



REGIONE BASILICATA



**PARCO EOLICO SERRA GAGLIARDI
GENZANO DI LUCANIA (PZ)**

ELABORATO DI PROGETTO

Em./Rev.	Data	Red./Dis.	Verificato	Approvato	Descrizione
2	15/02/2016			Ing. F. Forcina	
1	24/02/2015			Ing. F. Forcina	
0	17/06/2013			Ing. F. Forcina	

Redazione: **SKYWIND S.r.l.** via Marconi, 6, 04024 Gaeta (LT)

Titolo dell'allegato:

Relazione Idraulica



Allegato:

A.3.

Pagine:

1 di 31

Committente:



SKYWIND  S.r.l. Via Marconi, 6
04024 Gaeta (LT) ITALY

INDICE

<u>PREMESSA</u>	2
<u>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGRAFICO DELL'AREA</u>	5
<u>BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME BRADANO</u>	6
<u>DESCRIZIONE DEL PARCO EOLICO</u>	8
<u>BACINI IDROGRAFICI DEI FOSSI STRADALI</u>	9
<u>DATI PLUVIOMETRICI</u>	10
<u>ELABORAZIONE DEI DATI DI PIOGGIA</u>	18
<u>CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA</u>	20
<u>MODALITA' D'INTERVENTO</u>	23
<u>CONCLUSIONI</u>	28

PREMESSA

Il presente studio idraulico costituisce parte integrante degli studi relativi al progetto di sviluppo del *Parco Eolico Serra Gagliardi* nel territorio del Comune di Genzano di Lucania (PZ).

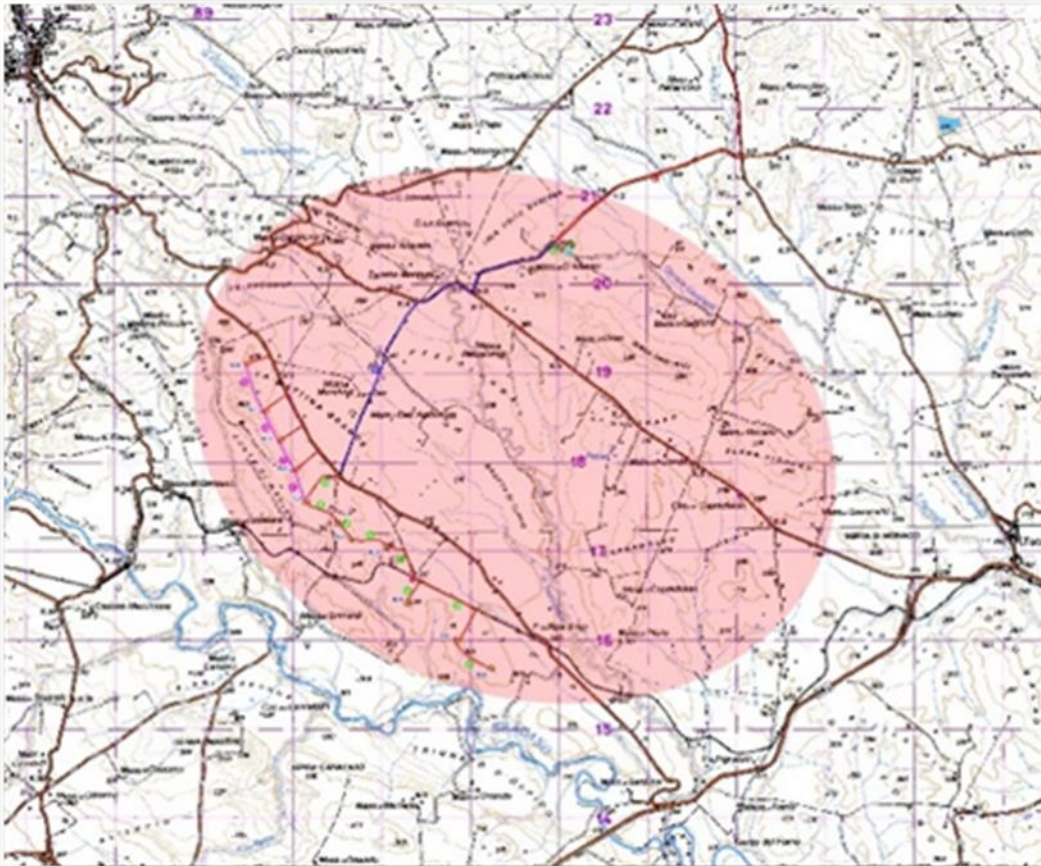
La Società progettista è la **SkyWind S.r.l.**, Società per la realizzazione e sfruttamento di impianti per la produzione di energia elettrica, con sede legale in via Marconi, 6 Gaeta 04024 (LT) Italia, rappresentata legalmente dal Sig. Mariano Martellucci nato a Minturno (LT) il 16/01/1965 quale Amministratore Unico.

La presente relazione riporta lo studio del regime idraulico degli eventuali corsi d'acqua interessati o attraversati dalle opere in progetto specificando altresì se gli interventi interessino o meno corsi d'acqua classificati pubblici o ricadenti nel demanio idrico. Lo studio si estende ad eventi con tempo di ritorno $T = 30, 200$ e 500 anni.

UBICAZIONE DELL'OPERA

Il Parco Eolico On-shore "Serra Gagliardi" costituita da 10 torri eoliche è ubicato esclusivamente nel quadrante sud-est del comune di Genzano di Lucania (PZ), a circa 4 Km dal centro abitato (Fig.1.2.1.) su rilievi collinari di modesta altezza e pendenza ad una quota compresa tra circa 320 e 400 m s.l.m. Il territorio interessato dagli interventi è compreso, in base alla zonizzazione di cui al Piano Regolatore Generale del Comune di Genzano di Lucania, in Zona E – Agricola con colture prevalenti seminative. Il sito scelto per l'impianto è caratterizzato da uno scarso insediamento di edifici, da terreni seminativi per la produzione di grano, da una facile accessibilità viaria ma soprattutto, non è interessato da alcun vincolo né ambientale né territoriale e rientra nelle aree idonee previste dal PIEAR della Basilicata.

Lo scrivente nel mese di Giugno 2013 ha eseguito un dettagliato sopralluogo nell'area d'intervento per acquisire informazioni sulle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrologiche dell'area utili al presente studio idraulico.



METODOLOGIA DI STUDIO

Per il presente studio sono stati consultati i seguenti documenti:

- 1) Annali Idrologici - Parte Prima, reperiti sul sito Internet dell'ISPRA, per gli anni compresi tra il 1940 ed il 1987;
- 2) Annali Idrologici - Parte Prima, reperiti sul sito Internet dell'ARPAB, per gli anni compresi tra il 1988 ed il 1999;
- 3) Il SIT (Sistema Informativo Territoriale) del sito Internet della Regione Basilicata,
- 4) Il sito Internet dell'Autorità di Bacino Interregionale della Basilicata ed i relativi studi pubblicati sul sito;
- 5) Il testo "Sistemazioni Idraulico-Forestali" di G. Benini edito da UTET, Seconda Edizione, 2000;
- 6) Il testo "Sistemi di Fognature" del Centro Studi Deflussi Urbani edito da HOEPLI, 1977.

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGRAFICO DELL'AREA

Il sito ricade interamente nel territorio del comune di *Genzano di Lucania* nella provincia di Potenza. Il comune ha 5.915 abitanti (ottobre 2012) ed una superficie di 207,04 kmq, ed è il più esteso della provincia. Il centro abitato, dislocato nella porzione Nord-Ovest, sorge a quota 587 m s.lm. Il territorio ricade nell'alta Valle del Bradano nella parte nord-orientale della provincia, è confinante con la parte nord-orientale della provincia di Matera, con la parte nord-occidentale della provincia di Bari e la parte sud-occidentale della provincia di Barletta-Andria-Trani. Confina con i comuni di Banzi (6 km di distanza), Acerenza (16 km), Oppido Lucano (17 km), Poggiorsini (32 km), Palazzo San Gervasio e Spinazzola (20 km), Irsina (28 km) e Gravina in Puglia (42 km). Dista 48 km da Potenza e 62 km da Matera.

Dal punto di vista idrografico, il comune ricade nella porzione alta del bacino del Fiume Bradano, che ricade nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Interregionale della Basilicata.

Il territorio è attraversato dai seguenti corsi d'acqua principali:

- il *Fiume Bradano*,

e dai suoi affluenti:

- *La Fiumarella*,
- *il Torrente Basentello*,
- *il Torrente Percopo*.

Sono presenti inoltre nel territorio alcune opere che assumono notevole importanza dal punto di vista idraulico:

- *la Diga di Genzano*,
- *la Diga di Serra di Corvo*,
- *il laghetto artificiale di Siano*.

BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME BRADANO

Il Comune di Genzano ricade nella parte alta del bacino idrografico del Fiume Bradano che costeggia il territorio comunale sul confine Ovest e che scorre in direzione da Nord-Ovest a Sud-Est. Il F. Bradano è uno dei corsi d'acqua più importanti della Basilicata e sfocia nel Mar Ionio,

l'asta principale ha una lunghezza di 116 km, il bacino idrografico ha una superficie di circa 3.000 kmq (è il terzo fiume della Basilicata per lunghezza ed il primo per ampiezza del bacino idrografico). Il suo percorso ricade quasi completamente nel territorio della Basilicata ad eccezione del tratto



terminale che ricade nella regione Puglia. Il bacino idrografico (di competenza dell'Autorità di Bacino della Basilicata) ricade a cavallo del confine tra la regione Basilicata e la regione Puglia. Nell'immagine in alto, in cui sono riportati alcuni bacini idrografici principali della regione Basilicata, il bacino del Fiume Bradano è quello di colore verde, mentre il confine della Regione Basilicata è la linea di colore arancione. Il sito di ubicazione delle opere è individuato con il cerchio rosso.

Il F. Bradano ha origine poco più a Nord di Genzano nel Comune di Avigliano nell'Appennino Lucano, lungo il suo percorso sono stati realizzati numerosi sbarramenti. Numerosi sono affluenti, tra questi quelli che scorrono nel territorio del comune di Genzano sono il *Torrente Basentello* (principale tributario che affluisce nel Bradano in sinistra idraulica nei pressi del territorio di Irsina), *la Fiumarella* (che confluisce nel Bradano al confine sud-est di Genzano sempre in sinistra

idraulica) entrambi visibili nell'immagine sopra riportata ed il *Torrente Percopo* che confluisce sempre in sinistra idraulica.

Tra le altre opere di rilievo dal punto di vista idraulico che ricadono nel territorio di Genzano si citano:

- la *Diga di Genzano* ubicata a ridosso del bosco Macchia in direzione Spinazzola. Il bacino artificiale è in corso di ultimazione ed ha una capacità d'invaso di circa $53 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Accumula le acque del Torrente La Fiumarella;
- la *Diga di Serra di Corvo*: al confine con i comuni di Irsina e Gravina in Puglia. Bacino artificiale completato nel 1974, ha una capacità di circa $28 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Accumula le acque del torrente Basentello.
- il *laghetto artificiale di Siano* situato in contrada Siano.

Come riportato nella tavola A.16.a.12 (Bacini Idrografici) il territorio del comune di Genzano può essere suddiviso nei seguenti sottobacini:

- il bacino del *Fiume Bradano e del suo affluente Torrente Fiumarella*, ubicato nella porzione Ovest del territorio,
- il bacino de *La Fiumarella*, ubicato nella porzione centrale,
- il bacino del *Torrente Percopo*, nella porzione Est,
- il bacino del *Torrente Basentello*, nella porzione ancora più ad Est del comune, a cavallo con i comuni confinanti.

Il sito di ubicazione dell'impianto eolico ricade nel bacino idrografico principale del F. Bradano, in particolare le torri eoliche da TR_10 a TR_13 ricadono nel sottobacino de La Fiumarella, mentre le torri da TR_01 a TR_05 e la TR_14 si trovano a cavallo del bacino de La Fiumarella e del bacino del F. Bradano.

DESCRIZIONE DEL PARCO EOLICO

Il parco eolico è costituito da 10 torri (identificate con i codici da TR_01 a TR_05 e TR_10 a TR_14) dislocate in località "La Mattina Grande". Alla base di ogni torre sarà realizzata una piazzola, gli impianti saranno raggiungibili dalla viabilità principale mediante una strada di servizio appositamente realizzata. Con riferimento alla suddivisione del territorio di Genzano in bacini idrografici, le torri, le piazzole, le strade di servizio ed il cavidotto di Media Tensione (per il trasporto dell'energia elettrica prodotta) ricadono nel bacino idrografico del F. Bradano e, ad eccezione del cavidotto, si trovano a notevole distanza dal corso d'acqua La Fiumarella (a circa 1 km) ed al di fuori delle aree a rischio idraulico per tempo di ritorno $T = 30, 200$ e 500 anni.

Il gruppo di aerogeneratori si trova sulla linea di spartiacque tra il bacino della Fiumarella ed il bacino del F. Bradano, ad una quota variabile tra i 320 m s.l.m. circa ed i 400 m s.l.m. circa. Le torri sono raggiungibili mediante strade di servizio che si staccano dalla *Strada Comunale di Piano della Cerzolla*. Un'unica strada di servizio collega le torri TR_14, TR_01, TR_02, TR_03, TR_04, TR_05, le altre torri hanno una propria strada di servizio. *Le strade di servizi per il gruppo di torri da TR_10 a TR_13, attraversano il fosso di raccolta delle acqua di pioggia parallelo alla strada comunale di Piano della Cerzolla*. Il recapito finale di detto fosso di raccolta è *La Fiumarella*, e come si vedrà più avanti, il suo bacino idrografico è di dimensioni modeste ed ha sezione di chiusura in prossimità del sottopasso stradale. In conclusione, per tutti gli aerogeneratori, sono unicamente le strade di servizio ad interferire con l'alveo di corsi d'acqua d'importanza secondaria, considerato che le torri e le relative piazzole sono ubicate in prossimità delle linee di spartiacque.

Non sono quindi interessati da opere in alveo corsi d'acqua classificati pubblici e appartenenti al demanio idrico. In merito alle modalità di attraversamento della Fiumarella con il cavidotto della MT si rimanda a quanto già ben specificato e dettagliato nella relazione paesaggistica (allegato A.17) e nello specifico elaborato di progetto (tavola A.16.b.9 - attraversamento viadotto).

BACINI IDROGRAFICI

In questo capitolo si riportano le caratteristiche geometriche ed idrauliche dei bacini idrografici nei quali ricadono gli aerogeneratori. Si premette che le torri da TR_10 a TR13 e le relative piazzole e strade di servizio ricadono nel bacino idrografico del fosso parallelo alla strada comunale di Piano della Cerzolla. Le altre torri, invece, ricadono sulla linea di spartiacque tra il bacino idrografico del F. Bradano e de La Fiumarella. Per questo motivo le acque che provengono dalle aree di ubicazione delle piazzole e delle strade di servizio di quest'ultime torri alimentano fossi di importanza secondaria e di dimensioni ridotte, per i quali risulta difficile la delimitazione di un proprio bacino idrografico.

BACINO IDROGRAFICO DEL FOSSO DI PIANO DELLA CERZOLLA

Il fosso di modeste dimensioni è parallelo alla strada comunale ed ha una lunghezza complessiva di circa 1660 m, la sezione è trapezia con alveo rivestito in cemento; mediante un sottopasso stradale ubicato a circa metà del fossato le acque defluiscono sul lato opposto della strada, il recapito finale è il corso d'acqua La Fiumarella. Anche in questo caso il regime idraulico dipende unicamente dalle piogge. Il bacino ricade tra la sommità dei rilievi collinari e la strada comunale su terreni argillosi-sabbiosi destinati all'attività agricola, le quote variano tra i 360 m s.l.m ed i 400 m s.l.m. La sezione di chiusura è ubicata in prossimità del sottopasso stradale. All'interno del bacino ricadono le torri eoliche TR_10, TR_11, TR_12 e TR_13. Le strade di servizio di dette torri interferiscono con il fosso in questione. Le caratteristiche geometriche del bacino rispetto alla sezione di chiusura, ricavate dall'analisi della CTR, sono riportate nella tabella seguente.

Area del bacino A	634.675 mq
Perimetro del bacino P	4468 m
Lunghezza asta principale L_b	1.318 m
Altezza massima del bacino	400 m slm
Altezza minima del bacino	360 m slm
Rapporto di circolarità R_c	0,40
Coefficiente di uniformità R_u	1,58
Fattore di forma R_f	0,36

Coefficiente di deflusso

Il bacino è impostato su area collinare con destinazione agricola avente permeabilità medio-bassa (terreni argillosi-sabbiosi), il coefficiente di deflusso è $C = 0,4$.

Nell'immagine seguente si riporta una vista del bacino oggetto di studio, in sinistra è visibile il F. Bradano ed il suo affluente il Torrente Fiumarella mentre destra è visibile La Fiumarella.



BACINI IDROGRAFICI DELLE TORRI DA TR_01 A TR_05 E TR_14

Nell'immagine che segue si riporta il sito di ubicazione delle torri eoliche da TR_01 a TR_05 e la TR_14 con relative piazzole e strade di servizio. Tale sito è ubicato a sud rispetto al bacino delle torri da TR_10 a TR_14.

Come già accennato le torri eoliche si trovano sulla linea di spartiacque tra il bacino principale del F. Bradano e de La Fiumarella, e non è possibile individuare un unico sottobacino che comprenda tutte le torri eoliche in esame. In merito alle caratteristiche idrogeologiche dell'area questa è impostata in zona collinare con destinazione agricola avente permeabilità medio-bassa per la presenza di terreni argillosi-sabbiosi; il coefficiente di deflusso è $C = 0,4$.



DATI PLUVIOMETRICI

Per lo studio del regime idraulico dei fossati è necessario valutare l'altezza di pioggia in funzione del tempo di ritorno, mediante l'elaborazione delle curve di caso critico. Per fare questo è necessario analizzare i dati di pioggia dell'area.

I dati pluviometrici del bacino del F. Bradano sono reperibili dagli Annali Idrologici - Parte Prima. Le stazioni di misura sono quelle facenti parte dell'ex-Servizio Idrografico e Mareografico del compartimento di Catanzaro, alcune sono fornite di *pluviometro* ed altre di *pluviografo* che attualmente è stato sostituito con il *Pluviometro a memoria elettronica*. Mentre il pluviografo

consente solo la misura del dato di pioggia giornaliero, gli altri due strumenti forniscono la misura in continuo, utile per avere informazioni su eventi anche con durata minore di quella giornaliera.

Gli Annali Idrologici sono stati consultati sui seguenti siti Internet:

- sito dell'ISPRA per i dati relativi agli anni dal 1940 al 1987;
- sito dell'ARPAB (Arpa Basilicata) per i dati relativi agli anni dal 1988 al 1999.

Nel bacino del Bradano ricadono numerose stazioni pluviometriche, la cui consistenza è andata diminuendo negli anni. Nella tabella che segue si riporta un elenco delle stazioni in funzione negli ultimi anni:

STAZIONE	Strumento	Quota (m s.l.m.)	Anno informazione
San Nicola D'Avigliano	Pluviometro	848	1999
Cancellara	Pluviometro	620	1999
Tolve	Pluviometro	568	1999
Genzano di Lucania	Pluviografo	591	1965
<i>Irsina</i>	<i>Pluviometro a memoria elettronica</i>	533	1999
Palazzo San Gervasio	Pluviometro	483	1988
Poggiorsini	Pluviometro	461	1988
Tricarico	Pluviometro a memoria elettronica	698	1999
<i>Gravina in Puglia</i>	<i>Pluviometro a memoria elettronica</i>	380	1999
S. Chiara	Pluviometro	462	1988
Matera	Pluviometro a memoria elettronica	450	1999

Dalla tabella si nota che anche il comune di Genzano ha avuto una stazione pluviometrica che però ha funzionato in modo non continuativo e che ha fornito misure limitate a pochi anni, l'ultimo rilievo reperibile risale al 1965. Per questo motivo è stato fatto riferimento ai comuni confinanti, in quattro di questi comuni sono presenti stazioni di misura (Irsina, Palazzo San Gervasio, Poggiorsini, Gravina di Puglia) però solo due sono dotate di misuratore in continuo (Pluviometro a memoria elettronica): le stazioni di Irsina e di Gravina in Puglia che tra l'altro anche se non hanno

funzionato in modo continuo hanno comunque un elevato numero di dati nel periodo compreso dal 1940 al 1999. Nella tabella che segue si riportano i massimi annuali misurati nelle stazioni di *Genzano di Lucania*, *Gravina in Puglia* ed *Irsina*, negli anni compresi tra il 1940 ed il 1999, le caselle bianche si riferiscono a dati mancanti.

TOTALI ANNUI PRECIPITAZIONI (mm)			
	IRSINA	GRAVINA	GENZANO
1940	634,9	718,7	
1941	548,8	580,7	641,6
1942	549,9	620,5	
1943			
1944	627,9		
1945	450,6		
1946	567,4		
1947	549,4	578,7	
1948	523,1	446,0	
1949	524,1	548,3	
1950	428,1	422,2	463,4
1951	545,3	518,6	559,8
1952	465,4	590,4	
1953	539,7	439,8	508,2
1954	819,9	761,8	
1955	712,2	655,4	
1956	621,0	631,1	
1957	875,8	725,1	785,9
1958	633,0	752,4	682,1
1959	756,5	868,3	747,2
1960	592,0	795,0	619,2
1961	409,6	549,2	527,6
1962	505,4	616,9	629,6
1963	553,1	837,6	640,8
1964	644,8	856,4	624,4
1965	400,4	587,3	389,6
1966	566,4	693,8	
1967	569,0	607,5	
1968	653,2	547,2	
1969	609,1	661,7	

TOTALI ANNUI PRECIPITAZIONI (mm)			
	IRSINA	GRAVINA	GENZANO
1970	588,6	531,6	
1971	535,4	511,7	
1972	1231,5	1041,5	
1973		529,7	
1974	765,8	704,6	
1975	749,4	584,9	
1976		750,8	
1977			
1978		629,2	
1979		566,9	
1980			
1981			
1982			
1983			
1984			
1985			
1986		331,2	
1987			
1988	535,5	466,0	
1989			
1990			
1991			
1992	405,8		
1993	450,8		
1994	569,0		
1995	528,0	634,0	
1996	591,0	610,2	
1997	474,2	552,2	
1998	530,2	631,2	
1999	441,4		

Si ricorda che solo le stazioni fornite di *Pluviografo* o *Pluviometro a memoria elettronica* consentono la misura in continuo delle precipitazioni e quindi l'elaborazione delle *Precipitazioni di Massima Intensità* relative ad eventi con durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore che sono riportati nella Tabella III degli Annali - Parte Prima e che consentono il calcolo dell'altezza di pioggia relativa ad eventi brevi e di massima intensità.

L'elaborazione statistica di questi dati consente di associare ad ogni eventi di pioggia osservato una probabilità e di estendere il campo di probabilità anche al di fuori degli eventi osservati. In tal modo è possibile determinare per eventi di pioggia di *durata* prefissata e con *tempo di ritorno T* prefissato (ad esempio $T = 30, 200$ e 500 anni) l'altezza di pioggia da utilizzare per determinare la portata massima per quei corsi d'acqua (solitamente di minore importanza) che sono sprovvisti di dati di misura diretta delle portate.

I dati di pioggia relativi alle *Precipitazioni di Massima Intensità* delle stazioni di *Genzano di Lucania*, di *Gravina in Puglia* e di *Irsina* sono riportati nelle tabelle delle pagine seguenti (le caselle bianche si riferiscono a dati mancanti).

Come è possibile osservare le stazioni di Gravina ed Irsina hanno un maggior numero di dati (rispettivamente 41 e 33) a fronte della stazione di Genzano che ha solo a disposizione i dati relativi a 13 anni e tra l'altro compresi solo dal 1941 e 1965, mancando totalmente dati di misura di eventi più recenti. Per questo motivo nell'elaborazione statistica dei dati, necessari per ottenere le curve di caso critico sono state considerate solo le stazioni di Gravina ed Irsina.

GENZANO DI LUCANIA					
	altezza di pioggia (mm)				
anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1999					
1998					
1997					
1996					
1995					
1994					
1993					
1992					
1991					
1990					
1989					
1988					
1987					
1986					
1985					
1984					
1983					
1982					
1981					
1980					
1979					
1978					
1977					
1976					
1975					
1974					
1973					
1972					
1971					
1970					

GENZANO DI LUCANIA					
	altezza di pioggia (mm)				
anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1969					
1968					
1967					
1966					
1965	18,0	18,6	18,6	23,4	30,6
1964	16,6	16,6	17,2	23,6	26,8
1963	17,6	18,2	19,0	31,8	38,4
1962	19,0	32,0	34,0	45,8	46,8
1961	27,0	46,0	54,6	62,0	63,4
1960	20,0	21,0	21,0	24,6	29,6
1959	29,0	31,4	47,0	83,6	96,8
1958	53,0	99,0	118,0	123,6	123,8
1957	12,0	22,0	39,2	45,0	76,0
1956					
1955					
1954					
1953	15,0	22,0	31,0	43,6	46,2
1952					
1951	17,6	24,0	38,0	47,0	61,6
1950	26,0	33,6	36,6	38,0	44,6
1949					
1948					
1947					
1946					
1945					
1944					
1943					
1942					
1941					
1940					

STAZIONE DI GRAVINA IN PUGLIA					
	altezza di pioggia (mm)				
anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1999	28,6	30,4	30,4	30,4	30,4
1998	27,2	41,4	58,0	58,0	58,0
1997	27,0	48,2	56,8	72,4	73,8
1996	22,2	29,2	39,0	39,4	39,4
1995	39,4	39,4	39,4	39,4	47,2
1994					
1993					
1992					
1991					
1990					
1989					
1988	18,2	31,6	31,6	31,6	34,2
1987	14,4	18,6	24,6	24,6	24,6
1986	8,6	11,0	13,0	13,0	13,0
1985					
1984					
1983	15,2	27,6	34,2	37,8	37,8
1982	9,6	18,6	18,8	20,2	25,2
1981	30,8	35,6	36,4	36,4	36,4
1980	14,2	24,6	28,2	38,0	57,4
1979	23,2	27,4	27,4	27,8	27,8
1978	27,4	29,6	43,6	58,0	58,0
1977					
1976	21,6	33,8	37,8	45,4	46,6
1975	17,8	17,8	30,6	35,4	50,0
1974	25,2	55,8	70,6	71,0	71,0
1973					
1972	76,4	81,2	81,2	81,2	88,6
1971	28,6	30,6	30,6	30,6	41,4
1970	53,4	62,2	69,8	94,2	101,2

STAZIONE DI GRAVINA IN PUGLIA					
	altezza di pioggia (mm)				
anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1969	28,0	39,8	41,4	42,0	57,2
1968	30,8	31,0	31,0	40,2	40,2
1967	37,0	37,0	46,0	49,2	84,0
1966	27,4	30,8	33,4	42,0	49,8
1965	24,6	36,2	36,2	36,2	45,2
1964	56,2	72,6	73,6	73,6	73,6
1963	44,2	52,2	52,6	52,6	69,6
1962	30,0	31,8	32,2	32,8	33,4
1961	20,0	26,4	33,8	38,6	46,8
1960	30,0	53,4	59,6	63,8	63,8
1959	42,4	65,0	65,0	109,0	170,0
1958	28,0	51,0	51,0	63,0	68,2
1957	20,2	39,6	39,6	45,6	56,8
1956	16,4	35,0	35,0	36,6	60,2
1955	31,0	54,0	54,0	62,0	66,8
1954	40,2	47,6	47,6	47,6	67,4
1953	25,2	43,4	43,4	43,6	43,6
1952	22,0	23,0	23,0	33,0	51,0
1951	35,6	37,4	37,6	37,6	39,6
1950	25,0	35,2	41,6	45,2	45,2
1949	49,6	60,0	62,4	64,2	65,6
1948					
1947					
1946					
1945					
1944					
1943					
1942					
1941					
1940					

STAZIONE DI IRSINA					
	altezza di pioggia (mm)				
anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1999	29,8	34,0	43,0	56,4	67,8
1998	17,2	31,8	31,8	31,8	38,4
1997	11,8	25,0	27,2	42,0	50,6
1996	23,0	23,0	23,0	30,6	38,2
1995	28,6	31,2	31,2	31,4	43,6
1994	41,8	45,0	45,8	45,8	54,8
1993	14,8	17,2	24,4	34,6	43,8
1992	33,4	36,2	36,6	36,6	50,0
1991					
1990					
1989					
1988					
1987	28,4	28,4	30,0	36,2	41,0
1986					
1985					
1984					
1983					
1982					
1981					
1980					
1979					
1978					
1977					
1976					
1975	27,8	42,4	61,4	69,2	69,4
1974	20,4	30,6	33,2	61,6	69,4
1973					
1972	53,0	61,6	64,0	64,0	85,2
1971	43,2	53,0	61,0	66,2	73,6
1970	35,2	68,2	73,4	92,0	116,8

STAZIONE DI IRSINA					
	altezza di pioggia (mm)				
anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1969	46,0	57,8	63,8	64,0	67,6
1968	24,8	27,8	27,8	27,8	42,2
1967	16,4	16,6	16,8	17,6	33,5
1966	17,8	23,0	24,2	33,0	33,6
1965	15,8	20,0	23,4	25,8	35,6
1964	16,0	22,4	24,0	30,2	30,2
1963	18,2	21,0	27,4	38,2	38,4
1962	22,8	23,4	26,0	31,4	35,2
1961					
1960	11,6	15,6	20,6	24,8	26,8
1959	35,0	43,6	53,0	89,0	115,8
1958	13,0	16,0	23,4	27,8	37,2
1957	28,0	48,0	50,4	57,4	63,4
1956	42,4	45,6	45,6	47,4	72,2
1955	38,2	38,2	43,0	56,4	69,2
1954					
1953					
1952	17,0	18,0	19,0	23,0	36,8
1951	36,8	40,2	40,2	50,4	62,2
1950					
1949					
1948					
1947					
1946	9,2	18,0	32,0	48,0	54,0
1945	16,6	19,0	23,4	30,0	56,6
1944					
1943					
1942					
1941	27,2	30,6	30,6	34,8	46,4
1940					

ELABORAZIONE DEI DATI DI PIOGGIA

Dall'esame dei dati di pioggia relative alle singole stazioni di misura si osserva, in generale, che l'intensità delle precipitazioni diminuisce con l'aumentare della durata, le piogge brevi sono più intense di quelle lunghe e l'altezza totale di precipitazione cresce meno che proporzionalmente con la durata. Le massime precipitazioni possono essere rappresentate in modo abbastanza soddisfacente dall'equazione:

$$h = a t^n$$

denominata *curva di caso critico* in cui h è l'altezza di precipitazione (in mm), t è la durata (in ore) ed a ed n sono due parametri il cui valore dipende dalle caratteristiche pluviometriche della zona in cui la stazione si trova. Il valore di n è comune a tutte le curve, mentre il valore di a dipende dalla frequenza dell'evento.

Mediante una regolarizzazione di tipo statistico dei dati di pioggia osservati presso la stazione pluviometrica è possibile associare una probabilità ad ogni evento osservato ed inoltre di estendere la probabilità di accadimento al di fuori del periodo di osservazione calcolando eventi con probabilità cinquantennale, centennale, ecc. Alle curve, quindi, si può associare una probabilità o meglio un *tempo di ritorno* (intervallo che deve mediamente intercorrere tra il verificarsi di due eventi di valore non inferiore a quello considerato) per questo motivo le curve di caso critico sono anche chiamate *curve di possibilità pluviometrica*. Maggiore è il numero di dati osservati presso una stazione, migliore è l'adattamento statistico al campione osservato. Come già osservato nel capitolo precedente, per la stazione di Genzano i dati disponibili sono scarsi mentre la numerosità del campione è maggiore per le stazioni di Irsina e di Gravina in Puglia; per questi motivi la stazione di Genzano non è stata considerata nel ricavare le curve di possibilità pluviometrica.

La stazione di *Gravina in Puglia* si trova ad Est di Genzano, ad una quota di 380 m s.l.m. che è circa la stessa quota di ubicazione dell'impianto eolico. Le curve di caso critico in funzione del tempo di ritorno sono riportate nella tabella sottostante e sono state ricavate mediante l'analisi statistica dei dati di pioggia osservati nel periodo compreso tra il 1940 ed il 1999 (numerosità del campione $N = 41$).

STAZIONE DI GRAVINA DI PUGLIA (380 m s.l.m.)		
<i>T (anni)</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
30	52,54	0,193
200	61,71	0,193
500	65,44	0,193

La stazione di *Irsina* si trova a Sud di Genzano, ad una quota di 533 m s.l.m. Le curve di caso critico in funzione del tempo di ritorno sono riportate nella tabella sottostante e sono state ricavate mediante l'analisi statistica dei dati di pioggia osservati nel periodo compreso tra il 1940 ed il 1999 (numerosità del campione $N = 33$).

STAZIONE DI IRSINA (533 m s.l.m.)		
<i>T (anni)</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
30	44,26	0,236
200	52,05	0,236
500	55,23	0,236

Considerata la stessa quota di ubicazione della stazione di Gravina in Puglia con il sito del parco eolico e la maggiore numerosità del campione, si utilizzano le curve di caso critico della stazione di *Gravina in Puglia* per i successivi calcoli di altezza di pioggia e portata.

Queste curve si adattano bene per eventi di pioggia con durata uguale o maggiore all'ora, mentre sovrastimano le altezze di pioggia per eventi con durata minore all'ora. Poiché non sono disponibili dati relativi ad eventi di durata minore a quella oraria si può far riferimento allo studio di *Bell*. Quest'autore ha ipotizzato che eventi di brevissima durata hanno caratteristiche che non dipendono

da fattori geografici. Elaborando quindi i dati relativi ad alcune regioni degli USA e dell'Australia è pervenuto alla seguente relazione che stima le altezze massime di precipitazione per durate minori all'ora e per un fissato tempo di ritorno:

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0,54d^{0,25} - 0,5$$

dove

$h_{d,T}$ = altezza di pioggia di fissata durata e tempo di ritorno T (mm);

$h_{60,T}$ = altezza di pioggia di durata oraria e tempo di ritorno T fissato (mm);

d = durata dell'evento di pioggia in minuti.

Tale formula consente di calcolare l'altezza di pioggia per qualsiasi evento con durata inferiore all'ora, una volta nota l'altezza di pioggia di un evento di durata unitaria (ricavata dalle curve di caso critico).

CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA

In questo capitolo si calcola la portata di massima piena per eventi con tempo di ritorno $T = 30$, 200 e 500 anni per i due fossi di raccolta delle acque di pioggia che sono attraversati dalle strade di servizio.

Si utilizza la metodologia riportata nel seguito. La procedura di calcolo, note le caratteristiche geometriche del bacino idrografico, si sviluppa nelle seguenti fasi:

- calcolo del tempo di corrvazione τ_c rispetto alla sezione di chiusura,
- calcolo dell'altezza di precipitazione in funzione del tempo di ritorno T ,
- calcolo della portata al colmo in funzione del tempo di ritorno T .

METODOLOGIA DI CALCOLO

TEMPO DI CORRIVAZIONE

Si utilizza la relazione seguente consigliata per bacini con area inferiore a 1 km²:

$$\tau_c = 0,93 \left(\frac{L}{\sqrt{y_{\max}/L}} \right)^{0,77}$$

con:

τ_c = tempo di corrivazione del bacino (ore),

L = lunghezza dell'asta principale dallo spartiacque alla sezione di chiusura (km),

y_{max} = altezza massima del bacino rispetto alla sezione di chiusura (m),

ALTEZZA DI PRECIPITAZIONE

L'altezza di precipitazione si calcola utilizzando la seguente relazione *altezza di pioggia-durata* a due parametri, ricavate nei capitoli precedenti con i dati misurati alla stazione pluviometrica di Gravina di Puglia:

$$h = at^n$$

dove:

h = altezza di pioggia (mm),

t = durata di pioggia (ore),

a coefficiente positivo, n è un esponente compreso tra 0 e 1.

Il tempo t è posto uguale al tempo di corrivazione del bacino $t = \tau_c$, durata dell'evento di pioggia per il quale si verificano le condizioni di deflusso critiche per il bacino. Nel caso di eventi con durata inferiore all'ora si utilizza la precedente relazione (che fornisce l'altezza di pioggia per eventi con durata di 1 ora) combinata con la seguente elaborata da Bell:

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0,54d^{0,25} - 0,5$$

dove:

$h_{d,T}$ = altezza di pioggia di fissata durata e tempo di ritorno T (mm);

$h_{60,T}$ = altezza di pioggia di durata oraria e tempo di ritorno T fissato (mm);

d = durata dell'evento di pioggia in minuti.

che nota l'altezza di pioggia per eventi con durata di 1 ora, consente il calcolo per eventi con durata inferiore all'ora.

PORTATA MASSIMA AL COLMO DI PIENA

Per calcolare la portata al colmo Q si utilizza la seguente relazione (*formula razionale*):

$$Q = 278 * C * A * \frac{h}{\tau_c} * r$$

dove:

Q = portata massima al colmo (m^3/s),

h = altezza di pioggia (m), con durata τ_c ,

A = area del bacino (km^2),

C = coefficiente di deflusso,

τ_c = tempo di corrivazione (ore),

r = coefficiente di ragguaglio.

Il coefficiente di deflusso C considera le perdite idrologiche del bacino ed è funzione della natura del terreno. Nel presente studio si utilizza il valore $C = 0,4$, valore relativo a terreni con permeabilità medio-bassa. Il valore del *coefficiente di ragguaglio* è sempre $r \leq 1$, nel presente studio si considera a favore di sicurezza $r = 1$.

Nel seguito si riporta il calcolo della massima portata relativa al fosso parallelo alla strada comunale.

CALCOLO DELLA PORTATA DEL FOSSO PARALLELO ALLA STRADA COMUNALE

Le caratteristiche del bacino in esame sono:

Area $A = 0,63$ kmq,

Lunghezza asta principale $L = 1,32$ km,

Dislivello $y_{max} = 40$ m,

Coefficiente di deflusso $C = 0,4$

TEMPO DI CORRIVAZIONE

Sostituendo i dati relativi al bacino in esame:

$L = 1,32$ km,

$y_{max} = 40$ m,

si ottiene che il tempo di corrivazione del bacino è uguale a:

$$\tau_c = 0,93 \left(\frac{1,32}{\sqrt{\frac{40}{1,32}}} \right)^{0,77} = 0,31 \text{ ore.}$$

Il tempo di corrivazione del bacino alla sezione di chiusura è $\tau_c = 0,31$ ore, cioè circa 19 minuti.

ALTEZZA DI PRECIPITAZIONE

I valori relativi all'altezza di precipitazione sono riportati nella tabella che segue:

T (anni)	a	n	τ_c (ore)	h_{60} (mm)	h (mm)
30	52,54	0,193	0,31	53	33
200	61,71			62	39
500	65,44			65	41

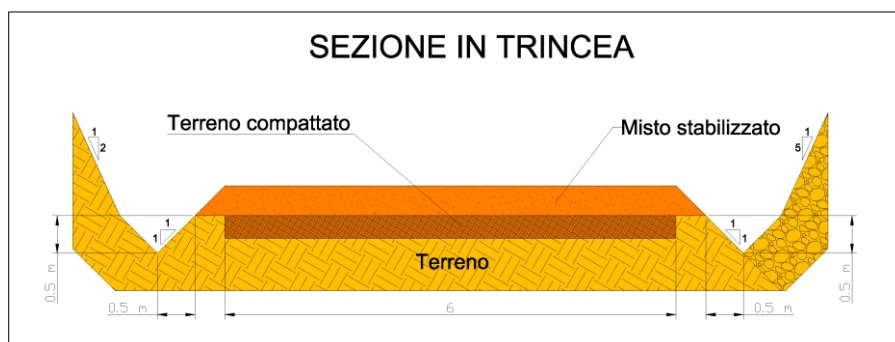
PORTATA MASSIMA AL COLMO DI PIENA

La portata al colmo di piena transitante per la sezione di chiusura, relativa agli eventi critici di pioggia con tempo di ritorno $T = 30, 200$ e 500 anni e con durata uguale al tempo di corrivazione, è la seguente:

T (anni)	C	A (kmq)	h (mm)	τ_c (ore)	r	Q (mc/s)
30	0,4	0,63	33	0,31	1	2,3
200			39			2,7
500			41			2,9

MODALITA' D'INTERVENTO

Le modalità di realizzazione delle piazzole e delle strade di servizio per accedere alle torri, al fine di limitare le interferenze con il deflusso naturale delle acque sono descritte in dettaglio nel presente



capitolo. Si premette che sono solo i corsi d'acqua secondari ad interferire con le opere in progetto (principalmente le strade di

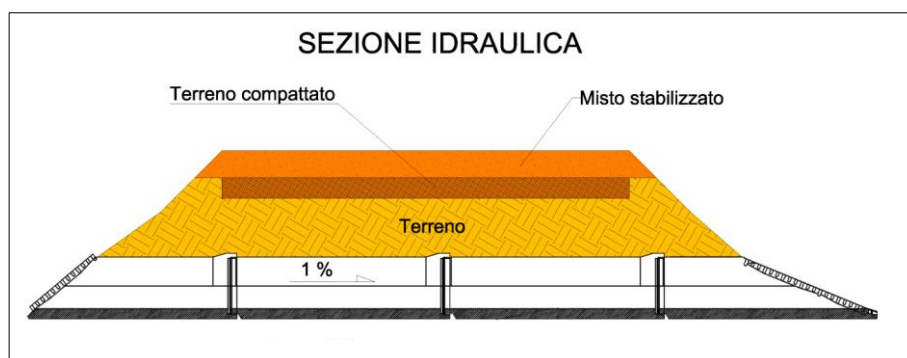
servizio), detti fossi hanno limitata portata per la modesta estensione dei loro bacini idrografici. Le strade di servizio, salvo i dettagli che saranno analizzati nel seguito, avranno le caratteristiche progettuali illustrate nelle sezioni tipo e riportate in queste pagine (estratte dall'elaborato A.16.c - sezioni stradali tipo) per consentire il deflusso naturale delle acque di pioggia e per non modificare il regime idraulico nelle zone oggetto d'intervento. Le strade sono in misto stabilizzato e sia nei tratti



in rilevato che nei tratti in trincea hanno ai lati cunette di raccolta per convogliare e regolarizzare il deflusso delle acque di pioggia

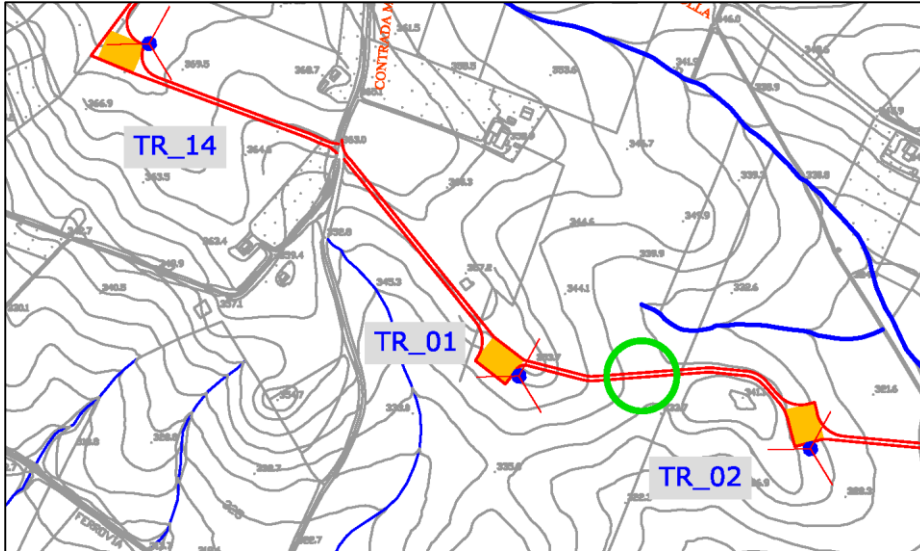
che ricadono sia sulla sede stradale sia sulle scarpate laterali. Anche le piazzole, come le strade, sono in misto stabilizzato per consentire principalmente l'infiltrazione naturale delle acque nel terreno.

Le torri eoliche da TR_01 a TR_05 sono collegate tra loro con un'unica strada di servizio (che collega anche la torre TR_14) e che si stacca dalla strada comunale di Piano della Cerzolla. Detta strada passa principalmente sulla linea di spartiacque in modo da ridurre in modo sensibile l'interferenza con le linee di deflusso naturale delle acque di pioggia e solo per limitati tratti il percorso prosegue all'incirca lungo la linea di massima pendenza. Solo nei punti che saranno evidenziati nel seguito si avranno interferenze con il



deflusso idraulico, ma sempre con fossi di limitata importanza sotto il profilo idraulico. In questi punti saranno posate al di sotto della strada tubazioni di diametro idoneo tale da consentire il deflusso dell'acque di pioggia da un lato all'altro della strada. Saranno utilizzate le modalità costruttive illustrate nella sezione tipo "sezione idraulica" che è riportata nell'immagine precedente.

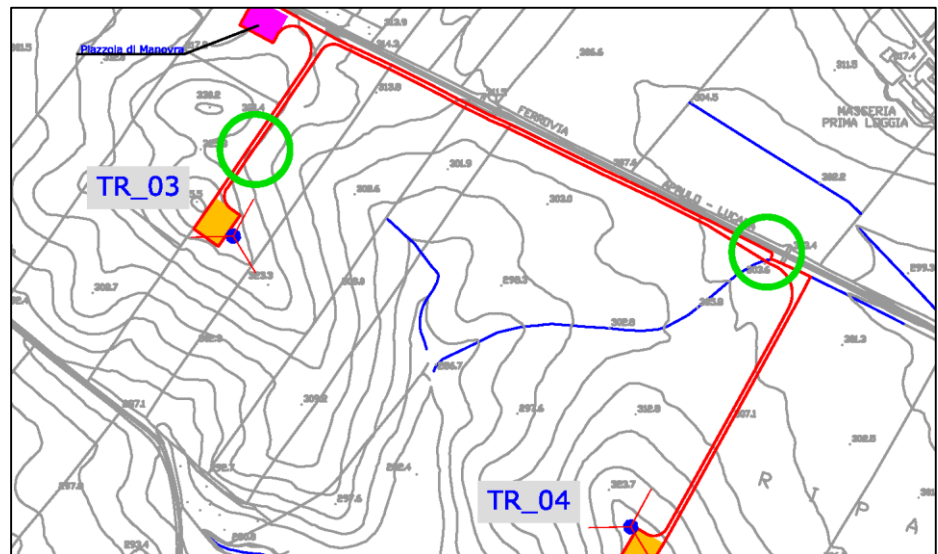
In dettaglio, il percorso della strada di servizio dalla torre TR_14 a TR_05 è il seguente: nel primo tratto compreso tra TR_14 e TR_01 la strada in progetto prosegue all'incirca lungo la linea di



spartiacque, lo stesso avviene nel tratto successivo compreso tra TR_01 e TR_02 ad eccezione del punto in posizione pressochè centrale (evidenziato con cerchio verde), in questo

punto è già prevista la realizzazione di una tubazione al di sotto della strada per consentire il naturale deflusso delle acque. Il tratto tra TR_02 e TR_03 prosegue in parte lungo una strada già

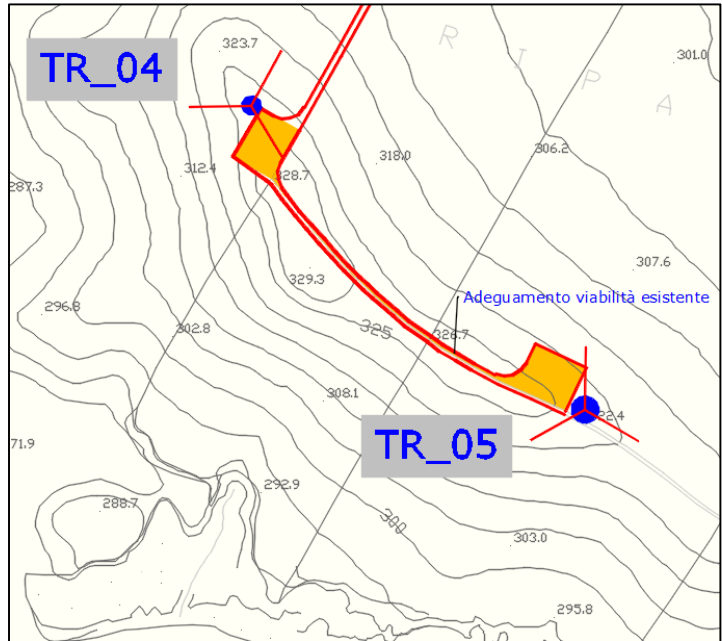
esistente (che sarà adeguata alle dimensioni in progetto) e per la parte rimanente lungo le linee di massima pendenza. In prossimità della torre TR_03 sarà inserita una tubazione sotto-strada per



consentire il deflusso delle acque (punto con cerchio verde). Da TR_03 a TR_04 il percorso è in parte in piano parallelamente alla linea ferroviaria ed in parte lungo la linea di massima pendenza.

Anche in questo percorso si intercetta un punto (anche questo con cerchio verde) dove è necessaria

la realizzazione di una tubazione sottostrada. Da TR_04 a TR_05 si prosegue lungo la linea di spartiacque utilizzando una strada già esistente. Nei punti sopra riportati ed eventualmente in altri punti, che saranno individuati in fase esecutiva, nei quali si nota l'interruzione del deflusso naturale delle acque, le modalità costruttive utilizzate per la realizzazione della strada di servizio e della tubazione sono quelle riportate nell'immagine "sezione idraulica".



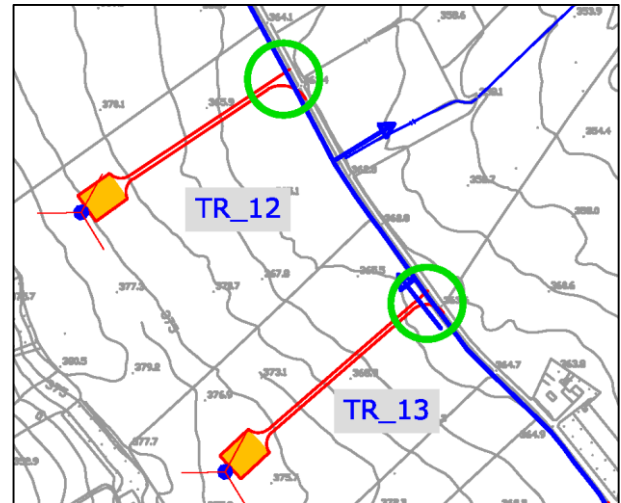
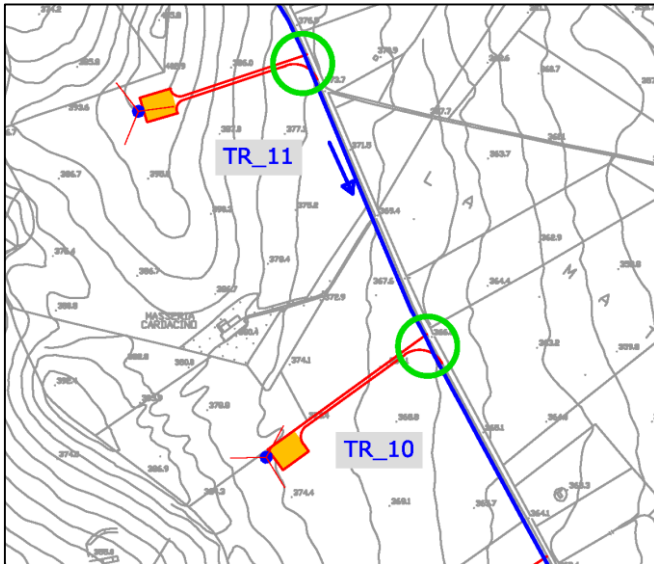
In riferimento al gruppo di torri da TR_10 a TR_13, come riportato in precedenza, si ha interferenza tra il fosso di scolo parallelo alla strada comunale di Piano della Cerzolla e le strade di servizio alle torri. Il punto di interferenza è indicato con un cerchio verde nelle immagini seguenti. Le immagini si riferiscono nell'ordine alle strade di servizio delle torri TR_10 e TR_11, TR_12 e TR_13.

Il tombinamento del fosso sarà realizzato in modo tale da non ridurre le dimensioni della sezione attuale. La sezione tipo di attraversamento del fosso è riportata nell'immagine definita "sezione idraulica". Nella foto a lato è visibile uno degli attuali ponticelli di collegamento tra la strada ed i

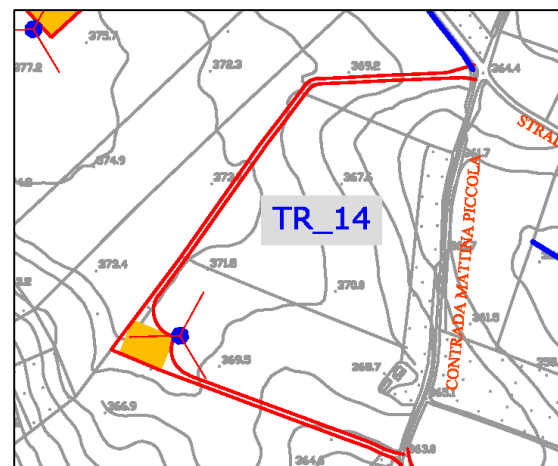


terreni. Come si vede in foto il fosso esistente ha modeste dimensioni. Ogni torre ha la propria strada di servizio che è ubicata lungo la linea di massima

pendenza, l'unica interferenza tra le strade di servizio ed il deflusso naturale delle acque si ha nel punto di di innesto con la strada comunale. Le strade di servizio hanno le cunette laterali per consentire la regolarizzazione del deflusso lungo il percorso stradale.



In riferimento alla torre TR_14, la strada di servizio si stacca dalla via comunale e raggiunge la torre proseguendo lungo la linea di massima pendenza. In questo caso non si ha interferenza tra la strada di servizio ed il deflusso naturale delle acque. Come già descritto, dalla presente torre la strada di servizio collega il gruppo di torri da TR_01 a TR_05.



Il corso d'acqua La Fiumarella non è interessato da interventi in alveo, in merito all'attraversamento con il cavidotto della Media Tensione si rimanda a quanto già ben specificato e dettagliato nella relazione paesaggistica (allegato A.17) e nello specifico elaborato di progetto (tavola A.16.b.9 - attraversamento viadotto).

CONCLUSIONI

Il presente studio idraulico è a supporto degli studi relativi al progetto di sviluppo del *Parco Eolico Serra Gagliardi* nel territorio del Comune di Genzano di Lucania (PZ). Il parco eolico ricade nel bacino principale del Fiume Bradano (ubicato ad Ovest del parco e notevolmente distante dall'area di ubicazione dello stesso). Il parco è costituito da 10 torri e dalle opere accessorie tra le quali piazzole, strade di servizio e cavidotti.

Le opere non comportano interventi in alveo in corsi d'acqua classificati pubblici e appartenenti al demanio pubblico e comunque si trovano esternamente alle aree classificate a rischio idraulico per tempo di ritorno $T = 30, 200$ e 500 anni. Le opere in progetto interferiscono limitatamente con il reticolo idraulico e solamente con corsi d'acqua d'importanza secondaria. Nel presente studio si è esaminato, tra l'altro, il regime idraulico del fosso parallelo alla strada comunale di Piano della Cerzolla ed il calcolo delle portate di massima piena è stato fatto per eventi con tempo di ritorno $T = 30, 200$ e 500 anni. In via preliminare è stato necessario acquisire ed elaborare i dati di pioggia relativi alle due stazioni pluviometriche più vicine (Gravina in Puglia ed Irsina) ed appartenenti allo stesso bacino idrografico per i quali si ha a disposizione un lunga serie di dati negli anni compresi tra il 1940 ed il 1999.

In merito al corso d'acqua de La Fiumarella si fa presente che questo non è interessato da interventi in alveo, avviene solamente il suo attraversamento con il cavidotto della Media Tensione per le cui modalità si rimanda alla relazione paesaggistica (allegato A.17) ed all'elaborato di progetto tavola A.16.b.9 (attraversamento viadotto).

Formia, 15 febbraio 2016

