

## LE ORTOIMMAGINI A SUPPORTO DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE: APPLICAZIONI AL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE PIEMONTE

### *ORTHOIMAGES AS A TOOL FOR LAND PLANNING: AN APPLICATION TO THE REGIONE PIEMONTE'S «WATER CONSERVATION PLAN»*

**G. Garnero (\*)**, **D. Godone (\*)**, **E. Benazzo (\*\*)**, **A. Penon (\*\*)**, **E. Sesia (\*\*\*)**,  
**S. Vazzola (\*\*\*)**, **M. Ferrarato (\*\*\*\*)**

(\*) Università di Torino, Dipartimento Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale (DEIAFA), Via L. Da Vinci 44 - 10095 Grugliasco (TO), tel. 011 6705526, e-mail danilo.godone@unito.it.

(\*\*) ARPA Piemonte, Area Formazione e Informazione, Settore Sistema di Informazione Geografica, Via Sabaudia 164 - 10095 Grugliasco (TO), tel. 011 4028394, e-mail e.benazzo@arpa.piemonte.it.

(\*\*\*) ARPA Piemonte, Dipartimento Provinciale di Asti, Area Tematica Ciclo dell'Acqua, Piazza Alfieri 33 - 14100 Asti, tel. 0141 390029, s.vazzola@arpa.piemonte.it.

(\*\*\*\*) Collaboratore Arpa Piemonte, Via Sabaudia 164 - 10095 Grugliasco (TO), tel. 011 4028394.

#### **Riassunto**

Nell'ambito delle indagini del Piano di Tutela delle Acque è stato elaborato e verificato tramite rilevamenti GPS, un ortomosaico a supporto delle analisi ecosistemiche.

Tramite fotointerpretazione di una fascia prospiciente l'alveo sono stati estratti degli indici di naturalità e qualità ambientale.

L'aggregazione di tali indici ha quindi permesso di rappresentare lo stato della risorsa acqua secondo una classificazione basata sul degrado a supporto delle future operazioni di pianificazione territoriale.

#### **Abstract**

*During the studies of the Water Conservation Plan we have rectified and verified with a GPS survey a mosaic of aerial photograms as a tool for environmental analysis.*

*Using photointerpretation on a buffer of the riverbed we extracted naturalness and environmental quality indexes.*

*The aggregation of these indexes represents the actual health level of the water body with a decay based classification, this will be a useful tool for land planning.*

## Introduzione

L'attività oggetto del presente articolo è stata svolta nell'ambito della Convenzione «*Integrazione di basi dati territoriali di diversa provenienza finalizzate ad analisi ambientali a livello regionale, subregionale e locale*» stipulata tra ARPA Piemonte e il Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale dell'Università degli Studi di Torino, le cui ricadute sono state applicate, a fini istituzionali, nelle strutture tecniche dell'ARPA.

Le conoscenze maturate ed i dati reperiti ai vari livelli degli enti locali (Regione, Provincia, ...) hanno permesso di predisporre basi dati utili all'allestimento degli elaborati relativi al *Piano di Tutela delle Acque*. La collaborazione tra il DEIAFA dell'Università di Torino e le strutture tecniche dell'ARPA Piemonte, Task C201 «*Caratterizzazione ecosistemica*» e Settore Sistema di Informazione Geografica, ha reso possibile l'elaborazione di un ortomosaico su un'area campione, utilizzando i fotogrammi della ripresa aerea regionale «*Alluvione 2000*» predisposta della Regione Piemonte.

L'ortomosaico, dopo opportuna verifica della precisione di georeferenziazione, è stato utilizzato, tramite fotointerpretazione per l'elaborazione di indicatori di qualità in ambito ecologico - ecosistemico (Griselli et al, 2002) del tratto d'alveo in esame.

## Elaborazione dell'ortomosaico

### MATERIALI E METODI

L'area campione è rappresentata da un tratto d'alveo del fiume Tanaro situato tra le province di Asti e Cuneo, in particolare tra le città di Asti ed Alba.

Una volta individuata l'area campione, sono stati definiti i fotogrammi necessari al completo ricoprimento tramite operazioni GIS. I fotogrammi (Garnero et al, 2002), in formato compresso .ECW con fattore di compressione 10, rasterizzati a colori reali a 600 dpi, sono stati estratti dall'archivio fornito dal Settore Cartografico della Regione Piemonte per essere sottoposti al processo di ortorettifica. A tale scopo sono stati prodotti due ulteriori elaborati necessari: un estratto della Carta Tecnica Regionale in formato vettoriale della zona di studio ed il modello digitale del terreno con passo 50 metri; tali dati sono stati ricavati rispettivamente dai prodotti *CTR\_LT* e *DTM\_PIEM*, e convertiti in formati compatibili col programma impiegato per l'elaborazione finale. Il processo di formazione del mosaico è stato effettuato con il software *ER Mapper* della «*Earth Resource Mapping*» e si è articolato in differenti fasi (Fig. 1).

I fotogrammi ricoprenti la zona di studio sono stati prodotti dalle due differenti Ditte che hanno contribuito alla realizzazione della ripresa aerea regionale: questo fatto ha costituito un inconveniente in quanto i fotogrammi presentano evidenti differenze cromatiche, originate dall'impiego di differenti pellicole fotografiche,

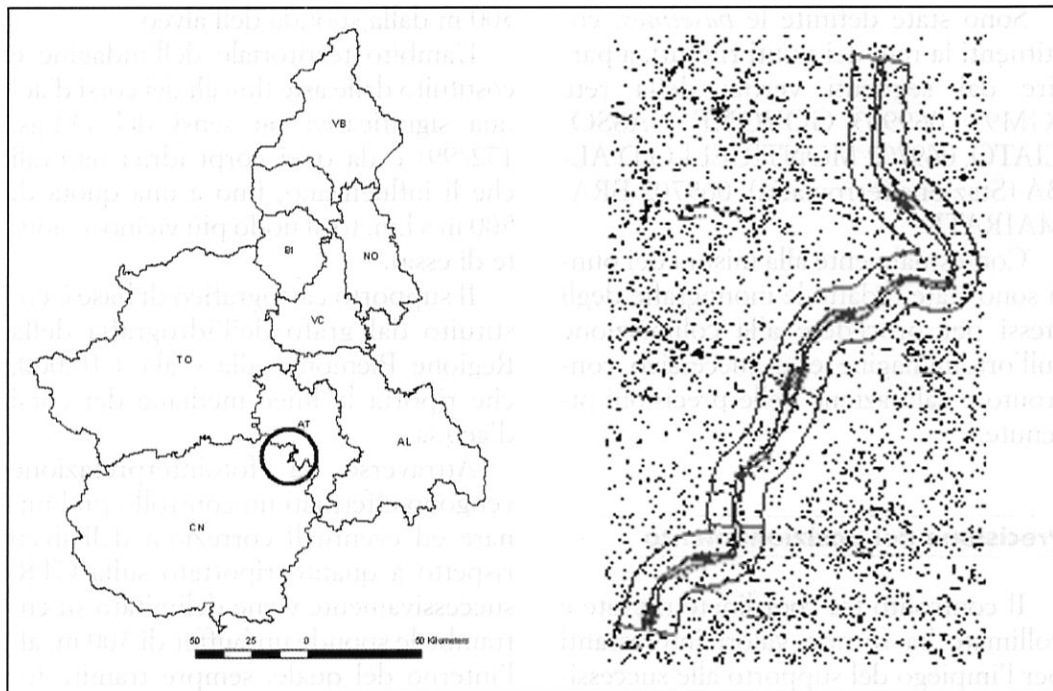


FIGURA 1 – Zona di studio.

che hanno richiesto elaborazioni più delicate in fase di mosaicatura.

Per la realizzazione del fotomosaico, dopo le operazioni di introduzione delle coordinate dei *repères* e dei certificati di calibrazione delle singole camere, i fotogrammi sono stati orientati individuando i punti necessari a partire dalla CTR, estraendo l'informazione altimetrica dal Modello Digitale del Terreno. Una volta raggiunto un sufficiente numero di punti collimati con adeguati livelli di precisione, si è proceduto alla fase di ortorettifica con la rimozione del bordo del fotogramma.

L'insieme delle ortoimmagini è quindi stato sottoposto ad una procedura automatica di mosaicatura con corre-

zione e bilanciamento del colore.

Il corretto posizionamento dell'ortomosaico è stato verificato tramite confronto tra coordinate di punti di controllo collimate sull'immagine stessa e le coordinate dei punti medesimi misurate in campagna: per la determinazione delle coordinate dei punti di controllo è stato effettuato un rilievo GPS con metodo statico, con un ricevitore in acquisizione continua posizionato su un vertice della rete IGM95 e un secondo strumento posizionato sui punti da rilevare, con tempo di acquisizione di 20 minuti per ogni base. Entrambi gli strumenti erano dei ricevitori *Geotracer* in doppia frequenza.

Sono state definite le *baselines*, costituenti la rete dei punti rilevati, a partire dai seguenti vertici della rete IGM95: 069903 GOVONE - ASSOCIATO, 069702 MONTICELLO D'ALBA (Stazione ferroviaria), 069702 BRAMIRATE.

Contestualmente alla misura dei punti sono state redatte le monografie degli stessi per procedere alla collimazione sull'ortofotografia e al successivo confronto e valutazione delle precisioni ottenute.

### Precisione del posizionamento

Il confronto tra coordinate rilevate e collimate ha fornito valori interessanti per l'impiego del supporto alle successive operazioni di fotointerpretazione ed elaborazione degli indici.

	RES_NORD	RES_EST	RES_NORD	RES_EST
Media	-0,99	-0,25	1,55	2,36
Varianza			0,61	0,43
SQM			0,78	0,66

TABELLA 1 – Risultati.

### Applicazioni al Piano di Tutela delle Acque

#### DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI

La metodologia utilizzata (Cirio et al, 2003) prevede una fotointerpretazione delle caratteristiche delle fasce ripariali, prendendo a riferimento una porzione di

300 m dalla sponda dell'alveo.

L'ambito territoriale dell'indagine è costituito dalle aste fluviali dei corsi d'acqua significativi (ai sensi del D.Lgs. 152/99) e da quei corpi idrici naturali che li influenzano, fino a una quota di 500 m s.l.m. (o al nodo più vicino a monte di essa).

Il supporto cartografico di base è costituito dal grafo dell'idrografia della Regione Piemonte alla scala 1:10.000, che riporta le linee mediane dei corsi d'acqua.

Attraverso la fotointerpretazione vengono effettuati un controllo preliminare ed eventuali correzioni dell'alveo rispetto a quanto riportato sulla CTR; successivamente viene delimitato su entrambe le sponde un buffer di 300 m, all'interno del quale, sempre tramite fotointerpretazione, si opera una classificazione secondo le classi individuate per i vari indicatori.

I valori così ottenuti vengono aggregati ed attribuiti a tratti d'asta fluviale di lunghezza pari a circa due chilometri e successivamente associati agli archi del grafo.

Su ogni tratta viene eseguita in sintesi:

- 1) una valutazione della configurazione dell'alveo;
- 2) l'analisi delle vegetazione e degli ecosistemi umidi nell'ambiente golenale, valutandone naturalità e varietà di tipologie ecosistemiche;
- 3) l'analisi dell'efficienza e dell'integrità del filtro costituito dalla vegetazione;
- 4) gli effetti di pressione antropica delle varie categorie di attività.

È possibile operare una suddivisione degli indicatori: l'indice geomorfologico

(Ig), l'indice vegetazionale (Iv) e l'effetto filtro (Ief) forniscono informazioni sullo stato della risorsa; l'indice di impatto antropico (Iia) e quello di modificazione dell'alveo (Ima) definiscono la pressione cui essa è sottoposta. Tutti gli indicatori sono normalizzati ad una scala con valori tra 0 e 1.

Classe	Valore
Alta	> 0.8
Medio alta	0.61 - 0.8
Media	0.41 - 0.6
Medio bassa	0.21 - 0.4
Bassa	≤ 0.2

TABELLA 2 – Valori degli indici.

L'indice sintetico di stato e quello di pressione sono ottenuti considerando in parallelo i diversi indicatori e calcolati con le equazioni di seguito riportate; successivamente vengono suddivisi in classi che ne rappresentano l'entità.

$$\text{Indice di Stato} = I_g * 0.2 + I_v * 0.35 + I_{ef} * 0.45$$

$$\text{Indice di Pressione} = I_{ia} * 0.7 + I_{ma} * 0.3$$

L'**indice geomorfologico (Ig)** analizza il grado di naturalità e varietà della configurazione dell'alveo ed è costituito da due sotto indici:

- **Indice naturalità geomorfologica (Ing)**, che prende in considerazione gli elementi morfologici indicatori di naturalità della configurazione dell'alveo: isole, meandri, sinuosità, lanche e barre di sedimentazione:

	P
Tratto con più di due elementi di diversità morfologica	10
Tratto con uno o due elementi di diversità morfologica	6
Tratto senza elementi di diversità morfologica	2

TABELLA 3 – Punteggi di diversità morfologica.

- **Indice sinuosità (Is)**: il valore di questo indice varia da 1 (sinuosità bassa) a 2 o più (sinuosità elevata), e considera come valore discriminante il rapporto tra la lunghezza reale dell'alveo e la distanza in linea retta tra la sezione di valle e quella di monte del tratto considerato. Per la stima complessiva della naturalità dell'alveo si moltiplicano i due indici parziali:  $I_g = I_{ng} * I_s$ .

L'**indice vegetazionale (Iv)** analizza, tramite due sottoindici, la funzionalità e la frammentazione degli ecosistemi ripariali:

- **Indice di naturalità vegetazionale (Inv)**: valuta il grado di naturalità della vegetazione presente nella fascia di 300 m dalla sponda fluviale, utilizzando le seguenti categorie e relativi punteggi:

	Punteggio
• Superfici forestali	10
• Zone umide	
• Siepi e fasce arborate	6
• Arbusteti e/o cespuglieti	5
• Formazioni erbacee	4
• Aree nude o coperte da vegetazione molto dispersa	3

TABELLA 4 – Punteggi di naturalità vegetazionale.

- **Indice di varietà biotipica (Ivb):** analizza nella tratta di 2 km la presenza di biotipi complementari dal punto di vista strutturale e funzionale. Il criterio di valutazione è quello di premiare un numero ottimale di elementi naturali, con obiettivo a più lungo termine di disporre per ciascun territorio una rete di biotipi complementari.

	<i>Punteggio</i>
Presenza di almeno 6 elementi	1.3
Presenza di 4 o 5 elementi	1.2
Presenza di 2 o 3 elementi	1.1
Presenza di 1 elemento	1.0

TABELLA 5 – *Punteggi di naturalità vegetazionale.*

L'indice vegetazionale si ottiene infine tramite la seguente formula:  $Iv = Inv * Ivb$ .

L'**indice effetto filtro (Ief)** analizza la tipologia delle diverse cenosi vegetali presenti entro 100 metri dalla riva e l'integrità della copertura arborea (Siliardi, 2000).

**Tipo di vegetazione nella zona riparia (Tv):** tale indicatore attribuisce, attraverso fotointerpretazione, un peso ai popolamenti vegetali presenti nella fascia che costituisce il filtro alle seguenti macrocategorie:

- bosco maturo, compatto e ben sviluppato;
- formazioni arbustive pioniere;
- bosco rado (ovvero con copertura arborea inferiore al 50%) o fascia arborata (o siepe);
- formazioni erbacee, totale o parziale

assenza di popolamenti vegetali.

I pesi attribuiti ai diversi tipi di vegetazione naturale sono i seguenti:

- nel caso di formazioni insistenti sulla fascia perifluviale (30m):

Bosco denso	= 10
Bosco rado o fascia arborata (o siepe)	= 8
Arbusteto o cespuglieto	= 7
Vegetazione erbacea naturale	= 2

TABELLA 6 – *Pesi.*

- nel caso di formazioni insistenti sulla fascia esterna (tra 30 e 100 mt) (Tab. 7).

Bosco denso	= 7
Bosco rado o fascia arborata	= 4
Arbusteto o cespuglieto	= 2
Vegetazione erbacea naturale	= 1

TABELLA 7 – *Pesi.*

Viene calcolata la percentuale di copertura delle diverse tipologie rispetto al buffer (rapportando il 100% a 1), la si moltiplica per il peso attribuito alla categoria e si effettua la sommatoria, per entrambe le sponde.

**Integrità della vegetazione riparia naturale (Ivr):** viene valutata nei primi 30 m e viene presa in considerazione solo la vegetazione arborea (Tab. 8)

Per una valutazione complessiva dell'effetto filtro esercitato dalla vegetazione riparia si moltiplicano i due indici parziali:  $Ief = Tv * Ivr$ .

**Indice Impatto Antropico (Iia):** la valutazione dell'impatto antropico analizza i seguenti aspetti:

- urbanizzazione;

Vegetazione della zona riparia intatta	= 1,5 (copertura arborea tra 100 - 80%)
Vegetazione della zona riparia con qualche interruzione	= 1,4 (copertura arborea tra 79,9 - 60%)
Vegetazione della zona riparia con interruzioni marcate	= 1,3 (copertura arborea tra 59,9 - 30%)
Vegetazione della zona riparia quasi assente	= 1,2 (copertura arborea < 30%)
Vegetazione della zona riparia assente	= 1 (copertura arborea = 0)

TABELLA 8 – *Punteggi di integrità della vegetazione ripariale.*

- industria/zootecnia e attività estrattive;
- vie di comunicazione;
- agricoltura.

I diversi indicatori sono stati valutati sulla base dell'apporto di sostanze inquinanti o responsabili dell'eutrofizzazione delle acque (che possono essere veicolate nel corpo idrico in maniera diffusa, in special modo dalle attività agricole, o puntuale), del rischio potenziale costituito per la risorsa acqua (in-

cidenti) e, infine, sul grado di modificazione ed alterazione rispetto alla «naturalità».

Il valore si ottiene dal prodotto, per ogni poligono tracciato in fase di fotointerpretazione, tra la superficie ponderata, il peso della tipologia di appartenenza e la sua distanza dal corso d'acqua. La sommatoria di questi valori fornisce il valore dell'indice di impatto antropico sul tratto considerato (Tab. 9).

TABELLA 9 – *indicatori di impatto antropico.*

<i>Classe</i>	<i>Indicatore</i>	<i>Peso</i>
<i>Agricoltura</i>	Coltivazioni intensive	17,2
	Colture legnose	8,8
	Impianti di arboricoltura	6,6
<i>Industria e attività estrattive</i>	Canali artificiali	1,6
	Cave attive	3,7
	Bacini artificiali	0,9
	Depuratore	17,1
	Area industriale – discarica – inceneritore	15,0
	Altre attività produttive	4,3
	Deposito e discarica di inerti	1,1
<i>Urbanizzazione</i>	Area urbana	10,5
	Piccolo aggregato	4,3
	Case sparse	1,3
<i>Vie di comunicazione</i>	Vie di comunicazione principali	5,5
	Vie di comunicazione secondarie	2,1

### Indice di modificazione dell'alveo (Ima).

Valuta la naturalità della sezione dell'alveo bagnato, sulla base dell'entità (numero e sviluppo) degli interventi antropici visibili individuando forme artificiali quali sbarramenti, dighe, ponti, difese spondali, prese, ecc. (Tab. 10)

	P
Tratto senza segni antropici evidenti	0,1
Presenza sporadica di interventi antropici	0,3
Presenza rilevante di interventi antropici	0,5
Presenza diffusa di interventi antropici	0,7
Presenza di tratti coperti o di opere trasversali, derivazioni, ecc.	1,0

TABELLA 10 – *Punteggi di modificazione d'alveo.*

La valutazione viene eseguita attribuendo un punteggio alla sezione complessiva del fiume senza articolarla sulle singole sponde.

La valutazione dell'impatto complessivo deriva dall'aggregazione dei risultati finali relativi agli indici sintetici di

Pressione e Stato e si basa sull'analisi del livello di sensibilità agli impatti e del pregio del territorio analizzato. Incrociando opportunamente i dati, è possibile individuare:

1. Aree critiche;
2. Aree sensibili (caratterizzate da uno stato alto con pressioni alte o medio-alte);
3. Aree di pregio naturalistico (caratterizzate da uno stato della risorsa alto o medio-alto e da una pressione bassa);
4. Aree compromesse (caratterizzate da uno stato basso e pressioni alte o medio-alte) (Tab. 11 e 12).

### Risultati

Il metodo di studio adottato risponde all'esigenza di analizzare tratti fluviali molto estesi (su scala regionale) considerando vari aspetti, quali la presenza di aree naturali o semi-naturali, le dinamiche fluviali e la funzionalità di queste realtà come corridoi ecologici.

Rispetto ai metodi di rilievo puntuale questa metodologia utilizza una differente chiave di lettura del territorio at-

TABELLA 11 – *Matrice di attribuzione del valore di degrado.*

		QUALITÀ DELLO STATO				
		Alto	Medio - alto	Medio	Medio - basso	Basso
ENTITÀ DELLE PRESSIONI	Alto	7	8	8	9	10
	Medio - alto	6	7	8	8	9
	Medio	5	6	7	7	8
	Medio - basso	3	4	5	6	7
	Basso	1	2	3	4	5



1	<i>Assenza di degrado.</i>
2	<i>Degrado irrilevante</i> (situazione pressoché indisturbata).
3	<i>Degrado basso</i> (qualità dello stato molto buona e pressioni antropiche di scarsa entità oppure qualità intermedia dello stato delle risorse).
4	<i>Degrado medio – basso</i> (pressione antropica medio – bassa che insiste su risorse di buona qualità, e quindi vulnerabili, oppure pressioni irrilevanti, ma qualità dello stato medio bassa).
5	<i>Degrado medio</i> (pressione media esercitata su un territorio di qualità molto alta o pressione medio – bassa su territori di media qualità oppure pressione irrilevante ma stato delle risorse molto basso).
6	<i>Degrado medio – alto</i> (degrado di una certa entità legato a situazioni di pressione medio – alta esercitate su un territorio di buona qualità, oppure di una pressione non molto rilevante su un territorio di qualità medio – bassa).
7	<i>Degrado alto:</i> situazione abbastanza degradata legata a una pressione molto elevata su un territorio di ottima qualità (tendente però velocemente verso il basso) o legata ad una pressione antropica non particolarmente elevata che insiste però su un'area già molto compromessa. Tra questi estremi sono presenti alcune situazioni intermedie.
8	<i>Degrado molto alto:</i> situazione degradata a causa di una pressione alta che incide su uno stato alto (che però rischia di tendere velocemente verso una riduzione della qualità) o di una pressione di media entità che però insiste su uno stato ormai compromesso.
9	<i>Degrado estremamente alto:</i> situazione molto degradata, legato a pressioni antropiche molto rilevanti che hanno consumato molte delle risorse disponibili.
10	<i>Degrado massimo:</i> situazione estremamente degradata, legato a pressioni antropiche molto rilevanti che hanno ormai consumato la quasi totalità delle risorse disponibili.

TABELLA 12 – *Classi di degrado.*

traverso la fotointerpretazione, considerando un diverso ambito territoriale e mettendo in relazione la fascia fluviale con la realtà circostante.

Le problematiche emerse riguardano essenzialmente l'efficacia della fotointerpretazione in situazioni che si prestano facilmente ad errori interpretativi, quale il riconoscimento di alcune tipologie di vegetazione.

A tal fine si è provveduto ad effettuare una serie di controlli in campo, il cui esito è stato più che soddisfacente.

L'utilizzo dell'ortomosaico ha probabilmente influenzato i risultati relativi agli indici legati agli aspetti geomorfolo-

gici, in quanto la fotointerpretazione non consente, nel caso di copertura delle sponde da parte della vegetazione, di cogliere elementi di estensione o sviluppo molto ridotto (Fig. 2).

## Conclusioni

La metodologia presenta risultati soddisfacenti sia dal punto di vista metrico che dal punto di vista applicativo.

L'analisi della precisione del posizionamento fornisce risultati ottimali per applicazioni di tipo tematico mentre la natura del supporto fotogrammetrico

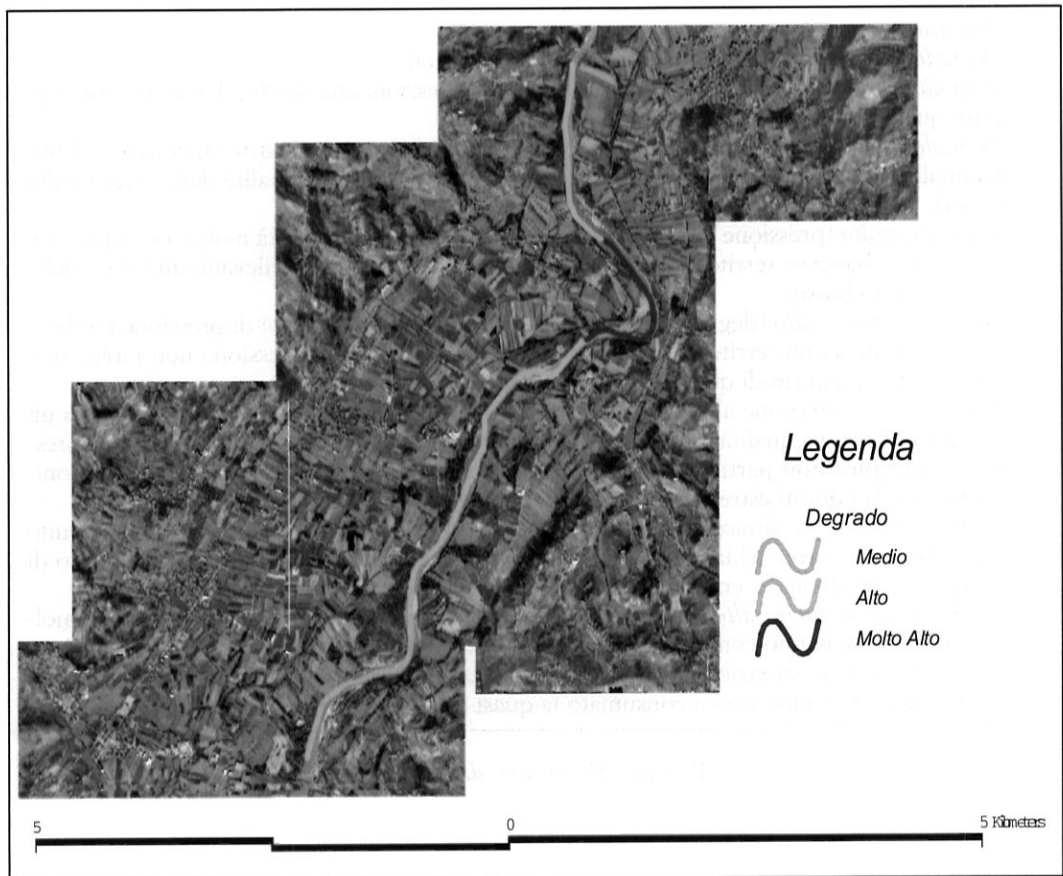


FIGURA 2 – *Rappresentazione del degrado nel tratto d'alveo in esame.*

consente, sia dal punto di vista cromatico che per la risoluzione, un'agevole fotointerpretazione. La natura dei dati e delle informazioni ricavate sono quindi caratterizzate da elevata qualità.

L'estensione della sperimentazione a differenti contesti territoriali consentirà un'ulteriore affinamento nella definizione delle differenti fasi della metodologia.

## Bibliografia

- SILIGARDI M. (2000), «I.F.F. indice di funzionalità fluviale», ANPA
- CHIABRANDO R., GARNERO G., GODONE D., (2001), «Metodologie Fotogrammetriche e di Geodesia Satellitare per la Determinazione del Modello Idraulico», Atti della V Conferenza Nazionale A.S.I.T.A. (Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali) «La qua-

lità nell'Informazione Geografica», Rimini, 9 – 12/10/2001

GRISELLI B., FOGLIATI P., PONSETTI D. (A cura di)(2002), *Studio ecosistemico del tratto piemontese della Dora Baltea mediante l'impiego dell'indice di funzionalità fluviale IFF (valutazioni pre e post alluvione 2000)* (Torino, ARPA Piemonte)

GARNERO G., GIORDANO E., RAO S., (2002), «*La ripresa aerea alluvione 2000 della Re-*

*gione Piemonte: caratteristiche innovative per la progettazione delle riprese e la gestione dei fotogrammi*» Atti della VI Conferenza A.S.I.T.A., Perugia, 5 – 8/11/2002

CIRIO M., FERRARATO M., VAZZOLA S., OCCELLI C., MAFFIOTTI A., BURATTO S., (2003)«*Metodo per lo screening delle risorse ecosistemiche delle fasce fluviali a supporto della pianificazione*», ARPA Piemonte (Inedito)