

TM.E. S.p.A. Termomeccanica Ecologia 	PARCO EOLICO MOTTOLA (TA)	Documento/ Document	Rev.
		10139MAIR012	01

RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA

Cliente/Customer PAN ANEMOS MAGNA GRECIA S.R.L.	Commessa/Job 10139.01	Emesso da MASTRANGELOLAB
---	------------------------------	--

01	21/11/11	Revisione			
			Di Croce	Mastrangelo	Mastrangelo
00	29/04/11	EMISSIONE			
			Di Croce	Mastrangelo	Mastrangelo
Rev	Data	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato
			Autorizzazione Emissione		

Sommario

1	Premessa.....	3
1.1	Normativa di riferimento	4
2	Area in studio, bacini idrografici e sottobacini	4
3	Studio idrologico	5
3.1	Curve di possibilità pluviometrica	5
3.2	Calcolo delle portate - Metodo razionale.....	6
3.2.1	Tempo di corrivazione	6
3.2.2	Coefficiente di deflusso	7
3.2.3	Portate di verifica – formula razionale	17
3.3	Calcolo delle portate – Runoff Curve Number.....	18
3.3.1	Classi AMC (Antecedent Misture Condition)	22
3.3.2	Determinazione del CN.....	23
3.3.3	Classe AMC.....	29
3.3.4	Portate di verifica – Runoff Curve Number Method.....	29
3.4	Portate di verifica	30
4	Simulazione idraulica.....	32
5	Conclusioni	35
6	Elenco allegati	36

1 Premessa

Con la presente si relaziona sugli esiti dell'analisi idrologica – idraulica condotta dallo scrivente su un'area ricadente nel Comune di Mottola (TA)

L'area in esame è ubicata in località Lemantine – Semeraro – La Giunta ed è interessata da un progetto per la realizzazione di un parco eolico per la produzione di energia elettrica.

La zona è attraversata da diversi canali che lambiscono i terreni su cui insisteranno le opere e pertanto si è reso necessario, su incarico della Committenza, studiare il comportamento dello stesso al fine di valutarne l'effettiva pericolosità idraulica.

L'area ricade all'interno del territorio di competenza dell'Autorità Interregionale di Bacino della Puglia; dunque l'analisi di pericolosità idraulica è stata condotta, nelle condizioni attuali, assumendo a riferimento i criteri del Piano di Bacino stralcio assetto idrogeologico (PAI), predisposto dall'Autorità Interregionale di Bacino della Puglia ed in particolare le prescrizioni delle Norme Tecniche di Attuazione, emanate con Delibera del Comitato Istituzionale n. 39 del 30.11.2005.

Ai fini della conduzione delle verifiche di pericolosità idraulica si è proceduto a stimare le portate di verifica, assunte come le portate al colmo di piena corrispondenti ai tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni, così come indicato nelle citate norme tecniche di attuazione.

La stima di tali portate è stata effettuata utilizzando modelli di trasformazione afflussi – deflussi; gli afflussi sono stati determinati attraverso la ricostruzione delle curve di possibilità pluviometriche.

Per la determinazione delle portate al colmo di piena si è proceduto alla duplice stima delle stesse, utilizzando:

- la formula razionale;
- il Soil Conservation Service Runoff Curve Number (CN) method;

Per la verifica sono state utilizzate i valori medi delle portate desunti dai due modelli sopra citati.

Per l'analisi idraulica si è proceduto a modellare i tratti di interesse sulla scorta di una serie di sezioni trasversali rilevate sul campo direttamente da tecnici incaricati dalla committenza.

1.1 Normativa di riferimento

Nel presente studio sono stati assunti a riferimento:

- Legge 18 maggio 1989 n. 183 – Norme per la difesa del suolo (e successive modifiche e integrazioni)
- Legge Regione Puglia 9 dicembre 2002 – Istituzione Autorità di bacino della Puglia
- Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico e relative Norme tecniche di Attuazione (Approvato con Delibera del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino della Puglia del 30.11.2005) e successive integrazioni.

2 Area in studio, bacini idrografici e sottobacini

I canali in studio ricadono, ad eccezione di quello posto a nord dell’area in studio (Bacino n. 2), nel Bacino della Lama di Lenne.

In allegato viene fornito l’Elaborato 1 – Inquadramento bacini idrografici – sul quale viene rappresentata l’area in studio unitamente al reticolo idrografico ed ai bacini e sottobacini sottesi dalle sezioni di chiusura considerate per la modellazione idraulica.

Ai fini dello studio idraulico sono stati individuati due bacini idrografici distinti fissando le rispettive sezioni di chiusura a valle delle aree interessate dall’intervento in progetto. Di questi bacini, quello a Nord (Bacino Idrografico n. 2), posizionato in prossimità della Strada Statale 100, è indipendente dagli altri in quanto l’asta principale convoglia le portate idriche in direzione nord-est nel Canale Franco. Il secondo (Bacino Idrografico n. 1), più importante per estensione, afferisce alla Lama Lenne e, ai fini del calcolo delle portate dei singoli canali, è stato suddiviso in quattro sottobacini riferiti ad altrettante sezioni di chiusura.

Si riportano, nella tabella seguente i dati morfometrici dei bacini considerati.

BACINO	AREA	Perimetro	L asta p	Hmax bacino	Hmin	H media	Hmax, asta p	Pendenza media asta p.
	km ²	km	km	m s.l.m.	m.s.l.m.	m. s.l.m.	m. s.l.m.	%
1	70,7	38,1	16,95	444,6	257,37	350,99	422,9	0,98%
1-1	1,39	4,97	1,86	270,2	257,41	263,81	266,6	0,49%
1-2	0,61	3,5	1,01	271,4	257,61	264,51	267,3	0,96%
1-3	2,3	8,51	3,91	328,7	260,7	294,7	315,6	1,40%
1-4	64,75	36,32	14,97	444,6	260,7	352,65	422,9	1,08%
2								
2	3,0	7,28	2,10	276,3	251,8	264,05	273,4	1,03%
Caratteri morfometrici bacini idrografici								

3 Studio idrologico

3.1 Curve di possibilità pluviometrica

Per la stima degli afflussi è stata utilizzata la procedura proposta nel Progetto VAPI Puglia, sviluppato dai proff. M. Fiorentino e V.A. Copertino nell'ambito del lavoro Valutazione delle Piene in Italia, a cura del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Secondo la procedura la curva di possibilità pluviometrica può essere espressa:

$$h(T, t) = m(h) \cdot K_T$$

dove $m(h)$ rappresenta la curva di possibilità pluviometrica riferita ai valori medi e K_T rappresenta il fattore di crescita con il periodo di ritorno T .

Come noto il territorio dell'intera Regione Puglia è stato suddiviso in 6 sottozone omogenee; l'area in studio ricade nella sottozona omogenea n. 6 per la quale vale:

$$m(h) = h(t, z) = 33,7 \cdot t^{[(0,488+0,0022 \cdot z)/3,178]}$$

con z altezza media del bacino sulla quota mare.

Sempre dalla regionalizzazione VAPI si dispone dell'espressione per il calcolo del fattore di crescita K_T , che per l'area in studio risulta:

$$K_T = 0,1599 + 0,5166 \cdot \ln(T)$$

Per il calcolo della curva si fa riferimento al Bacino n. 1 per cui z vale 422,90 m.s.l.m.

Si ricava:

$m(h) = h(t) = 33,7 \cdot t^{0,446}$		
T	K_T	Curve di possibilità pluviometrica
30 anni	1.92	$h(t) = 64,70 \cdot t^{0,446}$
200 anni	2.90	$h(t) = 97,73 \cdot t^{0,446}$
500 anni	3.37	$h(t) = 113,57 \cdot t^{0,446}$
Curve di possibilità pluviometrica		

3.2 Calcolo delle portate - Metodo razionale

Il metodo ipotizza che per ciascun tempo di ritorno considerato, il max della portata al colmo dell'onda di piena (Q_{CRIT}) sia provocata da piogge di intensità (i_{CRIT}) aventi durata (d) corrispondenti al tempo di corrivazione (t_c) del bacino idrografico. Il processo di trasformazione dell'afflusso in deflusso è retto dalla relazione:

$$Q = \varphi \cdot i(tc) \cdot A$$

essendo φ : coefficiente di deflusso

$i(tc)$: intensità di pioggia di durata tc

A : Area del bacino idrografico.

Il livello di accuratezza delle portate è quindi funzione della precisione con cui vengono stimate le grandezze che compaiono nella relazione citata; i passaggi eseguiti per la loro stima sono descritti di seguito.

3.2.1 Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione del bacino è stato stimato attraverso le seguenti formule empiriche:

Viparelli:	$t_c = \frac{L}{3.6 \cdot V_m}$
Pasini:	$t_c = \frac{0.108}{\sqrt{i_m}} \cdot (A \cdot L)^{1/3}$
Ventura:	$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_m}}$
Pezzoli:	$t_c = 0.055 \frac{L}{i_m}$

- A = Area del bacino (km ²)
- L = Lunghezza dell'asta principale del bacino (km)
- V_m = Velocità media di scorrimento (m/s) (normalmente si pone 1 ÷ 1.5 m/s)
- i_m = pendenza media dell'asta principale

Con i dati relativi ai bacini in studio:

BACINO	A	L	im	Tempo di Corrivazione (tc)				
				Viparelli	Pasini	Ventura	Pezzoli	tc medio
	km ²	km	m / m	ore	ore	ore	ore	ore
1	70,70	16,95	0,98%	4,71	11,61	10,82	9,43	9,14
1-1	1,39	1,86	0,49%	0,52	2,11	2,13	1,46	1,55
1-2	0,61	1,01	0,96%	0,28	0,94	1,01	0,57	0,70
1-3	2,30	3,91	1,40%	1,09	1,90	1,63	1,81	1,61
1-4	64,75	14,97	1,08%	4,16	10,27	9,83	7,91	8,04
Tempi di corrivazione								
2	3,00	2,10	1,03%	0,58	1,97	2,17	1,14	1,47

Per il calcolo delle portate si è fatto riferimento al valore medio dei tempi di corrivazione.

3.2.2 Coefficiente di deflusso

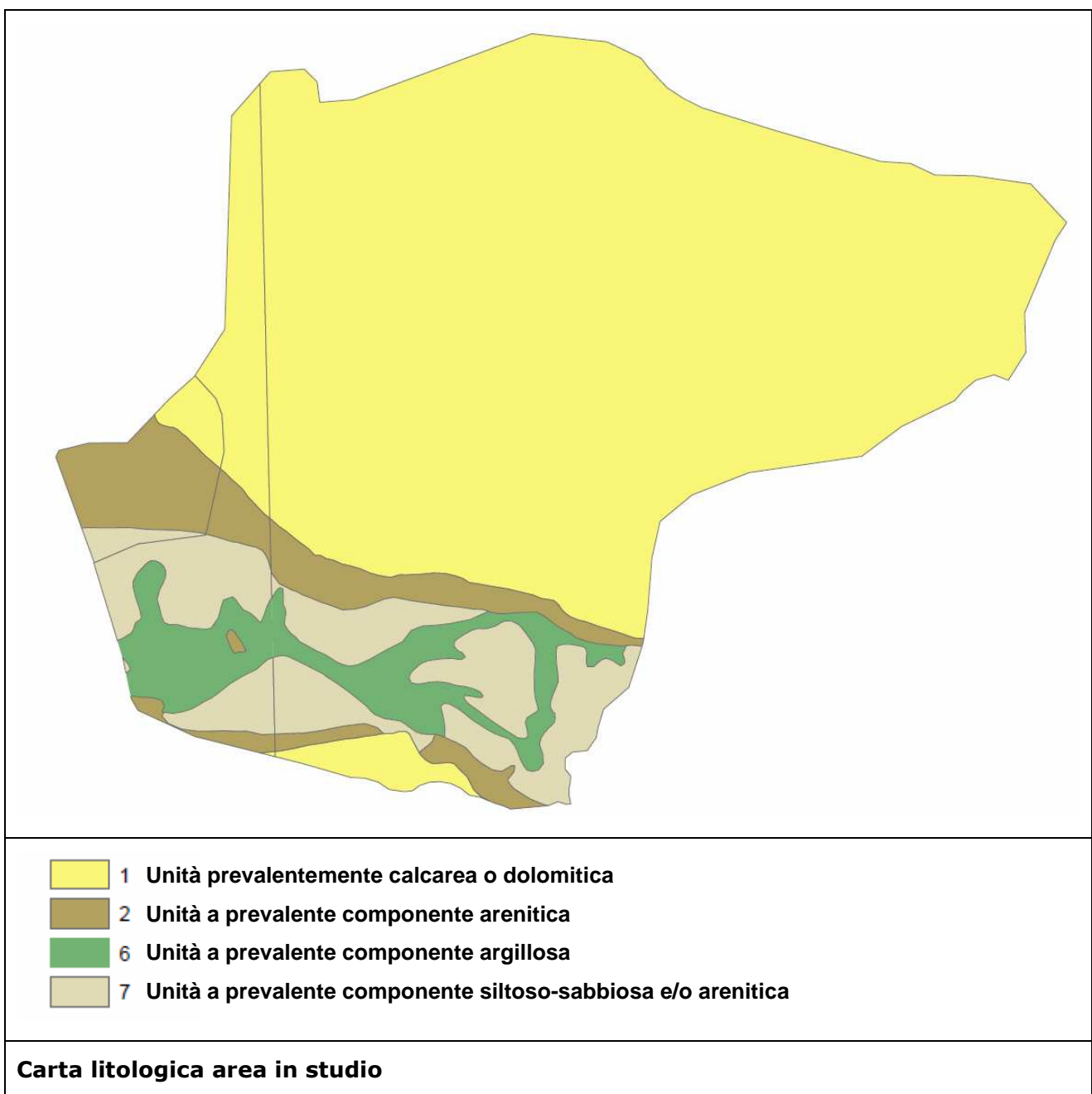
La stima del coefficiente di deflusso è stata eseguita utilizzando la tabella seguente (rif. V. Ferro – La sistemazione dei bacini idrografici - 2006):

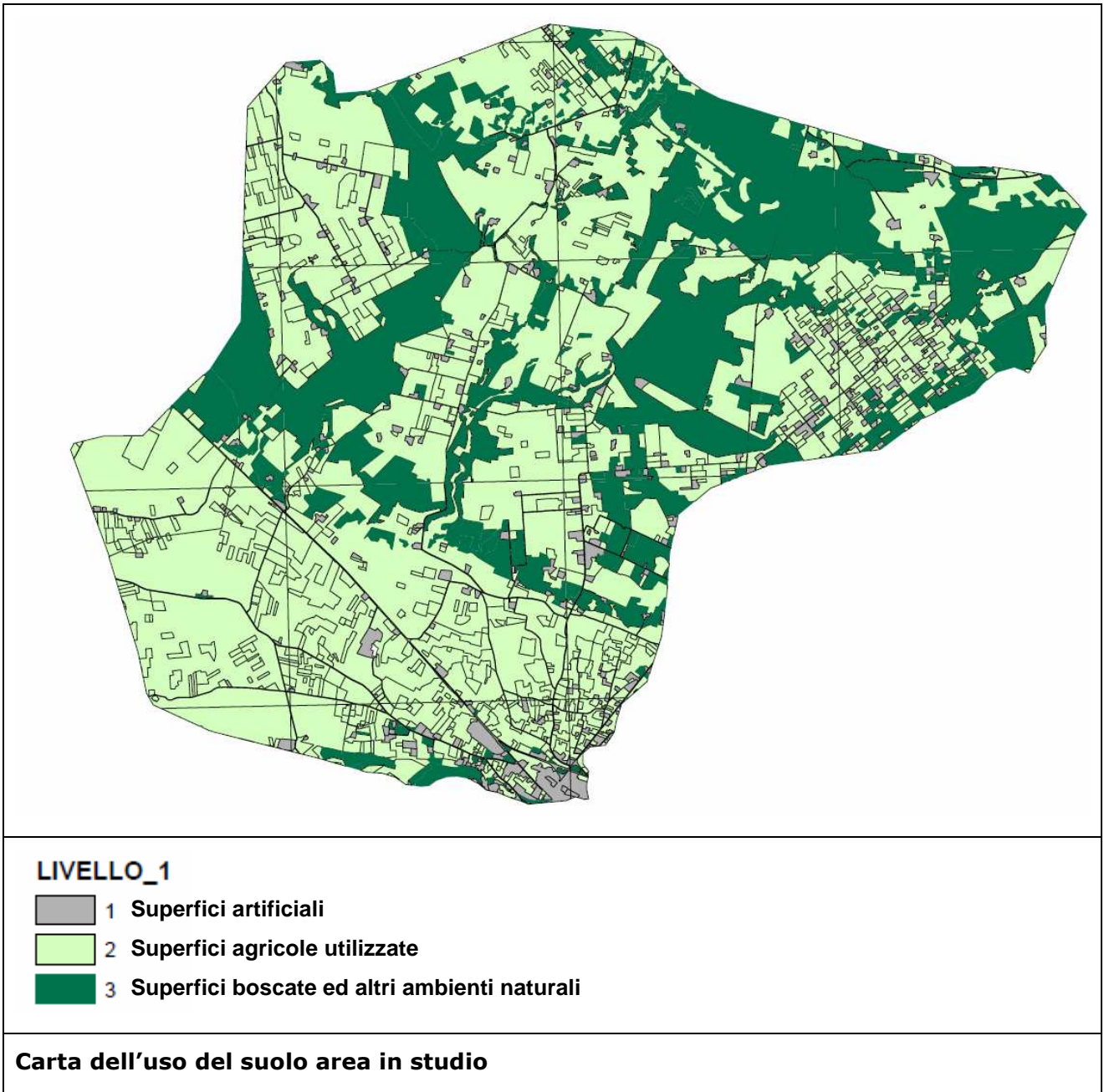
Tipo di suolo	Copertura del Bacino		
	Coltivazioni	Pascoli	Boschi
Molto permeabile (sabbioso o ghiaioso)	0.20	0.15	0.10
Mediamente permeabile (Terreni di medio impasto, Terreni senza strati di argilla)	0.40	0.35	0.30
Poco Permeabili (Suoli argillosi, con strati di argilla in prossimità della superficie, suoli poco profondi su substrato roccioso impermeabile)	0.50	0.45	0.40
Coefficienti di deflusso in funzione della tipologia del suolo e della copertura			

Per ciascun bacino, il coefficiente di deflusso è stato determinato attribuendo i valori sopra descritti alle diverse aree omogenee per componente litologica e di uso del suolo. Tali informazioni di dettaglio (Litologia e Uso del Suolo) sono state ricavate sottoponendo ad elaborazione GIS (sostanzialmente determinazioni di aree) le informazioni contenute nella Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia.

Si riporta la Carta Litologica e quella relativa all'Uso del suolo utilizzata per le elaborazioni dette.

Per la carta dell'Uso del suolo ci si è riferiti alla elaborazione del primo livello di classificazione ovvero la suddivisione in aree ad uso artificiale, agricole utilizzate e boscate.

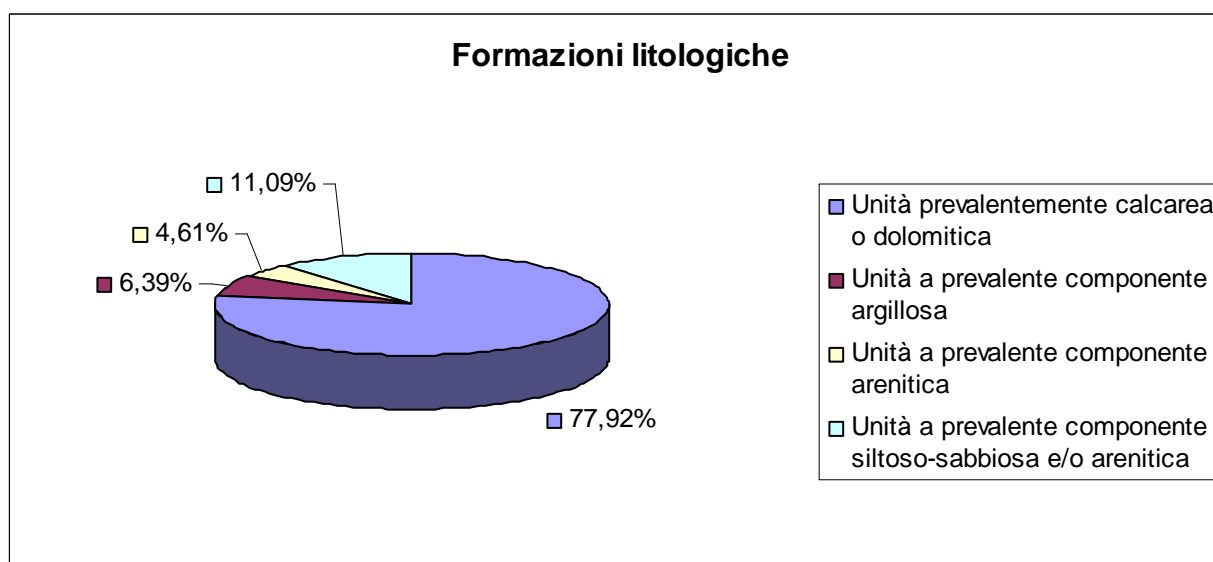




Bacino n. 1 (bacino principale)

Dalla elaborazione della carta litologica si sono ricavate le diverse frazioni litologiche presenti nel bacino in esame.

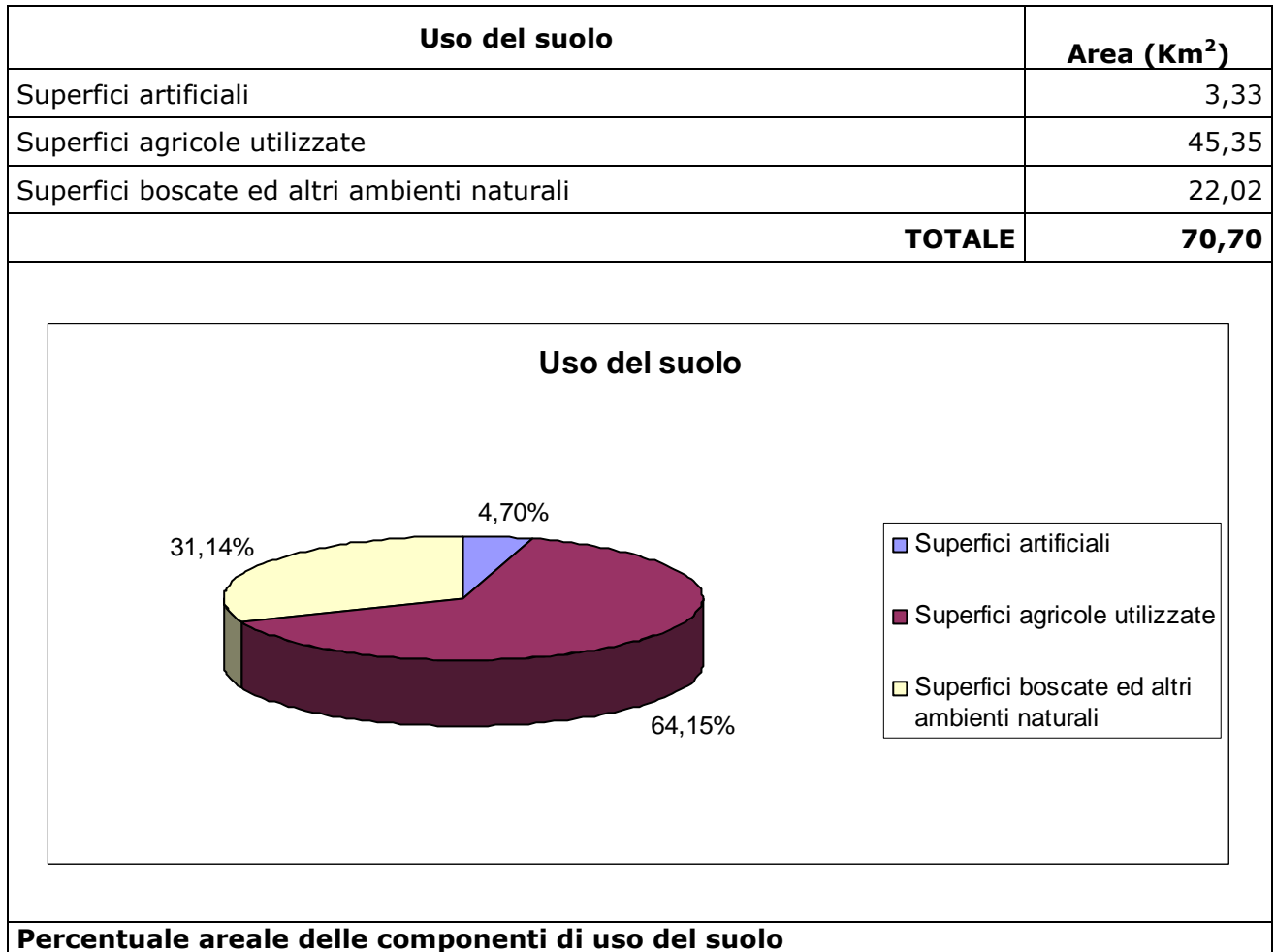
Unità litologica	Area (Km²)
Unità prevalentemente calcarea o dolomitica	55,09
Unità a prevalente componente argillosa	4,52
Unità a prevalente componente arenitica	3,26
Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica	7,84
TOTALE	70,70



Percentuale areale delle componenti litologiche

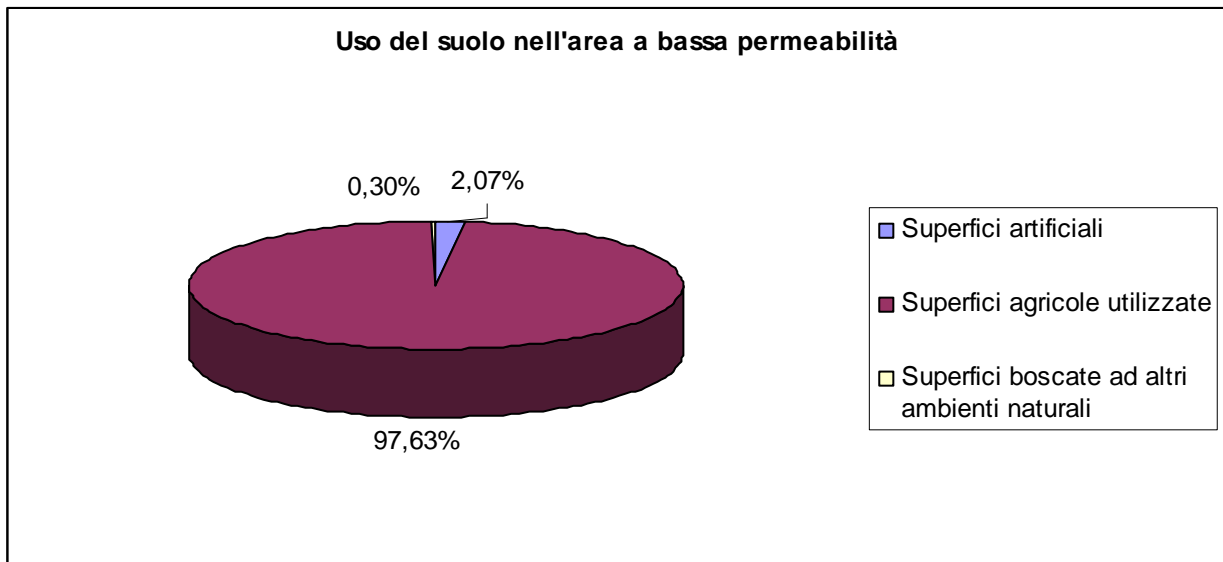
Dalla carta litologica e dal grafico si evince chiaramente come la percentuale areale a bassa permeabilità (Unità a prevalente componente argillosa) si aggira intorno al 6,40% mentre la restante parte è costituita da strati litologici ad alta permeabilità.

Dalla elaborazione della carta relativa all'uso del suolo si sono ricavate le percentuali areali adibite ai diversi usi.



Dalla medesima carta è stata ricavata la distribuzione degli usi del suolo all'interno dell'area caratterizzata da litologia a prevalente componente argillosa.

Uso del suolo	Area (Km²)
Superfici artificiali	0,09
Superfici agricole utilizzate	4,41
Superfici boscate ed altri ambienti naturali	0,01
TOTALE	4,52



Percentuale areale delle componenti di uso del suolo all'interno dell'area a bassa permeabilità

Determinazione coefficiente di deflusso

Le informazioni sopra indicate consentono di determinare il coefficiente di deflusso del bacino nel modo seguente:

Bacino	Classificazione in base alla permeabilità	Classificazione in base all'Uso del Suolo	Coefficiente di deflusso (tab. 3)
Bacino n. 1 Area (km²) 70,70	Area ad alta permeabilità (km²) 66,18	Sup.artificiali (km ²) 3,24	1,00
		Sup. agricole utilizzate (km ²) 40,94	0,20
		Sup. boscate (km ²) 22,01	0,10
	Area a bassa permeabilità (km²) 4,52	Sup.artificiali (km ²) 0,09	1,00
		Sup. agricole utilizzate (km ²) 4,41	0,50
		Sup. boscate (km ²) 0,01	0,40
Coefficiente di deflusso ponderato			0,225

Il coefficiente di deflusso relativo all'intero bacino è stato desunto come media ponderata, assumendo quali pesi i valori delle aree stesse.

$$C = 0,225$$

In maniera del tutto analoga si è proceduto per gli altri bacini; si riportano i risultati:

Bacino	Classificazione in base alla permeabilità	Classificazione in base all'Uso del Suolo	Coefficiente di deflusso (tab. 3)
Bacino n. 1.1	Area ad alta permeabilità (km ²)	Sup.artificiali (km ²) 0,0085	1,0
Area (km²)	0,74	Sup. agricole utilizzate (km ²) 0,7315	0,2
		Sup. boscate (km ²) 0,0000	0,1
1,39		Area a bassa permeabilità (km ²)	Sup.artificiali (km ²) 0,0015
	0,65	Sup. agricole utilizzate (km ²) 0,6485	0,5
		Sup. boscate (km ²) 0,000	0,4
Coefficiente di deflusso ponderato			0,346

Bacino	Classificazione in base alla permeabilità	Classificazione in base all'Uso del Suolo	Coefficiente di deflusso (tab. 3)
Bacino n. 1.2	Area ad alta permeabilità (km ²)	Sup.artificiali (km ²) 0,008	1,0
Area (km²)	0,56	Sup. agricole utilizzate (km ²) 0,598	0,2
		Sup. boscate (km ²) 0,0080	0,1
0,61		Area a bassa permeabilità (km ²)	Sup.artificiali (km ²) 0,00
	0,05	Sup. agricole utilizzate (km ²) 0,05	0,5
		Sup. boscate (km ²) 0,00	0,4
Coefficiente di deflusso ponderato			0,231

Bacino	Classificazione in base alla permeabilità	Classificazione in base all'Uso del Suolo	Coefficiente di deflusso (tab. 3)
Bacino n. 1.3	Area ad alta permeabilità (km ²)	Sup.artificiali (km ²) 0,0610	1,0
Area (km²)	2,267	Sup. agricole utilizzate (km ²) 1,1900	0,2
		Sup. boscate (km ²) 1,0180	0,1
2,30	Area a bassa permeabilità (km ²) 0,035	Sup.artificiali (km ²) 0,0015	1,0
		Sup. agricole utilizzate (km ²) 0,0335	0,5
		Sup. boscate (km ²) 0,0000	0,4
Coefficiente di deflusso ponderato			0,182

Bacino	Classificazione in base alla permeabilità	Classificazione in base all'Uso del Suolo	Coefficiente di deflusso (tab. 3)
Bacino 1-4	Area ad alta permeabilità (km ²)	Sup.artificiali (km ²) 3,133	1,0
Area (km²)	61,753	Sup. agricole utilizzate (km ²) 37,849	0,2
		Sup. boscate (km ²) 20,980	0,1
64,75	Area a bassa permeabilità (km ²) 2,995	Sup.artificiali (km ²) 0,078	1,0
		Sup. agricole utilizzate (km ²) 2,897	0,5
		Sup. boscate (km ²) 0,010	0,4
Coefficiente di deflusso ponderato			0,221

Bacino	Classificazione in base alla permeabilità	Classificazione in base all'Uso del Suolo	Coefficiente di deflusso (tab. 3)
Bacino n. 2	Area ad alta permeabilità (km ²)	Sup.artificiali (km ²)	1,0
Area (km²)	3,00	0,068	
		Sup. agricole utilizzate (km ²)	0,2
3,00	Area a bassa permeabilità (km ²)	2,505	
		Sup. boscate (km ²)	0,1
		0,427	
		Sup.artificiali (km ²)	1,0
		0,000	
		Sup. agricole utilizzate (km ²)	0,5
		0,000	
		Sup. boscate (km ²)	0,4
		0,000	
Coefficiente di deflusso ponderato			0,204

3.2.3 Portate di verifica – formula razionale

L'applicazione della formula razionale con i coefficienti di deflusso determinati nel paragrafo precedente conduce alla determinazione delle seguenti portate al colmo di piena:

id. Bacino	Area	ϕ	t_c	T	$h_{tc,T}$	$i_{tc,T}$	Q_T
-	km ²	-	ore	anni	mm	mm/ora	m ³ /s
1	70,70	0,225	9,14	30	263,7	28,86	127,51
				200	398,4	43,59	192,60
				500	463,0	50,65	223,82
1-1	1,39	0,346	1,55	30	44,7	28,86	3,86
				200	67,6	43,59	5,82
				500	78,5	50,65	6,77
1-2	0,61	0,231	0,7	30	20,2	28,86	1,13
				200	30,5	43,59	1,71
				500	35,5	50,65	1,98
1-3	2,30	0,182	1,61	30	46,5	28,86	3,36
				200	70,2	43,59	5,07
				500	81,6	50,65	5,89
1-4	64,75	0,221	8,04	30	232,0	28,86	114,70
				200	350,4	43,59	173,26
				500	407,2	50,65	201,34
2	3,00	0,204	1,27	30	42,4	28,86	4,91
				200	64,10	43,59	7,41
				500	74,50	50,65	8,61

3.3 Calcolo delle portate – Runoff Curve Number

Secondo il metodo, la stima del deflusso superficiale è effettuata come differenza fra volumi di precipitazione e perdite; in queste ultime si inglobano oltre alle perdite per infiltrazione anche quelle per intercettazione da parte delle piante, per accumulo sulle depressioni superficiali e per l'imbibimento iniziale del terreno.

I parametri di tale modello sono stati calibrati sulla scorta di prove di laboratorio e di misure di campo su un gran numero di bacini di diverse dimensioni negli Stati Uniti in relazione con i diversi tipi pedologici e di uso del suolo di ciascun bacino.

Il volume di deflusso V (netto) si esprime come:

$$V = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{(P + 0,8 \cdot S)}$$

in cui:

P : *Volume di precipitazione lorda*

$S = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$: *Massimo volume di saturazione del terreno*

CN è legato a:

- *tipologia litologica del suolo*
- *uso del suolo*
- *grado di umidità del suolo prima dell'evento meteorico esaminato*
- *stagione vegetativa.*

Il metodo CN consente la ricostruzione dell'idrogramma di piena in corrispondenza di un dato evento di pioggia o, più semplicemente, consente la determinazione del valore di portata al colmo di piena, attraverso la relazione:

$$Q = 0,208 \cdot \frac{V \cdot A}{ta}$$

I fattori indicati rappresentano:

V: Volume di deflusso netto in mm (espressione precedente)

A: Area del bacino in km²,

ta: durata della fase crescente dell'idrogramma di piena in ore.

Per la valutazione di ta si utilizza la relazione sperimentale:

$$ta = \frac{t_L}{0,9}$$

Nella t_L è il tempo di ritardo del bacino che può essere determinato in base alla relazione di Mockus:

$$t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

L = lunghezza dell'asta principale in km

s = è la pendenza del bacino espressa in %

La pioggia critica P, ovvero la pioggia che massimizza la portata al colmo di piena in corrispondenza di un assegnato periodo di ritorno T, si determina come la pioggia avente durata pari al tempo di corrivazione del bacino, utilizzando le curve di possibilità pluviometrica; anche per tale durata, il metodo propone una relazione sperimentale:

$$\frac{t_L}{tc} = 0,6$$

Il metodo propone quattro gruppi idrologici di suolo (fonte: V. Ferro – La sistemazione dei bacini idrografici – 2006):

TIPO IDROLOGICO DI SUOLO	DESCRIZIONE
A	<u>Bassa capacità di formazione del deflusso.</u> Suoli con elevata infiltrabilità anche in condizioni di completa saturazione. Si tratta di sabbie o ghiaie profonde molto ben drenate. La conducibilità idrica alla saturazione è elevata
B	<u>Suoli con modesta infiltrabilità se saturi</u> Discretamente drenati e profondi, sono caratterizzati da una tessitura medio-grossa e da una conducibilità idrica non molto elevata
C	<u>Suoli con bassa infiltrabilità se saturi</u> Sono per lo più suoli con uno strato che impedisce il movimento dell'acqua verso il basso (a drenaggio impedito) oppure suoli con tessitura medio-fine a bassa infiltrabilità. La conducibilità idrica è bassa
D	<u>Suoli ad elevata capacità di formazione del deflusso</u> Appartengono a questo gruppo i suoli ricchi di argilla con capacità rigonfianti, i suoli con uno strato di argilla presso la superficie, i suoli poco profondi su substrati impermeabili. La conducibilità idrica è estremamente bassa.
Classificazione dei suoli in base alle potenzialità di formazione del deflusso superficiale	

In base all'uso del suolo, il metodo è proposta la seguente classificazione (fonte: V. Ferro – La sistemazione dei bacini idrografici – 2006):

Destinazione	Sistemazione	Condizione idrica	CLASSE DI SUOLO			
			A	B	C	D
Incolto			77	86	91	94
Coltivazioni in filari	Rittochino	Povera	72	81	88	91
		Buona	67	78	85	89
	Girapoggio	Povera	70	79	84	88
		Buona	65	75	82	86
	Terrazzato	Povera	66	74	80	82
		Buona	62	71	78	81
Cereali da granella	Rittochino	Povera	65	76	84	88
		Buona	63	75	83	87
	Girapoggio	Povera	63	74	82	85
		Buona	61	73	81	84
	Terrazzato	Povera	61	72	79	82
		Buona	58	70	78	81
Prati di leguminose o a rotazione	Rittochino	Povera	66	77	85	89
		Buona	58	72	81	85
	Girapoggio	Povera	64	75	83	85
		Buona	55	69	78	83
	Terrazzato	Povera	63	73	80	83
		Buona	51	67	76	80
Prato permanente		Buona	30	58	71	78
Boschi		Povera	45	66	77	83
		Discreta	36	60	73	79
		Buona	25	55	70	77
Strade sterrate			74	84	90	92
Superfici impermeabili e superfici d'acqua			100	100	100	100

3.3.1 Classi AMC (Antecedent Moisture Condition)

I valori riportati nella tabella precedente sono riferiti a condizioni medie delle condizioni di umidità del suolo antecedenti all'inizio dell'evento considerato.

Per tener conto dello stato iniziale di umidità del suolo, sono state individuate tre classi caratterizzate da differenti condizioni iniziali di umidità (AMC) a seconda del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei *5 giorni precedenti* l'evento meteorico e della stagione vegetativa:

Periodo vegetativo	Riposo vegetativo	Classe AMC
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento < 35 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento < 13 mm	Classe I (Secca)
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento 35 mm ÷ 53 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento 13 mm ÷ 28 mm	Classe II (Media)
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento > 53 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento > 28 mm	Classe III (Umida)
Classi di AMC (fonte: V. Ferro – La sistemazione dei bacini idrografici – 2006)		

Nel caso si ricada nella classe AMC I – secca o AMC III – umida, i valori ricavati dalla tabella relativa alla classificazione in base all'uso del suolo devono essere corretti attraverso le seguenti relazioni:

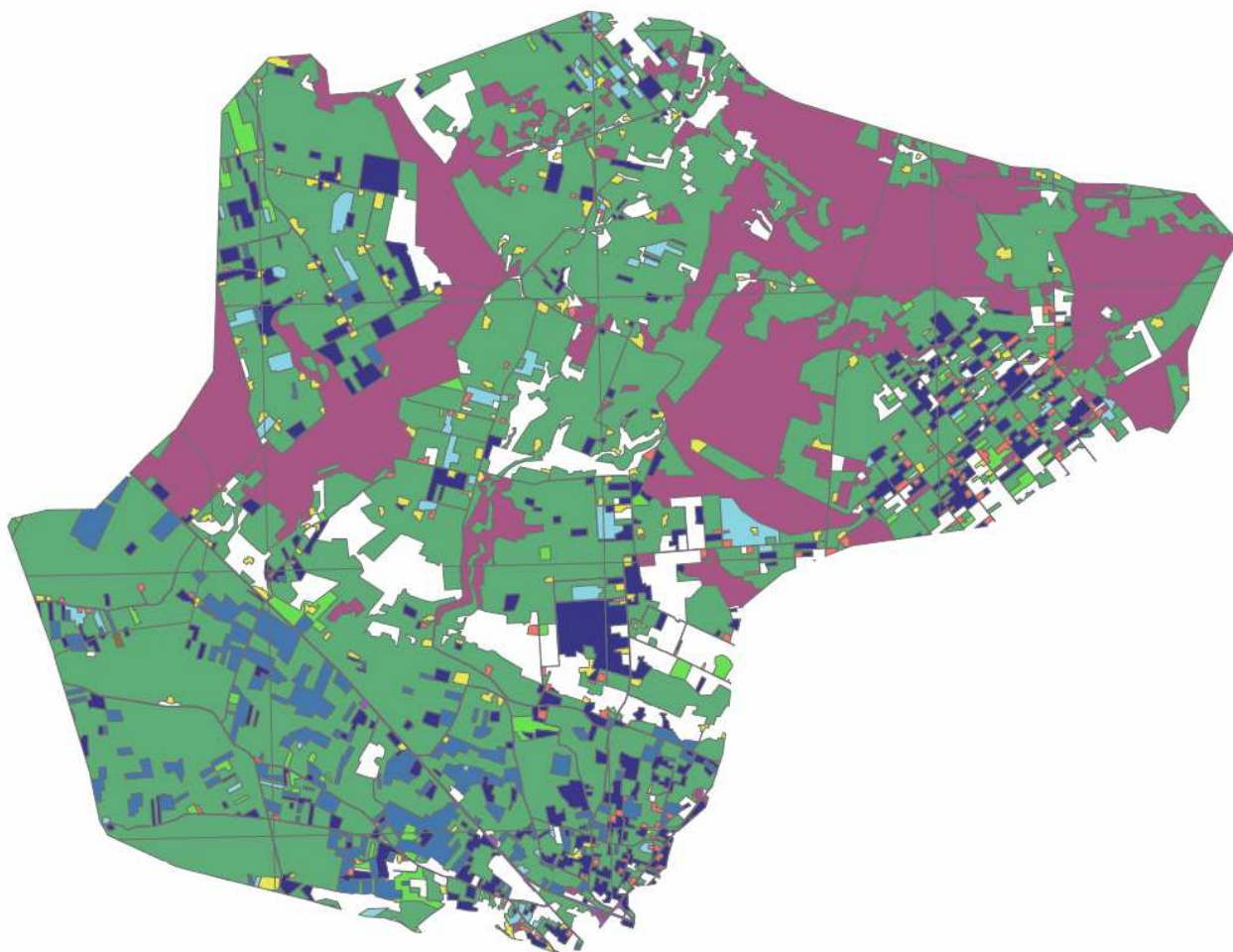
$$FI = 0,3 + 0,00636 \text{ CN}$$

$$FIII = 3,4212 - 1,1999 \log \text{CN}$$











3.3.2 Determinazione del CN

In maniera analoga a quanto visto per la determinazione del coefficiente di deflusso, di cui ai paragrafi precedenti, per ciascun bacino il pertinente valore del CN (II) è stato determinato attribuendo i valori sopra descritti alle diverse aree omogenee per componente litologica e di uso del suolo.

Con riferimento alle caratterizzazione della destinazione specifica delle superfici coltivate, dalla carta delle destinazioni agricole uso del suolo (figura seguente) si osserva che la stragrande maggioranza delle superfici coltivate stesse sono adibite a seminativi semplici in aree non irrigue; seguono in misura di gran lunga inferiore vigneti ed uliveti.



Legenda

-  boschi di latifoglie
-  colture temporanee associate a colture permanenti
-  frutteti e frutti minori
-  insediamenti produttivi agricoli
-  reti stradali e spazi accessori
-  seminativi semplici in aree non irrigue
-  sistemi colturali e particellari complessi
-  tessuto residenziale sparso
-  uliveti
-  vigneti

Carta dell'uso del suolo area in studio – destinazioni agricole

Per tutte le superfici coltivate sono stati scelti i seguenti valori di CN (II):

	CLASSE DI SUOLO			
	A	B	C	D
Superfici coltivate	66	77	85	89
Valori del CN (II) – Curve Number in condizioni medie di umidità				

Tali valori rappresentano i massimi disponibili nelle classi di destinazione delle coltivazioni, ad eccezione di quelle in filari che, come detto, sono presenti in modesta misura all'interno dell'area in studio.

Tale scelta è dunque da considerarsi sufficientemente cautelativa in rapporto alla stima della portata al colmo di piena corrispondente ai prefissati tempi di ritorno.

Bacino	Classificazione in base al gruppo idrologico	Classificazione in base all'Uso del Suolo	Parametro CN (II)
Bacino n. 1 Area (km²) 70,70	Area ad alta permeabilità (km ²) 66,18 Gruppo A	Sup.artificiali (km ²) 3,24	100
		Sup. coltivate (km ²) 40,94	66
		Sup. boscate (km ²) 22,01	45
	Area a bassa permeabilità (km ²) 4,52 Gruppo D	Sup.artificiali (km ²) 0,09	100
		Sup. coltivate (km ²) 4,41	89
		Sup. boscate (km ²) 0,01	83
CN(II) Ponderato			63

Bacino	Classificazione in base alla permeabilità	Classificazione in base all'Uso del Suolo	Parametro CN (II)
Bacino n. 1.1 Area (km²) 1,39	Area ad alta permeabilità (km ²) 0,74 Gruppo A	Sup.artificiali (km ²) 0,0085	100
		Sup. coltivate (km ²) 0,7315	66
		Sup. boscate (km ²) 0,0000	45
	Area a bassa permeabilità (km ²) 0,65 Gruppo D	Sup.artificiali (km ²) 0,0015	100
		Sup. coltivate (km ²) 0,6485	89
		Sup. boscate (km ²) 0,000	83
CN(II) Ponderato			77

Bacino	Classificazione in base alla permeabilità	Classificazione in base all'Uso del Suolo	Parametro CN (II)
Bacino n. 1.2	Area ad alta permeabilità (km ²)	Sup.artificiali (km ²) 0,008	100
Area (km²)	0,56 Gruppo A	Sup. coltivate (km ²) 0,598	66
		Sup. boscate (km ²) 0,0080	45
0,61	Area a bassa permeabilità (km ²) 0,05 Gruppo D	Sup.artificiali (km ²) 0,00	100
		Sup. coltivate (km ²) 0,05	89
		Sup. boscate (km ²) 0,00	83
CN(II) Ponderato			68

Bacino	Classificazione in base alla permeabilità	Classificazione in base all'Uso del Suolo	Parametro CN (II)
Bacino n. 1.3	Area ad alta permeabilità (km ²)	Sup.artificiali (km ²) 0,0610	100
Area (km²)	2,267 Gruppo A	Sup. coltivate (km ²) 1,1900	66
		Sup. boscate (km ²) 1,0180	45
2,30	Area a bassa permeabilità (km ²) 0,035 Gruppo D	Sup.artificiali (km ²) 0,0015	100
		Sup. coltivate (km ²) 0,0335	89
		Sup. boscate (km ²) 0,0000	83
CN(II) Ponderato			58

Bacino	Classificazione in base alla permeabilità	Classificazione in base all'Uso del Suolo	Parametro CN (II)
Bacino 1-4	Area ad alta permeabilità (km ²)	Sup.artificiali (km ²) 3,133	100
Area (km²)	61,753 Gruppo A	Sup. coltivate (km ²) 37,849	66
		Sup. boscate (km ²) 20,980	45
		64,75	Area a bassa permeabilità (km ²)
	2,995 Gruppo d	Sup. coltivate (km ²) 2,897	89
		Sup. boscate (km ²) 0,010	83
CN(II) Ponderato			62

Bacino	Classificazione in base alla permeabilità	Classificazione in base all'Uso del Suolo	Parametro CN (II)
Bacino n. 2	Area ad alta permeabilità (km ²)	Sup.artificiali (km ²) 0,068	100
Area (km²)	3,00 Gruppo A	Sup. coltivate (km ²) 2,505	66
		Sup. boscate (km ²) 0,427	45
		3,00	Area a bassa permeabilità (km ²)
	0,00 Gruppo D	Sup. coltivate (km ²) 0,000	89
		Sup. boscate (km ²) 0,000	83
CN(II) Ponderato			64

3.3.3 Classe AMC

Ai fini del calcolo delle portate di verifica si assumono a riferimento condizioni medie di umidità del suolo; pertanto, per ciascun bacino considerato, il parametro CN corrisponde al CN (II) determinato nel paragrafo precedente.

3.3.4 Portate di verifica – Runoff Curve Number Method

L'applicazione delle formule sopra descritte conduce alla determinazione delle seguenti portate:

id. Bacino	Area km ²	CN –	S mm	L km	s %	t _L ore	ta ore	tc ore	T anni	P= h _{tc,T} mm	V mm	Q m ³ /s
1	70,70	63	149,17	16,95	0,98	12,82	14,24	21,36	30	265,21	144,07	148,78
									200	382,85	248,15	256,27
									500	444,90	305,33	315,32
1-1	1,39	77	75,87	1,86	0,49	2,11	2,35	3,52	30	118,71	59,75	7,36
									200	171,36	105,12	12,94
									500	199,14	130,25	16,04
1-2	0,61	68	119,53	1,01	0,96	1,19	1,32	1,98	30	91,90	24,66	2,36
									200	132,67	51,82	4,97
									500	154,17	67,93	6,52
1-3	2,30	58	183,93	3,91	1,40	3,77	4,18	6,28	30	153,60	45,37	5,19
									200	221,73	92,73	10,60
									500	257,67	120,52	13,78
1-4	64,75	62	155,68	36,32	1,08	23,04	25,60	38,41	30	344,53	209,39	110,14
									200	497,36	349,52	183,85
									500	577,97	425,66	223,90
2	3,00	64	142,88	2,10	1,03	2,29	2,55	3,82	30	123,08	37,62	9,22
									200	177,68	76,14	18,66
									500	206,47	98,66	24,17

3.4 Portate di verifica

Per la verifica idraulica e la determinazione delle aree soggette a rischio idraulico sono stati utilizzati i valori di portata medi tra quelli determinati con la formula razionale e con il Runoff curve number method.

id. Bacino	T	Q _T (Formula Razionale)	Q _T (Runoff CN method)	Q _T (MEDIA)
-	anni	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1	30	127,51	148,78	138,15
	200	192,60	256,27	224,44
	500	223,82	315,32	269,57
1-1	30	3,86	7,36	5,61
	200	5,82	12,94	9,38
	500	6,77	16,04	11,41
1-2	30	1,13	2,36	1,75
	200	1,71	4,97	3,34
	500	1,98	6,52	4,25
1-3	30	3,36	5,19	4,28
	200	5,07	10,60	7,84
	500	5,89	13,78	9,84
1-4	30	114,70	110,14	112,42
	200	173,26	183,85	178,56
	500	201,34	223,90	212,62
2	30	4,91	9,22	7,07
	200	7,41	18,66	13,04
	500	8,61	24,17	16,39

La conformazione estremamente pianeggiante del bacino n. 2 rende di fatto impossibile l'individuazione dei limiti dei due sottobacini afferenti (bacino 2.1 e bacino 2.2)

Pertanto, ai fini delle verifiche idrauliche e considerata la scarsa importanza areale dei due sottobacini afferenti, la portate nei due canali tributari sono stati attribuite proporzionalmente alle loro lunghezze:

T = 30 ANNI					
TOTALI		SOTTOBACINO 2.1		SOTTOBACINO 2.2	
Lasta pr(m)	Q30 (m ³ /s)	L (m)	Q30 (m ³ /s)	L (m)	Q30 (m ³ /s)
2100	7,07	600,00	2,02	343,00	1,15

T = 200 ANNI					
BACINO N. 2		SOTTOBACINO 2.1		SOTTOBACINO 2.2	
Lasta pr(m)	Q30 (m ³ /s)	L (m)	Q200 (m ³ /s)	L (m)	Q200 (m ³ /s)
2100	13,03	600,00	3,72	343,00	2,13

T = 500 ANNI					
BACINO N. 2		SOTTOBACINO 2.1		SOTTOBACINO 2.2	
Lasta pr(m)	Q30 (m ³ /s)	L (m)	Q500 (m ³ /s)	L (m)	Q500 (m ³ /s)
2100	16,39	600,00	4,68	343,00	2,68

4 Simulazione idraulica

Ai fini della esecuzione delle verifiche idrauliche la modellazione dei tratti dei canali in interesse è stata eseguita utilizzando le sezioni rilevate da tecnici incaricati direttamente dalla committenza. L'ubicazione delle sezioni utilizzate sono riportate nell'Elaborato 2 – Reticolo idrografico e ubicazione sezioni di verifica.

Le sezioni utilizzate per la modellazione sono riportate nell'Elaborato 3 – Sezioni di verifica.

Nel corso di un sopralluogo è stata posta particolare attenzione agli attraversamenti riscontrati; gli stessi sono stati oggetto di rilevazione ed inseriti nel modello idraulico.

Si riportano alcune foto relative agli attraversamenti rinvenuti lungo il corso del canali.



Attraversamento n. 1 – (nel modello idraulico sezione S9-P4)



Attraversamento n. 2 – (nel modello idraulico sezione S9-P4)



Attraversamento n. 3 – (nel modello idraulico sezione S1-P4)



Attraversamento n. 4 – (nel modello idraulico sezione S3-P7)

Il comportamento idraulico in corrispondenza degli eventi di piena è stata eseguita in condizioni di moto permanente, utilizzando il software HEC-RAS, prodotto e messo a disposizione dal Hydrologic Engineering Center - USA.

Il software è in grado di eseguire la simulazione del moto idraulico che si ha in corrispondenza di portate di valore assegnato, ricostruendone il profilo di corrente in condizioni di moto permanente. Le quote del profilo ricostruito consentono l'individuazione delle aree soggette a inondazione per gli assegnati periodi di ritorno T.

Quali condizioni al contorno, essendo le pendenze dei tratti terminali dei canali piuttosto modeste, è presumibile attendersi condizioni di moto uniforme in corrente lenta; pertanto è apparso ragionevole assumere nelle sezione di valle condizioni di moto uniforme.

In appendice è riportata la restituzione grafica e tabellare delle elaborazioni eseguite per ciascun tempo di ritorno considerato (30, 200 e 500 anni) e quindi per ciascuna portata considerata.

Le aree inondabili per $T = 30$ anni, $T = 200$ anni e $T = 500$ anni sono state delimitate sulla carta tecnica al 5.000 (Elaborato 4 – Aree a rischio inondazione) riportando sulla stessa, per ciascuna sezione, il massimo tirante idrico; tra due sezioni contigue i limiti dell'area soggetta a inondazione è stata ricostruita con l'ausilio delle curve di livello e dei punti battuti presenti sulla carta medesima.

5 Conclusioni

I risultati dello studio eseguito (cfr. Elaborato n. 4 – Aree a rischio inondazione) mostrano che le opere in progetto non ricadono nelle aree a rischio inondazione né può ritenersi che le stesse opere interferiscano in qualche modo con il comportamento idraulico dei canali costituenti il reticolo idrografico.

Tuttavia si ritiene utile segnalare la necessità di provvedere periodicamente alla manutenzione dei canale in oggetto rimuovendo la vegetazione in eccesso che potrebbe interferire con il normale deflusso delle acque.

6 Elenco allegati

Appendice 1 – Risultati simulazione idraulica

Elaborato 1 – Inquadramento Bacini idrografici

Elaborato 2 – Reticolo idrografico e ubicazione sezioni di verifica

Elaborato 3 – Sezioni di verifica

Elaborato 4 – Aree a rischio inondazione