



COMUNE DI DELICETO
PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole".

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idrologica

| | | | | | |
|---------------|---------------------|--|--------------|-----------|-------|
| COD. ID. | JD9EAK1 | | | | |
| Livello prog. | Tipo documentazione | | N. elaborato | Data | Scala |
| PD | Definitiva | | 4.2.4 | 02 / 2021 | - |

| | |
|-----------|--|
| Nome file | |
|-----------|--|

REVISIONI

| REV. | DATA | DESCRIZIONE | ESEGUITO | VERIFICATO | APPROVATO |
|------|---------------|-----------------|----------|------------|-----------|
| 00 | FEBBRAIO 2021 | PRIMA EMISSIONE | | FS | FS |
| | | | | | |
| | | | | | |

COMMITTENTE:




SINERGIA EWR2 SRL

Centro direzionale snc, Is. G1
80143 Napoli (NA), Italia
P.IVA 09608101219

PROGETTAZIONE:

ING. FULVIO SCIA


Centro Direzionale snc, Is. G1
80143 Napoli (NA), Italia
email: ing.scia@gmail.com
tel: +39 3389055174

| | | |
|--|---|----------------|
|  | Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 8 aerogeneratori con potenza di 48 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Deliceto (FG) integrato da un sistema di accumulo di 25 MW | Settembre 2020 |
|--|---|----------------|

RELAZIONE IDROLOGICA

INDICE

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | PREMESSA..... | 2 |
| 2 | INQUADRAMENTO NORMATIVO..... | 2 |
| 3 | DESCRIZIONE DEL PROGETTO..... | 4 |
| 4 | INQUADRAMENTO IDROGEOMORFOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO..... | 7 |
| 5 | STUDIO IDROLOGICO..... | 10 |
| 5.1 | <i>Metodologia utilizzata</i> | 10 |
| 5.2 | <i>Analisi morfologica</i> | 10 |
| 5.3 | <i>Analisi pluviometrica</i> | 11 |
| 5.4 | <i>Stima delle portate al colmo di piena</i> | 14 |
| 6 | CONCLUSIONI..... | 17 |

| | | |
|--|---|----------------|
|  | Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 8 aerogeneratori con potenza di 48 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Deliceto (FG) integrato da un sistema di accumulo di 25 MW | Settembre 2020 |
|--|---|----------------|

1 PREMESSA

La presente Relazione Tecnica è parte integrante della proposta progettuale avanzata dalla società SINERGIA EWR2 S.r.l., con sede legale al Centro direzionale snc, Is. G1 a Napoli (NA), promotrice del seguente progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica con potenza pari a 73 MW e delle relative opere di connessione alla RTN, sito nel territorio comunale di Deliceto, in provincia di Foggia (FG).

Il futuro impianto sarà costituito da un numero complessivo di 8 aerogeneratori del tipo Siemens Gamesa SG 6.0-170 o similari, per una potenza nominale complessiva dell'impianto eolico di 48 MW, sarà integrato da un sistema di accumulo con potenza pari a 25 MW, e dalle opere di connessione alla rete di trasmissione elettrica nazionale (RTN) che avverrà nella stazione elettrica 380/150 kV, ubicata nel comune di Deliceto.

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

La Legge n. 183/1989 sulla difesa del suolo ha definito il bacino idrografico inteso come "il territorio dal quale le acque pluviali o di fusione delle nevi e dei ghiacciai, defluendo in superficie, si raccolgono in un determinato corso d'acqua direttamente o a mezzo di affluenti; nonché il territorio che può essere allagato dalle acque del medesimo corso d'acqua, ivi compresi i suoi rami terminali con le foci in mare ed il litorale marittimo prospiciente".

Inoltre, tale legge ha stabilito che il bacino idrografico debba essere l'ambito fisico di pianificazione per superare le frammentazioni e le separazioni prodotte in seguito all'adozione di aree di riferimento aventi confini meramente amministrativi.

Strumento di gestione del bacino idrografico è il Piano di Bacino, piano territoriale e di settore, che si configura come strumento di carattere "conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, difesa e valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato".


L'Autorità di Bacino della Puglia, con Delibera del Comitato Istituzionale n. 39 del 30.11.2005, ha approvato il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), Piano Stralcio del Piano di bacino, ai sensi dell'art. 17 della Legge 18 maggio 1989, n° 183.

Il PAI è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità dei versanti ed a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso, e rappresenta la disciplina che più particolarmente si occupa delle tematiche proprie della difesa del suolo.

Il PAI costituisce il Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dell'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n° 183; ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Le finalità del PAI (art. 1) sono realizzate, dall'Autorità di Bacino della Puglia e dalle altre Amministrazioni competenti, mediante:

- la definizione del quadro della pericolosità idrogeologica in relazione ai fenomeni di esondazione e di dissesto dei versanti;
- la definizione degli interventi per la disciplina, il controllo, la salvaguardia, la regolarizzazione dei corsi d'acqua e la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, indirizzando l'uso di modalità di intervento che privilegino la valorizzazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;
- l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale;

| | | |
|--|---|----------------|
|  | Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 8 aerogeneratori con potenza di 48 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Deliceto (FG) integrato da un sistema di accumulo di 25 MW | Settembre 2020 |
|--|---|----------------|

- la manutenzione, il completamento e l'integrazione dei sistemi di difesa esistenti;
- la definizione degli interventi per la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua;
- la definizione di nuovi sistemi di difesa, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo della evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

Il PAI (art. 4), in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, disciplina le aree di cui agli artt. 6, 7, 8, 9 e 10. In particolare, le aree di cui sopra sono definite:

- *Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali (art. 6);*
- *Aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.) (art. 7);*
- *Aree a media pericolosità idraulica (M.P.) (art. 8);*
- *Aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.) (art. 9);*
- *Fasce di pertinenza fluviale (art. 10).*


Relativamente alle aree a diversa pericolosità idraulica (A.P., M.P., B.P.), queste risultano arealmente individuate nelle "Carte delle aree soggette a rischio idrogeologico" allegate al PAI, mentre, relativamente alle aree definite "*Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali (art. 6)*" e "*Fasce di pertinenza fluviale (art. 10)*", la loro delimitazione segue i seguenti criteri:

- (art. 6 comma 8) quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato al PAI e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m;
- (art. 10 comma 3) quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato al PAI, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra contermina all'area golenale, come individuata dall'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.

Laddove esistono perimetrazioni delle aree AP, MP e BP definite in base a specifici studi idrologici ed idraulici, trovano applicazione le norme contenute negli artt. 7, 8 e 9.

In relazione alle finalità e gli obiettivi generali del PAI, ai fini di assicurare la compatibilità con essi degli interventi sul territorio, le Norme Tecniche di Attuazione prevedono che (art.4):

- all'interno delle aree di cui agli artt. 6, 7, 8, 9 e 10, tutte le nuove attività ed i nuovi interventi devono essere tali da:
 - a) migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;
 - b) non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;
 - c) non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;
 - d) non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;
 - e) garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque;
 - f) limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;

| | | |
|---|--|-----------------------|
|  <p>SINERGIA Energy Green Power</p> | <p>Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 8 aerogeneratori con potenza di 48 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Deliceto (FG) integrato da un sistema di accumulo di 25 MW</p> | <p>Settembre 2020</p> |
|---|--|-----------------------|

g) rispondere a criteri di basso impatto ambientale facendo ricorso, laddove possibile, all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.

Gli obiettivi del PAI sono definiti dall'art. 17 e consistono nel perseguire il raggiungimento delle condizioni di sicurezza idraulica come definite dall'art. 36.

L'art. 36 definisce per sicurezza idraulica la condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio. *Agli effetti del PAI si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni.*

3 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto per la realizzazione del parco eolico in oggetto prevede l'installazione di 8 aerogeneratori del tipo Siemens Gamesa SG 6.0-170, della potenza nominale pari a 6,0 MW, per una potenza nominale complessiva pari a 48 MW, sito in località "Viticone - Le Gattarole" nel territorio comunale di Deliceto, in provincia di Foggia (FG).

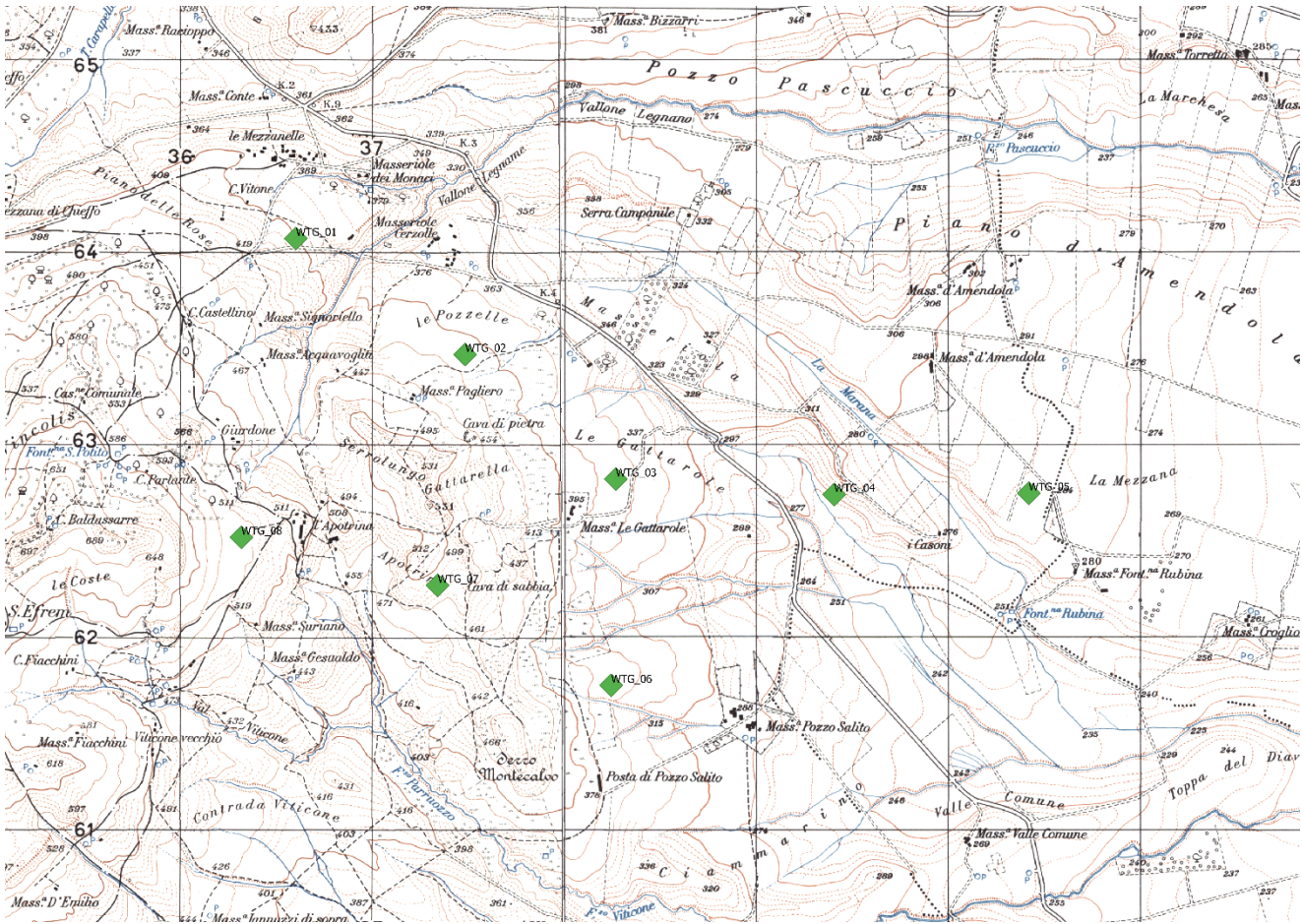
Il modello di turbina che si intende adottare è del tipo SG 6.0 – 170 o similari. Tale aerogeneratore possiede una potenza nominale nel range di 6.0 MW ed è allo stato attuale una macchina tra le più avanzate tecnologicamente; sarà inoltre fornito delle necessarie certificazioni rilasciate da organismi internazionali.

Le dimensioni di riferimento della turbina proposta sono le seguenti: D (diametro rotore) fino a 170 m, H_{mozzo} (altezza torre) fino a 115 m, H_{max} (altezza della torre più raggio pala) fino a 200 m.

Lo sfruttamento dell'energia del vento è una fonte naturalmente priva di emissioni: la conversione in elettricità avviene infatti senza alcun rilascio di sostanze nell'atmosfera. La tecnologia utilizzata consiste nel trasformare l'energia del vento in energia meccanica attraverso degli impianti eolici, che riproducono il funzionamento dei vecchi mulini a vento. La rotazione prodotta viene utilizzata per azionare gli impianti aerogeneratori. Rispetto alle configurazioni delle macchine, anche se sono state sperimentate varie soluzioni nelle passate decadi, attualmente la maggioranza degli aerogeneratori sul mercato sono del tipo tripala ad asse orizzontale, sopravvento rispetto alla torre. La potenza è trasmessa al generatore elettrico attraverso un moltiplicatore di giri o direttamente utilizzando un generatore elettrico ad elevato numero di poli.

Gli aerogeneratori si trovano in media a più di 4 km dal centro abitato di Deliceto e a circa 7 km dal centro abitato di Ascoli Satriano, compatibilmente con l'art. 5.3. "Misure di mitigazione" dell'Allegato IV del DM 10 settembre 2010 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili", secondo il quale la minima distanza di ciascun aerogeneratore dai centri abitati individuati dagli strumenti urbanistici vigenti non deve essere inferiore a 6 volte l'altezza massima dell'aerogeneratore, nel caso in esame pari a 1,2 km (6 x 200m).

200m).



Inquadramento del parco eolico su IGM


Il sito è facilmente raggiungibile dalla Autostrada A16 Napoli – Canosa, uscendo al casello autostradale di Candela e proseguendo per la SR1 (Strada Regionale 1) si possono raggiungere le prime torri del parco, mentre proseguendo per la SP119 si può arrivare agli altri aerogeneratori.

Tutte le strade di collegamento all'area di impianto sono idonee al transito dei mezzi speciali di trasporto.

Dal punto di vista catastale, l'asse dell'aerogeneratore ricade sulle seguenti particelle del Nuovo Catasto Terreni:

| WTG | Foglio | Particella | Comune |
|------|--------|------------|----------|
| WTG1 | 26 | 71 | Deliceto |
| WTG2 | 41 | 257 | Deliceto |
| WTG3 | 41 | 264 | Deliceto |
| WTG4 | 42 | 107 | Deliceto |
| WTG5 | 42 | 74 | Deliceto |
| WTG6 | 43 | 63 | Deliceto |
| WTG7 | 41 | 223 | Deliceto |
| WTG8 | 39 | 202 | Deliceto |

Dal punto di vista cartografico l'asse degli aerogeneratori è collocato alle seguenti coordinate in WGS 84-UTM 33N:

| | | |
|--|---|----------------|
|  | Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 8 aerogeneratori con potenza di 48 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Deliceto (FG) integrato da un sistema di accumulo di 25 MW | Settembre 2020 |
|--|---|----------------|

| WTG | E | N |
|------|-----------|------------|
| WTG1 | 536539.00 | 4563878.00 |
| WTG2 | 537418.00 | 4563277.00 |
| WTG3 | 538200.53 | 4562630.07 |
| WTG4 | 539334.64 | 4562549.97 |
| WTG5 | 540345.96 | 4562557.35 |
| WTG6 | 538176.82 | 4561559.95 |
| WTG7 | 537275.37 | 4562079.46 |
| WTG8 | 536255.02 | 4562328.80 |

Per quanto concerne le opere di connessione alla RTN, nel comune di Deliceto avverrà la consegna nella SSE elettrica 380/150 kV denominata "Deliceto", ubicata in località "La Marana", a quota di circa 305 m s.l.m.

In conformità alle indicazioni fornite da Terna S.p.A., gestore della RTN, e delle normative di settore, saranno previsti:

- cavi interrati MT 30 kV di interconnessione tra gli aerogeneratori (cavidotto interno al parco);
- cavi interrati MT 30 kV di connessione tra gli aerogeneratori e la Sottostazione di trasformazione Utente (cavidotto esterno al parco);
- sottostazione elettrica utente 30/150 kV (SSU);
- cavo interrato AT 150 kV di connessione tra lo stallo di uscita della SSU e lo stallo dedicato della SSE Terna "Deliceto" 380/150 kV.

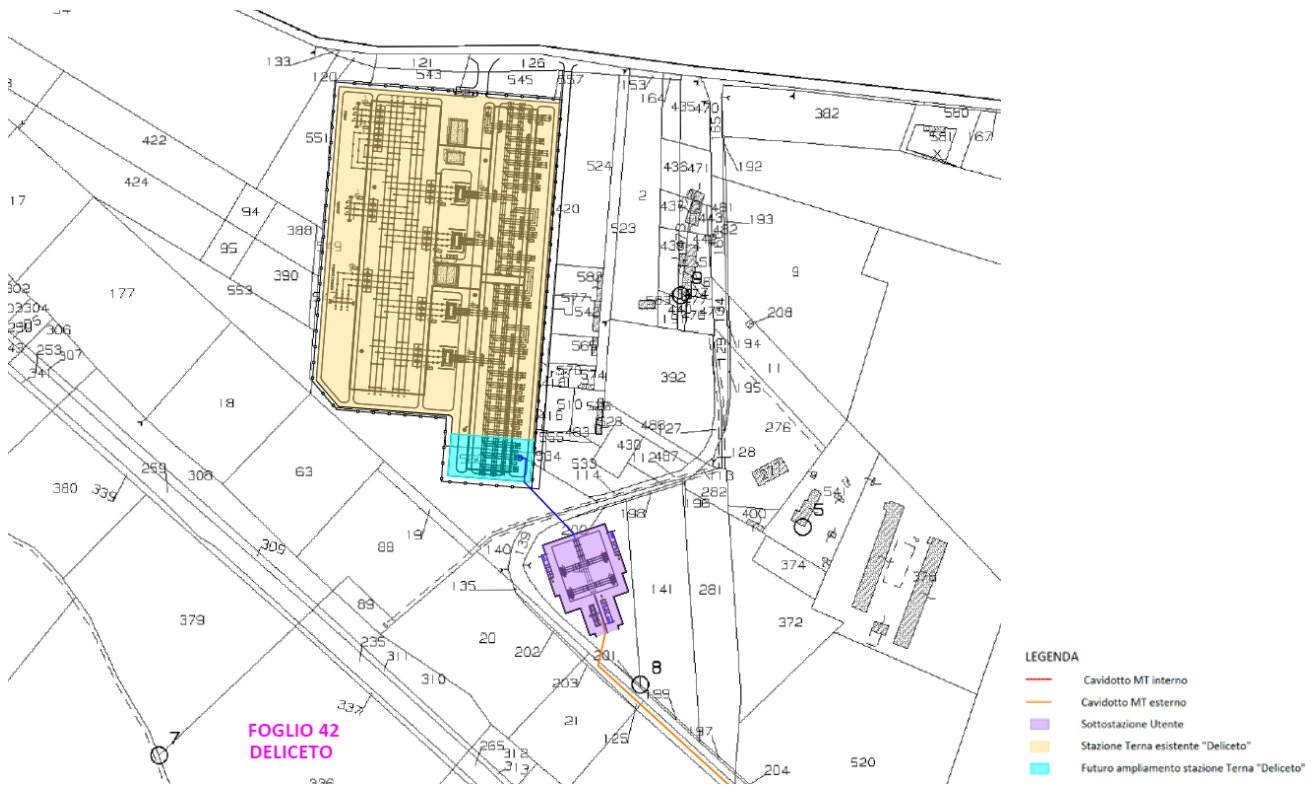
Nello specifico, i cavidotti in uscita dal parco eolico confluiranno nella Stazione di trasformazione Utente 30/150 kV di nuova realizzazione, condivisa con altro produttore, ubicata in prossimità della stazione RTN 380/150 kV Terna "Deliceto" nel comune di Deliceto. La stazione di trasformazione utente avrà dimensioni planimetriche di circa 70 m x 98 m, interessando la particella numero 62 del foglio 42 del Nuovo Catasto Terreni del comune di Deliceto.

Per quanto concerne le opere di connessione alla RTN, nel comune di Deliceto avverrà la consegna nella SSE elettrica 380/150 kV denominata "Deliceto", ubicata in località "La Marana", a quota di circa 305 m s.l.m.

In conformità alle indicazioni fornite da Terna S.p.A., gestore della RTN, e delle normative di settore, saranno previsti:

- cavi interrati MT 30 kV di interconnessione tra gli aerogeneratori (cavidotto interno al parco);
- cavi interrati MT 30 kV di connessione tra gli aerogeneratori e la Sottostazione di trasformazione Utente (cavidotto esterno al parco);
- sottostazione elettrica utente 30/150 kV (SSU);
- cavo interrato AT 150 kV di connessione tra lo stallo di uscita della SSU e lo stallo dedicato della SSE Terna "Deliceto" 380/150 kV.

Nello specifico, i cavidotti in uscita dal parco eolico confluiranno nella Stazione di trasformazione Utente 30/150 kV di nuova realizzazione, condivisa con altro produttore, ubicata in prossimità della stazione RTN 380/150 kV Terna "Deliceto" nel comune di Deliceto. La stazione di trasformazione utente avrà dimensioni planimetriche di circa 70 m x 98 m, interessando la particella numero 62 del foglio 42 del Nuovo Catasto Terreni del comune di Deliceto.



Planimetria SSE Utente

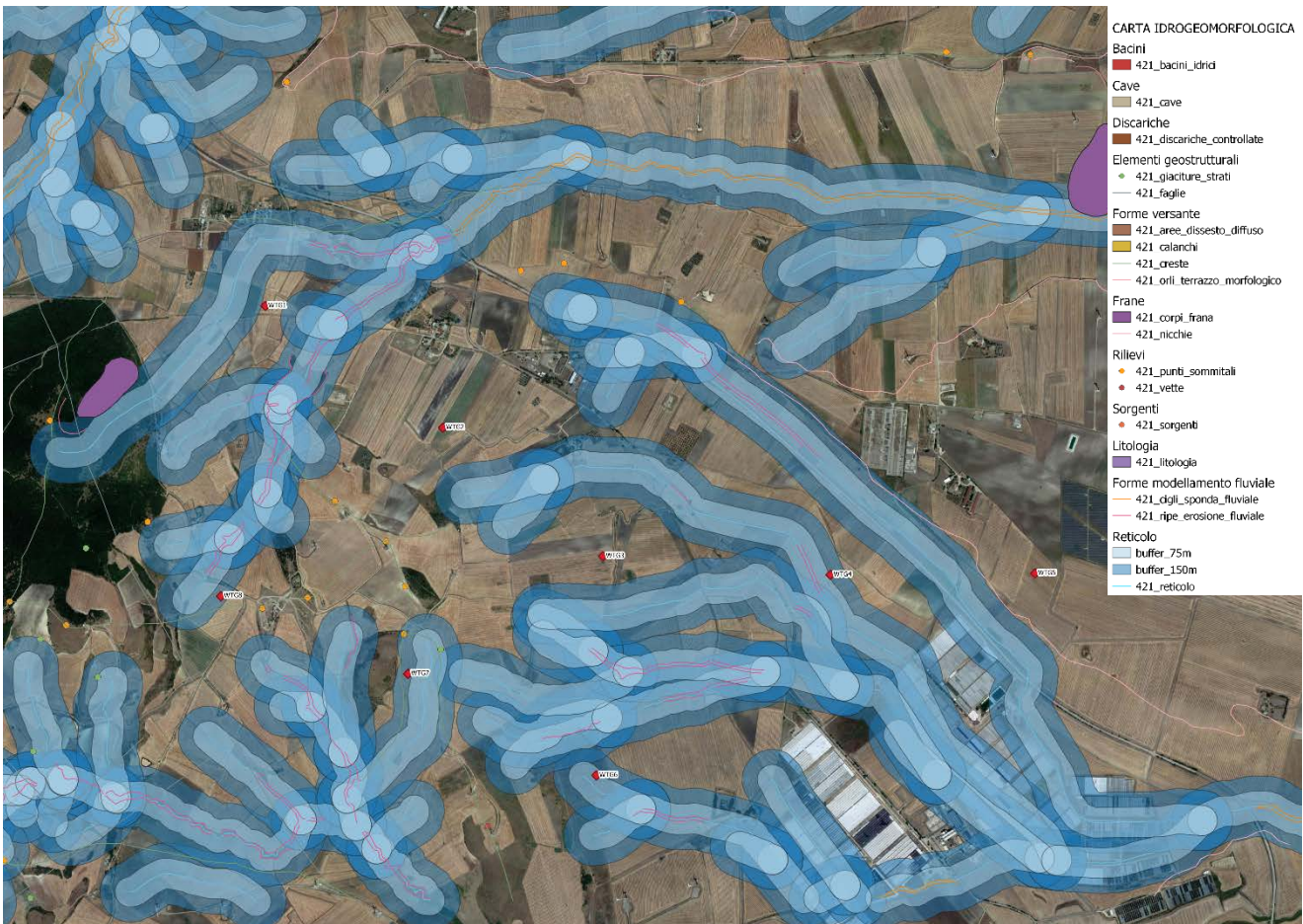
4 INQUADRAMENTO IDROGEOMORFOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO

Le aree interessate dagli interventi sono esterne alle aree a pericolosità idraulica AP, MP e BP, come si può dedurre dalla cartografia del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI), approvato dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia. Tuttavia, le aree interessate dall'installazione degli aerogeneratori rientrano nelle aree a pericolosità geomorfologica PG1, PG2, per le quali si rimanda allo studio di compatibilità geologica e geotecnica, al fine della valutazione della compatibilità dell'intervento ai sensi delle NTA del PAI.



Inquadramento su PAI


Relativamente alla Carta Idrogeomorfologica redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia, l'elemento più significativo è quello dei *corsi d'acqua*, intendendo con tale terminologia l'insieme dei percorsi lineari dei deflussi, che costituiscono il reticolo idrografico di un territorio. Dallo studio della carta, si evince che le aree di intervento per l'ubicazione degli aerogeneratori sono lambite da alcuni **reticoli idrografici**, come si può evincere dal seguente stralcio planimetrico e dagli elaborati grafici in allegato.



Inquadramento sulla carta idrogeomorfologica della Regione Puglia

Alcuni aerogeneratori costituenti il parco eolico, in particolare WTG8 e WTG7 risultano esterni alla fascia di rispetto di 75 m in destra e sinistra idraulica dall'asse fluviale, ma interni alla fascia di pertinenza fluviale di 150 m in destra e sinistra idraulica dall'asse fluviale, mentre WTG6 E WTG4 risultano interni alla fascia di rispetto di 75 m rispetto all'asse fluviale, come definita all'art. 10 delle NTA del PAI.

Per questo motivo la necessità del seguente studio di compatibilità idrologica e idraulica, comprensivo di analisi idrologica e modellazione idraulica per l'individuare l'impronta allagabile per un evento meteorico con tempo di ritorno di 200 anni, al fine di valutare le condizioni di sicurezza per le opere da farsi.

| | | |
|--|---|----------------|
|  | Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 8 aerogeneratori con potenza di 48 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Deliceto (FG) integrato da un sistema di accumulo di 25 MW | Settembre 2020 |
|--|---|----------------|

5 STUDIO IDROLOGICO

5.1 *Metodologia utilizzata*

Nel rispetto delle N.T.A. del P.A.I. dell'Autorità di Bacino della Puglia, che attribuiscono ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni la verifica per il requisito della "sicurezza idraulica", lo studio idrologico a livello di bacino è finalizzato alla determinazione della portata di piena e lo studio idraulico a valutare l'effetto al suolo della propagazione di tale piena.


Lo studio idrologico è condotto secondo le seguenti 5 fasi:

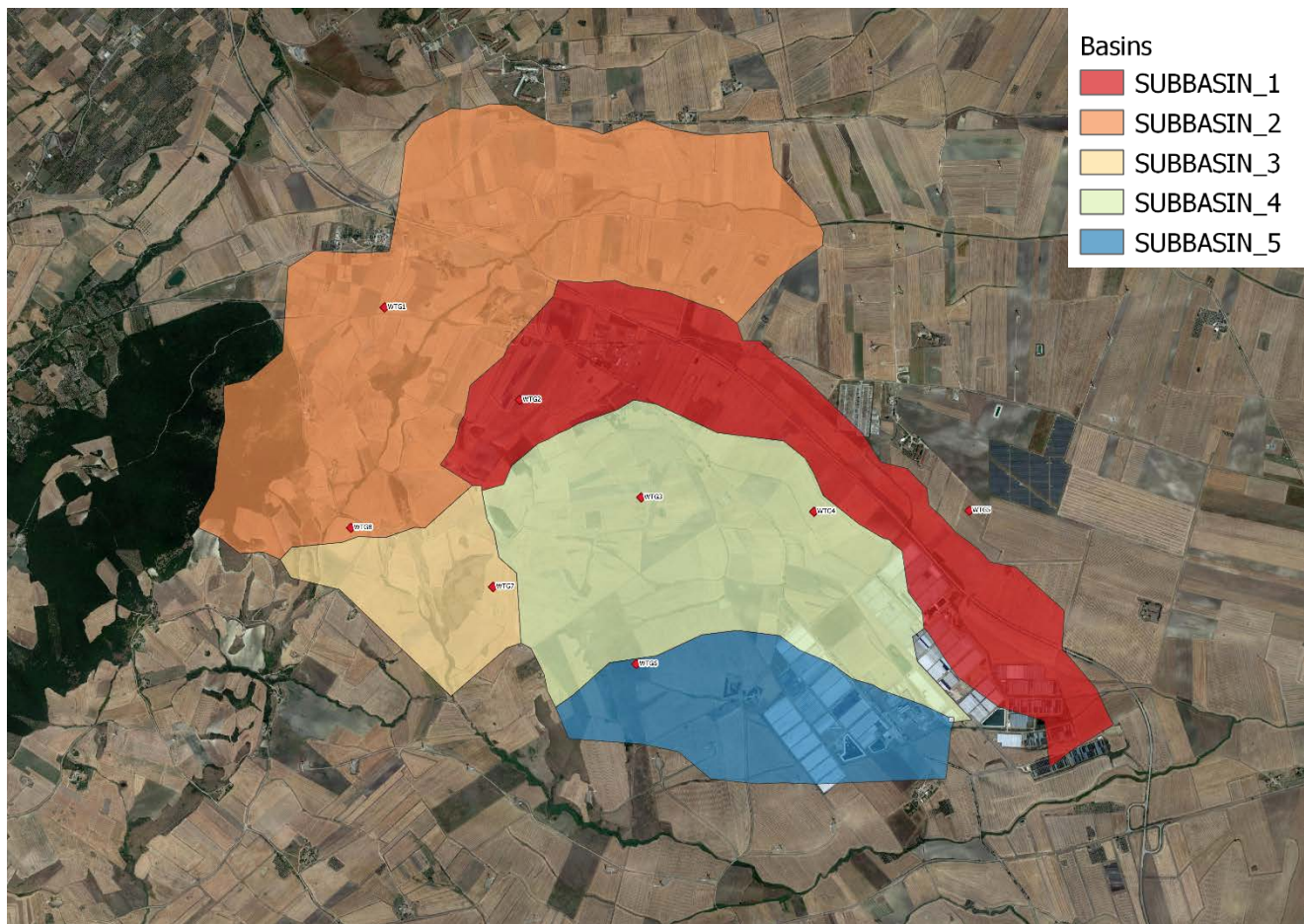
1. reperimento della cartografia di base (I.G.M. in scala 1:25.000, rilievi aerofotogrammetrici in scala 1:5000 ed ortofoto) e del modello digitale del terreno (DTM);
2. analisi morfologica per l'individuazione dei bacini idrografici di interesse;
3. definizione delle caratteristiche morfometriche dei bacini di studio (superficie, quota media, lunghezza dell'asta principale e pendenza media del bacino);
4. analisi della piovosità sulla base delle curve di possibilità pluviometrica relative alle zone omogenee in cui ricadono i bacini, definite negli studi del "VaPi - Puglia" attraverso l'analisi di regionalizzazione dei dati osservati delle precipitazioni intense, ed indicata come metodologia di riferimento nel PAI;
5. determinazione della portata di piena con tempo di ritorno pari a 30, 200 anni e 500 anni.

5.2 *Analisi morfologica*

Dopo la consultazione del WebGIS dell'Autorità di Bacino per una definizione grossolana del bacino di interesse, si è proceduto all'acquisizione del modello digitale del terreno DTM 8x8 m, disponibile sul SIT della Regione Puglia per l'elaborazione dei dati.

I dati a disposizione sono stati elaborati tramite il software GIS. La delimitazione dei bacini tributari e l'estrazione del reticolo, per il successivo calcolo della portata idrologica al colmo di piena, è stata eseguita sulla base del modello digitale del terreno DTM 8x8, utilizzando il tool Hydrology del software ESRI- ArcGIS 10.2 con le funzioni di Fill, Flow direction e Flow accumulation.

| | | |
|--|---|----------------|
|  | Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 8 aerogeneratori con potenza di 48 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Deliceto (FG) integrato da un sistema di accumulo di 25 MW | Settembre 2020 |
|--|---|----------------|




Sottobacini idrografici

Determinati i bacini tributari, si è effettuato lo studio morfologico dei bacini idrografici al fine di determinare le caratteristiche morfometriche principali, necessarie all'elaborazione idrologica:

| Bacino | Area (Kmq) | L. asta principale (Km) | Hmax (m.s.l.m) | Hmin (m.s.l.m) | Hmean (m.s.l.m) | Dislivello (m) | Pendenza media bacino (%) | Pendenza asta principale (%) |
|--------|------------|-------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|---------------------------|------------------------------|
| 1 | 3.17 | 4,40 | 527.12 | 225.72 | 317.74 | 112.00 | 8.69 | 2,60 |
| 2 | 5.59 | 2,34 | 685.17 | 264.58 | 421.22 | 233.00 | 10.07 | 10,06 |
| 3 | 1.05 | 0.93 | 646.76 | 382.57 | 477.40 | 109.00 | 17.99 | 11,70 |
| 4 | 3.69 | 3,20 | 527.02 | 237.83 | 336.90 | 179.00 | 12.24 | 5,60 |
| 5 | 1.72 | 2,5 | 462.00 | 237.83 | 293.89 | 134.00 | 9.42 | 5,50 |

5.3 Analisi pluviometrica

La determinazione della curva di possibilità pluviometrica dei bacini idrografici in esame è stata determinata attraverso la metodologia propria del progetto VaPi Puglia, metodologia di riferimento delle N.T.A. del P.A.I. dell'Autorità di Bacino della

| | | |
|--|---|----------------|
|  | Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 8 aerogeneratori con potenza di 48 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Deliceto (FG) integrato da un sistema di accumulo di 25 MW | Settembre 2020 |
|--|---|----------------|

Puglia. Il metodo VaPi effettua la regionalizzazione delle piogge su sei zone omogenee, in cui è stata suddivisa la Puglia, con formulazioni diverse per ognuna di esse.



- Zona 1: $x(t,z) = 26.8 t^{[(0.720+0.00503z)/3.178]}$
- Zona 2: $x(t) = 22.23 t^{0.247}$
- Zona 3: $x(t,z) = 25.325 t^{[(0.0696+0.00531z)/3.178]}$
- Zona 4: $x(t) = 24.70 t^{0.256}$
- Zona 5: $x(t,z) = 28.2 t^{[(0.628+0.0002z)/3.178]}$
- Zona 6: $x(t,z) = 33.7 t^{[(0.488+0.0022z)/3.178]}$

Nel VAPI, l'analisi idrologica è basata sulla legge di distribuzione statistica TCEV (two components extreme value); la particolarità di questo modello è quella di riuscire a considerare gli estremi idrologici, che sono di fatto gli eventi che inducono un livello di pericolosità più elevato, riconducendosi al prodotto di due funzioni di distribuzione di probabilità di tipo Gumbel, una che riproduce l'andamento degli eventi ordinari e l'altra che riproduce l'andamento degli eventi eccezionali.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, con due zone omogenee al primo e secondo livello, ovvero Puglia Settentrionale e Centro – Meridionale, e sei zone omogenee al terzo livello, dove si indaga la variabilità spaziale del valor medio dell'altezza di pioggia.

I bacini in esame rientrano nella *zona omogenea 3 della Puglia Settentrionale* pertanto l'equazione da applicare è la seguente:

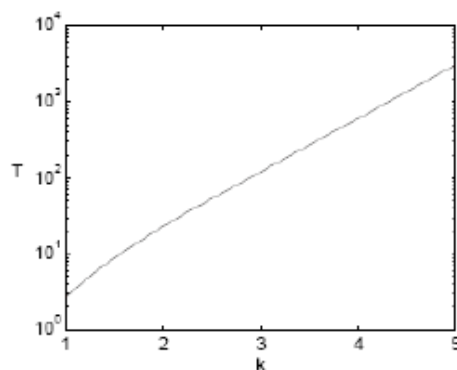
$$ZONA 3 \quad x(t) = 24,70t^{[0,0696+0,00531z]/3,178}$$

dove t delle curve pluviometriche si assume pari al tempo di ritardo; per i bacini pugliesi si considera la seguente formula empirica, in funzione dell'area del bacino in Km²: $t = 0,344 A^{0,5}$.



Zone omogenee del VaPi Puglia


L'altezza di pioggia totale è pari a $X(t, T) = x(t, z) * K_T$, con K_T fattore di crescita che dipende dal tempo di ritorno. È possibile rappresentare graficamente la funzione $K_T = K_T(T)$ al variare del tempo di ritorno T . Per quanto concerne il fattore di crescita esso è espresso per la Puglia Settentrionale con tale espressione: $K_T = 0,5648 + 0,415 \ln T$.



Fattore di crescita al variare del tempo di ritorno

Di seguito si riporta il calcolo del tempo di ritardo, preliminare al calcolo dell'altezza di pioggia critica:

| Bacino | Area (Kmq) | t (ore) |
|--------|------------|---------|
|--------|------------|---------|

| | | |
|--|---|----------------|
|  | Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 8 aerogeneratori con potenza di 48 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Deliceto (FG) integrato da un sistema di accumulo di 25 MW | Settembre 2020 |
|--|---|----------------|

| | | |
|---|------|------|
| 1 | 3.17 | 0.61 |
| 2 | 5.59 | 0.81 |
| 3 | 1.05 | 0.35 |
| 4 | 3.69 | 0.66 |
| 5 | 1.72 | 0.45 |

Conoscendo il valore del tempo di ritardo è possibile determinare il valore h dell'altezza di pioggia, ed applicando a quest'ultima i coefficienti relativi al fattore probabilistico di crescita K_t pari a 1.98 per $Tr = 30$ anni, a 2.77 per $Tr = 200$ anni e pari a 3.15 per $Tr = 500$ anni.


| Bacino | h (mm) | K_t (Tr = 30) | h_{30} (mm) | K_t (Tr = 200) | h_{200} (mm) | K_t (Tr = 500) | h_{500} (mm) |
|--------|----------|-----------------|---------------|------------------|----------------|------------------|----------------|
| 1 | 19.33 | 1.98 | 38.26 | 2.77 | 53.53 | 3.15 | 60.88 |
| 2 | 21.80 | 1.98 | 43.16 | 2.77 | 60.38 | 3.15 | 68.66 |
| 3 | 10.79 | 1.98 | 21.37 | 2.77 | 29.90 | 3.15 | 34.00 |
| 4 | 22.21 | 1.98 | 43.98 | 2.77 | 61.52 | 3.15 | 69.96 |
| 5 | 19.88 | 1.98 | 39.36 | 2.77 | 55.07 | 3.15 | 62.62 |

5.4 Stima delle portate al colmo di piena

La portata di piena viene calcolata con il metodo del "Soil Conservation Service" (S.C.S.).

Per la stima della pioggia netta, tale da determinare deflusso superficiale, al fine del calcolo della portata di piena, si è utilizzata la metodologia che prevede la determinazione del Curve Number (CN), parametro adimensionale che indica l'attitudine del bacino a produrre deflusso e si stima sulla base delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale. La sua determinazione è effettuata determinando il gruppo idrologico di appartenenza (A, B, C, D) e, all'interno di ciascun gruppo, valutando la copertura d'uso del suolo; alle sottoclassi così determinate viene associato un valore di CN.

I valori del CN, quindi, rappresentano la capacità di risposta dei bacini analizzati, in termini di infiltrazione e ruscellamento superficiale a fronte di un evento meteorico. Le caratteristiche geolitologiche sono state determinate facendo riferimento alla carta dei suoli redatta dall'IRSA CNR in scala 1:100.000, ed è stato possibile caratterizzare i suoli dal punto di vista della permeabilità secondo la classificazione SCS (Carta litologica).

| | | |
|--|---|----------------|
|  | Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 8 aerogeneratori con potenza di 48 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Deliceto (FG) integrato da un sistema di accumulo di 25 MW | Settembre 2020 |
|--|---|----------------|

| | |
|-----------------|--|
| Gruppo A | Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata. |
| Gruppo B | Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione. |
| Gruppo C | Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione. |
| Gruppo D | Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione. |

Gruppi geolitologici


La suddivisione in base al tipo di copertura o uso del suolo comprende, invece, aree caratterizzate da differenti morfologie (pascoli, terrazzamenti, etc.), varie coperture vegetali (boschi, praterie, parchi) e diverse condizioni di conservazione e destinazione d'uso (coltivazioni, parcheggi, distretti industriali o altro).

Dall'analisi della Carta dell'Uso del Suolo, si evince che tutti gli aerogeneratori sono ubicate in zone caratterizzate dalla presenza di **seminativi semplici in aree non irrigue**, non andando ad interessare terreni di colture di particolare pregio.

Nell'applicazione del metodo sono previste tre classi, rispettivamente la I, la II, e la III del grado di umidità del terreno, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (Antecedent Moisture Condition): molto asciutto (<50 mm), standard (tra 50 e 110 mm) e molto umido (oltre 110 mm).

Poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena e considerato che in occasione di queste il terreno del bacino si presenta in condizioni di elevato imbibimento, considerata l'entità degli interventi, si è preferito adottare a vantaggio di sicurezza un valore del Curve Number pari al CN III, in quanto trattasi di aree non urbanizzate.

Il CN III si calcola a partire dal CN II corrispondente alla classe AMC-tipo II, come di seguito tabellato:

| | | |
|--|---|----------------|
|  | Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 8 aerogeneratori con potenza di 48 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Deliceto (FG) integrato da un sistema di accumulo di 25 MW | Settembre 2020 |
|--|---|----------------|

| Tipo di copertura | A | B | C | D |
|---|-----|-----|-----|-----|
| Aree agricole con presenza di spazi naturali | 62 | 71 | 78 | 81 |
| Aree Urbane | 98 | 98 | 98 | 98 |
| Area residenziale | 77 | 85 | 90 | 92 |
| Cava | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Distretti industriali | 81 | 88 | 91 | 93 |
| Bacini di acqua | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo | 72 | 81 | 88 | 91 |
| Colture orticole a ciclo estivo-annuale-primaverile | 72 | 81 | 88 | 91 |
| Colture orticole a ciclo primaverile-estivo | 72 | 81 | 88 | 91 |
| Colture temporanee associate a colture permanenti | 62 | 71 | 78 | 81 |
| Frutteti e frutti minori non irrigui | 62 | 71 | 78 | 81 |
| Frutteti e frutti minori irrigui | 72 | 81 | 88 | 91 |
| Oliveti irrigui | 72 | 81 | 88 | 91 |
| Oliveti non irrigui | 62 | 71 | 78 | 81 |
| Prati stabili non irrigui | 30 | 58 | 71 | 78 |
| Seminativi in aree non irrigue | 62 | 71 | 78 | 81 |
| Sistemi colturali e particellari complessi | 72 | 81 | 88 | 91 |
| Vigneti irrigui | 72 | 81 | 88 | 91 |
| Vigneti non irrigui | 62 | 71 | 78 | 81 |
| Zone boscate | 45 | 66 | 77 | 83 |

Definito il parametro del CN III ($CN\ III = CN\ II/0.43 + 0.0057 \cdot CN\ II$) è possibile determinare il valore di altezza di pioggia netta P_n , mediante la seguente relazione:

$$P_n = \frac{(P - 0.2 S)^2}{P + 0.8 S} \text{ in mm}$$

con $S = 254 \cdot (100/CN - 1)$ che rappresenta il massimo volume di invaso al suolo, in funzione del CN e P è l'altezza di pioggia totale, precedentemente calcolata con il metodo VaPi Piogge, in corrispondenza di un evento con assegnato tempo di ritorno.

| Bacino | CN II medio | CN III | S (mm) | P30 (mm) | Pn30 (mm) | P200 (mm) | Pn200 (mm) | P500 (mm) | Pn500 (mm) |
|--------|-------------|--------|--------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|
| 1 | 80.49 | 90.56 | 26.47 | 37.69 | 17.82 | 52.72 | 30.44 | 59.95 | 36.82 |
| 2 | 75.30 | 87.64 | 35.83 | 44.29 | 18.89 | 61.96 | 33.13 | 70.46 | 40.41 |
| 3 | 75.20 | 87.58 | 36.02 | 20.93 | 3.79 | 29.28 | 8.39 | 33.29 | 10.96 |
| 4 | 79.80 | 90.18 | 27.65 | 44.44 | 22.75 | 62.17 | 38.06 | 70.70 | 45.76 |
| 5 | 80.90 | 90.78 | 25.79 | 40.32 | 20.28 | 56.40 | 34.09 | 64.14 | 41.04 |

Secondo il metodo SCS, il tempo di ritardo del bacino idrografico viene calcolato con la formula di Mockus, per cui:

$$t_i = 0.342 \cdot (L^{0.8}/s^{0.5}) \cdot (1000/CN - 9)^{0.7}, \text{ dove}$$

s: pendenza media del bacino espressa in %


L: lunghezza dell'asta principale estesa sino allo spartiacque espressa in Km.

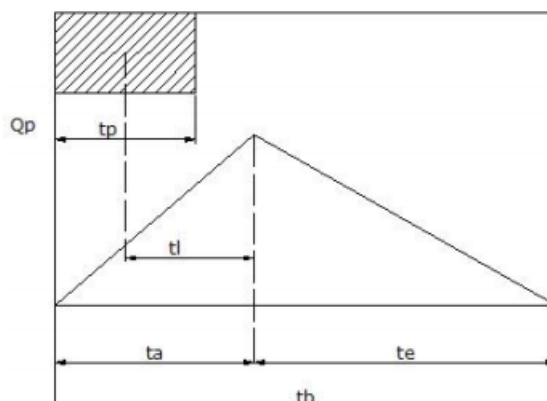
Il passaggio dal tempo di ritardo al tempo di corrivazione del bacino avviene attraverso la seguente formula:

$$t_c = t_i / 0.6.$$

Per il calcolo della portata al colmo si considera un diagramma di piena triangolare "Idrogramma di Mockus", che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento).

Il tempo di accumulo è pari a $t_a = 0.5 t_c + t_i$

| | | |
|--|---|----------------|
|  | Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 8 aerogeneratori con potenza di 48 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Deliceto (FG) integrato da un sistema di accumulo di 25 MW | Settembre 2020 |
|--|---|----------------|



L'area sottesa da tale triangolo definisce la portata al colmo di piena, che, pertanto, assume la formulazione seguente:

$$Q_p = 0,208 (P_n \cdot A) / t_a$$

L'ascissa e l'ordinata del picco dell'onda di piena rappresentano, rispettivamente, il tempo di risposta del bacino e la portata al colmo.

| River | Basin | L | s | tl | tp | ta | A | Pn30 | Q (Tr=30) | Pn200 | Q (Tr=200) | Pn500 | Q (Tr=500) |
|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|-------|-----------|-------|------------|-------|------------|
| 1 | 2 | 2.34 | 10.06 | 0.39 | 0.66 | 0.72 | 6.00 | 44.29 | 76.50 | 33.13 | 57.23 | 40.41 | 69.81 |
| 2 | 2 | 2.19 | 9.86 | 0.38 | 0.63 | 0.69 | 6.00 | 44.29 | 79.89 | 33.13 | 59.76 | 40.41 | 72.90 |
| 3 | 3 | 0.93 | 11.70 | 0.18 | 0.29 | 0.32 | 1.00 | 20.93 | 13.56 | 8.39 | 5.44 | 10.96 | 7.10 |
| 4 | 5 | 2.5 | 5.50 | 0.50 | 0.83 | 0.91 | 2.00 | 40.32 | 18.45 | 34.09 | 15.60 | 41.04 | 18.79 |
| 5 | 4 | 3.10 | 5.00 | 0.62 | 1.03 | 1.13 | 4.00 | 44.44 | 32.66 | 38.06 | 27.97 | 45.76 | 33.63 |
| 6 | 4 | 3.20 | 5.60 | 0.61 | 1.02 | 1.13 | 4.00 | 40.32 | 29.81 | 38.06 | 28.15 | 45.76 | 33.84 |
| 7 | 1 | 4.40 | 2.60 | 1.14 | 1.91 | 2.10 | 3.00 | 37.69 | 11.21 | 30.44 | 9.06 | 36.82 | 10.96 |
| 8 | 4 | 1.61 | 8.85 | 0.31 | 0.52 | 0.57 | 4.00 | 43.16 | 62.87 | 31.80 | 46.33 | 38.86 | 56.61 |

6 CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati ottenuti dall'analisi idrologica si procederà all'analisi idraulica con la modellazione idraulica per la perimetrazione delle aree di alluvionamento, in riferimento ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni, per i tratti di reticolo idrografico di interesse, per verificare le condizioni di sicurezza dell'intervento, ai sensi dell'art. 36 delle NTA del PAI.