

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI (FIUME BASENTO, RIO CONCHE, FIUME BRADANO, TORRENTE GRAVINA)

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I A 5 F 0 1 D 0 9 R I I D 0 0 0 1 0 0 1 B

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|----------|-----------------|------------|-----------------|-----------|-----------------|----------------------------|
| A | EMISSIONE ESECUTIVA | C.CESALI | LUGLIO 2019 | F.CABAS | LUGLIO 2019 | F.GERNONE | LUGLIO 2019 | A.VITTOZZI GENNAIO 2021 |
| B | EMISSIONE ESECUTIVA | C.CESALI | GENNAIO 2021 | F.CABAS | GENNAIO 2021 | F.GERNONE | GENNAIO 2021 | A.VITTOZZI GENNAIO 2021 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A20783

File: IA5F01D09RIID0001001B.docx

n. Elab.:



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 2 di 69 |

INDICE

| | |
|--|----|
| 1. PREMESSA..... | 6 |
| 2. INQUADRAMENTO IDROLOGICO DELL’AREA DI STUDIO | 9 |
| 3. ANALISI IDROLOGICHE | 10 |
| 3.1. BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME BASENTO..... | 10 |
| 3.1.1. <i>Elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche</i> | 14 |
| 3.1.2. <i>VA.PI. Basilicata</i> | 19 |
| 3.1.3. <i>Analisi delle registrazioni idrometriche</i> | 31 |
| 3.1.4. <i>Stima delle portate al colmo</i> | 37 |
| 3.1.4.1. <i>Determinazione degli idrogrammi di piena di progetto</i> | 44 |
| 3.1.4.2. <i>Definizione della portata di cantiere per il dimensionamento delle opere provvisionali</i> | 45 |
| 3.2. BACINO IDROGRAFICO DEL RIO CONCHE | 47 |
| 3.2.1. <i>Elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche</i> | 49 |
| 3.2.2. <i>VA.PI. Basilicata</i> | 49 |
| 3.2.3. <i>Stima delle portate al colmo</i> | 50 |
| 3.3. BACINI IDROGRAFICI DEL FIUME BRADANO E DEL TORRENTE GRAVINA | 58 |
| 3.3.1. <i>VA.PI. Basilicata – Fiume Bradano</i> | 62 |
| 3.3.2. <i>Stima delle portate al colmo – Fiume Bradano</i> | 64 |
| 3.3.3. <i>VA.PI. Basilicata – Torrente Gravina</i> | 66 |
| 3.3.4. <i>Stima delle portate al colmo – Torrente Gravina</i> | 67 |
| 4. BIBLIOGRAFIA | 69 |



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 3 di 69 |

INDICE DELLE FIGURE

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Inquadramento territoriale della linea ferroviaria in progetto. | 6 |
| Figura 2 - Inquadramento idrologico della area di studio. | 9 |
| Figura 3 – Bacino del Fiume Basento (rif. P.A.I. della Regione Basilicata). | 11 |
| Figura 4 – Sottobacino di interesse del Fiume Basento. | 13 |
| Figura 5 – Sottobacino del F. Basento: stazioni pluviometriche di riferimento e relativi poligono di Thiessen. | 18 |
| Figura 6. VAPI – Regione Basilicata: sottozone pluviometriche omogenee. | 22 |
| Figura 7. VAPI – Regione Basilicata: sottozone idrometriche omogenee. | 24 |
| Figura 8. VAPI (piogge) – Regione Basilicata: isolinee dei parametria(a sinistra) e n (a destra) della curva di probabilità pluviometrica. | 27 |
| Figura 9. VAPI (piogge) – Regione Basilicata: Suddivisione della regione in esame in celle di lato 10 km. | 28 |
| Figura 10. Bacino del F. Basento: ubicazione delle stazione idrometriche di riferimento. | 31 |
| Figura 11. Stazione idrometrica di Gallipoli: serie storica dei valori di portata media, massima giornaliera. | 33 |
| Figura 12. Stazione idrometrica di Menzена: serie storica dei valori di portata media, massima giornaliera. | 34 |
| Figura 13 – Fiume Basento: portate al colmo per vari tempi di ritorno, secondo differenti metodologie. | 44 |
| Figura 14 – Fiume Basento: idrogrammi di piena di progetto. | 45 |
| Figura 15 – Fiume Basento: curva di durata delle portate nella sezione di interesse. | 46 |
| Figura 16 – Fiume Basento: idrogrammi di piena nella fase di cantiere. | 47 |
| Figura 17 – Rio Conche: sottobacino di interesse. | 48 |
| Figura 18 – Rio Conche: valori di portata al colmo, per vari tempi di ritorno, secondo differenti metodologie. | 53 |
| Figura 19 – Rio Conche: idrogrammi di piena di progetto. | 53 |
| Figura 20 – Rio Conche: opere di attraversamento della nuova viabilità NV02. | 54 |
| Figura 21 – Rio Conche: sottobacini di interesse alla sezione di chiusura ubicata alla prog. 1+027 della NV02. | 55 |
| Figura 22. Rio Conche: idrogrammi di piena di riferimento, relativi ai sottobacini alla prog. 1+027 della NV02. | 57 |
| Figura 23. Bacino del fiume Bradano (fonte: P.G.R.A.). | 58 |
| Figura 24. Bacini del Fiume Bradano e del Torrente Gravina di interesse. | 61 |
| Figura 25 – Fiume Bradano: valori di portata al colmo, per vari tempi di ritorno. | 65 |
| Figura 26 – Torrente Gravina: valori di portata al colmo, per vari tempi di ritorno. | 68 |



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 4 di 69 |

INDICE DELLE TABELLE

| | |
|--|----|
| Tabella 1. Parametri morfometrici del sottobacino di interesse del Fiume Basento..... | 13 |
| Tabella 2. Fiume Basento: valori di portata al colmo di riferimento (fonte: P.G.R.A. della Regione Basilicata)..... | 14 |
| Tabella 3. Fiume Basento: stazioni pluviometriche ricadenti nel sottobacino di interesse..... | 14 |
| Tabella 4. Valori dei parametri (a;n) relativi alle stazioni pluviometriche ricadenti nel sottobacino di interesse..... | 17 |
| Tabella 5. Principali statistiche delle serie storiche dei massimi annuali delle portate al colmo di piena (Media in [mc/s]; Cv= coefficiente di variazione; Ca = coefficiente di asimmetria)..... | 20 |
| Tabella 6 – VAPI (piogge), Regione Basilicata: celle ricadenti all'interno del sottobacino del F. Basento di interesse..... | 29 |
| Tabella 7 – VAPI (portate), Regione Basilicata: valori di portata al colmo in corrispondenza della sezione di chiusura di interesse..... | 31 |
| Tabella 8- Stazione idrometrica di Gallipoli: valori di portata media giornaliera, massima annuale (1927-1971)..... | 32 |
| Tabella 9- Stazione idrometrica di Menzена: valori di portata media giornaliera, massima annuale (1930-1971)..... | 33 |
| Tabella 10- Stazione idrometrica di Gallipoli: valori di portata massima giornaliera, per differenti tempi di ritorno, secondo le distribuzioni di probabilità considerate..... | 36 |
| Tabella 11- Stazione idrometrica di Gallipoli: valori di portata al colmo per differenti tempi di ritorno, secondo la distribuzione di Gumbel..... | 36 |
| Tabella 12- Stazione idrometrica di Gallipoli: valori di portata al colmo per differenti tempi di ritorno, secondo la distribuzione di Fuller..... | 37 |
| Tabella 13 – Valori di altezza di pioggia, per vari tempi di ritorno, relativi alle stazioni pluviometriche ricadenti nel sottobacino di interesse..... | 38 |
| Tabella 14 – Valori di altezza di pioggia, ragguagliata all'area, per vari tempi di ritorno (da analisi statistica secondo distribuzione di Gumbel)..... | 38 |
| Tabella 15 – Valori di altezza di pioggia, ragguagliata all'area, per vari tempi di ritorno (da metodologia VAPI)..... | 39 |
| Tabella 16 –Valori del CN per le differenti coperture del suolo del CLC al 4° livello (Elaborazione ADIS)..... | 39 |
| Tabella 17 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del F. Basento di interesse, da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche (secondo Gumbel)..... | 40 |
| Tabella 18 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del F. Basento di interesse, secondo la procedura VAPI Basilicata..... | 40 |
| Tabella 19 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino in esame, secondo il metodo di Nash, sulla base delle CPP derivanti dalla metodologia VAPI Basilicata..... | 42 |
| Tabella 20 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino in esame, da analisi statistica delle registrazioni idrometriche presso la stazione di Gallipoli..... | 43 |
| Tabella 21. Parametri morfometrici del sottobacino di interesse del Rio Conche..... | 48 |



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 5 di 69 |

| | |
|--|----|
| Tabella 22. Valori dei parametri (a;n) per la stazione di Ferrandina. | 49 |
| Tabella 23. VAPI: valori dei parametri (a;n) delle celle ricadenti nel sottobacino del Rio Conche in esame. | 49 |
| Tabella 24 – VAPI (portate), Regione Basilicata, Rio Conche: valori di portata al colmo in corrispondenza della sezione di chiusura di interesse. | 50 |
| Tabella 25 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del Rio Conche di interesse, da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche (secondo Gumbel). | 51 |
| Tabella 26 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del Rio Conche di interesse, secondo la procedura VAPI (piogge) Basilicata. | 51 |
| Tabella 27 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del Rio Conche in esame, secondo il metodo di Nash, sulla base delle CPP derivanti dalla metodologia VAPI Basilicata. | 52 |
| Tabella 28. Rio Conche: parametri morfometrici dei sottobacini di interesse alla prog. 1+027 della NV02. | 56 |
| Tabella 29. VAPI: valori di a e n delle celle ricadenti nei sottobacini del Rio Conche alla prog. 1+027 della NV02. | 56 |
| Tabella 30 – Portate al colmo di progetto relative ai sottobacini del Rio Conche alla prog. 1+027 della NV02. | 57 |
| Tabella 31. Parametri morfometrici del sottobacino di interesse del Fiume Bradano. | 60 |
| Tabella 32. Parametri morfometrici del sottobacino di interesse del Torrente Gravina. | 61 |
| Tabella 33. VAPI: valori dei parametri (a;n) delle celle ricadenti nel sottobacino del Fiume Bradano in esame. | 63 |
| Tabella 34 – VAPI (portate), Regione Basilicata, Fiume Bradano: valori di portata al colmo in corrispondenza della sezione di chiusura di interesse. | 64 |
| Tabella 35 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del Fiume Bradano di interesse, secondo la procedura VAPI (piogge) Basilicata. | 64 |
| Tabella 36 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del Fiume Bradano di interesse, secondo la procedura VAPI (piogge) Basilicata. | 65 |
| Tabella 37. VAPI: valori dei parametri (a;n) delle celle ricadenti nel bacino del Torrente Gravina in esame. | 66 |
| Tabella 38 – VAPI (portate), Regione Basilicata, Torrente Gravina: valori di portata al colmo in corrispondenza della sezione di chiusura di interesse. | 67 |
| Tabella 39 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del Torrente Gravina, secondo la procedura VAPI (piogge) Basilicata. | 67 |



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| IASF | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 6 di 69 |

1. PREMESSA

La presente relazione espone i risultati dell’analisi idrologica dei bacini dei corsi d’acqua maggiori interferenti con il tracciato della “Nuova linea ferroviaria *Ferrandina – Matera “La Martella”*”, nell’ambito del Progetto Definitivo denominato “*Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale*”.

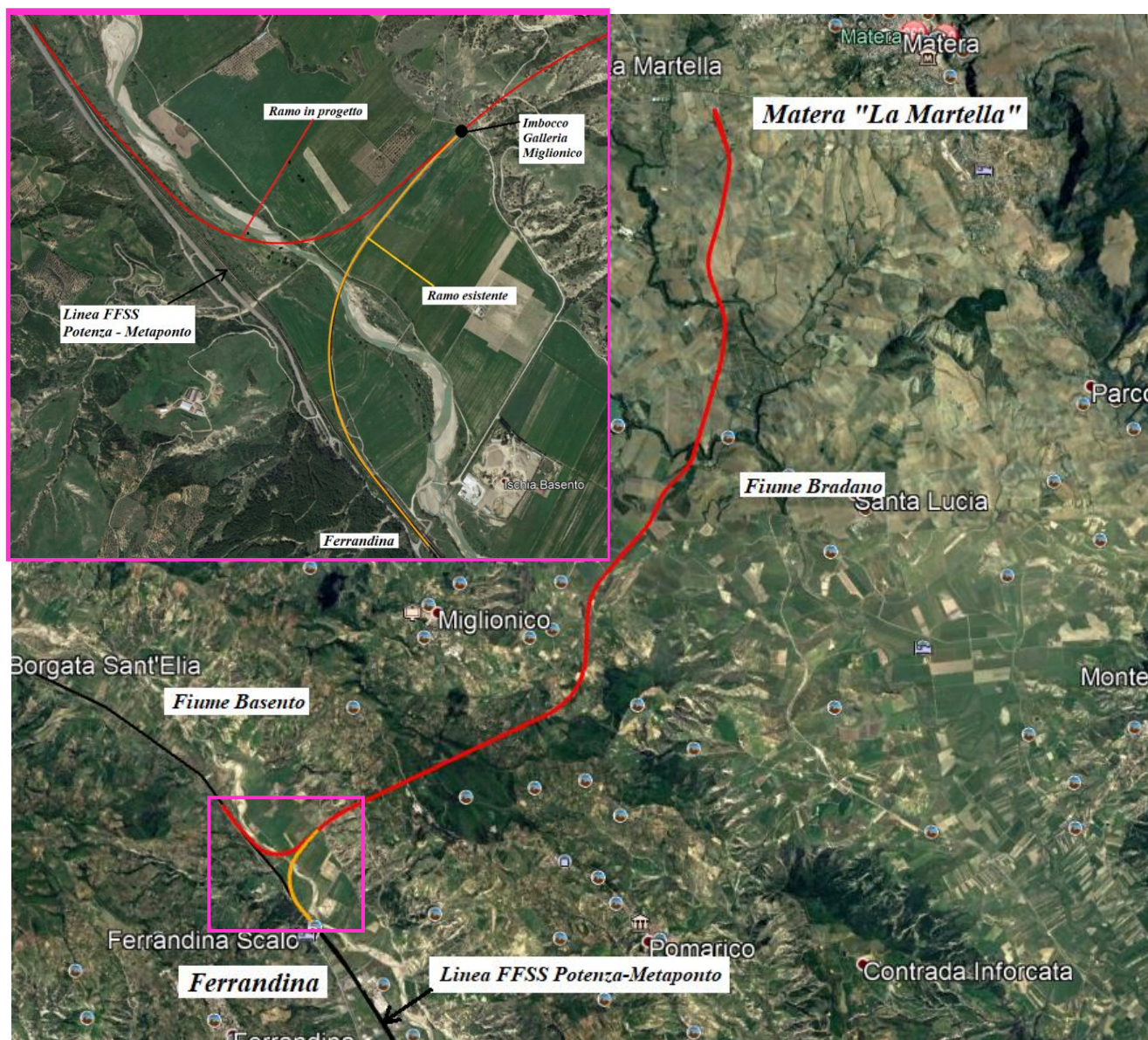


Figura 1 – Inquadramento territoriale della linea ferroviaria in progetto.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 7 di 69 |


Il progetto prevede il completamento della nuova linea a semplice binario elettrificata, che, in corretto tracciato si dirama dalla linea *Potenza – Metaponto* (Ramo A) e in tracciato deviato dalla stazione di Ferrandina Scalo (Ramo B) come naturale prosecuzione del III binario, per uno sviluppo totale di circa 22 km, fino a raggiungere il sito della nuova stazione di Matera “*La Martella*” (attrezzata con quattro binari), il tutto in sovrapposizione alle opere già esistenti, realizzate tra la fine degli anni '80 e l'inizio degli anni 2000.

La tratta esistente Ferrandina - Matera “*La Martella*” è lunga 19,910 km e si slaccia dalla stazione di Ferrandina (progressiva 233+665 della linea FFSS *Battipaglia-Potenza Inferiore-Metaponto*), per poi superare in curva, proseguendo in viadotto, la vallata del Fiume Basento, e giungere all'imbocco (lato Ferrandina) della Galleria Miglionico. Dopo l'imbocco (lato Matera) della galleria, la linea dapprima scende con pendenza costante sino all'attraversamento del Fiume Bradano, per poi salire con pendenza variabile fino a giungere la stazione di Matera “*La Martella*”. La realizzazione della *Nuova linea Ferrandina – Matera “La Martella”* permetterà l'attivazione del collegamento della città di Matera alla rete ferroviaria nazionale, in particolare con Salerno, per l'accesso al sistema AV/AC, e con Taranto, attraverso la linea *Battipaglia-Potenza-Metaponto-Taranto*.

Lungo il suo tracciato, la tratta ferroviaria in progetto attraversa i seguenti corsi d'acqua maggiori/principali:

- *Fiume Basento*, tra le progressive 1+057.35 e 2+189.42, per quanto concerne il nuovo ramo (A) in progetto che si slaccia dalla linea storica *Potenza-Metaponto*, e tra le progressive 0+708 e 1+905, con riferimento al ramo esistente (B) che si slaccia dalla stazione di Ferrandina
- *Rio Conche*, tra le progressive 9+626.26 e 9+658.21 (opera di attraversamento esistente)
- *Fiume Bradano*, tra le progressive 12+949.72 e 13+195.52 (opera di attraversamento esistente)
- *Torrente Gravina di Puglia*, tra le progressive 15+139.40 e 16+029.31 (opera di attraversamento esistente)

E' stata condotta quindi l'analisi idrologica dei bacini idrografici di tali corsi d'acqua finalizzata alla determinazione delle portate al colmo e dei relativi idrogrammi di piena, da imporre come condizione al contorno nei modelli (numerici) idraulici bidimensionali (Fiume Basento e Rio Conche) e monodimensionali (Fiume Bradano e Torrente Gravina) sviluppati.

| | | | | | |
|---|--|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|
|  | <p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”</p> | | | | |
| <p>RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI</p> | <p>COMMESSA IA5F</p> | <p>LOTTO 01</p> | <p>CODIFICA D 09 RI</p> | <p>DOCUMENTO ID 00 01 001</p> | <p>REV. B</p> <p>FOGLIO 8 di 69</p> |

Nel dettaglio, lo studio è stato effettuato secondo le seguenti fasi:

- perimetrazione dei bacini idrografici e valutazione delle relative caratteristiche morfometriche;
- raccolta ed elaborazione delle osservazioni/registrazioni presso le stazioni pluviografiche e idrometriche ricadenti nel bacino idrografico di interesse;
- valutazione delle portate al colmo nelle sezioni di chiusura considerate, mediante differenti modelli di trasformazione afflussi-deflussi, sulla base dell’elaborazione statistica dei dati pluviometrici e idrometrici disponibili e dei risultati della procedura di regionalizzazione sviluppata nell’ambito del progetto VA.PI. della Regione Basilicata;
- definizione degli idrogrammi di piena di progetto per i differenti tempi di ritorno (*Tr*) considerati.

Le analisi svolte sono state condotte in conformità a quanto previsto nell’ambito del *Piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico* (P.A.I., aggiornamento 2016) della Regione Basilicata, redatto dall’Autorità di Bacino, e del *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni* (P.G.R.A., aggiornamento 2018), redatto dall’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale, nonché nel Manuale di Progettazione Ferroviaria (RFI, 2019) e nelle Nuove NTC2018 (e relativa circolare esplicativa, n.7/2019).



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 9 di 69 |

2. INQUADRAMENTO IDROLOGICO DELL’AREA DI STUDIO

La linea ferroviaria in progetto attraversa la Regione Basilicata lungo la direzione SO-NE e si sviluppa all’interno delle vallate dei Fiumi Basento e Bradano.

Si può identificare come critica la parte iniziale compresa tra la stazione di Ferrandina e la galleria Miglionico (che si estende per circa 7 km), in cui la linea attraversa una propaggine delle “*Dolomiti Lucane*”.

Dal punto di vista idrologico, la linea ferroviaria in progetto interessa un territorio molto esteso, con caratteristiche fisiche e morfologiche differenti. Tale condizione ha richiesto un’attenta analisi delle aree di studio mirata all’individuazione delle grandezze idrologiche che meglio rappresentano la risposta attesa del bacino rispetto alle sollecitazioni meteoriche di progetto.

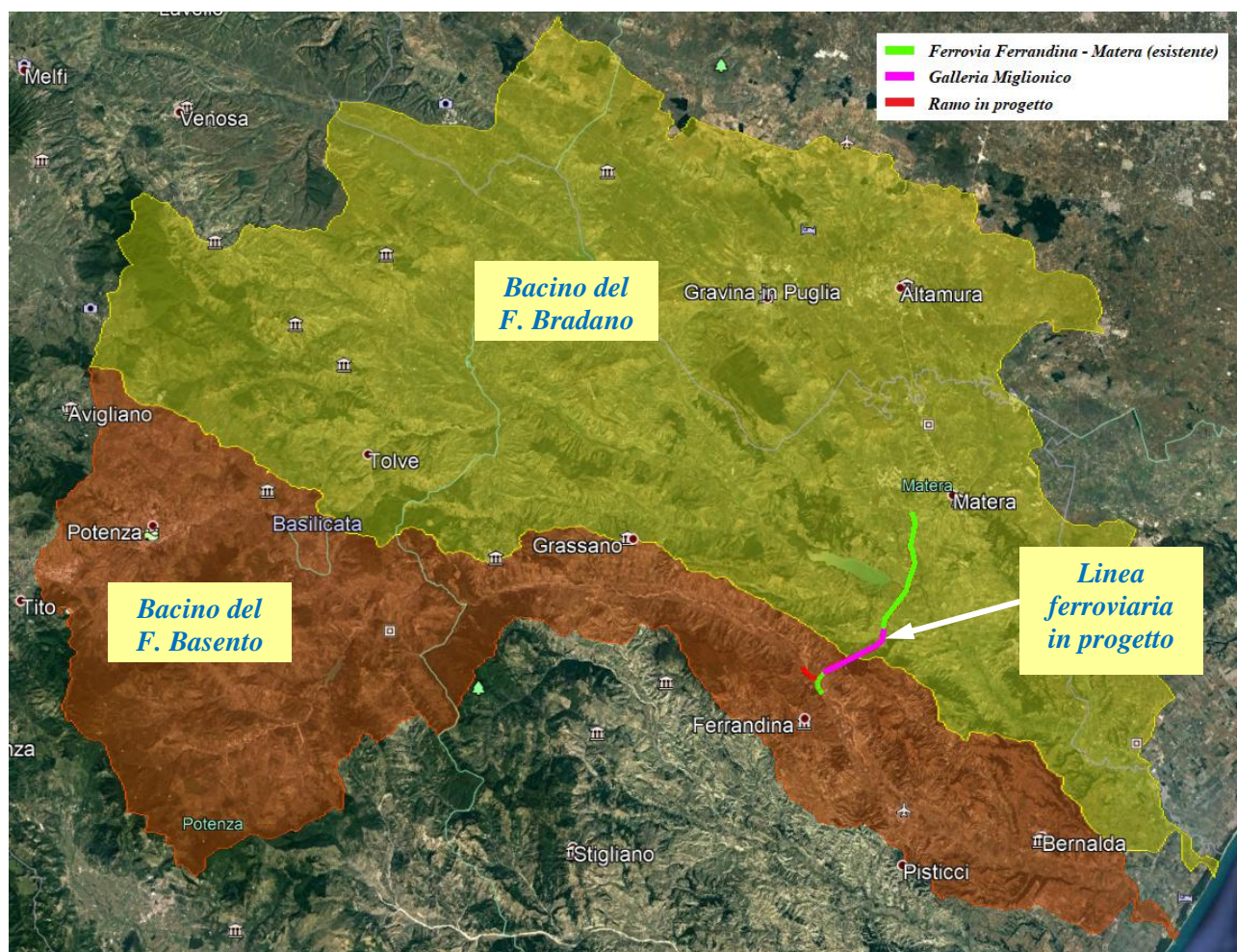



Figura 2 - Inquadramento idrologico della area di studio.

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 10 di 69 |

3. ANALISI IDROLOGICHE

Come anticipato, la tratta ferroviaria in progetto attraversa quattro corsi d’acqua maggiori/principali:

- Fiume Basento, tra le progressive 1+057.35 e 2+189.42 (Viadotto VI13), per quanto concerne il nuovo ramo (A) in progetto che si slaccia dalla linea storica *Potenza-Metaponto*, e tra le progressive 0+708 e 1+905 (viadotto VI01), con riferimento al ramo esistente (B) che si slaccia dalla stazione di Ferrandina
- Rio Conche (tributario del Fiume Bradano), tra le progressive 9+626.26 e 9+658.21 (opera di attraversamento esistente, viadotto VI02)
- Fiume Bradano, tra le progressive 12+949.72 e 13+195.52 (attraversamento esistente, viadotto VI05)
- Torrente Gravina di Puglia (affluente del Fiume Bradano), tra le progressive 15+139.40 e 16+029.31 (opera di attraversamento esistente, viadotto VI08)

Soltanto il viadotto VI13 (del nuovo ramo A che si slaccia dalla linea FS Potenza-Metaponto) sul Fiume Basento costituisce una “nuova” opera di attraversamento; i rimanenti viadotti analizzati (VI01 – Fiume Basento, VI02 -Rio Conche, VI05 – Fiume Bradano, VI08 – Torrente Gravina), appartenenti alla attuale linea ferroviaria Ferrandina – Matera “La Martella” (mai entrata in esercizio), sono già stati realizzati tra gli anni ’80 e 2000, e costituiscono pertanto delle opere esistenti, per le quali sono previsti interventi di adeguamento strutturale/sismico, oggetto di altro appalto.

E’ stata effettuata comunque l’analisi idrologica, e la successiva verifica idraulica, non soltanto del nuovo viadotto VI13 ma, per completezza, anche di queste opere di attraversamento esistenti, al fine di valutarne la compatibilità idraulica nei confronti delle normative e regolamenti vigenti.

3.1. BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME BASENTO

Il bacino del Fiume Basento è per estensione il terzo fra quelli del versante Jonico Lucano, con un’area di circa 1.535 km². Il corso d’acqua presenta una caratterizzazione morfologica montuosa-collinare nel settore settentrionale e collinare-pianeggiante nella porzione centro-orientale.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 11 di 69 |

L'area che appartiene alla provincia di Matera, comprende, totalmente o parzialmente, i Comuni di Accettura, Tricarico, Bernalda, Calciano, Ferrandina, Garaguso, Grassano, Grottole, Miglionico, Montescaglioso, Oliveto Lucano, Pisticci, Pomarico e Salandra. Nella provincia di Potenza sono ricompresi i Comuni di Marsico Nuovo, Marsico Vetere, Picerno, Sasso Castalda, Abriola, Albano di Lucania, Anzi, Brindisi, Calvello, Campomaggiore, Castelmezzano, Laurenzana, Pietrapertosa, Pignola, Potenza, Tito, Trivigno, Vaglio di Basilicata.

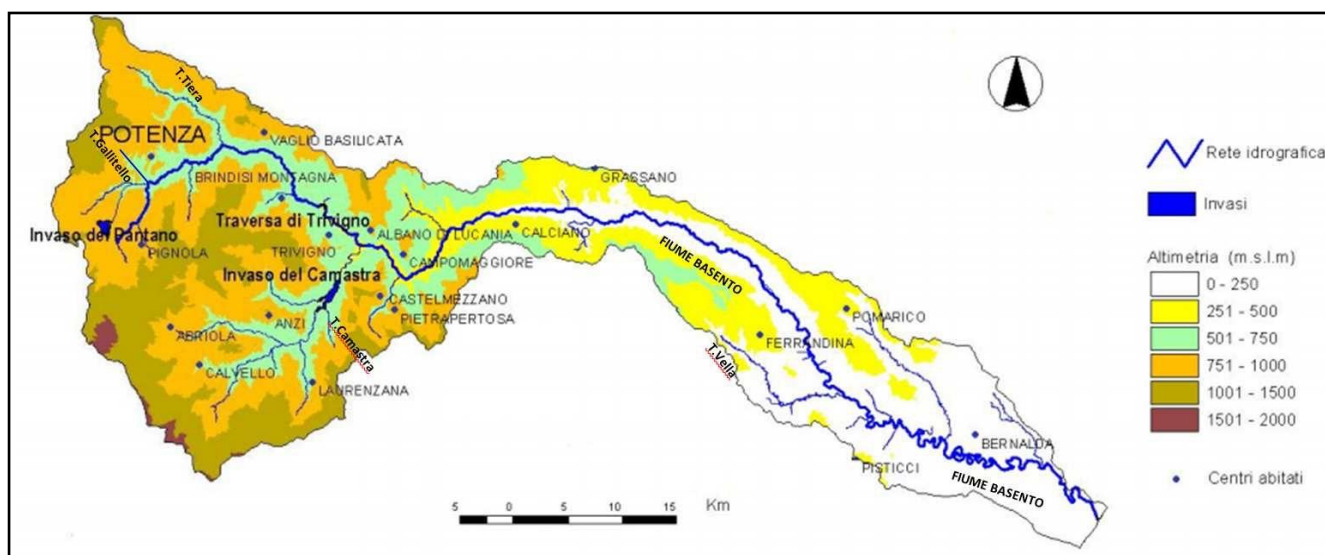



Figura 3 – Bacino del Fiume Basento (rif. P.A.I. della Regione Basilicata).

Sulla sinistra orografica la linea spartiacque del bacino, partendo dalle sorgenti del Basento, è comune a quella del Sele. Il tracciato del fiume è orientato mediamente a nord fino a raggiungere il punto più settentrionale a Toppa La Taverna, incrocio degli spartiacque dei bacini del Sele, Ofanto, Bradano e Basento.

Dalla Toppa La Taverna al mare il bacino del F. Basento, in sinistra idrografica, si mantiene adiacente a quello del F. Bradano, fino alla foce. Sulla destra orografica, dopo il breve tratto in comune con il bacino del Sele, lo spartiacque segna il confine tra i bacini del Basento e dell'Agri fino a Monte Impiso, dove subentra il bacino del Cavone. Da questo punto lo spartiacque scende al mare restando in comune con quello del Cavone, mantenendosi pressoché parallelo allo spartiacque di sinistra.

Il corso d'acqua, lungo circa 168 km, trae origine dal M. Arioso in località Fossa Cupa con direzione sud-nord fino alla confluenza con il torrente Tora. In questo tratto l'alveo è abbastanza ristretto e le sponde sono

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 12 di 69 |

notevolmente acclivi, condizionate dalle caratteristiche geologiche dei terreni. Le pendenze sono notevoli e si abbassano bruscamente in corrispondenza della confluenza con il Torrente Tora.

Fino alla confluenza con il T. Tiera il fiume Basento, con direzione ovest-est e pendenza di circa l’1%, attraversa i depositi sabbioso-argillosi, con un alveo localmente caratterizzato da una larghezza massima di 80m. Dopo la confluenza del T. Tiera il Basento riceve, in prossimità dello scalo di Albano di Lucania, le acque del torrente Camastra, suo principale tributario e parte del più ampio schema idrico Basento-Bradano-Basentello. In prossimità del territorio di Campomaggiore la pendenza del fiume aumenta, l’alveo si restringe e incide più profondamente i versanti. In questa parte del bacino, caratterizzata dalla presenza di ampie superfici boscate e da un sistema ricco di sorgenti, il corso d’acqua riceve il maggior contributo idrico rispetto al suo intero percorso. Lungo il corso medio e inferiore la pendenza si riduce in modo notevole e il fiume attraversa depositi argillosi sabbiosi. Il letto ha larghezze assai maggiori delle precedenti e presenta un andamento meandriforme, particolarmente evidente nel tronco terminale.

Per quanto concerne i principali affluenti, essi presentano caratteristiche simili al corso d’acqua principale, soprattutto nella parte superiore del bacino, dove, si evidenzia una pendenza piuttosto accentuata e un regime a carattere torrentizio. Fra i più importanti affluenti si citano, in prossimità dell’abitato di Potenza, in sinistra il Tora e il Gallitello ed in destra il torrente Rifreddo. Più a valle, come già riferito, vengono intercettate le acque del torrente Tiera e quelle del torrente Camastra.

Nella parte inferiore, costituita per lo più da solchi erosivi poco incisi, confluisce in destra il torrente Vella ed in sinistra, poco più a valle, il torrente Canale, entrambi con andamento quasi parallelo al fiume Basento.

Per quanto riguarda le aree di fondovalle queste sono interessate dalla presenza di importanti insediamenti produttivi e industriali (Val Basento), nonché di infrastrutture ferroviarie e viarie (Basentana) che, a causa della loro contiguità al sistema fluviale, costituiscono uno degli elementi di particolare attenzione nella pianificazione di bacino. I dati pluviometrici indicano precipitazioni medie annue pari a circa 766 mm, con distribuzione stagionale delle piogge abbastanza irregolare. In generale le precipitazioni sono più frequenti e abbondanti tra i mesi di ottobre e marzo, mentre si riducono nettamente nei mesi successivi.

La linea in progetto attraversa il Fiume Basento in corrispondenza di Ferrandina Scalo, nei pressi della zona industriale denominata “Val Basento”, tratto fluviale fortemente modificato dalle attività antropiche sviluppatesi nell’area a partire dagli anni ’70, tra le quali anche la realizzazione e l’implementazione di numerose opere infrastrutturali (Autostrada E847, Ferrovia, Strada Statale SS7,.....).



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IASF | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 13 di 69 |

Nello specifico, con riferimento al ramo (B) esistente, che si slaccia dalla Stazione di Ferrandina, il Fiume Basento è attraversato mediante un viadotto (VI01) costituito di 40 campate con luce pari a 30 metri. Per quanto concerne il nuovo ramo (A) in progetto, che si slaccia invece dalla linea storica Potenza-Metaponto, il Fiume Basento è attraversato mediante un viadotto (VI13) costituito di 24 campate (11 travate reticolari in acciaio con luce pari a 85 e 60 metri, e 13 campate acciaio-calcestruzzo con luce pari a 38 e 31 metri). Nella tabella seguente, sono riportate le caratteristiche morfometriche del sottobacino (di interesse) del Fiume Basento, chiuso in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario esistente (VI01).

| <i>Area Bacino</i> [kmq] | <i>Pendenza Bacino</i> [%] | <i>H_m</i> [m m.s.l.] | <i>H_{max}</i> [m m.s.l.] | <i>H₀</i> [m m.s.l.] | <i>L</i> [km] |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------|
| 1128.0 | 2.2 | 776.8 | 1824 | 74 | 78 |

Tabella 1. Parametri morfometrici del sottobacino di interesse del Fiume Basento.

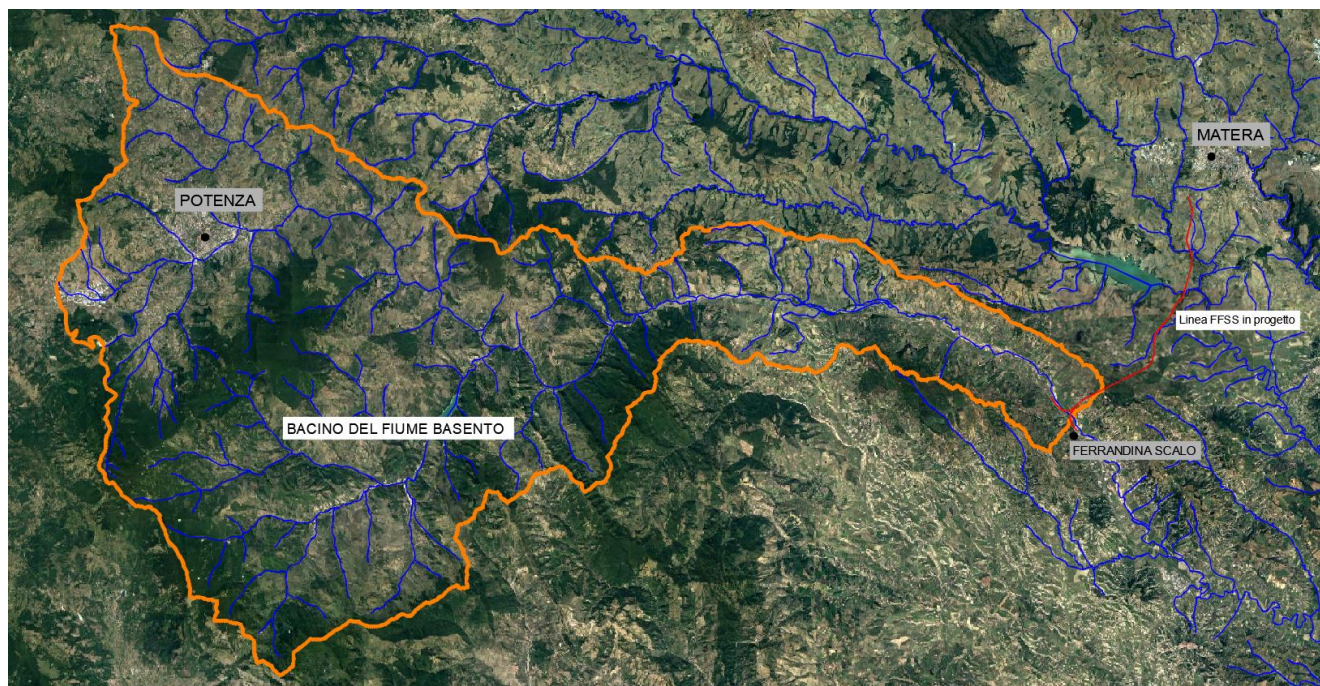



Figura 4 – Sottobacino di interesse del Fiume Basento.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 14 di 69 |

Con riferimento agli studi idrologici e idraulici condotti nell’ambito della redazione del P.A.I. e del P.G.R.A. della Regione Basilicata, per la definizione delle aree di pericolosità idraulica, secondo la classificazione: *P1 – bassa* ($Tr = 500$ anni), *P2 – media* ($Tr = 200$ anni), *P3 – elevata* ($Tr = 30$ anni), nella sezione di chiusura di interesse sono stati considerati i valori di portata al colmo riportati in tabella.

| $Q_{Tr=30}$ [m ³ /s] | $Q_{Tr=200}$ [m ³ /s] | $Q_{Tr=500}$ [m ³ /s] |
|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1155 | 1861 | 2203 |

Tabella 2. Fiume Basento: valori di portata al colmo di riferimento (fonte: P.G.R.A. della Regione Basilicata).

Tali valori sono stati considerati come “*di riferimento*” nelle successive analisi, ai fini della definizione delle portate al colmo di progetto.

3.1.1. Elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche

Sono state raccolte le registrazioni pluviometriche (fonte: Annali idrologici) delle stazioni di misura elencate in tabella, ricadenti nel sottobacino idrografico di interesse. In particolare, sono state prese in considerazione le stazioni pluviometriche con almeno 20 anni di misurazioni, nel periodo di osservazione 1935-2014.

| Stazione | Periodo di funzionamento | Numero di osservazioni |
|--------------------------------|--------------------------|------------------------|
| <i>San Nicola di Avigliano</i> | 1951-1999 | 28 |
| <i>Potenza</i> | 1935-2011 | 44 |
| <i>Tolve</i> | 1939-1987 | 31 |
| <i>Anzi</i> | 1936-1972 | 20 |
| <i>Marsico Nuovo</i> | 1939-2014 | 29 |
| <i>Isca di Tramutola</i> | 1935-2014 | 25 |
| <i>San Mauro Forte</i> | 1936-2014 | 36 |
| <i>Ferrandina</i> | 1935-2014 | 30 |
| <i>Tricarico</i> | 1935-1999 | 31 |

Tabella 3. Fiume Basento: stazioni pluviometriche ricadenti nel sottobacino di interesse.

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 15 di 69 |

I dati pluviometrici sono stati quindi elaborati statisticamente ricorrendo al metodo di Gumbel, il quale prevede l’applicazione della distribuzione doppio-esponenziale al campione di dati di precipitazione intesi come variabili indipendenti.

La funzione di probabilità cumulata che la definisce è:

$$F(x) = P(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$$

Introducendo la variabile ridotta y:

$$y = \alpha(x - u)$$

si ha la forma canonica:

$$F(y) = e^{-e^{-y}}$$

I parametri α e u sono legati alla media e alla varianza della popolazione. Sfruttando le informazioni contenute nel campione a disposizione si procede alla loro stima seguendo diversi metodi. Si otterranno parametri diversi per ogni durata di precipitazione.

Per una data durata di precipitazione, si ordinano le N altezze di precipitazione in ordine crescente e si numerano da 1 ad N . Ad ogni altezza di precipitazione si associa la relativa frequenza cumulata di non superamento, calcolata con la formula di Weibull:

$$F_i = \frac{i}{N + 1}$$

A denominatore si ha $N+1$ in luogo di N per evitare che il più grande evento verificatosi sia caratterizzato da una frequenza cumulata di non superamento pari a 1: valore che rappresenta l’evento impossibile da superare. Il metodo di Gumbel per la stima dei parametri della distribuzione si basa sull’ipotesi di confondere la probabilità di non superamento di una certa altezza di precipitazione (relativa ad una popolazione) con la sua frequenza cumulata di non superamento (che si riferisce, invece ad un campione della popolazione suddetta), cioè:

$$F(h_i) \cong F_i$$

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 16 di 69 |

La variabile ridotta da associare ad ogni altezza di precipitazione viene quindi calcolata come:

$$F(h_i) = F_i = F(y) = e^{-e^{-y}} \quad \text{e} \quad F_i = \frac{i}{N+1} \Rightarrow y_i = -\ln \left[-\ln \left(\frac{i}{N+1} \right) \right]$$

Con questa assunzione, la variabile ridotta y dipende soltanto da h (= precipitazione) secondo la relazione lineare:

$$y = \alpha(h - u)$$

La stima dei parametri α e u si ottiene sfruttando il metodo dei momenti, in base al quale i parametri della distribuzione vengono ottenuti eguagliando la media campionaria alla media della distribuzione della popolazione. Si ottengono quindi per α e u le seguenti espressioni:

$$\alpha = \frac{1.283}{S_h} \quad u = m_h - \frac{0.577}{\alpha}$$

Richiamando il concetto di tempo di ritorno, T_r , cioè il tempo che mediamente trascorre tra la realizzazione di un evento e di un altro di entità uguale o superiore, si riesce ad ottenere l'espressione che esprime le altezze di precipitazione in funzione del tempo di ritorno:

$$T_r(h) = \frac{1}{1 - F(h)} \Rightarrow F(h) = \frac{T_r - 1}{T_r}$$

$$e^{-e^{-\alpha(h-u)}} = \frac{T_r - 1}{T_r} \Rightarrow h = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left[-\ln \left(\frac{T_r - 1}{T_r} \right) \right]$$

E' stata quindi ricavata l'espressione analitica della funzione $h(T_r, \tau)$ che fornisce il valore di precipitazione (h) in funzione del tempo di ritorno per una prefissata durata di precipitazione. Si vuole ora trovare un'espressione analitica che, per un dato tempo di ritorno, fornisca l'altezza di precipitazione in funzione della durata.

A questo scopo, si assegna alla funzione $h(T_r, \tau)$ la seguente forma:

$$h(T_r, \tau) = a(T_r) \tau^n$$



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IASF | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 17 di 69 |

Queste equazioni, una per ogni prefissato tempo di ritorno, sono dette curve di possibilità pluviometrica (o climatica). L'intensità di precipitazione $j(T_r, \tau)$ è definita come l'altezza di precipitazione per unità di tempo ed ha la forma:

$$j(T_r, \tau) = \frac{h(T_r, \tau)}{\tau} = a \tau^{n-1}$$

Passando alla notazione logaritmica, l'equazione della curva di possibilità pluviometrica assume la forma lineare, e viene ottenuta interpolando i valori per regressione lineare ai minimi quadrati. Gli scarti da minimizzare sono quelli verticali, in quanto la misura di h soffre di maggiori incertezze rispetto a quella del tempo di precipitazione.

$$\log h = \log a + n \log \tau$$

Nella tabella seguente, sono riportati i valori a e n relativi ad ogni stazione pluviometrica considerata, per diversi tempi di ritorno.

| Stazione | TR (anni) = 30 | | TR (anni) = 200 | | TR (anni) = 300 | | TR (anni) = 500 | |
|--------------------------------|----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
| | a | n | a | n | a | n | a | n |
| <i>San Nicola di Avigliano</i> | 32.65 | 0.29 | 42.03 | 0.29 | 44.02 | 0.29 | 46.53 | 0.29 |
| <i>Potenza</i> | 35.75 | 0.23 | 46.52 | 0.22 | 48.80 | 0.21 | 51.68 | 0.21 |
| <i>Tolve</i> | 37.90 | 0.34 | 50.42 | 0.33 | 53.08 | 0.33 | 56.43 | 0.33 |
| <i>Anzi</i> | 29.07 | 0.32 | 36.19 | 0.33 | 37.71 | 0.33 | 39.61 | 0.33 |
| <i>Marsico Nuovo</i> | 44.32 | 0.24 | 59.43 | 0.21 | 62.64 | 0.20 | 66.69 | 0.20 |
| <i>Isca di Tramutola</i> | 56.02 | 0.29 | 76.81 | 0.27 | 81.23 | 0.27 | 86.80 | 0.26 |
| <i>San Mauro Forte</i> | 46.73 | 0.36 | 62.74 | 0.36 | 66.15 | 0.36 | 70.43 | 0.36 |
| <i>Ferrandina</i> | 41.82 | 0.37 | 54.48 | 0.38 | 57.17 | 0.38 | 60.56 | 0.39 |
| <i>Tricarico</i> | 35.03 | 0.38 | 44.95 | 0.39 | 47.06 | 0.40 | 49.72 | 0.40 |

Tabella 4. Valori dei parametri ($a;n$) relativi alle stazioni pluviometriche ricadenti nel sottobacino di interesse.

L'altezza di pioggia, ragguagliata all'area del bacino, può essere dunque valutata mediante l'applicazione del metodo dei poligoni di Thiessen (o dei topoiati).

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 18 di 69 |

In particolare, il volume di pioggia (V_p) caduto all'interno di un poligono di Thiessen o topoieta (Figura 5) è uguale all'altezza di precipitazione misurata nella relativa stazione pluviometrica per l'area del poligono. Il volume di pioggia caduto sull'intero bacino sarà quindi fornito dalla somma dei prodotti di cui prima con l'avvertenza che, per quei topoieta che parzialmente ricadono fuori dalla regione in esame, si dovrà considerare solo l'area della porzione del poligono o del topoieta che appartiene al bacino:

$$V_p = \sum_{i=1}^N h_i (\Omega_i \cap S)$$

in cui i è il generico topoieta/poligono di Thiessen; N , il numero dei topoieta; h_i , l'altezza di pioggia misurata nella stazione; Ω_i è l'area del topoieta; S , la superficie del bacino. Quindi, l'altezza di pioggia (h) ragguagliata all'area può essere dedotta come $h = V_p/S$.

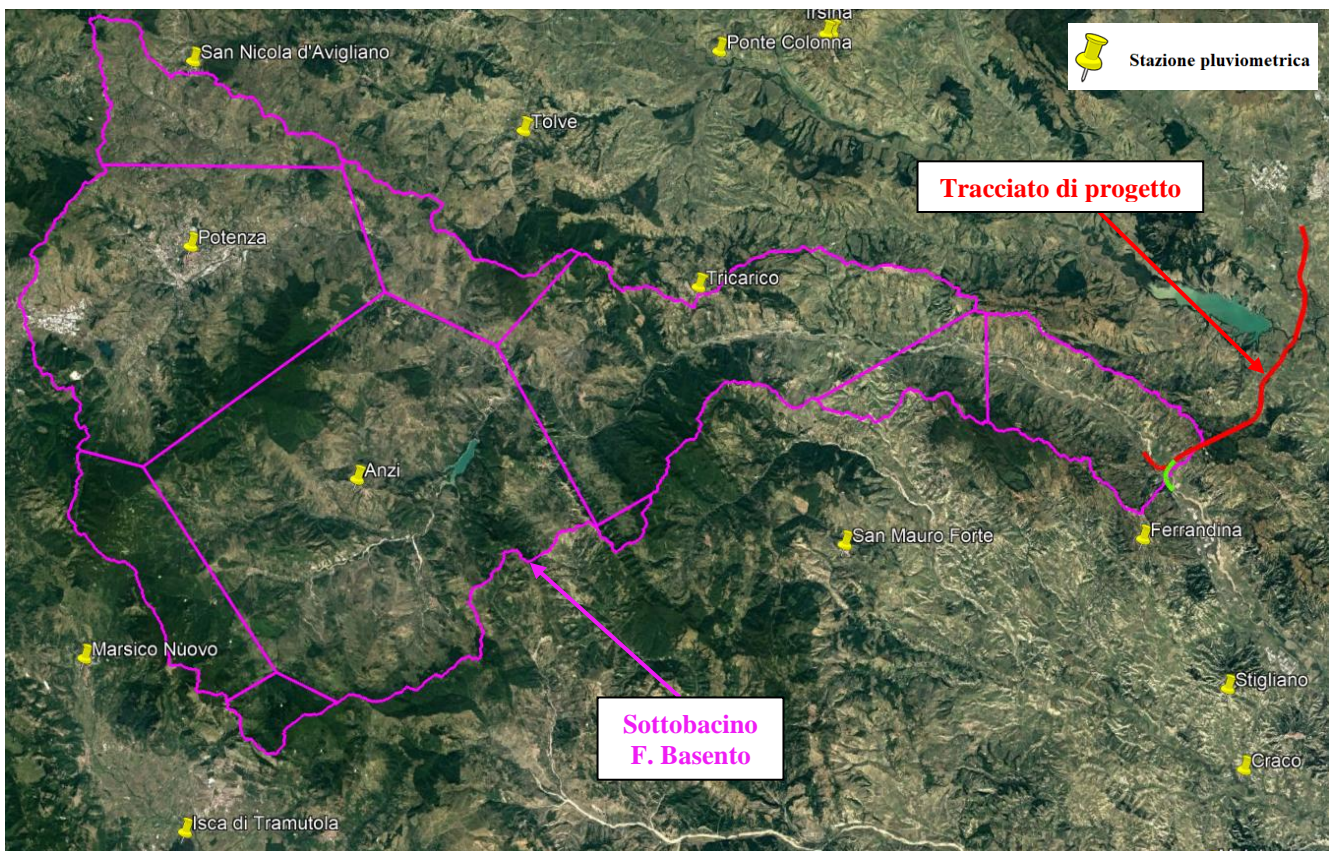



Figura 5 – Sottobacino del F. Basento: stazioni pluviometriche di riferimento e relativi poligono di Thiessen.

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 19 di 69 |

3.1.2. VA.PI. Basilicata

Nell'ambito del progetto VAPI-CNR dello studio del GNDCI (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche), gli afflussi naturali sono stati determinati, per assegnati tempi di ritorno, tramite l'impiego di piogge estreme regionalizzate con il modello probabilistico che adotta la distribuzione TCEV (Two-Component Extreme Value).

L'adozione di tale metodo d'indagine idrologica è stata ritenuta più appropriata per l'area in oggetto, in quanto garantisce risultati già ampiamente testati e quindi ritenuti sufficientemente cautelativi rispetto a quelli desumibili dai metodi tradizionali di elaborazione statistica (come dimostrato nei paragrafi successivi).

PLUVIOMETRIA

I dati pluviometrici analizzati sono desunti dalle pubblicazioni del Servizio Idrografico Italiano (oggi SIMN) relative ai Compartimenti di Catanzaro, Bari e Napoli.

Tali dati sono relativi a 55 stazioni pluviografiche con almeno 15 anni di funzionamento, aggiornati al 1992. Alcune stazioni sono situate all'esterno dei limiti di bacino allo scopo di migliorare le stime dei parametri areali relativi ai bacini idrografici.

IDROMETRIA

Le stazioni considerate nell'analisi delle portate al colmo di piena con le relative statistiche principali sono riportate nella tabella seguente.

I dati utilizzati sono stati ottenuti da quelli originari del Servizio Idrografico tramite regolarizzazione per mezzo di scale di deflusso di piena appositamente tarate, operazione che ha eliminato numerose incongruenze emerse dal confronto tra i dati di più stazioni relativamente agli stessi eventi.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 20 di 69 |

| Cod. | Stazione | n° dati | Media | C _v | C _a |
|------|------------------------|---------|-------|----------------|----------------|
| 1.1 | Bradano a S.Giuliano | 17 | 507 | 0.79 | 1.03 |
| 1.3 | Bradano a p.te Colonna | 32 | 202 | 0.76 | 1.21 |
| 2.0 | Basento a Menzena | 24 | 401 | 0.63 | 1.57 |
| 2.1 | Basento a Gallipoli | 38 | 353 | 0.63 | 2.25 |
| 2.3 | Basento a Pignola | 28 | 35 | 0.43 | 1.1 |
| 3.2 | Agri a Tarangelo | 32 | 189 | 0.38 | 0.75 |
| 3.4 | Agri a Le Tempe | 27 | 87 | 0.15 | 0.55 |
| 4.0 | Sinni a Valsinni | 22 | 555 | 0.55 | 2.42 |
| 4.1 | Sinni a Pizzutello | 19 | 262 | 0.25 | 0.75 |

Tabella 5. Principali statistiche delle serie storiche dei massimi annuali delle portate al colmo di piena (Media in [mc/s]; C_v= coefficiente di variazione; C_a = coefficiente di asimmetria).

Distribuzione TCEV

La legge di distribuzione probabilistica per la variabile casuale X è la Two Component Extreme Value (TCEV), secondo cui i valori estremi di una grandezza idrologica provengono da due diverse popolazioni: una degli eventi normali e un'altra degli eventi eccezionali (outliers), legati a differenti fenomeni meteorologici.

Tale distribuzione ha la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (log-normale, Gumbel, Fréchet, ecc.) riescono a rendere conto.

La funzione di distribuzione di probabilità della X è funzione di quattro parametri: $\Lambda_{b,d}$, $\Theta_{b,d}$, $\Lambda_{s,d}$ e $\Theta_{s,d}$, che esprimono il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori a una soglia delle due popolazioni ($\Lambda_{b,d}$ e $\Lambda_{s,d}$) e il loro valore medio ($\Theta_{b,d}$ e $\Theta_{s,d}$) con $\Lambda_{b,d}$, $\Theta_{b,d}$ relativi ad una componente base contenente i valori medi e bassi e $\Lambda_{s,d}$, $\Theta_{s,d}$ relativi ad una componente straordinaria contenente i valori più elevati.

$$P(X) = e^{\left(-\Lambda_{b,d} e^{-\frac{X}{\Theta_{b,d}}} - \Lambda_{s,d} e^{-\frac{X}{\Theta_{s,d}}} \right)}$$

Se si pone $\Theta^* = \Theta_{s,d} / \Theta_{b,d}$ e $\Lambda^* = \Lambda_{s,d} / \Lambda_{b,d}^{1/\Theta^*}$, si può considerare la quaterna di parametri Λ^* , Θ^* , $\Lambda_{b,d}$ e $\Theta_{b,d}$. La funzione di distribuzione di probabilità della variabile casuale X è espressa come segue:



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 21 di 69 |

$$P(X) = e^{\left(-\Lambda_{b,d} e^{-\frac{X}{\Theta_{b,d}}} - \Lambda^* \Lambda_{b,d}^{1/\Theta^*} e^{-\frac{X}{\Theta^* \Theta_{b,d}}} \right)}$$

Si può dimostrare che il coefficiente d'asimmetria $\zeta(X)$ dipende soltanto dai parametri Λ^* e Θ^* , il coefficiente di variazione $\gamma(X)$ dipende dai parametri Λ^* , Θ^* e $\Lambda_{b,d}$ e la media $\mu(X)$ dipende dai parametri Λ^* , Θ^* , $\Lambda_{b,d}$, $\Theta_{b,d}$ che si esprime con:

$$\mu(X) = \left[\ln \Lambda_{b,d} + 0,5772 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda^{*j}}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\Theta^*}\right) \right] \Theta_{b,d}$$

dove posto:

$$\beta = \left[\ln \Lambda_{b,d} + 0,5772 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda^{*j}}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\Theta^*}\right) \right]$$

si ha:

$$P(X) = e^{\left(-\Lambda_{b,d} e^{-\beta \frac{X}{\mu(X)}} - \Lambda^* \Lambda_{b,d}^{1/\Theta^*} e^{-\beta \frac{X}{\Theta^* \mu(X)}} \right)}$$

Sostituendo nella precedente espressione il coefficiente di crescita $K_T = X/\mu(X)$ si ottiene:

$$P(X) = e^{\left(-\Lambda_{b,d} e^{-\beta K_T} - \Lambda^* \Lambda_{b,d}^{1/\Theta^*} e^{-\beta \frac{K_T}{\Theta^*}} \right)}$$

che in forma implicita fornisce la curva di crescita $K(Tr)$ della variabile X , dove Tr è il tempo di ritorno di X :

$$Tr = \frac{1}{1 - P(K_T)} \quad [*]$$

| | | | | | | |
|---|---|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 22 di 69 |

Leggi di variazione dei coefficienti di crescita con il periodo di ritorno – Regione Basilicata

PLUVIOMETRIA – PIOGGE GIORNALIERE

La Basilicata viene considerata come un’unica zona omogenea al primo livello e divisa in due sottozone omogenee al secondo livello. Si considera una sottozona Nord composta da 70 stazioni e una sottozona Sud-Ovest comprendente le rimanenti 8, come indicato nella figura seguente.

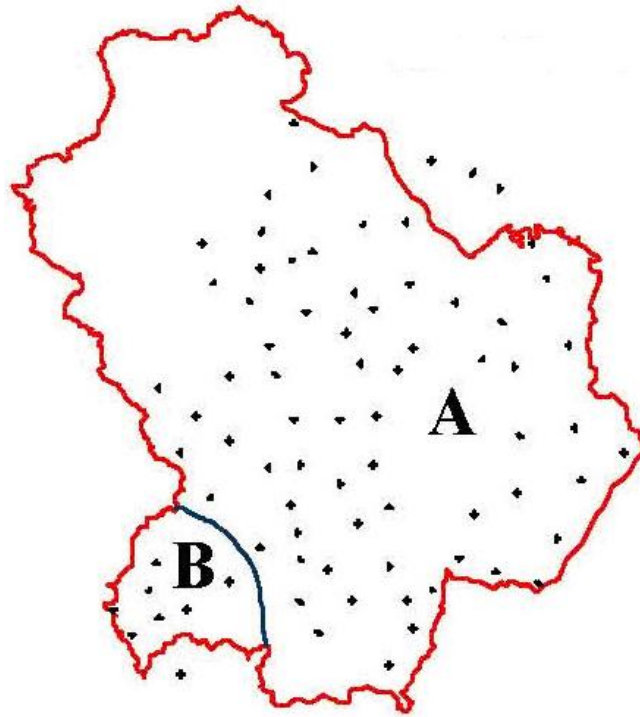


Figura 6. VAPI – Regione Basilicata: sottozone pluviometriche omogenee.

I parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Basilicata sono:

| SOTTOZONA | A_* | θ_* | A_I | η |
|-----------|-------|------------|-------|--------|
| A | 0.104 | 2.632 | 20.64 | 3.841 |
| B | 0.104 | 2.632 | 55.23 | 4.825 |

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



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 23 di 69 |

ritorno Tr e valore del coefficiente di crescita K_T , prima derivata (equazione [*]), che nel caso in esame (sulla base della simbologia dei parametri adottata nella Regione Basilicata) può essere riscritta come segue:

$$Tr = \frac{1}{1 - e^{\left[-\Lambda_1 e^{-\eta K_T} - \Lambda_* \Lambda_1^{\frac{1}{\theta_*}} e^{\frac{-\eta K_T}{\theta_*}} \right]}} \quad [**]$$

Più utile è la forma inversa, per cui, fissato un valore di Tr del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T .

Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano di seguito i valori di K_T ottenuti numericamente dalla relazione precedente([**]) per alcuni valori del periodo di ritorno.

| Tr (anni) | 2 | 5 | 10 | 20 | 25 | 40 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| K_T (SZO A) | 0.92 | 1.25 | 1.49 | 1.74 | 1.83 | 2.03 | 2.14 | 2.49 | 2.91 | 3.50 | 3.97 |
| K_T (SZO B) | 0.97 | 1.10 | 1.20 | 1.30 | 1.34 | 1.42 | 1.46 | 1.61 | 1.78 | 2.02 | 2.21 |

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento ad una espressione semplificata del tipo:

$$K_T = \left(\frac{\theta_* \text{Ln} \Lambda_*}{\eta} + \frac{\text{Ln} \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \text{Ln} T$$

che, dati i valori assunti dai parametri della distribuzione TCEV in Basilicata, diventa:

$$(SZO A) K_T = -0.7628 + 0.6852 \text{Ln}(Tr)$$

$$(SZO B) K_T = -0.4032 + 0.5455 \text{Ln}(Tr)$$

IDROMETRIA – PORTATE ISTANTANEE

Al 1° livello di regionalizzazione si sono assunti validi, per la Basilicata, i parametri $\Lambda_* e \theta_*$ nazionali. Si è infatti ritenuto che la rappresentatività della serie dei dati disponibile fosse troppo bassa (poche serie e non eccessivamente lunghe) per mettere in discussione l'ipotesi di appartenenza della Basilicata alla zona unica Nazionale nella quale $\Lambda_* e \theta_*$ sono ipotizzati costanti.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 24 di 69 |

I valori assunti, validi per tutta l’Italia appenninica ed insulare, ad eccezione della Sardegna, sono:

$$A_* = 2.654; \quad \Theta_* = 0.350$$

ai quali corrisponde un coefficiente di asimmetria teorico $C_a = 2.32$.

Al secondo livello si è effettuata, per ogni singolo sito idrometrografico, la stima regionale del parametro A_I della TCEV, avendo vincolato la stima a $A_* \cdot \Theta_*$ per i quali si sono assunti i valori nazionali. La procedura di stima utilizzata è quella di massima verosimiglianza (MV).

Si sono individuate tre sottozone omogenee, così come mostrato nella figura che segue:

- **Sottozona A:** si identifica con l’intero bacino del Bradano. Tale bacino è in assoluto quello caratterizzato dalla maggiore aridità di tutta la regione, caratteristica che induce bassi valori di A_I , tra le altre cose, anche a causa del fatto che il suolo è il più delle volte asciutto prima delle piene. Va poi rimarcata la presenza di zone carsiche all’interno del bacino.

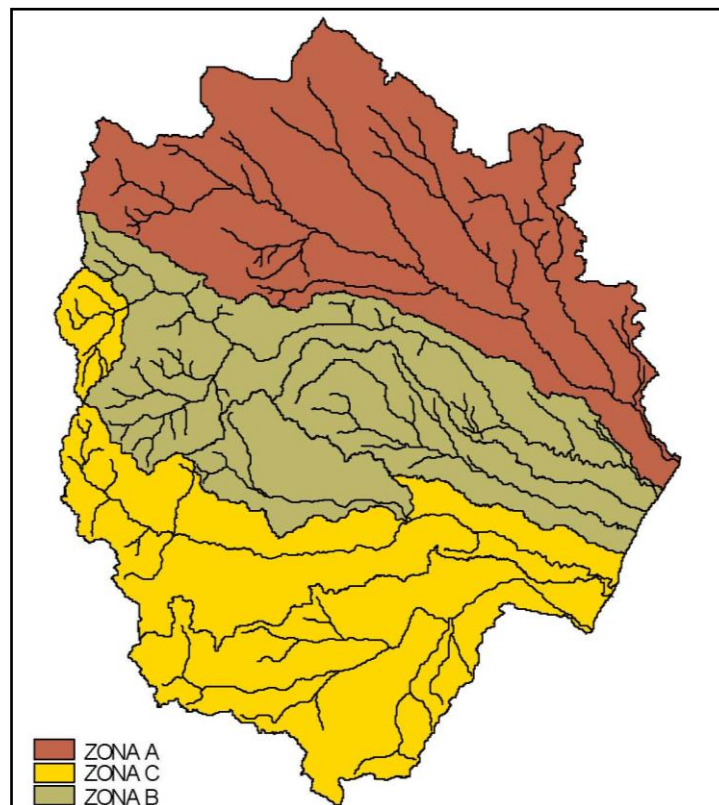


Figura 7. VAPI – Regione Basilicata: sottozone idrometriche omogenee.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 25 di 69 |

- **Sottozona B:** comprendente il medio e basso bacino del Basento, le cui caratteristiche sono non molto dissimili da quelle della zona A, anche se il numero medio degli eventi è leggermente maggiore. Ai fini di questa suddivisione, il basso Basento si può approssimativamente far iniziare a valle della città di Potenza; pertanto, il nostro intervento rientra in questa sottozona omogenea.
- **Sottozona C:** dove si fa rientrare l'Agri, il Sinni e l'alto bacino del Basento ovvero la zona a monte di Potenza. In quest'ultima sottozona il numero degli eventi piovosi significativi ai fini delle piene è molto maggiore rispetto agli altri bacini del versante ionico.

La stima del parametro Λ_1 regionale è stata effettuata quindi separatamente per le tre sottozone computando la media pesata del parametro $Cv_1 = \frac{0.557}{(\log \Lambda_1 - 0.251)}$, che è meno variabile e distorto di Λ_1 , e passando poi dal valore medio di Cv_1 al valore cercato di Λ_1 .

I valori regionali ottenuti per Λ_1 relativamente ad ogni sottozona omogenea sono riportati nella tabella seguente:

| | STAZIONE | Cv | Λ_1 | Cv_1 | Cv_{1med} | Λ_{1REG} |
|---------------|------------------------|------|-------------|--------|--------------|------------------|
| ZONA A | BRADANO A S.GIULIANO | 0.79 | 2.9757 | 0.7687 | 0.694 | 3.561 |
| | BRADANO A P.TE COLONNA | 0.76 | 4.4492 | 0.6194 | | |
| ZONA B | BASENTO A MENZENA | 0.63 | 6.4369 | 0.5256 | 0.500 | 7.302 |
| | BASENTO A GALLIPOLI | 0.63 | 8.3992 | 0.4739 | | |
| ZONA C | BASENTO A PIGNOLA | 0.43 | 19.8687 | 0.3595 | 0.355 | 20.849 |
| | AGRI A TARANGELO | 0.38 | 20.2427 | 0.3576 | | |
| | SINNI A VALSINNI | 0.55 | 19.7996 | 0.3598 | | |
| | SINNI A PIZZUTELLO | 0.25 | 23.8833 | 0.3419 | | |

In definitiva, i valori dei parametri della distribuzione (delle portate) TCEV, per l'intera Basilicata, sono:

| SOTTOZONA | Λ^* | Θ^* | Λ_1 | η |
|-----------|-------------|------------|-------------|--------|
| A | 0.350 | 2.654 | 3.56 | 2.598 |
| B | 0.350 | 2.654 | 7.30 | 3.316 |
| C | 0.350 | 2.654 | 20.8 | 4.363 |

Si riportano in tabella i valori di K_T ottenuti numericamente dalla [**] per alcuni valori del tempo di ritorno:



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 26 di 69 |

| Tr (anni) | 2 | 5 | 10 | 20 | 25 | 40 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $K_T(SZO A)$ | 0.81 | 1.44 | 1.96 | 2.55 | 2.76 | 3.21 | 3.43 | 3.12 | 4.83 | 5.76 | 6.47 |
| $K_T(SZO B)$ | 0.85 | 1.34 | 1.75 | 2.21 | 2.38 | 2.73 | 2.90 | 3.45 | 4.00 | 4.73 | 5.29 |
| $K_T(SZO C)$ | 0.89 | 1.26 | 1.57 | 1.92 | 2.05 | 2.31 | 2.45 | 2.86 | 3.28 | 3.84 | 4.26 |

Adoperando l'espressione semplificata sopra introdotta, i fattori di crescita possono essere calcolati con le seguenti formule:

$$(SZO A) K_T = -0.5836 + 1.022 \ln Tr$$

$$(SZO B) K_T = -0.2407 + 0.8004 \ln Tr$$

$$(SZO C) K_T = 0.0575 + 0.6083 \ln Tr$$

Stima del valor medio

LEGGI DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICHE

Obiettivo del terzo livello di regionalizzazione dei massimi annuali delle piogge brevi è la definizione di relazioni utili alla valutazione del valor medio della distribuzione del massimo annuale della grandezza di interesse in un generico sito, o come valore caratteristico di un'area.

Data l'elevata variabilità spaziale di tale parametro di posizione, in presenza di dati la stima migliore risulta dal calcolo diretto.

Nei siti provvisti di stazione di misura o i cui dati siano giudicati inaffidabili, la stima del parametro di posizione è solitamente affidata a relazioni, che vengono istituite per aree omogenee, tra il valor medio della distribuzione del massimo annuale dell'altezza di precipitazione in durata d , $m(h(d))$, e parametri come quota, distanza dal mare, esposizione.

L'individuazione delle aree omogenee al terzo livello avviene solitamente con riferimento alle medie $m(h_g)$ delle piogge giornaliere, sempre per ragioni legate alla maggiore disponibilità di stazioni e dati/stazione. Tuttavia, per la regione in indagine, precedenti analisi sulla variabilità spaziale di $m(h_g)$ non hanno consentito di individuare aree nelle quali fossero evidenti legami quali quelli sopra accennati.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 27 di 69 |

In assenza delle indicazioni su eventuali aree omogenee al III livello, l’analisi delle medie delle piogge brevi è consistita nell’identificazione delle isoiete di $m(h(d))$ per le diverse durate.

Poiché non si sono individuate aree omogenee rispetto alle leggi di probabilità pluviometriche, la loro determinazione su un’area quale può essere, ad esempio, un bacino idrografico viene determinata a seguito di una operazione di media sui parametri a ed n della legge di pioggia:

$$m(h(d)) = a \cdot d^n$$

Per fornire dati utili per valutazioni idrologiche speditive, questa operazione è stata eseguita non solo per tutti i bacini monitorati in passato dal SIMN in Basilicata, incluse le aree comprese tra sezioni successive lungo il corso d’acqua, ma anche per celle di 10 km di lato che ricoprono l’intero territorio lucano, come mostrato nella figura seguente.

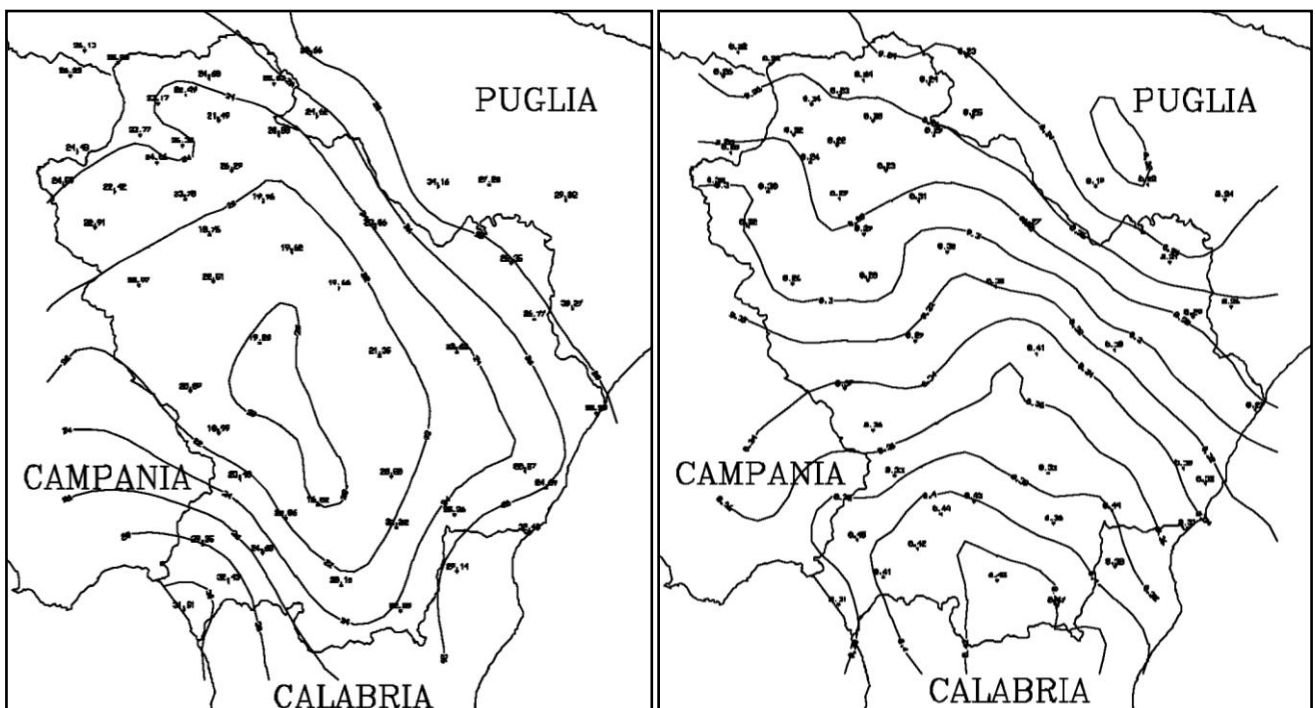


Figura 8. VAPI (piogge) – Regione Basilicata: isolinee dei parametri a (a sinistra) e n (a destra) della curva di probabilità pluviometrica.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IASF | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 28 di 69 |

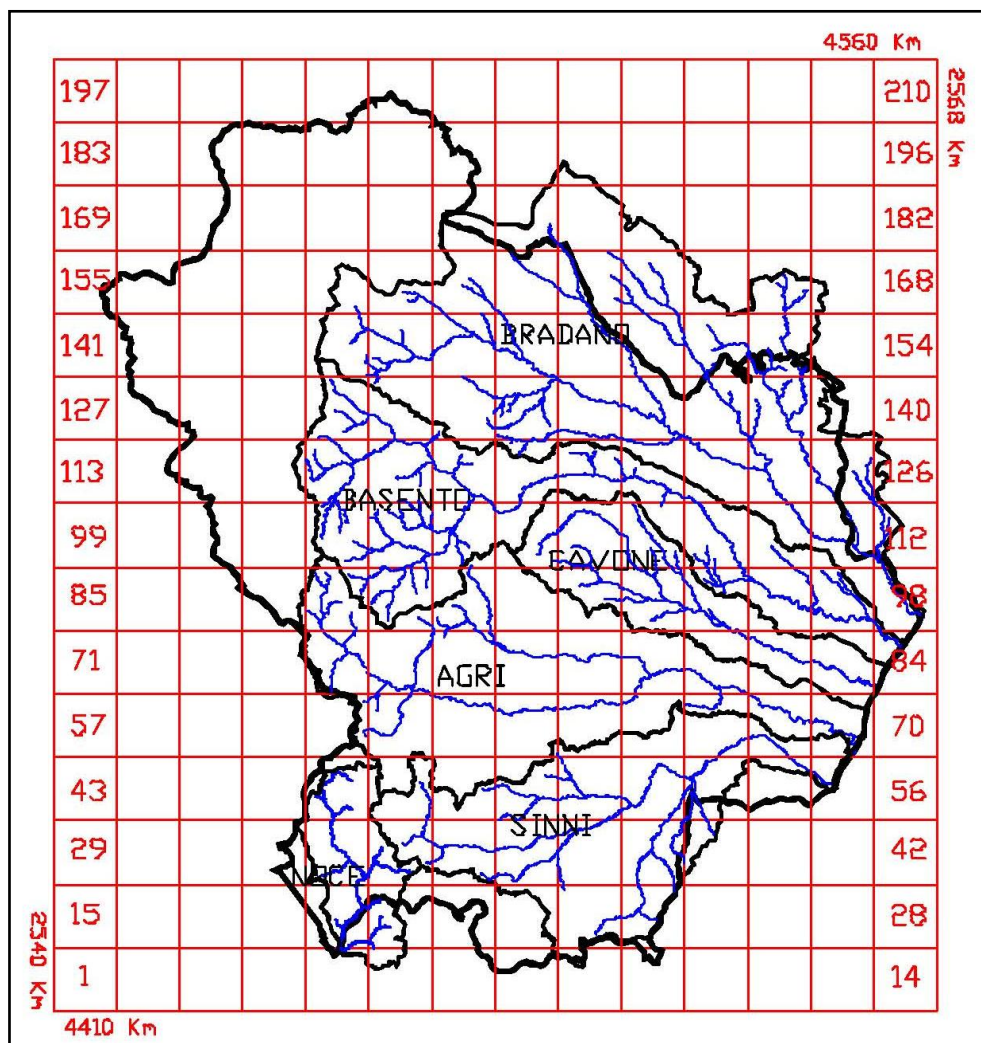


Figura 9. VAPI (pioggia) – Regione Basilicata: Suddivisione della regione in esame in celle di lato 10 km.

Per ogni cella, identificata da una numerazione che procede da Ovest verso Est e da Sud verso Nord, sono riportati i valori medi di $\log(a)$ e di n .

Usando i valori di $\log(a)$ e di n relativi alle celle, si può ottenere l'espressione della legge di pioggia riferita ad un'area attraverso la media pesata dei suddetti valori tra le celle che ricoprono l'area stessa.

Con riferimento al sottobacino del F. Basento in esame, di seguito si riportano le celle ricadenti all'interno del suo perimetro unitamente ai rispettivi valori di a e n , nonché dell'estensione.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 29 di 69 |

| Cella VAPI | Area (kmq) | log(a) | a | n |
|------------|------------|--------|------|-------|
| 89 | 18.6 | 1.318 | 20.8 | 0.341 |
| 90 | 77.5 | 1.301 | 20.0 | 0.339 |
| 91 | 23.4 | 1.301 | 20.0 | 0.347 |
| 103 | 83 | 1.316 | 20.7 | 0.32 |
| 104 | 100 | 1.301 | 20.0 | 0.322 |
| 105 | 93.3 | 1.301 | 20.0 | 0.333 |
| 106 | 39.4 | 1.316 | 20.7 | 0.346 |
| 108 | 10.12 | 1.355 | 22.6 | 0.327 |
| 109 | 23.3 | 1.38 | 24.0 | 0.307 |
| 116 | 13 | 1.336 | 21.7 | 0.299 |
| 117 | 98.7 | 1.32 | 20.9 | 0.299 |
| 118 | 100 | 1.311 | 20.5 | 0.304 |
| 119 | 92 | 1.304 | 20.1 | 0.322 |
| 120 | 70.3 | 1.321 | 20.9 | 0.327 |
| 121 | 83.4 | 1.342 | 22.0 | 0.322 |
| 122 | 55.6 | 1.377 | 23.8 | 0.303 |
| 123 | 9.4 | 1.405 | 25.4 | 0.281 |
| 131 | 72.1 | 1.331 | 21.4 | 0.287 |
| 132 | 54.4 | 1.324 | 21.1 | 0.298 |
| 133 | 4.3 | 1.322 | 21.0 | 0.31 |
| 145 | 5.7 | 1.348 | 22.3 | 0.28 |

Tabella 6 – VAPI (piogge), Regione Basilicata: celle ricadenti all'interno del sottobacino del F. Basento di interesse.

Operando la media pesata (rispetto all'area di ogni cella), si ottengono i seguenti valori medi validi per il sottobacino di interesse: $a = 20.94$; $n = 0.317$. In definitiva, la curva di possibilità pluviometrica di riferimento assume la seguente forma:

$$h(Tr,d) = K_{Tr} \cdot m(h(d)) = K_{Tr} \cdot a \cdot d^n = K_{Tr} \cdot 20.94 \cdot d^{0.317}$$

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 30 di 69 |

PORTATA DI PIENA MEDIA ANNUA

Per poter pervenire alla stima della distribuzione di probabilità delle X in una generica sezione fluviale, l'unico parametro che rimane da ricavare è il valor medio della distribuzione del massimo annuale della portata al colmo di piena, $m(Q)$, da cui

$$Q_{c,Tr} = K_T m(Q)$$

con $Q_{c,Tr}$ portata al colmo corrispondente al tempo di ritorno Tr .

Tale parametro è fortemente influenzato dall'area del bacino (A) e di solito risulta ben specificato da una legge del tipo $m(Q) = k \cdot A^a$. Una prima ipotesi di accorpamento di tutti i bacini considerati in un unico meccanismo globale di dipendenza della piena media dall'area ha evidenziato che i bacini appartenenti al Sinni mostravano una consistente deviazione dalla relazione regressiva. Effettivamente, accorpando separatamente i valori di piena media per i bacini influenzati dal sistema montuoso Pollino-Sirino, si è riscontrato che per tutti risulta una posizione della piena media relativamente elevata, a parità di area, rispetto a quanto accade per gli altri bacini ioni.

Si sono pertanto individuate due aree omogenee:

- Area Omogenea 1, include i bacini del Bradano, Basento, Cavone e Agri;
- Area Omogenea 2, include i bacini del Sinni, Lao e Noce.

Le regressioni effettuate tra piena media e area hanno fornito le relazioni:

- Area Omogenea 1: $m(Q) = 2.13 A^{0.766}$
- Area Omogenea 2: $m(Q) = 5.98 A^{0.645}$

Il coefficiente di determinazione ottenuto è tale da far ritenere la stima di $m(Q)$ sufficientemente affidabile anche per valutazioni di una certa importanza, purché riferite a bacini direttamente considerati nell'analisi. Per analogia morfologica e climatica tali risultati si possono considerare validi anche per bacini privi di stazioni di misura, ma ciò non esime da una più approfondita analisi dei fattori effettivamente dominanti, quale quella che generalmente accompagna l'uso della formula razionale.

Applicando quindi la relazione valida per l'area omogenea 1, che include il sottobacino del Fiume Basento in esame, per $A = 1128 \text{ km}^2$ (Tabella 1), si ottiene $m(Q) = 463.9 \text{ m}^3/\text{s}$.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 31 di 69 |

Determinato $m(Q)$, con riferimento alla sottozona idrometrica omogenea B , si è proceduto al calcolo della portata al colmo, per differenti tempi di ritorno.

| Tr (anni) | Q_{Tr} (mc/s) |
|-------------|-----------------|
| 30 | 1151 |
| 200 | 1856 |
| 500 | 2196 |

Tabella 7 – VAPI (portate), Regione Basilicata: valori di portata al colmo in corrispondenza della sezione di chiusura di interesse.

Si osserva che i valori di portata al colmo ottenuti mediante la metodologia VAPI (portate) coincidono con quelli indicati (ed utilizzati negli studi idraulici) nel P.A.I. e/o P.G.R.A. della Regione Basilicata (Tabella 2).

3.1.3. Analisi delle registrazioni idrometriche

Sono stati raccolti i dati idrometrici registrati presso le stazioni di misura di Gallipoli e di Menzena, la cui ubicazione (sul Fiume Basento) è riportata nella figura seguente.

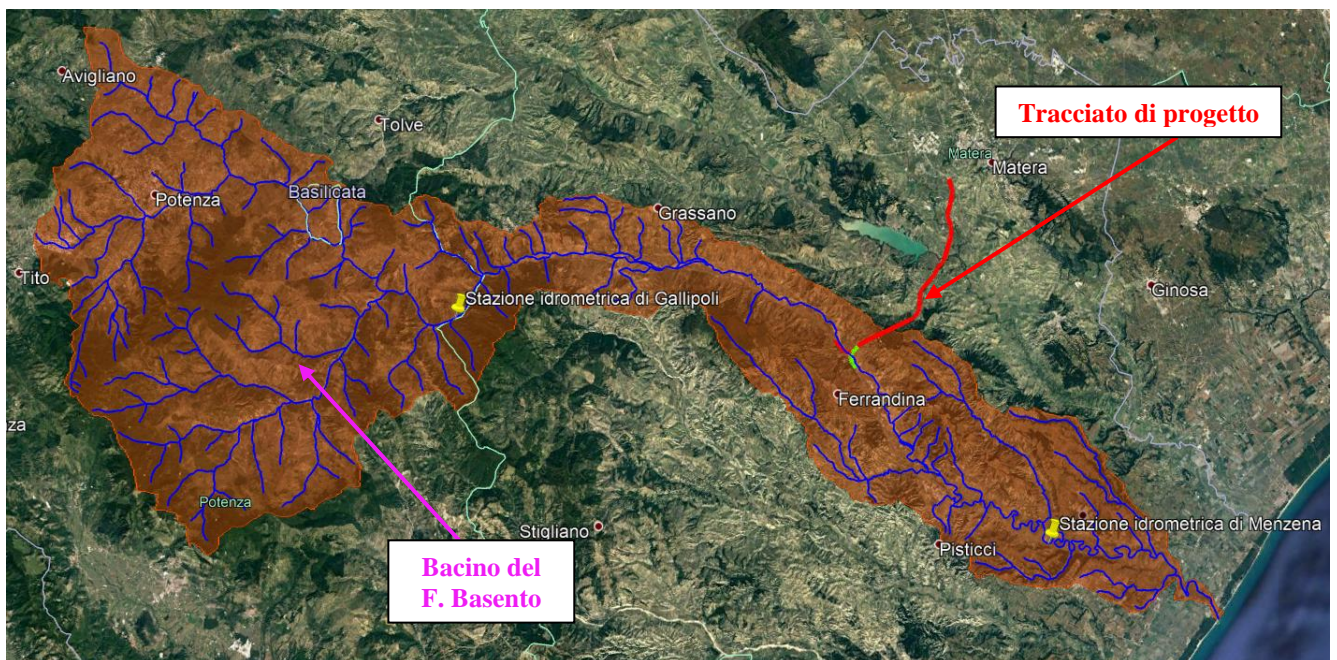


Figura 10. Bacino del F. Basento: ubicazione delle stazione idrometriche di riferimento.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 32 di 69 |

Nello specifico, la stazione di misura di Gallipoli (zero idrometrico: +400,0 m slm) sottende un bacino di 848 km² ed è collocata a una distanza di circa 87 km dalla foce, ovvero 35 km a monte della sezione di chiusura di interesse, ubicata come anzidetto in corrispondenza dell'attuale attraversamento (VI01) sul F. Basento.

La stazione di misura di Menzena (zero idrometrico: +20,0 m slm) sottende invece un bacino di 1405 km² ed è collocata a una distanza di circa 24 km dalla foce, ovvero 30 km a valle della sezione di chiusura di interesse.

Per la stazione idrometrica di Gallipoli sono disponibili 39 registrazioni, nel periodo di osservazione (1927-1971). Di seguito, i dati di portata (media giornaliera, massima annuale) presi in esame (fonte: Annali Idrologici pubblicati dal Servizio Idrografico del Ministero dei LL.PP.) in forma tabellare e grafica.

| Anno | Q _{max,g} (mc/s) | Anno | Q _{max,g} (mc/s) |
|------|---------------------------|------|---------------------------|
| 1927 | 78.14 | 1952 | 96.7 |
| 1928 | 30.6 | 1953 | 141 |
| 1930 | 280 | 1954 | 173 |
| 1931 | 258 | 1955 | 93 |
| 1932 | 115 | 1956 | 181 |
| 1933 | 154 | 1957 | 80.8 |
| 1934 | 238 | 1958 | 278 |
| 1935 | 217 | 1959 | 286 |
| 1936 | 144 | 1960 | 96.7 |
| 1937 | 88.8 | 1961 | 264 |
| 1938 | 209 | 1962 | 152 |
| 1939 | 205 | 1963 | 152 |
| 1940 | 544 | 1964 | 123 |
| 1941 | 190 | 1965 | 166 |
| 1942 | 136 | 1966 | 220 |
| 1943 | 48.7 | 1968 | 151 |
| 1948 | 53.7 | 1969 | 86.1 |
| 1949 | 50.4 | 1970 | 88.4 |
| 1950 | 169 | 1971 | 133 |
| 1951 | 191 | | |

Tabella 8- Stazione idrometrica di Gallipoli: valori di portata media giornaliera, massima annuale (1927-1971).



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 33 di 69 |

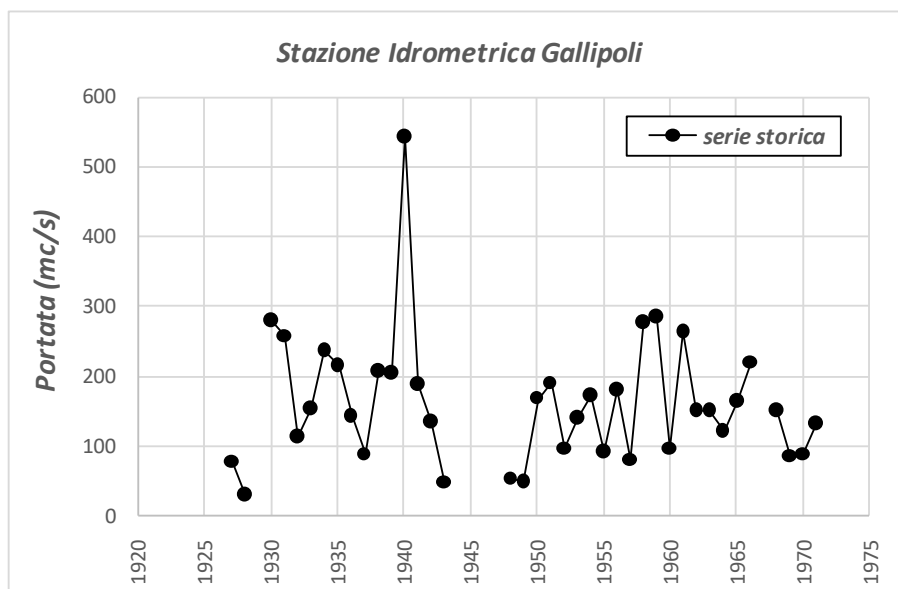


Figura 11. Stazione idrometrica di Gallipoli: serie storica dei valori di portata media, massima giornaliera.

Per la stazione idrometrica di Menzena sono disponibili 27 registrazioni, nel periodo di osservazione (1930-1971). Di seguito, i dati di portata (media giornaliera, massima annuale) presi in esame (fonte: Annali Idrologici pubblicati dal Servizio Idrografico del Ministero dei LL.PP.) in forma tabellare e grafica.

| Anno | $Q_{\max,g}$ (mc/s) | Anno | $Q_{\max,g}$ (mc/s) |
|------|---------------------|------|---------------------|
| 1930 | 368 | 1958 | 297 |
| 1939 | 234 | 1959 | 990 |
| 1940 | 563 | 1960 | 350 |
| 1941 | 305 | 1961 | 314 |
| 1948 | 102 | 1962 | 212 |
| 1949 | 125 | 1963 | 163 |
| 1950 | 255 | 1964 | 118 |
| 1951 | 339 | 1965 | 235 |
| 1952 | 179 | 1966 | 281 |
| 1953 | 116 | 1967 | 348 |
| 1954 | 299 | 1968 | 288 |
| 1955 | 224 | 1969 | 175 |
| 1956 | 274 | 1971 | 265 |
| 1957 | 155 | | |

Tabella 9- Stazione idrometrica di Menzena: valori di portata media giornaliera, massima annuale (1930-1971).



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 34 di 69 |

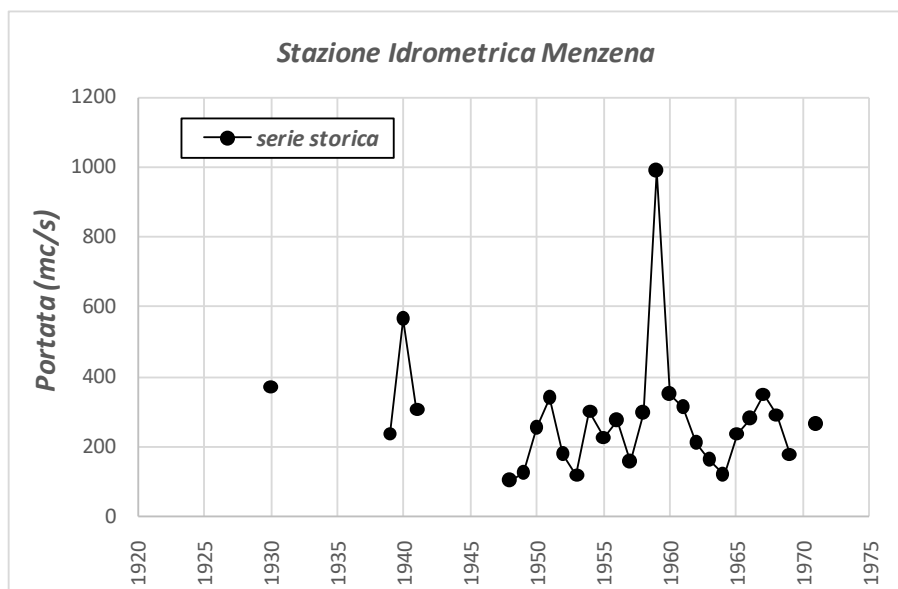


Figura 12. Stazione idrometrica di Menzena: serie storica dei valori di portata media, massima giornaliera.

Si osserva che il campione dei dati idrometrici misurati presso la stazione di Menzena è caratterizzato da una minore estensione e una maggiore discontinuità. Inoltre, per alcuni anni, a fronte di una maggiore estensione del bacino sotteso, presso Menzena sono stati registrati valori di portata pressoché simili, se non inferiori, rispetto a quelli misurati presso Gallipoli, a causa probabilmente dell'effetto di laminazione delle piene del Fiume Basento dovuto alle esondazioni nel tratto fluviale compreso tra le due stazioni. Pertanto, sono stati analizzati (statisticamente) in dettaglio soltanto le registrazioni presso la stazione idrometrica di Gallipoli.

E' opportuno comunque precisare che le analisi delle registrazioni idrometriche di seguito descritte sono abbastanza cautelative, poiché si basano su un campione di dati misurati in un periodo di osservazione antecedente l'inizio delle attività antropiche (a partire dagli anni '70), quali la realizzazione e l'implementazione di opere infrastrutturali (SS Basentana, Autostrada E847, SS7R, ferrovia,...), nonché la costruzione di opere di regimazione (dighe e traverse) e di sistemazione/protezione idraulica (pennelli, argini), che hanno profondamente influenzato e "regolato" il deflusso delle piene, modificando l'assetto plano-altimetrico del corso d'acqua (ad esempio, da multicursale a "monocursale" nel tratto fluviale di interesse, come descritto nello studio idraulico annesso, rif. IA5F01D09RIID0002001).



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 35 di 69 |

Con riferimento quindi ai dati registrati presso la stazione di Gallipoli, il valore massimo di portata media registrato risale al 1940, nello specifico 544 mc/s. Per l'analisi statistica delle portate, sono stati calcolati dapprima la media (μ) e lo scarto quadratico medio (σ) del campione dei dati: $\mu = 163.1$ mc/s; $\sigma = 92.0$.

Sono state quindi considerate le seguenti distribuzioni di probabilità:

- *Gumbel*

$$Q_{\max, g} = \xi - \frac{1}{\alpha} \left\{ \ln \left[\ln \left(\frac{Tr}{Tr - 1} \right) \right] \right\}$$

con $Q_{\max, g}$ = portata massima giornaliera, corrispondente ad un determinato tempo di ritorno Tr (non la portata che mediamente viene uguagliata o superata ogni Tr anni, ma la media di tutte le portate che possono superare quest'ultima); $\xi = \mu - 0.45 \cdot \sigma$, $\alpha = 1.283/\sigma$.

- *Fuller&Coutagne*

$$Q_{\max, g} = q \cdot \left\{ 1 + \frac{1}{b \cdot q} \log_{10} [Tr] \right\}$$

con $q = \mu \cdot \sigma$, $b = 0.434/\sigma$.


Sono stati dunque ricavati i valori di portata media giornaliera, massima annuale ($Q_{\max, g}$), per differenti tempi di ritorno, secondo le distribuzioni di probabilità considerate, in corrispondenza della sezione di chiusura presso la stazione di Gallipoli, che sottende un bacino di 848 km² (inferiore all'estensione del sottobacino in esame).

La portata al colmo corrispondente ad un determinato tempo di ritorno (Q_{Tr}) può essere valutata ricorrendo a formule empiriche, disponibili nella letteratura tecnica, che in dipendenza della superficie del bacino (S) sottesa alle sezione di chiusura, permettono di valutare il cosiddetto coefficiente di punta: $C = Q_{Tr}/Q_{\max, g}$.

In particolare, è stata applicata la seguente formulazione (Fuller-Tonini, 1939):

$$C = 1 + 68 \cdot S^{-0.5}$$

da cui (per $S = 1128$ km²) $C = 3.34$.

| | | | | | | |
|---|---|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 36 di 69 |

Il valore della portata al colmo Q_{Tr} per diversi tempi di ritorno è stato calcolato considerando i valori di $Q_{max,g}$ calcolati secondo le distribuzioni di Gumbel e Fuller, e moltiplicando questi ultimi per il coefficiente di punta C sopra determinato.

| Tr | $Q_{max,g}$ | $Q_{max,g}$ |
|------|---------------|---------------|
| | <i>Gumbel</i> | <i>Fuller</i> |
| anni | mc/s | mc/s |
| 30 | 364.6 | 384.48 |
| 50 | 401.8 | 431.56 |
| 100 | 451.9 | 495.44 |
| 200 | 501.8 | 559.31 |
| 300 | 531.0 | 596.68 |
| 500 | 567.7 | 643.76 |

Tabella 10- Stazione idrometrica di Gallipoli: valori di portata massima giornaliera, per differenti tempi di ritorno, secondo le distribuzioni di probabilità considerate.

| Tr | <i>Portata</i> | | |
|------|------------------------|-------------------|---|
| | <i>max media giorn</i> | <i>al colmo</i> | <i>specifica</i> |
| anni | Q_{maxg} mc/s | Q_{max} mc/s | $q = Q_{max}/S$ mc/s km ² |
| 30 | 364.6 | 1216.3 | 1.4351 |
| 50 | 401.8 | 1340.2 | 1.5814 |
| 100 | 451.9 | 1507.4 | 1.7787 |
| 200 | 501.8 | 1674.0 | 1.9752 |
| 300 | 531.0 | 1771.3 | 2.0900 |
| 500 | 567.7 | 1893.8 | 2.2345 |

Tabella 11- Stazione idrometrica di Gallipoli: valori di portata al colmo per differenti tempi di ritorno, secondo la distribuzione di Gumbel.

Il trasferimento della portata dalla sezione di chiusura collocata presso la stazione di Gallipoli alla sezione di chiusura del sottobacino in esame può essere effettuato ricorrendo a formulazioni empiriche disponibili in letteratura, descritte nel paragrafo successivo.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 37 di 69 |

| <i>Tr</i> <i>anni</i> | <i>Portata</i> | | |
|------------------------------|--|--|---|
| | <i>max media giorn</i> <i>Q_{maxg}</i> <i>mc/s</i> | <i>al colmo</i> <i>Q max</i> <i>mc/s</i> | <i>specifica</i> <i>q = Qmax/S</i> <i>mc/s Km²</i> |
| 30 | 384.5 | 1282.6 | 1.513 |
| 50 | 431.6 | 1439.6 | 1.699 |
| 100 | 495.4 | 1652.7 | 1.950 |
| 200 | 559.3 | 1865.8 | 2.202 |
| 300 | 596.7 | 1990.4 | 2.349 |
| 500 | 643.8 | 2147.5 | 2.534 |

Tabella 12- Stazione idrometrica di Gallipoli: valori di portata al colmo per differenti tempi di ritorno, secondo la distribuzione di Fuller.

3.1.4. Stima delle portate al colmo

Metodo razionale


Si è proceduto al calcolo delle portate al colmo tramite l'applicazione del metodo cinematico; in particolare:

$$Q_{\max} = 278 \frac{\varphi \cdot S \cdot h}{\tau_c}$$

in cui Q_{\max} = portata di piena [m³/sec]; φ = coefficiente di deflusso; h = pioggia netta [m]; S = area del bacino [km²]; τ_c = tempo di corrivazione [ore].

La determinazione del tempo di corrivazione può essere effettuata mediante alcune classiche formule empiriche di uso comune; in particolare, nel presente studio, per il sottobacino del F. Basento in esame, dalla notevole estensione (> 100 km²), è stata applicata la formula di Giandotti:

$$\tau_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{h_m - h_0}}$$

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 38 di 69 |

con S = area del bacino [km^2]; L = lunghezza dell’asta principale [km]; h_m = altitudine media del bacino imbrifero sotteso [m s.m.m.]; h_0 = quota della sezione di chiusura del bacino [m s.m.m.]. **In particolare, per il sottobacino in esame, $\tau_c = 11.9$ ore.**

Per calcolare i valori di precipitazione (di progetto) per una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione del sottobacino in esame e per diversi tempi di ritorno dell’evento, si è fatto riferimento:

- ai risultati delle analisi statistiche eseguite con il metodo di Gumbel delle registrazioni pluviometriche delle stazioni di misura precedentemente descritte. In particolare, nelle tabelle seguenti sono riportati i valori di altezza di pioggia (di durata pari al tempo di corrivazione τ_c), per vari tempi di ritorno, relativi alle stazioni pluviometriche considerate, unitamente all’area del poligono di Thiessen corrispondente. Applicando quindi il metodo dei topoi, descritto in precedenza, sono stati quindi determinati i valori di altezza di pioggia (ragguagliata all’area del sottobacino di interesse), per vari tempi di ritorno dell’evento pluviometrico.

| Stazione | Area poligono Thiessen (kmq) | h_{TR30, τ_c} (mm) | h_{TR200, τ_c} (mm) | h_{TR300, τ_c} (mm) | h_{TR500, τ_c} (mm) |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| San Nicola di Avigliano | 63.7 | 66.730 | 86.031 | 90.133 | 95.297 |
| Potenza | 249.3 | 62.466 | 79.421 | 83.025 | 87.563 |
| Tolve | 53.6 | 87.419 | 115.369 | 121.308 | 128.785 |
| Anzi | 360.4 | 64.291 | 80.876 | 84.396 | 88.826 |
| Marsico Nuovo | 67.0 | 79.290 | 99.399 | 103.672 | 109.052 |
| Isca di Tramutola | 14.7 | 114.657 | 149.342 | 156.709 | 165.982 |
| San Mauro Forte | 36.8 | 114.848 | 152.250 | 160.199 | 170.207 |
| Ferrandina | 73.4 | 103.705 | 139.867 | 147.550 | 157.223 |
| Tricarico | 209.2 | 89.265 | 119.170 | 125.523 | 133.519 |

Tabella 13 – Valori di altezza di pioggia, per vari tempi di ritorno, relativi alle stazioni pluviometriche ricadenti nel sottobacino di interesse.

| | | | | |
|-------------|-------|-------|--------|--------|
| Tr (anni) | 30 | 200 | 300 | 500 |
| h (mm) | 75.52 | 97.74 | 102.47 | 108.41 |

Tabella 14 – Valori di altezza di pioggia, ragguagliata all’area, per vari tempi di ritorno (da analisi statistica secondo distribuzione di Gumbel).



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 09 RI ID 00 01 001 B 39 di 69

2) ai risultati derivanti dall’applicazione della metodologia VA.PI. della Regione Basilicata; nella tabella seguente, i valori di altezza di pioggia corrispondenti al tempo di corrivazione $\tau_c = 11.9$ ore, per vari tempi di ritorno.


| Tr (anni) | 30 | 200 | 300 | 500 |
|-----------|-------|--------|--------|--------|
| h (mm) | 87.41 | 133.24 | 145.14 | 160.64 |

Tabella 15 – Valori di altezza di pioggia, ragguagliata all’area, per vari tempi di ritorno (da metodologia VAPI).

Il coefficiente di deflusso è stato valutato applicando il metodo del Curve Number CN (SCS method), sulla base della copertura del suolo (all’interno del sottobacino in esame) riportata nel Corine Land Cover (CLC) al 4° Livello (Ispra, 2012): in particolare, ad ogni codice del CLC relativo ad una specifica copertura del suolo è stato assegnato il relativo CN (Tabella 16), dedotto da tabelle disponibili in letteratura, di seguito riportate.

| Codice Uso del Suolo (UDS) | UDS | A | B | C | D | Codice Uso del Suolo (UDS) | UDS | A | B | C | D |
|--|------|-----|-----|-----|-----|--|-------|-----|-----|-----|-----|
| AREE PORTUALI | 123 | 98 | 98 | 98 | 98 | PRATI/ARTIFICIALI COLTURE FORAGGERE OVE SI PUO RICONOSCERE UNA SORTA DI AVVICENDAMENTO CON I SEMINATIVI E UNA CERTA PRODUTTIVITA. SONO SEMPRE POTENZIALMENTE RICONVERTITI A SEMINATIVO. POSSONO ESSERE RICONOSCIBILI MURETTI O MANUFATTI | 2112 | 67 | 71 | 81 | 89 |
| AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI | 124 | 92 | 93 | 94 | 95 | COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A COLTURE PERMANENTI | 2121 | 66 | 77 | 85 | 89 |
| AREE ESTRATTIVE | 131 | 89 | 92 | 94 | 95 | ORTICOLE A PIENO CAMPO | 2122 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| DISCARICHE E DEPOSITI DI ROTTAMI | 132 | 90 | 92 | 94 | 95 | RISARIE | 2123 | 66 | 77 | 85 | 89 |
| CANTIERI | 133 | 90 | 92 | 94 | 95 | COLTURE IN SERRA | 2124 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| AREE VERDI URBANE | 141 | 65 | 74 | 81 | 84 | COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO | 2411 | 59 | 74 | 82 | 86 |
| CIMITERI | 143 | 57 | 77 | 85 | 89 | COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO | 2412 | 59 | 74 | 82 | 86 |
| VIGNETI | 221 | 72 | 81 | 88 | 91 | COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI (PASCOLI E SEMINATIVI ARBORATI CON COPERTURA DELLA SUGHERA DAL 5 AL 25%) | 2413 | 59 | 74 | 82 | 86 |
| FRUTTETI E FRUTTI MINORI | 222 | 67 | 78 | 85 | 89 | BOSCO DI LATIFOGLIE | 3111 | 39 | 51 | 63 | 70 |
| OLIVETI | 223 | 72 | 81 | 88 | 91 | ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI (LATIFOGLIE) | 3112 | 39 | 51 | 63 | 70 |
| ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI | 224 | 67 | 78 | 85 | 89 | BOSCHI DI CONFERE | 3121 | 39 | 51 | 63 | 70 |
| PRATI STABILI | 231 | 67 | 71 | 81 | 89 | CONFERE A RAPIDO ACCRESCIMENTO | 3122 | 39 | 51 | 63 | 70 |
| COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A COLTURE PERMANENTI | 241 | 59 | 74 | 82 | 86 | FORMAZIONI VEGETALI BASSE E CHIUSE. STABILI. COMPOSTE PRINCIPALMENTE DI CESPUGLI, ARBUSTI E PIANTE ERBACEE (ERICHE, ROVI, GINESTRE, GINEPRI NANI ECC.) | 3221 | 51 | 58 | 73 | 80 |
| SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI | 242 | 63 | 73 | 82 | 88 | FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE | 3222 | 51 | 58 | 73 | 80 |
| AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURE AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI | 243 | 62 | 71 | 78 | 81 | MACCHIA MEDITERRANEA | 3231 | 51 | 58 | 73 | 80 |
| AREE AGROFORESTALI | 244 | 45 | 66 | 77 | 83 | GARIGA | 3232 | 51 | 58 | 73 | 80 |
| BOSCHI MISTI DI CONFERE E LATIFOGLIE | 313 | 39 | 51 | 63 | 70 | AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE | 3241 | 45 | 55 | 68 | 75 |
| AREE A PASCOLO NATURALE | 321 | 67 | 71 | 81 | 89 | AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE | 3242 | 45 | 55 | 68 | 75 |
| SPAGGE DUNE E SABBIE | 331 | 56 | 73 | 82 | 86 | SPAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M | 3311 | 56 | 73 | 82 | 86 |
| PARETI ROCCIOSE E FALESIE | 332 | 98 | 98 | 98 | 98 | AREE DUNALI NON COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M | 3312 | 56 | 73 | 82 | 86 |
| AREE CON VEGETAZIONE RADA | 333 | 70 | 75 | 84 | 90 | AREE DUNALI CON COPERTURA VEGETALE CON AMPIEZZA SUPERIORE A 25 M | 3313 | 56 | 73 | 82 | 86 |
| PALUDI INTERNE | 411 | 100 | 100 | 100 | 100 | AREE DUNALI CON COPERTURA VEGETALE CON AMPIEZZA SUPERIORE A 25 M | 3315 | 56 | 73 | 82 | 86 |
| PALUDI SALMASTRE | 421 | 100 | 100 | 100 | 100 | LETTI ASCIUTTI DI TORRENTI DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M | 5111 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| SALINE | 422 | 100 | 100 | 100 | 100 | FIUMI, TORRENTI E FOSSI | 5112 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| ZONE INTERTIDALI | 423 | 98 | 98 | 98 | 98 | CANALI E IDROVIE | 5121 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI | 521 | 100 | 100 | 100 | 100 | BACINI NATURALI | 5122 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| MARI | 523 | 100 | 100 | 100 | 100 | LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI A PRODUZIONE ITTICA NATURALE | 5211 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO | 1111 | 89 | 92 | 94 | 96 | ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI | 5212 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| TESSUTO RESIDENZIALE RADO | 1112 | 78 | 80 | 85 | 87 | ESTUARI E DELTA | 5213 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME A CARATTERE RESIDENZIALE E SUBURBANO | 1121 | 74 | 75 | 78 | 80 | AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA NATURALE | 5231 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| TESSUTO AGRO-RESIDENZIALE SPARSO E FABBRICATI RURALI A CARATTERE TIPICAMENTE AGRICOLO O RURALE | 1122 | 65 | 67 | 70 | 72 | ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO | 5232 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| INSEDIAMENTI INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI | 1211 | 89 | 92 | 94 | 95 | PIOPPETI, SALICETI, EUALITTI ETI ECC. | 31121 | 39 | 51 | 63 | 70 |
| INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI SERVIZI | 1212 | 89 | 92 | 94 | 95 | ANCHE IN FORMAZIONI MISTE | 31122 | 39 | 51 | 63 | 70 |
| RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI (SVINCOLI, STAZIONI DI SERVIZIO, AREE DI PARCHEGGIO ECC.) | 1221 | 98 | 98 | 98 | 98 | SUGHERE | 31123 | 39 | 51 | 63 | 70 |
| RETI FERROVIARIE COMPRESSE LE SUPERFICI ANNESSE (STAZIONI, SMISTAMENTI, DEPOSITI ECC.) | 1222 | 96 | 96 | 96 | 96 | CASTAGNETI DA FRUTTO | 31124 | 39 | 51 | 63 | 70 |
| GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO E SMISTAMENTO MERCI (INTERPORTI E SIMILI) | 1223 | 92 | 93 | 94 | 95 | ALTRO | 31124 | 39 | 51 | 63 | 70 |
| IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE (TELECOMUNICAZIONI/ENERGIA/IDRICHE) | 1224 | 92 | 93 | 94 | 95 | | | | | | |
| DISCARICHE | 1321 | 90 | 92 | 94 | 95 | | | | | | |
| DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO, CIMITERI DI AUTOVEICOLI | 1322 | 90 | 92 | 94 | 95 | | | | | | |
| AREE RICREATIVE E SPORTIVE | 1421 | 70 | 78 | 83 | 88 | | | | | | |
| AREE ARCHEOLOGICHE | 1422 | 49 | 69 | 79 | 84 | | | | | | |
| SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE | 2111 | 58 | 72 | 81 | 85 | | | | | | |

Tabella 16 – Valori del CN per le differenti coperture del suolo del CLC al 4° livello (Elaborazione ADIS).

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 40 di 69 |

In particolare, assumendo in via cautelativa una classe di umidità media (II) e una categoria del suolo D (meno permeabile, o quasi impermeabile), si ottiene CN (medio) pari a **80.4** per il sottobacino del F. Basento in esame. Quindi con riferimento al metodo del *Soil Conservation Service* (SCS), il coefficiente di deflusso (φ) può essere valutato come segue:

$$\varphi = \frac{P_e}{P}$$

con P = altezza di pioggia di progetto corrispondente ad un tempo di ritorno Tr e una durata τ_c , $P = a \cdot \tau_c^n$; $P_e = (P - 0.2 \cdot S)^2 / (P + 0.8 \cdot S)$; $S = 254 \cdot (100 / CN - 1)$.

Di seguito, i valori di portata al colmo, per i vari tempi di ritorno considerati, secondo le due metodologie adottate (analisi statistica delle registrazioni pluviometriche secondo Gumbel e VAPI Basilicata), in corrispondenza della sezione di chiusura di interesse.

| <i>Tr (anni)</i> | <i>Q (mc/s)</i> |
|------------------|-----------------|
| 30 | 1012.27 |
| 200 | 1550.60 |
| 300 | 1690.50 |
| 500 | 1865.95 |

Tabella 17 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del F. Basento di interesse, da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche (secondo Gumbel).

| <i>Tr (anni)</i> | <i>Q (mc/s)</i> |
|------------------|-----------------|
| 30 | 1086.65 |
| 200 | 2112.73 |
| 300 | 2393.50 |
| 500 | 2764.90 |

Tabella 18 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del F. Basento di interesse, secondo la procedura VAPI Basilicata.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 41 di 69 |

Metodo di Nash

Il modello di Nash descrive il comportamento di un bacino idrografico mediante un numero n (parametro di forma) di invasi disposti in serie ciascuno dei quali caratterizzato da una stessa costante k (parametro di scala) di invaso. La funzione che descrive l’andamento dell’idrogramma è la seguente:

$$U(t) = \frac{(t/k)^{n-1} e^{-t/k}}{k (n-1)!}$$

Ricorrendo ad una astrazione matematica, il modello di Nash può essere esteso al caso in cui il numero di serbatoi disposti in serie sia un numero reale. In tal caso la funzione fattoriale $(n-1)!$ viene sostituita con la funzione Gamma $\Gamma(\alpha)$ e la funzione $U(t)$ diventa:


$$U(t) = \frac{(t/k)^{\alpha-1} e^{-t/k}}{k \Gamma(\alpha)}$$

Il tempo di ritardo ed il tempo di picco risultano pari a:

$$t_L = \alpha k \quad t_p = (\alpha - 1)k$$

Pertanto, ai fini della determinazione della portata al colmo e del relativo idrogramma unitario adimensionale, l’applicazione del modello di Nash richiede la conoscenza dei due parametri α (parametro di forma) e k (parametro di scala) legati al tempo di ritardo. Per la stima di questi parametri è possibile procedere con diversi metodi, sfruttando i numerosi modelli geomorfologici disponibili in letteratura (Rodriguez et al. 1979, Rosso 1984), che sfruttano le caratteristiche del reticolo idrografico opportunamente analizzato secondo varie regole di classificazione (Strahler 1952), o più semplicemente ricorrendo alle espressioni che li correlano al più noto parametro idrologico ovvero il tempo di corrivazione del bacino. Nella maggior parte dei casi, il parametro di forma n risulta compreso tra 2 e 3, mentre il valore del parametro di scala può essere valutato come $k = \tau_c/5$.

Nel caso in esame, vista la conformazione del sottobacino in esame, sono stati adottati i seguenti parametri: $n = 3$, $k = \tau_c/5 = 2.37$ ore. Inoltre, si è assunto quale pioggia di progetto uno ietogramma di tipo rettangolare con durata pari al tempo di corrivazione del bacino; la depurazione delle piogge lorde è avvenuta con il metodo CN-SCS, ossia assumendo CN = 80.4, come precedentemente definito.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 42 di 69 |

Adottando direttamente le curve di possibilità pluviometrica (CPP) derivanti dall’applicazione della metodologia VAPI Basilicata (perché più cautelative di quelle ottenute tramite l’elaborazione statistica secondo Gumbel, come mostrato nelle tabelle precedenti), si ottengono i seguenti valori di portata al colmo:

| <i>Tr (anni)</i> | <i>Q (mc/s)</i> |
|------------------|-----------------|
| 30 | 1186.72 |
| 200 | 2219.60 |
| 300 | 2497.09 |
| 500 | 2861.15 |

Tabella 19 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino in esame, secondo il metodo di Nash, sulla base delle CPP derivanti dalla metodologia VAPI Basilicata.

Definizione delle portate di piena dall’analisi statistica delle registrazioni idrometriche

Per similitudine idrologica, ricorrendo alla formulazione di Gherardelli& Marchetti:

$$\frac{Q_a}{S_a^{-2/3}} = \frac{Q_b}{S_b^{-2/3}}$$

con Q_a e S_a , portata specifica al colmo (determinata per i vari tempi di ritorno nel capitolo precedente) e superficie del bacino sottesa alla sezione di chiusura presso la stazione di Gallipoli; Q_b e S_b , portata specifica al colmo e superficie del sottobacino considerato sottesa ad una particolare sezione di chiusura, sono stati determinati i valori di portata al colmo, per differenti tempi di ritorno (secondo le distribuzioni di Gumbel e Fuller), del Fiume Basento in corrispondenza della sezione di chiusura precedentemente definita.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IASF | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 43 di 69 |

| T_r anni | GUMBEL | | | FULLER | | |
|---------------|---|--|---------------------------|---|--|---------------------------|
| | Portata specifica $q = Q_{max}/S$ mc/s Km ² | Portata | | Portata specifica $q = Q_{max}/S$ mc/s Km ² | Portata | |
| | | specifica $q = Q_{max}/S$ mc/s Km ² | al colmo Q max mc/s | | specifica $q = Q_{max}/S$ mc/s Km ² | al colmo Q max mc/s |
| 30 | 1.435 | 1.1861 | 1337.9 | 1.51 | 1.25 | 1411 |
| 50 | 1.581 | 1.3070 | 1474.3 | 1.70 | 1.40 | 1583.5 |
| 100 | 1.779 | 1.4700 | 1658.2 | 1.95 | 1.61 | 1817.9 |
| 200 | 1.975 | 1.6324 | 1841.4 | 2.20 | 1.82 | 2052 |
| 300 | 2.090 | 1.7273 | 1948.4 | 2.35 | 1.94 | 2189 |
| 500 | 2.235 | 1.8467 | 2083.1 | 2.53 | 2.09 | 2362 |

Tabella 20 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino in esame, da analisi statistica delle registrazioni idrometriche presso la stazione di Gallipoli.

Confronto tra le differenti metodologie adottate

Di seguito si riporta il confronto tra i valori di portata al colmo, relativi al sottobacino di interesse, ottenuti applicando differenti metodologie.

Per $T_r \geq 200$ anni, le curve di possibilità pluviometriche (CPP) derivanti dalla procedura VAPI Basilicata, applicate sia al metodo razionale che al metodo di Nash, forniscono valori di portata al colmo più cautelativi, rispetto agli altri approcci.

Le portate derivanti dall'analisi statistica delle registrazioni idrometriche, secondo la distribuzione di Fuller, sono maggiori rispetto a quelli derivanti dall'applicazione delle altre metodologie, eccetto a quelli ottenuti con le CPP della procedura VAPI, per $T_r \geq 200$ anni.

Le curve di possibilità pluviometriche (CPP) derivanti dall'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche, secondo la distribuzione di Gumbel, forniscono invece valori meno cautelativi, inferiori anche a quelli indicati nel P.A.I./P.G.R.A..

Sulla base delle considerazioni sopra esposte, per la determinazione degli idrogrammi di piena di progetto, si è fatto riferimento alle CPP derivanti dalla procedura VA.PI. applicate al metodo di Nash (che forniscono quindi valori di portata al colmo superiori a quelli indicati nel PAI/PGRA).



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 44 di 69 |

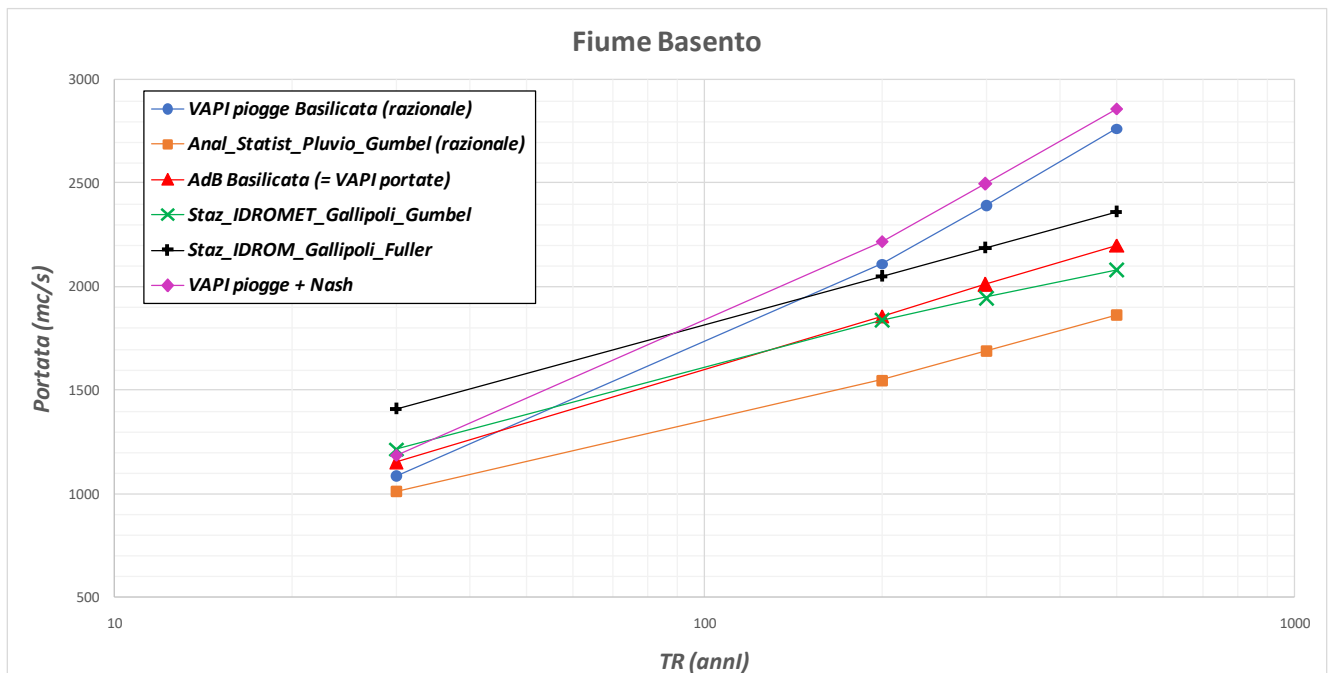


Figura 13 – Fiume Basento: portate al colmo per vari tempi di ritorno, secondo differenti metodologie.

3.1.4.1. Determinazione degli idrogrammi di piena di progetto

In analogia al P.A.I./P.G.R.A. e con riferimento al Manuale di Progettazione RFI (tempo di ritorno di progetto $Tr = 300$ anni per bacini con $S > 10 \text{ km}^2$), nonché alle NTC 2018 (Tr di progetto = 200 anni per le verifiche di compatibilità idrauliche delle opere di attraversamento fluviali), si è proceduto alla determinazione degli idrogrammi di piena (da considerare nel modello numerico bidimensionale sviluppato; per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato IA5F01D09RIID0002001A) per i tempi di ritorno di 30, 200, 300, 500 anni.

Utilizzando il software URBIS ed assumendo i seguenti dati di input:

- LEGGE DI PIOGGIA: Metodologia VA.PI. Basilicata
- IETOGRAMMA NETTO: tipo rettangolare con durata pari al tempo di corrivazione e $CN = 80.4$
- MODELLO IDROGRAMMA: metodo di Nash con $n = 3$; $k = t_c/5 = 2.37$ ore

si ottengono gli idrogrammi di piena di progetto riportati in figura.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 45 di 69 |

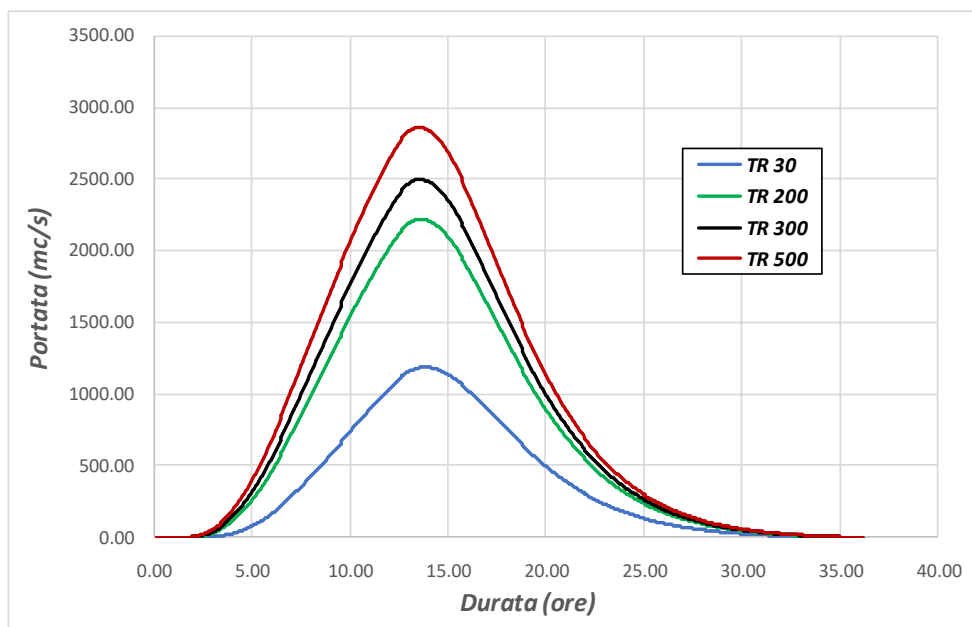


Figura 14 – Fiume Basento: idrogrammi di piena di progetto.

3.1.4.2. Definizione della portata di cantiere per il dimensionamento delle opere provvisorie

Durante la costruzione delle opere (nel caso specifico del nuovo Viadotto VI13 sul Fiume Basento), cioè prima che le stesse abbiano raggiunto il loro assetto definitivo, si pone il problema della definizione del periodo di ritorno al quale fare riferimento, per il dimensionamento delle eventuali opere provvisorie del periodo transitorio.

A tal proposito, per la scelta della portata da utilizzare nella verifica della configurazione di cantiere, si è fatto riferimento alla curva di durata delle portate del Fiume Basento presso la stazione idrometrica di Gallipoli, riportata nei documenti del P.G.R.A..

Nello specifico, è stata considerata la curva di durata del 1968, massima nel periodo di osservazione di riferimento (1927-1971). Applicando la formulazione di Gherardelli & Marchetti, sopra introdotta, tale curva di durata è stata quindi “*trasferita*” (in relazione all’estensione dei sottobacini sottesi, con coefficiente di trasferimento unitario) alla sezione di chiusura di interesse.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 46 di 69 |

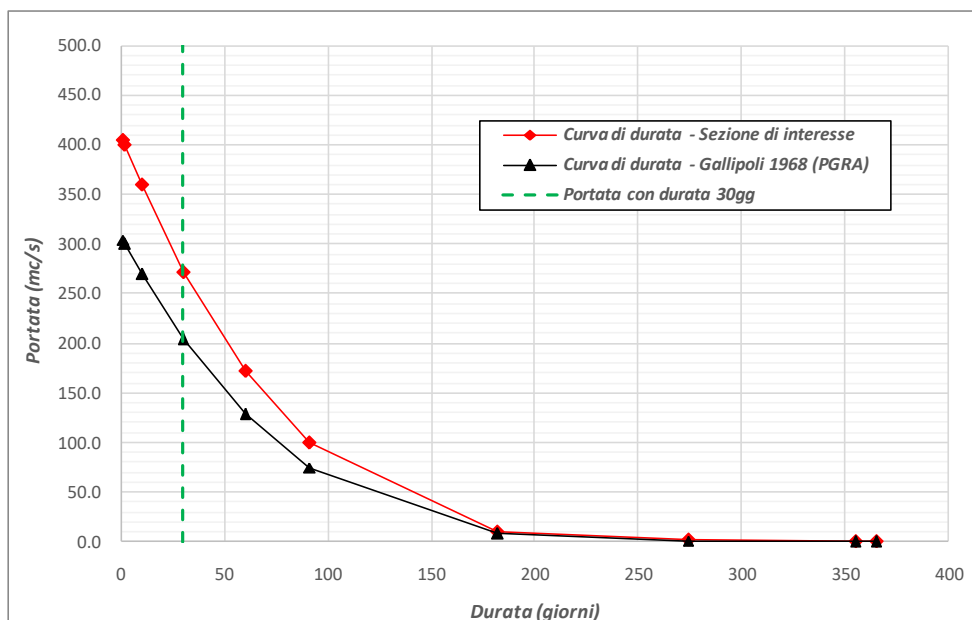


Figura 15 – Fiume Basento: curva di durata delle portate nella sezione di interesse.

In relazione alle opere in progetto (nuovo ramo, lato Potenza) e alle corrispondenti fasi di realizzazione (descritte in dettaglio nella relazione idraulica annessa, rif. IA5FD09RIID0002001A), la durata di superamento è stata scelta pari a 1 mese all’anno (30 giorni), cioè si ipotizza che la portata del corso d’acqua che transita in sicurezza nella configurazione di cantiere sia pari o inferiore a quella presente per 11 mesi all’anno nel tratto di corso d’acqua di interesse. In questo modo si accetta, implicitamente, un’eventuale sospensione temporanea del cantiere di 1 mese all’anno, a seguito dell’eventuale transito di una portata superiore a quella massima presente in 11 mesi all’anno, ossia **280 mc/s** circa (come ricavato nella figura precedente dalla linea verde tratteggiata).

Con riferimento alle curve di possibilità pluviometrica derivanti dalla procedura VAPI, applicate al metodo di Nash (approccio utilizzato per la determinazione delle portate di progetto, perché più cautelativo come dimostrato nel paragrafo precedente), tale valore di portata corrisponderebbe ad un tempo di ritorno di circa 2.5 anni.

Applicando quindi la metodologia sopra richiamata (assumendo gli stessi parametri di input delle precedenti analisi), è stato determinato l’idrogramma di piena da imporre come condizione al contorno nelle simulazioni idrauliche effettuate nella configurazione di cantiere.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 47 di 69 |

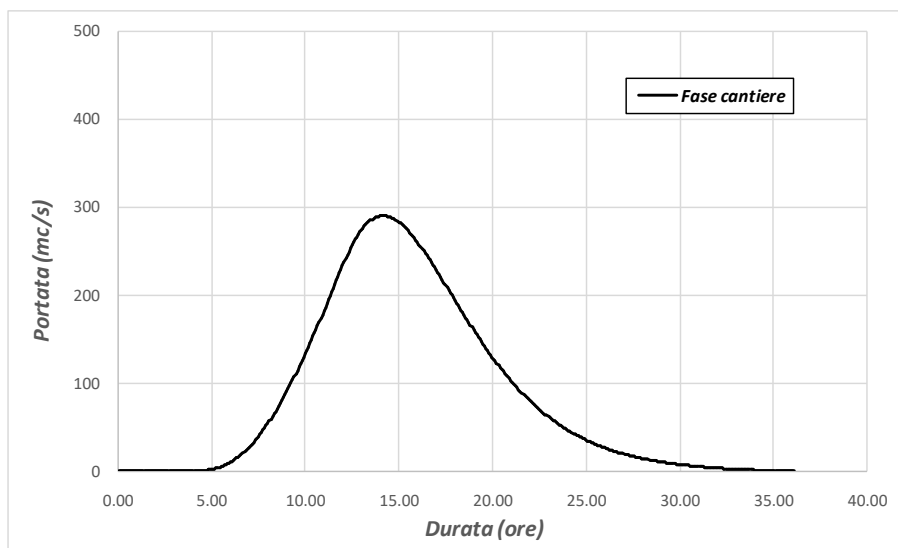


Figura 16 – Fiume Basento: idrogrammi di piena nella fase di cantiere.

3.2. BACINO IDROGRAFICO DEL RIO CONCHE

Il bacino del Rio Conche, tributario in destra idraulica del Fiume Bradano, presenta un regime tipicamente torrentizio, con deflussi superficiali solamente nella stagione invernale e soprattutto in occasione di precipitazioni intense e di una certa durata. Si presenta completamente asciutto invece nel periodo estivo. La morfologia del bacino è caratterizzata da una rete idrografica secondaria con pendenze considerevoli e tempi di corrivazione modesti cui corrisponde una notevole energia cinetica, significativi fenomeni di erosione e trasporto solido.

La nuova linea *Ferrandina – Matera “la Martella”* attraversa il Rio Conche alla progressiva 9+650 circa, mediante un viadotto (VI02, esistente) a singola campata, con luce di 30 metri. Sebbene il viadotto VI02 costituisca un’opera di attraversamento esistente, è stata comunque condotta l’analisi idrologica del bacino del Rio Conche ai fini della determinazione delle portate al colmo di progetto, e dei relativi idrogrammi di piena, da assumere nel modello numerico idraulico sviluppato, con l’obiettivo di valutare le eventuali aree potenzialmente inondabili e fornire indicazioni circa le opere di protezione e sistemazione da adottare.

Di seguito, il sottobacino del Rio Conche di interesse, chiuso a valle dell’attraversamento in esame, e le relative caratteristiche morfometriche.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 48 di 69 |

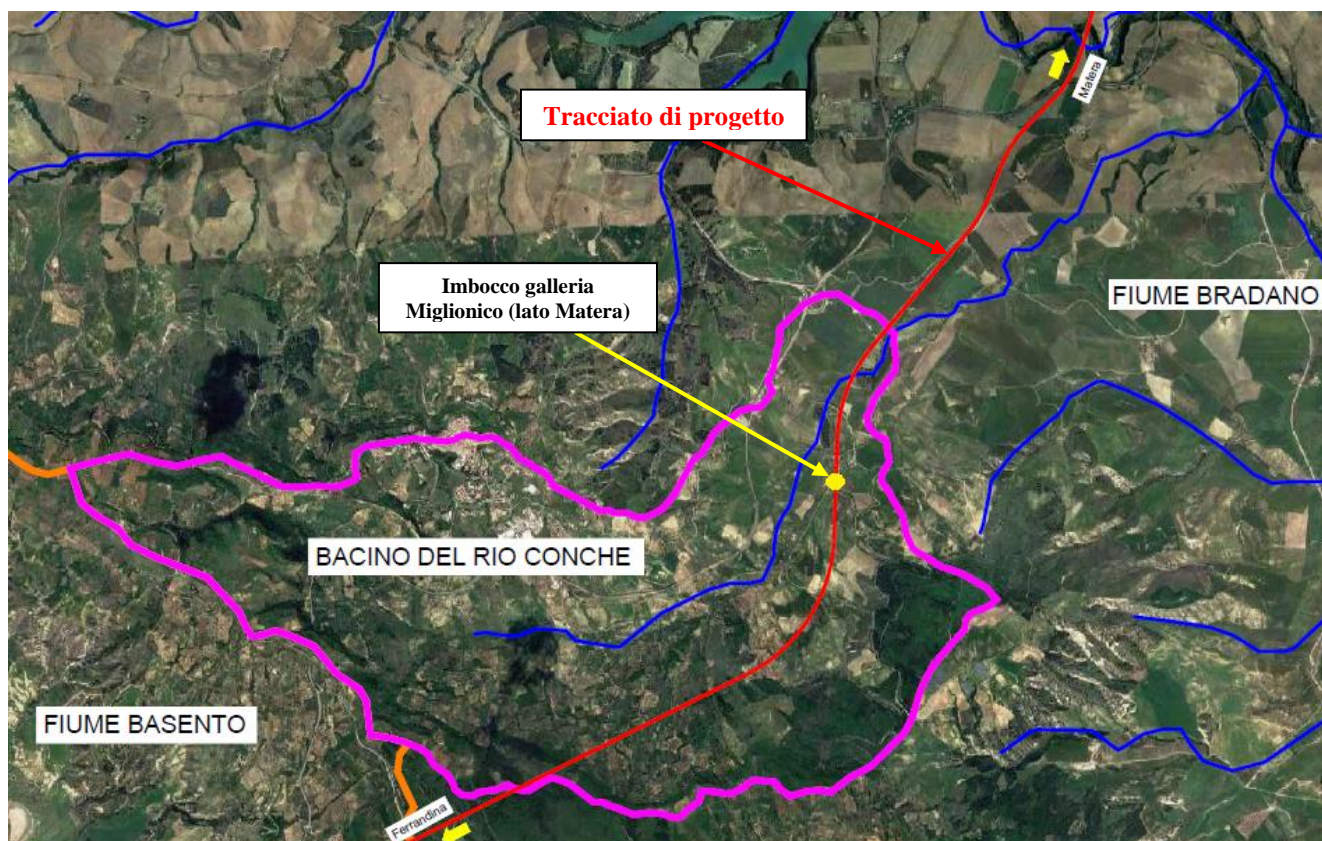



Figura 17 – Rio Conche: sottobacino di interesse.

| <i>Area Bacino [kmq]</i> | <i>Pendenza Asta principale [%]</i> | <i>H_m [m m.s.l.]</i> | <i>H_{max} [m m.s.l.]</i> | <i>H₀ [m m.s.l.]</i> | <i>L [km]</i> |
|------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| 14.5 | 3.4 | 318.0 | 473 | 141 | 9 |

Tabella 21. Parametri morfometrici del sottobacino di interesse del Rio Conche.

Per il calcolo delle portate al colmo, si è proceduto in modo analogo al Fiume Basento, ossia considerando le curve di possibilità pluviometrica derivanti dall'elaborazione statistica dei dati di pioggia e dalla procedura VAPI, applicate a differenti modelli di trasformazione afflussi-deflussi.

Per il Rio Conche non sono disponibili registrazioni idrometriche.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 49 di 69 |

3.2.1. Elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche

Il bacino del Rio Conche ricade all’interno del poligono di Thiessen della stazione pluviometrica di Ferrandina. Nella tabella seguente, sono riportati i valori dei corrispondenti parametri a e n , per diversi tempi di ritorno, così come determinati in precedenza, secondo il metodo di Gumbel.

| Stazione | TR (anni) = 30 | | TR (anni) = 200 | | TR (anni) = 300 | | TR (anni) = 500 | |
|------------|----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
| | a | n | a | n | a | n | a | n |
| Ferrandina | 41.82 | 0.37 | 54.48 | 0.38 | 57.17 | 0.38 | 60.56 | 0.39 |

Tabella 22. Valori dei parametri ($a;n$) per la stazione di Ferrandina.

3.2.2. VA.PI. Basilicata

PLUVIOMETRIA

Di seguito, si riportano le celle ricadenti all’interno del sottobacino del Rio Conche in esame, unitamente ai rispettivi valori di a e n , nonché dell’estensione.

| Cella VAPI | Area (kmq) | $\log(a)$ | a | n |
|------------|------------|-----------|------|-------|
| 109 | 0.5 | 1.38 | 24.0 | 0.307 |
| 123 | 9.5 | 1.405 | 25.4 | 0.281 |
| 124 | 4.5 | 1.428 | 26.8 | 0.27 |

Tabella 23. VAPI: valori dei parametri ($a;n$) delle celle ricadenti nel sottobacino del Rio Conche in esame.

Operando la media pesata (rispetto all’area di ogni cella), si ottengono i seguenti valori medi validi per il sottobacino di interesse: $a = 25.79$; $n = 0.278$. In definitiva, la curva di possibilità pluviometrica di riferimento assume la seguente forma:

$$h(Tr,d) = K_{Tr} \cdot m(h(d)) = K_{Tr} \cdot a \cdot d^n = K_{Tr} \cdot 25.79 \cdot d^{0.278}$$

con K_{Tr} , fattore di crescita con il tempo di ritorno, valutato mediante la relazione implicita [**], con riferimento alla sottozona pluviometrica omogenea A.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 50 di 69 |

IDROMETRIA – PORTATE Istantanee

Con riferimento all’area omogenea 1, che include il sottobacino in esame, per $A = 14.5 \text{ km}^2$, si ottiene il seguente valore medio della portata, $m(Q) = 16.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Determinato $m(Q)$, con riferimento alla sottozona idrometrica omogenea A (relativa al bacino del Fiume Bradano, al quale appartiene il Rio Conche), si è proceduto al calcolo della portata al colmo, per differenti tempi di ritorno.

| T_r (anni) | Q_{Tr} (mc/s) |
|--------------|-----------------|
| 30 | 47.8 |
| 200 | 79.8 |
| 300 | 86.7 |
| 500 | 95.3 |

Tabella 24 – VAPI (portate), Regione Basilicata, Rio Conche: valori di portata al colmo in corrispondenza della sezione di chiusura di interesse.

3.2.3. Stima delle portate al colmo

Le curve di possibilità pluviometrica sopra determinate sono state applicate dapprima al metodo razionale e successivamente al metodo di Nash.

Per quanto concerne il metodo razionale, il tempo di corrivazione (t_c) del sottobacino del Rio Conche di interesse (dalla modesta estensione), è stata valutato, oltre che con la relazione di Giandotti, anche mediante le seguenti formulazioni:

- Ventura

$$t_c = 0.127 \sqrt{\left(\frac{A}{p}\right)} \quad (h)$$

con $A = \text{area (km}^2\text{)}$, $p = \text{pendenza media dell’asta principale}$;

- Pasini

$$t_c = 0.108 \frac{(AL)^{0.33}}{\sqrt{p}} \quad (h)$$

con $A = \text{area (km}^2\text{)}$, $L = \text{lunghezza asta principale (Km)}$, $p = \text{pendenza media dell’asta principale}$;

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 51 di 69 |

- Pezzoli $t_c = 0.055 \cdot L/(i_m)^{1/2}$ (h)

L = lunghezza asta principale (Km), i_m = pendenza media dell’asta principale.

Nello specifico, si ottiene: $t_c = 2.7$ h (Giandotti), $t_c = 3.0$ h (Pasini); $t_c = 2.7$ h (Pezzoli); $t_c = 2.6$ h (Ventura). Per il calcolo delle portate di progetto, è stato adottato il valore minimo ottenuto (i.e. $t_c = 2.6$ h).

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso, anche in questo caso, è stato applicato il metodo del *Curve Number* (CN), sulla base della copertura del suolo (all’interno del sottobacino in esame) riportata nel Corine Land Cover (CLC) al 4° Livello (Ispra, 2012).

In particolare, assumendo in via cautelativa una classe di umidità media (II) e una categoria del suolo D (meno permeabile, o quasi impermeabile), si ottiene CN (medio) pari a **85**.

Di seguito, i valori di portata al colmo, per i vari tempi di ritorno considerati, secondo le due metodologie adottate (analisi statistica delle registrazioni pluviometriche secondo Gumbel e VAPI Basilicata), in corrispondenza della sezione di chiusura di interesse.

| <i>Tr (anni)</i> | <i>Q (mc/s)</i> |
|------------------|-----------------|
| 30 | 43.66 |
| 200 | 73.21 |
| 300 | 80.03 |
| 500 | 88.47 |

Tabella 25 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del Rio Conche di interesse, da analisi statistica delle registrazioni pluviometriche (secondo Gumbel).

| <i>Tr (anni)</i> | <i>Q (mc/s)</i> |
|------------------|-----------------|
| 30 | 46.28 |
| 200 | 89.50 |
| 300 | 101.31 |
| 500 | 116.92 |

Tabella 26 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del Rio Conche di interesse, secondo la procedura VAPI (piogge) Basilicata.

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 52 di 69 |

Pe quanto concerne il metodo di Nash, sono stati adottati i seguenti parametri: $n = 3$, $k = \tau_c/5 = 0.53$ ore. Inoltre, si è assunto quale pioggia di progetto uno ietogramma di tipo rettangolare con durata pari al tempo di corrivazione del bacino; la depurazione delle piogge lorde è avvenuta con il metodo CN-SCS, ossia assumendo $CN = 85$, come precedentemente definito.

Adottando direttamente le curve di possibilità pluviometrica (CPP) derivanti dall’applicazione della metodologia VAPI Basilicata (perché più cautelative di quelle ottenute tramite l’elaborazione statistica secondo Gumbel, come mostrato nelle tabelle precedenti), si ottengono i seguenti valori di portata al colmo:

| Tr (anni) | Q (mc/s) |
|------------------|-----------------|
| 30 | 50.04 |
| 200 | 93.82 |
| 300 | 105.53 |
| 500 | 120.94 |

Tabella 27 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del Rio Conche in esame, secondo il metodo di Nash, sulla base delle CPP derivanti dalla metodologia VAPI Basilicata.

Si riporta il confronto tra i valori di portata ottenuti mediante le differenti metodologie applicate. Come osservato per il Fiume Basento, anche in questo caso, la metodologia che prevede l’applicazione del metodo di Nash sulla base delle curve di possibilità pluviometrica derivanti della procedura VAPI (piogge) Basilicata, risulta essere quella più cautelativa.

Pertanto, i corrispondenti idrogrammi di piena da considerare nel modello numerico idraulico bidimensionale, in regime di moto vario (per maggiori dettagli si rimanda all’elaborato IA5F01D09RIID0002001A), del Rio Conche sono stati determinati, mediante il software URBIS, assumendo i seguenti parametri di input:

- **LEGGE DI PIOGGIA:** Metodologia VA.PI. Basilicata
- **IETOGRAMMA NETTO:** tipo rettangolare con durata pari al tempo di corrivazione e $CN = 85$
- **MODELLO IDROGRAMMA:** metodo di Nash con $n = 3$; $k = \tau_c/5 = 0.53$ ore

Di seguito, gli idrogrammi di progetto ottenuti per il Rio Conche (come da MdP RFI, il tempo di ritorno di progetto è fissato in $Tr = 300$ anni, essendo l’estensione del sottobacino in esame maggiore di 10 km^2).



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 53 di 69 |

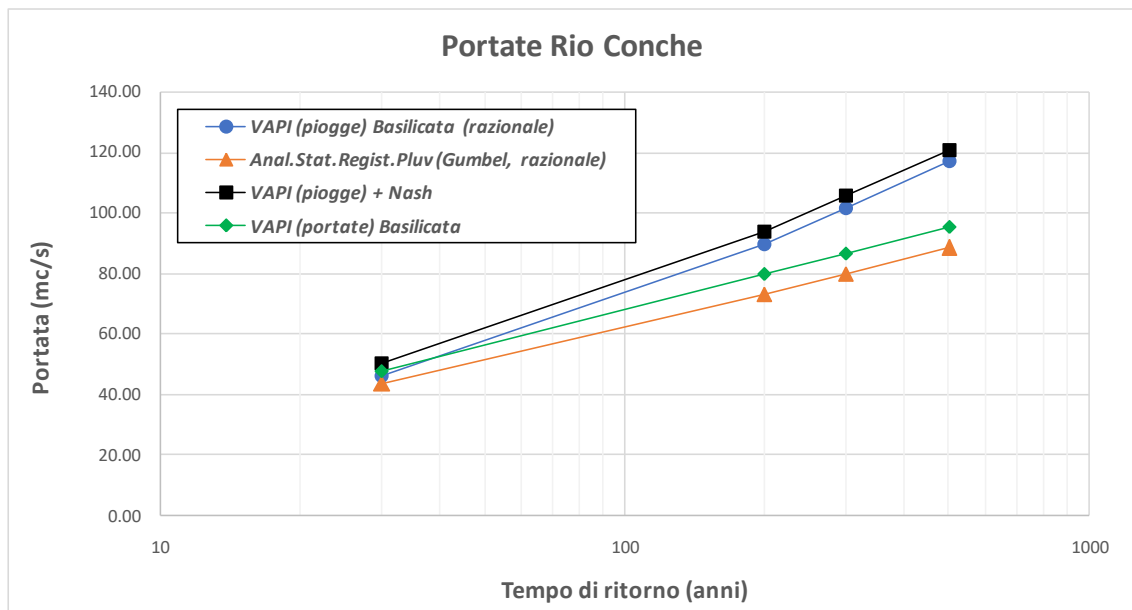


Figura 18 – Rio Conche: valori di portata al colmo, per vari tempi di ritorno, secondo differenti metodologie.

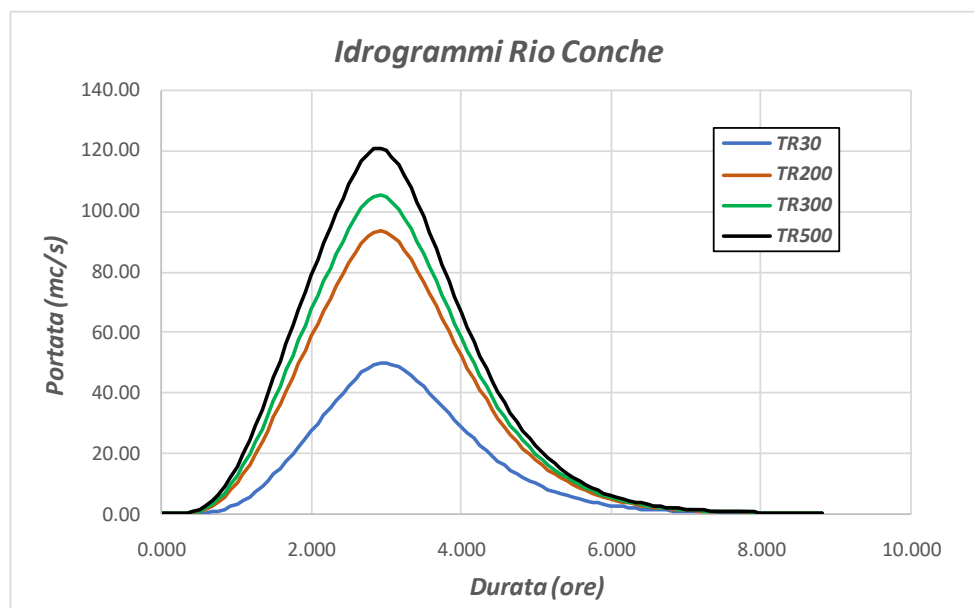


Figura 19 – Rio Conche: idrogrammi di piena di progetto.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 54 di 69 |

Inoltre, sul Rio Conche sono previsti in progetto anche due “nuovi” attraversamenti stradali, nello specifico quelli della nuova viabilità NV02 (di collegamento del piazzale della finestra intermedia FA03 della Galleria Miglionico con la viabilità locale), alle progressive 1+027 e 2+401, come mostrato nella figura seguente.

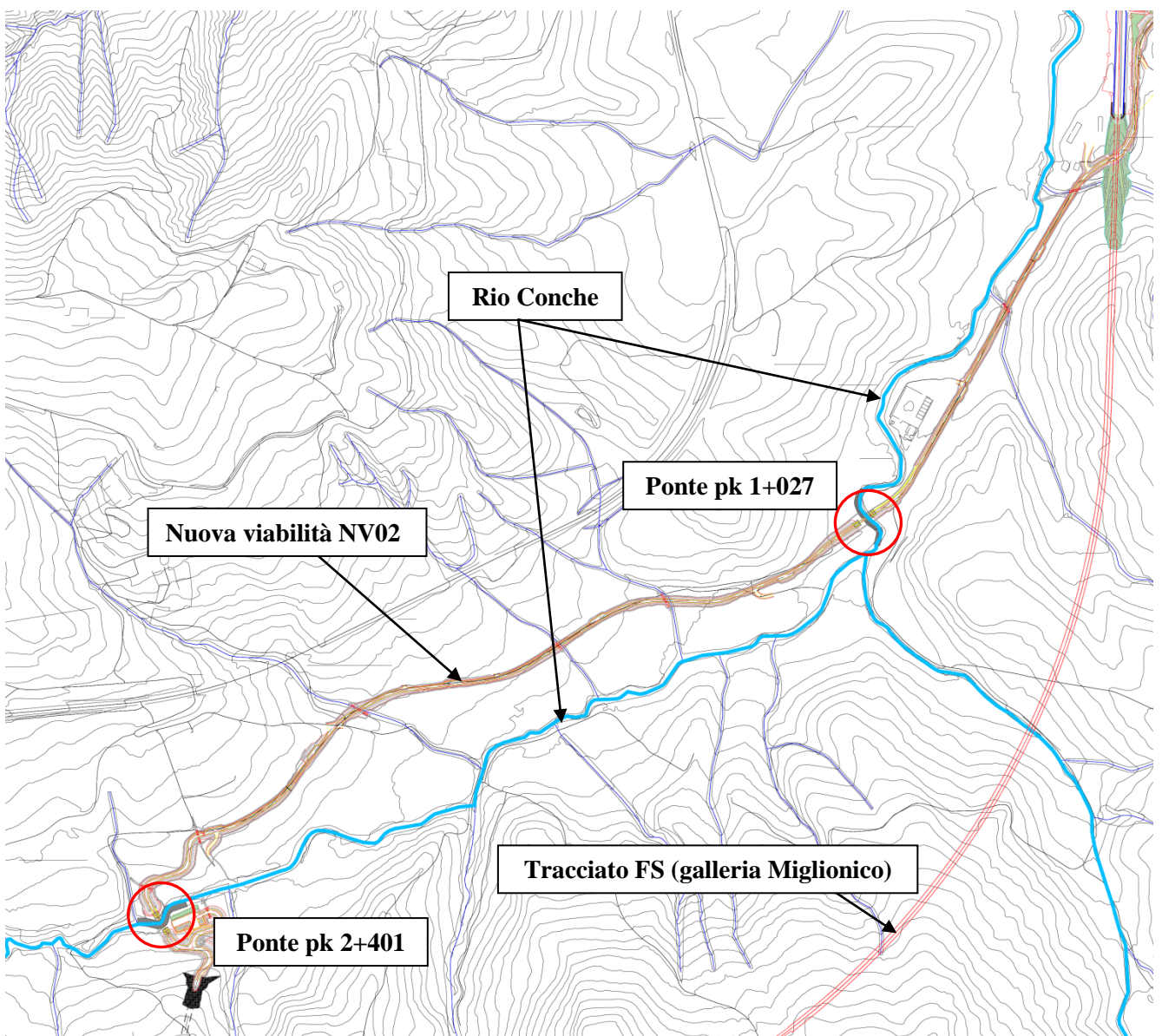


Figura 20 – Rio Conche: opere di attraversamento della nuova viabilità NV02.

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 55 di 69 |

Le relative analisi idrologiche e verifiche idrauliche sono riportate negli elaborati IA5F01D78RIID0001001, IA5F01D78RIID0002001.

In ragione dello stretto affiancamento della NV02 al Rio Conche nel tratto tra le progressive 0+400 e 1+200, e dell’attraversamento del corso d’acqua subito a valle della confluenza di un ramo (un’asta) minore (i.e. ponte alla prog. 1+027), è stato condotto un approfondimento (rispetto agli elaborati di riferimento sopra indicati) di natura sia idrologica sia idraulica ai fini della valutazione delle aree potenzialmente inondabili (ed eventualmente interferenti con la NV02), tramite lo sviluppo di un modello numerico bidimensionale (2D), in regime di moto vario, così come meglio descritto nella relazione idraulica annessa IA5F01D09RIID0002001.

Nello specifico, dal punto di vista idrologico, si è proceduto alla delimitazione del sottobacino del Rio Conche con sezione di chiusura collocata in corrispondenza del nuovo attraversamento stradale della NV02, alla prog. 1+027. Per tale sottobacino, sono stati individuati ulteriori due sottobacini, come mostrato nella figura seguente.

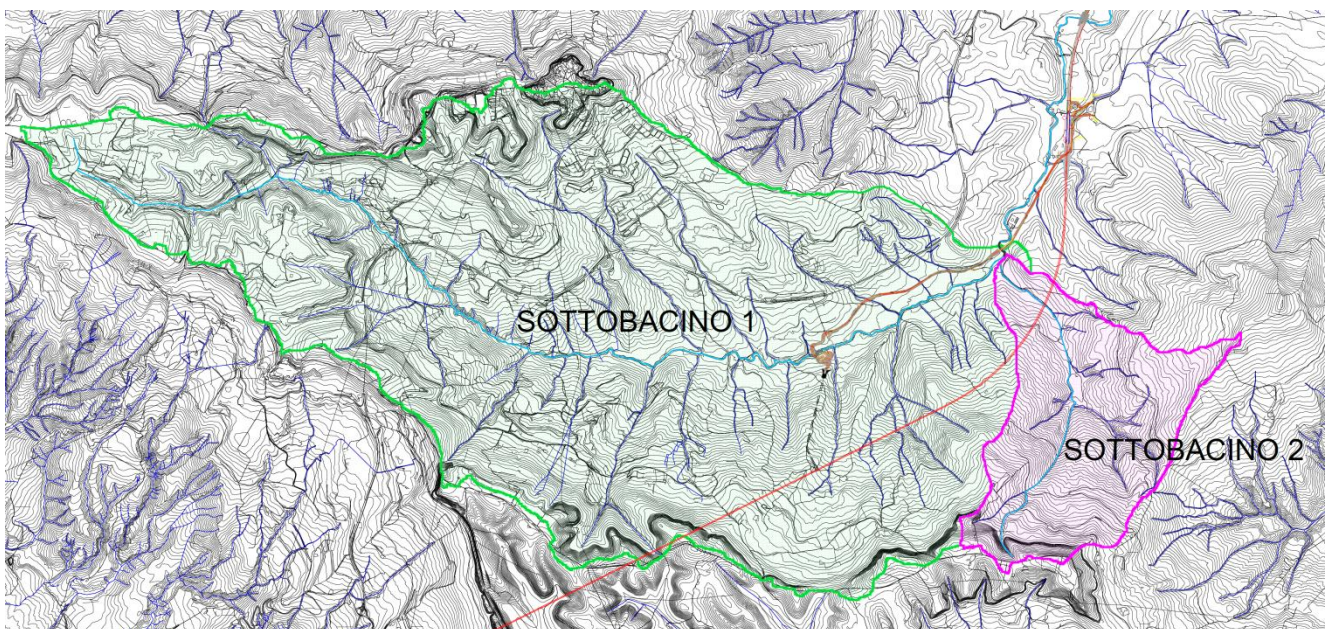


Figura 21 – Rio Conche: sottobacini di interesse alla sezione di chiusura ubicata alla prog. 1+027 della NV02.

I relativi parametri morfometrici sono riportati nella tabella seguente.

| | | | | | | |
|---|---|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 56 di 69 |

| | <i>Area Bacino</i> [kmq] | <i>Pendenza Asta principale</i> [m/m] | H_m [m m.s.l.] | H_{max} [m m.s.l.] | H_0 [m m.s.l.] | L [km] |
|----------------------|-----------------------------|--|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------|
| Sottobacino 1 | 10.0 | 0.043 | 349.20 | 470.4 | 174.0 | 6.8 |
| Sottobacino 2 | 1.5 | 0.136 | 314.5 | 471.1 | 314.5 | 2.1 |

Tabella 28. Rio Conche: parametri morfometrici dei sottobacini di interesse alla prog. 1+027 della NV02.

Ai fini della determinazione delle portate al colmo afferenti ai due sottobacini individuati, in ragione delle valutazioni precedenti, si è proceduto all’applicazione del modello di Nash considerando le curve di possibilità pluviometrica (CPP) derivanti della procedura VAPI (piogge) Basilicata, metodologia che è risultata essere quella più cautelativa. Nel caso specifico, i due sottobacini ricadono (in relazione alla loro estensione) nelle celle 109 e 123, alle quali corrispondono i seguenti valori dei parametri a e n della CPP.

| | <i>Cella VAPI</i> | <i>Area (kmq)</i> | <i>log(a)</i> | <i>a</i> | <i>n</i> |
|----------------------|-------------------|-------------------|---------------|----------|----------|
| Sottobacino 1 | 109 | 3.5 | 1.38 | 24.0 | 0.307 |
| | 123 | 6.5 | 1.405 | 25.4 | 0.281 |
| Sottobacino 2 | 109 | 1.1 | 1.38 | 24.0 | 0.307 |
| | 123 | 0.4 | 1.405 | 25.4 | 0.281 |

Tabella 29. VAPI: valori di a e n delle celle ricadenti nei sottobacini del Rio Conche alla prog. 1+027 della NV02.

Operando la media pesata (rispetto all’area di ogni cella), si ottengono i seguenti valori medi: per il sottobacino 1, $a = 24.91$ e $n = 0.290$; per il sottobacino 2, $a = 24.37$ e $n = 0.300$. I valori del parametro a sono moltiplicati per il fattore di crescita con il tempo di ritorno, K_{Tr} , valutato mediante la relazione implicita [**], sopra introdotta, relativa alla sottozona pluviometrica omogenea A di riferimento.

In analogia alle precedenti analisi, il tempo di corrvazione dei due sottobacini è stato valutato con le medesime formulazioni, sopra descritte, scegliendo il valore minimo ottenuto. Nello specifico, per il sottobacino 1 si ha $t_c = 2.0$ h; per il sottobacino 2, $t_c = 0.40$ h.

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 57 di 69 |

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso, anche in questo caso, è stato applicato il metodo del *Curve Number* (CN), sulla base della copertura del suolo (all’interno dei sottobacini in esame) riportata nel Corine Land Cover (CLC) al 4° Livello (Ispra, 2012). In particolare, assumendo in via cautelativa una classe di umidità media (II) e una categoria del suolo D (meno permeabile, o quasi impermeabile), si ottiene CN (medio) pari a **82**, per entrambi i sottobacini di interesse.

Applicando il metodo di Nash (con $n = 3$ e $k = t_c/5$) tramite il software Urbis, per i due sottobacini in esame, si ottengono quindi i seguenti valori di portata al colmo di progetto, corrispondenti al tempo di ritorno di riferimento di 200 anni (in accordo alle NTC2018).

| | Q (Tr = 200) [mc/s] |
|---------------|----------------------------|
| Sottobacino 1 | 67.50 |
| Sottobacino 2 | 18.20 |

Tabella 30 – Portate al colmo di progetto relative ai sottobacini del Rio Conche alla prog. 1+027 della NV02.

Nella figura seguente, sono riportati i corrispondenti idrogrammi di piena.

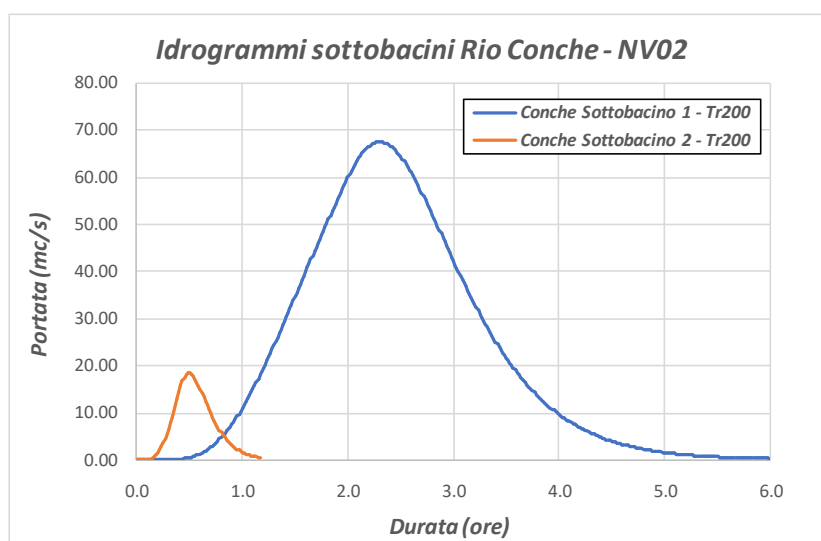


Figura 22. Rio Conche: idrogrammi di piena di riferimento, relativi ai sottobacini alla prog. 1+027 della NV02.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 58 di 69 |

3.3. BACINI IDROGRAFICI DEL FIUME BRADANO E DEL TORRENTE GRAVINA

Il bacino del F. Bradano ha una superficie di circa 3000 km² ed è compreso tra il bacino del fiume Ofanto a nord-ovest, i bacini di corsi d’acqua regionali della Puglia con foce nel Mar Adriatico e nel Mar Jonio a nord-est e a est, ed il bacino del fiume Basento a sud.

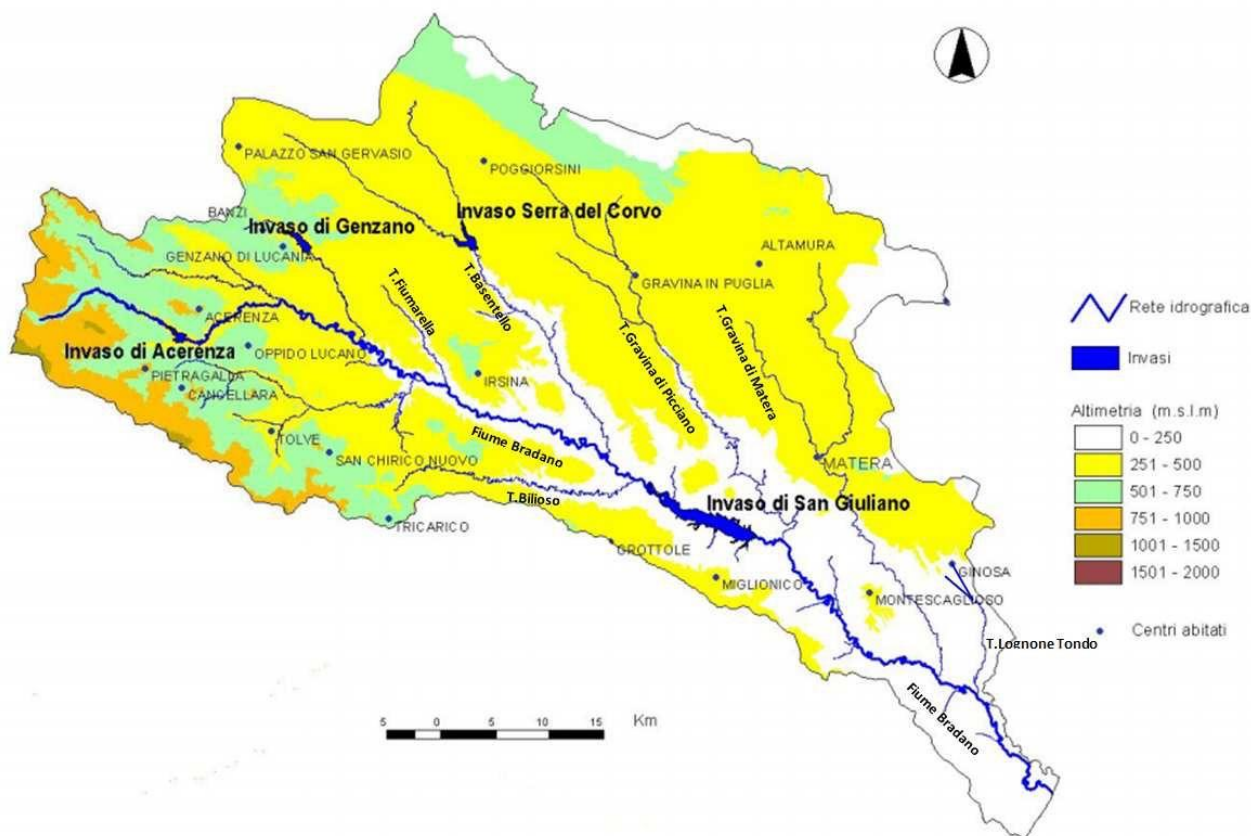


Figura 23. Bacino del fiume Bradano (fonte: P.G.R.A.).

Il bacino presenta morfologia montuosa nel settore occidentale e sud-occidentale con quote comprese tra 700 e 1250 m s.l.m.. Le quote più elevate sono raggiunte dai rilievi di Madonna del Carmine (1227 m s.l.m.), Monte S. Angelo (1120 m s.l.m.), Monte Tontolo (1072 m s.l.m.), Serra Carriero (1042 m s.l.m.), Serra Coppoli (1028 m s.l.m.), Monte Cupolicchio (1097 m s.l.m.). La fascia di territorio ad andamento NW-SE compresa tra Forenza e Spinazzola a nord e Matera-Montescaglioso a sud è caratterizzato da morfologia collinare con quote



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 59 di 69 |

comprese tra 300 e 500 m s.l.m.. Il settore nord-orientale del bacino include parte del margine interno dell’altopiano delle Murge, che in quest’area ha quote variabili tra 400 e 500 m s.l.m.. Il fiume Bradano ha origine dalla confluenza di impluvi provenienti dalle propaggini nordorientali di Monte Tontolo e di Madonna del Carmine, e dalle propaggini settentrionali di Monte S. Angelo. Il corso d’acqua ha una lunghezza di 116 km e si sviluppa quasi del tutto in territorio lucano, tranne che per un modesto tratto, in prossimità della foce, che ricade in territorio pugliese.

Nel tratto montano riceve i contributi del torrente Bradanello in sinistra idrografica e, all’altezza dell’invaso di Acerenza, del Torrente Rosso in destra idrografica.

Nel tratto a valle della diga di Acerenza il fiume Bradano riceve le acque del torrente Fiumarella in sinistra idrografica, poi quelle della Fiumara di Tolve in sinistra e quindi del torrente Percopo in destra.

Poco a monte della Diga di San Giuliano il Bradano accoglie gli apporti del torrente Basentello (regolati dall’invaso di Serra del Corvo) in sinistra idrografica e del torrente Bilioso in destra.

A valle della Diga di San Giuliano il Bradano riceve in sinistra idrografica il contributo del Torrente Gravina di Picciano o di Puglia (anch’esso interferente con la linea in progetto), del Torrente Gravina di Matera e quindi del Torrente Fiumicello.

Nel tratto compreso tra la confluenza con il torrente Fiumarella e l’invaso di San Giuliano il corso del Bradano in alcuni tratti assume l’aspetto di fiumara, in altri presenta un andamento meandriforme.

A valle della diga di San Giuliano il Bradano defluisce in una profonda fossa calcarea, (gravina), per poi riacquistare, all’altezza di Montescaglioso, le caratteristiche di un alveo sovralluvionato.

Il reticolo idrografico del bacino si presenta piuttosto ramificato. Il fiume Bradano si origina nel settore nord-occidentale della Regione Basilicata dalle pendici di Monte Tontolo-Madonna del Carmine e di Monte Sant’Angelo. Il corso d’acqua ha un andamento NO-SE, è lungo 155 km e sfocia nel Mar Jonio dopo aver attraversato la piana costiera jonica di Metaponto.

Sulla base della pendenza del fondo alveo, della geometria delle sezioni trasversali, delle curve granulometriche e dell’assetto planimetrico del corso d’acqua è possibile individuare i seguenti macrotratti morfologici:

- tratto montano fino alla confluenza con il T. Fiumarella, con pendenza maggiore del 1%, ampiezza delle sezioni da 25 a 130 m, fondo alveo caratterizzato da ghiaia con ciottoli;



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 60 di 69 |

- tratto dalla confluenza con il T. Fiumarella alla Diga di S. Giuliano, con pendenza di 0.4%, ampiezza delle sezioni da 18 a 640 m. L'alveo ha andamento planimetrico tipicamente meandriforme;
- tratto dalla Diga di S.Giuliano alla foce, con pendenza di 0.1%, ampiezza delle sezioni da 6.0 a 740 m. Il tratto è caratterizzato da una forra profonda, con le pareti a picco, dal tipico aspetto delle gravine pugliesi, incise dalle acque del Bradano nelle formazioni calcarenitiche plioceniche ed in quelle calcaree cretacee. Tale conformazione si mantiene per circa 5 km.
- tratto terminale il fiume Bradano, attraversato dalla S.S. 106 Jonica e dalla linea ferroviaria Taranto - Reggio Calabria rispettivamente a 6.5 km e 1.5 km dalla foce. Nel tratto a valle della S.S. 106 Jonica fin a circa 1 Km dalla foce il Fiume Bradano assume le tipiche caratteristiche di un alveo incassato di pianura. L'andamento planimetrico è spiccatamente meandriforme, il fondo alveo è caratterizzato da limi e sabbie e la pendenza media del fondo alveo si attesta intorno allo 0.4‰.

La linea ferroviaria in progetto attraversa il Fiume Bradano e il Torrente Gravina di Puglia alle progressive 13+000 e 15+500, rispettivamente, a valle dell'invaso di San Giuliano, mediante due viadotti a travata metallica. In ragione della caratteristica conformazione dell'alveo "in gravina", i valori minimi di franco di sicurezza idraulica prescritti dalle normative vigenti sono già ampiamente rispettati (il dislivello tra fondo alveo e sottotrave in corrispondenza dei viadotti VI05 sul F. Bradano e VI08 sul T. Gravina è pari a circa 60 e 45 metri, rispettivamente). Comunque, si è proceduto all'analisi idrologica e alla successiva verifica idraulica (secondo modello monodimensionale in regime di moto permanente), ai fini della determinazione dei livelli idrici in corrispondenza delle sezioni di attraversamento, per i tempi di ritorno di riferimento.

Di seguito, la delimitazione dei sottobacini di interesse, con sezione di chiusura in corrispondenza della confluenza del T. Gravina di Puglia (o di Picciano) nel F. Bradano (subito a valle delle opere di attraversamento VI05 e VI08 in esame), unitamente alle rispettive caratteristiche morfometriche (per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato IA5F01D09CZID0001002A).

| <i>Area Bacino [km²]</i> | <i>Pendenza Bacino [m/m]</i> | <i>H_m [m m.s.l.]</i> | <i>H_{max} [m m.s.l.]</i> | <i>H₀ [m m.s.l.]</i> | <i>L [km]</i> |
|---|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| 1675 | 0.15 | 433.5 | 1211 | 78 | 106.8 |

Tabella 31. Parametri morfometrici del sottobacino di interesse del Fiume Bradano.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 61 di 69 |

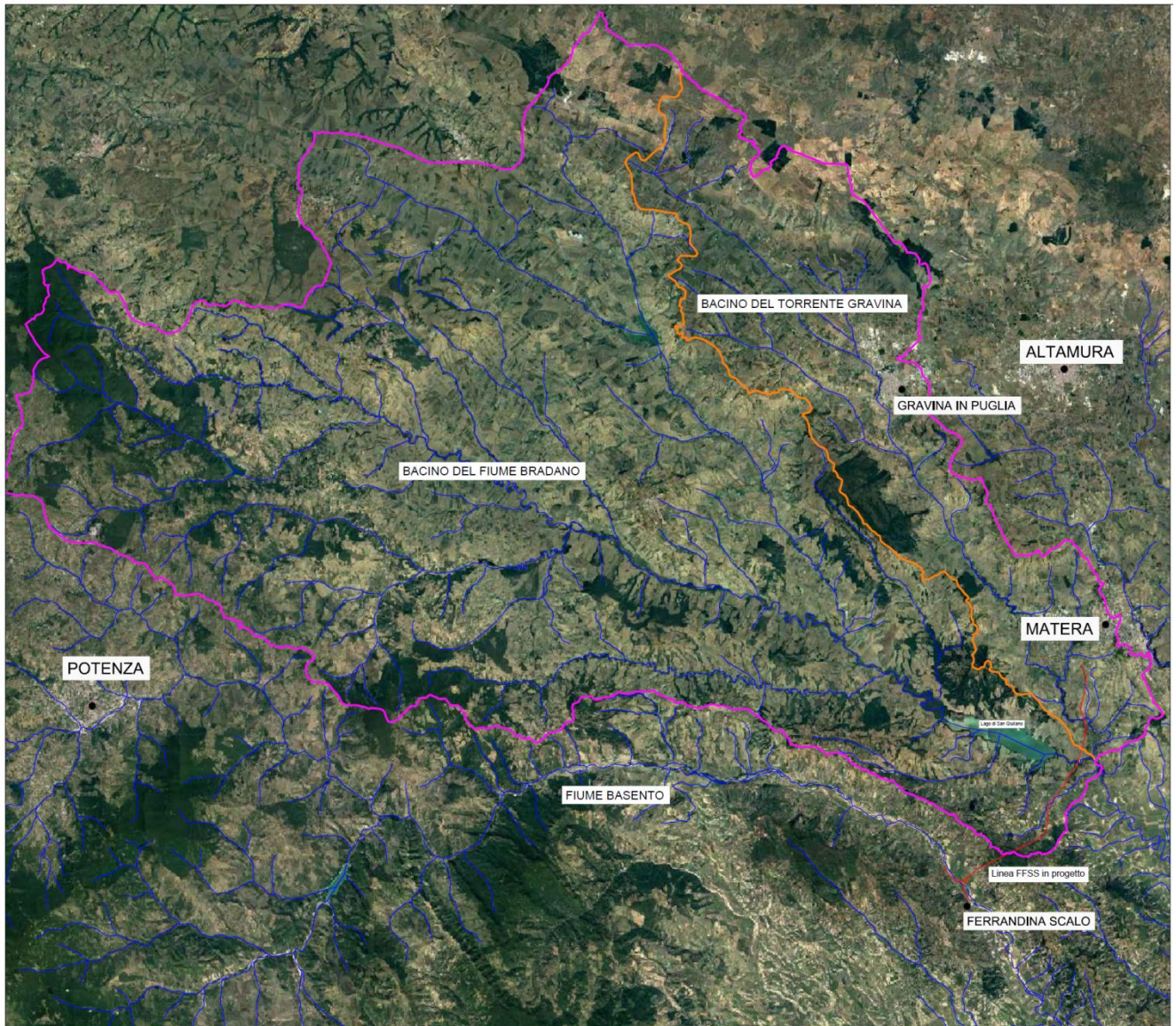


Figura 24. Bacini del Fiume Bradano e del Torrente Gravina di interesse.

| <i>Area Bacino</i> [km ²] | <i>Pendenza Bacino</i> [m/m] | <i>H_m</i> [m m.s.l.] | <i>H_{max}</i> [m m.s.l.] | <i>H₀</i> [m m.s.l.] | <i>L</i> [km] |
|--|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------|
| 435 | 0.09 | 389.7 | 672.0 | 84 | 62.6 |

Tabella 32. Parametri morfometrici del sottobacino di interesse del Torrente Gravina.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 62 di 69 |

Sulla base delle risultanze e delle considerazioni precedenti, si è proceduto alla determinazione delle portate al colmo del Fiume Bradano e del Torrente Gravina, applicando direttamente la procedura VAPI, risultata più cautelativa rispetto alle altre metodologie, unitamente (per semplicità) al metodo razionale (essendo stata adottata, per il F. Bradano e il T. Gravina, una modellazione numerica monodimensionale, in regime di moto permanente, per motivi morfologici, non si è reso necessario valutare dunque i corrispondenti idrogrammi di piena; per cui non è stato applicato il metodo di Nash, finalizzato nei casi precedenti alla valutazione delle onde di piena di progetto da considerare nei modelli bidimensionali in regime di moto vario, sviluppati per il Fiume Basento e il Rio Conche).

3.3.1. VA.PI. Basilicata – Fiume Bradano

PLUVIOMETRIA

Di seguito, si riportano le celle ricadenti all’interno del sottobacino del Fiume Bradano in esame, unitamente ai rispettivi valori di a e n , nonché dell’estensione.

| Cella VAPI | Area (kmq) | log(a) | a | n |
|------------|------------|--------|------|-------|
| 190 | 1.9 | 1.441 | 27.6 | 0.241 |
| 191 | 8.4 | 1.447 | 28.0 | 0.235 |
| 175 | 42 | 1.382 | 24.1 | 0.258 |
| 176 | 60 | 1.412 | 25.8 | 0.25 |
| 177 | 42.6 | 1.441 | 27.6 | 0.24 |
| 159 | 33 | 1.374 | 23.7 | 0.273 |
| 160 | 39.5 | 1.356 | 22.7 | 0.272 |
| 161 | 86.6 | 1.356 | 22.7 | 0.272 |
| 162 | 100 | 1.384 | 24.2 | 0.264 |
| 163 | 65.2 | 1.423 | 26.5 | 0.254 |
| 145 | 66 | 1.348 | 22.3 | 0.28 |
| 146 | 100 | 1.339 | 21.8 | 0.285 |
| 147 | 100 | 1.341 | 21.9 | 0.291 |
| 148 | 100 | 1.357 | 22.8 | 0.286 |
| 149 | 99.7 | 1.397 | 24.9 | 0.27 |
| 150 | 47.5 | 1.442 | 27.7 | 0.248 |



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D'ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IASF | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 63 di 69 |

| Cella VAPI | Area (kmq) | log(a) | a | n |
|------------|------------|--------|------|-------|
| 131 | 4.6 | 1.331 | 21.4 | 0.287 |
| 132 | 49.1 | 1.324 | 21.1 | 0.298 |
| 133 | 98 | 1.322 | 21.0 | 0.31 |
| 134 | 100 | 1.334 | 21.6 | 0.306 |
| 135 | 100 | 1.366 | 23.2 | 0.292 |
| 136 | 99 | 1.405 | 25.4 | 0.275 |
| 137 | 34 | 1.431 | 27.0 | 0.257 |
| 119 | 10.7 | 1.304 | 20.1 | 0.322 |
| 120 | 26.1 | 1.321 | 20.9 | 0.327 |
| 121 | 11.8 | 1.342 | 22.0 | 0.322 |
| 122 | 44.3 | 1.377 | 23.8 | 0.303 |
| 123 | 89 | 1.405 | 25.4 | 0.281 |
| 124 | 11.5 | 1.428 | 26.8 | 0.27 |
| 109 | 4.5 | 1.38 | 24.0 | 0.307 |

Tabella 33. VAPI: valori dei parametri (a;n) delle celle ricadenti nel sottobacino del Fiume Bradano in esame.


Operando la media pesata (rispetto all'area di ogni cella), si ottengono i seguenti valori medi validi per il sottobacino di interesse: $a = 23.64$; $n = 0.28$. In definitiva, la curva di possibilità pluviometrica di riferimento assume la seguente forma:

$$h(Tr,d) = K_{Tr} \cdot m(h(d)) = K_{Tr} \cdot a \cdot d^n = K_{Tr} \cdot 23.64 \cdot d^{0.28}$$

con K_{Tr} fattore di crescita con il tempo di ritorno, valutato mediante la relazione implicita [**], con riferimento alla sottozona pluviometrica omogenea A.

IDROMETRIA – PORTATE ISTANTANEE

Con riferimento all'area omogenea 1, che include il sottobacino del Fiume Bradano in esame, per $A = 1675 \text{ km}^2$, si ottiene il seguente valore medio della portata, $m(Q) = 628 \text{ m}^3/\text{s}$. Determinato $m(Q)$, con riferimento alla sottozona idrometrica omogenea A (relativa al bacino del Fiume Bradano), si è proceduto al calcolo della portata al colmo, per differenti tempi di ritorno.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 64 di 69 |

| <i>Tr (anni)</i> | <i>Q_{Tr} (mc/s)</i> |
|------------------|------------------------------|
| 30 | 1816.5 |
| 200 | 3034.2 |
| 300 | 3294.4 |
| 500 | 3622.3 |

Tabella 34 – VAPI (portate), Regione Basilicata, Fiume Bradano: valori di portata al colmo in corrispondenza della sezione di chiusura di interesse.

3.3.2. *Stima delle portate al colmo – Fiume Bradano*

Le curve di possibilità pluviometrica sopra determinate sono state applicate come anzidetto al metodo razionale. Il tempo di corrvazione (t_c) del sottobacino del Fiume Bradano di interesse (dalla notevole estensione), è stata valutato con la relazione di Giandotti sopra introdotta. Nello specifico, si ottiene: $t_c = 21.5$ h.

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso, anche in questo caso, è stato applicato il metodo del *Curve Number* (CN), sulla base della copertura del suolo (all’interno del sottobacino in esame) riportata nel Corine Land Cover (CLC) al 4° Livello (Ispra, 2012). In particolare, assumendo in via cautelativa una classe di umidità media (II) e una categoria del suolo D (quasi impermeabile), si ottiene CN (medio) pari a **83.5**.

Di seguito, i valori di portata al colmo, per i vari tempi di ritorno considerati, in corrispondenza della sezione di chiusura di interesse.

| <i>Tr (anni)</i> | <i>Q (mc/s)</i> |
|------------------|-----------------|
| 30 | 1372.5 |
| 200 | 2478.5 |
| 300 | 2774.3 |
| 500 | 3163.0 |

Tabella 35 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del Fiume Bradano di interesse, secondo la procedura VAPI (piogge) Basilicata.

Di seguito si riportano anche i valori di portata al colmo indicati, nei documenti del PGRA della Regione Basilicata, adottati negli studi idraulici finalizzati alla definizione delle aree di pericolosità idraulica, in corrispondenza della sezione denominata “301”, a monte della confluenza con il Torrente Gravina.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IASF | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 65 di 69 |

| <i>Tr (anni)</i> | <i>Q (mc/s)</i> |
|------------------|-----------------|
| 30 | 1736.5 |
| 200 | 2900.7 |
| 500 | 3462.9 |

Tabella 36 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al sottobacino del Fiume Bradano di interesse, secondo la procedura VAPI (piogge) Basilicata.

Nella figura seguente, il confronto tra i differenti valori di portata al colmo, per il Fiume Bradano, valutati alla sezione di chiusura di interesse.

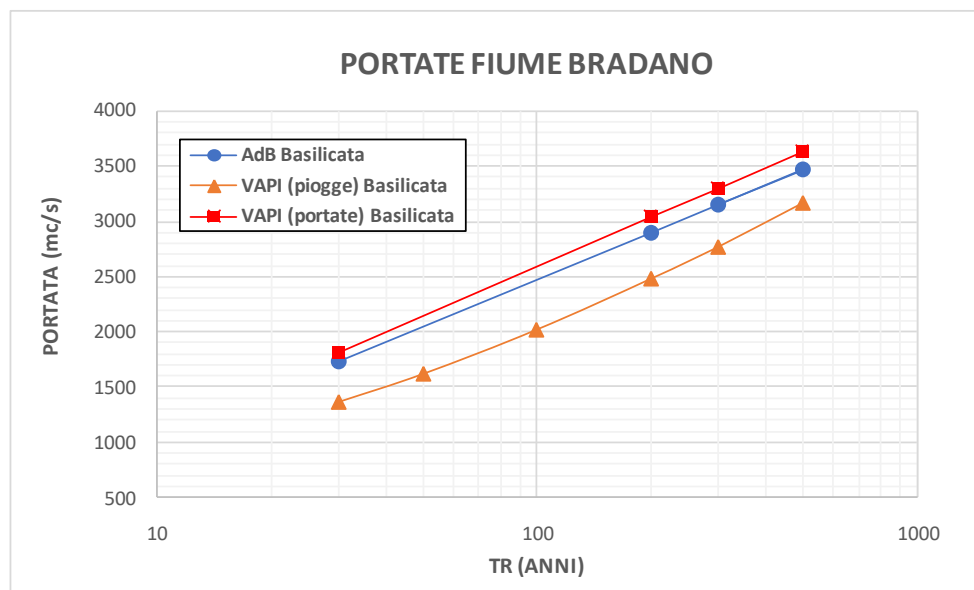



Figura 25 – Fiume Bradano: valori di portata al colmo, per vari tempi di ritorno.

Si osserva che la metodologia *VAPI “portate”* fornisce valori di portata al colmo superiori a quelli indicati nel PGRA ed ottenuti tramite la metodologia *VAPI “piogge”*. Pertanto, nella verifiche idrauliche sviluppate, saranno presi come riferimento tali valori più cautelativi.

Si precisa che nelle analisi effettuate non è stato considerato l’effetto di laminazione delle piene offerto dall’invaso di San Giuliano, situato ad una distanza di 3 km a monte della sezione di chiusura di interesse.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 66 di 69 |

3.3.3. VA.PI. Basilicata – Torrente Gravina

PLUVIOMETRIA

Di seguito, si riportano le celle ricadenti all’interno del bacino del Torrente Gravina in esame, unitamente ai rispettivi valori di a e n , nonché dell’estensione.


| Cella VAPI | Area (kmq) | log(a) | a | n |
|------------|------------|--------|------|-------|
| 177 | 48.6 | 1.441 | 27.6 | 0.24 |
| 178 | 27.4 | 1.452 | 28.3 | 0.23 |
| 163 | 35 | 1.423 | 26.5 | 0.254 |
| 164 | 98.5 | 1.447 | 28.0 | 0.235 |
| 165 | 10.5 | 1.455 | 28.5 | 0.22 |
| 149 | 1 | 1.397 | 24.9 | 0.27 |
| 150 | 52.6 | 1.442 | 27.7 | 0.248 |
| 151 | 36.5 | 1.447 | 28.0 | 0.233 |
| 136 | 2 | 1.405 | 25.4 | 0.275 |
| 137 | 61 | 1.431 | 27.0 | 0.257 |
| 138 | 33.4 | 1.447 | 28.0 | 0.24 |
| 123 | 3.5 | 1.405 | 25.4 | 0.281 |
| 124 | 25 | 1.428 | 26.8 | 0.27 |

Tabella 37. VAPI: valori dei parametri ($a;n$) delle celle ricadenti nel bacino del Torrente Gravina in esame.

Operando la media pesata (rispetto all’area di ogni cella), si ottengono i seguenti valori medi validi per il bacino di interesse: $a = 27.57$; $n = 0.244$. In definitiva, la curva di possibilità pluviometrica di riferimento assume la seguente forma:

$$h(Tr,d) = K_{Tr} \cdot m(h(d)) = K_{Tr} \cdot a \cdot d^n = K_{Tr} \cdot 27.57 \cdot d^{0.244}$$

con K_{Tr} , fattore di crescita con il tempo di ritorno, valutato mediante la relazione implicita [**], con riferimento alla sottozona pluviometrica omogenea A.

| | | | | | | |
|---|---|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 67 di 69 |

IDROMETRIA – PORTATE Istantanee

Con riferimento all’area omogenea 1, che include il bacino del Torrente Gravina in esame, per $A = 435 \text{ km}^2$, si ottiene il seguente valore medio della portata, $m(Q) = 223.6 \text{ m}^3/\text{s}$. Determinato $m(Q)$, con riferimento alla sottozona idrometrica omogenea A (relativa al bacino del Fiume Bradano, all’interno del quale ricade il bacino del Torrente Gravina), si è proceduto al calcolo della portata al colmo, per differenti tempi di ritorno.

| Tr (anni) | Q_{Tr} (mc/s) |
|-------------|-----------------|
| 30 | 646.7 |
| 200 | 1080.3 |
| 300 | 1172.9 |
| 500 | 1289.6 |

Tabella 38 – VAPI (portate), Regione Basilicata, Torrente Gravina: valori di portata al colmo in corrispondenza della sezione di chiusura di interesse.

3.3.4. Stima delle portate al colmo – Torrente Gravina

Le curve di possibilità pluviometrica sopra determinate sono state applicate come anzidetto al metodo razionale. Il tempo di corrivazione (t_c) del bacino del Torrente Gravina (dalla notevole estensione), è stata valutato con la relazione di Giandotti sopra introdotta. Nello specifico, si ottiene: $t_c = 12.7 \text{ h}$. Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso, anche in questo caso, è stato applicato il metodo del *Curve Number* (CN), sulla base della copertura del suolo (all’interno del sottobacino in esame) riportata nel Corine Land Cover (CLC) al 4° Livello (Ispra, 2012). In particolare, assumendo in via cautelativa una classe di umidità media (II) e una categoria del suolo D (quasi impermeabile), si ottiene CN (medio) pari a **84**. Di seguito, i valori di portata al colmo, per i vari tempi di ritorno considerati, in corrispondenza della sezione di chiusura di interesse.

| Tr (anni) | Q (mc/s) |
|-------------|------------|
| 30 | 541.4 |
| 200 | 985.0 |
| 300 | 1103.9 |
| 500 | 1260.2 |

Tabella 39 – Portate al colmo, per vari tempi di ritorno, relative al bacino del Torrente Gravina, secondo la procedura VAPI (piogge) Basilicata.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA”

RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA
MAGGIORI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IA5F | 01 | D 09 RI | ID 00 01 001 | B | 68 di 69 |

Nella figura seguente, il confronto tra i differenti valori di portata al colmo, per il Torrente Gravina, valutati alla sezione di chiusura di interesse.

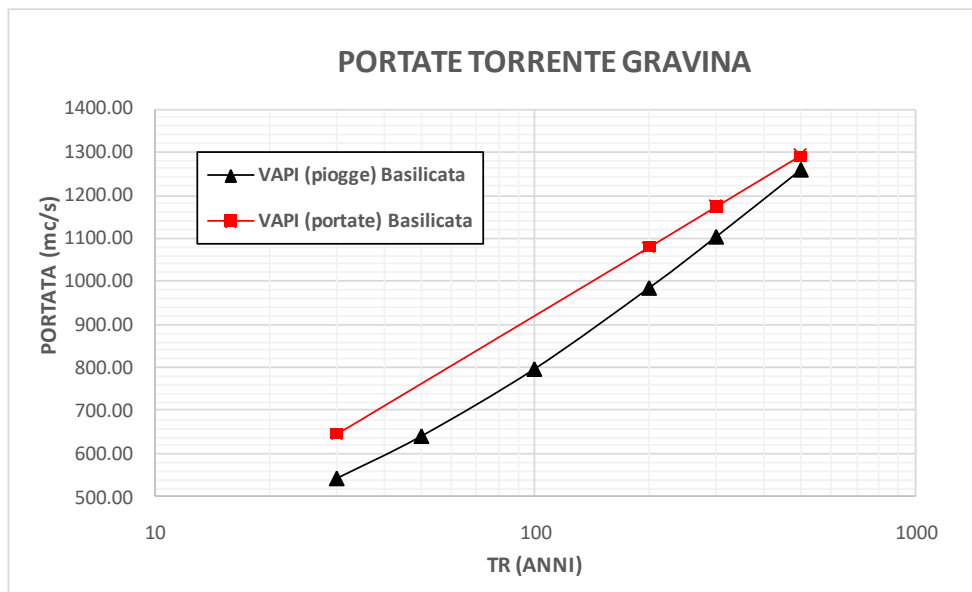



Figura 26 – Torrente Gravina: valori di portata al colmo, per vari tempi di ritorno.

Anche in questo caso, si osserva che la metodologia *VAPI “portate”* fornisce valori di portata al colmo superiori a quelli ottenuti tramite la metodologia *VAPI “piogge”*. Pertanto, nella verifiche idrauliche sviluppate, saranno presi come riferimento tali valori più cautelativi.

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA “LA MARTELLA” | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA – CORSI D’ACQUA MAGGIORI | COMMESSA IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 09 RI | DOCUMENTO ID 00 01 001 | REV. B | FOGLIO 69 di 69 |

4. BIBLIOGRAFIA

AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.

ADIS . *Linee guida e indirizzi operativi per l’attuazione del principio della invarianza idraulica*. Articolo 47 delle NTA del PAI della Regione Sardegna, 2008.

Caivano A. M., *Rischio idraulico e idrogeologico*, EPC Libri, 2003.

Calomino e Veltri (a cura di), *Orientamenti attuali di idrologia urbana*, Bios, Cosenza, 1988.

DM 2018 - Norme Tecniche sulle Costruzioni e relativa circolare esplicativa n.7/2019.

Ghetti A., *Idraulica*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.

Maione U., *Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali*, La Goliardica Pavese, 1977.

Manuale di Progettazione RFI, Sezione Corpo Stradale, 2019.

Ministero LL.PP., *Dati caratteristici dei corsi d’acqua italiani*, Pubblicazione n°17, Roma, 1980.

Penta A., Rossi F., Silvani G., Veltri M., Versace P., *Un modello stocastico per l’analisi delle massime piogge giornaliere in presenza di grandi nubifragi*, Atti XVII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Palermo, 1980.

Penta A., Silvani G., Versace P., *Analisi regionale dei massimi annuali delle portate al colmo di piena, Incontro di studio su: Estremi ideologici e modelli di previsione*, Perugia, 1978.

Piano Stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico (P.S.D.R.I.) – Relazione, Autorità interregionale di Bacino della Basilicata, giugno 2006.

Piano Stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico (P.S.D.R.I.) – Norme di Attuazione, Autorità interregionale di Bacino della Basilicata, giugno 2006.

Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Regione Basilicata (PGRA) – Autorità del Distretto idrografico dell’Appennino Meridionale (2015).

Rossi F., Fiorentino M., Versace P., *Two component extreme value distribution for Flood Frequency Analysis*, Water Resources Research, Vol. 20, N.7, 1984.

Surendra, K. M., Vijay., P. S. *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*. Springer, pp. 84-146, 2003.

Sintesi del rapporto regionale Basilicata, GNDCI Linea 1 (Gruppo Nazionale per la difesa delle catastrofi idrogeologiche), Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia.

Viparelli C., *Ricostruzione dell’idrogramma di piena*, L’Energia Elettrica, 6, 421-428, 1963.