

**S.S. 87 "SANNITICA"**  
**Lavori di ammodernamento e messa in sicurezza  
nel tratto compreso tra il Km 215+300 e il 221+188**

**PROGETTO DEFINITIVO**

IL PROGETTISTA  
Ing. Vincenzo LOMMA

IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

GRUPPO DI LAVORO  
Geom. Emanuele PRESTA  
Geom. Adriano DI SOMMA

IL GEOLOGO  
Dott.ssa Alessandra COLUCCI

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Sergio CICERO

ATTIVITA' DI SUPPORTO

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



**SETAC srl**  
**Servizi & Engineering: Trasporti  
Ambiente Costruzioni**  
del prof. ing. Pasquale COLONNA  
Via Don Guanella 15/B - 70124 Bari  
Tel: +39 080 5027679

MANDANTI:



Società Designata dal Consorzio UNING:

**Gestione  
Appalti  
& Management s.r.l.**  
Società di Ingegneria  
Via Amendola 172C - 70126 BARI  
P.IVA 05831640726



Ing. Giovanni LAMPARELLI

Ing. Michele NOTARISTEFANO

**02 - STUDI E INDAGINI**  
**Relazione idrologica**

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	ANNO	T00_ID00_IDR_RE01_A.pdf		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	CODICE ELAB. T00ID00IDRRE01	A	
D					
C					
B					
A	EMISSIONE		Marzo 2024	ARKE' Ingegneria S.r.l.	
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTORE STR. SUPPORTO	VERIFICATO APPROVATO

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
2.1	Il bacino del fiume biferno	3
3	STUDIO IDROLOGICO - PAI	5
3.1	Pianificazione di Assetto Idrogeologico – Analisi idrologica	5
3.1.1	IL MODELLO IDROLOGICO DISTRIBUITO	5
3.1.2	GLI IDROGRAMMI DI PIENA	7
4	STUDIO IDROLOGICO – CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	8

## 1 PREMESSA

La presente Relazione idrologica viene redatta a corredo del progetto esecutivo “*Lavori di ammodernamento e messa in sicurezza nel tratto compreso tra il km. 215+300 ed il km. 221+188 – 1° stralcio*”.

Nel presente elaborato pertanto viene presentato lo studio idrologico idraulico preso a riferimento per le valutazioni inerenti sia il dimensionamento delle opere relative alla piattaforma stradale (rete di gestione acque di piattaforma) sia di quelle ricadenti nel sistema di canalizzazioni che sono oggetto di sistemazione a seguito della realizzazione di ammodernamento del tratto stradale della S.S. 87.

L'area interessata dagli interventi territorialmente ricade nella regione Molise, interamente nel comune di Termoli, in Provincia di Campobasso, all'interno del bacino idrografico del fiume Biferno. Gli interventi in progetto, aventi in oggetto un'infrastruttura viaria esistente, consistono in attività di ammodernamento e messa in sicurezza, in un'area che, come sarà meglio specificato nel seguito, risulta ad oggi investita dalla problematica di esondazione del fiume Biferno.

Nel seguito si procederà a fornire informazioni relativamente:

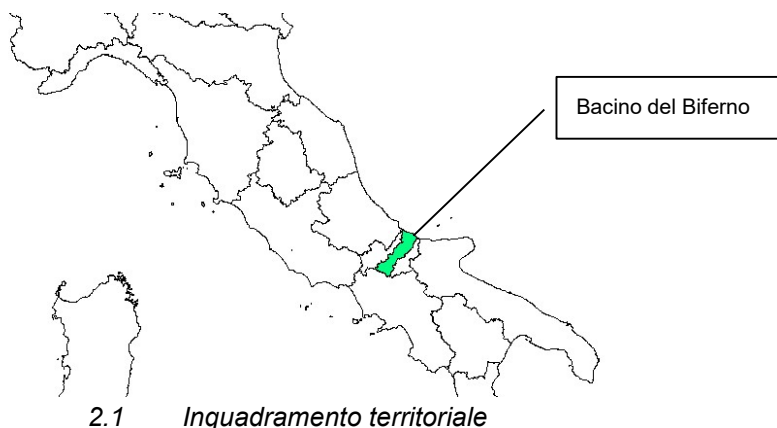
- Inquadramento territoriale
- Analisi idrologica del Bacino del Biferno per la definizione degli idrogrammi di piena
- Analisi idrologica per la definizione della curva di possibilità pluviometrica da impiegare per il dimensionamento della rete di gestione delle acque di piattaforma

Le risultanze dell'analisi idrologica sono poi alla base delle analisi idrauliche descritte nell'elaborato “T00ID00IDRRE01A - Relazione idraulica”, nel quale, partendo dalle informazioni desunte dagli studi idraulici eseguiti sull'area di interesse ad oggi disponibili, vengono condotti i dimensionamenti sulle opere di canalizzazione dei deflussi di piena al suolo previsti in uno al progetto di ammodernamento stradale e le verifiche sulle opere di protezione adottate.

Inoltre le informazioni relativamente alla curva di possibilità pluviometrica sono prese a riferimento per il dimensionamento idraulico della rete di drenaggio delle acque di piattaforma.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

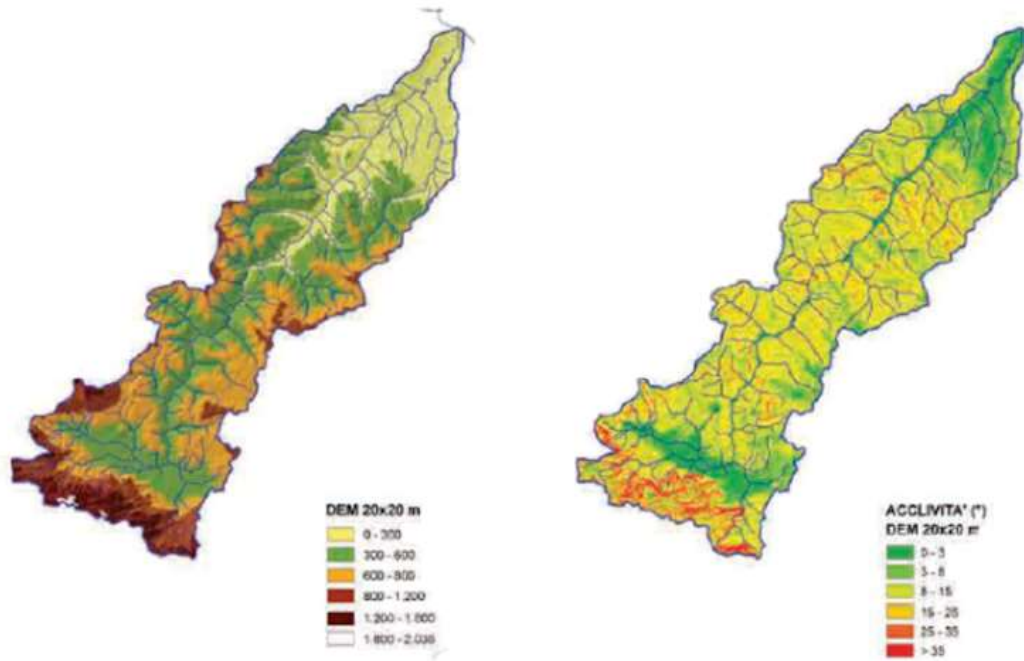
L'area di intervento, come accennato in premessa ricade nella regione Molise, quasi interamente nel comune di Termoli, in Provincia di Campobasso, all'interno del bacino idrografico del fiume Biferno.



### 2.1 IL BACINO DEL FIUME BIFERNO

Il fiume Biferno ha origine dai monti del Matese in territorio del comune di Bojano e sfocia nell'Adriatico in prossimità di Termoli, il suo bacino idrografico è compreso interamente nel territorio molisano. Lungo circa 93 chilometri, nasce in località Pietrecadute, a 500 m s.l.m., dall'unione di svariati corsi d'acqua provenienti dal massiccio calcareo del Matese, il principale dei quali è il fiume Calderari o Calderai, ingrossandosi ancora poco dopo per la confluenza di altri numerosi torrenti sempre provenienti dai Monti del Matese. Dopo aver attraversato una valle rocciosa ricca di calanchi e falesie, sfocia nel Lago di Guardialfiera (diga del Liscione), ampio bacino artificiale costruito tra gli anni Sessanta e Settanta del secolo scorso per soddisfare i fabbisogni idrici, agricoli e industriali della fascia costiera molisana e della Puglia settentrionale. Dallo sbarramento artificiale del lago il fiume amplia la propria valle giungendo così dopo circa 30 km con una foce a estuario nel Mar Adriatico, tra Termoli e Campomarino.

Caratterizzato da una portata abbastanza copiosa, risente comunque in estate di forti magre e di piene impetuose in autunno, in parte controllate dal bacino di Guardialfiera. Qualche chilometro dopo le sorgenti riceve i due affluenti principali: da sinistra il torrente Callora e subito dopo da destra il torrente Quirino, i quali raccolgono le acque del versante nord del Matese e sono i principali responsabili delle piene del fiume. Ormai a carattere torrentizio (la quasi totalità delle acque che sgorgavano dalle sorgenti è captata per alimentare i vari acquedotti, tra i quali anche quello campano), il fiume nel periodo di magra si riduce ad un rigagnolo. Tra gli affluenti, in genere valloni di modesta portata, il più importante è il torrente Cigno che interseca a destra il Biferno nei pressi del territorio di Guglionesi.



2.2 *Il bacino del fiume Biferno*

### 3 STUDIO IDROLOGICO - PAI

Lo studio idrologico dell'area prende a riferimento le analisi esposte nella *Relazione di piano* effettuate nell'ambito della redazione del *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei fiumi Biferno e Minori (PAI)* la cui approvazione è avvenuta con Deliberazione n. 87 del 28 ottobre 2005.

#### 3.1 PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica, consistente nella caratterizzazione delle piene fluviali, in termini di portate al colmo e di forma degli idrogrammi, eseguita nell'ambito del PAI, è stata svolta utilizzando come riferimento fondamentale lo "Studio del rischio idrogeologico nella Regione" (Regione Molise, 2001) e il successivo approfondimento condotto nel "Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Trigno - parte abruzzese" elaborato dall'Autorità di Bacino Trigno, Biferno e Minori, Saccione, Fortore, nel 2001.

Sulla base dei riferimenti citati, è stato condotto un ulteriore approfondimento utilizzando il modello probabilistico TCEV (modello di valore estremo a doppia componente) al fine di ottenere, su scala di bacino, una funzione di distribuzione valida per una certa area.

La metodologia di determinazione dei parametri è stata articolata in modo gerarchico al fine di definire le zone omogenee al 1° livello di regionalizzazione, poi quelle al 2° per procedere infine alla stima dei parametri al 3° livello che completano la caratterizzazione pluviometrica di una data località. Nel caso in esame è stata ottenuta una zona omogenea unica sia al 1° che al 2° livello.

Le portate fluviali di piena sono state calcolate utilizzando i dati di pioggia in relazione alla miglior qualità e maggior numerosità spazio-temporale di questi ultimi rispetto ai dati di portata.

A tal fine è stato necessario utilizzare un modello idrologico afflussi/deflussi, in grado di generare le portate per preassegnati tempi di ritorno nelle sezioni di interesse dei corsi d'acqua considerati a partire dalle CPP (curve di possibilità pluviometrica) del tipo distribuito, messo a punto nei due studi condotti dalla Regione Molise prima citati. Tale modello, una volta tarato su eventi reali, ha permesso la ricostruzione degli idrogrammi di piena, per assegnati tempi di ritorno, di una qualsivoglia sezione fluviale a partire dalle CPP (curve di possibilità pluviometrica).

Le statistiche eseguite direttamente sui dati misurati agli idrometri per tutti gli anni di loro funzionamento sono risultate in buon accordo con quanto fornito dal modello.

##### 3.1.1 IL MODELLO IDROLOGICO DISTRIBUITO

Il modello idrologico utilizzato per il Progetto di PAI può essere classificato come distribuito in quanto i parametri sono definiti per ognuna delle singole celle del dominio di calcolo preso in considerazione. Dal punto di vista concettuale il modello valuta dapprima la formazione del deflusso superficiale mediante la simulazione del fenomeno dell'intercettazione e, successivamente, il trasferimento di tale deflusso sino alla sezione di chiusura.

Il modello che simula il fenomeno dell'intercettazione calcola il deflusso superficiale di ciascuna cella, considerando sia la capacità di ritenuta del suolo che la velocità di infiltrazione a saturazione. Il modello mette in conto anche la componente di deflusso ipodermico che raggiunge il reticolo con tempi maggiori rispetto al deflusso superficiale.

La simulazione delle modalità di trasferimento del deflusso superficiale si basa sulla schematizzazione del fenomeno mediante una componente di tipo cinematico e su una di tipo "serbatoio lineare" (modello tipo Clark).

Il tempo di trasferimento per ciascuna cella, dipendente da entrambi i fenomeni sopra richiamati, è stimato in funzione della sua distanza dalla foce.

Il modello utilizzato nel Progetto di PAI ha la stessa identica struttura del modello utilizzato nello "Studio del Rischio idrogeologico nella Regione Molise".

Nell'ambito del suddetto Studio la taratura fu effettuata a scala regionale in base a eventi significativi di piena registrati in varie stazioni idrometriche lungo l'asta del Biferno, utilizzando i dati ad alta risoluzione temporale forniti dall'Ufficio Compartimentale di Pescara del S.I.M.I.. Si rimanda a tale studio per gli approfondimenti.

Pertanto, sono stati assunti gli stessi valori dei parametri di taratura già ricavati allora. Solo per il grado di saturazione iniziale (ossia l'aliquota di capacità di ritenuta già indisponibile all'atto dell'inizio dell'evento) si è ritenuto di modificare il valore originario.

La modifica apportata è giustificata da:

- un affinamento delle CPP utilizzate per la generazione degli ietogrammi sintetici nello "Studio del Rischio idrogeologico nella Regione Molise";
- un affinamento della caratterizzazione della risposta idrologica del massiccio montuoso del Matese, che nello Studio citato portava ad una sovrastima delle portate nell'area di Bojano;
- una correzione di errori di georeferenziazione di alcune stazioni pluviometriche.

Nella tabella seguente si riporta, per alcuni tempi di ritorno di interesse, il confronto effettuato tra le portate da modello idrologico e quelle da statistica diretta sulle stazioni di misura del S.I.M.N.. Viene riportato anche il confronto tra le superfici dei bacini sottesi ricavate in via automatica dal DEM (e utilizzate quindi dal modello idrologico) e quelle dichiarate dal S.I.M.N. sulle proprie pubblicazioni.

Stazione idrometrica	Area del bacino sotteso (kmq)		Portata Tr = 30 [mc/s]		Portata Tr = 100 [mc/s]		Portata Tr = 200 [mc/s]	
	da DEM (modello)	da dati S.I.M.I.	Modello	TCEV	Modello	TCEV	Modello	TCEV
Biferno a Ponte della Fiumara	19	27	35	52 [41]	55	76 [59]	71	93 [73]
Biferno a Ripalimosani	590	593	817	883	1197	1302	1473	1580
Biferno a Ponte Liscione	1034	1043	1000	877	1466	1294	1816	1570
Biferno ad Altopantano	1287	1290	1251	1372	1821	2023	2235	2456
Cigno a Ponte Cigno	34	33	90	30	131	44	161	53

*Tab. 3.1 - Confronto tra portate da modello e da statistica diretta (TCEV), per diversi tempi di ritorno*

Le discordanze più marcate che si rilevano vanno imputate, probabilmente, o a errori di misura, o alla limitata lunghezza della serie dei dati di alcune stazioni (è certamente questo il caso della stazione di Cigno a Ponte Cigno) che porta inevitabilmente a statistiche di bassa affidabilità.

Una ulteriore e più attuale verifica dell'affidabilità del modello si è avuta con l'evento alluvionale del gennaio 2003, oggetto di specifica relazione integrativa al Progetto di PAI.

### 3.1.2 GLI IDROGRAMMI DI PIENA

Lo studio idrologico fornisce gli idrogrammi di portata per i tempi di ritorno 30, 100, 200 e 500 anni per le sezioni più significative lungo l’asta longitudinale del fiume Biferno. Nello specifico con riferimento all’area che è oggetto di interesse le portate di piena sono riportate nella seguente tabella e rappresentate nella figura 3.1.

Q <sub>30</sub> [mc/s]	Q <sub>100</sub> [mc/s]	Q <sub>200</sub> [mc/s]	Q <sub>500</sub> [mc/s]
880	1320	1644	2185

Tab. 3.2 – Portate di piena del fiume Biferno all’attraversamento della SS647

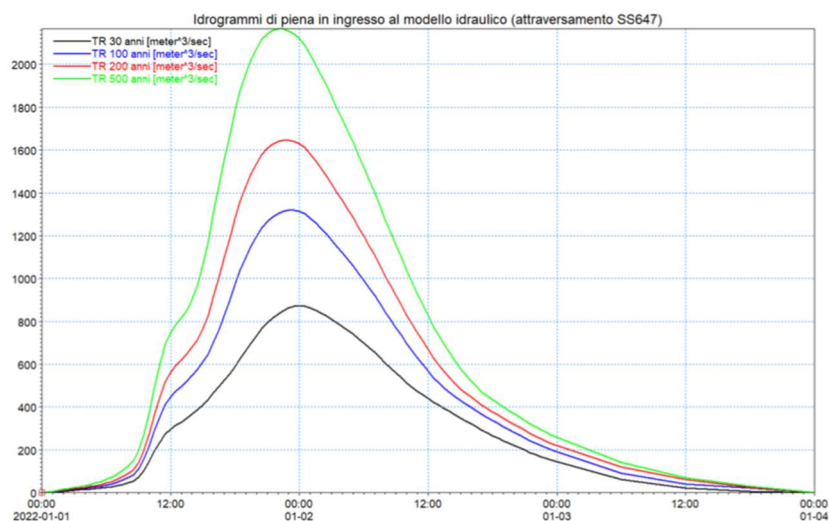


Fig. 3.1 – Idrogrammi di piena del fiume Biferno all’attraversamento della SS647



#### 4 STUDIO IDROLOGICO – CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Lo studio idrologico ha come obiettivo la determinazione della portata idrologica di progetto della rete di drenaggio e collettamento delle acque di pioggia che posso interessare la sede stradale.

L’analisi dei deflussi è condotta attraverso l’analisi statistica a livello regionale ai fini della stima delle curve di possibilità climatica e, di conseguenza, delle portate di assegnato tempo di ritorno.

L’analisi è condotta con il modello TCEV e lo studio è articolato secondo i primi due livelli di regionalizzazione.

L’inferenza statistica a livello regionale è stata condotta ipotizzando un’unica curva di crescita per le durate da 1 a 24 ore, andando a determinare i parametri  $\Lambda^*$ ,  $\theta^*$  e  $\Lambda_1$  del modello TCEV

$\Lambda^*$	$\theta^*$	$\Lambda_1$
0.1313	2.3975	20.386

Tab. 3.3 – Parametri del modello TCEV con unica curva di crescita al secondo livello per tutte le durate

Sulla base dei risultati dell’analisi statistica regionale al secondo livello sono state ricavate per ciascuna stazione le curve di possibilità pluviometrica (CPP) che assumono la seguente espressione:

$$h(T,d)=K_T a' d^n$$

dove  $h(T,d)$  sta a indicare l’altezza di pioggia che dipende dal tempo di ritorno considerato, dalla durata,  $K_T$  rappresenta la curva di crescita in funzione del tempo ritorno,  $a'$  e  $n$  sono parametri che dipendono dal sito considerato per ciascuna stazione.

Nella tabella 3.4 si riportano i valori del  $K_T$  al variare del tempo di ritorno

Tempo di ritorno (anni)	Durate minori di 1 ora
1.33	0.723
2	0.918
10	1.494
30	1.911
100	2.471
200	2.849
500	3.389
1000	3.811
5000	4.806

Tab. 3.4 – Valori del parametro  $K_T$  al variare del tempo di ritorno

Nella tabella 3.5 invece si riportano i valori delle medie ed i parametri  $a'$  e  $n$  per la stazione di Termoli presa a riferimento per il caso studio.

Stazione	1h (mm)	3h (mm)	6h (mm)	12h (mm)	24h (mm)	$a'$	$n$
Termoli	25.7	34.8	42.5	52.2	62.2	25.7	0.28

Tab. 3.5 – Valori delle medie e dei parametri  $a'$  e  $n$  della CPP

I valori di  $a'$  e  $n$  sono stimati con una regressione ai minimi quadrati.

Ai fini dell'impiego della CPP così calcolata, la curva di crescita espressa dal parametro  $K_T$  è stata approssimata con un funzionate del tipo:

$$K_T = a'' T^m$$

Dove il coefficiente  $a''$  ed  $m$  assumono i valori indicati nella tabella 3.6

$a''$	$m$
0.9297	0.2101

Tab. 3.6 – Valori dei parametri della curva di crescita

Conseguentemente la curva CCP assume la seguente funzione:

$$h = a d^n T^m$$

dove  $h$  è espresso in mm,  $d$  in ore e  $T$  in anni

Nella tabella seguente si riportano i valori dei parametri  $a$ ,  $n$  ed  $m$  per la stazione di Termoli presa a riferimento per il caso studio.

Stazione	$a$	$n$	$m$
Termoli	22,53	0,318	0,210

Tab. 3.7 – Valori dei coefficienti  $a$ ,  $n$ ,  $m$  della CPP

Considerando come tempo di ritorno di riferimento per la progettazione della rete di drenaggio delle acque di piattaforma, il tempo di  $T_r = 30$  anni la curva CPP assume la seguente espressione:

$$h = a d^n T^m = 22,53 * d^n * 30^{0,210} = 46,02 * d^{0,318}$$

Questi valori della CPP saranno presi a riferimento nella relazione idraulica per il dimensionamento della rete di drenaggio.