

# PROGETTO DI IMPIANTO IDROELETTRICO DI REGOLAZIONE SUL BACINO DI CAMPOLATTARO (BN)

MARZO 2011



COMMITTENTE



**R.E.C. S.r.l.**

Via Uberti 37-20129 Milano

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE

Mandataria :



**ETATEC** S.R.L.  
SOCIETA' DI INGEGNERIA

20133 MILANO - via Bassini, 23 - tel.(02) 26681264

fax (02) 26681553 - E-Mail: ETATEC@ETATEC.IT

AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO UNI EN ISO 9001:2008

**SINCERT**

SICIV - SC 06-647/EA 34

PROGETTISTA: Prof. Ing. Alessandro Paoletti

Mandante :

**CeAS**

CENTRO DI ANALISI STRUTTURALE S.R.L.  
AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'

SERVIZI DI INGEGNERIA CIVILE  
CIVIL ENGINEERING SERVICES

SISTEMA QUALITA'  
UNI EN ISO 9001 : 2008  
CERTIFICATO K031 RILASCIATO  
DA



PROGETTISTA: Dott. Ing. Giovanni Canetta

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE IDROLOGICA

Revisione	Data	Descrizione	Redazione	Verifica	Approvazione		
A	31/03/2011	EMISSIONE PER VALUTAZIONE D'IMPATTO AMBIENTALE	S. Croci	F. Malingegno	A. Paoletti		
B							
C							
CODICE COMMESSA		TIPOLOGIA COMMESSA	TIPOLOGIA ELABORATO	FASE PROGETTAZIONE	PARTE DI IMPIANTO	PROGRESSIVO ELABORATO	SCALA:
483-01E		ET	R	D	A	030	—

## INDICE

1.	PREMESSA.....	1
2.	INVASO DI CAMPOLATTARO .....	2
2.1	PREMESSA .....	2
2.2	CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'INVASO.....	2
2.3	DISPONIBILITÀ DELLA RISORSA IDRICA NELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.....	4
2.3.1	Studi esistenti.....	4
2.3.2	Analisi di stima della disponibilità idrica .....	6
2.3.3	Misure di portate in ingresso all'invaso di Campolattaro.....	7
2.3.4	Conclusioni .....	8
3.	INVASO DI MONTE ALTO .....	9
3.1	PREMESSA .....	9
3.2	CARATTERISTICHE FISICHE DEL BACINO.....	10
3.3	CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE DEL BACINO.....	12
3.4	CARATTERISTICHE TERMOMETRICHE DEL BACINO .....	14
3.5	STIMA DELL'EVAPORAZIONE DELL'INVASO DI MONTE ALTO.....	17
3.6	STIMA DEL BILANCIO IDRICO DELL'INVASO DI MONTE ALTO.....	19
3.7	VALUTAZIONE DELLE PIENE PER L'INVASO DI MONTE ALTO.....	21
4.	POSSIBILI PERDITE D'ACQUA.....	27
5.	VOLUMI IDRICI DERIVATI .....	28
6.	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL RIO SECCO.....	29

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Foto aerea dell’invaso di Campolattaro .....	3
Figura 2 – Planimetria del bacino idrografico afferente all’invaso di Monte Alto.....	10
Figura 3 – Stralcio cartografia idrogeologica presso l’invaso di Monte Alto .....	11
Figura 4 - Precipitazioni annuali misurate presso il pluviometro di Morcone .....	13
Figura 5 - Precipitazioni medie mensili misurate presso il pluviometro di Morcone (1921÷1994 e 2004÷2009) .....	13
Figura 6 - Temperature medie mensili misurate presso il pluviometro di Morcone (2004-2009) .....	14
Figura 7 - Temperature medie mensili calcolate presso l’invaso di Monte Alto.....	15
Figura 8 - Temperature minime-medie-massime giornaliere presso l’invaso di Monte Alto.....	17
Figura 9 - Istogramma del bilancio idrico medio mensile dell’invaso di Monte Alto (1921÷2009).....	20
Figura 10 - Istogramma del bilancio idrico medio mensile dell’invaso di Monte Alto (2004÷2009).....	20
Figura 11 - Corografia della Regione Campania con indicazione della suddivisione del territorio in 6 aree pluviometriche omogenee per quanto riguarda la regionalizzazione delle medie dei massimi annuali delle altezze di pioggia giornaliere (fonte: VAPI) .....	22
Figura 12 – Idrogrammi di piena per T=200 anni .....	25
Figura 13 – Idrogrammi di piena per T=1000 anni .....	26
Figura 14 – Planimetria bacino Rio Secco .....	30

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Portate medie mensili e apporto idrico all’invaso di Campolattaro .....	7
Tabella 2 - Afflussi mensili registrati presso l’invaso di Campolattaro .....	8
Tabella 3 - Calcolo dell’evaporazione nell’invaso di Monte Alto in funzione della temperature registrate nel periodo 2004÷2009 .....	18
Tabella 4 - Bilancio idrico mensile medio dell’invaso di Monte Alto (1921÷1994 e 2004÷2009).....	19
Tabella 5 - Bilancio idrico mensile medio dell’invaso di Monte Alto (2004÷2009) .....	19
Tabella 6 - Calcolo dell’altezza di precipitazione per diversi tempi di ritorno nei pressi della stazione pluviometrica di Morcone.....	24
Tabella 7 - Calcolo delle portate di piena dei diversi sottobacini .....	25
Tabella 8 - Calcolo delle portate di piena per il bacino del Rio Secco.....	30

## RELAZIONE IDROLOGICA

### 1. PREMESSA

Nella presente relazione, che costituisce parte integrante del progetto dell'impianto idroelettrico di regolazione di Campolattaro - Pontelandolfo della società REC s.r.l., vengono descritte le caratteristiche idrologiche delle zone interessate dalle opere in progetto.

L'impianto prevede lo sfruttamento del salto geodetico esistente tra il serbatoio di Campolattaro, in fase di invaso sperimentale, ed un bacino superiore, in progetto, ricavato all'interno di una depressione naturale attraverso l'impermeabilizzazione delle sponde e del fondo, localizzato in prossimità di Monte Alto, circa 7,5 km a ovest dall'invaso di Campolattaro.

Nel seguito si presentano, in particolare, le analisi condotte con riferimento all'esistente invaso di Campolattaro e all'invaso in progetto nei pressi di Monte Alto.

## 2. INVASO DI CAMPOLATTARO

### 2.1 PREMESSA

L'invaso di Campolattaro è un serbatoio artificiale realizzato lungo il fiume Tammaro, a monte dell'abitato di Campolattaro (BN), il quale è stato realizzato allo scopo di utilizzare per diverse finalità (idropotabile, irriguo, industriale, ambientale) le acque del fiume Tammaro e del torrente Tammarecchia.

Il fiume Tammaro, affluente di destra del fiume Calore, si sviluppa in Campania, per la maggior parte, ed in Molise, dove nasce dalla Sella del Vinchiaturo, a circa 558 m s.m.. Dopo aver attraversato, con un percorso molto sinuoso e con asse prevalentemente diretto da ovest a est, la provincia di Campobasso e di Benevento, in località Paduli (BN) si immette nel fiume Calore. Il bacino idrografico del corso d'acqua in questione ha un'estensione complessiva di circa 671 km<sup>2</sup>.

L'estensione del bacino del fiume Tammaro direttamente sotteso dalla diga è di circa 254 km<sup>2</sup>. L'invaso di Campolattaro è alimentato anche dalla derivazione idrica del torrente Tammarecchia posta in località Selvapiana, la quale sottende un bacino idrografico di estensione pari a circa 89 km<sup>2</sup>.

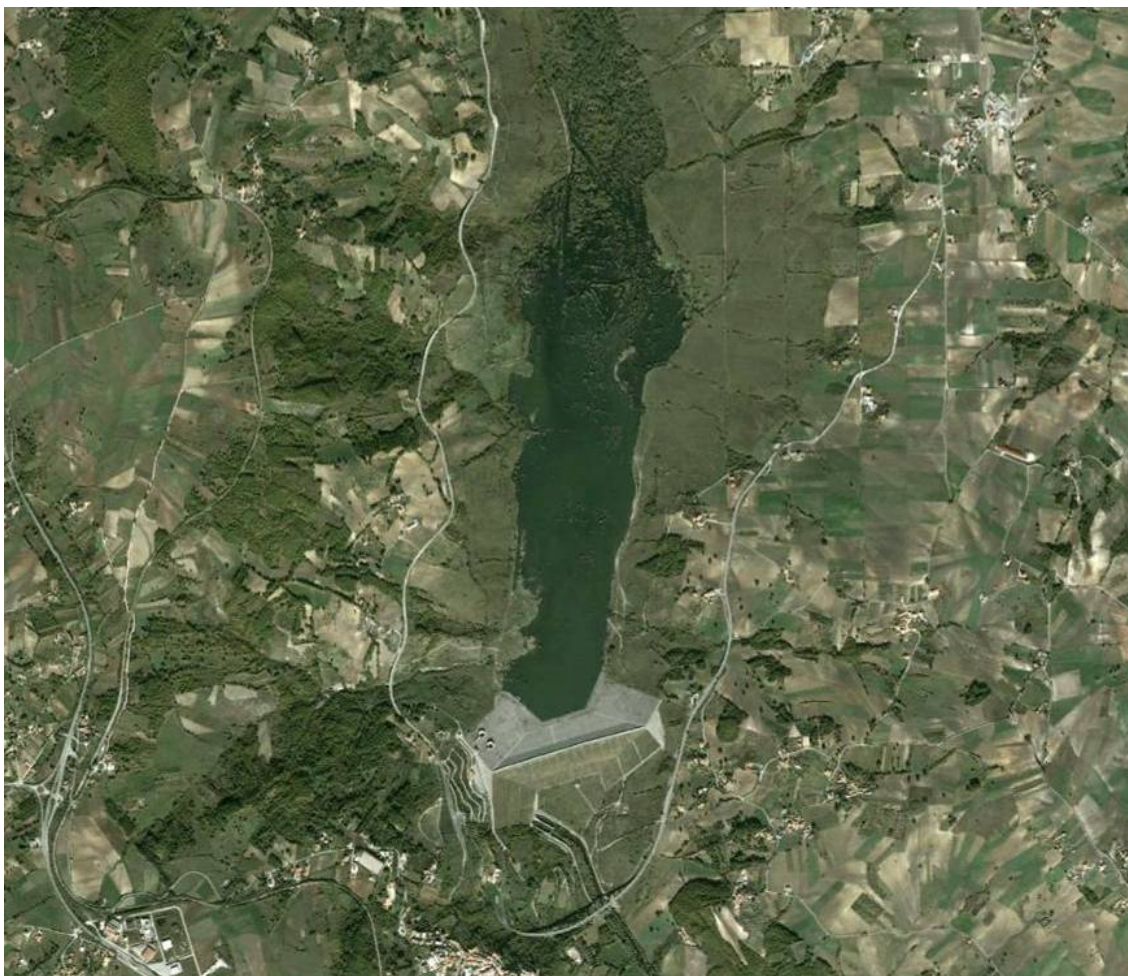
Il bacino imbrifero complessivamente afferente all'invaso di Campolattaro è pertanto pari a circa 343 km<sup>2</sup>.

### 2.2 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'INVASO

Le caratteristiche tecniche dell'invaso e dello sbarramento sono di seguito brevemente riepilogate:

- sviluppo del coronamento: 820 m;
- larghezza del coronamento: 9 m;
- quota del piano di coronamento: 387.40 m s.m.;
- altezza massima del rilevato: 63 m;
- quota di massimo invasato: 381.45 m s.m.;
- volume invasato alla massima quota: circa 156 Mm<sup>3</sup>;
- quota di ritenuta normale: 377.25 m s.m.;
- volume invasato a tale quota: circa 125 Mm<sup>3</sup>;
- quota di minimo invasato: 351.00 m s.m.;

- volume relativo al minimo invaso: 16 Mm<sup>3</sup>;
- quota soglia di imbocco dello scarico di fondo: 349.25 m s.m..



**Figura 1 – Foto aerea dell’invaso di Campolattaro**

Il volume sotteso alla quota di massimo svasso, pari a 16 Mm<sup>3</sup>, tiene conto del previsto volume di interrimento.

Dal punto di vista tecnico lo sbarramento è stato realizzato con una diga in terra con nucleo centrale di materiali alluvionali fini e rinfianchi a monte e valle con materiali grossolani alluvionali o di frantumazione.

Il volume idrico disponibile nell’invaso di Campolattaro (capacità utile di invaso per la regolazione), compreso tra la quota di ritenuta (377.25 m s.m.) e la quota di massimo svasso (351.00 m s.m.), è pari a circa 109 Mm<sup>3</sup>.

Lo studio idrologico condotto dal Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Ambientale *Girolamo Ippolito* dell’Università degli studi di Napoli Federico II, a seguito della

sottoscrizione di Convenzione con Sogesid S.p.A., nell'ambito dello "Studio di fattibilità per l'utilizzo della risorsa idrica invasata nel bacino di Campolattaro", prevede i seguenti utilizzi della suddetta capacità idrica, per un totale di 84.84 Mm<sup>3</sup>:

- |                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| - Deflusso Minimo Vitale | 25.23 Mm <sup>3</sup> ; |
| - utilizzo idropotabile  | 29.03 Mm <sup>3</sup> ; |
| - utilizzo industriale   | 4.64 Mm <sup>3</sup> ;  |
| - utilizzo irriguo       | 25.94 Mm <sup>3</sup> ; |

Risulta pertanto un surplus di capacità di invaso utile pari a circa 24 Mm<sup>3</sup>

Allo stato attuale tuttavia nessuna delle suddette utilizzazioni è effettivamente operativa, salvo un contributo al deflusso naturale esercitato mediante la parziale apertura dello scarico di fondo.

## 2.3 DISPONIBILITÀ DELLA RISORSA IDRICA NELL'INVASO DI CAMPOLATTARO

### 2.3.1 Studi esistenti

Per valutare l'effettiva disponibilità della risorsa idrica nell'invaso di Campolattaro è possibile fare riferimento allo studio idrologico precedentemente citato, condotto dal Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Ambientale *Girolamo Ippolito*.

Nell'ambito di tale studio idrologico sono state condotte analisi, per "scenari" di consumo idrico assegnati (idropotabile, irriguo, industriale, DMV) delle curve di possibilità di regolazione dei deflussi e la stima del deficit di assegnata probabilità.

Non essendo disponibili lunghe serie di misure dirette delle portate in corrispondenza dello sbarramento di Campolattaro, i valori dei deflussi mensili sono stati ricavati mediante la generazione di serie storiche di durata 100 anni, a partire dai valori delle precipitazioni sul bacino e dei coefficienti di deflusso, per i quali sono invece a disposizione misure del SIMN. In particolare, per le precipitazioni mensili si è fatto riferimento alle stazioni di misura ricadenti all'interno del bacino del fiume Tammaro o ubicati ad una distanza ridotta da esso. Per i coefficienti di deflusso si è, invece, fatto riferimento ai dati relativi alle stazioni di misura delle portate del fiume Tammaro presso le sezioni di Pago Veiano (che sottende un bacino di circa 556 km<sup>2</sup>) e di Paduli (disposta in prossimità della confluenza nel fiume Calore, con un bacino sotteso di circa 671 km<sup>2</sup>).

In particolare, il Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Ambientale *Girolamo Ippolito* ha ritenuto opportuno procedere alla stima dei deflussi a Campolattaro secondo tre diversi

approcci:

1. stima delle portate a Campolattaro in funzione dei deflussi mensili rilevati alla stazione di Pago Veiano, utilizzando la similitudine idrologica e ipotizzando, quindi, che l'entità dei volumi defluiti nelle diverse sezioni dipenda esclusivamente dalle diverse dimensioni dei bacini. Tale approccio è da considerarsi ragionevole, dal momento che le caratteristiche pluviometriche, geologiche e geomorfologiche dei bacini a Campolattaro e Pago Veiano sul fiume Tammaro e a Selvapiana sul torrente Tammarecchia non presentano differenze significative;
2. un secondo approccio prevede, invece, di stimare i deflussi a partire dagli afflussi sul bacino e dai coefficienti di deflusso. I primi sono stati calcolati per i bacini sottesi dalla diga a Campolattaro e dalla traversa a Selvapiana a partire dalle precipitazioni mensili desunte dagli Annali Idrologici, mentre per i secondi si è fatto riferimento ai coefficienti di deflusso relativi alla stazione di Pago Veiano, ritenendone in via approssimata trascurabili le variazioni tra i bacini;
3. nel terzo approccio, infine, si è fatto ancora riferimento al prodotto degli afflussi meteorici (per i bacini sottesi dalla diga a Campolattaro e dalla traversa a Selvapiana) per i coefficienti di deflusso, questi ultimi valutati a partire dai corrispondenti valori relativi alla stazione di Pago Veiano, modificati in ragione delle diverse caratteristiche di permeabilità dei bacini.

I tre differenti approcci hanno fornito i seguenti risultati, espressi in termini di volume defluito annuo:

- approccio 1: 115.03 Mm<sup>3</sup>;
- approccio 2: 120.87 Mm<sup>3</sup>;
- approccio 3: 107.71 Mm<sup>3</sup>.

I risultati sopra riportati evidenziano che i volumi medi annui desunti sulla base dei tre differenti approcci presentano scostamenti nel complesso modesti, confermando quindi l'attendibilità delle valutazioni effettuate. Il valore determinato con il terzo approccio, oltre a tenere conto delle peculiarità dei bacini del Tammaro e del Tammarecchia sottesi dalla diga e dalla traversa in termini di piovosità e natura dei terreni, fornisce comunque il valore più ridotto della portata media annua e, quindi, consente di effettuare valutazioni più conservative sul rischio di fallanza dell'invaso.

Prendendo in considerazione i volumi di deflusso e i volumi richiesti per le diverse



utilizzazioni, sono state condotte elaborazioni statistiche per valutare il rischio di fallanza dell'invaso. I risultati portano a stimare che la probabilità che non si verifichi un deficit annuo per la richiesta idropotabile sia pari a circa il 96.9%, per il Deflusso Minimo Vitale a circa il 95.1%, per la richiesta irrigua a circa il 95.0%, per la richiesta industriale a circa il 94,8%.

Valutazioni equivalenti sono state effettuate anche con riferimento ai singoli mesi: per alcuni mesi dell'anno (gennaio, febbraio, marzo, aprile e maggio) non si verifica mai deficit, mentre altri mesi (giugno, luglio, dicembre) presentano carenze idriche in un numero così limitato di volte da non risultare statisticamente significative. Il mese che presenta il massimo rischio di deficit è ottobre. Dai risultati ottenuti si evince comunque che il rischio di deficit è sempre sufficientemente basso, per cui l'utilizzazione prevista dell'invaso è certamente possibile.

### 2.3.2 Analisi di stima della disponibilità idrica

Con riferimento alla valutazione del deflusso annuo a Campolattaro, i sottoscritti progettisti hanno effettuato ulteriori analisi, riutilizzando il precedente approccio 1 (stima delle portate a Campolattaro in funzione dei deflussi mensili rilevati alla stazione di Pago Veiano) utilizzando sempre il principio della similitudine idrologica, ma considerando non solo che l'entità dei volumi defluiti nelle diverse sezioni dipenda esclusivamente dalle dimensioni dei bacini, ma anche dalla loro piovosità.

Considerando le portate medie mensili registrate sul fiume Tammaro a Pago Veiano, ricavate dagli annali idrologici negli anni tra il 1958 e il 1976 e nel 1992 e 1993, si è utilizzata la seguente formula:

$$Q_{Campolattaro} = Q_{Pago\ Veiano} \times (A_{Campolattaro} / A_{Pago\ Veiano}) \times (P_{Campolattaro} / P_{Pago\ Veiano})$$

dove:

$Q_{Campolattaro}$  = portata media mensile a Campolattaro [m<sup>3</sup>/s];

$Q_{Pago\ Veiano}$  = portata media mensile a Pago Veiano [m<sup>3</sup>/s];

$A_{Campolattaro}$  = superficie bacino a Campolattaro, pari a 343 km<sup>2</sup>;

$A_{Pago\ Veiano}$  = superficie bacino a Pago Veiano, pari a 556 km<sup>2</sup>;

$P_{Campolattaro}$  = precipitazione media annua a Campolattaro [mm];

$P_{Pago\ Veiano}$  = precipitazione media annua a Pago Veiano [mm].

Dai dati contenuti negli annali idrologici si è potuto ricavare il valore della precipitazione media annua, nel periodo 1962-1993, in corrispondenza delle sezioni di Pago Veiano, pari a 996 mm, e nella sezione di Morcone (sup. bacino sotteso pari a 226 km<sup>2</sup>), pari a 1153 mm.

Considerando un andamento della variazione della precipitazione media annua tra Morcone e Pago Veiano lineare con la superficie, si ha che la precipitazione media annua del bacino chiuso a Campolattaro è pari a circa 1098 mm, per cui il rapporto tra i rispettivi valori della precipitazione media annua è pari a 1.1.

Di seguito si riporta una tabella con i valori delle portate medie mensili a Pago Veiano (da Annali Idrologici) e a Campolattaro (in base alla similitudine idrologica sopra riportata), da cui si evince che il volume medio annuo in ingresso all'invaso di Campolattaro è pari a circa 130 Mm<sup>3</sup>.

**Tabella 1 - Portate medie mensili e apporto idrico all'invaso di Campolattaro**

<i>mese</i>	<i>Q Pago Veiano</i> <i>[m<sup>3</sup>/s]</i>	<i>Q Campolattaro</i> <i>[m<sup>3</sup>/s]</i>	<i>giorni</i>	<i>Volume mensile</i> <i>[m<sup>3</sup>]</i>
<i>Gennaio</i>	12.20	8.28	31	22'177'815
<i>Febbraio</i>	12.58	8.54	28	20'657'195
<i>Marzo</i>	10.72	7.28	31	19'486'867
<i>Aprile</i>	7.96	5.40	30	14'001'044
<i>Maggio</i>	3.44	2.33	31	6'252'906
<i>Giugno</i>	1.64	1.11	30	2'886'511
<i>Luglio</i>	0.63	0.43	31	1'145'471
<i>Agosto</i>	0.32	0.22	31	589'619
<i>Settembre</i>	0.87	0.59	30	1'524'949
<i>Ottobre</i>	2.55	1.73	31	4'640'761
<i>Novembre</i>	7.39	5.02	30	13'008'989
<i>Dicembre</i>	13.15	8.92	31	23'901'650
<i>Media annua</i>	6.12	4.15		<b>130'273'778</b>

Il valore così determinato risulta essere superiore rispetto a quello riportato in precedenza (approccio 1) a causa della differente formula di regionalizzazione utilizzata, la quale tiene in conto che la precipitazione non è costante su tutto il bacino, ma è maggiore per le parti di esso poste più a monte.

### **2.3.3 Misure di portate in ingresso all'invaso di Campolattaro**

A partire dal mese di aprile del 2006 la Provincia di Benevento ha avviato le attività di riempimento sperimentale dell'invaso di Campolattaro, rendendo disponibili le misure di diverse grandezze, tra cui il volume giornaliero affluito all'invaso.

Nella tabella seguente si riportano i valori dei volumi afflussi mensili, dai quali si evince che nel periodo 2006 ÷ 2010 il volume medio annuo affluito all'invaso di Campolattaro risulta essere pari a circa 113 Mm<sup>3</sup>.

**Tabella 2 - Afflussi mensili registrati presso l'invaso di Campolattaro**

	2006	2007	2008	2009	2010	MEDIA
<b>GENNAIO</b>		3'908'170	6'436'422	53'479'828	33'355'979	24'295'100
<b>FEBBRAIO</b>		17'546'593	2'741'901	13'358'792	34'218'456	16'966'436
<b>MARZO</b>		17'134'445	22'396'378	40'713'776	23'139'305	25'845'976
<b>APRILE</b>		9'927'359	12'190'862	24'168'991	12'016'375	14'575'897
<b>MAGGIO</b>	2'871'547	1'622'894	6'250'682	5'550'466	5'467'277	4'352'573
<b>GIUGNO</b>	2'462'110	1'152'703	2'586'806	1'653'166	2'145'567	2'000'070
<b>LUGLIO</b>	463'409	654'212	3'185'182	2'043'540	1'619'269	1'593'122
<b>AGOSTO</b>	407'491	168'950	843'447	245'281		416'292
<b>SETTEMBRE</b>	645'121	337'000	780'479	355'728		529'582
<b>OTTOBRE</b>	946'423	695'640	868'927	3'096'141		1'401'783
<b>NOVEMBRE</b>	1'172'230	1'045'096	8'122'449	7'759'668		4'524'861
<b>DICEMBRE</b>	1'481'728	3'024'134	37'962'199	22'864'736		16'333'199
<b>TOTALE</b>	<b>10'450'059</b>	<b>57'217'195</b>	<b>104'365'735</b>	<b>175'290'113</b>	<b>111'962'228</b>	<b>112'834'891</b>

Tale valore deve essere valutato tenendo conto che il periodo 2006 ÷ 2010 è stato caratterizzato da precipitazioni inferiori alla media nel lungo periodo: ad esempio considerando il pluviometro di Morcone si ha che la precipitazione media annua del periodo compreso tra il 1921 e il 2009 (nel periodo 1921 ÷ 1994 il pluviometro era installato a quota 640 m s.m. mentre nel periodo 2003 ÷ 2009 il pluviometro è ubicato a quota 550 m s.m.) è pari a circa 1240 mm, mentre nel solo periodo 2003 ÷ 2009 la precipitazione media è stata pari a circa 990 mm (-20%).

Inoltre è importante considerare che il valore degli afflussi al lago è calcolato con l'equazione di continuità, come differenza tra la variazione del volume invasato nel lago in ogni passo temporale di calcolo e la portata uscente dall'invaso. Tale valore è già al netto delle perdite dell'invaso (evaporazione ed infiltrazioni), per cui il reale apporto al bacino da parte del fiume Tammaro è sicuramente superiore al valore sopra riportato di 113 Mm<sup>3</sup>. Infatti, le sole perdite per evaporazione possono essere stimate in circa 6 Mm<sup>3</sup>/anno (secondo lo studio idrologico condotto dal Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Ambientale Girolamo Ippolito la perdita annua per evaporazione è pari a circa 1500 mm e la superficie media dell'invaso tra la quota di massimo svaso e la quota di regolazione è pari a circa 4 km<sup>2</sup>).

### 2.3.4 Conclusioni

In conclusione, in base a quanto riportato nei precedenti paragrafi, emerge che mediamente l'apporto idrico annuo all'invaso di Campolattaro (dal fiume Tammaro e dal torrente Tammarecchia) è stimabile in 110 ÷ 130 Mm<sup>3</sup> e che tale risorsa è in grado di garantire le diverse utilizzazioni attualmente previste: idropotabile, irriguo, industriale e DMV.

### 3. INVASO DI MONTE ALTO

#### 3.1 PREMESSA

L'invaso di Monte Alto rappresenta il serbatoio superiore dell'impianto in progetto. Esso sarà realizzato attraverso l'impermeabilizzazione del fondo e delle sponde della depressione naturale presente in prossimità di Monte Alto, previo scotico e leggera riprofilatura della stessa.

L'invaso sarà caratterizzato da una quota di fondo di circa 871÷873 m s.m., da una quota di massima regolazione pari a 900 m s.m., con una quota di coronamento pari a 903 m s.m.. Il volume utile di accumulo idrico, compreso tra la quota di massima regolazione e la quota di minimo svasso, posta pari a circa 873 m s.m. sarà pari a circa 7 Mm<sup>3</sup>.

Poiché una parte della depressione naturale è caratterizzata da quote del terreno inferiori alla quota di coronamento, pari a 903 m s.m., e di massima regolazione, pari a 900 m s.m., è necessario prevedere la realizzazione di un argine di contenimento in materiali sciolti (argine sud). Lo sviluppo di tale opera di contenimento sarà pari a circa 75 m (in corrispondenza del coronamento posto a quota 903 m s.m. e avrà un'altezza massima di circa 9,0 m, considerata come differenza tra la quota del piano di coronamento (903 m s.m.) e la quota del punto più depresso dei paramenti (894,0 m s.m. in corrispondenza del paramento lato invasivo).

L'invaso sarà alimentato, durante i periodi di minor richiesta di energia (ore notturne, sabato e domenica), esclusivamente mediante il pompaggio di una porzione della risorsa idrica presente nell'invaso di Campolattaro, attraverso le opere idrauliche oggetto del presente progetto (galleria di derivazione, centrale, condotta forzata). La risorsa accumulata nell'invaso di Monte Alto verrà restituita all'invaso di Campolattaro, attraverso le medesime opere, durante i periodi caratterizzati da una maggiore richiesta energetica (fase di turbinaggio della risorsa idrica accumulata).

Il contributo della risorsa idrica presente nell'invaso di Monte Alto derivante dal modesto bacino imbrifero diretto è da considerarsi nullo, in virtù del fatto che l'invaso sarà circondato da un canale di gronda, il quale raccoglierà le acque provenienti dal bacino imbrifero e le recapiterà nel Rio Secco, posto a valle dell'invaso di Monte Alto, in posizione nord-est. Ciò consentirà di non sottrarre, con il nuovo impianto, alcuna risorsa idrica naturale di tale bacino idrografico diretto.

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche fisiche, idrologiche, termometriche relative all'invaso di Monte Alto.

Per maggiori dettagli relativi alle diverse opere in progetto si rimanda alla relazione idraulica e alla relazione tecnica.

### 3.2 CARATTERISTICHE FISICHE DEL BACINO

Il bacino idrografico relativo alla depressione di Monte Alto ha un'estensione di circa 4,2 km<sup>2</sup>. In realtà, la porzione del bacino idrografico posta più ad ovest afferrisce ad un pianoro leggermente depresso, denominato "Piano di Moia", posto ad una quota di circa 970,00 ÷ 975,00 m s.m.: le acque piovane provenienti dal sottobacino afferente a tale pianoro, grazie anche ad un sistema di canalizzazioni che intercettano i deflussi superficiali e li immettono nella porzione più depressa del pianoro stesso, si infiltrano nel sottosuolo e pertanto non defluiscono direttamente all'area ove verrà realizzato l'invaso di Monte Alto, se non attraverso un flusso sotterraneo e successive riemergenze superficiali (sorgenti).

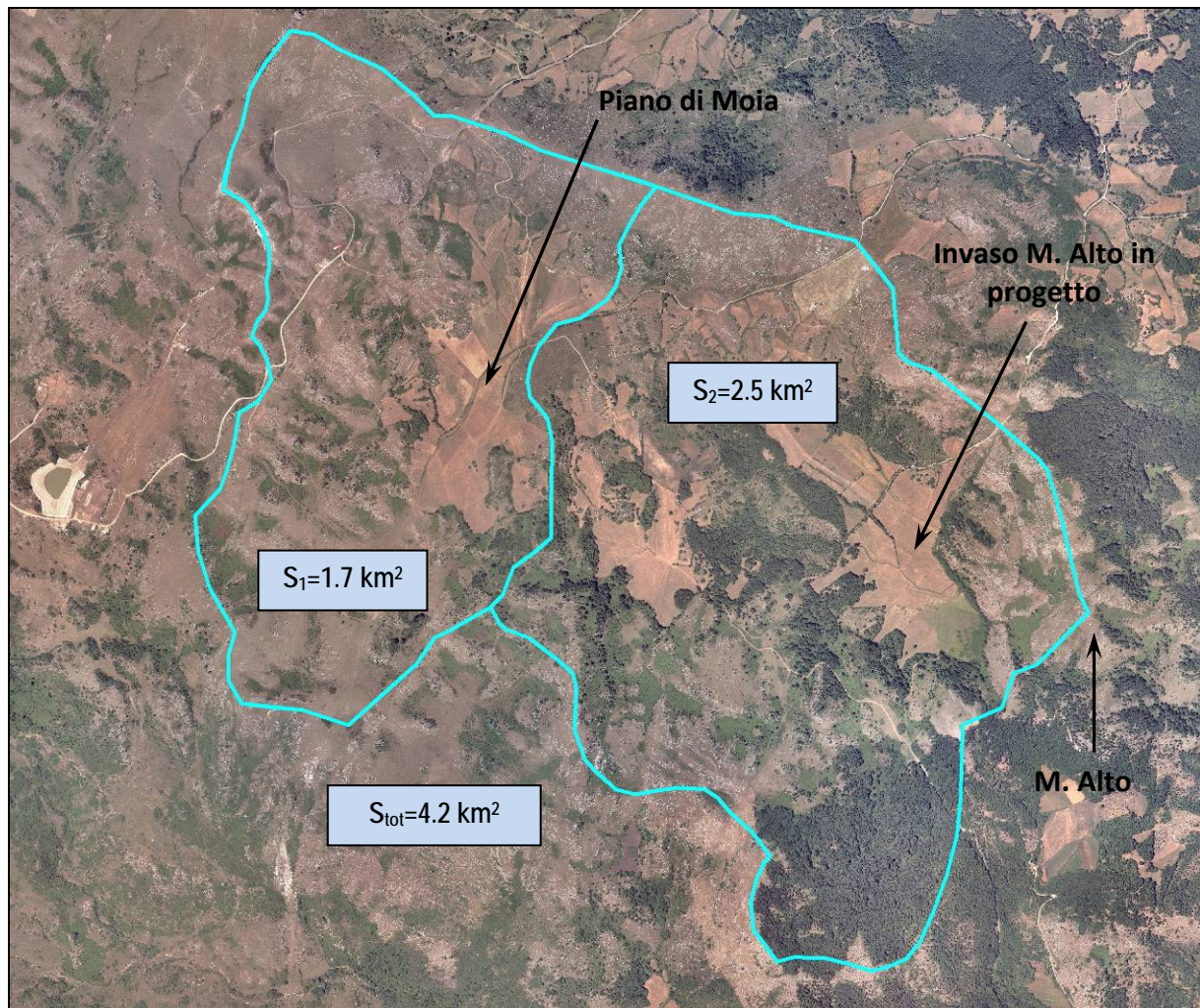
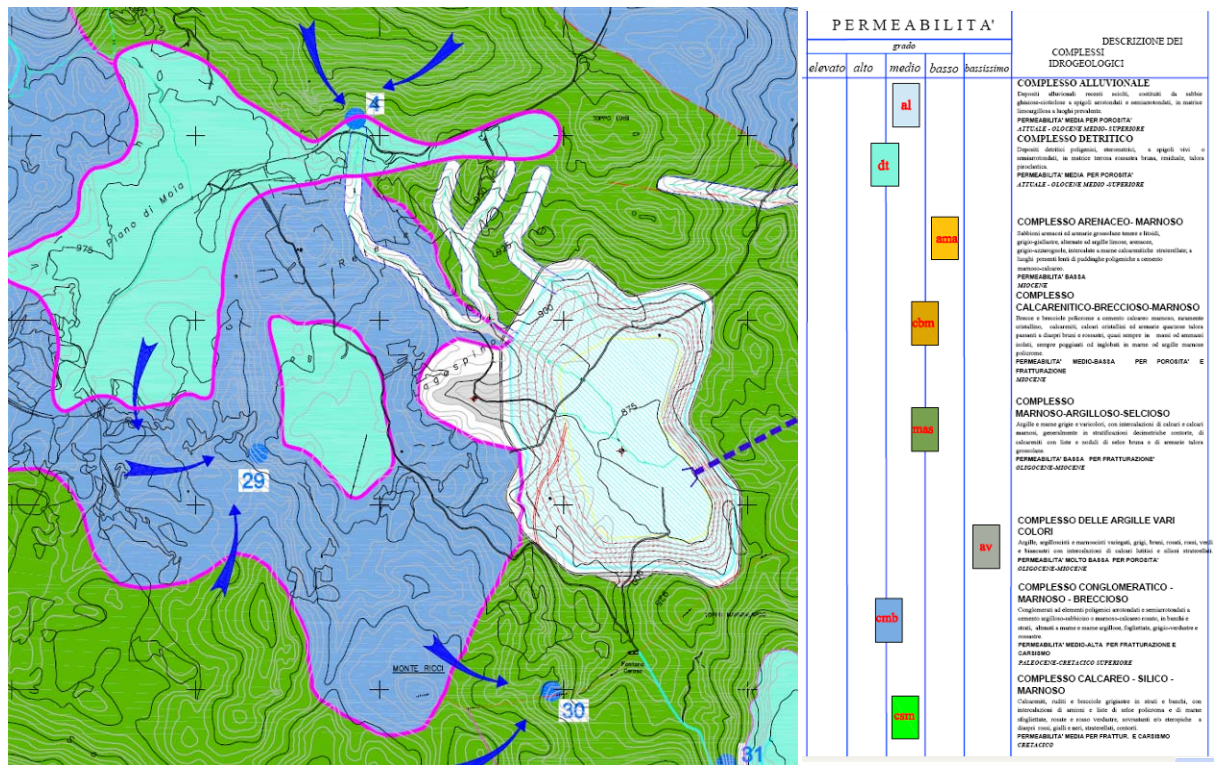


Figura 2 – Planimetria del bacino idrografico afferente all'invaso di Monte Alto

A dimostrazione di quanto sopra affermato, si riporta di seguito uno stralcio della cartografia idrogeologica in cui viene messo in evidenza che il “Piano di Moia” è caratterizzato da un grado medio-alto di permeabilità, essendo costituito da un complesso detritico, e che si è in presenza di un flusso sotterraneo con direzione nord-sud che poi può interessare la sorgente individuata dal n. 29.



**Figura 3 – Stralcio cartografia idrogeologica presso l’invaso di Monte Alto**

Poiché la porzione del bacino idrografico sottesa dal Piano di Moia ha un’estensione di circa 1,7 km<sup>2</sup>, la porzione di bacino residua direttamente afferente al futuro invaso di Monte Alto presenta una superficie di circa 2,5 km<sup>2</sup>. Sottraendo la superficie di circa 0,4 km<sup>2</sup> dello specchio liquido dell’invaso alla quota di massima regolazione di 900 m s.m., si ha che il bacino idrografico superficiale di diretta pertinenza dell’invaso ha una superficie pari a 2,1 km<sup>2</sup>.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche del bacino imbrifero superficiale direttamente afferente all’invaso di Monte Alto:

- superficie del bacino imbrifero: 2,5 km<sup>2</sup>;
- superficie dell’invaso alla quota di massima regolazione: 0,4 km<sup>2</sup>;

- superficie del bacino imbrifero al netto dell'invaso: 2,1 km<sup>2</sup>;
- quota massima del bacino: 1'060 m s.m.;
- quota minima del bacino esterno all'invaso: 900 m s.m..

Per ciò che riguarda la superficie dell'invaso, pari al 16% della superficie del bacino effettivo, le precipitazioni sono captate al 100%. Al contrario, relativamente alla restante porzione di bacino, si può considerare verosimilmente un coefficiente di infiltrazione nel terreno dell'ordine del 60÷70%, per cui solo il 30÷40% delle precipitazioni verrebbe recapitato nell'invaso; in realtà lungo tutto il perimetro dell'invaso verrà realizzato il già citato canale di gronda che raccoglierà tali acque e le convoglierà verso valle, in particolare nel Rio Secco.

### 3.3 CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE DEL BACINO

I dati utili alla caratterizzazione della pluviometria relativa al bacino idrografico afferente all'invaso di Monte Alto sono stati reperiti con specifico riferimento alla stazione pluviometrica di Morcone dagli Annali Idrologici del Compartimento di Napoli per il periodo 1921÷1994, e dalla Regione Campania – Assessorato all'Agricoltura e alle attività produttive, sezione di Agrometeorologia per gli anni compresi tra il 2003 e il 2009.

Detta località (Morcone) si trova ad una distanza di circa 3.5 km dal sito dell'invaso di Monte Alto e costituisce la stazione di misura, tra quelle disponibili, più vicina in termini geografici e più simile come quota alla zona di studio. Si specifica che nel periodo 1921÷1994 il pluviometro era ubicato ad un'altitudine di 640 m s.m., mentre ora il pluviometro è posto a quota 550 m s.m..

Nei grafici seguenti si riportano i valori delle precipitazioni annue registrate, da cui è possibile ricavare che il totale medio annuo è pari a circa 1'240 mm (1'270 mm nel periodo 1921÷1994 e 990 mm nel periodo 2004÷2009) e i valori delle precipitazioni medie mensili.

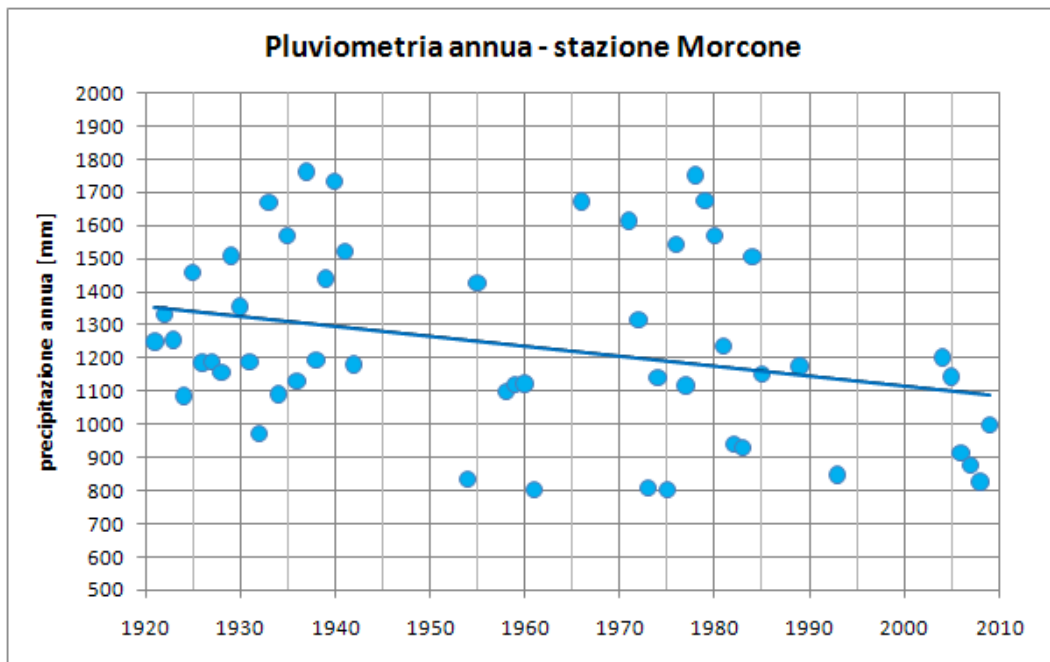


Figura 4 - Precipitazioni annuali misurate presso il pluviometro di Morcone

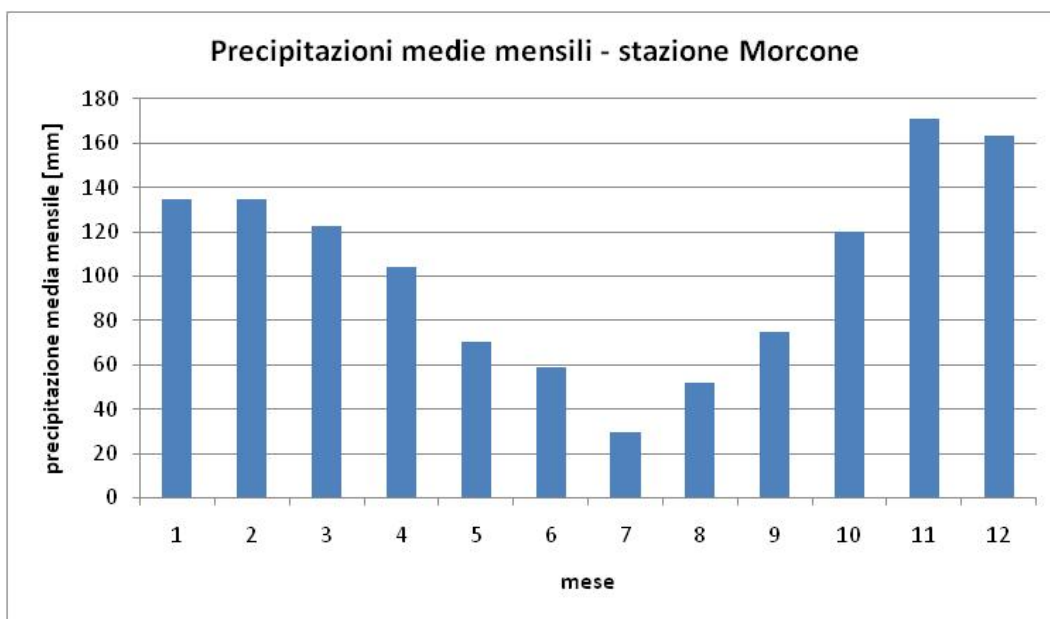


Figura 5 - Precipitazioni medie mensili misurate presso il pluviometro di Morcone (1921÷1994 e 2004÷2009)



### 3.4 CARATTERISTICHE TERMOMETRICHE DEL BACINO

I dati utili alla caratterizzazione della termometria relativa al bacino idrografico afferente all'invaso di Monte Alto sono stati reperiti, con specifico riferimento alla stazione di Morcone dalla Regione Campania – Assessorato all'Agricoltura e alle attività produttive, sezione di Agrometeorologia per gli anni compresi tra il 2003 e il 2009.

Nel grafico seguente (cfr. Figura 6) si riportano i valori delle temperature medie mensili registrate. Il valore medio annuo è pari a circa 13.5°C.

Come detto in precedenza, l'altitudine della stazione di misura di Morcone è pari a 550 m s.m., mentre l'invaso di Monte Alto è posto tra le quote di 873,00 m s.m. (minimo invaso) e 900,00 m s.m. (massimo invaso). Per stimare la temperatura in prossimità dell'invaso di Monte Alto occorre pertanto tenere conto del gradiente termico verticale (variazione di temperatura con l'altitudine), il quale può essere assunto pari a circa 0,6° C ogni 100 metri. Pertanto, la riduzione della temperatura media tra Morcone e Monte Alto è pari a circa 2°C. Nel grafico di Figura 7 si riportano i valori di temperatura medi mensili relativi all'invaso di Monte Alto.

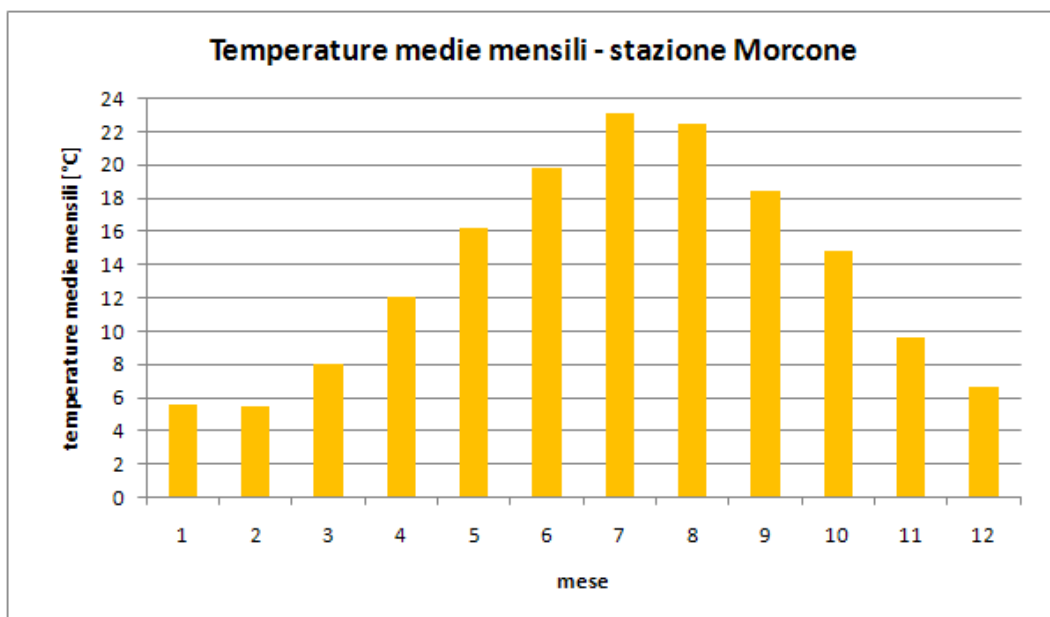
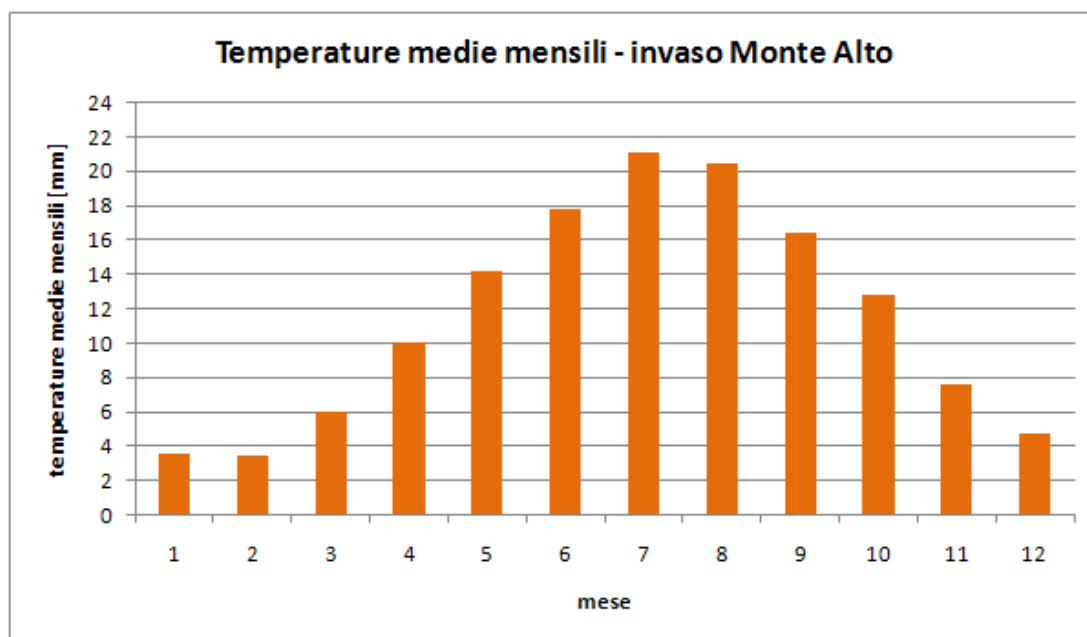
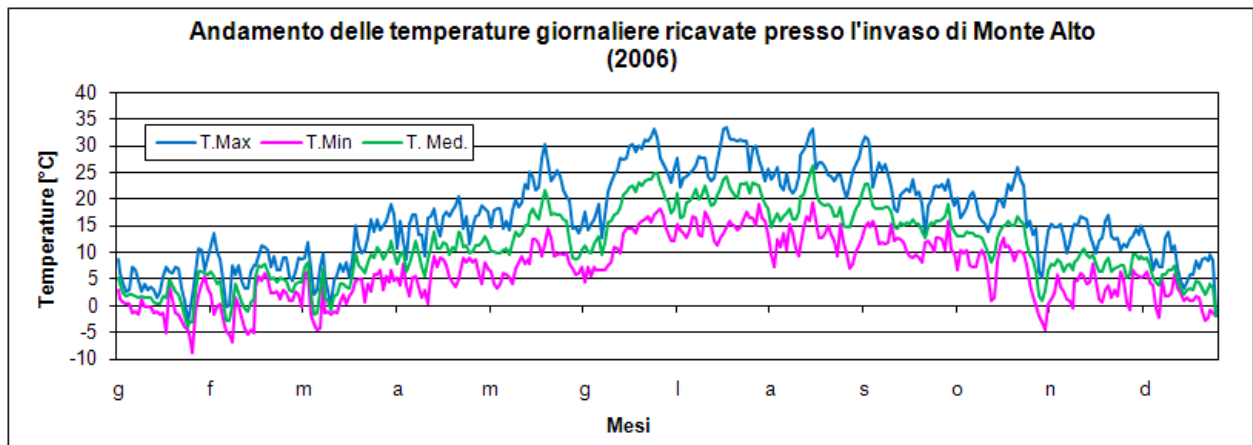
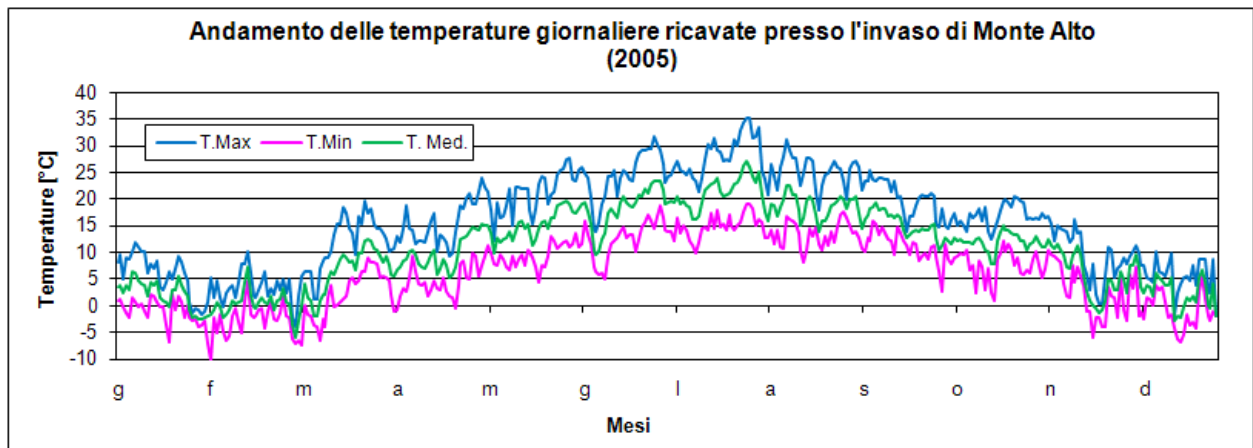
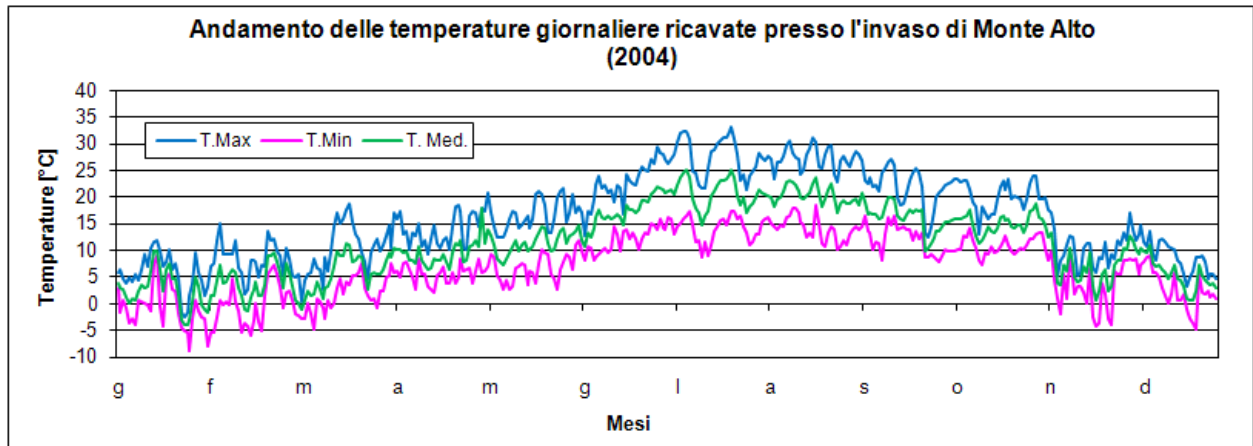


Figura 6 - Temperature medie mensili misurate presso il pluviometro di Morcone (2004-2009)



**Figura 7 - Temperature medie mensili calcolate presso l'invaso di Monte Alto**

Nei diagrammi seguenti (cfr. Figura 8), sempre con riferimento all'invaso di Monte Alto, vengono riportati i valori delle temperature minime, medie e massime giornaliere ricavate dai valori registrati a Morcone, a cui sono stati sottratti 2°C per tenere in conto dell'effetto del gradiente termico verticale sopra citato. E' evidente come le temperature minime invernali possono raggiungere valori prossimi a -5 ÷ -10 °C, mentre le temperature massime estive possono raggiungere valori prossimi a 30 ÷ 35 °C.



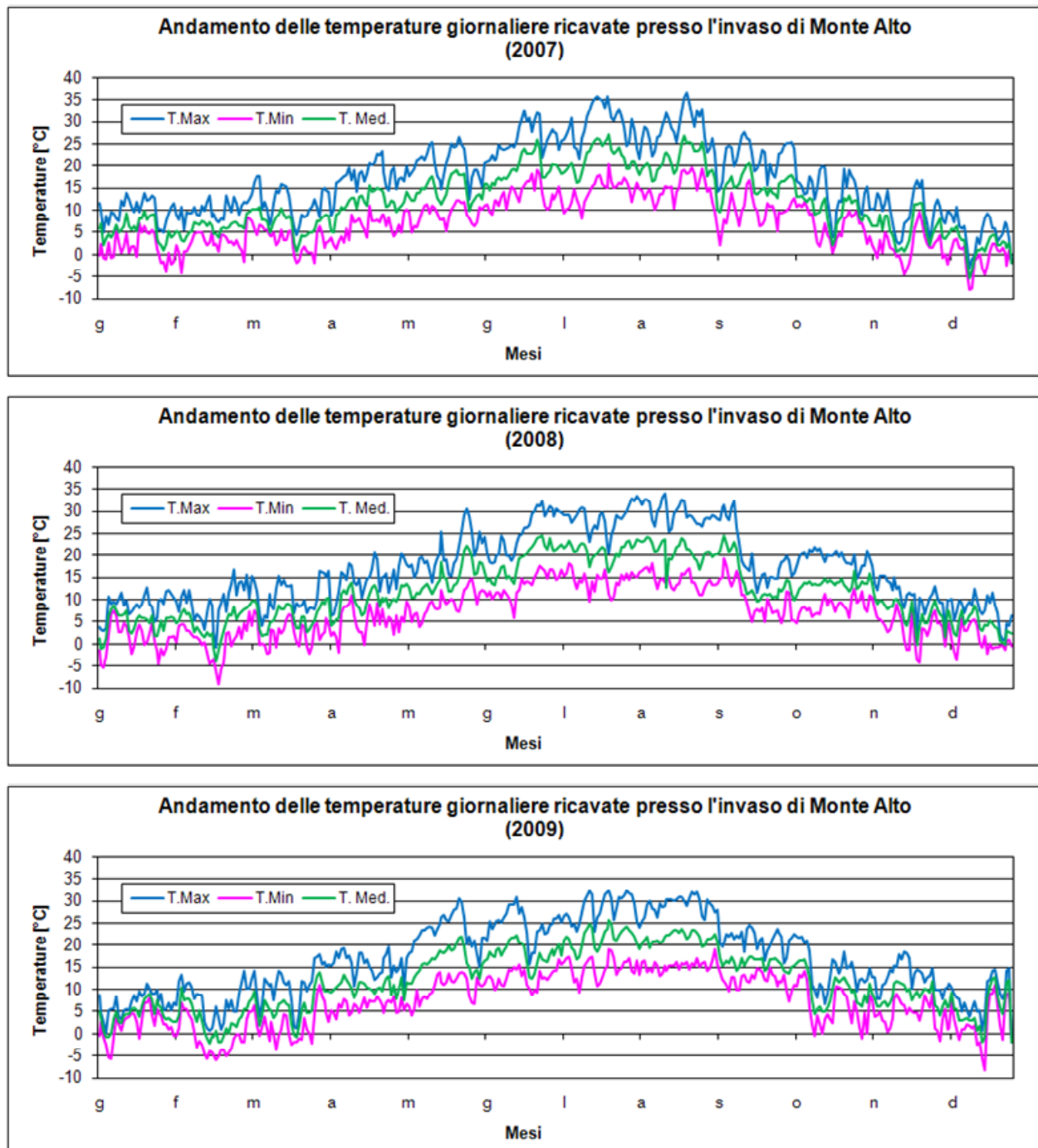


Figura 8 - Temperature minime-medie-massime giornaliere presso l'invaso di Monte Alto

### 3.5 STIMA DELL'EVAPORAZIONE DELL'INVASO DI MONTE ALTO

Il calcolo dell'evaporazione di un invaso può essere effettuato attraverso stime empiriche sviluppate sulla base di misurazioni sperimentali.

Nel caso in oggetto si è fatto riferimento alla formula proposta da W. Dragoni e D. Valigi,

valutata in base a misure effettuate con evaporimetri nell'Italia Centrale, versante tirrenico. Tale formulazione è stata preferita rispetto a quella proposta da Visentini, che venne tarata su misure effettuate sul lago del Molato nell'Appennino Piacentino. Gli stessi Autori (W. Dragoni e D. Valigi) indicano che l'applicazione della formula di Visentini risulta essere poco affidabile alla zona da loro considerata (sovrastima del 60% rispetto ai valori misurati).

La formula proposta da W. Dragoni e D. Valigi è la seguente:

$$E = 19,007 \times (i_m)^{3,063} \times T^{0,468}$$

con

$E$ : evaporazione [mm/mese];

$i_m$ : indice di insolazione mensile di Thornthwaite, funzione della latitudine;

$T$ : temperatura media mensile [°C];

Nella tabella seguente sono riportati i valori dell'evaporazione e dei diversi dati utilizzati per l'applicazione della formula di W. Dragoni e D. Valigi.

**Tabella 3 - Calcolo dell'evaporazione nell'invaso di Monte Alto in funzione della temperature registrate nel periodo 2004-2009**

	<i>gen</i>	<i>feb</i>	<i>mar</i>	<i>apr</i>	<i>mag</i>	<i>giu</i>	<i>lug</i>	<i>ago</i>	<i>set</i>	<i>ott</i>	<i>nov</i>	<i>dic</i>
<i>indice insolazione</i>	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
<i>temperatura</i>	3.6	3.5	6.0	10.0	14.2	17.8	21.1	20.5	16.4	12.8	7.6	4.7
<i>Evaporazione</i>	20	19	48	77	127	145	165	130	79	55	28	21

Il valore annuo complessivo dell'evaporazione è pari quindi a 914 mm, con un valore massimo nel mese di luglio, pari a 165 mm.

Considerando che la superficie media dell'invaso di Monte Alto è pari a circa 275'000 m<sup>2</sup> (superficie massima, a quota 900,00 m s.m., pari a circa 405'000 m<sup>2</sup> e la superficie minima, relativa alla quota 873 m s.m., è pari a circa 144'000 m<sup>2</sup>), si ha che la perdita di volume per evaporazione è pari a circa 251'000 m<sup>3</sup>/anno, con un valore massimo mensile (luglio) pari a circa 45'000 m<sup>3</sup>/mese.

### 3.6 STIMA DEL BILANCIO IDRICO DELL'INVASO DI MONTE ALTO

Considerando che il bacino imbrifero afferente all'invaso di Monte Alto non contribuisce ad alimentare l'invaso in virtù del fatto che l'invaso sarà circondato da un canale di gronda, con recapito nel Rio Secco posto a valle dell'invaso di Monte Alto in posizione nord-est, l'unico apporto naturale (ad esclusione delle portate derivate da Campolattaro) deriva dalla precipitazione che avviene direttamente in corrispondenza dell'invaso. Considerando che la superficie dell'invaso posta internamente al canale di gronda ha un'estensione di circa 460'000 m<sup>2</sup> e l'altezza di pioggia media annua è pari a circa 1240 mm (relativa al periodo 1921÷1994 e 2004÷2009), l'apporto pluviometrico all'invaso è pari a circa 569'000 m<sup>3</sup>/anno. Se si considera invece l'apporto meteorico registrato solo nel periodo 2004÷2009, pari a 993 mm, l'apporto pluviometrico all'invaso è pari a circa 45'000 m<sup>3</sup>/anno.

Poiché le perdite per evaporazione, stimate in precedenza, sono pari a 251'000 m<sup>3</sup>/anno, il bilancio idrico annuo dell'invaso è caratterizzato da un surplus di risorsa pari a circa 317'000 m<sup>3</sup>/anno, considerando il periodo 1921÷1994 e 2004÷2009, corrispondente ad una portata media di circa 10 l/s, oppure, considerando solo il periodo 2004÷2009 (omogeneo con le misure di temperatura), pari circa a 205'000 m<sup>3</sup>/anno (circa 7 l/s).

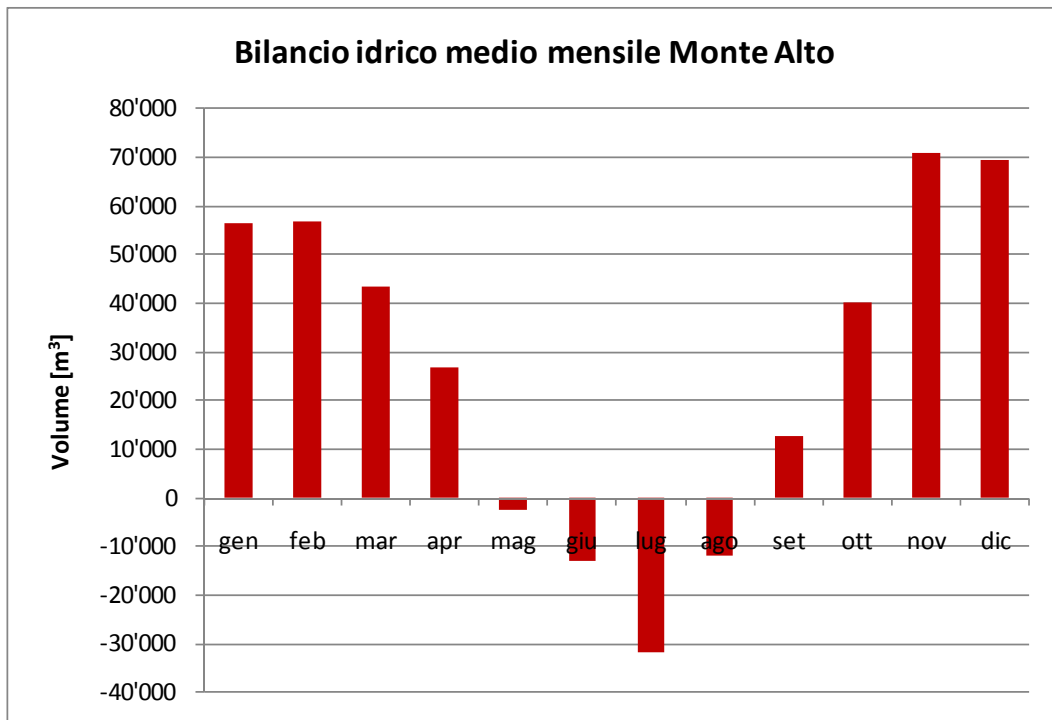
Nella tabella seguente si riportano i valori del bilancio idrico mensile medio dell'invaso di Monte Alto; gli stessi dati sono riportati graficamente nella figura che segue. Dai valori riportati si evince un deficit di bilancio nel mese di luglio ed un massimo di surplus nei mesi di novembre e dicembre.

**Tabella 4 - Bilancio idrico mensile medio dell'invaso di Monte Alto (1921÷1994 e 2004÷2009)**

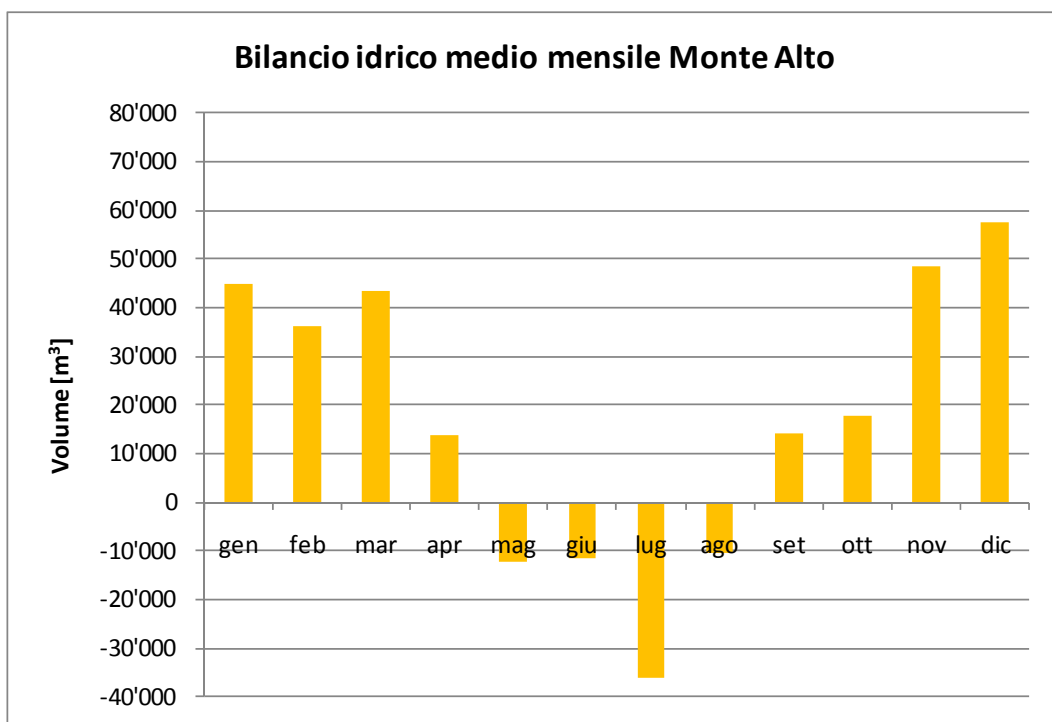
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	totale
Precipitazione [mm]	134	135	123	104	70	59	29	52	75	120	171	163	1'237
Evaporazione [mm]	20	19	48	77	127	145	165	130	79	55	28	21	914
Precipitazione [mc]	61'868	62'111	56'537	47'932	32'410	26'984	13'516	23'893	34'487	55'377	78'675	75'052	569'020
Evaporazione [mc]	5'544	5'297	13'218	21'171	35'006	39'854	45'319	35'672	21'846	15'228	7'639	5'656	251'450
P-E [mc]	56'324	56'814	43'318	26'761	- 2'596	- 12'869	- 31'803	- 11'778	12'640	40'149	71'036	69'396	317'391
P-E [mc] cumulato	56'324	113'138	156'456	183'217	180'620	167'751	135'948	124'170	136'810	176'959	247'995	317'391	
P-E [l/s]	21	23	16	10	-1	-5	-12	-4	5	15	27	26	10

**Tabella 5 - Bilancio idrico mensile medio dell'invaso di Monte Alto (2004÷2009)**

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	totale
Precipitazione [mm]	109	90	123	76	50	62	20	54	79	72	122	137	993
Evaporazione [mm]	20	19	48	77	127	145	165	130	79	55	28	21	914
Precipitazione [mc]	50'270	41'415	56'465	35'067	22'893	28'451	9'223	25'039	36'110	32'997	55'944	63'051	456'926
Evaporazione [mc]	5'544	5'297	13'218	21'171	35'006	39'854	45'319	35'672	21'846	15'228	7'639	5'656	251'450
P-E [mc]	44'726	36'118	43'247	13'896	- 12'113	- 11'403	- 36'096	- 10'632	14'264	17'769	48'304	57'395	205'475
P-E [mc] cumulato	44'726	80'845	124'091	137'987	125'874	114'471	78'375	67'743	82'006	99'776	148'080	205'475	
P-E [l/s]	17	15	16	5	-5	-4	-13	-4	6	7	19	21	7



**Figura 9 - Istogramma del bilancio idrico medio mensile dell'invaso di Monte Alto (1921÷2009)**



**Figura 10 - Istogramma del bilancio idrico medio mensile dell'invaso di Monte Alto (2004÷2009)**

Siccome l'invaso di Monte Alto ha un funzionamento settimanale, considerando il mese più caldo (luglio) ed ipotizzando che la precipitazione settimanale sia nulla, il bilancio idrico si riduce alla sola valutazione della perdita settimanale per evaporazione. In base alle valutazioni riportate in precedenza, si può considerare che il deficit settimanale massimo sia pari a circa  $11'500 \text{ m}^3/\text{settimana}$  ( $165 \text{ mm/mese} / 4 \times 275'000 \text{ m}^2$ ), a cui corrisponde una portata media settimanale di circa 19 l/s.

Questo è in definitiva il valore massimo della portata settimanale "sottratta" dall'impianto alle risorse idriche naturali per compensare la perdita per evaporazione; in realtà tale risorsa viene conferita all'atmosfera per evaporazione nella settimana più calda del mese di luglio.

In base alle analisi sopra descritte si evince che su base annua il fenomeno dell'evaporazione dello specchio liquido dell'invaso di Monte Alto non induce delle perdite idriche nell'invaso di Monte Alto, in quanto risulta compensato dalle precipitazioni che cadono direttamente sull'invaso stesso; solo in alcuni momenti dell'anno, generalmente nei mesi da maggio ad agosto, si hanno delle situazioni di deficit in quanto l'entità delle evaporazioni supera l'apporto meteorico diretto sull'invaso.

### **3.7 VALUTAZIONE DELLE PIENE PER L'INVASO DI MONTE ALTO**

Per la stima delle portate di piena afferenti all'invaso di Monte Alto sono stati inizialmente seguiti due approcci, di cui il primo basato sui risultati del Rapporto VAPI relativo alla Regione Campania, redatto a cura del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (Valutazione delle piene in Campania – F. Rossi e P. Villani, 1994), mentre il secondo si è basato sulle curve di possibilità pluviometrica relative alla stazione di Morcone.

Il progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia, sviluppato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, ha come obiettivo la predisposizione di una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali.

All'interno del Rapporto si è presa in considerazione la sezione riguardante la valutazione delle piogge brevi di forte intensità.

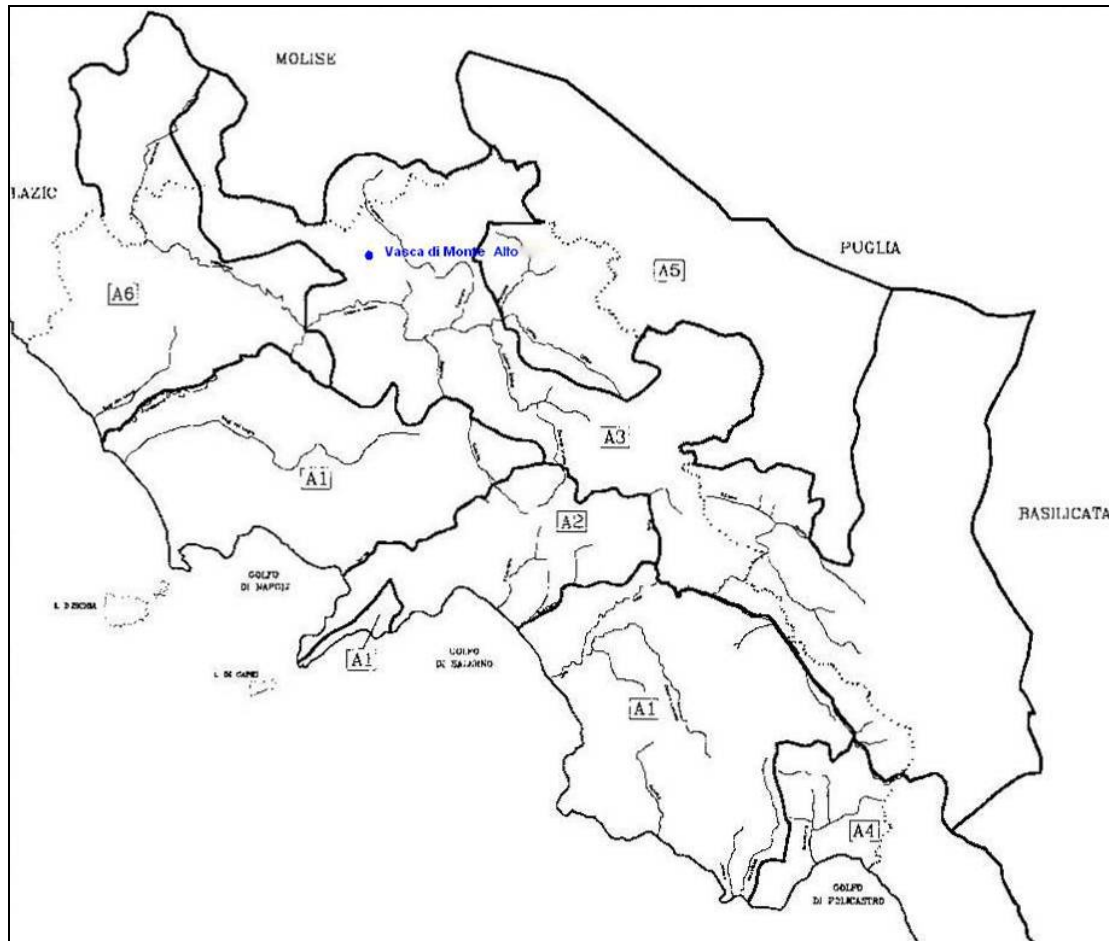
Nell'ambito del Progetto VAPI sono state individuate aree idrologicamente omogenee in cui è possibile assumere che la distribuzione di probabilità dei valori massimi annuali di una grandezza (nel caso specifico le altezze di precipitazione di durata  $d$ ) sia invariante a meno di un fattore di scala rappresentato da una grandezza indice. Quindi la suddetta grandezza può essere espressa come prodotto tra due termini:



$$X(T) = m(d) \cdot K_T$$

in cui  $m(d)$  è la grandezza indice e  $K_T$  un fattore di crescita adimensionale.

Dagli studi effettuati è risultato che la Regione Campania può essere suddivisa territorialmente in 6 zone omogenee di seguito illustrate.



**Figura 11 - Corografia della Regione Campania con indicazione della suddivisione del territorio in 6 aree pluviometriche omogenee per quanto riguarda la regionalizzazione delle medie dei massimi annuali delle altezze di pioggia giornaliere (fonte: VAPI)**

Come si può notare, la Vasca di Accumulo di Monte Alto si trova in zona A3.

La grandezza indice  $m(d)$  è una grandezza relativa all'area considerata ed è generalmente il valore medio dei massimi annuali dell'altezza di precipitazione di durata  $d$ , mentre il fattore di crescita  $K_T$  esprime il legame tra l'altezza della precipitazione di durata  $d$  ed il tempo di ritorno  $T$  ed ha validità regionale.

Per la valutazione della grandezza indice  $m(d)$  si è utilizzata la formula seguente:

$$m[I(d)] = m(I_0) d / (1 + d/dc)^{\beta}$$

con

$$\beta = C + D \cdot Z$$

dove:

$m[I(d)]$  è la grandezza indice,  $Z$  è la quota media del bacino,  $m(I_0)$ ,  $dc$ ,  $C$  e  $D$  sono parametri dipendenti dall'area pluviometrica di appartenenza. Per il caso in esame si hanno rispettivamente i valori 116.7 mm/ora, 0.0976 ore, 0.736 e  $8.73 \cdot 10^{-5}$ .

Il coefficiente di crescita  $K_T$ , funzione del tempo di ritorno  $T$ , assume il valore di 3.26 per un tempo di ritorno di 1000 anni.

Per la determinazione del tempo di corrivazione del bacino, si può utilizzare la formula empirica proposta nel suddetto Rapporto VAPI, nell'ambito di una prima fase di studio del Piano di Bacino del Fiume Volturno dalla Società SAPPRO su incarico del Provveditorato alle Opere Pubbliche per la Campania:

$$tr = 0.116 A^{0.61},$$

in cui  $A$  è la superficie del bacino imbrifero, pari a 2.1 km<sup>2</sup> (al netto della superficie dell'invaso e della porzione di bacino afferente alla depressione del "Piano di Moia"). Per la Vasca di Monte Alto si ottiene un valore del tempo di corrivazione pari a 0.179 ore (circa 10 minuti).

Essendo il valore della grandezza indice adottato per il bacino in esame pari a 9.30 mm, ne consegue un valore di altezza di pioggia millenaria di 30 mm.

Considerando, invece, il metodo delle curve di possibilità pluviometrica, l'altezza di precipitazione  $X$  di durata  $d$  per un fissato tempo di ritorno  $T$  è pari a:

$$X(T) = a' K_T d^n = a_T d^n$$

ove i parametri  $a'$  ed  $n$  relativi alla sola stazione di Morcone (riportati nello Studio del rischio idrogeologico nella Regione Molise), sono pari rispettivamente a:

$$a' = 26.2 \text{ mm/ora}^n,$$

$$n = 0.36$$

Considerando che il coefficiente di crescita  $K_T$  assume il valore di 3.26, si ha che l'altezza di precipitazione complessiva è pari a:

$$h_{T=1000} = 47.6 \text{ mm}.$$

Tale valore è superiore a quello stimato attraverso le formule proposte dal VAPI (+57%).

Siccome il bacino idrografico dell'invaso di Monte Alto è molto prossimo alla stazione

pluviometrica di Morcone e le formule del VAPI si basano su parametri validi per aree omogenee molto estese, si ritiene più affidabile, oltre che più cautelativo, fare riferimento alla stima dell'altezza di precipitazione effettuata attraverso i parametri delle curve di possibilità pluviometrica di Morcone.

Di seguito si riportano i valori di  $a_T$ ,  $n$  per diversi valori del tempo di ritorno, che vengono di seguito utilizzati per la stima degli idrogrammi di piena.

**Tabella 6 - Calcolo dell'altezza di precipitazione per diversi tempi di ritorno nei pressi della stazione pluviometrica di Morcone**

T [anni]	$K_T$	$a_T$ [mm/ora <sup>n</sup> ]	n
10	1.16	30.4	0.36
50	1.89	49.6	
100	2.21	57.9	
200	2.53	66.2	
500	2.94	77.1	
1000	3.26	85.4	

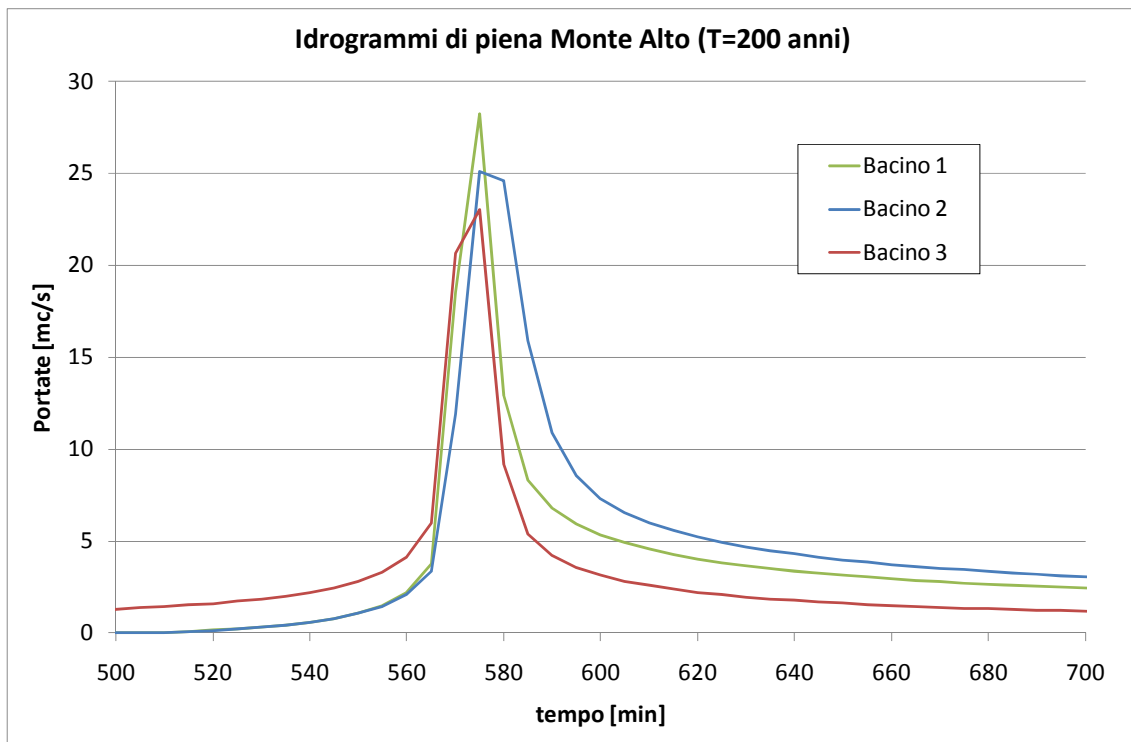
Considerando i valori del tempo di ritorno pari a 200 e 1000 anni, di seguito si riportano i valori delle portate al colmo relativi a:

- 1- bacino idrografico direttamente afferente alla depressione del “Piano di Moia”;
- 2- bacino idrografico afferente direttamente al futuro invaso di Monte Alto;
- 3- invaso di Monte Alto (dovuto alla precipitazione che cade direttamente sulla superficie del lago in progetto).

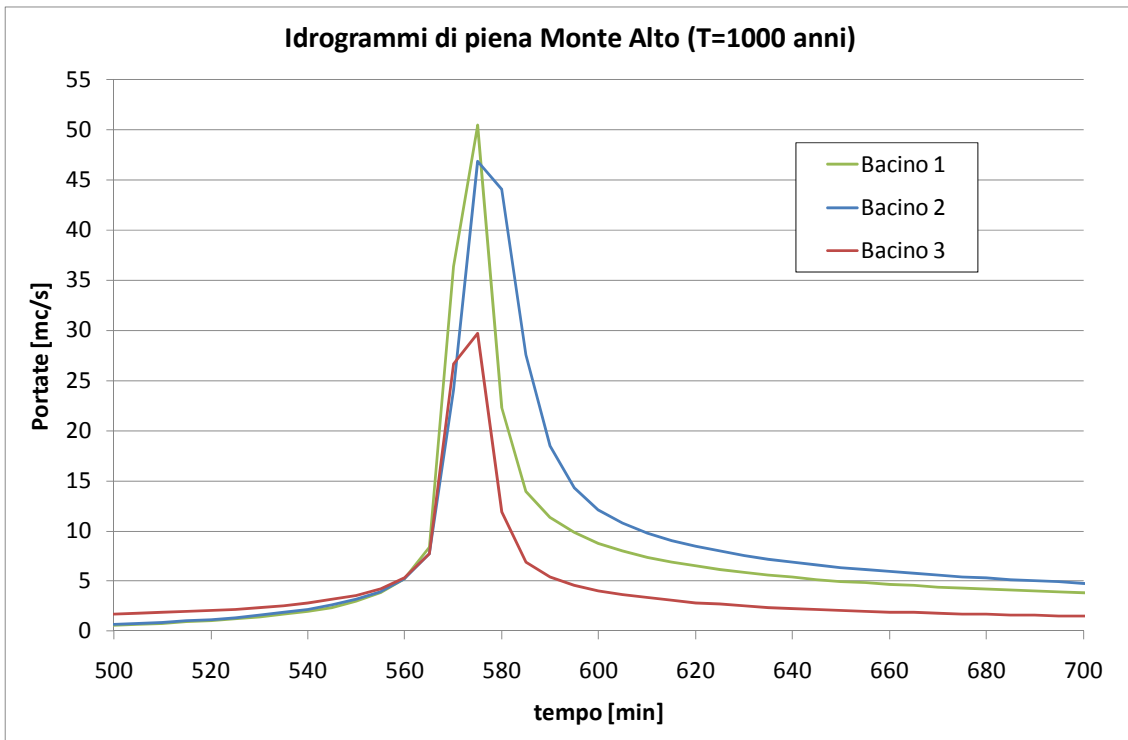
A partire dai parametri delle curve di possibilità pluviometrica, sono stati dapprima ricavati gli ietogrammi lordi di precipitazione utilizzando lo ietogramma Chicago (durata pioggia pari a 24 ore e posizione del picco a 0,4). Per la stima delle perdite per infiltrazione si è utilizzato il metodo CN-SCS considerando come parametro CN il valore di 50 e come volume immagazzinabile nelle depressioni superficiali il valore di 45 mm (in funzione della classe geo-litologica del bacino, costituito da calcari e calcari marnosi – Paleocene – Cretacico sup., e dell'uso del suolo). Per la determinazione dell'idrogramma unitario istantaneo IUH si è utilizzato il metodo di Nash, considerando un tempo di corrivazione pari a 10 minuti per la parte di bacino idrografico afferente al futuro invaso di Monte Alto e pari a 5 minuti per il bacino idrografico direttamente afferente alla depressione del “Piano di Moia”. Nella Tabella 7 si riportano i valori delle diverse grandezze considerate e calcolate in base a quanto sopra esposto, mentre nei grafici sottostanti sono riportati gli idrogrammi di piena.

**Tabella 7 - Calcolo delle portate di piena dei diversi sottobacini**

Bacino	Superficie [km <sup>2</sup> ]	T [anni]	Pioggia lorda [mm]	Pioggia netta [mm]	Volume defl. [m <sup>3</sup> ]	Q colmo [m <sup>3</sup> /s]
1	1.7	200	208	64	109'000	28
1	1.7	1000	268	100	170'000	50
2	2.1	200	208	64	134'000	25
2	2.1	1000	268	100	210'000	47
3	0.4	200	208	208	83'000	23
3	0.4	1000	268	268	107'000	30



**Figura 12 – Idrogrammi di piena per T=200 anni**



**Figura 13 – Idrogrammi di piena per T=1000 anni**

Siccome l'idrogramma relativo al bacino idrografico direttamente afferente alla depressione del “Piano di Moia”, prima di poter defluire verso la parte di bacino direttamente afferente all'invaso in progetto di Monte Alto, deve poter saturare la depressione superficiale, occorre confrontare il volume dell'idrogramma con il volume della depressione al fine di valutare la quota parte di idrogramma che può effettivamente contribuire alla formazione della piena che può giungere all'invaso di Monte Alto.

Il volume della depressione del “Piano di Moia”, in relazione alle sue caratteristiche topografiche desumibili dalla cartografia tecnica regionale, è pari a circa 800'000 m<sup>3</sup>: ne consegue che l'onda di piena che si genera nel bacino “1” non è in grado di saturarla e quindi di defluire verso l'invaso di Monte Alto in progetto. Pertanto la portata di piena che interessa l'invaso di Monte Alto è pari alla somma dei contributi dei soli bacini “2” e “3”. Tali valori di portata sono stati utilizzati per il dimensionamento delle opere di raccolta e di scarico dell'invaso in progetto (canale di gronda e sfioratore di superficie).

#### **4. POSSIBILI PERDITE D'ACQUA**

Nel sistema delle opere in progetto, esiste la possibilità che si verifichino dispersioni d'acqua nelle tre parti principali dell'impianto:

- le sponde o il fondo dell'invaso di Monte Alto;
- la condotta forzata dall'invaso di Monte Alto fino alla Centrale;
- la galleria di restituzione/derivazione dalla Centrale all'invaso di Campolattaro.

Per quel che riguarda l'invaso di Monte Alto è prevista la realizzazione di adeguati interventi di impermeabilizzazione. Essi non dovrebbero consentire perdite d'acqua.

La condotta forzata dall'invaso di Monte Alto fino alla Centrale è prevista in acciaio, blindata e annegata nel calcestruzzo per tutto il suo sviluppo. Conseguentemente le perdite lungo detta opera sono del tutto trascurabili.

La galleria di restituzione/derivazione dalla Centrale all'invaso di Campolattaro è prevista con rivestimento in cemento armato per tutto lo sviluppo. Tale galleria si sviluppa essenzialmente in terreni impermeabili, con perdite d'acqua dalla galleria certamente di ridotta entità.

Per tutto il sistema di opere in progetto si può prudenzialmente considerare un ammontare complessivo delle perdite pari a 30 l/s.

## 5. VOLUMI IDRICI DERIVATI

Al fine di rendere operante e produttivo l'impianto di regolazione in progetto è necessaria la disponibilità di un volume di acqua pari a circa  $7 \text{ Mm}^3$ , che viene prelevato dall'invaso di Campolattaro.

Per altro quest'ultimo non è sottratto definitivamente all'invaso di Campolattaro, bensì fluisce alternativamente verso l'invaso di Monte Alto, durante la fase di pompaggio, per poi ritornare nell'invaso di Campolattaro, durante la fase di turbinaggio.

In considerazione della tipologia di funzionamento dell'impianto in progetto, si ha che la vera e propria derivazione dall'invaso di Campolattaro sarà costituita dall'integrazione della risorsa idrica per compensare le perdite delle opere in progetto. Tale reintegro è stato precedentemente stimato attorno a  $30 \text{ l/s}$ , a cui corrisponde un volume totale annuo di circa  $946'000 \text{ m}^3$ , pari allo 0.8% del volume utile invasato nel Serbatoio di Campolattaro ( $109 \text{ Mm}^3$ ).

## 6. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL RIO SECCO

Nel presente capitolo viene presentato il calcolo relativo alla stima delle portate di piena attualmente afferenti al Rio Secco. Tali valutazioni sono state condotte in quanto il Rio Secco costituirà il ricettore finale delle portate provenienti dal bacino di Monte Alto attraverso le seguenti opere: canale di gronda, sfioratore di superficie e scarico di fondo.

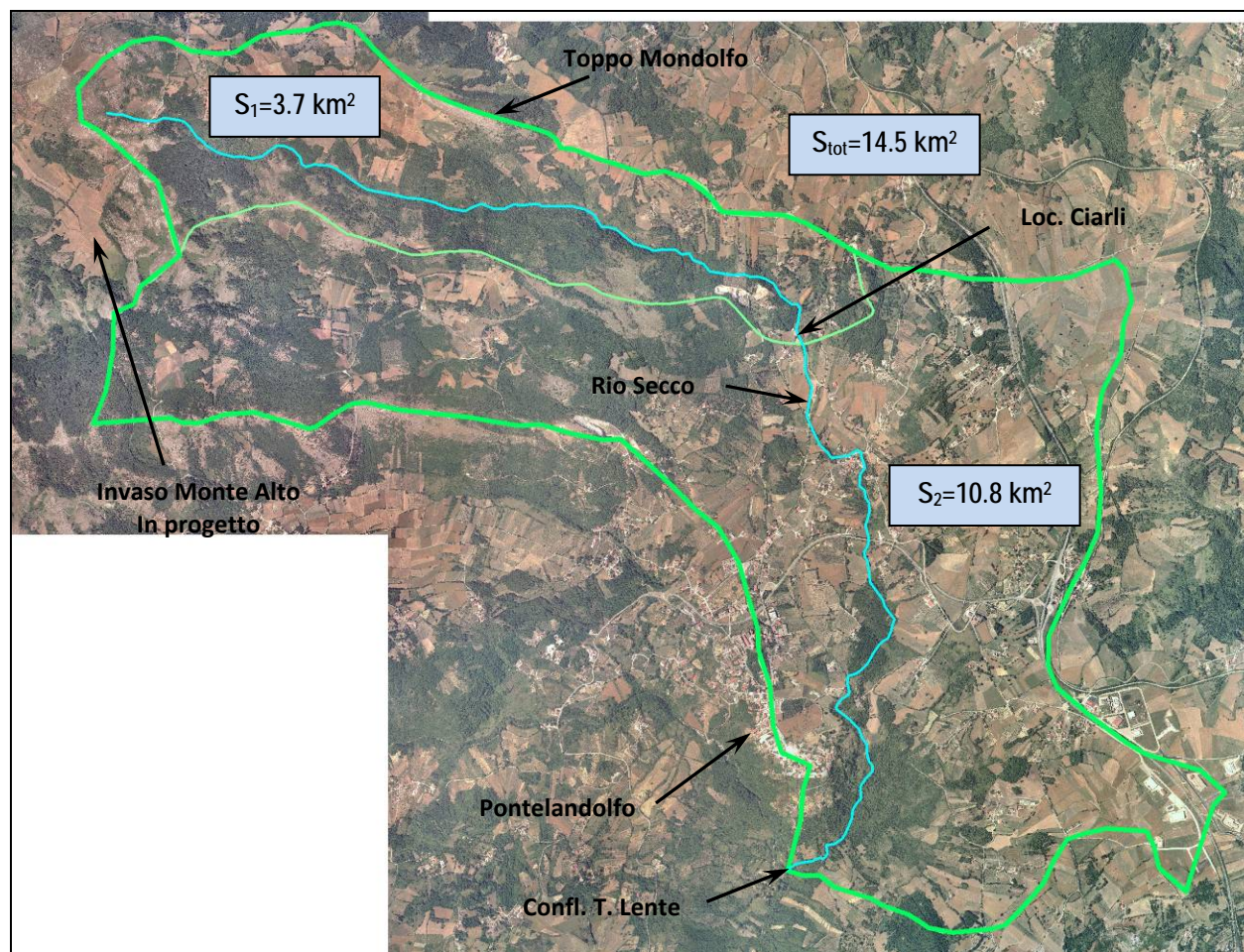
Il Rio Secco, affluente del torrente Lente, nasce dalle pendici dell'altura denominata Toppo Luisi (circa 1'000 s.m.) e scorre in una valle incisa, in direzione est/sud-est, prima di giungere in prossimità della località Ciarli del Comune di Pontelandolfo, dove assume una direzione prevalente verso sud. In tale sezione la quota è pari a circa 520 m s.m.. Tale tratto di corso d'acqua ha uno sviluppo di circa 5 km e la pendenza media è pari a circa il 10% (valori massimi pari a oltre 25% e valori minimi dell'ordine del 5%). Il bacino idrografico relativo al tratto a monte dei centri abitati (loc. Ciarli) è pari a circa 3,7 km<sup>2</sup>.

A valle della località Ciarli il Rio Secco prosegue in direzione sud fino ad immettersi nel torrente Lente a valle di Pontelandolfo. Il tratto compreso tra la località Ciarli e la confluenza con il torrente Lente ha uno sviluppo di circa 4 km, con una pendenza media pari al 4% (quota in corrispondenza della confluenza pari a circa 350 m s.m.). Il bacino idrografico complessivo del Rio Secco a confluenza con il torrente Lente è pari a circa 14,5 km<sup>2</sup>.

Per il calcolo delle portate di piena del Rio Secco è possibile fare riferimento ai parametri delle curve di possibilità pluviometrica relativa alla stazione di Morcone, precedentemente riportate nel paragrafo 3.7.

Seguendo la medesima procedura utilizzata per il calcolo delle portate di piena in corrispondenza del bacino di Monte Alto, sono state valutate le portate di piena del Rio Secco, relativamente alle due sezioni prima citate (loc. Ciarli e a confluenza t. Lente), per alcuni valori del tempo di ritorno. Per il bacino fino alla località Ciarli si è assunto un tempo di corrivazione pari a 15 minuti, mentre per il bacino complessivo si è assunto un tempo di corrivazione pari a 40 minuti.





**Figura 14 – Planimetria bacino Rio Secco**

**Tabella 8 - Calcolo delle portate di piena per il bacino del Rio Secco**

T [anni]	Q colmo loc. Ciarli [m³/s]	Q colmo confluenza T. Lente [m³/s]
100	27	59
200	40	86
500	58	125

I suddetti valori di portata verranno utilizzati nella relazione idraulica per valutare gli effetti che le portate scaricate dall'impianto in progetto potranno avere sul regime idrico del Rio Secco.

Milano, marzo 2011

## I PROGETTISTI

ETATEC srl

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

Dott. Ing. Stefano Croci

Dott. Ing. Filippo Malingegno

Dott. Ing. Omar Cella