

**Impianto a ciclo combinato di
LA CASELLA**

Verifica della rete idrica secondaria



INGEGNERIA CIVILE E IDRAULICA - Milano

Viale Edison, 18 20099 Sesto S. Giovanni (Mi)

<i>Gennaio 2005</i> <i>Data di emissione</i>	<i>00</i> <i>Revisione numero</i>	<i>-</i> <i>Allegato numero</i>	<i>La Casella -Rapporto</i> <i>Nome file</i>	<i>20</i> <i>Totale pagine</i>
---	--------------------------------------	------------------------------------	---	-----------------------------------

INDICE

<u>1) PREMESSE</u>	<u>2</u>
<u>2) GENERALITA'</u>	<u>3</u>
<u>3) ANALISI IDROLOGICA</u>	<u>4</u>
<u>4) VERIFICA DELLA RETE IDRICA</u>	<u>9</u>

1) PREMESSE

Il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio, di concerto col Ministero per i Beni e le Attività culturali, con proprio decreto n°158 del 3.04.02, ha espresso parere favorevole circa la compatibilità ambientale del progetto di adeguamento della centrale termoelettrica di la Casella, ubicata nel Comune di Castel San Giovanni (PC), consistente nell'aggiornamento progettuale con trasformazione in ciclo combinato della quarta sezione.

Tale giudizio è stato condizionato al rispetto di alcune prescrizioni formulate in alcuni pareri richiamati nel Decreto sopra citato.

In particolare con il presente rapporto si vuole ottemperare alla prescrizione formulata dalla Regione Emilia Romagna, confermata dall'Amministrazione Provinciale di Piacenza e dal Comune di Castel San Giovanni, relativa al monitoraggio idrico. Più precisamente la prescrizione richiede:

“dovrà essere effettuata una verifica della rete idrica secondaria, nell'intorno del sito della centrale, al fine di verificare l'efficienza della stessa rete anche in concomitanza di eventi di piena straordinari”

E' stato quindi predisposto il presente rapporto che si sviluppa principalmente nelle seguenti fasi:

- Analisi idrologica per la determinazione della portata di piena che compete alla rete idrica secondaria nell'area circostante la centrale;
- Verifica dell'efficienza della rete idrica stessa in concomitanza degli eventi di piena determinati.

2) GENERALITA'

L'impianto a ciclo combinato di La Casella è situato sulla sponda destra del fiume Po a circa 4 km a nord dei centri di Castel San Giovanni e Sarmato, e a 15 km a ovest della città di Piacenza.

Il sito su cui l'impianto è ubicato è inserito nel comprensorio di 1300 km² della *Bonifica bacini Idrici Tidone Trebbia*. Nel comprensorio è realizzata una complessa rete di canali di scolo e di irrigazione.

La rete idrica secondaria in questione è una parte di tale ampio comprensorio. Il suo bacino è delimitato a nord dall'argine maestro del fiume Po, a est dal rio Cornaida, a sud dalla linea ferroviaria Alessandria-Piacenza ed a ovest dalla strada statale 412. La superficie del bacino è di circa 12 km².

Le acque raccolte dal bacino confluiscono in un impianto di sollevamento, denominato Casino dei Boschi, che consente di superare l'argine del Po e scaricare le acque in fiume.

L'impianto di sollevamento è dotato di 6 pompe, di cui 3 da 1,5 m³/s e 3 da 1,2 m³/s. La capacità complessiva dell'impianto risulta quindi di 8,1 m³/s.

La rete idrica è caratterizzata dalla presenza di un collettore principale posto a nord dell'area disposto in direzione ovest-est, lungo circa 3 km. Ad esso recapitano le acque i restanti canali distribuiti su tutta la superficie.

L'area è costituita principalmente da terreni agricoli con la presenza di modeste zone urbanizzate, principalmente sul lato ovest, dove è presente un insediamento industriale, ed a nord dove è ubicata la centrale Enel.

Tali aree, individuate nella carta allegata, occupano le superfici indicate nella tabella che segue:

Superficie complessiva	12 km ²
Superficie zone urbanizzate	
- area centrale Enel	0,45 km ²
- area industriale	0,15 km ²

3) ANALISI IDROLOGICA

Non avendo a disposizione dati di portata relativi al bacino idrico in questione, la determinazione della portata di massima piena verrà fatta mediante un metodo indiretto basato sulla conoscenza delle piogge sul bacino.

Pertanto si è fatto riferimento ai valori di precipitazione di massima intensità, della durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, registrati nella stazione pluviometrica di Sarmato, riportati negli Annali Idrologici, e rilevati nel periodo 1930 – 1986, per complessivi 30 anni.

L'elaborazione di tali dati, riportati nell'**Allegato 1**, è stata fatta con metodi statistici e più precisamente utilizzando la legge di Gumbel, che consente di determinare l'altezza di pioggia per un'assegnata durata d (ore) e tempo di ritorno T .

Formula di Gumbel
$$h = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln \left(\ln \frac{T}{T-1} \right)$$

In cui:

$$\alpha = \frac{1,283}{\sigma}$$
$$\beta = M - \frac{0.5772}{\alpha}$$

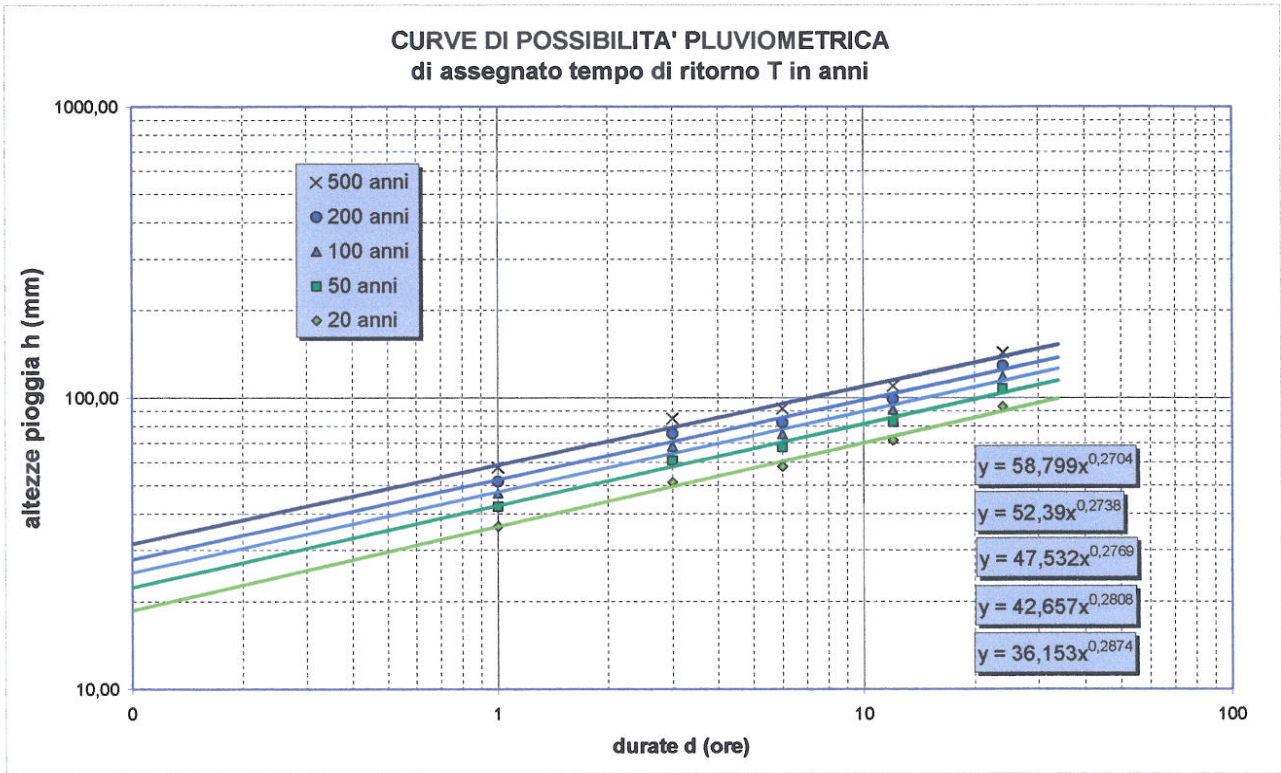
Nell'**allegato 2** è riportata l'elaborazione statistica eseguita.

La distribuzione di punti che si ottiene può essere rappresentata da un'equazione monomia del tipo

$$h = ad^n$$

dove i parametri a ed n sono funzione del tempo di ritorno.

Nel grafico che segue sono riportate tali funzioni che rappresentano le curve di possibilità pluviometrica determinate.



Dalle curve di possibilità pluviometrica si ricava il valore di pioggia critica, quella cioè che determina il valore massimo della portata al colmo. Il valore della pioggia critica può essere ragionevolmente assunta pari a quella corrispondente ad una durata pari al tempo di corrivazione (t_c) del bacino.

Il tempo di corrivazione viene calcolato mediante la formula di Giandotti sotto riportata e, per il bacino in questione, vale $t_c = 14,80$ ore

$$t_c = \frac{4\sqrt{A_b} + 1,5L_a}{0,8\sqrt{Z_m - Z_0}}$$

Formula di Giandotti

In cui:

$$A_b = 12,00 \text{ km}^2$$

area del bacino

$$L_a = 5,50 \text{ km}$$

lunghezza del percorso idraulico più lungo

$$Z_m = 56,50 \text{ m s.l.m.}$$

quota media del bacino

$$Z_0 = 53,00 \text{ m s.l.m}$$

quota della sezione di chiusura del bacino

(Le caratteristiche morfologiche del bacino sono state ricavate dalla carta tecnica regionale)

La determinazione della curva di possibilità pluviometrica e conseguentemente del valore di pioggia critica (p_c), non esaurisce l'analisi per la determinazione della portata al colmo. Come detto infatti il valore di precipitazione determinato rappresenta la quantità di pioggia in ingresso al bacino. Una parte di tali piogge si perde però, prima di arrivare alla rete idrica, per una serie di fenomeni ideologici quali infiltrazioni nel terreno, immagazzinamento in avvallamenti superficiali ed altro, che non producono deflusso successivamente.

Per la verifica della rete è quindi necessario valutare la restante quantità di pioggia, cosiddetta pioggia netta (p_n).

Una valutazione di tale valore di pioggia può essere fatta attraverso il coefficiente di afflusso (φ) che rappresenta il rapporto tra la pioggia netta e quella totale in ingresso al bacino.

I valori da attribuire a tale coefficiente dovrebbero essere determinati con apposite indagini ideologiche prendendo in esame il comportamento del bacino nel corso di fenomeni pluviometrici intensi.

Non avendo però a disposizione rilevazioni né di carattere continuativo né di carattere saltuario, tramite i quali ottenere in maniera diretta una caratterizzazione idrologica del bacino in questione, si è dovuto procedere ad una stima del coefficiente φ .

Poiché il bacino è composto da diverse tipologie di suolo, con diverse caratteristiche di permeabilità, il coefficiente di afflusso complessivo viene calcolato come media pesata, funzione delle superfici, dei coefficienti di ogni zona utilizzando la relazione:

$$\varphi = \frac{\sum Si\varphi_i}{\sum Si}$$

Con Si = area *i*-esima di una zona omogenea

φ_i = coefficiente di afflusso dell'area *i*-esima

Per le zone più permeabili, che sono quelle prevalenti, si è assunto un valore pari a 0,35 (Appendice 1).

Per quanto riguarda invece le zone urbanizzate, è stato utilizzato un coefficiente pari a 0,8, valutato tenendo conto che tali aree sono caratterizzate da un'estensione di area impermeabile pari a circa l'80% di quella complessiva della singola zona con valori dei coefficienti di afflusso relativi pari a $\varphi_{permeabile} = 0,35$ e $\varphi_{impermeabile} = 0,9$.

Nella tabella che segue è riportato il calcolo del coefficiente che sarà utilizzato per l'intera area.

<i>ZONE</i>	<i>Si (km²)</i>	<i>φ_i</i>	<i>Siφ_i</i>
Agricola	11.40	0,35	3.99
Industriale	0,15	0,8	0,12
Centrale ENEL	0,45	0,8	0,36
Totali	12,00		4.47

Con le ipotesi fatte il coefficiente di afflusso del bacino risulta essere di:

$$\varphi = 0,37$$

Nelle successive fasi di calcolo verrà utilizzato un coefficiente pari a 0.40.

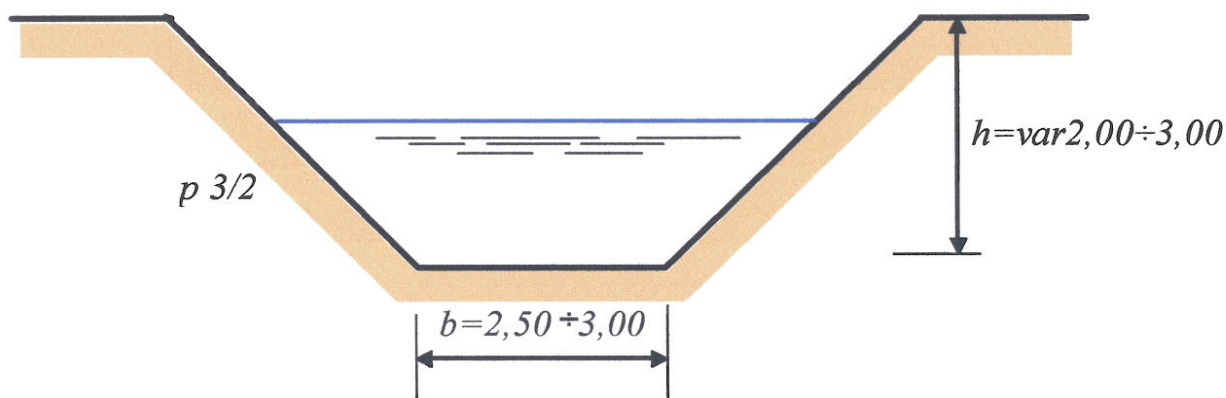
Nella realtà inoltre, a causa della laminazione dovuta al temporaneo accumulo dell'acqua nella rete idrografica, la portata al colmo subisce una ulteriore riduzione. Infatti per tener conto di tale effetto si applica un coefficiente di laminazione $\epsilon < 1$, il cui valore dipende dalle caratteristiche del bacino. Nel caso specifico, in relazione anche alle modeste dimensioni del bacino, si può assumere $\epsilon = 0,8$.

Con i parametri ideologici così individuati è possibile determinare ora le portate di piena per diversi tempi di ritorno. I risultati sono riportati nella tabella che segue.

4) Verifica della rete idrica

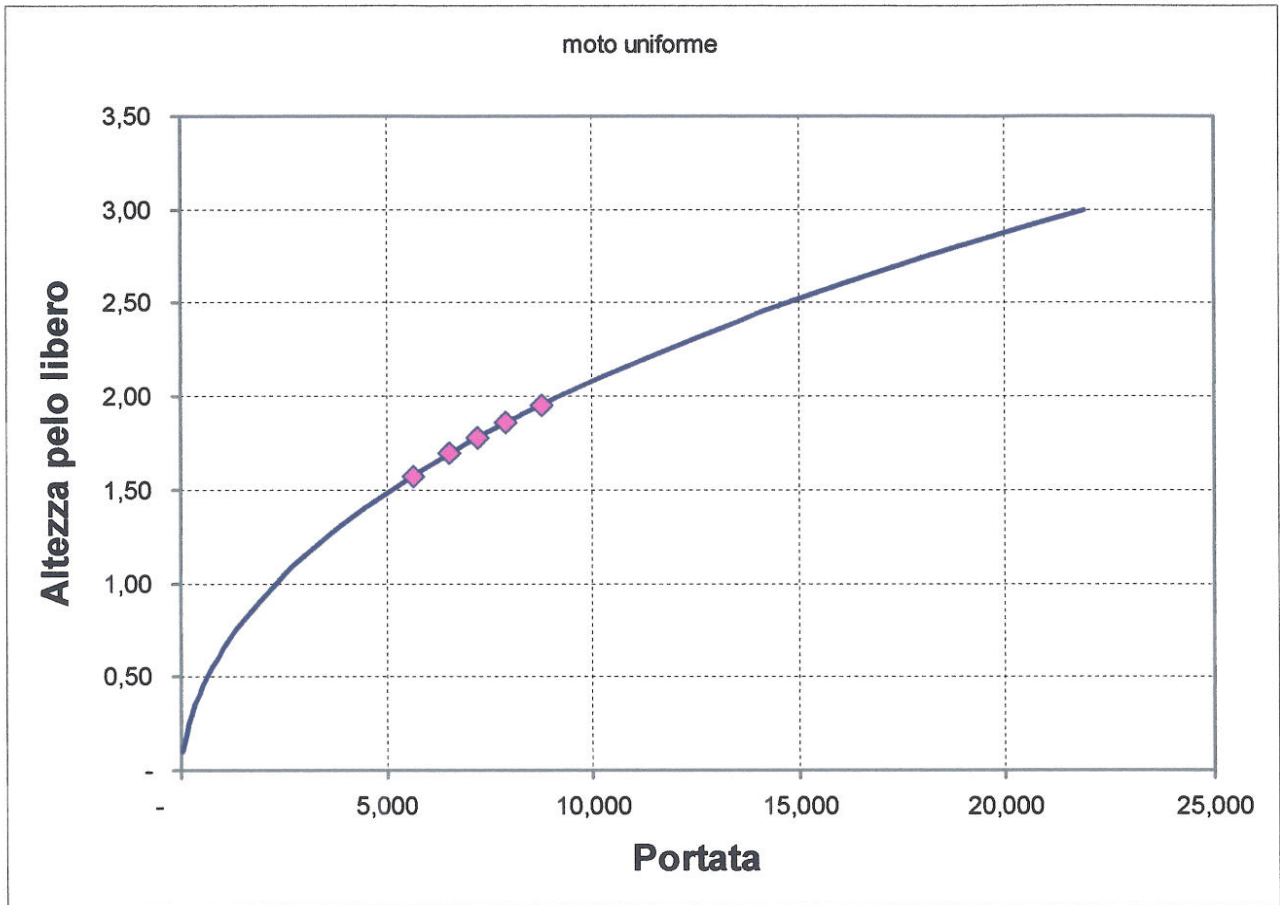
Non avendo a disposizione un rilievo dettagliato della rete idrica secondaria, l'analisi viene limitata alla verifica del collettore principale che, come detto nel capitolo 2, caratterizza il bacino ed è situato nella zona nord dell'area, e costituisce anche l'elemento di maggior criticità della rete.

Il collettore, lungo circa 3 km, ha una pendenza media 0,037% e forma trapezia, secondo lo schema che segue.



La scala di deflusso per moto uniforme di questa sezione è rappresentata nel grafico che segue. Da esso si evince che portate pari a quelle determinate, con tempi di ritorno variabili da 20 a 500 anni sono contenute all'interno del canale. Il canale è quindi in grado di convogliare all'impianto di sollevamento le portate in concomitanza con eventi di piena anche straordinari.

La curva è stata determinata mediante la formula di Gaucler-Strickler utilizzando un coefficiente di scabrezza pari a 40.



La capacità complessiva dell'impianto di sollevamento, come detto nel capitolo 2, è però limitata a $8,1 \text{ m}^3/\text{s}$ e ciò consente di far fronte a portate di piena con tempi di ritorno fino a 200 anni.

Solo per $T = 500$ anni tale condizione non risulta soddisfatta.

Bisogna però rilevare che l'utilizzo di tempi di ritorno così elevati, per verifiche come quella effettuata, risulta eccessivo. Considerare un tempo di ritorno pari a 200 anni è già sufficientemente cautelativo.

Comunque eventuali modesti superamenti della capacità dell'impianto di sollevamento produrrebbero unicamente un innalzamento dei livelli idrici nei canali della rete idrica.

Allegati

ALLEGATO 1 - OSSERVAZIONI AL PLUVIOMETRO

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI: SARMATO (1676)					
BACINO :	Tidone				
QUOTA:	70 m s.l.m.				
Anni di osservazione	30				
Anno	INTERVALLO DI ORE				
	1	3	6	12	24
	h(mm)	h(mm)	h(mm)	h(mm)	h(mm)
1950	22,00	25,00	29,00	31,00	35,00
1953	55,00	90,30	93,30	95,00	95,00
1954	13,00	17,00	21,00	27,70	41,00
1955	19,20	30,40	30,40	35,60	43,00
1956	16,00	27,00	37,40	49,00	53,40
1957	21,00	29,00	35,60	48,00	75,60
1958	16,00	21,00	32,00	48,00	61,00
1959	19,00	20,20	28,00	53,00	83,00
1960	18,80	25,00	33,00	46,00	50,00
1961	30,00	34,00	51,00	74,00	81,60
1962	14,60	17,00	25,00	41,00	56,00
1963	18,20	20,60	27,20	54,20	54,80
1964	23,00	30,00	32,00	33,20	33,20
1965	16,40	20,20	24,40	26,80	38,80
1966	25,20	27,20	31,20	46,80	75,20
1967	22,20	26,00	26,00	29,80	45,00
1968	14,60	18,20	25,00	34,80	45,00
1969	21,60	33,00	44,00	52,80	95,00
1970	21,00	23,60	35,40	46,60	70,00
1971	12,60	20,00	34,00	42,80	42,80
1972	8,40	15,00	23,40	32,00	39,40
1974	15,20	22,20	30,20	30,20	35,80
1975	23,00	25,40	42,00	67,00	95,80
1980	30,00	31,40	35,00	35,00	52,00
1981	14,00	15,00	18,00	28,80	39,00
1982	25,80	25,80	25,80	27,40	44,60
1983	24,00	29,80	33,80	43,20	78,20
1984	17,00	32,40	34,20	34,20	41,40
1985	10,00	17,80	19,80	30,00	38,60
1986	26,00	30,20	32,40	44,80	63,20

ALLEGATO 2 - ELABORAZIONI STATISTICHE

N=	30	30	30	30	30
$M = \frac{\sum h_i}{N}$	20,43	26,66	32,98	42,96	56,75
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N-1}}$	8,47	13,26	13,43	15,27	19,70
Parametri della distribuzione di GUMBEL					
$\alpha = 1,283 / \sigma$	0,152	0,097	0,096	0,084	0,065
$\beta = M - 0,5772 / \alpha$	16,62	20,69	26,94	36,09	47,88
Altezza di pioggia (mm) di assegnata durata d (ore) e tempo di ritorno T					
T \ d	1	3	6	12	24
20 anni	36,22	51,38	58,04	71,44	93,50
50 anni	42,37	61,01	67,80	82,54	107,80
100 anni	46,98	68,22	75,11	90,85	118,53
200 anni	51,57	75,41	82,39	99,13	129,21
500 anni	57,63	84,89	92,00	110,06	143,30

APPENDICE 1

Calcolo della Pioggia netta col metodo CN (Curve Number) del Soil Conservation Service americano

Secondo il metodo CN il volume di pioggia specifico di pioggia netta P_{net} , risulta legato al volume di pioggia lorda P dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

dove:

$$I_a = 0.2S$$

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso tra 0 e 100, funzione della natura del suolo e del tipo di copertura vegetale (Tabella 2):

Per il caso in oggetto si può assumere un valore di CN pari a 70.
Assumendo un valore di pioggia di 100 mm, si ottiene:

$$P_{net} = 33$$

A cui corrisponde un coefficiente di afflusso pari a :

$$\varphi = \frac{P_{net}}{P} = 0.33$$

Tabella 1 - caratteristiche di permeabilità del suolo secondo la suddivisione del soil conservation service

Gruppo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel Gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel Gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille ad alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza alla superficie.

Tabella 2 - valori di CN per tipo di suolo

Aree extra urbane				
Tipo di copertura (uso del suolo)	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Terreno coltivato:	72	81	88	91
- senza interventi di conservazione				
- con interventi di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo:	68	79	86	89
- cattive condizioni				
- buone condizioni	39	61	74	80
Praterie buone condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati:	45	66	77	83
- terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie				
- sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi:	39	61	74	80
- buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa				
- condizioni normali, copertura erbosa attorno al 50%	49	69	79	84

FOTOGRAFIE



Foto 1: vista panoramica



Foto 2: vista panoramica



Foto 3: vista panoramica



Foto 4: Impianto di sollevamento Casino dei Boschi



Foto 5: collettore principale



Foto 6: collettore principale

BIBLIOGRAFIA

- Ugo Maione - LE PINE FLUVIALI (seconda edizione)
- G. Becciu – A. Paletti – ESERCITAZIONI DI COSTRUZIONI IDRAULICHE

