

COMUNE DI STATTE



OGGETTO: Proposta di Piano Urbanistico Esecutivo (P.U.E.) come previsto dall'art. 28/S delle Norme Tecniche di Attuazione del P.U.G. di Statte

LOCALITÀ: C.da Grottafornara - Masseria "Le Fratte"

COMMITTENTE: Azienda Agricola Giuseppe PETRONELLA

PROGETTISTA: Dott. Arch. Antonio LAGHEZZA



STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO: VERIFICA DELLA SICUREZZA IDRAULICA

Luglio 2021

COMUNE DI STATTE

Provincia di Taranto

PERMESSO DI COSTRUIRE RESTAURO CON AMPLIAMENTO E RIUSO A STRUTTURA RICETTIVA DEL RUDERE "MASSERIA LE FRATTE"

STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO VERIFICA DELLA SICUREZZA IDRAULICA ai sensi delle N.T.A. del PAI della Regione Puglia

TECNICI INCARICATI DELLO STUDIO:

Geol. Jean V.C.A. STEFANI

C.da Saponaro 70, 74023 Grottaglie (TA)
Tel e Fax 099 5610224 cell. 338 8641493
e-mail: stefani.geologo@libero.it

Ing. Armando RISSONDO

Via C. Mastropaolo 37, 74023 Grottaglie (TA)
Tel e Fax 099 5661823 cell. 328 4186787
e-mail: armandorissondo@libero.it

IL COMMITTENTE:

Sig. Giuseppe PETRONELLA



Elaborato:

Relazione tecnica

Elab. n.

A

Scala:

Rev.	Descrizione	Data
0	EMISSIONE	febbraio 2020

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E PREVISIONI PAI-PUGLIA.....	4
3. STATO DI FATTO.....	5
4. ANALISI IDROLOGICA.....	8
4.1. Individuazione dei bacini idrografici e delle caratteristiche morfometriche ed idrologiche	8
4.2. Pluviometria	10
4.3. Calcolo delle portate di piena	11
4.3.1. <i>Premessa</i>	11
4.3.2. <i>Metodo razionale</i>	11
4.3.3. <i>Soil Conservation Service</i>	12
4.3.4. <i>Portate massime utilizzate per lo studio idraulico</i>	13
5. ANALISI IDRAULICA.....	14
5.1. Premessa	14
5.2. La simulazione idraulica bidimensionale (InfoWorks ICM)	14
5.2.1. <i>Cenni teorici</i>	14
5.2.2. <i>Il modello idraulico bidimensionale</i>	15
5.3. Risultati delle simulazioni idrauliche	16
6. CONCLUSIONI.....	19

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica descrive le attività e i risultati conseguiti nello studio di compatibilità idrologica e idraulica ai sensi del PAI della Regione Puglia riguardo il "PERMESSO DI COSTRUIRE RESTAURO CON AMPLIAMENTO E RIUSO A STRUTTURA RICETTIVA DEL RUDERE "MASSERIA LE FRATTE"" da realizzare in agro di Statte. Il committente è il Sig. Giuseppe Petronella.

L'area oggetto di studio è ubicata tra gli abitati di Statte e Montemesola, in prossimità della S.S. n. 172. Il progetto prevede il restauro e ampliamento dell'esistente rudere di "Masseria Le Fratte", con relative sistemazioni esterne. Per ogni particolare e dettaglio sulle opere da realizzarsi si rimanda al progetto allegato al presente studio.

L'area di intervento è prossima a un tratto di "reticolo idrografico" riportato sulla cartografia ufficiale dell' I.G.M. in scala 1:25.000, da cui scaturiscono aree disciplinate dagli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI della Regione Puglia.

Per tale motivo è richiesto uno "Studio di compatibilità idrologica ed idraulica" che ne analizzi compiutamente gli effetti delle opere in progetto sul regime idraulico a monte e a valle delle aree interessate e dimostri l'esistenza di adeguate condizioni di sicurezza idraulica, come definite dall'art. 36 delle NTA del PAI Puglia (riferite ad un evento meteorico con Tempo di Ritorno di 200 anni).

Oltre al ramo più vicino all'area di intervento è presente un secondo ramo, che si unisce al primo in un'area posta subito a valle e a ridosso della S.S. 172. Tali rami idrografici sono stati denominati all'interno del presente studio ramo idrografico 1 e 2.

Si riportano di seguito gli inquadramenti territoriali su base IGM, CTR e ortofoto, ove è evidenziato il reticolo idrografico dell'IGM oggetto di studio, il reticolo della carta idrogeomorfologica e l'area di intervento.

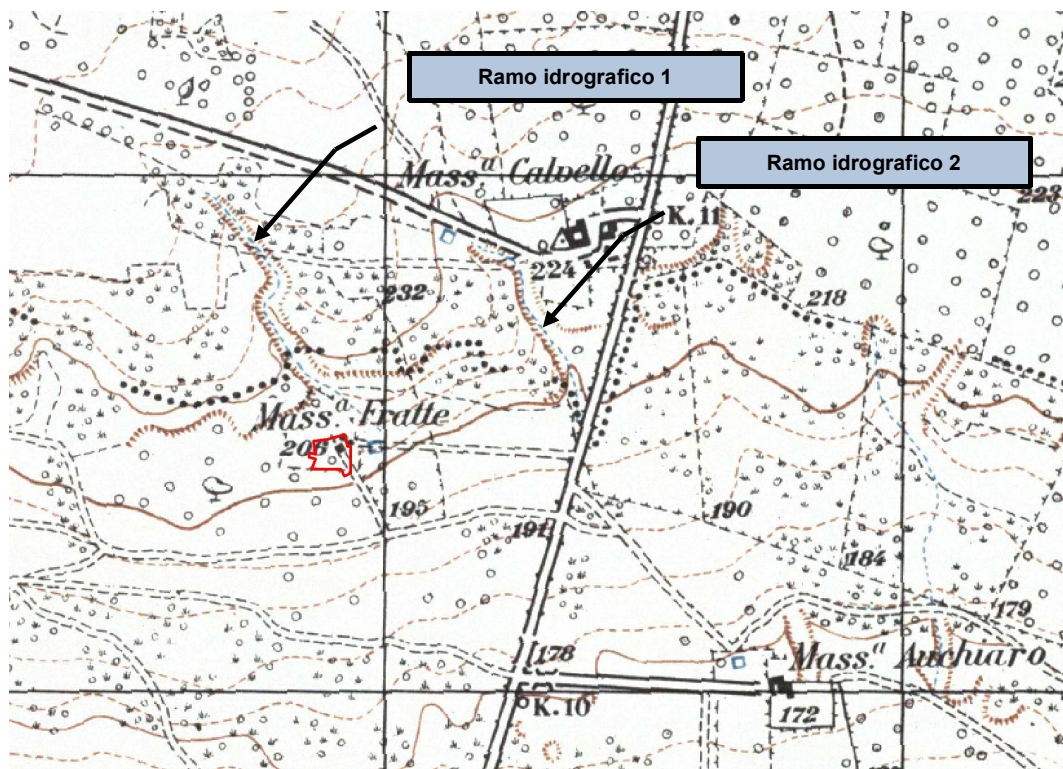


Fig. 1: cartografia I.G.M. e previsioni PAI

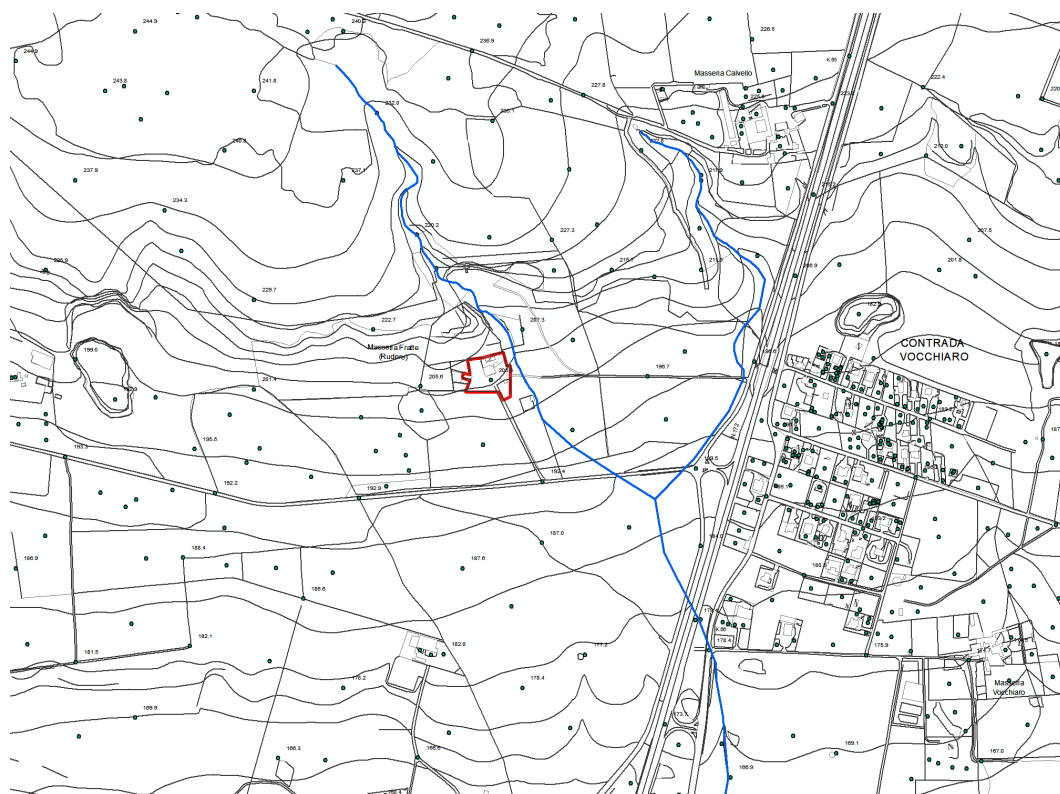


Fig. 2: CTR con reticolo Carta IGM e carta idrogeomorlogica



Fig. 3: ortofoto con reticolo Carta IGM e carta idrogeomorlogica

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E PREVISIONI PAI-PUGLIA

Lo studio è stato condotto nel rispetto delle indicazioni dettate Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia (D.Lgs.152/2006 e s.m.i., Legge 221/2015, D.M. n. 294/2016 e DPCM 4 aprile 2018).

Lo strumento di riferimento adottato è rappresentato dal *Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico*, ed in particolare i seguenti elaborati:

- ✓ Relazione Generale;
- ✓ Norme Tecniche di Attuazione (N.T.A.);
- ✓ Elaborati grafici (in forma digitale) riportanti le perimetrazioni delle aree a Pericolosità Idraulica.

Dalle sovrapposizioni cartografiche ottenute in ambiente GIS risulta che le aree di interesse non sono classificate come aree a Pericolosità Idraulica, ma come detto in premessa le opere in progetto, essendo prossime ad alcuni tratti di "reticolo idrografico" riportato sulla cartografia ufficiale dell' I.G.M. in scala 1:25.000, interferiscono con aree disciplinate dagli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI della Regione Puglia.



Fig. 4: ortofoto con area di intervento e perimetrazioni PAI

3. STATO DI FATTO

Per lo studio morfologico delle aree di interesse, e in particolare per l'analisi idraulica, sono stati acquisiti i modelli digitali del terreno dal rilievo LIDAR con passo 1x1 m del Ministero dell'Ambiente. Il sistema di coordinate è ETRF 2000 – UTM33N.

Le aste di che trattasi, nei tratti oggetto di studio, sono rappresentate generalmente da impluvi naturali privi di rilevanti sistemazioni idrauliche. Sono occupati principalmente da terreni incolti e aree a vegetazione spontanea (macchia mediterranea).

Per quanto riguarda gli attraversamenti idraulici, la cui posizione è indicata nell'immagine seguente, si segnala quanto segue:

ATTRAVERSAMENTO 1, costituito da una tubazione in cemento diametro 600, in prossimità della SS172 in corrispondenza dell'uscita per Statte;

ATTRAVERSAMENTO 2, costituito da doppia tubazione in cemento diametro 600, in prossimità della SS172 lungo la viabilità di servizio;

ATTRAVERSAMENTO 3, costituito da una tubazione in cemento diametro 1000, in corrispondenza della SS172.

Si riportano di seguito uno stralcio di ortofoto con individuazione degli attraversamenti, alcune foto rappresentative dei rami idrografici oggetto di studio, in prossimità dell'area di intervento, e degli attraversamenti descritti in precedenza.



Fig. 5: individuazione attraversamenti esistenti



Foto 1: Ramo idrografico 1 in prossimità dell'area di intervento



Foto 2: Ramo idrografico 1 in prossimità dell'area di intervento



Foto 3: ATTRAVERSAMENTO 1, costituito da una tubazione in cemento diametro 600 (lato di monte)



Foto 4: ATTRAVERSAMENTO 2, costituito da doppia tubazione in cemento diametro 600 (lato di monte)



Foto 5: ATTRAVERSAMENTO 3, costituito da una tubazione in cemento diametro 1000 (lato di monte)

4. ANALISI IDROLOGICA

4.1. Individuazione dei bacini idrografici e delle caratteristiche morfometriche ed idrologiche

Al fine di analizzare il reticolo idrografico oggetto di interesse e valutare l'effettivo rischio idraulico si è proceduto con l'individuazione dei bacini idrografici, mediante l'utilizzo del modello digitale del terreno (Digital Elevation Model – DEM) disponibile dal sito internet SIT-Puglia.

Le elaborazioni della matrice del DEM, contenente le informazioni altimetriche delle singole celle, sono state eseguite in ambiente GIS utilizzando opportune procedure di interpolazione. Una volta disponibile il DEM è stato possibile ottenere un modello distribuito delle pendenze (Slope Model) sul quale sono stati applicati successivamente gli algoritmi che hanno consentito di ottenere le informazioni morfometriche del territorio. Dallo Slope Model con un opportuno algoritmo, gestito sempre in ambiente GIS, è stato possibile ricavare la griglia delle direzioni di flusso (Flow Direction). Definita la griglia delle direzioni di flusso un algoritmo gestito in ambiente GIS conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata di accumulo (Flow Accumulation). Successivamente è possibile stabilire un numero minimo di celle tributarie e definire in questo modo la linea di compluvio naturale.

Grazie ai processi di analisi statistica delle cartografie appena esposte è stato possibile determinare i bacini idrografici e definire, per gli stessi, le principali caratteristiche morfometriche, necessarie per la determinazioni degli idrogrammi di piena.

Il coefficiente di deflusso (ϕ), il Curve Number (CN) e i coefficienti "M" e "d" della formula di Aronica e Paltrinieri sono stati calcolati attraverso la sovrapposizione dei bacini idrografici con le mappe di "uso del

suolo" e "permeabilità" e facendo riferimento al testo "La sistemazione dei bacini idrografici", Vito Ferro (McGraw-Hill 2006).

Di seguito si riporta un'immagine rappresentativa dei bacini idrografici individuati, la tabella di calcolo dei coefficienti di deflusso e del CN2 e una tabella riassuntiva delle caratteristiche morfometriche e idrologiche.

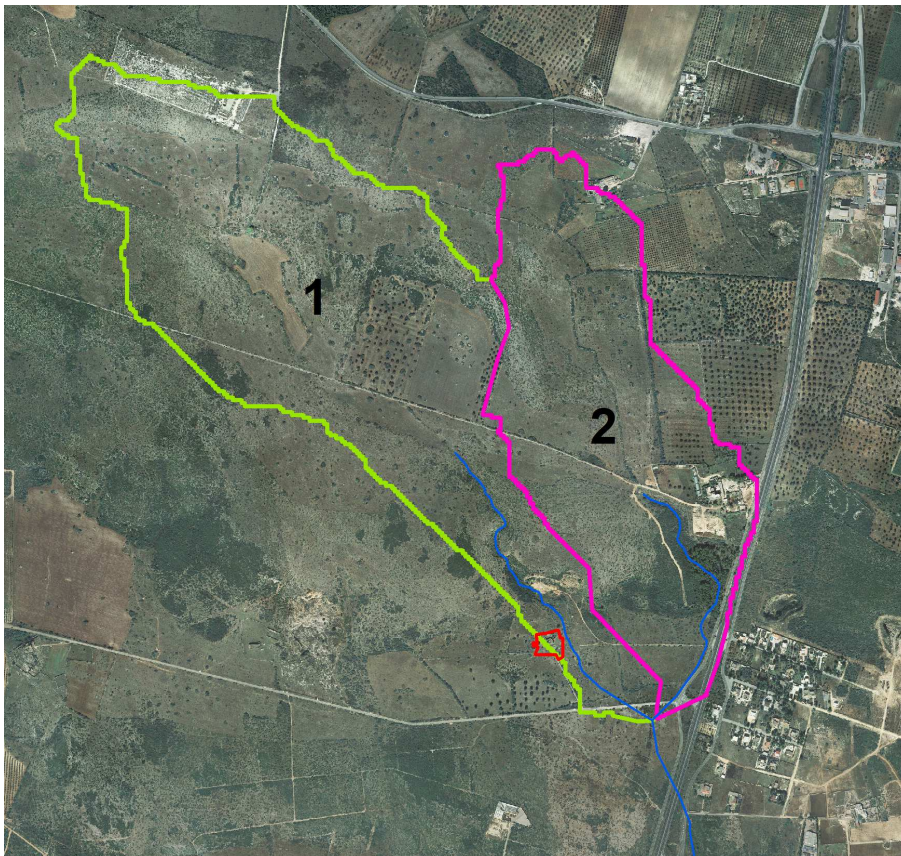


Fig. 6: Individuazione dei Bacini idrografici

PERMESSO DI COSTRUIRE
RESTAURO CON AMPLIAMENTO E RIUSO A STRUTTURA RICETTIVA DEL RUDERE "MASSERIA LE FRATTE"

Bacino	S (m2)	Permeabilità	Classe	Uso del suolo	CN2	C.D.	CN2 x S	C.D. x S
1	6799	Molto permeabili	A	uliveti	72	0,20	489528	1360
1	58656	Molto permeabili	A	colture temporanee associate a colture permanenti	62	0,20	3636672	11731
1	46239	Molto permeabili	A	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	62	0,15	2866818	6936
1	164772	Molto permeabili	A	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	62	0,15	10215864	24716
1	6478	Molto permeabili	A	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	62	0,15	401636	972
1	6361	Molto permeabili	A	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	62	0,15	394382	954
1	152220	Molto permeabili	A	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	62	0,15	9437640	22833
1	5279	Molto permeabili	A	aree a vegetazione sclerofilla	62	0,15	327298	792
1	2491	Molto permeabili	A	aree a vegetazione sclerofilla	62	0,15	154442	374
1	31662	Molto permeabili	A	aree a vegetazione sclerofilla	62	0,15	1963044	4749
1	377792	Molto permeabili	A	aree a vegetazione sclerofilla	62	0,15	23423104	56669
1	7988	Molto permeabili	A	insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	81	0,70	647028	5592
1	11983	Molto permeabili	A	insediamento in disuso	81	0,70	970623	8388
1	16205	Molto permeabili	A	suoli rimaneggiati e artefatti	62	0,50	1004710	8103
1	94	Molto permeabili	A	seminativi semplici in aree non irrigue	52	0,20	4888	19
1	51877	Molto permeabili	A	seminativi semplici in aree non irrigue	52	0,20	2697604	10375
1	23072	Molto permeabili	A	seminativi semplici in aree non irrigue	52	0,20	1199744	4614
1	1481	Molto permeabili	A	reti stradali e spazi accessori	98	0,80	145138	1185
	971449				62	0,18	59980163	170361
Bacino								
Bacino	S (m2)	Permeabilità	Classe	Uso del suolo	CN2	C.D.	CN2 x S	C.D. x S
2	11985	Discretamente permeabili	B	uliveti	81	0,40	970785	4794
2	3850	Discretamente permeabili	B	aree a vegetazione sclerofilla	71	0,40	273350	1540
2	27859	Discretamente permeabili	B	insediamenti produttivi agricoli	71	0,40	1977989	11144
2	3635	Discretamente permeabili	B	suoli rimaneggiati e artefatti	71	0,50	258085	1818
2	863	Discretamente permeabili	B	reti stradali e spazi accessori	98	0,80	84574	690
2	11	Discretamente permeabili	B	aree a vegetazione sclerofilla	71	0,40	781	4
2	43	Discretamente permeabili	B	reti stradali e spazi accessori	98	0,80	4214	34
2	1563	Molto permeabili	A	uliveti	72	0,20	112536	313
2	56190	Molto permeabili	A	uliveti	72	0,20	4045680	11238
2	18360	Molto permeabili	A	boschi di conifere	45	0,10	826200	1836
2	41724	Molto permeabili	A	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	62	0,15	2586888	6259
2	42025	Molto permeabili	A	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	62	0,15	2605550	6304
2	47378	Molto permeabili	A	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	62	0,15	2937436	7107
2	1466	Molto permeabili	A	aree a vegetazione sclerofilla	62	0,20	90892	293
2	44	Molto permeabili	A	aree a vegetazione sclerofilla	62	0,20	2728	9
2	4579	Molto permeabili	A	aree a vegetazione sclerofilla	62	0,20	283898	916
2	6210	Molto permeabili	A	aree a vegetazione sclerofilla	62	0,20	385020	1242
2	292576	Molto permeabili	A	aree a vegetazione sclerofilla	62	0,20	18139712	58515
2	1226	Molto permeabili	A	insediamenti produttivi agricoli	62	0,30	76012	368
2	1976	Molto permeabili	A	insediamenti produttivi agricoli	62	0,30	122512	593
2	8603	Molto permeabili	A	suoli rimaneggiati e artefatti	62	0,50	533386	4302
2	34050	Molto permeabili	A	seminativi semplici in aree non irrigue	52	0,20	1770600	6810
2	16481	Molto permeabili	A	reti stradali e spazi accessori	98	0,80	1615138	13185
	622697				64	0,22	39703966	139312

Tab. 1: tabella di calcolo del coefficiente di deflusso e del CN2

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE ED IDROLOGICHE																		
	VERSANTE											ASTA PRINCIPALE						
	Superficie		Quote				Pendenze				Aronica e Paltrinieri		CN3	φ	Lunghezza	Quote		Pendenza media
			min	max	range	media	min	max	range	media	M	d				Monte	Valle	
m ²	km ²	m.s.l.m.	m.s.l.m.	m	m.s.l.m.	%	%	%	%					km	m.s.l.m.	m.s.l.m.	m/m	
BACINO 1	971.446,00	0,97	187,77	269,51	81,74	247,44	0,04	81,97	81,93	4,38	0,250	0,690	82	0,30	2,83	269,51	187,77	0,02888
BACINO 2	622.694,00	0,62	187,79	254,71	66,92	231,42	0,04	33,02	32,98	5,46	0,250	0,690	82	0,30	1,82	254,71	187,79	0,03677

Tab. 2: Riepilogo delle caratteristiche morfometriche ed idrologiche

4.2. Pluviometria

Il territorio di competenza della regione Puglia è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base di opportune equazioni. Per le aree di interesse, essendo situate all'interno della zona omogenea 6, si è fatto uso della seguente espressione:

$$\text{Zona 6: } X(t, z) = 33.7 t^{(0.488 + 0.0022z) / 3.178}$$

dove:

t = durata della precipitazione;

z = quota media del sito.

Noto il valore di X(t) è possibile ricavare il valore della pioggia per prefissato tempo di ritorno a partire dalla conoscenza del fattore probabilistico di crescita Kt.

Per la valutazione del fattore di crescita si è utilizzata la seguente relazione:

$$Kt = a + b \ln T$$

Dove a e b sono due parametri che variano in funzione della zona considerata e per la Puglia centro-meridionale (zone 5 e 6) assumono i valori riportati nella seguente tabella e T rappresenta il Tempo di Ritorno considerato.

Zona omogenea	a	b
Puglia centro-meridionale	0.1599	0.5166

Essendo la quota media dei bacini pari a 247 m.s.l.m. si sono ottenute le seguenti Curve di Possibilità Pluviometrica:

$$\begin{aligned} Tr=30 \text{ anni} & \rightarrow h = 64,60^{0,325} \\ Tr=200 \text{ anni} & \rightarrow h = 97,63^{0,325} \\ Tr=500 \text{ anni} & \rightarrow h = 113,58^{0,325} \end{aligned}$$

4.3. Calcolo delle portate di piena

4.3.1. Premessa

Per la determinazione degli idrogrammi di piena sono state considerate due metodologie di calcolo, quella del Metodo Razionale e del Soil Conservation Service. Successivamente si sono confrontati i risultati al fine di determinare la portata massima tra le due metodologie utilizzate. Tutti i parametri morfometrici ed idrologici che entrano nelle formulazioni dei due metodi sono quelli determinati e mostrati in precedenza.

Si specifica che per il bacino 2, essendo il tempo di corrivazione (t_c) inferiore all'ora, per il calcolo dell'altezza di pioggia ($h(t_c)$) si è fatto riferimento alla seguente relazione:

$$h(t) = \left(\frac{t}{60} \right)^s \cdot h(60)$$

dove "t" rappresenta il tempo in minuti, $h(60)$ l'altezza di pioggia in mm riferita all'ora e "s" un parametro che per la Puglia è pari a 0,227.

Per ogni riferimento teorico e bibliografico si rimanda al testo *"La sistemazione dei bacini idrografici, Vito Ferro, McGraw-Hill – 2006"*.

4.3.2. Metodo razionale

La formula razionale esprime la convinzione intuitiva che la massima portata defluente dalla sezione di sbocco del bacino sia una parte della pioggia caduta su tutta l'area del bacino in un certo intervallo di tempo.

L'espressione analitica per la valutazione della portata di piena assume la seguente forma:

$$Q_t = \frac{C \cdot h_c \cdot A}{3.6 \cdot t_c} \quad [m^3/s]$$

In cui, A è la superficie del bacino espressa in $[km^2]$, h_c è l'altezza di pioggia, determinata dalla curva di possibilità climatica, per una durata pari al tempo di corrivazione del bacino, C è il coefficiente di

deflusso, che tiene conto della riduzione dell'afflusso meteorico per effetto delle caratteristiche di permeabilità dei suoli ricadenti nel bacino, e 3.6 è un fattore di omogeneizzazione delle unità di misura.

Il tempo di corrivazione t_c è stato determinato attraverso le formule ricavabili dalla letteratura, ed in particolare con le formule di Aronica e Paltrinieri, Pezzoli, Watt e Chow, Chow, Viparelli, Ventura e Pasini, che per brevità non si riportano. Tali formulazioni risultano compatibili con l'estensione dei bacini idrografici oggetto di studio.

La tabella che segue mostra i tempi di corrivazione ottenuti ed in particolare quello medio.

AUTORE	BACINI	
	1	2
Aronica e Paltrinieri	1,61	1,38
Pezzoli	0,92	0,52
Watt e Chow	1,17	0,75
Chow	0,97	0,68
Viparelli	0,67	0,53
Ventura	0,74	0,52
Pasini	0,89	0,59
MEDIA	1,00	0,71

Tab. 3: Calcolo dei tempi di corrivazione e di quello medio in ore

Di seguito si espone invece una tabella con le portate di piena.

RIEPILOGO RISULTATI METODO RAZIONALE				
	Q 30 [mc/s]	Q 200 [mc/s]	Q 500 [mc/s]	Tc [ore]
BACINO 1	5,25	7,93	9,22	1,00
BACINO 2	4,36	6,59	7,67	0,71

Tab. 4: Portate di piena con il Metodo Razionale

4.3.3. Soil Conservation Service

Il metodo del Soil Conservation Service consente di determinare la completa ricostruzione dell'idrogramma di piena.

Si specifica che poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena e considerato che in occasione di tali fenomeni molto spesso il terreno del bacino idrografico si presenta in condizioni di elevato imbibimento, si è preferito adottare il valore di CN III corrispondente alla classe AMC-tipo III, legato a quello normale (CN II) dalla relazione:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}}$$

Essendo quindi il CN2 massimo pari a 64 per tutti i bacini, per i calcoli seguenti è stato considerato un CN3 pari a 82.

Per brevità di esposizione si tralascia l'esposizione dell'intera trattazione teorica e si espongono i risultati dei calcoli effettuati.

Bacino 1

CARATTERISTICHE BACINO	AREA DEL BACINO	A	0,97	km2
	LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE	L	2,83	km
	PENDENZA MEDIA BACINO	im	4,38	%
	CURVE NUMBER	CN	82	-
CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA	a (Tr = 30 anni)		64,60	mm
	a (Tr = 200 anni)		97,63	mm
	a (Tr = 500 anni)		113,58	mm
	n		0,325	
TEMPI DELL'IDROGRAMMA	TEMPO DI RITARDO	Tr	0,85	ore
	TEMPO DI CORRIVAZIONE	Tc	1,41	ore
	TEMPO DI ACCUMULO	Ta	1,55	ore
RISULTATI DI CALCOLO PER TR = 30 ANNI	ALTEZZA DI PIOGGIA	Ptot	72,26	mm
	VOLUME SPECIFICO DI SATURAZIONE	S	55,76	-
	ASSORBIMENTO INIZIALE	la	11,15	mm
	VOLUME DI DEFLUSSO SPECIFICO	V	31,95	mm
	VOLUME DI DEFLUSSO TOTALE	Vtot	30.993,95	m3
	PORTATA AL PICCO	Qp	4,15	m3/s
RISULTATI DI CALCOLO PER TR = 200 ANNI	ALTEZZA DI PIOGGIA	Ptot	109,20	mm
	VOLUME SPECIFICO DI SATURAZIONE	S	55,76	-
	ASSORBIMENTO INIZIALE	la	11,15	mm
	VOLUME DI DEFLUSSO SPECIFICO	V	62,51	mm
	VOLUME DI DEFLUSSO TOTALE	Vtot	60.633,13	m3
	PORTATA AL PICCO	Qp	8,12	m3/s
RISULTATI DI CALCOLO PER TR = 500 ANNI	ALTEZZA DI PIOGGIA	Ptot	127,04	mm
	VOLUME SPECIFICO DI SATURAZIONE	S	55,76	-
	ASSORBIMENTO INIZIALE	la	11,15	mm
	VOLUME DI DEFLUSSO SPECIFICO	V	78,25	mm
	VOLUME DI DEFLUSSO TOTALE	Vtot	75.901,03	m3
	PORTATA AL PICCO	Qp	10,17	m3/s

Bacino 2

CARATTERISTICHE BACINO	AREA DEL BACINO	A	0,62	km2
	LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE	L	1,82	km
	PENDENZA MEDIA BACINO	im	5,46	%
	CURVE NUMBER	CN	82	-
CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA	a (Tr = 30 anni)		64,60	mm
	a (Tr = 200 anni)		97,63	mm
	a (Tr = 500 anni)		113,58	mm
	n		0,325	
TEMPI DELL'IDROGRAMMA	TEMPO DI RITARDO	Tr	0,53	ore
	TEMPO DI CORRIVAZIONE	Tc	0,89	ore
	TEMPO DI ACCUMULO	Ta	0,98	ore
RISULTATI DI CALCOLO PER TR = 30 ANNI	ALTEZZA DI PIOGGIA	Ptot	62,88	mm
	VOLUME SPECIFICO DI SATURAZIONE	S	55,76	-
	ASSORBIMENTO INIZIALE	la	11,15	mm
	VOLUME DI DEFLUSSO SPECIFICO	V	24,90	mm
	VOLUME DI DEFLUSSO TOTALE	Vtot	15.436,67	m3
	PORTATA AL PICCO	Qp	3,29	m3/s
RISULTATI DI CALCOLO PER TR = 200 ANNI	ALTEZZA DI PIOGGIA	Ptot	95,04	mm
	VOLUME SPECIFICO DI SATURAZIONE	S	55,76	-
	ASSORBIMENTO INIZIALE	la	11,15	mm
	VOLUME DI DEFLUSSO SPECIFICO	V	50,39	mm
	VOLUME DI DEFLUSSO TOTALE	Vtot	31.242,41	m3
	PORTATA AL PICCO	Qp	6,65	m3/s
RISULTATI DI CALCOLO PER TR = 500 ANNI	ALTEZZA DI PIOGGIA	Ptot	110,56	mm
	VOLUME SPECIFICO DI SATURAZIONE	S	55,76	-
	ASSORBIMENTO INIZIALE	la	11,15	mm
	VOLUME DI DEFLUSSO SPECIFICO	V	63,69	mm
	VOLUME DI DEFLUSSO TOTALE	Vtot	39.487,53	m3
	PORTATA AL PICCO	Qp	8,41	m3/s

Tab. 5: Portate di piena con il metodo del Soil Conservation Service

4.3.4. Portate massime utilizzate per lo studio idraulico

Nelle successive analisi idrauliche quindi si sono utilizzati idrogrammi triangolari aventi portate massime rinvenenti dal confronto dei due metodi utilizzati e durate pari a 3 volte il tempo di corrivazione.

RIEPILOGO RISULTATI METODO RAZIONALE				
	Q 30 [mc/s]	Q 200 [mc/s]	Q 500 [mc/s]	Tc [ore]
BACINO 1	5,25	7,93	9,22	1,00
BACINO 2	4,36	6,59	7,67	0,71

RIEPILOGO RISULTATI SCS CN3				
	Q 30 [mc/s]	Q 200 [mc/s]	Q 500 [mc/s]	Tc [ore]
BACINO 1	4,15	8,12	10,17	1,41
BACINO 2	3,29	6,65	8,41	0,89

Tab. 6: Confronto dei risultati delle analisi idrologiche

5. ANALISI IDRAULICA

5.1. Premessa

Al fine di determinare l'effettiva funzionalità idraulica delle aste idrografiche oggetto di studio ed evidenziare le aree di inondazione, si è proceduto, a valle dell'analisi idrologica appena esposta, con uno studio idraulico bidimensionale in condizioni di moto vario. A tale scopo è stato utilizzato il software InfoWorks ICM edito dalla HR Wallingford.

5.2. La simulazione idraulica bidimensionale (InfoWorks ICM)

5.2.1. Cenni teorici

Le simulazioni numeriche bidimensionali in moto vario sono state condotte con l'ausilio del software InfoWorks ICM 3.5.10 edito dalla HR Wallingford.

InfoWorks ICM permette la modellazione integrata 1D e 2D di bacini naturali, artificiali, urbani, canali aperti, fiumi e pianure alluvionali.

Il modello usato per la rappresentazione matematica del flusso 2D è basato sull'equazione dell'acqua superficiale, relativa cioè all'altezza media che si ricava dalle equazioni di Navier – Stokes:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_{1D} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(hu^2 + gh^2/2) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} \\ = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{1D}u_{1D} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}(hv^2 + gh^2/2) \\ = S_{0,y} - S_{f,y} + q_{1D}v_{1D} \end{aligned} \quad (3)$$

Dove:

- h è l'altezza dell'acqua;
- u e v sono rispettivamente le velocità nelle direzioni x e y;
- S_{0,x} e S_{0,y} sono rispettivamente le pendenze dell'alveo nelle direzioni x e y;
- S_{f,x} e S_{f,y} sono rispettivamente gli attriti nelle direzioni x e y;

- q_{1D} è la portata per unità di area;
- u_{1D} e v_{1D} sono rispettivamente le componenti di velocità della portata q_{1D} nelle direzioni x e y .

Questa formulazione conservativa dell'equazione dell'acqua superficiale è discretizzata utilizzando un sistema di primo ordine esplicito del volume finito.

La tecnica di frazionamento del flusso assicura la proprietà del buon equilibrio bilanciando la pendenza con la pressione.

La gestione della cella bagnata ed essiccata è eseguita utilizzando come criterio una profondità di soglia per considerare che una cella è bagnata e la velocità è impostata a zero se la profondità è sotto il valore di soglia. Questo evita la creazione di elevate velocità artificiali in aree bagnate/asciutte. Il valore di default per questa profondità di soglia è 1mm.

Questo algoritmo può essere utilizzato sia con maglie strutturate che non strutturate ed è adatto per rappresentare flussi rapidamente variabili, nonché flussi supercritici e transcritici.

Il modulo 2D può essere collegato con una rete 1D, che può essere costituita da un sistema di drenaggio, canali o fiumi. Il legame tra le celle 2D e rete 1D è realizzato mediante fuoriuscite laterali o in linea con i canali 1D e dalla rappresentazione di tombini per le condotte 1D.

Il modello idraulico InfoWorks usa una maglia triangolare derivante dal modello digitale del terreno (DTM) che descrive l'andamento altimetrico del territorio. Ogni maglia costituisce l'unità del calcolo bidimensionale. Le maglie vengono create attraverso un apposito comando in maniera automatica e tengono conto di tutti gli elementi che influenzano il moto bidimensionale all'interno dell'area di studio.

5.2.2. Il modello idraulico bidimensionale

Per rappresentare la geometria del dominio di calcolo, costituito dai reticoli oggetto di studio e dalle zone adiacenti, è stato ricavato il Modello Digitale del Terreno dal rilievo LIDAR con passo 1x1 m del Ministero dell'Ambiente. Il sistema di coordinate è ETRF 2000 – UTM33N.

Per quanto riguarda la resistenza al moto è stato utilizzato un valore di scabrezza secondo Manning's di $n=0,05$.

Il dominio, dell'estensione di 52 ha, è costituito da circa 102.000 elementi triangolari.

Le portate di ingresso sono costituite dagli idrogrammi di piena posti all'inizio delle aste idrografiche, derivanti dall'analisi idrologica.

Come condizioni al contorno si è ritenuto opportuno utilizzare una condizione di uscita in condizioni di moto uniforme, detta anche "normal condition". A valle e a monte del dominio di calcolo considerato non si segnalano altri elementi della rete idrografica che possano influenzare significativamente le simulazioni idrauliche condotte.

Di seguito si mostrano alcune immagini del modello idraulico realizzato, una planimetria generale e una vista estrapolata dal software di calcolo.



Fig. 7: Modello idraulico 2D - Planimetria generale

5.3. Risultati delle simulazioni idrauliche

Sulla base del modello realizzato, come descritto e mostrato in precedenza, sono state eseguite le tre simulazioni idrauliche, per eventi di piena aventi tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni.

Si riportano di seguito le immagini delle simulazioni idrauliche eseguite, in termini di aree potenzialmente allagabili. Nelle tavole grafiche allegate, invece, sono mostrate le mappe delle altezze del tirante idrico e di velocità della corrente.



Fig. 8: Risultati simulazione idraulica per $T_r=30$ anni – Aree potenzialmente allagabili



Fig. 9: Risultati simulazione idraulica per $T_r=200$ anni – Aree potenzialmente allagabili



Fig. 10: Risultati simulazione idraulica per $Tr=500$ anni – Aree potenzialmente allagabili

Per quanto riguarda l'area di intervento lo studio ha permesso di evidenziare come essa sia esterna alle aree inondabili per eventi con $Tr=200$ anni e pertanto, così come definito dall'art. 36 delle N.T.A. del PAI della Regione Puglia, in condizioni di "sicurezza idraulica".

Anche in riferimento all'articolo 4 delle NTA l'intervento risulta compatibile in quanto:

- non peggiora le condizioni di funzionalità idraulica;
- non costituisce 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;
- non pregiudica le sistemazioni idrauliche;
- non prevede un aumento delle superfici impermeabili;
- saranno garantite adeguate condizioni di sicurezza durante la permanenza dei cantieri, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, ostacoli significativi al regolare deflusso delle acque.

Durante la fase di realizzazione delle opere verranno messe in atto tutte le precauzioni per ridurre il rischio idraulico a persone e cose. In caso di eventi meteorici significativi:

- verranno allontanati il personale di cantiere e mezzi d'opera;
- verrà evitato ogni ostacolo al libero deflusso delle acque come depositi di qualsiasi materiale;
- saranno evitati scavi e lavorazioni che possano cambiare localmente la morfologia del terreno e l'assetto idraulico dell'area e determinare trasporto solido verso valle.

6. CONCLUSIONI

La presente relazione tecnica descrive le attività e i risultati conseguiti nello studio di compatibilità idrologica e idraulica ai sensi del PAI della Regione Puglia riguardo il "PERMESSO DI COSTRUIRE RESTAURO CON AMPLIAMENTO E RIUSO A STRUTTURA RICETTIVA DEL RUDERE "MASSERIA LE FRATTE"" da realizzare in agro di Statte. Il committente è il Sig. Giuseppe Petronella.

L'area di intervento è prossima a un tratto di "reticolo idrografico" riportato sulla cartografia ufficiale dell' I.G.M. in scala 1:25.000, da cui scaturiscono aree disciplinate dagli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI della Regione Puglia. Per tale motivo è richiesto uno "Studio di compatibilità idrologica ed idraulica" che ne analizzi compiutamente gli effetti delle opere in progetto sul regime idraulico a monte e a valle delle aree interessate e dimostri l'esistenza di adeguate condizioni di sicurezza idraulica, come definite dall'art. 36 delle NTA del PAI Puglia (riferite ad un evento meteorico con Tempo di Ritorno di 200 anni).

Dai risultati ottenuti risulta che l'area di intervento è esterna alle aree allagabili per eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni e quindi, così come definito dall'art. 36 delle N.T.A. del PAI della Regione Puglia, in condizioni di "sicurezza idraulica".

Lo studio idrologico ed idraulico eseguito è composto dai seguenti elaborati:

- A) Relazione tecnica (presente documento);
- B) Tavole grafiche (n. 08 fogli);
- C) Archivio di calcolo (database);
- D) Shape file: bacini idrografici e risultati idraulici (sistema di riferimento WGS84, proiezione UTM, fuso 33N).

Grottaglie, febbraio 2020

Dott. Geol. Jean V.C.A. Stefani



Ing. Armando Rismondo

