



# REGIONE LOMBARDIA

DIREZIONE GENERALE TERRITORIO E URBANISTICA  
UNITÀ ORGANIZZATIVA TUTELA E VALORIZZAZIONE DEL TERRITORIO

## PROGETTO DEFINITIVO

RIASSETTO IDROGEOLOGICO E MITIGAZIONE DEI RISCHI  
NATURALI PRESENTI IN VAL TORREGGIO  
Comune di Torre S.Maria (SO)

DICEMBRE 2006

TITOLO

RELAZIONE GENERALE E DESCRITTIVA

A.T.I.:

MANDATARIA

**STUDIO PAOLETTI**  
INGEGNERI ASSOCIATI  
20133 MILANO - via Bassini, 23 - tel.(02) 26681264  
fax (02) 26681553 - E-Mail: Studiopaoletti@etatec.it

MANDANTE

**ETATEC** S.R.L.  
SOCIETÀ DI INGEGNERIA  
20133 MILANO - via Bassini, 23 - tel.(02) 26681264  
fax (02) 26681553 - E-Mail: ETATEC@ETATEC.IT

MANDANTE

**Prof. Geol. Lamberto Griffini**

20149 MILANO - via E. Pagliano, 37 - tel.(02) 61298369  
fax (02) 61296490 - E-Mail: griffinil@tin.it

Prof. Ing. ALESSANDRO PAOLETTI  
Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI

CONSULENTI:

ASPETTI NATURALISTICI E VEGETAZIONALI :  
Dott. Agr. GIANPAOLO GUZZETTI

NOME

FIRMA

DATA

REDAZIONE

C. Passoni

VERIFICA

G.B. Peduzzi

APPROVAZIONE

A. Paoletti

TIPOLOGIA

PD

COMMITTENTE

122

COMMESSA

06/03

DOCUMENTO

RG

NUMERO

A.01.00

SCALA:

-

## **INDICE**

1. PREMESSA.....	1
2. METODOLOGIA PROGETTUALE .....	5
2.1 LO STATO ATTUALE DELLE OPERE E DEL BACINO .....	5
2.2 LE SOLLECITAZIONI AL BACINO DAL 1989 AD OGGI .....	7
2.3 CORRELAZIONE TRA SITUAZIONE REALE, ANALISI CONDOTTE, RISCHI E OPERE .....	13
2.4 DIFFERENZE MORFOLOGICHE TRA TRATTI SISTEMATI E TRATTI IN OGGETTO .....	20
2.5 ANALISI E SCELTA DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE .....	21
2.6 PROPOSTA PROGETTUALE .....	26
2.7 CONSIDERAZIONI GENERALI SUL RISCHIO RESIDUO.....	31
3. PREVISIONI ECONOMICHE .....	32
3.1 GENERALITÀ.....	32
3.2 QUADRO ECONOMICO .....	35
4. ATTI DEL PROGETTO E CONTENUTI .....	36
 ALLEGATO 1 - Foto aerea ripresa 11 ottobre 2001 (esclusiva per redazione presente progetto e formazione cartografia di bacino scala 1:1.000) .....	 39
ALLEGATO 2 - Documentazione fotografica: opere in progetto.....	44

## **RELAZIONE GENERALE E DESCRITTIVA**

### **1. PREMESSA**

Il presente progetto definitivo riguarda le opere di riassetto idrogeologico e mitigazione dei rischi naturali presenti in Val Torreggio, affluente di sinistra del Mallero in Comune di Torre di S.Maria (Sondrio), comprendenti l'adeguamento, il completamento e la modifica delle opere realizzate sia durante la fase critica dell'emergenza (1987÷1988), conseguente al collasso per erosione al piede di parte del versante in frana in sponda destra e al temporaneo sbarramento del corso naturale del torrente con successiva formazione di onda di crollo verso valle, sia durante il periodo 1991÷1993.

La stesura del presente progetto definitivo si conforma al bando di gara di progettazione emanato dalla Regione Lombardia nell'anno 2001 (a seguito del parere negativo del Ministero dell'Ambiente DEC/VIA/5341 relativamente ai precedenti atti progettuali prodotti da altri professionisti in merito) e che ha visto vincere il progetto preliminare redatto dagli scriventi e alla base della presente progettazione.

Il bando di gara fissava come obiettivo prioritario *“eliminare o ridurre in modo sostanziale il rischio che si verifichi una colata di detrito delle dimensioni pari o superiori a quelle del 1987 e con conseguenze distruttive pari o superiori”*.

Tale obiettivo era da raggiungere attraverso la soddisfazione di quattro esigenze:

- 1) l'analisi dello stato ed efficienza delle opere realizzate in funzione di una apprezzabile riduzione del rischio;

- 2) il contesto geologico, geotecnico-geomeccanico, idrologico ed idraulico dell'area con individuazione delle fenomenologie in atto e l'analisi dei dati disponibili;
  - 3) la definizione delle condizioni di rischio;
  - 4) la definizione delle criticità ambientali
- e mediante criteri di dimensionamento minimo efficace delle opere.

In sintesi, per dare risposta a quanto richiesto si è costituito un gruppo di lavoro interdisciplinare che ha operato secondo il seguente schema:

- I) acquisizione ed analisi di studi, rilievi, documentazioni, pareri significativi esistenti; formulazione di prime ipotesi progettuali di larga massima; individuazione delle necessità di studi di approfondimento (geologia, geotecnica, geognostica, topografia, idrologia ed idraulica);
- II) individuazione dello stato dei luoghi e delle dinamiche in atto per l'elaborazione di una bozza di studio di fattibilità dell'intervento e descrizione tecnico-economica di larga massima delle eventuali alternative; scelta della soluzione preferibile;
- III) redazione del progetto preliminare delle opere relative alla soluzione prescelta (nel 2001 in occasione, appunto, della gara);
- IV) redazione del progetto definitivo con approfondimento delle analisi dei dati di monitoraggio;
- V) redazione dello studio di impatto ambientale (consegnato contestualmente al presente progetto definitivo).

Sin dalle prime analisi condotte in fase di gara si è verificato come, a fronte di una notevole mole di dati aggiornati reperibili dal punto di vista geologico,

geotecnico ed idrologico (fonte Centro Monitoraggio Geologico e Servizio Geologico Svizzero), per la determinazione certa del contesto d'intervento, delle dinamiche di bacino, dell'efficacia delle opere e del contesto ambientale non si poteva prescindere dal disporre di un accurato rilievo aerofotogrammetrico dell'intera area d'intervento (da Torre di S. Maria ad Acquabianca). A tal fine gli scriventi hanno appositamente commissionato e fatto eseguire in data 11 ottobre 2001 un volo atto a garantire la restituzione cartografica in scala 1:1'000 del bacino. Nei singoli atti che compongono il progetto (relazioni e tavole) si ritroveranno i continui riferimenti a tale cartografia (tavole T.03.01÷T.03.03, disponibili in formato digitale tridimensionale) che, oltre a fornire l'indispensabile supporto per la quantificazione di dinamiche e volumetrie, ha consentito il paragone con le analoghe cartografie reperite e riferite alle situazioni ante 1987, post 1987 e al 1990 (tavole T.03.04÷T.03.07) e pertanto una sicura e mirata interpretazione delle dinamiche in atto.

L'assenza di tale strumento non avrebbe consentito, a giudizio degli scriventi, l'ottenimento di un prodotto attendibile nel dare risposte ai precisi quesiti del bando, in quanto i fenomeni in atto non risultano limitati ai soli ambiti di fondovalle ma richiedono l'analisi di dettaglio di zone poste a quote ed in siti inaccessibili ad un rilievo a terra, che risulta invece necessariamente limitato a poche sezioni. Sui versanti, inoltre, il tracciamento di sezioni secondo diverse direttrici (ricavate in automatico dalla cartografia e appoggiate a terra mediante caposalda) ha consentito di sviluppare ipotesi diverse di pericolosità e collasso. La cartografia aggiornata ha infine consentito di ubicare e delimitare

attentamente gli attuali limiti dei dissesti in atto e la geometria dell'alveo oltre che delle zone circostanti (piste di cantiere) fornendo il supporto per le decisioni di minimizzazione degli impatti.

Del resto, come meglio chiarito nel seguito, l'impiego della sola cartografia esistente ("vecchia" di oltre 15 anni), non consentirebbe di cogliere l'evoluzione in atto (o la stabilità di determinati ambiti) e di trovare le conseguenti conclusioni circa l'efficacia delle opere già realizzate e la necessità di nuove opere. Ciò risulta di fondamentale importanza in relazione alla peculiarità di ciascun corso d'acqua, e in particolare del Torreggio, che induce a dare grande valore alla valutazione "sperimentale" circa la reale efficacia delle situazioni idrogeologiche realizzate.

In ultimo occorre sottolineare come il contesto in cui si opera può tendere a disperdere l'attenzione su problematiche a vasta scala portando a trascurare dettagli (per questo è fondamentale una aggiornata cartografia di base) che tuttavia incidono fortemente nelle scelte di progetto.

Di quanto detto si darà riscontro nei capitoli seguenti ove tali attenzioni sono poste in evidenza.

## **2. METODOLOGIA PROGETTUALE**

### **2.1 LO STATO ATTUALE DELLE OPERE E DEL BACINO**

Il primo livello di indagine per la definizione delle condizioni attuali del contesto, e quindi per la taratura del livello base su cui confrontare ogni intervento, è stato individuato nella dettagliata analisi dello stato di conservazione ed efficienza delle opere esistenti, oltre che nell'accertamento della morfologia d'alveo e di versante ad oggi.

Rimandando alle singole relazioni di dettaglio (A.02.01÷B.06.00) per i particolari tecnici, il quadro ricostruito risulta il seguente:

- *l'asta del Torreggio, da Acquabianca a confluenza Mallero, non evidenzia allo stato attuale tendenze ad erosioni o sovralluvionamenti marcati indice di un'evoluzione dinamica del profilo di fondo. Tale giudizio deriva dalla constatazione dei seguenti fattori: il profilo di fondo attuale risulta pressoché identico a quello ad opere ultimate del 1994 in tutto il tratto a monte delle stesse sino ad Acquabianca; le opere provvisoriale di allontanamento della corrente dal piede di frana A (scogliera in massi alla rinfusa poco legati tra loro), pur non essendo state realizzate con ottica di lungo termine, si presentano oggi ancora integre su pendenze di fondo del 27% circa; nel tratto sistemato con le briglie 25÷18 (risalenti agli anni 1991÷1993) non sono presenti scalzamenti o sovralluvionamenti; la briglia selettiva 17 (deputata alla trattenuta del materiale di dimensione ciclopica a protezione del tratto successivo) risulta non invasata e non sono segnalati interventi di svaso negli anni*

passati (indice del fatto che non vi è stata movimentazione di massi ciclopici); lungo il cunettone a salti della zona terminale non è presente materiale depositato. La sintesi di quanto osservato sull'alveo conduce a due possibili interpretazioni alternative: a) il bacino non ha subito sollecitazioni negli 8 anni passati dal 1993 ad oggi; b) il bacino ha subito sollecitazioni sensibili e tuttavia l'insieme delle opere realizzate e della conformazione attuale dell'asta risulta sufficientemente stabile. Nel successivo paragrafo 2.2 si fornirà l'interpretazione degli scriventi in merito;

- *i numerosi versanti sotto osservazione (frana A in destra idrografica con l'appendice di valle A<sub>v</sub> mobilizzatasi nel 1988; frana B in sinistra e ad entrambi i lati dell'abitato di Masoni; frana C in destra idraulica a monte dell'Arcogliasco; frana D in sinistra a fronte frana C; frana E in loc. Acquabianca in destra e sinistra – vedi relazione geologica B.03.01) presentano dinamiche difformi e tuttavia tendenze a movimenti ben individuabili. Tale giudizio deriva dal fatto che i versanti di frana C ed E, e parzialmente la D, si presentano per lo più con tendenza marcata alla colonizzazione da parte del bosco (cfr. foto aeree 2001 e foto aeree 1987 in Allegato 1 e foto a terra in relazione A.02.01 e negli altri atti); la nicchia di frana A<sub>v</sub> non manifesta movimenti e risulta pertanto stabilizzata dal contrasto al piede garantito dal rialzamento d'alveo eseguito nel corso degli anni 1991÷1993; la frana B presenta movimenti di tipo viscoso (da strumentazione) significativi specie in corrispondenza di eventi pluviometrici prolungati e tuttavia non si apprezza una*

variazione morfologica superficiale evidente dal confronto tra le varie basi cartografiche; la frana A presenta l'evidente arretramento del ciglio nella zona centrale con scivolamento di volumi anche significativi (spessori 5÷10 m) da quota 1'500 a quota 1'300 m s.m. e il deposito tra quota 1'300 e quota 1'200 m s.m., mentre non si apprezza evidente riduzione di volume del nucleo al piede (da quota 1'125 a quota alveo 1'070 m s.m.) oggetto di erosione parziale e causa dell'innesco del fenomeno del 1987. La sintesi di quanto osservato sui versanti, correlando le cause di dissesto ai due fattori di innesco preminenti (erosione al piede, saturazione per innalzamento dei livelli di falda e, più in generale, formazione di sovrappressioni idrauliche all'interno degli ammassi) conduce alle medesime interpretazioni alternative riportate per l'alveo: a) il bacino non ha subito sollecitazioni negli 8 anni passati dal 1993 ad oggi; b) il bacino ha subito sollecitazioni sensibili e tuttavia l'insieme delle opere realizzate e della conformazione attuale dei versanti risulta sufficientemente stabile. Al successivo paragrafo 2.2 l'interpretazione degli scriventi.

In sintesi, l'analisi di dettaglio supportata dalle indagini e dai dati disponibili evidenzia un generale buono stato di conservazione delle opere (non si rilevano danneggiamenti, erosioni, demolizioni se non in casi isolati e marginali) ed una drastica circoscrizione delle aree di criticità rispetto al panorama al 1990.

## **2.2 LE SOLLECITAZIONI AL BACINO DAL 1989 AD OGGI**

L'analisi circa il grado di sollecitazione a cui è stato sottoposto il bacino del Torreggio dal 1989 ad oggi è stata condotta tramite la consultazione delle

seguenti fonti:

- i dati del Centro di Monitoraggio Geologico (Arpa Regione Lombardia), che rende disponibili sia le piogge massime (con passo temporale 30 minuti) sia le piogge complessive giornaliere, mensili, annuali dal 1989 ad oggi. I dati rappresentano un supporto fondamentale in quanto si riferiscono a numerose stazioni poste nel bacino e nell'intorno dello stesso. Tali dati di pioggia sono quindi integrati dai dati delle letture idrometriche in sezioni poste lungo l'asta del Mallero, tra cui la sezione immediatamente a valle della confluenza Torreggio;
- i dati del Servizio Idrologico e Geologico Nazionale dell'Ufficio Federale per la Protezione dell'Ambiente Svizzero, che rende disponibili le letture idrometriche e pluviometriche delle stazioni gestite (nell'intorno del bacino del Mallero sono attive 4 stazioni: Poschiavino – Le Prese; Poschiavino – La Rosa; Berninabach; Rosegbach – cfr. planimetria di ubicazione in relazione B.06.00) in tempo reale (a 15 gg di distanza dalla registrazione) al sito <http://www.hydrodaten.admin.ch/i/index.htm>;

I suddetti dati sono stati confrontati con le fonti storiche di dati attive nell'area tra cui:

- le serie del Servizio Idrografico Italiano per le piogge di Lanzada assunto, dopo attente analisi (cfr. relazione idrologica B.01.00), come pluviometro di riferimento per la determinazione dei tempi di ritorno dei singoli eventi pluviometrici;

- le serie del Servizio Idrologico e Geologico Nazionale dell'Ufficio Federale per la Protezione dell'Ambiente Svizzero;
- i dati storici di piovosità media annua derivati dallo studio della Regione Lombardia relativo alla Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo (registrate dal 1891 al 1990) a cura di M. Ceriani e M. Carelli.

La sintesi di quanto rilevato (cfr. relazione idrologica B.01.00 e relazione B.06.00 trasporto solido) porta a concludere che:

- dal 1989 ad oggi il bacino della Val Torreggio (e più in generale la Valmalenco) è stato investito da eventi meteorici di forte intensità e breve durata tutt'altro che trascurabili. In Tabella 1 è riportata la sintesi delle elaborazioni sui dati del Centro di Monitoraggio Geologico a confronto con i valori derivanti dalle curve di possibilità pluviometrica di Lanzada. Sia per le durate paragonabili con il tempo di corrivazione stimato del Torreggio (circa 1 ora) sia per durate maggiori si evidenziano numerosi eventi associabili a tempo di ritorno superiore ai 50 anni (con punte che superano eventi di 200 anni) in vari anni e in più stazioni (Torre di S. Maria, Laghi di Chiesa, Ganda di Lanzada, Alla Braccia, Val Torreggio). Si veda, a proposito, la Tabella 1 e la Tabella 2;

**Tabella 1 – Confronto tra le altezze di pioggia (per ciascuna durata) degli eventi più intensi registrate nella stazione di Ganda di Lanzada, con le CPP ricavate dagli Annali Idrologici per Ganda di Lanzada**

Anno	DATA EVENTO	DURATA DI PIOGGIA							
		30 MINUTI		1 ORA		3 ORE		6 ORE	
		$h_{MAX}$ [mm]	TEMPO DI RITORNO CORRISP.	$h_{MAX}$ [mm]	TEMPO DI RITORNO CORRISP.	$h_{MAX}$ [mm]	TEMPO DI RITORNO CORRISP.	$h_{MAX}$ [mm]	TEMPO DI RITORNO CORRISP.
1989	17-dic	2.8	T< 1	5	T< 1	12	T< 1	19.6	T< 1
1990	23-24-set	8	T=1	12.2	T=1	17.6	T< 1	22.6	T< 1
1991	16-giu	7.6	T< 1	12	T=1	19.4	T=1	22.2	T< 1
1992	20-giu	6.5	T< 1	10.2	T< 1	22.5	T=2	31	T=2
1993	10-set	23.8	<b>T&gt; 200</b>	24	<b>50&lt;T&lt; 100</b>	24.3	2<T< 5	24.8	T< 1
1994	06-ago	13.8	<b>T=10</b>	26	<b>T=100</b>	45.8	<b>T=200</b>	48.6	<b>20&lt;T&lt; 50</b>
1995	13-set	7	T< 1	12	T=1	22	1<T< 2	30.8	1<T< 2
1996	13-ago	9	T=1	9.4	T< 1	9.6	T< 1	9.6	T< 1
1997	06-07-nov	5.3	T< 1	6.8	T< 1	18	T=10	31.3	T=2
1998	12-ago	15.6	<b>T=20</b>	30	<b>T&gt; 200</b>	42	<b>T=100</b>	42	<b>T=10</b>
1999	20-ago	9.8	1<T< 2	13.2	1<T< 2	26.4	T=5	38	T=5
2000	24-lug	9.8	T=2	15.6	2<T< 5	32.4	<b>10&lt;T&lt; 20</b>	39.6	5<T< 10
2001	07-gen	22.4	<b>T&gt; 200</b>	26.2	<b>T=100</b>	35.2	<b>T=20</b>	44.2	<b>10&lt;T&lt; 20</b>
2002	24-giu	10.8	2<T< 5	15.6	2<T< 5	17	T< 1	20.2	T< 1
2003	29-ago	23.6	<b>T&gt; 200</b>	32.6	<b>T&gt; 200</b>	44.2	<b>100&lt;T&lt; 200</b>	52.6	<b>T=50</b>
2004	15-set	9	1<T< 2	11.2	T=1	12.8	T< 1	13	T< 1
2005	18-lug	12.2	T=5	15.8	T=5	31	<b>T=10</b>	31	T=2

$h_{MAX}$  = Altezza di pioggia massima registrata nell'anno per la corrispondente durata [mm]

**Tabella 2 – Confronto tra le altezze di pioggia (per ciascuna durata) degli eventi più intensi registrate nella stazione di Val Torreggio, con le CPP ricavate dagli Annali Idrologici per Ganda di Lanzada**

Anno	DATA EVENTO	DURATA DI PIOGGIA							
		30 MINUTI		1 ORA		3 ORE		6 ORE	
		$h_{MAX}$ [mm]	TEMPO DI RITORNO CORRISP.	$h_{MAX}$ [mm]	TEMPO DI RITORNO CORRISP.	$h_{MAX}$ [mm]	TEMPO DI RITORNO CORRISP.	$h_{MAX}$ [mm]	TEMPO DI RITORNO CORRISP.
1999	20-ago	18.6	<b>T=100</b>	19.2	10<T< 20	38.2	T=50	46.8	T=6
2000	24-25-lug	9.5	T=1	18.4	T=10	38.5	T=50	47.3	T=6
2001	10-giu	8.4	T=1	13.6	T=2	32.4	10<T< 20	43.2	T=10
2002	19-giu	20.8	<b>T=200</b>	27.4	<b>T=200</b>	30.2	T=10	30.2	T=2
2003	29-ago	24.4	<b>T=200</b>	30.8	<b>T=200</b>	43.8	<b>100&lt;T&lt; 200</b>	52.2	T=50
2004	14-mar	7.2	T=1	8.4	T=1	11.6	T<1	23.2	T<1
2005	29-giu	13.2	T=10	14	T=2	14.8	T<1	16.2	T<1

$h_{MAX}$  = Altezza di pioggia massima registrata nell'anno per la corrispondente durata [mm]

- dal 1989 ad oggi si sono avuti anni con precipitazioni medie annue (e massime annue) molto significative se rapportate allo storico valore medio annuo di 1'150 mm ed al massimo di 1'700 mm. In particolare in Tabella 3 sono riassunti i dati delle precipitazioni medie annuali e del bimestre più intenso nelle stazioni circostanti il bacino del Torreggio. Sia per le piogge cumulate annue sia per le piogge massime bimestrali si evidenziano anni in cui, in più stazioni (Torre di S. Maria, Laghi di Chiesa, Ganda di Lanzada, Alla Braccia, Val Torreggio), si sono raggiunti e superati i massimi storici (anno 2000). In nessuno degli anni considerati le precipitazioni si sono abbassate sino ai minimi (650 mm) restando per lo più a valori sopra la media;
- i dati del Centro di Monitoraggio risultano supportati anche dalle analisi dei dati del Servizio Idrologico e Geologico Nazionale Svizzero per cui si leggono nelle quattro stazioni campione valori di portate medie e al colmo negli anni tra 1989 e 2001 (cfr. Allegato 1 alla relazione B.06.00) di rilievo nell'ambito della statistica e paragonabili alle dinamiche riscontrate nei dati italiani.

Tabella 3 - Precipitazioni medie annue e bimestre più piovoso (1994-2005)

	ALLA BRACCIA [mm]	TORRE S. MARIA	VAL TORREGGIO	GANDA DI LANZADA [mm]	LAGHI DI CHIESA
Piogge annue					
1994	1239,7	-	-	1154,2	-
1995	-	-	-	-	-
1996	1269,1	949,0	-	1207,7	850,4
1997	936,4	832,1	-	-	-
1998	1104,0	867,8	-	918,0	1150,6
1999	1241,8	1054,4	-	1092,0	1426,4
2000	1693,2	1274,0	1801,4	1638,2	-
2001	1024,8	993	1051	1199,6	-

	<b>ALLA BRACCIA [mm]</b>	<b>TORRE S. MARIA</b>	<b>VAL TORREGGIO</b>	<b>GANDA DI LANZADA [mm]</b>	<b>LAGHI DI CHIESA</b>
<b>Piogge annue</b>					
<b>2002</b>	1545	988,6	1553,2	924,6	831,6
<b>2003</b>	841	646,2	815,4	787	891
<b>2004</b>			740	717,6	
<b>2005</b>			648	496,4	
<b>Piogge bimestre</b>					
<b>1994</b>	463,6 (a+s)	-	-	411,6 (a+s)	-
<b>1995</b>	-	-	-	-	-
<b>1996</b>	418,5 (o+n)	329,6 (o+n)	-	393,9 (o+n)	365,4 (o+n)
<b>1997</b>	449,1 (g+l)	330,8 (g+l)	-	422,6 (g+l)	462,4 (g+l)
<b>1998</b>	373,2 (o+s)	282,8 (o+s)	-	304,0 (o+s)	380,0 (a+s)
<b>1999</b>	498,4 (a+s)	373,2 (s+o)	-	420,6 (a+s)	563,2 (s+o)
<b>2000</b>	616,4 (o+n)	594,0 (o+n)	765,3 (o+n)	649,8 (o+n)	-
<b>2001</b>	353 (g+l)	250,6(m+g)	303,8 (m+g)	308,8 (g+l)	-
<b>2002</b>	608 (o+n)	498,6 (o+n)	630 (o+n)	360 (m+g)	461,8 (o+n)
<b>2003</b>	260 (o+n)	198,2 (o+n)	292,2 (o+n)	266,6 (o+n)	286,6 (o+n)
<b>2004</b>			282,4 (o+n)	219,2 (o+n)	
<b>2005</b>			181,6 (a+m)	158,8 (s+o)	

In ultima analisi pertanto il bacino del Torreggio è stato interessato nei circa 13 anni trascorsi dalla realizzazione delle ultime opere, da un regime pluviometrico caratterizzato da sollecitazioni medio-alte nel confronto con i dati storici, con punte di assoluto rilievo sia per le piogge brevi ed intense (piene in alveo) sia per le piogge cumulate (innalzamento dei livelli di falda) sia per la concentrazione di buona parte delle precipitazioni annue in periodi assai ristretti (si è spesso rilevato come il 35÷50% della precipitazione annua si sia concentrata in soli due mesi, da settembre a novembre ove le statistiche svizzere pongono le maggiori frequenze di piene storiche – Allegato 1 alla relazione B.01.00).

### **2.3 CORRELAZIONE TRA SITUAZIONE REALE, ANALISI CONDOTTE, RISCHI E OPERE**

L'insieme delle analisi riassunte ai paragrafi 2.1 e 2.2 portano a concludere come il bacino, pur presentandosi in una situazione generale (a livello di opere realizzate e di dinamica dei versanti) che non evidenzia degenerazioni acute, sia stato sottoposto negli anni passati a sollecitazioni che avrebbero in teoria avuto la capacità di indurre situazioni di crisi pronunciata.

Il mancato verificarsi di tali evoluzioni negative ha portato gli scriventi ad un approccio che ha permesso di focalizzare i reali elementi a rischio e i punti di fragilità del sistema attuale, cosicché le opere previste mirano alla risoluzione puntuale delle problematiche.

Tutto ciò è stato sviluppato previa un'attenta analisi dei rischi (A.02.01) con l'obiettivo di distinguere nel panorama di dissesto evidente le condizioni di oggettiva pericolosità, nonostante la vastità dei fenomeni (in particolare sui versanti A e B) induca ad un senso di generalizzato pericolo e di imminente evoluzione al collasso.

Per quanto detto in precedenza, nello studio e nella progettazione (cfr. relazione A.02.01), condotte per gradi di approfondimento successivo (studio degli interventi realizzati, verifica della funzionalità, conservazione ed efficacia, individuazione puntuali degli elementi a rischio nel 1987 ed oggi) si è sviluppata la convinzione che gli interventi eseguiti abbiano prodotto, come conseguenza positiva, una riduzione del rischio attuale a livello assai inferiore rispetto a quella che si percepisce dall'imponenza delle devastazioni del luglio 1987 e dalla semplice visione dello stato attuale dei luoghi della media Val

Torreggio. Gli elementi di debolezza (abitazioni, alvei, infrastrutture viarie, ecc.) che la piena concomitante del Torreggio e del Mallero hanno drammaticamente ed impietosamente messo a nudo nel 1987 non si trovano, per quanto esposto nelle relazioni di dettaglio, in una situazione di rischio attuale molto diversa da quella di analoghi insediamenti posti in altre aree del territorio alpino. L'analisi degli investimenti realizzati ha condotto gli scriventi a poter definire (a fronte di altre instabilità presenti nell'area della Val Malenco – es. frana di Spriana) limitato e circoscrivibile con opere di minimo impatto (ambientale ed economico) il rischio residuo sugli elementi cardine del problema:

- le abitazioni di Torre S. Maria prospicienti l'alveo del Torreggio (2-3 unità cfr. tavola A.02.02);
- la viabilità provinciale con i ponti sul torrente Mallero ed in specie il ponte di Torre S. Maria travolto nella piena del luglio 1987;
- l'imbocco della galleria di deviazione di Spriana;
- il centro abitato di Sondrio.

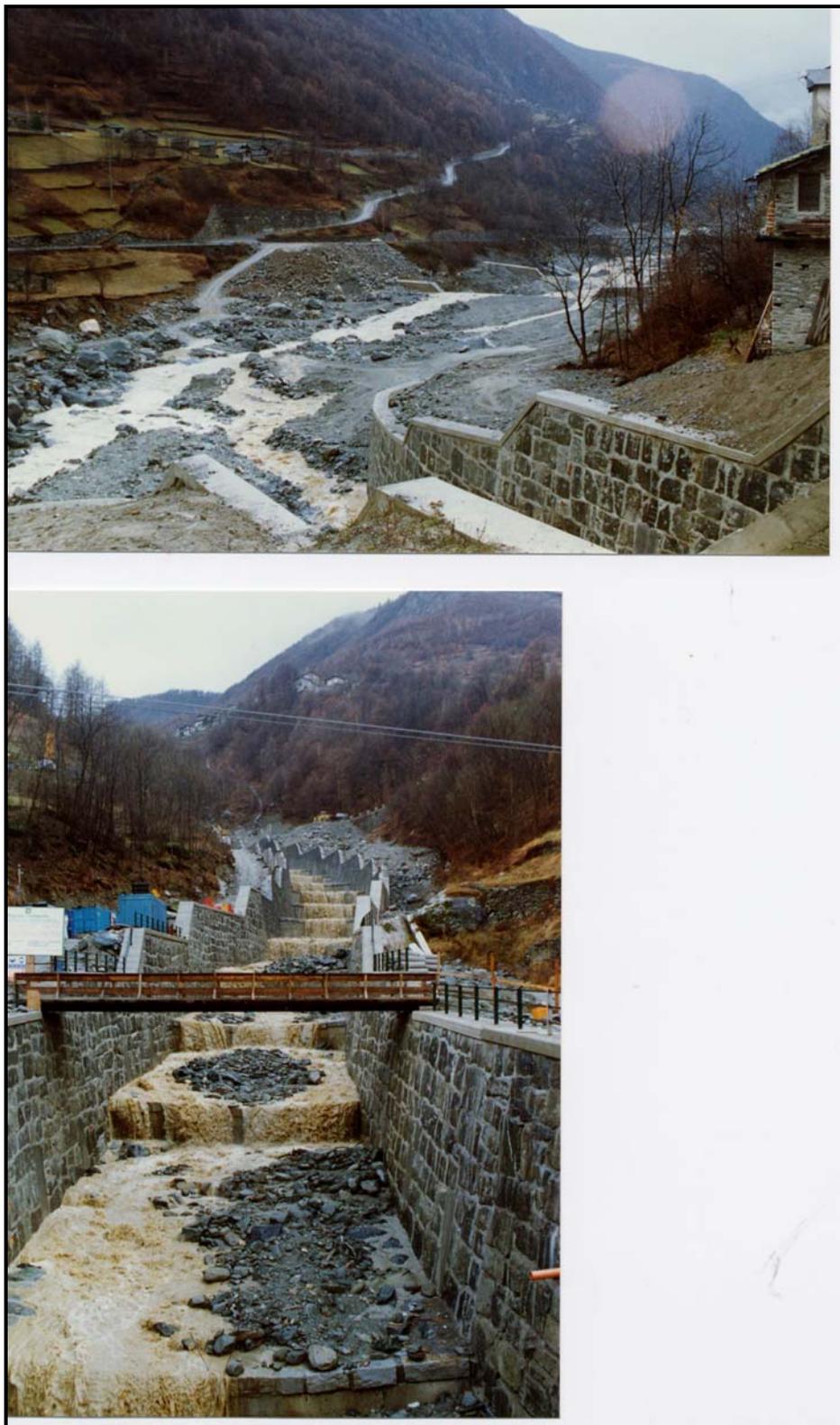
In sintesi si è rilevato che:

- la funzionalità dell'alveo attuale a salti in Torre S.Maria è in linea con l'intento dei progettisti di creare un alveo di scorrimento (a quasi 20 anni dalla realizzazione l'opera è integra e non manifesta tendenza al deposito). La documentazione fotografica relativa ad eventi di piena verificatisi non testimonia (seppur in situazione ancora di elevata instabilità – es. Figura 1 relativa alla piena del 15-12-1989 con l'alveo a monte ancora in piena fase evolutiva) tendenza al deposito di ingenti

materiali;

- la funzionalità dell'opera di rialzamento del fondo alveo in corrispondenza della parte orientale – di valle – della frana A (Av) è ottimale. Infatti questa zona si mobilizzò a partire dal 1988, a testimonianza di una diffusa instabilità dei versanti non più sorretti al piede dall'allargamento dell'alveo da 10 a 30 m circa per il passaggio della piena. Successivamente, dopo il collasso del 1991 e con la conclusione dei lavori di rialzamento del fondo alveo (1993), i movimenti sono diminuiti sino ad esaurirsi a partire dal 1993, senza segnali di riattivazione neppure a seguito di eventi piovosi quali quelli del settembre-novembre 2000 con pioggia pari al 50% della media annua e che ha prodotto movimenti significativi in altre aree (- es. frana B);
- la funzionalità dell'assetto del nuovo alveo assicura la stabilità del fondo e l'asportazione limitata di massi (il profilo all'ottobre 2001 non si scosta dal profilo al termine dei lavori nel 1993 e la briglia selettiva 17 – concepita per trattenere i massi di dimensione ciclopica mobilizzati durante l'evento dell'87 – si presenta vuota a testimonianza di un limitato apporto di erosione);

**Figura 1 - Evento di piena del 15-12-1989**



- la produzione teorica di sedimento e trasporto solido del Torreggio (atto B.06.00) pur in presenza di eventi alluvionali eccezionali non è percentualmente decisiva e tale da indurre rischi all’abitato di Sondrio (ove per poter avere gradi di rischio si devono depositare nel Mallero quantitativi di materiale superiori a 200'000 m<sup>3</sup>), alle infrastrutture viarie (anche in considerazione della conformazione dell’alveo del Mallero a valle della confluenza) e all’imbocco della galleria di Spriana che risulta “protetto” sia da opere di accumulo nel Mallero (briglie a valle confluenza Torreggio e briglia selettiva loc. Prato ad es.) sia dalla conformazione d’alveo con tendenza al deposito nel tratto a monte (cfr. relazione B.06.00);
- le volumetrie residue di movimento franoso (versanti A e B) non sono tali (previa esecuzione delle opere previste dal presente progetto preliminare) da poter alterare significativamente il grado di rischio;
- le evoluzioni dei versanti C, E, e parzialmente D, sono tali da non indurre previsioni di rischi per le infrastrutture di valle, essendo inoltre poste in zone ove le pendenze dell’alveo risultano inferiori a quelle di valle.

I risultati conducono pertanto a circoscrivere i rischi ai seguenti fattori:

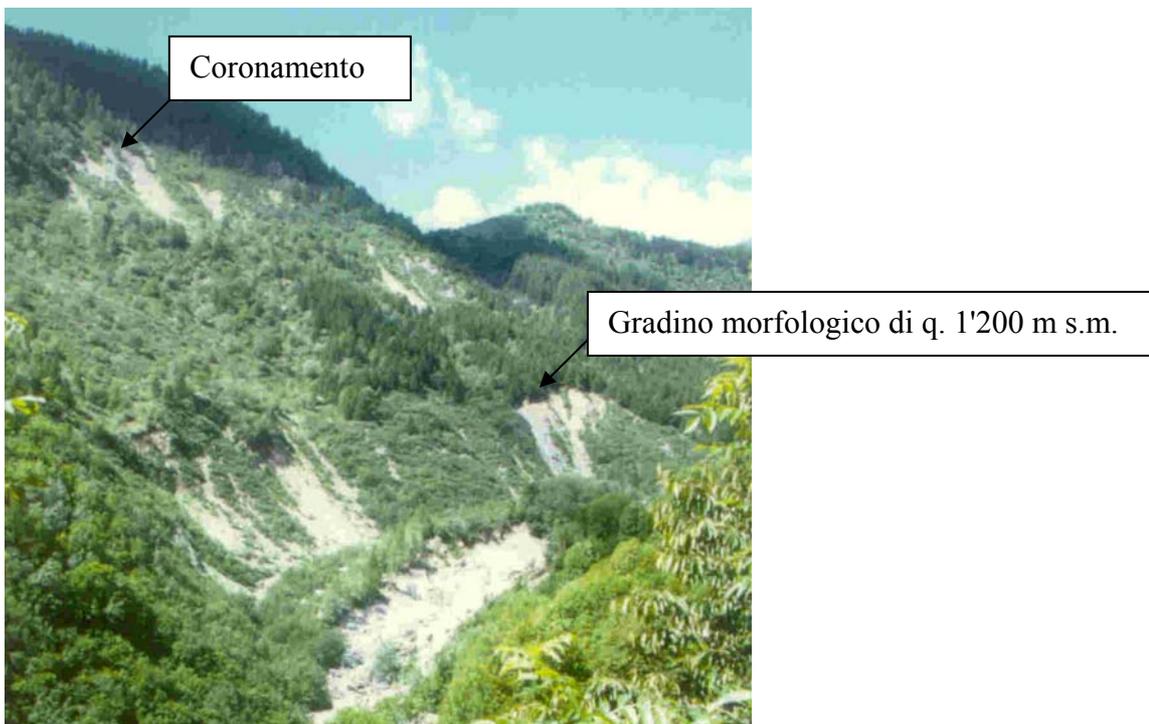
- la possibilità che, per un eventuale sbarramento in alveo (prodotto da collasso del piede della frana A che risulta l’elemento a maggior rischio – cfr. relazione B.05.01), si produca un’onda di collasso di impatto devastante sulle opere realizzate e su Torre S.Maria è circoscritta dal fatto che l’alveo sistemato è stato verificato per portate di piena liquido-solida pari a 400 m<sup>3</sup>/s. Da tale analisi si è rilevata unicamente la zona di

- debolezza costituita dalla transizione tra briglia selettiva 17 e cunettone ove occorre prevedere un modesto rinforzo spondale al fine di impedire la fuoriuscita della corrente e l'aggiramento dei muri perimetrali. I restanti tratti, anche nell'ipotesi di sovralluvionamento per ora non suffragata dagli eventi, contengono tali portate massime e ancor più le portate liquide che già in questi anni hanno interessato le opere;
- la possibilità che vi sia un collasso di versante tale da produrre lo sbarramento temuto e sopramenzionato è circoscritta alle seguenti zone:
    - coronamento frana A con volumetria massima di circa 80'000 m<sup>3</sup> che per la conformazione locale e per quanto osservato dal 1994 ad oggi potrebbe giungere ad interessare l'alveo solo marginalmente (cfr. tavola T.03.07 ove si evidenzia la deposizione di materiale proveniente dalla nicchia a tergo del fronte di piede di frana);
    - piede frana A con volumetria massima di 150'000÷200'000 m<sup>3</sup> (cfr. relazione B.05.01) con ripetizione, seppur con minor volume disponibile (200'000 a fronte di 1'000'000 m<sup>3</sup> – cfr. tavola T.03.04 e descrizione dinamiche evento 1987 in relazione B.05.01), della dinamica dell'evento 1987 ove l'erosione al piede ha movimentato la porzione bassa del versante A;
    - frana B con volumetria di notevole dimensione ma caratterizzata da movimento di tipo viscoso, lento e con vettori di spostamento che paiono essere orientati, prevalentemente, in direzione subparallela o, addirittura, divergente rispetto all'alveo;
  - la possibilità che vi sia una movimentazione di fondo e delle sponde nel

tratto tra confluenza Arcogiasco e briglia 25 per effetto della pendenza del tratto con innesco di una colata liquido-solida di entità tuttavia inferiore a quella derivante dall'ipotetico collasso di sbarramento d'alveo prima descritta.

In sintesi l'ipotesi di maggior rischio risulta collegata alla asportazione, da parte della corrente fluviale, di una porzione del versante A, come avvenuto nel corso del luglio 1987. In tale periodo tuttavia l'alveo del Torreggio scorreva proprio al piede del versante che non risultava protetto da strutture o rilevati. In Figura 2 è riportata la ripresa fotografica del versante e dell'alveo un mese prima dell'evento (giugno 1987). Dal confronto con le riprese successive all'evento ed odierne e con le cartografie (T.03.04÷T.03.07) si rileva proprio come lo sbarramento d'alveo sia avvenuto per asportazione di parte della zona di piede del versante (cfr. relazione B.05.01).

**Figura 2 - Zona A, giugno 1987**



## 2.4 DIFFERENZE MORFOLOGICHE TRA TRATTI SISTEMATI E TRATTI IN OGGETTO

Come descritto l'analisi effettuata porta a concludere che i tratti sistemati si presentano oggi funzionali ed efficaci nei confronti dei rischi che dovevano fronteggiare. L'elemento tuttavia da interpretare è se tali tipologie si adattano anche alla soluzione dei rischi residui evidenziati al paragrafo precedente e quindi possono essere riproposte sino a confluenza Arcogliasco.

Analizzando i dati disponibili e le caratteristiche delle aree in esame, si può affermare che il bacino del Torreggio può essere suddiviso in tre aree sufficientemente omogenee:

- la *zona terminale* nella quale, a seguito del passaggio della piena del 1987, si era inciso un alveo di larghezza circa 30 m (a fronte dei 10 precedenti) e profondità 5÷10 m che ha privato i versanti del sostegno al piede. In tale tratto i versanti presentano pendenze dell'ordine del 100% (tavola T.03.01 – rilievo 1:1.000 stato di fatto) con punte superiori su cui si sono sviluppati gli abitati (cfr. fraz. Dosso). La stabilità dei versanti era dunque inficiata dalla perdita di sostegno al piede come avvenuto per la frana A<sub>v</sub> innescatasi successivamente agli eventi (1988) con sviluppo altimetrico ridotto a poche decine di metri;
- la *zona centrale* oggi caratterizzata da un allargamento della valle e da due versanti che, seppur in dissesto, presentano pendenze minori e dinamiche di movimento diverse (lento scivolamento viscoso per la frana B su pendenze minori del 30%; arretramento della zona di coronamento con possibile collasso di zone residuali di nicchia a quote elevate – 400 m sul fondo

alveo – per la frana A e possibile erosione al piede della zona bassa nel caso di avvicinamento della corrente);

- la *zona alta* caratterizzata da pendenze d'alveo nettamente inferiori (minori del 20%) su cui eventuali fenomeni di debris – flow trovano la possibilità di arresto (B.02.00) e da versanti in netto recupero ambientale testimoniato dalla crescita notevole di vegetazione dal 1994 ad oggi (foto aeree Allegato 1 e foto a terra in A.02.01).

## 2.5 ANALISI E SCELTA DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE

Per effetto di tutto quanto detto (caratteristiche delle aree, precedenti progettazioni, ecc.) le alternative focali di intervento analizzate e confrontate sono state le seguenti:

- A. *stabilizzazione dell'alveo nel tratto tra briglia 25 ed Arcogliasco con conformazione rigida (briglie, soglie e muri d'ala) ovvero con conformazione flessibile (scogliere, setti in massi ciclopici);*
- B. *contenimento del trasporto solido da monte con bacini di accumulo ovvero scelta di non intervento per mantenere le dinamiche di trasporto attuali;*
- C. *rialzamento del fondo alveo per appesantimento del piede di frana A e B ovvero drenaggio delle acque superficiali e profonde che interessano, a vari livelli, gli ammassi.*

La scelta di progetto, sulla base di tutte le analisi condotte e descritte in dettaglio nelle relazioni specialistiche del presente progetto, è stata la seguente:

- A. **conformazione flessibile;**
- B. **non intervento sulle dinamiche di trasporto;**

**C. drenaggio delle acque superficiali e profonde.**

Nel seguito si dà riscontro delle motivazioni di tali scelte.

Alla luce di quanto descritto, l'intervento nella zona terminale, che doveva restituire il piede ai versanti in un ambito ristretto e contrastare movimenti di spessore modesto e che ha presentato ottima funzionalità, mal si adatta alla zona centrale ove un rialzamento del fondo imponente (10 m ed oltre), analogo a quello realizzato nel tratto terminale, non contrasterebbe i movimenti di frana B (lenti e coinvolgenti volumi posti centinaia di metri a monte) e di frana A (le zone instabili di nicchia) ed indurrebbe la necessità di realizzare successive opere di stabilizzazione del nuovo fondo (con elementi rigidi) che si troverebbero a loro volta in difficoltà nei confronti dei lenti movimenti di frana B senza possibilità di lieve adattamento.

Il rialzamento inoltre indurrebbe la necessità di reperimento di enormi quantitativi di materiale (centinaia di migliaia di metri cubi) incompatibili con gli equilibri attuali della valle se si pensa che dalla zona di ex-cava in frana B sono stati estratti solo 80'000 m<sup>3</sup>.

D'altra parte per l'allontanamento dell'alveo dal piede di frana A non risulta necessario il rialzamento al fine di guadagnare spazi in quanto già oggi la valle presenta un ampio terrapieno (larghezza minima 20÷40 m) tra alveo e piede versante. Tale terrapieno è oggi difeso dalla scogliera provvisoria realizzata nel 1994 ed ancora pienamente funzionale (cfr. relazione idraulica B.02.00). Come detto tale stabilità (pur di un'opera provvisoria) testimonia di una sufficiente equilibrio dell'alveo seppur sollecitato da eventi rilevanti. La formazione pertanto di strutture rigide (sottoposte alle pressioni lente ma

rilevanti indotte dalla frana B) non risulta giustificata dalla necessità di consolidamento del tratto. Tali strutture rigide inoltre, come detto, si dovrebbero inserire in un contesto di valle ben più ampia rispetto al tratto terminale. Per effetto di tale larghezza (caratterizzata da un terrapieno piano) le eventuali strutture rigide potrebbero essere concepite in una doppia configurazione alternativa:

- di larghezza limitata a 10÷15 oltre l'alveo e in tal caso, nell'eventualità di aggiramento della struttura (come già avvenuto nel 1989 per la presa provvisoria ubicata in tale zona – cfr. A.02.01), le acque troverebbero sfogo proprio ai piedi del versante A che si intende proteggere, in quanto l'elemento resistente del manufatto potrebbe fungere da pennello deflettore;
- di estensione pari alla larghezza della valle (50÷70 m) con costolature (simili per dimensione alle briglie che caratterizzano il piede di frana di Val Pola) che dovrebbero intestarsi nei due versanti in frana con necessità di scavi di notevole impatto sulla stabilità.

La soluzione migliore appare pertanto quella di non interferire eccessivamente con un alveo caratterizzato da corazzamento naturale stabile, creando unicamente elementi rompi-tratta flessibili che limitino eventuali inneschi di slope – failture a tratte di alveo ben circoscritte (settori di 40÷50 m) e non siano corpi estranei alla dinamica dei luoghi oltre a non fungere da ostacolo insormontabile per la corrente in caso di aggiramento. Come detto i rischi di aggiramento e di lesione non interessano le briglie esistenti in quanto collocate in ambito totalmente diverso (valle stretta e con versanti non caratterizzati da

spinte lente ma quantitativamente imponenti). La nettissima differenza morfologica può essere agevolmente riconosciuta dalle cartografie attuali anche se nel tratto sistemato l'alveo si presenta sopraelevato rispetto all'originale di circa 10 m.

Sul versante A inoltre la dinamica degli anni trascorsi per cui franamenti di masse volumetriche dell'ordine di quelle ancora instabili (40'000÷80'000 m<sup>3</sup>) non hanno raggiunto l'alveo ma si sono fermate lungo il versante stesso e l'insuccesso di ogni tentativo di cantierizzazione del versante (vedi la pista realizzata negli anni 1987 e 1988 ed oggi inesistente) sconsigliano ogni opera in quota (ad eccezione di attività di coronamento delle nicchie e allontanamento delle acque superficiali in zona Braccia di Maulino).

Quanto detto per la zona intermedia vale a maggior ragione per il tratto a monte del torrente Arcogliasco ove le pendenze d'alveo risultano minori e i rischi di collasso di versante ridotti dalla stessa evoluzione naturale dei luoghi.

In secondo luogo, l'insieme delle considerazioni in merito al trasporto solido medio annuo atteso (circa 30'000 m<sup>3</sup> cfr. realzione B.06.00), alla capacità di smaltimento naturale dell'asta torrentizia testimoniata oggi dall'assenza di sovralluvionamento (sia in alveo che nella briglia selettiva che nel cunettone di valle), alla minor probabilità di movimentazione nel tratto di massi ciclopici (per effetto della maggior stabilità dei versanti e della minor pendenza) rende la formazione di bacini di ritenuta oltre che inutile anche dannosa se rapportata alle esigenze di manutenzione ed alla lettura dei luoghi ad oggi:

- se infatti tali bacini vengono previsti con capacità di intercettazione di pezzature medio-basse si rischia di innescare un fenomeno di erosione a

valle (per mancanza di apporto solido da monte nei periodi di morbida come descritto in relazione idraulica B.02.00) e di far trovare le strutture piene (per il trasporto medio annuo) nel momento del bisogno supposto (durante le piene) con soprizzo dei livelli idrici in zone di versante normalmente non interessate dalle acque. La situazione attuale testimonia di un buon compromesso tra alveo corazzato da massi ciclopici (diametro 1,0 m ed oltre) e matrice media (10/30 cm) di fondo;

- se tali bacini vengono previsti con funzione analoga a quella della briglia selettiva 17 non sussistono i presupposti affinché vi possa essere, nella zona alta, movimentazione di massa di elementi ciclopici.

Tali realizzazioni, inoltre, poiché necessariamente di volumetria limitata (minore di 15'000÷20'000 m<sup>3</sup>) se non si vuole stravolgere l'assetto dei luoghi, indurrebbero oneri annuali di manutenzione con accesso (piste permanenti dai versanti all'alveo) alle zone più integre della valle. Date le caratteristiche dell'asta appare preferibile l'impostazione attuale che tende a favorire il deflusso annuo continuo e progressivo del trasporto nel Mallero, ove già sono presenti zone di accumulo regolato di maggior accessibilità, minor impatto e di dimensioni tali da consentire economie di scala nelle manutenzioni. D'altra parte come detto l'impostazione attuale non evidenzia crisi né sul Torreggio né sul Mallero nelle zone prossime alla confluenza. Per questo si è anche esclusa la possibilità di risagomare la confluenza del Torreggio nel Mallero allargando i muri d'ala e ricavando uno spazio per la sedimentazione del trasporto solido. Tale intervento oltre che di impatto sulla zona urbana e sulla confluenza (ove il bosco si è riappropriato della zona sino ai muri di sponda) non apporterebbe

alcun vantaggio in termini di aumento della capacità complessiva del sistema Torreggio-Mallero in quanto i volumi disponibili sono di ordine di grandezza differente.

In merito infine alla scelta di drenaggio o rialzamento, le dinamiche evidenziate dalla lettura dei dati di monitoraggio (attivazione dei movimenti principali in correlazione ad eventi meteorici prolungati), dalla morfologia dei luoghi (volumi residui posti in quota – A - o con dimensioni non contrastabili da rialzamenti – B -) e dalla tipologia di movimento escludono a priori (cfr. relazione B.05.01) soluzioni efficaci di rialzamento mentre indicano fortemente (già le verifiche degli anni '90 avevano testimoniato il miglioramento dei coefficienti di sicurezza al diminuire dei livelli piezometrici negli ammassi) la necessità di ricondurre le acque (anche superficiali) ad una regimazione razionale.

## **2.6 PROPOSTA PROGETTUALE**

L'iter sommariamente descritto ha condotto gli scriventi a modulare una proposta progettuale che preveda l'abbattimento dei livelli di rischio maggiori e precisamente:

- il controllo delle possibili fuoriuscite d'alveo nella zona che presenta un grado di difesa minore delle restanti (tra briglia 17 e l'inizio del cunettone) con un intervento di sagomatura delle difese esistenti di ridotto impatto sia visivo che economico;
- il controllo della possibilità di collasso del piede della frana A mediante un sistema di drenaggio profondo e regimazione delle acque superficiali

- di ruscellamento dai tre canali che caratterizzano oggi il versante e dalle zone di sorgente censite;
- il controllo dell'erosione superficiale su tale versante (tra quota 1'070 m s.m. e quota 1'125 m s.m.) mediante opere di ingegneria naturalistica;
  - la protezione delle sponde del torrente Torreggio tra confluenza Arcogliasco e briglia 25 con scogliere (in massi alla rinfusa – con setti a coltello di costolatura - ove le larghezza di fondo valle sono maggiori ed a coltello – con approvvigionamento di quantitativi modesti da cava esterna – nelle zone più impervie);
  - la stabilizzazione del fondo in punti controllati tra confluenza Arcogliasco e briglia 25 mediante nove nuclei di massi di dimensione ciclopica recuperati dalla bonifica superficiale di versante sopra l'abitato di Masoni (spessore massimo dell'asportazione 2 m al fine di riportare alla luce un terreno adatto all'impianto di essenze);
  - il drenaggio profondo e la regimazione delle acque superficiali sulla zona di frana B in movimento e della limitrofa ex-cava di prestito;
  - il ripristino delle briglie in muratura a secco sul torrente Arcogliasco che hanno avuto buona funzionalità per 40 anni circa;
  - il consolidamento delle nicchie residue di frana D (circa 3'500 m<sup>2</sup> totali) mediante opere di ingegneria naturalistica senza necessità di accesso a mezzi pesanti di cantiere;
  - la pulizia del versante A dalle reti metalliche ammalorate e la sistemazione finale della zona A<sub>v</sub> (già stabile) con opere di ingegneria naturalistica;

- la rimozione della vecchia tubazione di by-pass in sponda sinistra che può veicolare acqua in zone concentrate ed innescare così (nelle zone dove la tubazione è fessurata o interrotta) piccoli franamenti come avvenuto presso la briglia 18 ed il risanamento di tale nicchia (circa 1'600 m<sup>2</sup>);
- un primo modulo di recupero della zona di cantiere ed ex-cava oggi degradata.

L'insieme delle opere descritte in dettaglio in relazione A.03.00 affronta come detto le situazioni di maggior rischio con un onere ambientale ed economico assolutamente ridotto (si veda a proposito lo Studio di Impatto Ambientale).

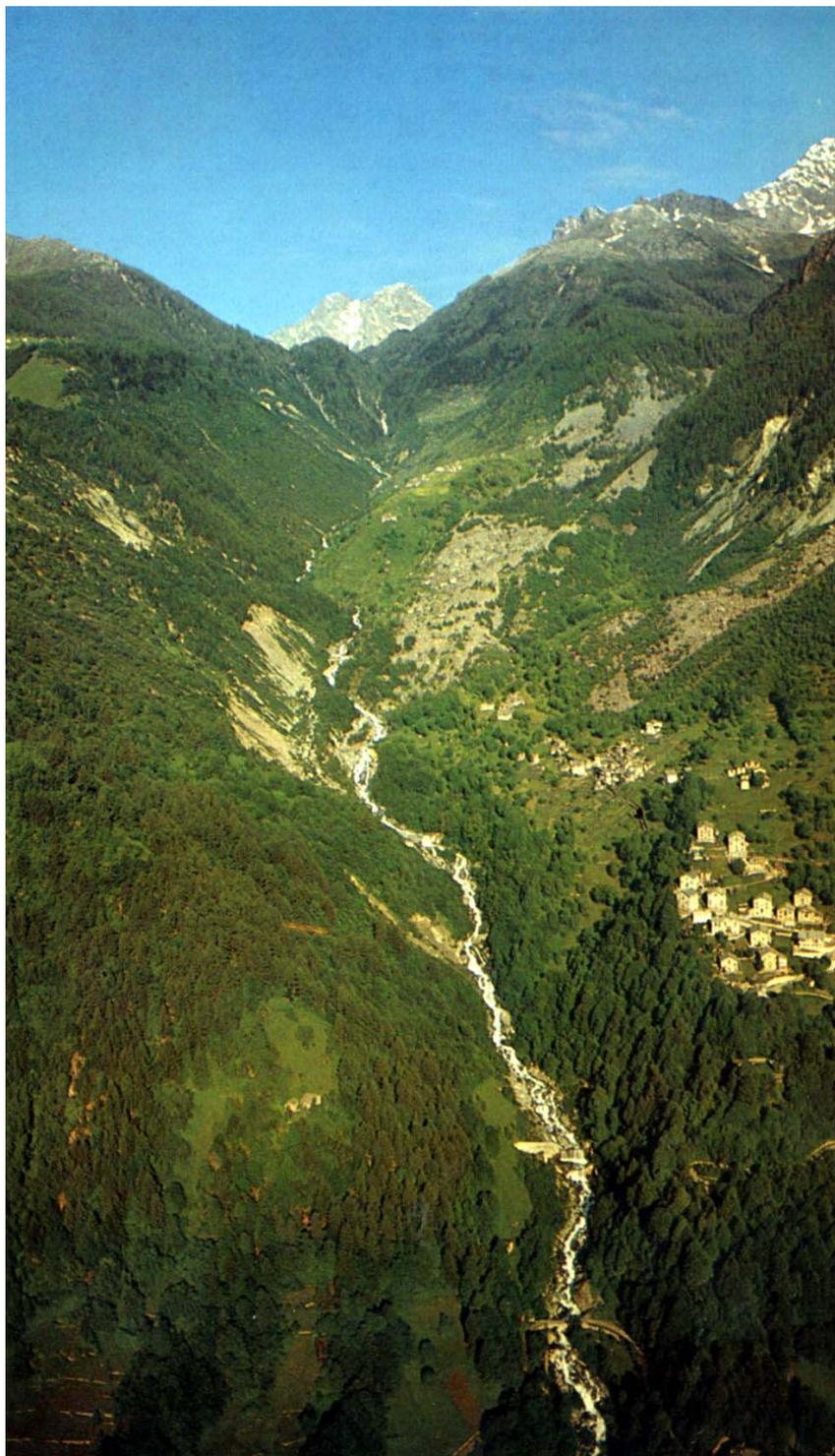
Il vantaggio della soluzione proposta, inoltre, visto il relativo equilibrio raggiunto dal bacino e analizzata la esatta dimensione dei rischi residui, consta nella realizzazione di un insieme di opere che, oltre a risolvere ottimamente i problemi riscontrati, non impedisce in futuro la costruzione di ulteriori opere di adeguamento e completamento (anche strutturali se del caso) sia dal punto di vista di sistemazione di alveo e versanti, sia dal punto di vista del recupero ambientale, paesaggistico e fruizionale.

Il progetto preliminare prevedeva la suddivisione delle opere in due stralci, di cui il primo riguardava le sistemazioni per la riduzione del rischio e il secondo (non previsto inizialmente a base di gara) era relativo alla problematica di riqualifica del versante B. Invece il presente progetto definitivo risulta completo in tutti gli aspetti, compresi quelli volti al recupero completo dei siti degradati e alla rinaturazione e riconnessione dell'ambiente della bassa valle con l'ambiente dell'alta valle.

Come compiutamente descritto nello Studio di Impatto Ambientale, il reale impatto attuale non è dato tanto dalle opere di regimazione esistenti (per cui si evidenzia l'utilità e attorno alle quali è già iniziato il processo di riappropriazione del territorio da parte sia delle popolazioni che dell'ambiente) ma dalla sconnessione tra alta valle (da Masoni Corlatti verso monte) e la zona di Ciappanico, dovuta alla presenza dei due versanti in degrado (A e B) su uno dei quali (B) l'intervento di recupero è attuabile con risultati attesi di notevole spessore. Per quanto concerne viceversa il versante A la soluzione prospettata garantisce un aiuto al recupero che naturalmente deve avvenire con orizzonte temporale più lungo.

L'obiettivo finale è quello comunque di riproporre un tratto vallivo in sicurezza rispetto ai rischi analizzati e simile a quello esistente prima del 1987 e caratterizzato da macchie boscate con terrazzamenti adibiti a pascolo (Figura 3).

**Figura 3 - Val Torreggio, 1985**



## **2.7 CONSIDERAZIONI GENERALI SUL RISCHIO RESIDUO**

In sintesi a quanto detto è da sottolineare, come già anticipato, che la buona risposta globale del bacino alle opere eseguite, l'analisi attenta delle dinamiche locali e globali e la definizione puntuale delle infrastrutture a rischio e delle zone di instabilità hanno condotto i progettisti a maturare il convincimento che la soluzione proposta (vista anche in ottica di realizzazione progressiva e di pause di analisi come del resto l'idraulica fluviale richiede) potrà offrire garanzie di funzionalità e sicurezza adeguate e permanenti per i decenni futuri. Ciò in quanto non si sono rilevate situazioni di gravità dei potenziali eventi franosi tali da far ritenere l'ambito Torreggio (allargato al bacino del torrente Mallero a valle sino a Sondrio) sovraesposto al rischio ed in quanto si è verificato che le soluzioni proposte dal presente progetto e le opere attuali sono in grado di sopportare l'impatto degli eventi ritenuti possibili.

Da tale scenario tuttavia non deve scaturire l'impressione di una minimizzazione del rischio, né si deve ritenere eccessivo il sacrificio ambientale indotto al territorio dalle opere in essere. Come detto il tratto vallivo del torrente presenta caratteristiche morfologiche che lasciavano ben poche alternative (una maggior larghezza del cunettone, forse) alla soluzione adottata (1987÷1993); d'altra parte proprio la funzionalità delle opere realizzate e, fatto di fondamentale importanza, l'analisi possibile oggi alla luce dell'evoluzione della valle nei 15 anni post '87, offrono l'opportunità di limitare gli interventi nella zona centrale (ove si prospetta un recupero) e nella zona alta della valle (ove non si prospetta alcuna invasività).

### **3. PREVISIONI ECONOMICHE**

#### **3.1 GENERALITÀ**

L'importo complessivo del finanziamento a disposizione per gli interventi in progetto è di 11'981'800,06 euro, già in parte utilizzati per le seguenti spese:

- progettazione preliminare e degli studi propedeutici per la VIA del 1998;
- progetti classificati fino al terzo posto nella gara di progettazione del 2001;
- commissione di gara e costi di gara;
- monitoraggio e indagini geognostiche, geofisiche e prove geotecniche, comprese le spese tecniche per indagini (dl, sicurezza, collaudo).

L'importo previsto a base di gara nel 2001, derivante dalla legge 102/90 era di circa 10'329'138,00 euro (corrispondente a 20 Miliardi di lire) per i lavori, cui erano da aggiungere le somme a disposizione. Il progetto preliminare, alla base dalla presente progettazione definitiva, a seguito dei dimensionamenti dei diversi interventi condotti con criteri progettuali generalmente più dettagliati di quelli normalmente richiesti a livello preliminare e con ottica di massimo ritorno dell'investimento in funzione del rischio, concludeva con un importo complessivo ben inferiore a quello prima richiamato, pari a € 6'549'950,00 (corrispondente a £. 12'682'471'250) per i lavori.

Nel progetto preliminare l'opera in progetto è stata suddivisa in due stralci relativi il primo alle opere connesse al riassetto dell'area ed alla mitigazione dei rischi (che erano oggetto specifico del bando) ed il secondo al definitivo recupero fruizionale e paesaggistico della media Val Torreggio, ritenuto dai

progettisti necessario a recuperare la qualità ambientale dell'area, ma non oggetto di gara. Nel presente progetto definitivo tali due aspetti sono stati entrambi considerati, in quanto concorrenti all'obiettivo di riassetto ambientale complessivo dell'area oggetto degli interventi.

Il quadro economico del presente progetto definitivo è redatto in conformità all'art. 17 del dpr 554/1999 (*“Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni”*).

In merito alle voci del quadro si evidenzia che:

- l'importo delle opere deriva dall'allegato atto *H.02.00 “Computo Metrico Estimativo”* sulla base dei disegni di progetto;
- i prezzi in base ai quali è stato definito l'importo delle opere derivano dai listini ufficiali della Regione Lombardia valevoli per l'anno in corso. Per quanto riguarda in particolare il prezzo della tubazione drenante in PVC a doppia camicia, non presente nel prezzario regionale lombardo, esso è stato ricavato dal prezzario ufficiale delle opere pubbliche della provincia di Bergamo, valevole per l'anno in corso;
- l'IVA su lavori e forniture è computata nella misura del 20%;
- l'importo per espropri e servitù è valutato nell'apposito atto *E.01.00 “Piano particellare di esproprio: relazione e tabelle”* di progetto ed è comprensivo degli importi per notifica atti, atti notarili e spese tecniche catastali per frazionamenti e vulture;
- nelle spese tecniche di progetto, direzione lavori e oneri di sicurezza sono compresi gli oneri derivanti dal disciplinare in essere per la

redazione del progetto definitivo ed esecutivo e gli oneri per le attività connesse alla fase di realizzazione dell'opera secondo gli importi di legge: Direzione Lavori; Sicurezza in fase di esecuzione; Collaudo. Sulla base di tali importi derivano gli oneri per INARCASSA 2% e IVA 20%;

- è stato considerato l'importo delle spese per l'istruttoria VIA, valutato, secondo le indicazioni del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, pari allo 0,5% delle opere;
- sono stati inseriti tutti gli accantonamenti previsti dalla Normativa e le spese per imprevisti, bonifica suoli e spostamento servizi e sottoservizi.

## 3.2 QUADRO ECONOMICO

		IMPORTO PARZIALE (€)	IMPORTO COMPLESSIVO (€)	% INCID.
<b>A) IMPORTO LAVORI PROGETTO DEFINITIVO</b>				
A.01)	Zona terminale da briglia 25 a confluenza Mallero	449'927.60		
A.02)	Alveo tra briglia 25 e confluenza Arcogliasco	2'056'400.76		
A.03)	Zona piede versante "a" sino a confluenza Arcogliasco	1'341'918.54		
A.04)	Zona piede versante "B" sino a banche di ex-cava	1'131'546.46		
A.05)	Zona Arcogliasco	411'090.44		
A.06)	Zona nicchie frana D	283'206.48		
A.07)	Zona versante "B" tra Braccia e Masoni Corlati	214'921.80		
A.08)	Mallero a valle confluenza Torreggio	92'925.00		
A.09)	Oneri di cantiere	199'290.10		
A.10)	Oneri sicurezza	260'000.00		
A.11)	Sistemazione versante "B"	1'308'772.82		
			<b>7'750'000.00</b>	64.68%
<b>B) SOMME A DISPOSIZIONE PER SPESE TECNICHE, INDAGINI, IMPREVISTI</b>				
B.01)	Spese progetto preliminare 1998 e studi proped. per via (compr. iva e inarcassa)	151'600.00		
B.02)	Spese pagamenti progetti in gara 1°, 2° e 3° classificato (compresi iva e inarcassa)	196'300.00		
B.03)	Spese commissione gara (compr. iva e varie)	9'660.00		
B.04)	Monitoraggio e indagini geognostiche, geofisiche e prove geotecniche, spese tecniche per indagini (dl, sicurezza, collaudo) (compr. iva e casse profess.)	662'620.07		
B.05)	Spese tecniche per la progettazione, definitiva, esecutiva, aggiornamento studi per via, direzione lavori (ingegneria e geologia)	609'745.53		
B.05a)	Inarcassa su spese tecniche progetto, DL, VIA	12'194.91		
B.06)	Spese tecniche per la sicurezza in fase di progettazione	51'400.00		
B.06a)	Inarcassa su spese tecniche per la sicurezza prog.	1'028.00		
B.07)	Spese tecniche per la sicurezza in fase di esecuzione	124'233.83		
B.07a)	Inarcassa su spese tecniche per la sicurezza esec.	2'484.68		
B.08)	Spese tecniche per collaudi	25'000.00		
B.08a)	Inarcassa su spese tecniche per collaudi	500.00		
B.09)	Spese tecniche per validazione e Rup (1,5% dei lavori) (compr. inarcassa)	116'250.00		
B.10)	Spese per istruttoria VIA (0,5% importo opere)	48'641.59		
B.11)	Imprevisti	5'301.66		
B.12)	Spese per bonifica suoli	5'000.00		
B.13)	Spese per ricerca e spostamento sottoservizi	5'000.00		
			<b>2'026'960.27</b>	16.92%
<b>C) SOMME A DISPOSIZIONE PER ESPROPRI E INDENNIZZI</b>				
C.1)	Oneri per espropri	100'000.00		
C.2)	Oneri per pratiche catastali e notarili	15'000.00		
C.4)	Imprevisti espropri	5'000.00		
			<b>120'000.00</b>	1.00%
<b>D) SPESE D'APPALTO E PUBBLICITÀ</b>				
D.1)	Spese d'appalto	20'000.00		
D.2)	Spese per pubblicità	15'000.00		
			<b>35'000.00</b>	0.29%
<b>E) ACCANTONAMENTI</b>				
E.1)	Ex art.12 comma 14 dpr 554/99 e succ. (3% su opere e impr.)	232'659.05		
E.2)	Ex art.26 comma 4 Legge 109/94 e succ. (1% su lavori e imprevisti)	77'553.02		
			<b>310'212.07</b>	2.59%
<b>F) IVA</b>				
F.1)	20% sull'importo lavori A)	1'550'000.00		
F.2)	20% su B.5 e B.5a (spese tecniche prog., DL)	124'388.09		
F.3)	20% su B.6 e B.6a (spese tecniche sicurezza prog.)	10'485.60		
F.4)	20% su B.7 e B.7a (spese tecniche sicurezza esec.)	25'343.70		
F.5)	20% su B.8 e B.8a (spese tecniche collaudi)	5'100.00		
F.6)	20% su B.9 (spese tecniche validazione e rup)	23'250.00		
F.7)	20% su B.11 (impredisti)	1'060.33		
			<b>1'739'627.72</b>	14.52%
	<b>TOTALE</b>		<b>11'981'800.06</b>	<b>100.00%</b>

#### 4. ATTI DEL PROGETTO E CONTENUTI

Nella seguente tabella sono elencati gli atti del progetto e i rispettivi contenuti.

**Tabella 4 – Atti e contenuti del progetto**

Num.	TITOLO	CONTENUTO
<i>RELAZIONI</i>		
<i>Relazioni generali e tavole annesse</i>		
<b>A 01.00</b>	Relazione generale e descrittiva	Metodologia e sintesi dei contenuti del progetto
<b>A 02.01</b>	Relazione sullo stato dei luoghi, analisi dei rischi attuali e residui	Analisi dei rischi, dello stato di fatto, dell'efficacia delle opere esistenti e di quelle in progetto
<b>A 02.02</b>	Planimetria scala 1:2.000 - Perimetrazione aree a rischio ex lex 267/98 - Stato di fatto	Perimetrazione aree a rischio allo stato attuale
<b>A 02.03</b>	Planimetria scala 1:2.000 - Perimetrazione aree a rischio ex lex 267/98 - Situazione post operam	Perimetrazione aree a rischio a seguito delle opere di progetto
<b>A 03.00</b>	Relazione descrittiva delle opere	Descrizione di dettaglio delle opere di progetto
<i>Relazioni tecniche specialistiche e tavole annesse</i>		
<b>B 01.00</b>	Relazione idrologica	Analisi idrologica per la determinazione delle portate di massima piena
<b>B 02.00</b>	Relazione idraulica	Calcoli di dimensionamento delle opere e verifica dello stato di fatto
<b>B 03.01</b>	Relazione geologica e geomorfologica	Descrizione e caratterizzazione del bacino dal punto di vista geologico e geomorfologico
<b>B 03.02</b>	Planimetria scala 1:10.000 carta geologica e geomorfologica	Descrizione e caratterizzazione del bacino dal punto di vista geologico e geomorfologico
<b>B 04.00</b>	Relazione idrogeologica	Analisi situazione acque profonde
<b>B 05.01</b>	Relazione geotecnica e verifiche di stabilità dei versanti	Analisi geotecnica e interpretazione della dinamica dei versanti
<b>B 05.02</b>	Planimetria 1:2.000 - Carta dei dissesti stato attuale ed evoluzione potenziale	Sintesi analisi dei dissesti
<b>B 05.03</b>	Planimetria 1:2.000 - Ubicazione indagini geognostiche e geofisiche	Sintesi analisi dei dissesti
<b>B 05.04</b>	Sezioni geotecniche	Risultati verifiche di stabilità
<b>B 05.05</b>	Analisi condizioni di stabilità frana "A" - Sezione A.1	Risultati verifiche di stabilità
<b>B 05.06</b>	Analisi condizioni di stabilità frana "A" - Sezione A.3	Risultati verifiche di stabilità
<b>B 05.07</b>	Analisi condizioni di stabilità frana "B" - Sezione B.1	Risultati verifiche di stabilità
<b>B 06.00</b>	Relazione sul trasporto solido	Determinazione regime idrometrico medio e trasporto solido
<i>Piano di monitoraggio e piano di manutenzione e gestione</i>		
<b>C 01.00</b>	Piano di monitoraggio efficacia interventi	Procedure da attuare per il controllo nel tempo degli effetti delle opere
<b>C 02.00</b>	Piano di manutenzione e gestione bacino Torreggio	Criteri e oneri per la manutenzione e la gestione del bacino
<i>Calcoli preliminari delle strutture e degli impianti</i>		
<b>D 01.00</b>	Relazione di calcolo preliminare delle strutture	Criteri di dimensionamento delle strutture in c.a.
<i>Piano particellare di esproprio</i>		
<b>E 01.00</b>	Piano particellare di esproprio: relazione e tabelle	Piano particellare di esproprio e nominativi proprietari
<b>E 02.00</b>	Piano Particellare di esproprio: Planimetria 1:2'000 - Terreni interessati da esproprio o servitù di cantiere	Sintesi cartografica mappali interessati dalle opere e/o dai dissesti

Num.	TITOLO	CONTENUTO
<i>Disciplinare descrittivo e prestazionale</i>		
<b>F 01.00</b>	Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici	Indicazione delle prestazioni delle opere
<i>Elaborati economici</i>		
<b>H 01.00</b>	Quadro economico	Quadro economico del progetto
<b>H 02.00</b>	Computo metrico estimativo	Computo delle opere di progetto
<i>Impostazione del cantiere e piano cava</i>		
<b>I 01.00</b>	Relazione impostazione cantiere, piano cava	Commento installazioni di cantiere, necessità di cava e determinazione proprietà interessate dalle opere
<b>I 02.00</b>	Planimetria 1:2.000 - Area di cantiere e cava	Layout di cantiere
<i>Indicazioni per piani di sicurezza ed evacuazione</i>		
<b>L 01.00</b>	Prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza	Principali accorgimenti in materia di sicurezza nella predisposizione del cantiere
<b>L 02.00</b>	Prime indicazioni e disposizioni per la stesura del piano di evacuazione dell'area di cantiere	Principali accorgimenti in materia di evacuazione in fase di cantiere
<b>ELABORATI GRAFICI</b>		
<i>Tavole generali</i>		
<b>T 01.00</b>	Corografia 1:30.000 Bacino torrente Mallero	Bacino del Mallero e stazioni di misura del centro di monitoraggio
<b>T 02.00</b>	Planimetria 1:10.000 - Bacino Torreggio ed area in studio	Bacino in studio
<b>T 03.01/3</b>	Planimetria stato di fatto - scala 1:1.000 (Volo 11 ottobre 2001)	Aerofotogrammetria al 11 ottobre 2001
<b>T 03.04</b>	Planimetria scala 1:2.000 - Confronto situazione pre 1987 - volo 2001	Confronto morfologico e topografico situazione attuale e pre frana
<b>T 03.05</b>	Planimetria scala 1:2.000 - Confronto situazione 1987 - volo 2001	Confronto morfologico e topografico situazione attuale e post frana
<b>T 03.06</b>	Planimetria scala 1:2.000 - Confronto situazione 1990 - volo 2001 (fondo valle)	Confronto morfologico e topografico situazione attuale e pre interventi del 1990
<b>T 03.07</b>	Planimetria scala 1:2.000 - Confronto situazione 1990 - volo 2001 (versanti)	Confronto morfologico e topografico situazione attuale e pre interventi del 1990
<b>T 04.00</b>	Planimetria 1:2.000 opere in progetto	Sintesi opere in progetto
<i>Opere in alveo</i>		
<b>T 05.01/3</b>	Opere in alveo: planimetria e profilo scala 1:1.000	Interventi in alveo dal ponte alla confluenza Arcogliasco
<b>T 06.01</b>	Opere in alveo: sezioni scala 1:2.000 (versanti)	Interventi in alveo dal ponte alla confluenza Arcogliasco
<b>T 06.02.1/2</b>	Opere in alveo: sezioni scala 1:500 (alveo e sponde)	Interventi in alveo dal ponte alla confluenza Arcogliasco
<b>T 07.00</b>	Opere in alveo: particolari costruttivi	Interventi in alveo dal ponte alla confluenza Arcogliasco
<i>Opere di sistemazione dei versanti</i>		
<b>T 08.00</b>	Regimazione acque superficiali e sistemazioni ingegneria naturalistica zona versante basso frana "A" e "Av" - planimetria e particolari costruttivi	Interventi sul versante destro per regimazione acque superficiali e recupero ambientale
<b>T 09.00</b>	Regimazione acque superficiali e sistemazioni ingegneria naturalistica corpo frana "B" - planimetria e particolari costruttivi	Interventi sul versante sinistro per regimazione acque superficiali e recupero ambientale
<b>T 10.00</b>	Regimazione acque profonde drenaggi frane A e B - planimetria e particolari costruttivi	Drenaggio acque profonde dai versanti A e B
<b>T 11.00</b>	Sistemazione zona bassa corpo frana "B" - planimetria sezioni e particolari costruttivi	Sistemazione banche basse zona cantiere frana B
<i>Cava Masoni</i>		
<b>T 12.00</b>	Cava di prestito Masoni (pianta, sezioni)	Recupero materiali per scogliera e bonifica zona

Num.	TITOLO	CONTENUTO
		sopra Masoni
<i>T.Arcogliasco</i>		
<b>T 13.00</b>	Sistemazione torrente Arcogliasco - planimetria profilo e particolari costruttivi	Ripristino briglie e protezioni versante su Arcogliasco
<i>Frana D</i>		
<b>T 14.00</b>	Sistemazioni nicchie residue frana D - Alpe Son - planimetria sezioni e particolari costruttivi	Recupero nicchie residue frana D
<i>Opere di sistemazione e ripristino</i>		
<b>T 15.00</b>	Opere varie di mitigazione e ripristino	Interventi per recupero definitivo aree

Milano, dicembre 2006

#### I PROGETTISTI

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

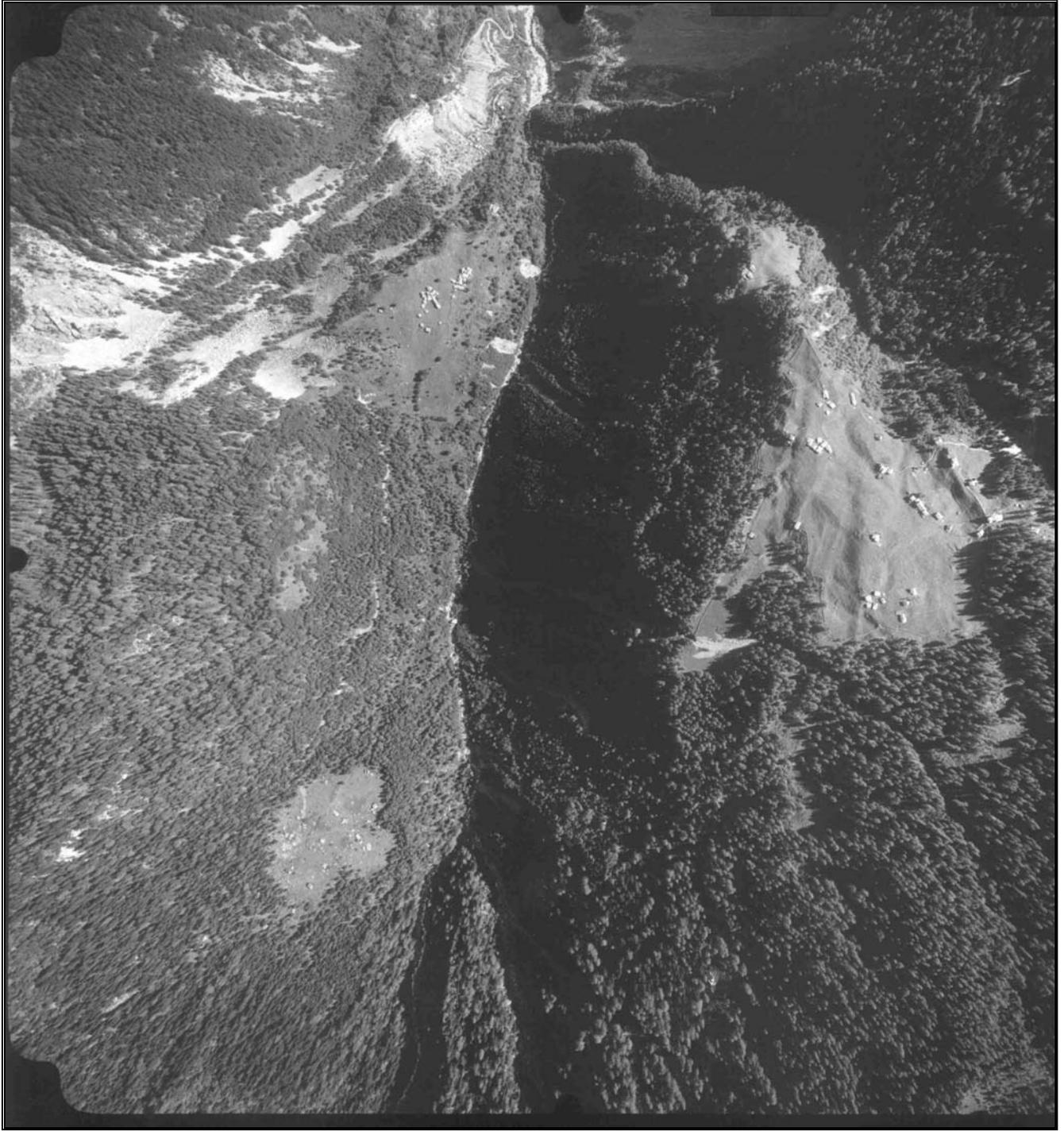
Dott. Ing. Giovanni Battista Peduzzi

Dott. Geol. Lamberto Griffini

## **ALLEGATO 1**

**Foto aerea ripresa 11 ottobre 2001 (esclusiva per redazione presente  
progetto e formazione cartografia di bacino scala 1:1.000)**

**Figura 4 - Alta valle zone versanti C, D ed E: si nota il completo rimboscimento del versante C ed E e le nicchie residue sotto Alpe Son e Masoni Corlatti (versante D)**



**Figura 5 - 1987: Alta valle zone versanti C, D ed E: si nota la vastità delle zone di versante C, E e D prive di vegetazione**



**Figura 6 - Foto 11 ottobre 2001: zona bassa valle**



**Figura 7 - Foto 8 settembre 1987: zona bassa valle**



## **ALLEGATO 2**

### **Documentazione fotografica: opere in progetto**

**Figura 8 - Zona frana A. Confronto tra la situazione attuale e quella di progetto (a completamento dei lavori e dopo qualche anno)**



**Figura 9 - Versante sinistro orografico, zona frana B. Confronto tra la situazione attuale, quella di progetto I lotto e quella a completamento degli interventi di II lotto.**

