



ELYMO S.r.l.

Via Durini, 9, 20122 Milano - Tel. +39.02.50043159

COMMITTENTE



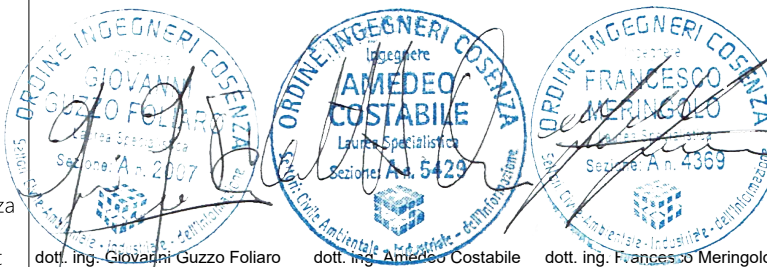
NEWDEVELOPMENTS

PROGETTAZIONE



Piazza Europa, 14 - 87100 Cosenza
Tel. +39.0984.35246
PEC: newdevelopmentssrl@pec.it

progettisti:



gruppo di lavoro:

Prof. Geol. Rocco Dominici
dott. Geol. Giuseppe Cianflone
dott. ing. Giuseppe Maradei
dott.ssa Jasmine De Marco
dott. ing. Raffaele Ciotola
dott.ssa ing. Valentina Bonifati
dott.ssa Arch.ga Ghiselda Pennisi
dott.ssa Arch.la Teresa Saitta
dott.ssa ing. Denise Di Cianni
dott.ssa Geol Martina Petracca



PROGETTO

PROGETTO PRELIMINARE PER LA REALIZZAZIONE E L'ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO OFFSHORE FLOTTANTE DENOMINATO "ELYMO" UBICATO NELLO STRETTO DI SICILIA

ELABORATO

Titolo:

STUDIO PRELIMINARE IDROLOGICO, IDRAULICO, OCEANOGRAFICO E DEL MOTO ONDOSI

Tav: / Doc:

R_0007

Scala / Formato:

-/ A4

Codice elaborato: PP_R_0007-Relazione_preliminare_idrologica_idraulica.pdf

00	05/2022	prima emissione	ND	ND	GRV
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 1 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

INDICE

1	Premesse	2
2	Inquadramento normativo	2
2.1	Quadro normativo statale di riferimento	3
2.1.1	La legge quadro sulla difesa del suolo	3
2.1.2	Decreto legge n. 180/1998	3
2.1.3	L'atto di indirizzo e coordinamento	3
2.1.4	Decreto legge n. 132/1999	4
2.1.5	Decreto legge n. 279/2000	4
2.1.6	Piano di gestione rischio alluvioni PRGA	5
2.1.6.1	Iter approvativo e stato di attuazione del p.g.r.a. in Sicilia	6
2.2	Quadro normativo regionale di riferimento	7
2.2.1	Piano straordinario per l'assetto idrogeologico	7
2.2.2	Piano gestione rischio alluvioni adottato e quadro conoscitivo delle criticità idrauliche	7
2.2.2.1	Mappe della pericolosità e del rischio di alluvione	7
2.2.2.2	Le mappe del rischio	8
2.2.2.3	Le aree critiche	9
2.2.2.4	I siti d'attenzione	10
2.2.2.5	I nodi idraulici critici per l'attività di protezione civile	10
2.2.2.6	Mappe delle aree allagabili a seguito di onde anomale	11
2.2.3	Aree PGRA	12
2.3	Autorità di Bacino - Distretto Idrografico della Sicilia	12
3	Le interferenze del tracciato con il reticolo idrografico	13
4	Le analisi pluviometriche dell'area d'interesse	13
4.1	Analisi pluviometrica condotta con il metodo VAPI	14
5	La trasformazione Afflussi-Deflussi	15
5.1	La descrizione del modello SCS-CN	17
6	La modellazione idraulica	18
6.1	La descrizione del modello monodimensionale	19
6.2	Modellazione matematica dei corsi d'acqua	20
7	Descrizione della realizzazione e delle diverse tipologie di posa	20
7.1	Posa classica mediante trincea	21
8	Descrizione delle diverse tipologie di attraversamento di corsi d'acqua	22
8.1	La tecnica T.O.C. – trivellazione orizzontale controllata	23

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 2 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

8.2 Analisi e risoluzioni delle problematiche _____ 25

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Corsi d'acqua che intersecano il tracciato del cavidotto.....	13
Figura 2: VAPI Sicilia - Suddivisione in aree omogenee	14
Figura 3: Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS	18
Figura 4: Macchina operatrice per esecuzione TOC	24
Figura 5: Foro pilota	24
Figura 6: Alesatura.....	25
Figura 7: Tiro e posa della tubazione.....	25

1 Premesse

Nel progetto di costruzione del parco eolico nel Canale di Sicilia, una delle criticità è rappresentata dal passaggio a terra dei cavi, dal punto di sbarco al punto di consegna della corrente elettrica.

In questa fase di progettazione preliminare saranno individuati i punti di intersezione fra i cavidotti e il reticolo idrografico, verificando anche i vincoli imposti dal PAI e dal PGRA editi dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, saranno individuate le modalità di verifica degli attraversamenti e la tipologia di opere atte a limitare le problematiche di interferenza con le piene.

2 Inquadramento normativo

L'analisi condotta nel presente studio ha preso in considerazione gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore. Proprio all'interno degli strumenti legislativi di recente emanazione (dicembre 2004 e successivi aggiornamenti), si è adottato il P.A.I., Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana che individua le aree a rischio idraulico ed idrogeologico. Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano. Obiettivo principale del P.A.I. è infatti il perseguimento di un assetto territoriale che, in parallelo con le aspettative di sviluppo economico, minimizzi i possibili danni connessi al rischio idrogeologico. La definizione di norme d'uso e di salvaguardia è finalizzata alla difesa idrogeologica, al miglioramento delle condizioni di stabilità del suolo, al recupero di situazioni di degrado e di dissesto, al ripristino e/o alla conservazione della naturalità dei luoghi, alla regolamentazione del territorio interessato

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 3 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

dalle piene. Il P.A.I. della Sicilia, quindi, tende ad ottimizzare la compatibilità tra la domanda di uso del suolo per uno sviluppo sostenibile del territorio e la naturale evoluzione geomorfologica dei bacini, nel quadro di una politica di governo del territorio rispettosa delle condizioni ambientali.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

1. La funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
2. La funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
3. La funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

2.1 Quadro normativo statale di riferimento

2.1.1 La legge quadro sulla difesa del suolo

Con il Piano per l'Assetto Idrogeologico viene avviata, nella Regione Siciliana, la pianificazione di bacino, intesa come lo strumento fondamentale della politica di assetto territoriale delineata dalla legge 183/89, della quale ne costituisce il primo stralcio tematico e funzionale. Gli obiettivi principali della legge quadro convergeranno nella redazione dal piano di bacino idrografico. Le finalità e i contenuti del Piano di Bacino sono illustrati nell'art. 17 della Legge 183: "esso ha valore di piano territoriale di settore ed è uno strumento mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo".

2.1.2 Decreto legge n. 180/1998

Il Decreto Legge n. 180/98, noto con il nome di "provvedimento Sarno", viene emanato l'11 giugno 1998. Il Decreto dispone che, entro il 30 giugno 1999, le Autorità di bacino di rilievo nazionale e interregionale e le Regioni, ove le prime non siano presenti, adottino, qualora ciò non fosse già avvenuto in applicazione alla L. 183/89, Piani Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico. L'innovazione rispetto alla legislazione precedente sta nel carattere di emergenza e di immediatezza, sia nell'acquisizione delle conoscenze che nella programmazione degli interventi e nell'emanazione delle norme di salvaguardia. A seguito di alcune modifiche il D.L. 180/98 viene convertito con la L. 267/98, ove fra gli Enti onerati di fornire indicazioni sullo stato di dissesto del territorio, vengono coinvolti anche gli Enti di gestione degli acquedotti.

2.1.3 L'atto di indirizzo e coordinamento

L'Atto di Indirizzo e Coordinamento, previsto dal comma 2 dell'art. 1 del D.L. 180/98 ed adottato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri il 29/9/98, viene redatto per consentire alle Autorità di bacino ed alle Regioni di realizzare attività di pianificazione omogenee e confrontabili a scala nazionale. Fornisce,

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 4 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

dunque, attenendosi al carattere emergenziale del D.L. 180/98, i criteri generali per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio che tengano conto "quale elemento essenziale per l'individuazione del livello di pericolosità, la localizzazione e la caratterizzazione di eventi avvenuti nel passato riconoscibili o dei quali si ha, al momento presente, cognizione".

L'Atto di indirizzo e coordinamento, distingue la metodologia di indagine a seconda del tipo di dissesto presente, idraulico e/o di frana, individuando per ciascuno di essi le tre fasi operative di lavoro e definendo quattro classi di rischio a gravosità crescente da moderato a medio, elevato e molto elevato. Il rischio deve considerarsi come il prodotto di tre fattori fondamentali:

$$R = H * E * V$$

- La pericolosità o probabilità che l'evento calamitoso accada;
- Il valore degli elementi a rischio (intesi come persone, cose, patrimonio ambientale);
- La vulnerabilità degli elementi a rischio (intesa come capacità di sopportare le sollecitazioni e l'intensità dell'evento).

Nell'Atto di indirizzo e coordinamento viene fornito un carattere generale di priorità degli elementi considerati a rischio, considerando innanzitutto l'incolumità delle persone come elemento prioritario. L'Atto di indirizzo e coordinamento dispone, inoltre, che le attività di redazione dei Piani vengano articolate in tre fasi, corrispondenti a diversi livelli di approfondimento:

1. Individuazione delle aree soggette a rischio idrogeologico, attraverso l'acquisizione delle informazioni disponibili sullo stato del dissesto;
2. Perimetrazione, valutazione dei livelli di rischio e definizione delle conseguenti misure di salvaguardia;
3. Programmazione della mitigazione del rischio e previsione di spesa.

2.1.4 Decreto legge n. 132/1999

Il D.L. 132/99, modifica, in alcune parti, la Legge n. 267/98, stabilendo come termine ultimo per l'adozione dei Piani stralcio di bacino il 30 giugno 2001, mentre entro il 31 ottobre 1999 dovevano essere individuate e perimetrate le situazioni a rischio più elevato (Piani Straordinari). Il D.L. 132/99 stabilisce, inoltre, che i piani straordinari devono ricomprendere prioritariamente le aree a rischio idrogeologico per le quali era stato dichiarato lo stato di emergenza, ai sensi dell'art. 5 della Legge 24 febbraio 1992, n. 225.

2.1.5 Decreto legge n. 279/2000

L'11 Dicembre 2000 il D.L. n. 279, viene convertito nella legge. 365/00 che anticipa in maniera perentoria la data di adozione dei Piani Stralcio al 30 aprile 2001, fornendo nuove procedure per l'adozione dei piani. La nuova legge estende la validità delle norme imposte dai Piani Straordinari fino all'approvazione dei Piani per l'Assetto Idrogeologico.

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 5 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

2.1.6 Piano di gestione rischio alluvioni PRGA

La Direttiva comunitaria 2007/60/CE del 23 ottobre 2007 “relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni” istituisce un quadro di riferimento per la gestione dei fenomeni alluvionali e persegue 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 prevede a tal fine l’individuazione delle misure idonee sulla base di un’attività di pianificazione suddivisa in tre fasi successive e tra loro concatenate, così articolate:

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

La normativa altresì prevede che gli elementi di cui al piano di gestione del rischio di alluvioni (fase 1, 2 e 3) siano soggetti ad un riesame periodico e, se del caso, aggiornati, anche tenendo conto degli effetti dei cambiamenti climatici sul verificarsi delle alluvioni.

Alla scadenza del 2018 è previsto un primo riesame della valutazione preliminare del rischio cui farà seguito la revisione delle mappe di pericolosità e rischio nel 2019 e del piano di gestione del rischio nel 2021. Successivamente i riesami da effettuarsi ogni 6 anni terranno conto degli effetti dei cambiamenti climatici sul verificarsi delle alluvioni.

Con l’emanazione del D.Lgs. 23 febbraio 2010 n. 49 lo Stato Italiano ha avviato il percorso per l’“Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi di alluvioni”. Vengono innanzitutto stabilite le fasi per pervenire alla definizione del piano di gestione secondo quanto stabilito dalla direttiva e in particolare:

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

I Piani di gestione devono contenere misure per la gestione del rischio di alluvioni nelle zone ove, in base alle analisi svolte nella fasi precedenti, possa sussistere un rischio potenziale ritenuto significativo evidenziando, in particolare, la riduzione delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l’ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali, attraverso l’attuazione prioritaria di interventi non strutturali e di azioni per la riduzione della pericolosità.

Gli adempimenti previsti sopra elencati sono attribuiti dallo stesso decreto legislativo 49/2010 alle Autorità di Bacino Distrettuali, ma, dal momento che queste non sono ancora state istituite, il Governo italiano, con il Decreto legislativo 219 del 10 dicembre 2010, ha stabilito che agli adempimenti connessi all’attuazione della

Progetto	Preliminare	Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 6 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

direttiva alluvioni, nel caso di distretti nei quali non è presente alcuna autorità di bacino di rilievo nazionale, provvedono le regioni. La Regione Siciliana ha pertanto avviato il processo attuativo delle fasi stabilite dalla direttiva e in particolare della redazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni.

2.1.6.1 Iter approvativo e stato di attuazione del p.g.r.a. in Sicilia

L'art.7 del D.L.gs. 23 febbraio 2010 n. 49 stabilisce quali debbano essere le principali finalità e i contenuti essenziali del PGRA, fissando la data per ultimare e pubblicare i piani di gestione del rischio di alluvioni al 22 dicembre 2015. Inoltre, in base alle modifiche apportate all'art. 9 del D.Lgs. 49/2010 dalla Legge 97/2013, è stata inserita nel decreto la verifica di assoggettabilità del PGRA alla VAS, per garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente e contribuire all'integrazione di considerazioni ambientali nelle varie fasi di elaborazione, adozione e approvazione del piano stesso. Il ruolo di autorità proponente è svolto dall'Autorità di Bacino Nazionale a cui è attribuito il ruolo di coordinamento a livello di Distretto Idrografico in virtù dell'art. 4 del D.lgs. 219/2010. Il 3 marzo 2016 sono stati approvati in sede di Comitato Istituzionale Integrato, ai sensi dell'art. 4 comma 3 del D.lgs. 219/2010, i PGRA adottati il 17 dicembre 2015 ai sensi dell'art. 66 del D.Lgs. 152/2006, e per i quali si è conclusa la procedura di VAS con giudizio positivo di compatibilità ambientale espresso dal MATTM, quale Autorità Competente, di concerto con il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (già MiBACT oggi MiC). Nel frattempo, come previsto dall'art. 13.4 del D.lgs. 49/2010, le Autorità Competenti hanno provveduto a trasmettere le informazioni pertinenti il reporting del PGRA a ISPRA, tenendo conto della compatibilità con i sistemi di gestione dell'informazione adottati a livello comunitario. Nello stesso mese di marzo, successivamente alla verifica delle informazioni ricevute, ISPRA ha provveduto a inviare alla Commissione Europea i dati richiesti per il reporting, completando così le attività previste per il primo ciclo di gestione.

Il 27 ottobre 2016, su proposta del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, a conclusione delle procedure di VAS e acquisito il parere favorevole della Conferenza Stato-Regioni, il Consiglio dei Ministri ha approvato il PGRA di tutti i distretti idrografici a eccezione di quello della Sicilia. Il PGRA della regione Sicilia, con relativo Rapporto Ambientale, adottato con Decreto Presidenziale n° 47 del 18/02/2016 ha acquisito giudizio positivo di compatibilità ambientale, con condizioni raccomandazioni e osservazioni, con decreto n° 58 del 14/03/2017 dal Ministero dell'Ambiente di concerto con il ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo. Ad oggi è in corso, da parte della Regione Sicilia, l'adeguamento e assoggettamento degli elaborati del PGRA, alle condizioni, osservazioni e raccomandazioni espresse nel parere della Valutazione Ambientale Strategica approvata.

Progetto	Preliminare	Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 7 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

2.2 Quadro normativo regionale di riferimento

2.2.1 Piano straordinario per l'assetto idrogeologico

Come già accennato il Decreto legge n. 132/99 dispone che entro il 31 ottobre 1999, le autorità di bacino e le regioni approvino, in deroga alle procedure della legge 183/89, i piani straordinari diretti a rimuovere le situazioni a più alto rischio. Il Piano straordinario deve contenere l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico "molto elevato" per garantire l'incolumità delle persone e la sicurezza delle infrastrutture e del patrimonio ambientale e culturale. Per dette aree devono essere adottate le misure di salvaguardia che, in assenza di piani stralcio, rimangono in vigore sino all'approvazione di detti piani. Con Decreto 4 luglio 2000, n.298, l'Assessore Regionale del Territorio e Ambiente ha adottato il Piano Straordinario di bacino per l'assetto idrogeologico, ai sensi del comma 1 bis del Decreto Legge n.180/98. Nel Piano sono stati individuati 57 bacini idrografici principali e all'interno di questi individuate le aree a rischio "elevato" o "molto elevato" per frana e per inondazione su cartografia in scala 1:50.000. In tali aree sono state adottate le misure di salvaguardia transitorie comportanti limitazioni d'uso al fine di mitigare le condizioni di rischio. Nell'Aggiornamento del Piano Straordinario, approvato con D.A. n. 543 del 22/7/02, erano state individuate le aree territoriali intermedie ai sopraelencati bacini idrografici principali. Nel P.A.I. vengono elencati i bacini idrografici di tutti i corsi d'acqua aventi sbocco a mare e le aree comprese tra una foce e l'altra, raggruppandoli, dal punto di vista geografico, nei tre versanti siciliani: settentrionale, meridionale ed orientale.

2.2.2 Piano gestione rischio alluvioni adottato e quadro conoscitivo delle criticità idrauliche

La regione Sicilia con Decreto Presidenziale n° 47 del 18/02/2016 ha adottato il progetto di Piano di Gestione del Rischio Alluvioni per il suo territorio, sul quale ha acquisito, con decreto n° 58 del 14/03/2017 del Ministero dell'Ambiente di concerto con il ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, giudizio positivo di compatibilità ambientale VIA -VAS, con condizioni raccomandazioni e osservazioni. Ad oggi è in corso, da parte della Regione Sicilia, l'adeguamento e l'assoggettamento degli elaborati del PGRA, alle condizioni, osservazioni e raccomandazioni espresse nel parere della Valutazione Ambientale Strategica approvata. A conclusione dell'iter di approvazione del PGRA per la Sicilia, necessita ancora, il parere favorevole della Conferenza Stato-Regioni e l'approvazione definitiva del Consiglio dei Ministri.

2.2.2.1 Mappe della pericolosità e del rischio di alluvione

La Direttiva 2007/60, così come recepita dal D.lgs. 49/2010, stabilisce la redazione di mappe della pericolosità da alluvione in scala preferibilmente non inferiore a 1:10.000 e, in ogni caso, non inferiore a 1:25.000. L'articolo 6 dello stesso Decreto dispone la predisposizione delle mappe di pericolosità e di rischio di alluvione che devono indicare le aree geografiche potenzialmente allagabili con riferimento a tre scenari:

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 8 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

- a) alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento (bassa probabilità);
- b) alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità);
- c) alluvioni frequenti: tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (elevata probabilità).

Nel territorio regionale, le attività finalizzate alla mappatura della pericolosità e del rischio ai sensi dell'art. 6 del D.lgs. 49/2010 sono state sviluppate con l'obiettivo di avviare il processo di elaborazione del Piano di Gestione in modo da adempiere alle prescrizioni normative comunitarie e statali, partendo dalla valorizzazione degli studi svolti nell'ambito dei Piani per l'assetto idrogeologico (PAI). Pertanto, in relazione alle risorse disponibili e alle scadenze temporali stabilite, si è proceduto prioritariamente nella valutazione e nell'omogeneizzazione dei PAI vigenti anche al fine di avviare il loro aggiornamento in relazione alle successive scadenze stabilite dal decreto legislativo 49/2010.

Per tutte le aree, individuate in fase di valutazione preliminare nei P.A.I., per le quali non sono al momento disponibili i dati richiesti dalla Direttiva (siti d'attenzione o aree a rischio), il PGRA riporta che si procederà con studi di aggiornamento e approfondimento per completare le valutazioni necessarie e/o per produrre i livelli informativi stabiliti dalla normativa.

2.2.2.2 *Le mappe del rischio*

Il Decreto Legislativo 49/2010 prevede che le mappe del rischio di alluvioni indichino le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni, nell'ambito degli scenari di pericolosità idraulica e prevedono le 4 classi di rischio di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 29 settembre 1998, (pubblicate G.U. n. 3 del 5 gennaio 1999), espresse in termini di:

- d. numero indicativo degli abitanti potenzialmente interessati;*
- e. infrastrutture e strutture strategiche (autostrade, ferrovie, ospedali, scuole, etc.);*
- f. beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse presenti nell'area potenzialmente interessata;*
- g. distribuzione e tipologia delle attività economiche insistenti sull'area potenzialmente interessata; h. impianti di cui all'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, che potrebbero provocare inquinamento accidentale in caso di alluvione e aree protette potenzialmente interessate, individuate all'allegato 9 alla parte terza del decreto legislativo n. 152 del 2006;*
- i. altre informazioni considerate utili dalle autorità di bacino distrettuali, come le aree soggette ad alluvioni con elevato volume di sedimenti.*

Per quanto riguarda quindi, l'individuazione e mappatura del rischio idraulico, la normativa indica i criteri di massima sia per la valutazione degli elementi esposti sia delle condizioni di rischio, confermando la validità delle indicazioni già fornite nel D.P.C.M. 29/09/.98 aggiungendo e/o dettagliando gli aspetti relativi al numero di abitanti potenzialmente esposti e alla presenza di impianti IPPC-AIA e di aree protette.

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 9 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

Le mappe di rischio sono il risultato del prodotto della pericolosità e del danno potenziale in corrispondenza di un determinato evento: $R = P \times E \times V = P \times Dp$

Ove:

- 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.

La Vulnerabilità assume valori compresi tra 0 (struttura non vulnerabile) e 1 (struttura molto vulnerabile) e in questa prima fase è stata assunta cautelativamente pari a 1. Per quanto riguarda il danno potenziale l'analisi è stata condotta in modo qualitativo associando le categorie di elementi esposti a condizioni omogenee di danno potenziale attribuendo peso crescente da 1 a 4. Negli elaborati cartografici in scala 1:10.000 denominati "mappa del rischio ai sensi del dell'art. 6 del D.lgs. 23/02/2010 n. 49" sono riportate le aree a rischio secondo la classificazione del DPCM 29 settembre 1998 distinte in:

- R4 (rischio molto elevato);
- R3 (rischio elevato);
- R2 (rischio medio);
- R1 (rischio moderato o nullo).

Il PGRA per ciascuna area elabora una prima valutazione economica del Danno in prospettiva di un'analisi costi benefici secondo la metodologia utilizzata al momento di tipo semplificato riportata nell'allegato "Analisi costi benefici - Valutazione economica del danno atteso e analisi economiche".

2.2.2.3 Le aree critiche

Nel corpo del PGRA, vengono individuate alcune aree critiche, e precisamente:

- i "Siti di attenzione" dei Piani per l'assetto idrogeologico (P.A.I.) di competenza dell'Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente;

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 10 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

- le aree potenzialmente a rischio individuate nei piani di protezione civile comunali e intercomunali in tema di rischio idrogeologico, meglio identificate come “Nodi idraulici classificati” e “Aree allagabili soggette ad onde anomale”.

Per queste aree la Regione Sicilia si riserva in futuro di effettuare studi e indagini necessari per la classificazione dell'effettivo livello di pericolosità e di rischio. In queste aree critiche, nelle more di classificazione del rischio, l'art.6 delle Norme di attuazione, disciplina gli interventi di edilizia e trasformazione del territorio..

2.2.2.4 I siti d'attenzione

Nell'elaborazione dei Piani per l'Assetto Idrogeologico gli studi idrologici e idraulici effettuati hanno portato all'individuazione di aree di pericolosità idraulica. Sono emerse oltre alle aree di pericolosità aree indicate come siti di attenzione. Tali aree concorrono a definire il quadro conoscitivo di base per la valutazione preliminare del rischio e vanno intese come aree su cui approfondire il livello di conoscenza delle condizioni geomorfologiche e/o idrauliche in relazione alla potenziale pericolosità. Per tali aree il PGRA prevede la successiva elaborazione di studi di aggiornamento e approfondimento per completare le valutazioni necessarie e/o per produrre i livelli informativi per la individuazione della pericolosità e rischio in conformità a quanto previsto dalla Direttiva per il successivo ciclo di pianificazione e contestualmente per aggiornare e integrare i P.A.I. vigenti relativamente ai corsi d'acqua e ambiti territoriali o nuove aree soggette a fenomeni di allagamento.

2.2.2.5 I nodi idraulici critici per l'attività di protezione civile

Il Dipartimento Regionale della Protezione Civile ha fornito un primo contributo alla redazione del Piano nella prospettiva di avviare sin d'ora alla successiva fase di valutazione preliminare effettuando un censimento finalizzato a individuare le interferenze tra reticolo idrografico e impatto antropico che può costituire fonte di criticità. Il Dipartimento ha sintetizzato i risultati in uno studio (Dipartimento Regionale della Protezione Civile Servizio Regionale Rischi Idrogeologici E Ambientali- Rapporto Preliminare Rischio Idraulico in Sicilia- versione 4- 2014), cui si rinvia per una più completa analisi. Lo studio non fa riferimento a eventi specifici, né a calcoli idrologici o idraulici o a mappe di rischio, e viene proposto come strumento di prevenzione nel quadro delle attività di protezione civile. Esso quindi è da considerarsi come il presupposto per l'implementazione delle attività di ricognizione e di presidio territoriale individuate tra le misure di piano. Lo studio, in sintesi, evidenzia la presenza di diffuse anomalie idrauliche soprattutto nell'ambito del reticolo idrografico minore e, in corrispondenza degli agglomerati urbani schematizzabili nelle due seguenti categorie:

- interferenze tra corsi d'acqua e viabilità:

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 11 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

- interferenze tra corsi d'acqua e edificato.

Tali interferenze, intese come intersezioni tra viabilità e corsi d'acqua o qualsivoglia situazione per la quale sia temibile una situazione di potenziale rischio relativa all'interferenza tra acque superficiali ed elementi antropici, assumono la definizione di "Nodi Idraulici" che, in occasione di eventi estremi di natura meteorologica, possono determinare situazioni di criticità anche gravi. In apposite mappe generali vengono riportati tutti i nodi idraulici potenzialmente critici, censiti con l'utilizzo di Google Earth Pro (con nuove immagini al 2015) e di Street View. In tale lavoro l'identificazione dei "nodi censiti" non è supportata da alcuna valutazione di rischio, anche in relazione al fatto che la classificazione del rischio dipende da condizioni al contorno, quale per esempio l'officiosità degli attraversamenti osservata al momento del sopralluogo, che possono mutare nel tempo e pure durante i fenomeni di piena. Pur tuttavia le mappe riportano tra tutti i nodi censiti i nodi non classificati e i nodi a classificazione del rischio idraulico in: Basso, Moderato, Elevato e Molto Elevato. Classificazione da intendersi come indirizzo da seguire nell'ambito del modello di intervento della pianificazione di protezione civile, tenendo ben presente che si è in presenza di contesti dinamici, cioè dipendenti da una serie di circostanze che possono cambiare nel tempo.

In sintesi, il Rapporto Preliminare sul Rischio Idraulico della Protezione Civile riporta: "Pertanto, esso, non può essere in alcun modo utilizzato per analisi o attestazioni di pericolosità o di rischio idraulico e idrogeologico ma soltanto come base di conoscenza preliminare per eventuali successivi approfondimenti finalizzati alla redazione dei Piani comunali e intercomunali di protezione civile o per altri studi di pianificazione e gestione del territorio".

2.2.2.6 Mappe delle aree allagabili a seguito di onde anomale

Il Dipartimento della Protezione Civile, nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, ha pubblicato il rapporto "Mappe allagabili a seguito di onde anomale". Estratto dal rapporto. Nel rapporto improvvisi innalzamenti del livello del mare sono stati denominati "onde anomale", intendendo con tale termine sia i fenomeni classicamente associati a eventi sismici, sia quelli che possono essere provocati, per quello che si sa, anche da frane sottomarine o da particolari condizioni atmosferiche (come, per esempio, il "marrobbio").

A fini di protezione civile, ovviamente, si tende a ragionare in termini di previsione e prevenzione; pertanto, di un fenomeno occorre riconoscere i precursori di evento e ipotizzarne i possibili effetti al suolo. Con tali presupposti, bisognerebbe possedere gli strumenti di rilevazione per identificare l'occorrenza di un evento che possa causare le "onde anomale". Al momento, si attende che la comunità scientifica, insieme al Dipartimento della Protezione Civile, diano indicazioni al riguardo; tuttavia, considerato che la conoscenza della vulnerabilità potenziale al rischio di inondazione delle aree costiere costituisce un importante

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 12 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

presupposto per avviare, da subito, le necessarie attività di prevenzione, il Dipartimento Regionale della Protezione Civile, ai sensi del Decreto Legislativo n. 112/98, ha inteso fornire un contributo affinché gli Enti Locali siano messi nella possibilità di predisporre o aggiornare le proprie pianificazioni di emergenza per questo tipo di rischio. Sono state così predisposte, per alcune aree costiere, le “Mappe delle aree allagabili a seguito di onde anomale” che, pur non tenendo conto di una serie di parametri importanti per la simulazione (run-up, energia dell’onda, presenza di ostacoli, profondità dei fondali, ecc), permettono di definire i contorni delle zone che, potenzialmente, potrebbero essere soggette all’ingressione marina causata da un generico innalzamento improvviso e repentino del livello del mare. In assenza di modelli di propagazione delle onde di marea, è stato scelto di adoperare un criterio statico (le quote sul livello del mare da 0 a 12 metri, in 4 classi) indipendentemente dalla causa scatenante. Pur nella semplificazione della metodologia, in tal modo si ha comunque la possibilità di individuare le infrastrutture che potrebbero essere coinvolte e di avviare una pianificazione di emergenza calibrata per il tipo di problematica in esame.

2.2.3 Aree PGRA

Il PGRA, per l’area in esame, riporta quanto previsto il sito di attenzione previsto nel PAI.

2.3 Autorità di Bacino - Distretto Idrografico della Sicilia

In data 8 maggio 2018 con Legge Regionale n° 8 “Disposizioni programmatiche e correttive per l’anno 2018. Legge di stabilità regionale”, in forza dell’art. 3 è stata istituita “l’Autorità di bacino del distretto idrografico della Sicilia” che all’articolo 12, istituisce le Autorità di bacino per i bacini idrografici di rilievo nazionale e successivamente ai sensi dell’art. 63 decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e successive modifiche ed integrazioni è finalmente istituita, presso la Presidenza della Regione, l’Autorità di bacino del distretto idrografico della Sicilia. Con DPRS n° 627 del 29/11/2018 “Costituzione del Comitato Tecnico Scientifico dell’Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia [Dipartimento dell’acqua e dei rifiuti]” è stato costituito un “Comitato tecnico-scientifico” per fornire all’Autorità di Bacino consulenza sulle tematiche tecniche. Con Decreto del Segretario Generale (Regione Siciliana) n°55 del 7/08/2019 “Atto di indirizzo finalizzato all’emissione dell’Autorizzazione Idraulica Unica” è stata istituita e disciplinata l’Autorizzazione Idraulica Unica tendente ad assicurare, sul territorio siciliano, tempestività e celerità d’azione amministrativa, raccogliendo in un unico documento tutti i procedimenti tecnici ed amministrativi inerenti il demanio idrico fluviale.

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 13 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

3 Le interferenze del tracciato con il reticolo idrografico

Il tracciato del cavidotto che, dal punto di sbarco, conduce al punto di consegna, incontra lungo il percorso due corsi d'acqua (Figura 1) la cui intersezione deve essere accuratamente valutata, al fine di rendere il passaggio sicuro, sia per l'integrità del cavidotto che per non incrementare il rischio alluvionale.



Figura 1: Corsi d'acqua che intersecano il tracciato del cavidotto

I corsi d'acqua, il fosso Muretta e il fiume Modione o Selino, sono l'uno l'affluente dell'altro e nessuno dei due è soggetto a vincolo da parte dell'Autorità di Bacino.

4 Le analisi pluviometriche dell'area d'interesse

Le indagini pluviometriche dell'area saranno condotte con l'applicazione congiunta del modello VAPI e dell'analisi statistiche delle piogge delle vicine stazioni pluviometriche. L'implementazione del metodo VAPI è utile soprattutto quando nell'area non siano installati pluviometri che possano caratterizzare efficacemente la pluviometria per il bacino d'interesse che ha dimensioni ridotte.

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 14 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

4.1 Analisi pluviometrica condotta con il metodo VAPI

Il progetto VAPI per la stima delle portate di assegnato tempo di ritorno per qualsiasi sezione del reticolo idrografico dei corsi d'acqua della Sicilia è riportato nel Rapporto Regionale Valutazione delle piene in Sicilia (Cannarozzo et al., 1993).

I dati idropluviometrici relativi alla regione Sicilia sono gestiti dal compartimento di Palermo del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN). In particolare si è fatto riferimento alla sola rete pluviografica del SIMN, che al 1981 risultava composta da 172 stazioni di misura con almeno 10 anni di osservazione, con una densità media di una stazione per 150 km². In questa maniera si è completamente rinunciato all'informazione pluviometrica, pure consistente di 225 stazioni con numerosità superiore a 30 anni, come risulta da Ferrari [1986], per concentrarsi direttamente sull'analisi delle grandezze di più immediato interesse alla derivazione delle portate di piena.



Figura 2: VAPI Sicilia - Suddivisione in aree omogenee

Nella ipotesi che la Sicilia possa essere considerata come una unica zona pluviometrica omogenea, si sono ottenute le seguenti stime TCEV-ML: $\Lambda^* = 0.4551$; $\theta^* = 2.6319$.

Al secondo livello di regionalizzazione è stato verificato che la Sicilia può essere suddivisa in 3 sottozone omogenee, denominate rispettivamente: Tirrenica, Centrale, Jonica e caratterizzate dai valori di Λ_1 ed η riportati nella seguente Tabella 1.

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 15 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

Sottozona	θ_*	Λ_*	$\hat{\Lambda}_1$	η
Tirrenica	2.154	0.418	48.914	5.173
Centrale			22.878	4.414
Ionica			10.987	3.681

Tabella 1: Parametri delle sottozone omogenee

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della SZO pluviometrica omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita KT:

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta k/\theta_*})}$$

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della precedente equazione per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita KT. Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano di seguito, in

Tabella 2, i valori di K_T ottenuti numericamente dalla precedente equazione per alcuni valori del periodo di ritorno.

Tabella 2: Fattore di crescita in funzione dei tempi di ritorno

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T (SZO C)	0.86	1.31	1.68	2.10	2.24	2.54	2.69	3.14	3.60	4.20	4.66
K_T (SZO D)	0.87	1.29	1.64	2.02	2.15	2.43	2.57	2.99	3.42	3.98	4.41
K_T (SZO E)	0.88	1.27	1.58	1.94	2.06	2.32	2.44	2.83	3.22	3.74	4.13

5 La trasformazione Afflussi-Deflussi

Una volta determinate i parametri della curva di possibilità climatica riferita ai tempi di ritorno d'interesse, si passa all'analisi morfologica di bacino per la determinazione del tempo di corrivazione.

Il tempo di corrivazione si può determinare con l'ausilio delle seguenti relazioni.

La formula di Giandotti prevede che il tempo di corrivazione sia calcolato con la seguente relazione:

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 * L}{0.8 * \sqrt{H_{med} - H_{min}}}$$

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 16 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

l'espressione della formula di Viparelli è: $t_c = \frac{L}{v}$

La formula di Pezzoli prevede:

$$t_c = 0.055 * \frac{L}{\sqrt{i}}$$

La formula di Pasini: $t_c = 0.108 * \frac{(S * L)^{1/3}}{\sqrt{i}}$

Infine la formula di Kirpich: $t_c = 0.066 * L^{0.77} \left[\frac{1000 * L}{0.8 * (H_{\max} - H_{\min})} \right]^{0.385}$

dove si è indicato con:

- t_c è il tempo di corrivazione espresso in ore;
- H_M è l'altitudine media del bacino espressa in m sul medio mare;
- L è la lunghezza dell'asta principale del bacino espressa in km;
- S è l'estensione del Bacino, espressa in km².
- i : è la pendenza media del bacino;
- H_{\max} è la quota massima del bacino;
- H_{\min} è la quota minima del bacino riferito alla sezione di chiusura.

Dalla conoscenza delle curve di possibilità pluviometrica e del tempo di corrivazione dei bacini si ricostruisce per ciascun tempo di ritorno un pluviogramma di pioggia tipo "Chicago", considerando come tempo di pioggia caratteristico, il tempo di corrivazione dei bacini.

L'onda di piena, infine, sarà ricostruita attraverso il modello SCS-CN, considerando il tempo di ritardo $t_{lag} = 0.6t_c$, dove t_c è il tempo di corrivazione di ciascun bacino.

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 17 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

5.1 La descrizione del modello SCS-CN

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

- R è il deflusso fino all'istante t (mm);
- P è la precipitazione fino all'istante t (mm);
- S sono le perdite fino all'istante t (mm);

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite S e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione, S' (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso R nota la precipitazione P e la massima infiltrazione S' .

Considerando che un'aliquota di P si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso

abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo Ia (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione S' (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove CN (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

La trasformazione afflussi-deflussi, quindi, è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) riportato in Figura 3, che richiede come unico parametro il tempo t_{LAG} (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 18 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre $t_{LAG}=0,6 t_c$ con t_c tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove t_{picco} è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario, Δt è l'intervallo di calcolo espresso in ore, U_{picco} è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in $m^3/s/mm$ e A è l'area del sottobacino misurata in km^2 .

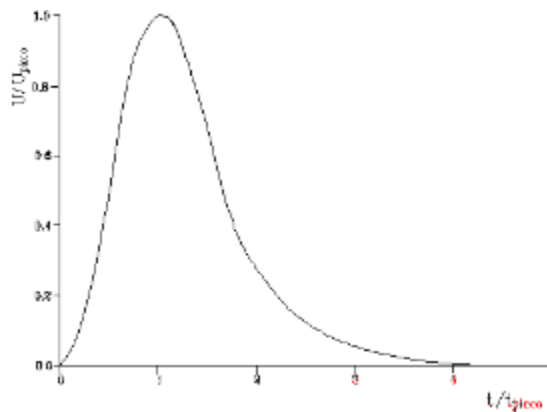


Figura 3: Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove $Q(i)$ è la portata alla fine dell'intervallo i -esimo, $U(j)$ è la j -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e $P(i)$ è la pioggia netta all'intervallo i -esimo.

6 La modellazione idraulica

Il reticolo idrografico oggetto di studio sarà studiato nella capacità di risposta alle sollecitazioni derivanti dagli eventi di piena utilizzando il modello matematico "HEC RAS", applicato per lo scopo in tutto il mondo è sviluppato dall'US Army corps of Engineers, utilizzando l'approccio in moto permanente monodimensionale.

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 19 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

6.1 La descrizione del modello monodimensionale

Le equazioni utilizzate per calcolare l'altezza d'acqua in una generica sezione trasversale del fiume, in funzione della portata fluente e delle condizioni geometriche sono di seguito riportate:

$$W_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = W_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

$$h_e = L J + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

Nelle precedenti relazioni, assunto un tronco prismatico di lunghezza L , W_1 e W_2 rappresentano le quote della superficie libera alle estremità del tronco considerato, V_1 e V_2 le velocità medie date dal rapporto tra la portata totale e l'area totale della sezione bagnata, α_1 e α_2 i coefficienti di Coriolis per le estremità del tronco, g l'accelerazione di gravità, h_e la perdita di carico nel tronco, J la perdita di carico per unità di lunghezza e C il coefficiente di espansione o di contrazione che tiene conto delle perdite localizzate dovute a bruschi cambi di sezione o al passaggio attraverso i ponti.

La perdita di carico J è valutata attraverso l'espressione:

$$J = \frac{V^2}{K^2 R^{4/3}}$$

dove K è il coefficiente di Gauckler-Strickler e R il raggio idraulico

L'altezza d'acqua incognita è determinata dalla soluzione iterativa delle precedenti equazioni tramite la procedura indicata di seguito:

1. Si assume un'altezza d'acqua di primo tentativo nella sezione di valle del tronco considerato, se si sta calcolando un profilo di corrente lenta, o nella sezione di monte se il profilo è di corrente veloce.
2. In base all'altezza assunta si determinano i valori della velocità media V .
3. Con i valori del passo precedente si calcola la cadente J e si determina h_e .
4. Con i valori ottenuti si ricava W_2 .
5. Si confronta il valore dell'altezza d'acqua ottenuta W_2 con quella assunta al passo 1, iterando il procedimento fin quando la differenza tra due successivi valori di W_2 è inferiore ad un valore fissato.

Una volta determinata l'altezza d'acqua incognita è necessario verificare che quest'ultima corrisponda ad una corrente lenta, se la corrente nella sezione di partenza è lenta, oppure veloce nel caso contrario. La verifica è effettuata calcolando l'altezza critica per la sezione in esame:

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 20 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

$$\alpha \frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{B}$$

in cui B rappresenta la larghezza della corrente in superficie.

Se l'altezza d'acqua calcolata non corrisponde allo stesso regime di moto della corrente nella sezione precedente viene automaticamente assegnata alla corrente l'altezza critica.

6.2 Modellazione matematica dei corsi d'acqua

Nel caso della modellazione monodimensionale in moto permanente per completare correttamente la verifica idraulica, il codice di calcolo necessita l'inserimento di alcuni dati di seguito descritti:

- definizione della geometria delle sezioni;
- definizione della resistenza al moto;
- definizione delle portate di calcolo;
- definizione delle condizioni al contorno idrauliche;

Una volta definite queste grandezze si passa all'elaborazione numerica che prevede:

1. determinazione delle altezze idrometriche;
2. determinazione dei parametri derivati (velocità, tensione tangenziale, etc.);

La definizione della geometria della sezione prevede il rilievo delle sezioni di deflusso e delle aree immediatamente adiacenti ad esse, in modo da poter valutare le effettive aree potenzialmente allagabili in caso di eventi di piena.

7 Descrizione della realizzazione e delle diverse tipologie di posa

Si descrivono le principali fasi necessarie per la realizzazione di un elettrodotto in cavo interrato, che si ripetono per ciascuna tratta di collegamento compresa tra due buche giunti consecutive:

1. attività preliminari che consistono in:
 - tracciamento del percorso del cavo e delle buche giunti,
 - segregazione delle aree di lavoro con idonea recinzione,
 - preparazione dell'area di lavoro (sfalcio vegetazione e rimozione ostacoli superficiali),
 - saggi per verificare l'esatta posizione dei sottoservizi interferenti,.
2. esecuzione degli scavi per l'alloggiamento del cavo mediante trincea ed esecuzione di eventuali perforazioni orizzontali (TOC, spingitubo o microtunnel);
3. stenditura e posa del cavo;
4. riempimento dello scavo fino a piano campagna con materiale idoneo;

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 21 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

5. realizzazione dei giunti sui cavi;
6. test di tensione sul cavo;
7. realizzazione di eventuale getto in conglomerato bituminoso per il rifacimento del manto stradale;
8. terminazione;
9. collaudo dei cavi.

Si descrive di seguito in forma sintetica quali sono le modalità di posa e le problematiche da affrontare sia durante la fase temporanea di costruzione che durante esercizio delle linee elettriche AT realizzate con conduttori isolati con materiale estruso ed interrati. L'area di cantiere è costituita essenzialmente dalla trincea di posa del cavo che si estende progressivamente sull'intera lunghezza del percorso.

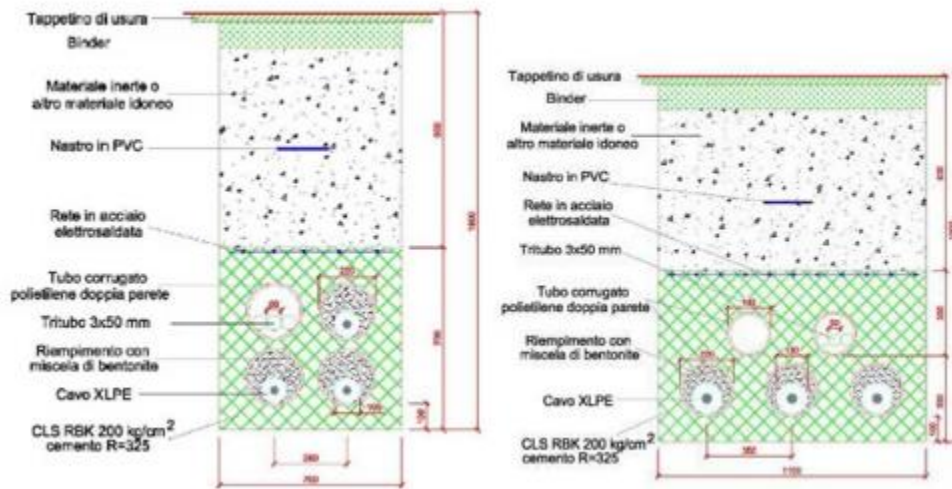
7.1 Posa classica mediante trincea

La tipologia di posa prevalente sarà a cielo aperto, ma in determinate situazioni saranno adottate la posa in tubiera o TOC. La trincea di posa del cavo sarà larga circa 0.70 m per una profondità tipica di 1,7 m circa, prevalentemente su sedime stradale. Nel caso di posa in tubiera, molto diffusa in aree fortemente urbanizzate e/o industriali, la permanenza di trincee di scavo diventa più limitata nel tempo. La posa in tubiera consiste quindi nelle seguenti fasi temporali:

1. Scavo della trincea con allontanamento e conferimento in discarica dei materiali di scavo,
2. Posa della tubiera in PE.a.d. (Tubo in polietilene ad alta densità),
3. Chiusura e messa in sicurezza della trincea di scavo con calcestruzzo e altro materiale idoneo,
4. Ripristino provvisorio del tappetino di asfalto con binder.

La posa in tubiera, quando è possibile utilizzarla, consente quindi di liberare le aree di lavoro in tempi più rapidi e permette quindi una modalità di posa del cavo meno impattante e con meno scavi a cielo aperto. Di fatto gli unici scavi aperti che si rilevano durante la posa di un tratto compreso tra due buche giunti, sono dati dalle buche di ispezione per il controllo del passaggio del cavo durante la posa. Tali buche, vengono posizionate di norma quando è presente, ad esempio, un cambio di direzione del tracciato. Le tubazioni posate saranno poi inglobate in un manufatto in calcestruzzo alto circa 70 centimetri alla sommità del quale verrà inglobata anche una rete metallica elettrosaldada come ulteriore elemento di protezione.

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 22 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		



Nel caso di posa a cielo aperto, sia su terreno agricolo sia su sedime stradale, le attività di cantiere consistono in:

1. Scavo della trincea,
2. Preparazione del letto di posa,
3. Posa del cavo,
4. Chiusura e messa in sicurezza dei cavi,
5. Posa in opera di piastre di protezione in c.a.,
6. Riempimento della rimanente sezione della trincea con materiale idoneo,
7. Ripristino del tappetino di asfalto con binder ove previsto,
8. Ripristino definitivo del tappetino di usura ove previsto.

Questa tipologia di posa prevede una maggiore presenza di scavi aperti per tutta la tratta (circa 500 m), in quanto la richiusura degli stessi potrà avvenire solo e soltanto a seguito della posa del cavo.

8 Descrizione delle diverse tipologie di attraversamento di corsi d'acqua

L'attraversamento di un corso d'acqua può avvenire :

- Per via aerea, attraverso ponti o strutture simili che consentano alla condotta di mantenere una quota superiore al livello di sicurezza idraulica in condizioni di piena;
- Per via sotterranea, ponendo la tubazione poco al di sotto del fondo del corso d'acqua ed, eventualmente, proteggendo la tubazione a valle con una struttura tipo briglia o soglia;
- Per via sotterranea, attraverso l'utilizzo delle innovative tecniche "T.O.C.", trivellazioni orizzontali controllate, che consentono la posa delle condotte in un tunnel appositamente scavato a notevole profondità rispetto alla quota di fondo alveo.

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 23 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

La scelta della migliore soluzione costruttiva dipende:

- Dalle caratteristiche del corso d'acqua da attraversare;
- Dalla disponibilità di adeguato spazio;
- Dalla presenza di eventuali altre infrastrutture;
- Dalla disponibilità economica.

L'attraversamento per via aerea ha il vantaggio che può essere soggetto a un monitoraggio molto semplice e frequente e a una manutenzione che non necessita di lavorazioni particolari, anche se la tubazione risulta essere direttamente soggetta ad intemperie e a possibili azioni vandaliche.

L'attraversamento per via sotterranea, invece, comporta sicuramente una tecnologia di posa molto più raffinata e lavorazioni più complesse, oltre che tecniche di monitoraggio ed, eventuale, manutenzione raffinate, però la tubazione risulta essere meno soggetta a pericoli derivanti da intemperie e atti di vandalismo.

Nel caso dell'attraversamento per via aerea, quindi, la verifica principale da condurre per quanto riguarda la difesa dalle alluvioni è che la tubazione non interferisca con la corrente liquida e gli eventuali corpi galleggianti durante gli eventi di piena, mentre nel caso di attraversamento per via sotterranea bisogna verificare che gli eventi di piena non comportino uno scavo dell'alveo tale da comportare il contatto fra la tubazione posata e la corrente stessa; in questo caso, infatti, la condotta, oltre che a rischiare danneggiamenti seri, potrebbe comportare un'interferenza con la corrente tale da aggravare la pericolosità degli eventi di piena.

Dalla valutazione comparativa delle problematiche si è, quindi, deciso di attraversare il corso d'acqua attraverso la tecnica T.O.C. .

8.1 La tecnica T.O.C. – trivellazione orizzontale controllata

La trivellazione orizzontale controllata e teleguidata consiste nel creare un **foro pilota** nel sottosuolo interessato, guidato da una serie di **aste** collegate a una **testa di perforazione orientabile**.

La perforazione del sottosuolo è resa possibile anche grazie ad acqua e fango che, passando all'interno delle aste di perforazione, fuoriescono ad alta pressione dalla testa di perforazione.

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 24 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		



Figura 4: Macchina operatrice per esecuzione TOC

Attraverso una **sonda** posta all'interno della testa di perforazione sarà inoltre possibile controllare l'avanzamento della trivellazione, e quindi il livello di profondità, l'inclinazione e la direzione.

Dopo aver realizzato il foro pilota (Figura 5), la testa di trivellazione viene sostituita con degli **alesatori** che vengono trascinati a ritroso fino al punto di partenza.

Questi alesatori ruotano grazie al movimento delle aste, riuscendo ad allargare maggiormente il foro grazie alla loro azione fresante e all'energia dei getti d'acqua (Figura 6).

Finita questa fase, alla colonna di perforazione viene agganciato il **tubo da posare**, trascinato a ritroso verso la perforatrice (Figura 7).

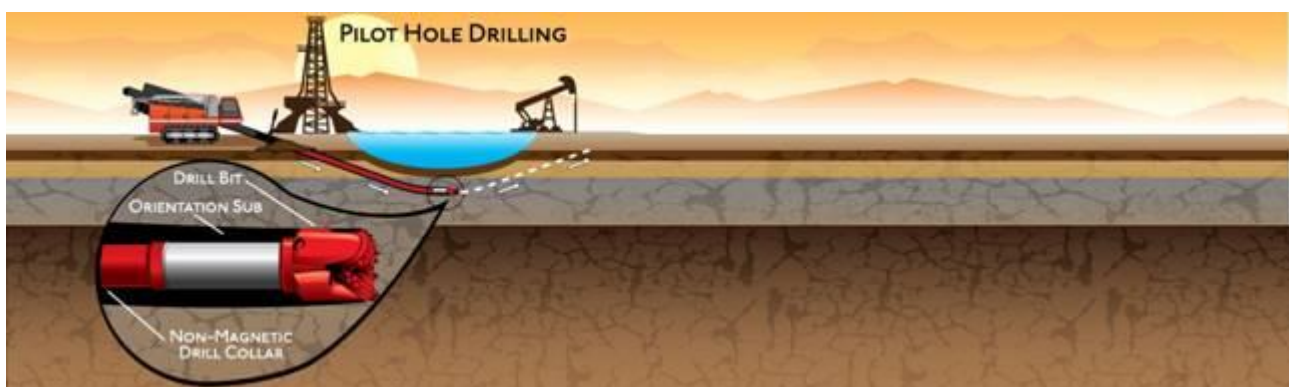


Figura 5: Foro pilota

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 25 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		



Figura 6: Alesatura

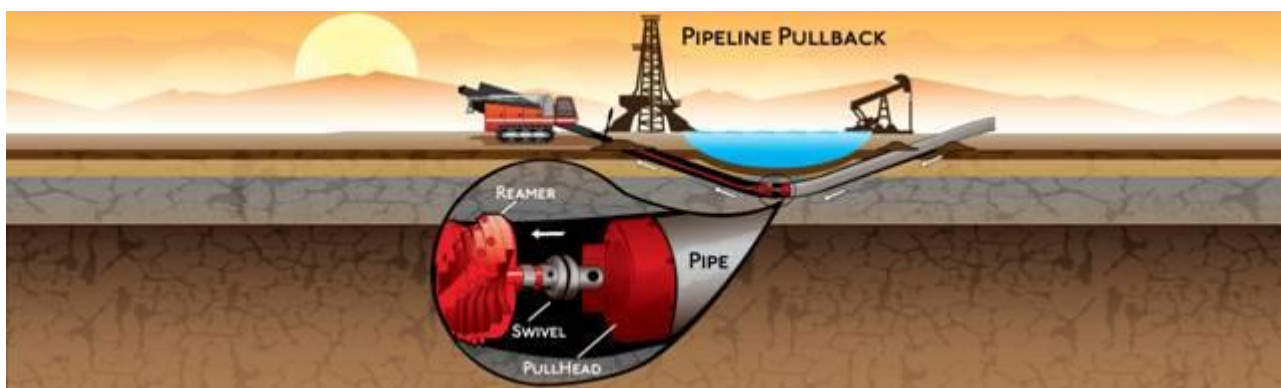


Figura 7: Tiro e posa della tubazione

8.2 Analisi e risoluzioni delle problematiche

Come si accennava in precedenza nel caso di attraversamenti dei corsi d'acqua per via sotterranea, attraverso l'utilizzo delle innovative tecniche "T.O.C.", è necessario verificare, ai fini dell'interferenza con il reticolo idrografico, se il corso d'acqua attraversato ha caratteristiche che comportano uno scavo del fondo alveo durante gli eventi di piena tale da scoprire la tubazione di attraversamento.

Le cause degli escavi dei fondali dei corsi d'acqua nel caso di eventi di piena sono:

- ♣ Erosione generalizzata dovuta alla capacità della componente pulsante del moto turbolento di sollevare le particelle di terreno costituente il fondo alveo e, successivamente, trascinarle a valle;
- ♣ Erosione localizzata, dovuta dalla presenza di discontinuità naturali e/o artificiali dei corsi d'acqua quali curve, pennelli, restringimenti, pile e spalle dei ponti, corpi rigidi posati, etc.

Progetto	Preliminare	<i>Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto eolico offshore e delle opere connesse ubicato nello Stretto di Sicilia</i>	Rev	00
Redazione	New Developments		Elab	R_0007
Data	Maggio 2022		Pag.	Pag. 26 di 26
Titolo Elaborato		Studio preliminare idrologico e idraulico		

Nei corsi d'acqua, tipo i tratti di d'interesse, dove la pendenza del corso d'acqua è dolce e, quindi, non si prevedono velocità molto elevate anche durante gli eventi di piena, l'erosione generalizzata non assume valori importanti e, anzi, ci si potrebbe facilmente trovare in condizioni di deposito piuttosto che erosione.

La presenza, invece, di ponti può indurre importanti erosioni localizzate che, se non opportunamente quantificate oppure in caso di errata localizzazione degli attraversamenti, possono determinare la scopertura della tubazione che, quindi, andrà ad interferire con il libero deflusso delle acque; per questo motivo è utile che gli attraversamenti in sotterraneo siano lontani da opere antropiche interferenti con i corsi d'acqua o siano adeguatamente protetti.