1	3.3	0	0.96	3.30	0.7
1.5	4.0	0	1.30	4.00	3.7
2	4.7	0	1.52	4.70	8.7
2.5	5.2	0	1.72	5.20	12.5
3	5.7	0	1.93	5.70	16.2
3.5	6.2	0	2.16	6.20	19.4
0.5	2.3	30	0.48	2.30	30.1
1	3.3	30	0.97	3.30	30.2
1.5	4.0	30	1.39	4.00	31.2
2	4.7	30	1.76	4.70	33.3
2.5	5.2	30	2.09	5.20	35.1
3	5.7	30	2.40	5.70	36.8
3.5	6.2	30	2.69	6.20	38.4
4	6.6	30	2.91	6.60	39.7
4.5	7.0	30	3.09	7.00	40.8
0.5	2.3	60	0.47	2.30	59.8
1	3.3	60	0.97	3.30	60.0
1.5	4.0	60	1.40	4.00	60.0
2	4.7	60	1.79	4.70	60.2
2.5	5.2	60	2.14	5.20	60.2
3	5.7	60	2.46	5.70	60.3
3.5	6.2	60	2.74	6.20	60.3

Trasferimento onde sottocosta con NSW					
Onde al largo			Onde sottocosta $z=-10$ m		
Hs (m)	T (s)	MWD (°N)	Hs (m)	T (s)	MWD (°N)
4	6.6	60	2.96	6.60	60.4
4.5	7.0	60	3.13	7.00	60.5
5	7.4	60	3.26	7.40	60.6
0.5	2.3	60	0.47	2.30	60.3
1	3.3	60	0.97	3.30	60.1
1.5	4.0	60	1.40	4.00	60.2
2	4.7	60	1.81	4.70	60.1
2.5	5.2	60	2.16	5.20	60.2
3	5.7	60	2.49	5.70	60.3
3.5	6.2	60	2.79	6.20	60.4
4	6.6	60	3.02	6.60	60.6
4.5	7.0	60	3.20	7.00	60.8
5	7.4	60	3.34	7.40	61.0
0.5	2.3	90	0.48	2.30	90.0
1	3.3	90	0.97	3.30	89.9
1.5	4.0	90	1.39	4.00	89.1
2	4.7	90	1.75	4.70	87.1
2.5	5.2	90	2.07	5.20	85.3
3	5.7	90	2.37	5.70	83.6
3.5	6.2	90	2.64	6.20	82.0
4	6.6	90	2.89	6.60	80.9
4.5	7.0	90	3.09	7.00	79.9
5	7.4	90	3.26	7.40	79.0
5.5	7.7	90	3.36	7.70	78.3
0.5	2.3	120	0.47	2.30	119.8
1	3.3	120	0.96	3.30	119.5
1.5	4.0	120	1.32	4.00	116.9
2	4.7	120	1.55	4.70	112.2
2.5	5.2	120	1.76	5.20	108.4
3	5.7	120	1.96	5.70	104.8
3.5	6.2	120	2.18	6.20	101.5

Tabella 2 – Altezza d’onda significativa, periodo significativo e direzione media di propagazione delle onde al largo e trasferite sottocosta alla batimetrica –10 m

[...]

Risultati dell’applicazione del modulo nsw al tratto costiero corrispondente alla foce del canale tagliata a cesenatico

L’applicazione [di un] modello di trasferimento del moto ondoso da largo verso riva ha permesso di determinare in ogni punto del dominio di calcolo il valore delle caratteristiche del moto ondoso come l’altezza significativa, il periodo e la direzione media di propagazione. Per ricostruire il clima ondoso sottocosta è stato necessario estrarre tali valori nei punti della fascia litorale. Tuttavia essendo in presenza di una batimetria molto regolare (paragonabile ad un piano inclinato), e dopo l’analisi dei risultati, è stato scelto di caratterizzare il clima in un unico punto preso in corrispondenza dell’area di interesse alla profondità –7 m. In particolare le onde trasferite sono state estratte nell’intorno del punto di coordinate UTM fuso 33: e=292650, n=4901400.

In tal modo è stato possibile applicare al modello di propagazione locale del moto ondoso e al modello di circolazione idraulica le onde così trasformate. Per quanto riguarda l’analisi dei dati ondometrici al largo e l’applicazione del modulo NSW si rimanda allo studio di evoluzione della linea di costa.

Nella Tabella 3 sono riportati i risultati del modello di trasformazione delle onde, in Figura 1 è rappresentata la rosa del moto ondoso sottocosta, mentre nella Tabella 4 sono restituite le percentuali di apparizione delle altezze d'onda significativa dedotte dall'applicazione del modulo NSW.

Trasferimento onde sottocosta con NSW					
<i>Onde al largo</i>			<i>Onde sottocosta z=-7 m</i>		
Hs (m)	Ts (s)	MWD (°N)	Hs (m)	Ts (s)	MWD (°N)
0.50	2.83	0.00	0.45	2.83	2.21
1.00	4.00	0.00	0.81	4.00	5.40
<i>1.50</i>	<i>4.90</i>	<i>0.00</i>	<i>1.10</i>	<i>4.90</i>	<i>10.91</i>
2.00	5.66	0.00	1.16	5.66	16.71
2.50	6.32	0.00	1.32	6.32	20.46
3.00	6.93	0.00	1.48	6.93	23.77
3.50	7.48	0.00	1.65	7.48	26.69
0.50	2.83	30.00	0.47	2.83	30.10
1.00	4.00	30.00	0.92	4.00	31.15
1.50	4.90	30.00	1.24	4.90	33.92
<i>2.00</i>	<i>5.66</i>	<i>30.00</i>	<i>1.57</i>	<i>5.66</i>	<i>37.22</i>
2.50	6.32	30.00	1.72	6.32	39.40
3.00	6.93	30.00	1.92	6.93	41.27
3.50	7.48	30.00	2.08	7.48	42.84
4.00	8.00	30.00	2.18	8.00	43.95
4.50	8.49	30.00	2.26	8.49	44.95
0.50	2.83	60.00	0.47	2.83	59.80
1.00	4.00	60.00	0.93	4.00	59.94
1.50	4.90	60.00	1.27	4.90	59.94
2.00	5.66	60.00	1.56	5.66	59.96
2.50	6.32	60.00	1.80	6.32	59.96
3.00	6.93	60.00	1.98	6.93	60.02
3.50	7.48	60.00	2.12	7.48	60.09
4.00	8.00	60.00	2.21	8.00	60.16
4.50	8.49	60.00	2.27	8.49	60.22
5.00	8.94	60.00	2.33	8.94	60.28
0.50	2.83	90.00	0.47	2.83	89.99
<i>1.00</i>	<i>4.00</i>	<i>90.00</i>	<i>0.91</i>	<i>4.00</i>	<i>89.26</i>
1.50	4.90	90.00	1.25	4.90	87.08
2.00	5.66	90.00	1.49	5.66	84.08
2.50	6.32	90.00	1.71	6.32	81.97
3.00	6.93	90.00	1.90	6.93	80.08
3.50	7.48	90.00	2.05	7.48	78.45
4.00	8.00	90.00	2.16	8.00	77.26
4.50	8.49	90.00	2.24	8.49	76.23
5.00	8.94	90.00	2.30	8.94	75.33
5.50	9.38	90.00	2.34	9.38	74.69
0.50	2.83	120.00	0.46	2.83	118.96
<i>1.00</i>	<i>4.00</i>	<i>120.00</i>	<i>0.88</i>	<i>4.00</i>	<i>116.62</i>
1.50	4.90	120.00	1.11	4.90	111.89
2.00	5.66	120.00	1.28	5.66	105.93
2.50	6.32	120.00	1.46	6.32	101.82
3.00	6.93	120.00	1.63	6.93	98.24
3.50	7.48	120.00	1.80	7.48	95.18

Tabella 3 – Altezza d’onda significativa, periodo significativo e direzione media di propagazione delle onde al largo e trasferite sottocosta alla batimetrica –7 m.

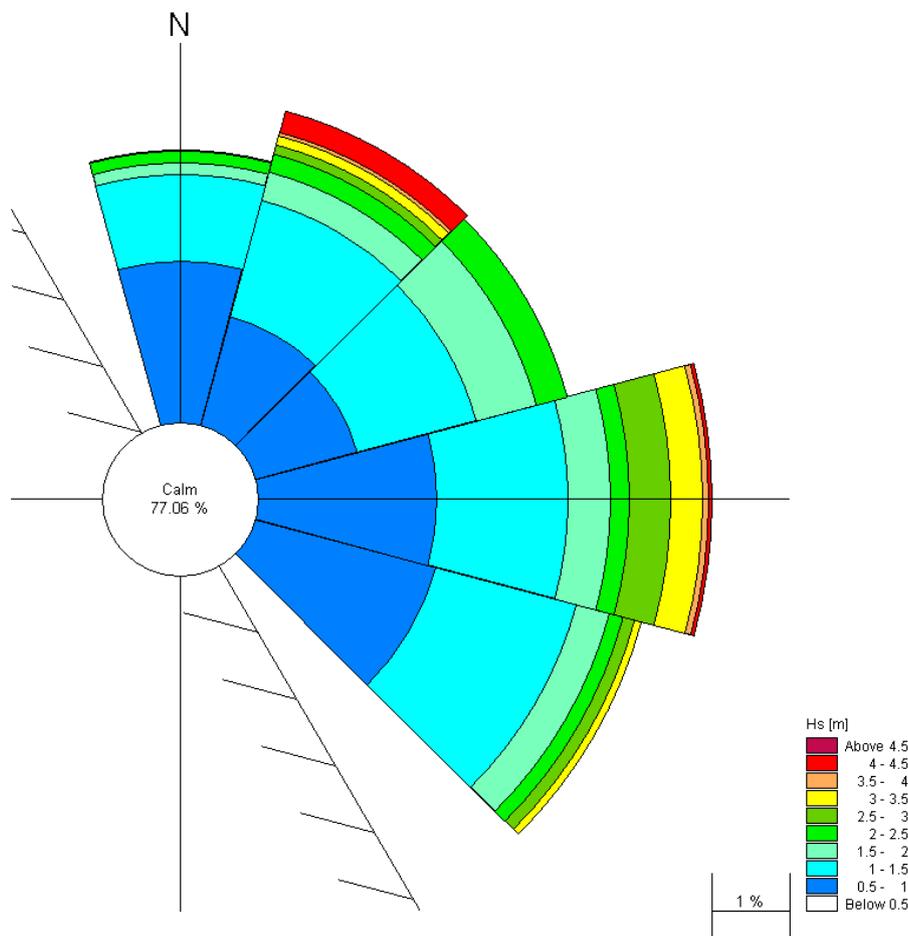


Figura 1 – Rosa del moto ondoso sottocosta interessante il sito oggetto di studio, alla batimetrica -7 m.

Distribuzione direzionale delle altezze d'onda sottocosta						
Hs (m)	Direzioni di provenienza (°N)					Totale
	-15 , 15	15 , 45	45 , 75	75 , 105	105 , 135	
< 0.5	2.57	2.79	2.51	5.62	7.00	20.49
0.5 , 1.0	2.06	1.45	1.35	2.28	2.38	9.52
1.0 , 1.5	1.12	1.54	1.57	1.67	1.86	7.76
1.5 , 2.0	0.16	0.39	0.80	0.55	0.45	2.35
2.0 , 2.5	0.16	0.25	0.42	0.25	0.19	1.27
2.5 , 3.0	0.03	0.13	0.00	0.54	0.16	0.86
3.0 , 3.5	0.00	0.13	0.00	0.41	0.10	0.64
3.5 , 4.0	0.00	0.06	0.00	0.09	0.00	0.15
4.0 , 4.5	0.00	0.30	0.00	0.06	0.00	0.36
4.5 , 5.0	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.06
> 5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	6.10	7.04	6.65	11.53	12.14	43.46

Tabella 4 – Percentuali di occorrenza delle altezze d’onda significativa interessanti il sito oggetto di studio alla batimetrica –7 m, suddivise in classi di 0.5 m per settori di direzione di 30°.

IV documento

I paragrafi seguenti sono tratti dal documento “*Analisi idrauliche relative al bacino del Candiano*” commissionato dall’Autorità di bacino e sviluppato da *ARPA dell’Emilia Romagna - Ingegneria Ambientale* con il supporto tecnico di *MED Ingegneria srl*.

Una valutazione dei massimi livelli di marea in prossimità di Porto Corsini è stata effettuata nel cosiddetto Piano Coste¹ della Regione Emilia Romagna e nel progetto CENAS².

Il piano coste considera l’effetto della marea astronomica, del vento e pressione e del wave set-up, fornendo i risultati riportati nella tabella seguente.

Tr (anni)	Livello max (m s.l.m.m.)
1	1.50
10	1.95
100	2.45

Tabella 5 Livelli estremi calcolati nel Piano Coste.

Lo studio del CENAS considera la marea astronomico e l’effetto solamente del vento, i risultati sono riportati nella tabella seguente.

Tr (anni)	Livello max (m s.l.m.m.)
1	0.85
10	1.04
100	1.28

Tabella 6 Livelli estremi calcolati nel Progetto CENAS.

Come si può rilevare dal confronto delle due tabelle la differenza è notevole e va ricercata nei diversi fenomeni considerati. Infatti l’aumento dei livelli a causa di bassa pressione, considerata nel Piano Coste, ma non nel CENAS, può essere anche superiore a 50 cm e l’aumento dovuto al wave set-up dell’ordine dei 20-30 cm.

Il livello massimo da considerare per il presente studio deve tenere conto degli effetti della pressione, ma non del wave set-up, infatti questo fenomeno è rilevabile lungo le spiagge, dove si ha il frangimento delle onde, ma è praticamente trascurabile all’imboccatura di Porto Corsini.

I livelli per i vari tempi di ritorno sono quindi stati ottenuti da quelli del Piano Coste depurati del wave set-up e regolarizzati con la legge di Gumbel. I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Tr (anni)	Livello max (m s.l.m.m.)
30	1.80
200	2.20
500	2.40

Tabella 7 Livelli utilizzati come condizioni al contorno nel modello.

¹ Regione Emilia-Romagna – Idroser (1996), Progetto di piano per la difesa dal mare e la riqualificazione ambientale del litorale della Regione Emilia-Romagna.

² CENAS (1998); Coastal evolution of the upper adriatic sea due to sea level rise and natural and anthropogenic land subsidence, Kluwer Academic.

Nella Figura 2 è riportato l'andamento dei livelli utilizzati come condizione al contorno per l'evento con tempo di ritorno 500 anni.

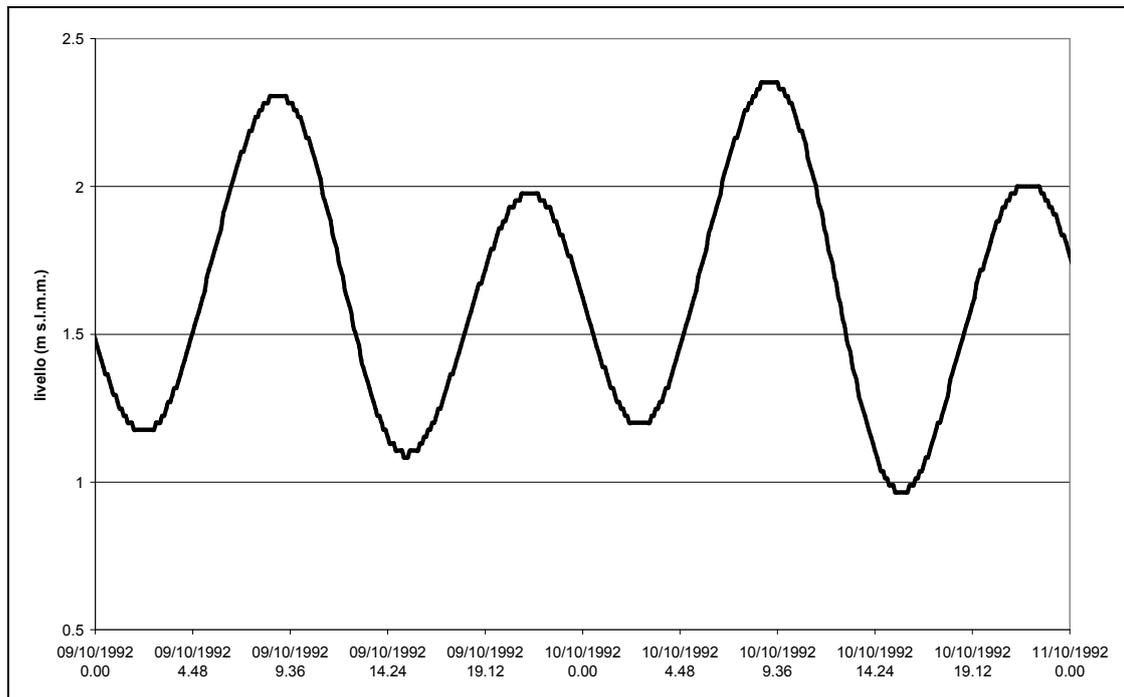


Figura 2 Marea per Tr 500 anni.

Allegato 6: tiranti idrici di riferimento per le aree di pianura sottoposte a rischio di allagamento.

I tiranti sono stati ottenuti da analisi morfologiche sul DTM di pianura desunto dalla CTR 1:5000 con gli aggiornamenti consentiti dai voli aerofotogrammetrici recenti commissionati dai Comuni di Forlì e Cesena, e sono riportati nella cartografia che costituisce allegato alla presente direttiva. Il criterio con il quale sono stati assegnati i tiranti idrici di riferimento è il seguente:

- ~~— se l'area ricade all'interno del buffer nel quale ci si aspetta un significativo effetto dinamico da collasso arginale: il tirante idrico è considerato automaticamente maggiore di 1,5 m~~
- se l'area non ricade all'interno del buffer nel quale ci si aspetta un significativo effetto dinamico da collasso arginale: il tirante idrico è pari al massimo fra 0,5 m e la profondità della depressione su cui si può verificare un accumulo e ristagno idrico; La profondità della depressione è valutata sulla base del modello digitale del terreno di pianura. **Ad eccezione del territorio ricadente a monte della via Emilia, ove si adottano criteri convenzionali.**

Sul sito http://www.regione.emilia-romagna.it/baciniromagnoli/diret_idra.htm web dell'Autorità di Bacino è disponibile la seguente cartografia in formato grid:

- modello digitale del terreno di pianura (dempianura.asc)
- direzioni di deflusso (flowdir_pian.asc)
- profondità delle depressioni (depressioni.asc).

Si tratta di files di tipo ascii-grid esportati da Arc View Spatial Analyst. L'header del file contiene le seguenti informazioni:

ncols numero di colonne della grid
nrows numero di righe della grid
xllcorner coordinata X (easting) del pixel più a sud-ovest
yllcorner coordinata Y (northing) del pixel più a sud-ovest
cellsize dimensione del pixel
NODATA_value -9999 valore convenzionale del pixel cui non si associa alcun attributo (pixel "vuoto").