

# L'economia del bosco come bene pubblico e privato

(Finalità multiple ed ottima gestione forestale) \*\*\*

Maurizio Merlo \* e Gilberto Muraro \*\*

## Parte prima

### 1. Beni pubblici e beni privati

Benché sia ampiamente nota, conviene richiamare la distinzione che in sede tecnica si usa operare tra beni privati e beni pubblici o collettivi. Si dicono beni privati quelli che creano rivalità nel consumo, nel senso che un'unità del bene viene fornita ad un soggetto ad esclusione di tutti gli altri. Pertanto ciascuno è obbligato a dire che è interessato a quel bene e che è disposto a pagare per averlo; è cioè obbligato a rivelare la propria domanda. E su questa base nasce il mercato, perché ci sarà qualcuno che troverà conveniente produrre e offrire per soddisfare tale domanda.

Al contrario i beni pubblici ammettono la perfetta compatibilità nella fruizione collettiva, nel senso che la stessa unità del bene può essere goduta contemporaneamente da più persone. Gli esempi sono illimitati e spaziano nel dominio macroeconomico e in quello microeconomico, nel sacro e nel profano: dalla difesa nazionale alla qualità dell'aria, al paesaggio, al faro, alla luce condominiale, al concerto radiofonico.

---

\* Prof. straordinario di Economia ed Estimo Forestale presso l'Università di Padova.

\*\* Prof. ordinario di Scienza delle Finanze e Diritto finanziario presso l'Università di Padova.

\*\*\* Lavoro eseguito con un contributo del C.N.R. nell'ambito del P.F. I.P.R.A. - Sottoprogetto 2. Pubblicazione N. 1399.

Il Prof. Gilberto Muraro ha curato la prima parte, mentre il Prof. Maurizio Merlo ha curato la seconda parte. Ovviamente risulta comune la concezione della relazione.

M. Merlo riconosce il contributo del Prof. E. Laniado che ha cortesemente reso disponibile e illustrato nel suo impiego il programma di calcolo VISPA impiegato nell'analisi a più obiettivi. Nel mentre i Dr. i L. Cesaro, P. Gatto e C. Bonanno hanno contribuito alla elaborazione dei dati dando il loro apporto critico all'affinamento del modello a più obiettivi. Come di consueto ogni responsabilità per eventuali errori ed imperfezioni rimane allo scrivente.

Se alla *non rivalità* si accompagna la *non escludibilità* dei non paganti — per motivi tecnici, come nel caso di trasmissione radiofonica o di qualità dell'aria nella città, o per motivi economici, come nel caso del transito per strade con molte uscite ravvicinate —, allora si parla di beni pubblici puri che non possono essere prodotti in un classico regime di mercato, perché è troppo forte la tentazione di ciascuno di nascondere la propria domanda, aspettando che altri chiedano e paghino il bene o servizio di cui il non pagante usufruirà comunque. Questo comportamento da *free rider* — viaggiatore non pagante, secondo la nota espressione inglese — fa sì che sulla base di accordi volontari non si produca il bene pubblico o lo si produca in quantità inferiore a quella socialmente ottimale, considerando quest'ultima come la quantità prodotta in ipotesi di *gioco leale*, ossia con piena rivelazione delle domande individuali.

Un settore pubblico che voglia rendere massimo il benessere sociale, nel rispetto delle preferenze individuali, dovrebbe allora intervenire a produrre il bene in questione, ripartendone coattivamente il costo tra gli utenti. Si noti incidentalmente come venga brillantemente introdotto in questo modo un'entità dotata di potere coattivo, com'è lo Stato, in una visione sociale basata sul valore delle preferenze individuali, ossia sulla sovranità del consumatore: lo Stato dovrebbe cercare di conoscere le preferenze individuali e realizzare coattivamente proprio ciò che i cittadini farebbero se tutti rivelassero lealmente le proprie preferenze.

In realtà lo Stato non è onnisciente, e l'intervento pubblico ha dei costi di organizzazione. D'altro lato la tentazione di comportarsi da viaggiatore non pagante è tanto più forte quanto più numeroso e più instabile è il gruppo sociale interessato, mentre si può ritenere bassa all'interno di gruppi ridotti e stabili in cui il comportamento sleale viene quasi certamente rilevato dagli altri e « punito » in qualche successiva occasione. Ecco perché lo Stato saggiamente non si sostituisce all'assemblea dei condomini per decidere se applicare o no una lampadina all'ingresso. Ecco perché, in linea generale, nell'ambito dei beni pubblici puri lo Stato, in tutti i paesi, tende a occuparsi solo dei beni che presentano, per la posta in gioco e/o per il numero di persone coinvolte, un alto rilievo sociale.

A maggior ragione l'intervento pubblico tenderà ad essere più ristretto del dominio dei beni che non creano rivalità nel consumo ma che ammettono l'esclusione dei non paganti, come nel caso di

autostrada o spettacolo in ambiente chiuso o trasmissione ottenibile solo attraverso un codice. In tali casi, infatti, si può formare un'offerta privata motivata dal profitto, e i beni in questione possono essere quindi prodotti in regime di mercato. Nè si può dire a priori e in linea generale che la soluzione privata sia meno efficiente di quella pubblica. Ad esempio, il proprietario di un circo può avere una percezione delle domande individuali tale da consentirgli di attuare una discriminazione perfetta dei prezzi o comunque una discriminazione più aderente alle vere propensioni a pagare degli spettatori di quanto non sia il sistema dei prezzi differenziati implicito nel finanziamento fiscale dell'attività del circo (offerta gratis agli spettatori e pagata dai contribuenti).

All'altro estremo della scala, nel campo dei beni privati puri, cioè con piena rivalità nel consumo e con piena escludibilità dei non paganti, si può avere, e si ha, intervento pubblico motivato da considerazioni relative alla distribuzione del reddito e all'impatto non desiderato che su tale distribuzione avrebbe un'organizzazione privata di produzione e vendita del bene in esame (ad esempio, latte prodotto da aziende municipalizzate).

Che dire, poi, di tutto il vasto campo dei beni compresi tra i due estremi, quelli cioè che hanno un qualche grado di rivalità e/o di escludibilità? Si pensi in particolare ai c.d. *beni di club*, adatti all'utenza collettiva ma soggetti a congestione: è un campo ricco di soluzioni concrete diverse, da quelle interamente di mercato a quelle propriamente pubbliche, per finire a quelle di tipo associativo in senso lato, basate, appunto, sul club senza scopi di profitto. Evidentemente, costi per l'accordo collettivo, livelli di efficienza della burocrazia pubblica, costi per escludere i non paganti, considerazioni sociali sull'accesso dei non agiati, ecc., sono tutti fattori esplicativi che possono cambiare segno e livello nel tempo e nello spazio e giustificano quindi soluzioni diverse tra paesi e nello stesso paese in epoche diverse.

Si può sinteticamente riesporre quanto sin qui detto in tre proposizioni:

- (i) Tutti i possibili beni e servizi sono classificabili in base ai due criteri della rivalità nel consumo e della escludibilità dei non paganti. Si veda al riguardo la fig. 1, dove il punto A indica i beni privati puri, che presentano completa rivalità nel consumo e completa escludibilità dei non paganti; il punto B indica

i beni pubblici puri, per i quali non esistono rivalità ed escludibilità (es.: difesa); il punto C indica i beni con rivalità piena ed escludibilità nulla (ad esempio, petrolio estratto con pozzi concorrenti da una medesima falda e in generale impiego

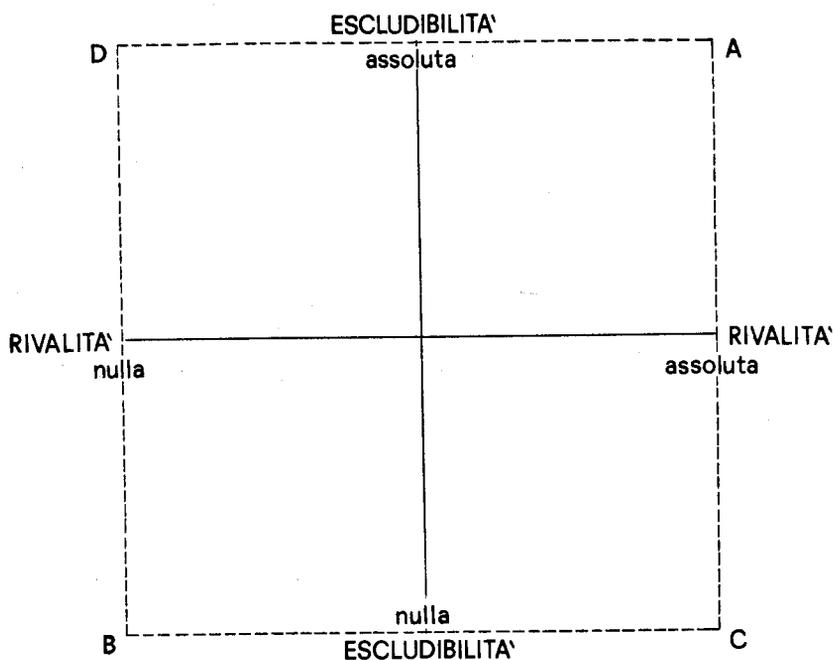


Fig. 1

Classificazione dei beni in base alla rivalità nel consumo e alla escludibilità dei non paganti

di risorse tratte da un « bacino comune »); il punto D indica i beni con rivalità zero ma escludibilità piena (es. piscina utilizzata al di sotto del livello di congestione)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Un'ulteriore caratteristica tecnica dei beni è la *rifutabilità* o meno per chi non voglia fruirne: è rifiutabile una trasmissione televisiva, non già un *bene pubblico negativo* come l'inquinamento atmosferico (se non mutando località o riparandosi in ambienti protetti). Si tratta di una caratteristica importante per comprendere se e come intervenga lo Stato, dato che il bene non rifiutabile solleva problemi di regolazione, legati alla protezione di chi non lo desidera, che non esistono in caso di bene rifiutabile. Ma il problema non viene qui approfondito, dato che esso non sembra porsi nei riguardi del bosco, almeno nella gran parte del contesto italiano.

- (ii) Se lo Stato fosse onnisciente e il suo intervento non avesse costi, la teoria in esame postulerebbe una qualche presenza pubblica (regolamentazione, imposta o sussidio, fornitura pubblica con finanziamento parzialmente o totalmente di tipo tributario) subito al di sotto del punto A che indica i beni privati puri.
- (iii) Non valendo le anzidette ipotesi, non vale nemmeno l'anzidetta conseguenza teorica. All'atto pratico è poi determinante la caratteristica politica dei beni che si può denominare *rilievo sociale* e che dipende generalmente da: numero delle persone coinvolte, grado di necessità del bene e costo del bene (variabili che si combinano in modo diverso a seconda della struttura e della situazione politica di ciascun paese). Le variabili *costo dell'intervento* e *rilievo sociale* fanno sì che il confine tra Stato e mercato in pratica sia diverso da quello teorico, mentre uno spazio considerevole si apre per azioni volontaristiche (associazioni ed enti senza scopo di lucro) che non passano attraverso il mercato ma non hanno nemmeno la coazione dell'intervento pubblico.

A conclusione si può sottolineare con forza che la teoria normativa in esame, se è lungi dallo spiegare tutto, spiega tuttavia molto. In definitiva è dato riscontrare nei paesi contemporanei a economia di mercato un nucleo di interventi pubblici assai importante e pressoché uniforme che è costituito, appunto, dai beni pubblici puri di alto rilievo sociale. Elaborare tale teoria sul piano applicativo è dunque operazione che non risponde solo ad una curiosità intellettuale ma che può dare un effettivo contributo all'efficienza dell'azione pubblica. In questo caso l'elaborazione deve riguardare i beni misti tra cui si colloca, come caso tra i più significativi, il bosco.

## 2. I beni misti

Stando alla precedente classificazione e con riferimento alla fig. 1, andrebbero definiti misti tutti i beni che non sono negli estremi A e B, che cioè non si trovano né tra quelli privati né tra quelli pubblici puri; e quindi anche i beni situati agli estremi C e D. Convenzionalmente si usa però qualificare come misti i beni che non

stanno agli estremi, almeno per quanto riguarda la rivalità nel consumo.

Il tipico bene misto è dunque un bene che presenta una componente privata, nel senso che per parte dei suoi servizi c'è rivalità nel consumo, e una componente pubblica, nel senso che gli altri servizi che esso reca sono fruibili collettivamente: è insomma un bene privato con effetti esterni positivi (o esternalità positive o economie esterne o benefici esterni, che dir si voglia). In tal caso il valore sociale del bene — parte privata più parte esterna — è superiore a quello privato. È vasta anche la categoria dei beni misti con la componente esterna negativa (si pensi all'impiego di fattori produttivi inquinanti) e quindi con un valore sociale inferiore a quello privato. In ambedue i casi il mercato, che si basa sulla sola componente privata dei servizi, non porta all'ottima produzione del bene misto.

Il problema può essere agevolmente illustrato, sia pure ricorrendo a semplificazioni eroiche, con riferimento al bosco. Si consideri una comunità di due individui — X e Y — con identica legge di domanda per i servizi privati del bosco, essenzialmente produzione di legna, e per i suoi servizi pubblici, quali la difesa idrogeologica, la ricreazione in ambiente naturale, la conservazione floro-faunistica, la migliore ossigenazione dell'aria, ecc.

Sia per ipotesi costante e pari a OL il costo medio (in tal caso uguale al costo marginale) di « produzione » del bosco. Sia MD la legge di domanda sia di X che di Y per il servizio privato del bosco. Se non ci fosse la componente pubblica, si avrebbe una domanda totale MF<sup>2</sup>. L'estensione totale del bosco sarebbe OB, ed essa sarebbe divisa a metà tra X e Y, ciascuno ottenendo la superficie OA.

Si aggiunga ora la componente pubblica rappresentata dalla domanda individuale IF, di nuovo uguale per X e per Y, notando come questa domanda sia in relazione alla quantità di bosco comunque disponibile, senza specificarne la proprietà (tanto da estendersi anche oltre la soglia di quantità massima richiesta individualmente per usi privati). È noto che in questo caso la domanda aggregata si ottiene per somma verticale delle domande individuali, perché bisogna aggiungere i prezzi che i singoli sono disposti a pagare

---

<sup>2</sup> Domanda ottenuta per somma orizzontale delle domande individuali, ossia sommando le quantità richieste ad ogni possibile prezzo: in questo caso la domanda aggregata ha il doppio di ascissa a parità di ordinata rispetto a quella individuale.

per ogni data quantità, essendo questa integralmente disponibile per tutti. Si ottiene così di nuovo la linea MF, che per ogni ascissa ha ordinata doppia rispetto alla IF. A sua volta la domanda aggregata pubblica va sommata verticalmente alla domanda aggregata privata per ottenere la domanda aggregata complessiva, che per ogni

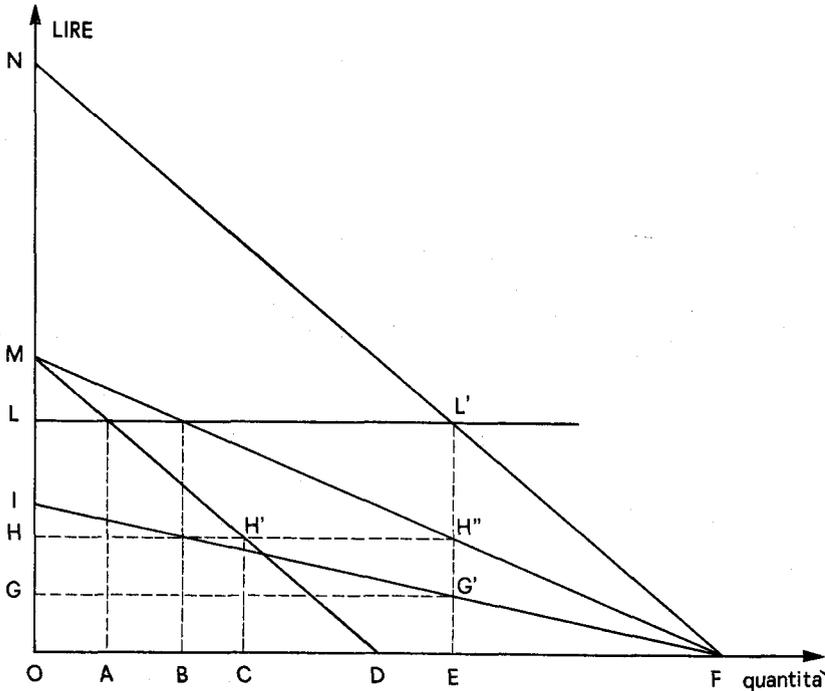


FIG. 2

La domanda di un bene misto (pubblico-privato) in presenza di due consumatori X e Y

quantità specifica il prezzo che la collettività è disposta a pagare considerando insieme usi pubblici e usi privati del bene: in questo caso si tratta di raddoppiare le ordinate di MF, ottenendo la linea NF (precisando che tutte le coincidenze espote sono introdotte a mero scopo di semplificazione grafica e non sono affatto necessarie al ragionamento).

A confronto con tale legge di domanda NF e con il costo medio e marginale OL diventa ora ottimale l'estensione complessiva OE,

divisa a metà ( $OC = CE$ ) tra X e Y. Anche il costo totale sarà, in questo caso particolare, diviso a metà, secondo il seguente schema:

Soggetto	Componente privata			Componente pubblica		
	quantità	prezzo	costo tot.	quantità	prezzo	costo tot.
X	OC	OH	HOCH''	OE	OG	GOEG'
Y	OC (=CE)	OH	HOCH'' = H'CEH'	OE	OG	GOEG'
X+Y	2OC=OE	OH	HOEH'	OE	2OG=OG	HOEH'

Astraendo dal caso particolare, il processo logico di ripartizione si può così esporre: in un quadro di piena trasparenza e lealtà, i due soggetti si tassano per la componente pubblica, pagando ciascuno una somma pari all'intera quantità del bene moltiplicata per lo specifico prezzo individuale che corrisponde a quella quantità nella legge di « domanda pubblica » individuale; il prezzo residuo da pagare serve per distribuire la quantità tra i due ad uso privato (taglio della legna), ognuno prendendo la quantità che corrisponde a quel prezzo residuo nella legge di *domanda privata* individuale.

In uno scenario più realistico, si può immaginare che la componente pubblica interessi un gran numero di persone, tanto da rendere quantitativamente irrilevante la domanda che a tale riguardo presentano X e Y che rimangono dunque portatori soltanto delle domande private. È allora l'operatore pubblico che si fa portatore della domanda pubblica (così come egli la stima), sostenendo la parte corrispondente del costo. Sul piano istituzionale le soluzioni possono variare: ci può essere solo proprietà privata del bene misto, ma con un sussidio pubblico tale da portare ad una maggiore produzione del bene (nel caso del bosco, maggiore superficie boschiva e/o diverso sistema di sfruttamento che accentua la provvigione legnosa); ci può essere, all'altro estremo, proprietà solo pubblica, con concessione ai privati di determinati diritti di sfruttamento (taglio della legna): ci possono essere combinazioni varie delle due anzidette modalità. Nella realtà il legislatore italiano ha scelto la via del vincolo (sia di superficie che di provvigione) coattivamente imposto senza indennizzo, prevedendo nel contempo tutta una serie di agevolazioni creditizie e fiscali.

Infine va nuovamente ricordato che, in ipotesi di gruppo sociale ristretto e stabile, la componente collettiva del bene misto può

essere adeguatamente salvaguardata tramite un'azione volontaristica, riservando all'intervento pubblico il caso, che è tuttavia il più frequente, di interessi diffusi.

### 3. La valutazione dei beni misti

Passando ai problemi di valutazione, è noto che la teoria normativa che si sta illustrando, ispirata ad una concezione individualistica ed ancorata quindi all'idea della sovranità del consumatore<sup>3</sup>, postula che il valore dei beni e servizi sia valutato in base alla propensione a pagare dei destinatari. È noto altresì che tale propensione è idealmente misurata dall'area sotto la legge di domanda<sup>4</sup>.

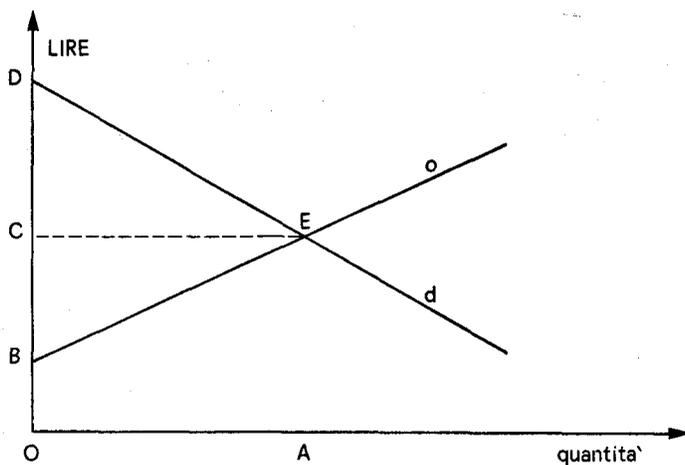


FIG. 3

Domanda e offerta di un bene in un mercato perfettamente concorrenziale: esemplificazione delle rendite del consumatore e del produttore

<sup>3</sup> Le basi ideali della teoria in esame sono sintetizzabili in due postulati: 1) il benessere sociale è funzione esclusivamente del benessere degli individui che compongono la società; 2) ciascuno è il miglior giudice del proprio benessere.

<sup>4</sup> Con riferimento alla Fig. 3, in cui si illustra un mercato concorrenziale — con  $d$  = legge di domanda,  $o$  = legge di offerta,  $OC$  = prezzo di equilibrio,  $OA$  = quantità scambiata — otteniamo:

- propensione totale a pagare = area  $DOAE$
- costo totale = area  $OBAE$
- rendita totale = area  $DBE$
- rendita dei consumatori (propensione a pagare meno pagamento effettivo) =  $DOAE - COAE = DCE$
- rendita dei produttori (ricavo effettivo meno ricavo minimo richiesto) =  $COAE - BOAE = CBE$

La rendita totale misura l'accrescimento del benessere sociale.

Ignorando per il momento i problemi concreti di stima, si tratta di considerare i limiti teorici di questa impostazione.

Il primo limite riguarda il fatto che la domanda può essere frutto di informazioni distorte o lacunose, tanto da far ritenere che essa sarebbe diversa in ipotesi di perfette informazioni. Ciò può aprire la via allo Stato *tutorio*, dove i governanti cercano di realizzare in buona fede il benessere dei cittadini ma come essi lo giudicano, così come il buon tutore sostituisce il proprio al giudizio, inattendibile, del pupillo. Si è ad evidenza su un terreno in cui non esistono teoremi, sicché la scelta è sempre frutto di giudizio politico. Qui si può solo sottolineare in linea generale che non basta dare la facile dimostrazione che il consumatore è a volte disinformato per togliergli la sovranità: occorre dimostrare la superiorità, in termini di benessere sociale, di qualche regola decisionale alternativa, specificando chi e con quali procedure è in concreto delegato a distinguere tra casi in cui le preferenze del consumatore vanno rispettate e casi in cui vanno trascurate a fin di bene e specificando anche i rischi di errori e di abusi da parte del decisore e il costo delle cautele che tali rischi impongono.

A ben vedere, sono riflessioni di questo tipo che mantengono valido in politica il principio della sovranità degli elettori e ne rendono eccezionali i casi espliciti di violazione, nonostante la facile dimostrazione che non sempre gli elettori hanno perfette informazioni. Naturalmente, il buon senso e l'osservazione empirica ci dicono che la collettività tollera un livello ben più ampio in economia che in politica di violazioni al principio della sovranità degli individui; ma è opportuno sottolineare che l'onniscienza dello Stato è ipotesi astratta quanto la perfetta consapevolezza dell'individuo, e che si tratta quindi di scegliere, volta per volta e senza pregiudizi, tra due modi imperfetti di realizzare lo spirito della visione individualistica del benessere sociale.

In campo ambientale si trovano effettivamente fenomeni alla frontiera della ricerca scientifica, nei cui riguardi appare legittimo ritenere che non esista alternativa, nemmeno nella più rigorosa concezione individualistica, ad una delega in bianco ai rappresentanti politici che dovranno dialogare con gli esperti più che con i rappresentati. Ma si trovano anche, e più numerosi dei primi, fenomeni nei cui riguardi la diffusione e l'attendibilità delle informazioni hanno raggiunto livelli sufficienti a conferire validità alle preferenze individuali. In questa seconda classe di fenomeni sembra

rientrare a buon diritto l'insieme dei servizi collettivi resi dal bosco, per i quali si può dunque applicare il criterio della disponibilità a pagare senza temere l'obiezione appena illustrata.

Il secondo limite dell'impostazione individualistica è connesso con l'esistente distribuzione della ricchezza che essa accetta ma che molti potrebbero contestare (contestando così anche le valutazioni basate sulle disponibilità a pagare che riflettono tale distribuzione). È nota l'obiezione astratta: se non piace l'esistente, lo si modifichi attraverso imposte e sussidi, lasciando poi libero campo alla sovranità del consumatore. Ed è nota la controobiezione: è realistica l'ipotesi di funzioni di utilità interdipendenti, nel senso che esistono legami di solidarietà e/o di invidia che fanno dipendere l'utilità di un individuo dalla situazione degli altri; in particolare è verificata la solidarietà con riferimento a certi bisogni primari e quindi con riferimento alla possibilità per tutti di possedere tali beni in misura adeguata. Da ciò consegue che: a) esiste concettualmente un livello di redistribuzione dei redditi che è desiderato anche da chi è chiamato a pagare e che quindi aumenta il benessere sociale; b) tale livello è significativamente più elevato se la redistribuzione anziché svolgersi attraverso imposte e generici sussidi in denaro, si attua mettendo a disposizione dei disagiati i beni considerati necessari; c) tuttavia tale redistribuzione, ancorché desiderata, non può essere lasciata al volontarismo perché cozza contro i fenomeni paralizzanti del *free rider* o della diffidenza (nessuno paga per primo, aspettando che siano altri a farlo o per evitare il pagamento o più onestamente per evitare di essere l'unico a pagare); d) diventa quindi inevitabile l'intervento pubblico, che dovrebbe però realizzare in via coercitiva esattamente ciò che i cittadini farebbero volontariamente se tutti si comportassero con lealtà, secondo lo schema già visto a proposito dei beni pubblici (Hochman-Peterson, 1974; e per una concisa esposizione, Brosio, 1986, pp. 111-126).

In questo modo la redistribuzione coattiva diventa in astratto compatibile con la concezione individualistica, vuoi che si effettui in denaro vuoi che riguardi singoli beni. Il che apre in pratica problemi di stima che non sembrano ammettere una soluzione rigorosa né per quanto riguarda il livello né per quanto riguarda i modi della redistribuzione. Il corretto contributo dell'analisi consiste allora nel rendere esplicite le implicazioni logiche e distributive delle possibili soluzioni contemplate, in modo da aumentare la coerenza delle decisioni pubbliche.

Ad esempio, bisogna chiarire quali ipotesi sulle funzioni di utilità rendano relativamente più plausibile l'uno o l'altro dei due metodi principali di inserire nelle valutazioni le considerazioni distributive:

- a) porre un vincolo minimo alla dotazione di un certo bene per ciascuna comunità locale e/o classe sociale, il che equivale a dare peso infinito alla domanda del gruppo che si trova sotto lo standard e considerare invece solo la disponibilità a pagare una volta superato lo standard (Scandizzo, 1984);
- b) « pesare » diversamente le domande dei vari gruppi, in particolare assegnando un peso superiore a 1 alla domanda dei gruppi da agevolare, peso che può essere costante o può invece decrescere all'aumento della dotazione prevista <sup>5</sup>.

Il bosco appare oggi coinvolto in questa problematica distributiva, a fronte della crescente domanda sociale di beni ambientali (che diventano sempre meno beni di lusso e sempre più beni necessari nelle società sviluppate contemporanee), a fronte della diversa dotazione di tali beni nelle varie parti del territorio e infine a fronte della diversa capacità dei vari gruppi sociali di acquisire beni ambientali attraverso il mercato (riserve, seconde case, viaggi, ecc.). Va dunque accettata, in linea di principio, l'idea che la disponibilità a pagare debba essere corretta da considerazioni distributive: ovviamente con la necessaria cautela, ben consci che l'etichetta dell'equità e dell'interesse sociale fornisce spesso un comodo alibi alle analisi sbagliate e agli interessi particolari <sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Si vedano, sugli aspetti teorici, Harberger, 1978; Marglin, 1971. Per un interessante esempio di calcolo dei pesi applicato ad un parco ricreativo al servizio di diverse Comunità locali, vedasi Mack-Myers (1965).

<sup>6</sup> Un terzo limite della rappresentazione fornita in Fig. 3 può essere descritto immaginando, per semplificazione espositiva, che l'offerta del bene sia infinitamente elastica, avvenga cioè ad un costo medio e marginale pari al prezzo OC. In tal modo rimane in Fig. 3 solo la « ordinaria rendita del consumatore » DCE definita

## Parte seconda

### 4. Gli aspetti finanziari ed economici della produzione forestale

È stato in precedenza delineato il carattere di bene misto (pubblico-privato) del bosco, considerandone il mercato e relativo equilibrio nell'ipotesi di costo medio-marginale costante.

Si passa ora a considerare la funzione di produzione forestale integrando gli aspetti privati (produzione di legname ed altri beni che creano rivalità di consumo ed escludono chi non è disposto a pagare) con quelli pubblici (produzione di servizi ambientali e ricreativi che in prima approssimazione si possono definire a libera fruizione collettiva).

Va subito ricordato che beni e servizi privati, afferenti al proprietario, proprio perché creano rivalità di consumo, hanno generalmente un prezzo di mercato e/o comunque se ne intravede immediatamente il valore economico<sup>7</sup>. I beni e servizi di cui beneficia la Comunità, cioè a libera fruizione collettiva, non hanno invece generalmente un prezzo di mercato e/o comunque non se ne intravede immediatamente il valore economico. Si parla al riguardo di esternalità che nel caso del bosco, almeno in Italia, hanno soprattutto effetto positivo.

Stante il carattere pubblico-privato del bosco l'analisi della produzione forestale, e soprattutto quella della convenienza agli investimenti, tende oggi a distinguere nettamente gli aspetti privati da quelli pubblici, i primi sono definiti di ordine finanziario (le-

---

alla maniera di Dupuit e Marshall, mentre esistono più raffinate misure della variazione di benessere — precisamente, la «variazione equivalente» e «la variazione compensativa», «la rendita equivalente» e la «rendita compensativa» — che distinguono a seconda del fattore che la provoca (variazione di quantità o di prezzo all'utente o di costo al produttore) e a seconda delle ipotesi che si fanno sui «diritti di proprietà» nei riguardi del bene considerato.

È tuttavia un limite teorico da giudicarsi praticamente irrilevante, poiché conviene usare in pratica l'ordinaria rendita del consumatore, visto che: a) essa è sempre intermedia tra le due misure teoriche — la variazione equivalente e la variazione compensativa — che risultano alternativamente preferibili a seconda dei problemi; b) che nella gran parte dei casi presenta, rispetto a tali due misure, delle differenze molto piccole, in ogni caso inferiori ai margini di errore insiti nella stima econometrica della funzione di domanda; c) essa è di più facile stima. Si veda al riguardo l'approfondita e convincente analisi di Freeman III (1979, pp. 42-49).

<sup>7</sup> Vedasi ad esempio la funzione di protezione da frane e valanghe oppure quella estetica che fanno aumentare il prezzo di mercato della proprietà.

gati come sono ai prezzi di mercato), i secondi di ordine economico (legati come sono ai costi e benefici sociali valutati secondo le utilità e disutilità percepite dall'intera Comunità).

L'economia e l'estimo forestale sono stati comunque tradizionalmente legati agli aspetti finanziari. Solo negli ultimi anni si è cominciato a considerare gli aspetti economici, cioè i costi ed i benefici sociali del bosco quantificati secondo la metodologia dell'ormai ben nota analisi costi-benefici. Va tuttavia rilevato che la distinzione fra aspetti finanziari ed economici *in nuce* è sempre esistita all'interno dell'economia e dell'estimo forestale, vedasi in particolare la distinzione fra turno finanziario ed economico: il primo basato su di un saggio d'interesse collegato al mercato, il secondo su di un saggio d'interesse nullo, il che comporta un turno più lungo e generalmente più conveniente dal punto di vista sociale: i boschi risultano infatti più efficienti nell'esercitare le loro diverse funzioni pubbliche. Un saggio basso, o addirittura nullo, è stato pertanto sempre considerato come socialmente ottimale.

L'aver codificato, anche tramite l'imposizione di procedure analitiche, la distinzione fra aspetti finanziari ed economici, come ad esempio fanno varie Agenzie Internazionali (FAO, 1977) e la stessa Pubblica Amministrazione Italiana (Ministero Bilancio, 1985) rappresenta un indubbio fattore di chiarezza analitica.

Ovviamente l'analisi economica (o dei costi e benefici sociali ACB) fa sorgere non pochi problemi di ordine estimativo riguardanti la valutazione delle esternalità e l'individuazione degli eventuali prezzi ombra dei beni oggetto di mercato.

Da rilevare inoltre che nell'effettuare la valutazione dei prodotti e servizi del bosco si incontrano notevoli implicazioni distributive, infatti i benefici sociali dovuti alla presenza del bosco presentano utilità diverse a seconda delle aree territoriali, delle classi sociali, dell'età, ecc., degli interessati. Ad esempio i boschi ricreativi urbani e periurbani creano benefici per strati di popolazione meno abbiente e più svantaggiata, analogamente i parchi attrezzati per scopi didattici e visite collettive guidate avvantaggiano gruppi sociali (scuole, società naturalistiche, ecc.) che in ogni caso ne ricevono grandissima utilità. Di converso boschi situati in aree residenziali di lusso finiscono spesso per creare utilità a vantaggio di chi già molto possiede. Il tema è comunque problematico, e da considerare con molta attenzione, ritorna infatti l'annoso problema, largamente irrisolto di come valutare l'utilità individuale di uno

stesso bene o servizio, mille lire hanno infatti un valore diverso per il ricco e per il povero.

A confermare l'importanza delle esternalità del bosco, più in generale della qualità della vita, va anche ricordato che è stata ventilata la proposta di inserire i benefici sociali del bosco nella contabilità nazionale (L. Hunter, 1984), nonché in quella di aziende forestali pubbliche specie se gestite con finalità multiple (Merlo, 1984).

Si può in sostanza affermare che la distinzione fra aspetti finanziari ed economici della produzione forestale è oggi oggetto di crescente attenzione in particolare per quanto riguarda l'analisi della produzione e degli investimenti forestali. Di conseguenza molta importanza viene data agli strumenti di valutazione dell'esternalità e alle procedure contabili da impiegare al riguardo. In altre parole un'esigenza politico-sociale porta con sé un grande bisogno di metodi di valutazione il più possibile obiettivi ed unanimemente accettabili.

##### **5. L'ottima gestione forestale: applicazione ad un bosco alpino con finalità multiple**

L'ottima gestione forestale passa attraverso l'individuazione dell'ottimo turno e dell'ottima quantità di capitale legnoso (provvigione o soprassuolo) da impiegarsi nel processo di produzione forestale.

Il problema è stato tradizionalmente risolto attraverso considerazioni puramente finanziarie, imperniate cioè sul prezzo del legname e sul costo del capitale riferito al saggio di mercato o comunque atteso dall'imprenditore proprietario del bosco. Ne derivano soluzioni ottimali che non tengono in alcun conto le altre funzioni del bosco (idrogeologica e ricreativo ambientale) che in pratica vengono considerate dei prodotti a latere comunque connessi al bosco. I limiti di questo approccio sono evidenti. Storicamente è stato il legislatore ad intervenire per fissare l'ottima gestione (i cosiddetti vincoli forestali) che andasse oltre agli aspetti finanziari per tener conto delle altre funzioni del bosco. Il tutto avveniva comunque sulla base di considerazioni tecniche e politiche senza alcuna quantificazione secondo parametri economici.

La considerazione dei costi e dei benefici sociali del bosco permette invece rilevanti progressi in quella che è l'individuazione dell'ottima gestione forestale e quindi la definizione di una politica forestale attenta alle funzioni multiple del bosco.

Il tener conto delle esternalità e la modificazione, se del caso, di certi prezzi di mercato, adottando i cosiddetti prezzi ombra significativi della utilità sociale dei beni, può mutare sostanzialmente la funzione di produzione forestale e quindi le condizioni di equilibrio, cioè l'ottimo livello di produzione ed impiego delle risorse.

La fig. 4 è al riguardo molto significativa: la ricerca dell'ottima gestione forestale avviene impiegando la più consueta teoria dell'impresa con funzioni modificate onde tener conto delle esternalità e dei prezzi d'ombra, ed è questo in pratica l'approccio più tipico dell'analisi costi-benefici (ACB) ove si cerca di massimizzare la funzione di benessere sociale, invece del profitto (Little e Mirrless, 1984).

Il procedere dell'analisi costi-benefici è stato tuttavia spesso criticato in quanto limitato a considerazioni puramente economiche, o comunque rivolte alla quantificazione monetaria di parametri fisici, biologici o tecnici difficilmente riconducibili al metro di misura monetaria.

Un'altra possibilità è pertanto quella di prendere atto che la produzione forestale ha obiettivi diversi che il gestore tende in ogni caso a soddisfare per quanto permesso dalla loro eventuale concorrenzialità. L'analisi a più obiettivi (APO) collegata alla teoria dei sistemi permette in questo caso di individuare la soluzione ottimale.

Onde chiarire le principali differenze fra analisi finanziaria, economica ed a più obiettivi, si riporta di seguito un esempio riferito all'ottima gestione di un ipotetico bosco alpino con finalità multiple: produzione di legname, protezione idrogeologica, ricreazione e valorizzazione paesaggistico-ambientale.

Senza entrare in ulteriori dettagli e precisazioni, avendo l'esempio significato soprattutto metodologico, si ricorda che i dati impiegati possono essere riferiti ad una fustaia disetanea trattata con taglio a scelta situata in Cadore (Belluno).

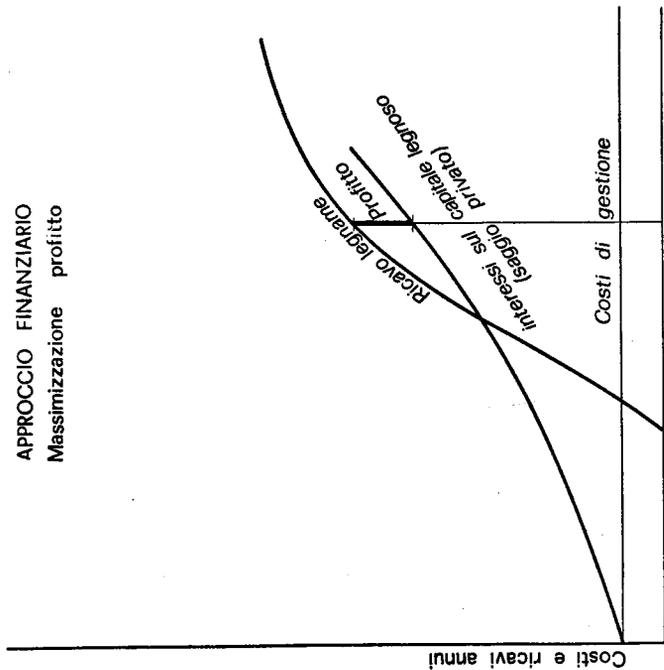
In ogni caso trattasi di dati tecnico-economici riferiti ad una particella di un ettaro di superficie la cui produzione viene considerata come annua essendo compresa in un bosco assestato<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Inutile forse sottolineare che le fustaie disetanee trattate con taglio a scelta e parte di una compresa a prodotto annuo, hanno superfici ben superiori all'ettaro, nel mentre il taglio, cioè la curazione, viene effettuato ogni 10-20 anni. L'ettaro cui si fa riferimento va pertanto considerato come significativo della situazione media dell'intera compresa. Da questo punto di vista l'esempio può essere anche riferito ad una compresa suddivisa in particelle coetanee, anche se ovviamente i parametri di crescita della fustaia coetanea differiscono da quella disetanea.

(a)

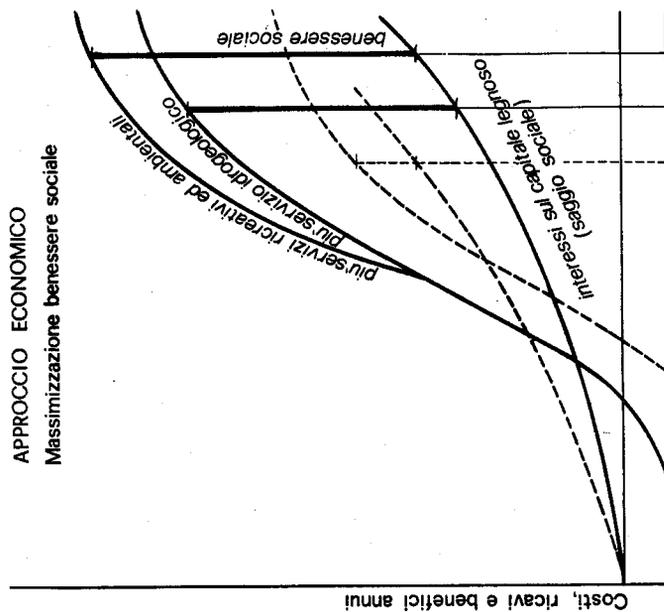
APPROCCIO FINANZIARIO  
Massimizzazione profitto



Risorse: mc soprassuolo (disetano)

(b)

APPROCCIO ECONOMICO  
Massimizzazione benessere sociale



Risorse: mc soprassuolo (disetano)

FIG. 4

Ottima gestione finanziaria (a) ed economica (b) di un bosco

## *Legenda*

A scanso di equivoci si precisa che i grafici hanno soprattutto significato metodologico. Rappresentano comunque la situazione media di un ettaro di fustaia parte di una compresa assestata per un prodotto annuo. Si può in particolare ipotizzare trattarsi di una fustaia disetanea trattata con taglio a scelta situata in Cadore (Belluno). Con tale riferimento è riportata in ascissa la variabile provvigione espressa in termini di metri cubi. L'esempio, in quanto significativo della situazione media di un'intera compresa, può comunque essere riferito anche ad una compresa assestata in particelle coetanee. Con tale riferimento è riportata in ascissa la variabile lunghezza del turno delle piante che cadono al taglio. Quanto sopra non implica ovviamente una identificazione fra i parametri provvigione di un popolamento disetaneo e turno di un popolamento coetaneo in quanto le due tecniche selvicolturali sono caratterizzate da parametri ed accrescimenti diversi. Ciò non toglie che esista una loro identificazione economica da intendersi come fattore di produzione variabile.

In ordinata sono invece riportati i costi ed i ricavi monetari assieme ai benefici dovuti ai servizi pubblici erogati dal bosco. I costi annui di gestione sono stati considerati costanti indipendentemente dalla quantità di provvigione impiegata nel processo produttivo; non si registrano poi costi di rinnovazione in quanto questa è ipotizzata come naturale.

L'interesse sul valore della provvigione è stato calcolato in base al saggio alternativo dell'imprenditore (ottimo finanziario) e al saggio sociale di sconto (ottimo economico).

Il servizio idrogeologico è stato stimato in base ai mancati allagamenti e alla mancata erosione media annua dovuti alla presenza del bosco.

Il beneficio ricreativo ed ambientale è stato stimato in base alle utilità percepite dai visitatori.

### *5.1. L'analisi finanziaria (massimizzazione del profitto monetario)*

Si considera in questo caso un unico obiettivo che è dato dalla massimizzazione del profitto monetario. Il problema è individuare la quantità di prodotto annuo e di risorsa soprassuolo che permette il raggiungimento dell'obiettivo.

La tab. 1 che riprende la funzione ad un fattore variabile già riportata in fig. 4a, evidenzia come l'ottima gestione del bosco comporti l'impiego di 320 mc. di soprassuolo (provvigione media della intera compresa). Il ricavo dalla vendita di legname è pari a 238.000 lire/ettaro; il costo a 185.000 lire/ettaro comprensivo delle spese di gestione e dell'interesse sul valore di costo del soprassuolo ( $r = 0,03$ ). Il profitto monetario (che in pratica corrisponde al reddito fondiario) risulta di 53.000 lire/ettaro.

### *5.2. L'analisi economica o dei costi e benefici sociali (ACB massimizzazione del benessere sociale)*

Si considera anche in questo caso un unico obiettivo che è dato dalla massimizzazione del benessere sociale risultante dalla differenza tra benefici e costi sociali.

TAB. 1

Analisi finanziaria, max profitto monetario (valori in 000 L./ha)

Risorse (mc. soprass.)	Costi (interesse e spese gestione)	Ricavo legname	Profitto monetario
0	30	—	— 30
50	44	—	— 44
100	63	—	— 63
150	86	5	— 81
200	108	65	— 43
250	136	150	— 14
300	172	218	46
310	178	228	50
320	185	238	53
330	193	245	52
340	201	252	51
350	210	258	48
360	219	263	44
370	228	267	39
380	238	271	33
390	248	274	26
400	258	276	18
410	268	277	9

Come evidenziato in tab. 2 i benefici sono costituiti da:

- (i) ricavo della vendita del legname, valutato a prezzi di mercato;
- (ii) servizio idrogeologico, valutato in base ai mancati danni da allagamenti a valle del bosco;
- (iii) servizio ricreativo, valutato in base alla disponibilità a pagare da parte dei visitatori.

Alle tre componenti il beneficio vanno sottratti i costi rappresentati dalle spese di gestione. L'interesse sul capitale legnoso risulta diminuito rispetto all'analisi finanziaria per tener conto delle generazioni future: saggio sociale.

Come già evidenziato in fig. 4b e quantificato in tab. 2, si può osservare come la funzione di profitto (ottenuta detraendo dai ricavi del legname i costi con interesse ridotto) si massimizzi in corrispondenza di un impiego di 330 mc. di soprassuolo mentre nell'analisi finanziaria erano 320. La funzione di profitto sommata a quella di beneficio idrogeologico si massimizza invece con un im-

piego di 360 mc. Se poi si tiene conto del servizio ricreativo-naturalistico l'ottima quantità di soprassuolo continua a crescere, stante la preferenza dichiarata dai visitatori (attraverso interviste e quantificazioni della disponibilità a pagare) verso tipi di bosco ancor più maturo. Da precisare che il numero di visitatori è comunque tenuto fisso attorno ai 100-200 alla settimana.

La funzione di benessere sociale (somma dei ricavi e dei benefici meno i costi) culmina pertanto in corrispondenza di 360 mc/ha ed ha un valore di 257.000 lire ad ettaro.

TAB. 2

Analisi economica: massimizzazione benessere sociale (valori in 000 L./ha)

Risorse (mc. soprass.)	Costi (Interesse ridotto e spese di gestione)	Ricavo legname	Profitto sociale	Beneficio servizio idrogeol.	Beneficio servizio ricreat.	Benessere sociale (profitto sociale + serv. ricr. e idrog.)
0	30	—	— 30	—	—	— 30,0
50	34	—	— 34	3,3	—	— 30,7
100	42	—	— 42	16,5	—	— 25,5
150	56	5	— 51	50,0	—	— 1,0
200	72	65	— 7	70,0	2,0	65,0
250	92	150	58	80,0	28,0	166,0
300	116	217	101	85,0	45,0	231,0
310	122	228	106	86,5	46,0	239,5
320	128	237	109	88,0	47,4	245,4
330	134	245	111	89,0	49,0	250,0
340	141	250	109	90,0	51,0	255,0
350	148	256	108	91,0	52,5	256,5
360	155	262	107	92,5	53,5	257,0
370	162	266	104	91,0	54,3	254,3
380	169	270	101	89,0	55,0	248,0
390	179	272	93	88,0	55,5	241,5
400	184	274	90	86,5	56,0	234,5
410	192	275	83	85,0	56,5	225,5

L'ottima gestione finanziaria ed economica della fustaia a funzione multipla è stata rappresentata in fig. 4a e b, ove sono messi a confronto i due risultati. È evidente come l'ottimo finanziario, che è quello dell'operatore privato teso a massimizzare il profitto, comporti un minor impiego di risorse (soprassuolo in particolare) e minor erogazione di servizi pubblici. Questo significa che si taglia di

più, e la provvigione è più bassa, facendo così venir meno, in certa misura, le funzioni idrogeologiche, ricreative ed ambientali. L'ottimo economico è invece quello dell'operatore pubblico che punta a massimizzare il benessere sociale, il che comporta un maggior impiego di risorse forestali e quindi una maggior erogazione di servizi.

L'ottimo economico formalizzato in fig. 4b rappresenta peraltro un concetto da tempo acquisito sia a livello selvicolturale-ecologico che di politica forestale. Vedasi ad esempio il concetto di *normalità* del bosco che implica molto più che non la semplice continuità delle produzioni. Come già precedentemente sottolineato la legislazione forestale ha inoltre da tempo introdotto vincoli che salvaguardano il soprassuolo (prescrizioni di massima, norme di polizia forestale, piani economici) e lo mantengono a livelli socialmente ottimali. Questa ottimalità è però quasi sempre ricavata sulla base di considerazioni qualitative o comunque di ordine fisico-biologico e, soprattutto, tecnico. Gli schemi di fig. 4 presentano il vantaggio di poter introdurre valori quantitativi nella ricerca dell'ottimo.

### 5.3. *L'analisi a più obiettivi (APO)*

L'analisi costi-benefici precedentemente delineata, lungi da risolvere il problema metodologico dell'ottima gestione forestale, è stata oggetto di molte critiche riguardo alle modalità di definizione e quantificazione delle esternalità, e quindi alla valutazione dei prezzi-ombra. In particolare si obietta che il benessere sociale è un concetto troppo vago nella sua pretesa di voler sintetizzare tutti i vari aspetti della realtà, e quindi poco pratico.

Come risposta sono stati sviluppati dei metodi di analisi che ricercano l'ottimo nell'ambito di più obiettivi diversamente espressi<sup>9</sup>. Viene così superato il problema di dover tutto esprimere in termini monetari, nel mentre gli obiettivi, quando concorrenziali, possono essere oggetto di baratto. Ne risultano modelli certamente più aderenti alla realtà che non l'analisi costi-benefici. La generica funzione di benessere sociale può pertanto esprimersi attraverso più specifici obiettivi quali il reddito derivante dalla produzione forestale, il servizio idrogeologico, la ricreazione, la protezione dell'am-

---

<sup>9</sup> In letteratura si parla di *multi-objective*, *multidimensional* o anche *vector optimization theory*.

biente e del paesaggio, ovviamente visti nelle loro reciproche interrelazioni.

Essendo le diverse funzioni in certa misura antitetiche, bisogna ovviamente individuarne la compatibilità (funzioni prodotto-prodotto) e la disponibilità a barattare l'una con l'altra. Va anche tenuto conto che le diverse funzioni non vengono a distribuirsi fra tutti i gruppi e le componenti sociali, e che inoltre questi possono avere preferenze ed utilità diversificate.

Si può in sostanza affermare che l'uso dei modelli di ottimizzazione a più obiettivi permette di meglio affrontare il problema della diversità ed eterogeneità del mondo reale nel momento in cui si devono prendere delle decisioni (Nijkamp, 1980, p. 170 e segg.).

Passando all'esempio precedentemente considerato le tre funzioni del bosco ( $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ) sono state espresse nei seguenti termini:

- (i) produzione legname, come profitto monetario analogamente all'analisi finanziaria;
- (ii) servizio idrogeologico, come CN, ovvero come capacità di creare deflusso<sup>10</sup>;
- (iii) servizio ricreativo come numero di visite per la loro utilità, commisurata ai mc. di soprassuolo (in questo modo veniva evidenziato che il bosco maturo è più soddisfacente dal punto di vista ricreativo).

I valori corrispondenti alle tre funzioni sono riportati in tab. 3, con riferimento ai diversi impieghi di soprassuolo.

La rappresentazione delle diverse funzioni del bosco in tab. 3, e la conoscenza di realtà simili a quella ipotizzata nella presente applicazione, ha subito mostrato varie incongruenze ed incompatibilità fra le diverse funzioni del bosco. In effetti la funzione ricreativa, al livello di centinaia di visitatori alla settimana per ettaro,

---

<sup>10</sup> L'indice CN ed i valori che questo assume sono stati suggeriti dal Dr. Cà Zorzi e dal Prof. Della Fontana, idrologi presso la Facoltà di Agraria dell'Università di Padova. In pratica presenta un CN uguale a 0 una superficie che non produce deflusso ed un CN uguale a 100 una superficie che trasforma completamente gli afflussi in deflussi senza perdite. Il CN del bosco considerato andava da 85 (assenza di soprassuolo) a 29,2 (410 mc di soprassuolo).

Riguardo al significato del CN cfr. F. CA ZORZI (1983), *Indagine sul metodo dell'idrogramma unitario del SCS (Soil Conservation Service)*, Quaderni di Idrografia Montana, n. 3.

presenta una notevole interazione con la funzione di profitto, di servizio idrogeologico e con la stessa utilità ricreativa individuale, diminuita dall'effetto congestione <sup>11</sup>.

Le tre diverse funzioni del bosco sono state pertanto espresse non solo in riferimento alla risorsa soprassuolo, ma anche al numero di visitatori settimanali — variabile da 100 a 1.000. Si è così ipo-

TAB. 3

Valori delle tre funzioni del bosco riferite ad una particella di 1 ettaro

Risorse (mc. di soprassuolo)	Profitto monetario (000 lire)	Servizio idrogeologico		Servizio ricreativo (n. visitatori settimanali x mc. di legname) (x 100 visitatori)
		CN	(100-CN)	
50	— 44	68,0	32,0	—
100	— 63	56,0	44,0	—
150	— 81	48,0	52,0	15.000
200	— 43	40,0	60,0	20.000
250	— 14	35,0	65,0	25.000
300	46	31,0	69,0	30.000
310	50	30,0	70,0	31.000
320	53	29,2	70,8	32.000
330	52	28,6	71,4	33.000
340	51	28,0	72,0	34.000
350	48	27,4	72,6	35.000
360	44	27,0	73,0	36.000
370	39	27,3	72,7	37.000
380	30	27,7	72,3	38.000
390	26	28,2	72,8	39.000
400	18	28,7	71,3	40.000
410	9	29,2	70,8	41.000

tizzato, anche sulla base di dati variamente acquisiti, che 100 visitatori settimanali diminuiscano la funzione di profitto dell'1%, senza peraltro incidere su quella idrogeologica e sulle utilità ricreative date dal numero di visitatori per i mc. di soprassuolo; 200 visitatori settimanali dovrebbero invece incidere sulla funzione di profitto facendola diminuire del 2% e su quella idrogeologica, facendola

<sup>11</sup> Da sottolineare che nella precedente analisi costi-benefici le utilità (disponibilità a pagare) erano riferite ad un numero costante di visitatori, un centinaio alla settimana attualmente riscontrati.

<sup>12</sup> Ovviamente quella totale può aumentare per il maggior numero di visitatori.

diminuire dell'1%, inoltre sulla funzione ricreativa, facendo diminuire del 10% l'utilità di ciascun visitatore<sup>12</sup>. Così procedendo si arriva a 1.000 visitatori settimanali, il massimo ipotizzabile, la cui pressione è tale da diminuire del 40% il profitto, del 32% il servizio idrogeologico, e del 90% l'utilità di ciascun visitatore.

L'interazione fra visitatori e funzioni del bosco è evidenziata in tab. 4.

Tab. 4  
Interazione fra funzioni del bosco e numero di visitatori

n. visitatori	riduzione % funzione profitto	riduzione % funzione idrogeologica	riduzione % utilità ricreativa
0	0,0	0,0	0,0
100	1,0	0,0	0,0
200	2,0	1,0	10,0
300	5,0	3,0	30,0
400	8,0	4,5	30,0
500	12,0	5,5	40,0
600	16,0	8,5	50,0
700	21,0	12,0	60,0
800	26,0	16,0	70,0
900	31,0	21,5	80,0
1000	40,0	32,0	10,0

#### ALTERNATIVE

(relative ai mc. di soprassuolo e al numero di visitatori)

O	
B	f1 (profitto)
I	
E	
T	f2 (servizio idrogeologico)
T	
I	
V	f3 (servizio ricreativo)
I	

Fig. 5  
Matrice obiettivi - alternative (variabili decisionali)

Si sono così ottenute le diverse alternative, o combinazioni di soprassuolo e visitatori, cui corrispondono specifici risultati in termini di obiettivi. In particolare considerando le seguenti quantità di soprassuolo, espresse in mc/ha: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 310, 320, 330, 340, 350, 360, 370, 380, 390, 400, 410, e le seguenti classi di presenza di visitatori: 0, 100, 200, 300, 400, 500,

600, 700, 800, 900, 1000, le alternative risultano 198. Questi dati possono essere collocati in una matrice (Fig. 5) ove nelle colonne figurano gli obiettivi e nelle righe le alternative cioè le combinazioni fra soprassuolo e visitatori definite anche variabili decisionali.

Considerata soddisfacente, almeno in prima approssimazione, la descrizione del problema gestionale, si è passati alla ricerca delle alternative migliori.

L'analisi a più obiettivi si basa, come noto, sul criterio dell'efficienza paretiana. Cerca infatti di selezionare le alternative più efficienti o dominanti nel senso che danno i migliori risultati, nel nostro caso in termini di profitto, servizio idrogeologico e ricreativo. Sono invece scartate le soluzioni meno efficienti, dominate, nel senso che *coeteris paribus* danno risultati inferiori, per una o più funzioni. Se ad esempio le funzioni da massimizzare fossero solo due ( $f_1$  ed  $f_2$ ) rappresentabili quindi in un piano, risulta evidente in Fig. 6 come le soluzioni efficienti siano la 1 e la 2, mentre la 3, la 4 e la 5 risultano dominate. La 3, ad esempio, dà risultati inferiori alla 1 per la  $f_2$  e alla 2 per la  $f_1$ .

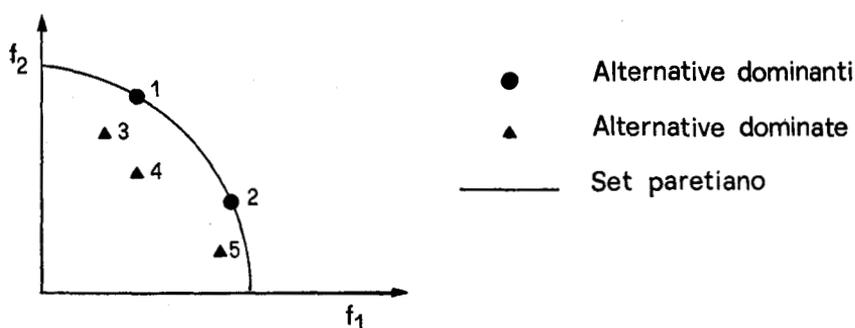


FIG. 6  
Criterio dell'efficienza paretiana

La scelta deve pertanto essere effettuata fra la 1 e la 2, situate nel *Pareto set* meglio noto in teoria della produzione come curva di trasformazione o delle possibilità produttive. Si può quindi in generale affermare che un'alternativa è dominata quando non dà risultati migliori delle altre per tutta una serie di obiettivi risultando comunque inferiore per almeno un obiettivo.

Per scegliere nell'ambito delle possibili combinazioni quelle Pareto ottimali, si deve individuare le soluzioni che massimizzano il vettore delle funzioni obiettivo:

$$\max_X | f_1(x_1, x_2) \quad f_2(x_1, x_2) \quad f_3(x_1, x_2) |$$

ove  $X$  vettore funzione obiettivo

$f_1$  funzione produttiva

$f_2$  servizio idrogeologico

$f_3$  utilità ricreativa

$x_1$  mc soprassuolo

$x_2$  n. visitatori

Il calcolo del vettore prevede una normalizzazione delle funzioni, finora espresse secondo grandezze diverse: moneta per il profitto; 100 - CN per il servizio idrogeologico; utilità (n. visite x utilità percepita) per il servizio ricreativo. La normalizzazione viene effettuata assegnando ad esempio valore 0 al risultato minimale ed 1 a quello più elevato. Da rilevare come la normalizzazione possa essere effettuata anche per funzioni espresse qualitativamente, purché secondo scale di valori.

Normalizzate le funzioni, che diventano così comparabili<sup>13</sup>, si deve individuare il peso, o le priorità, che il decisore assegna alle diverse funzioni. Questa decisione si riflette ovviamente sulla individuazione delle soluzioni ottimali, eliminando alternative che, pur situate sul set paretiano, non massimizzano le funzioni. L'assegnazione di pesi alle funzioni permette in altre parole il passaggio da un criterio di efficienza tecnica (set paretiano o linea di trasformazione) ad uno di efficienza economica. In sostanza l'assegnazione di pesi agli obiettivi corrisponde concettualmente ai prezzi assegnati alle produzioni nelle scelte prodotto-prodotto.

A questo punto il problema risulta essere di calcolo, cioè di individuazione delle alternative o variabili decisionali che massimizzano il vettore degli obiettivi. Si è al riguardo impiegato il procedimento VISPA (Valutazione Interattiva Scelte Progetti Alternativi) messo a punto dai Proff. A. Colorni ed E. Laniado del Centro

---

<sup>13</sup> L'operazione è per la verità abbastanza simile alle valutazioni monetarie effettuate nell'analisi costi-benefici, che in pratica rappresentano la riduzione di grandezze diverse ad un comune metro di misura: la moneta.

di Teoria dei Sistemi del Politecnico di Milano<sup>14</sup>. Può essere schematizzato come di seguito:



Precisato che il programma ha operato su di una matrice ove si era già tenuto conto delle interazioni fra funzioni, la prima eliminazione di alternative ha portato a scartare quelle soluzioni che contemplavano impieghi di soprassuolo inferiori ai 320 mc/ha ed un numero di visite superiore ai 500 visitatori settimanali/ha. Evidentemente con meno di 320 mc./ha nessuna delle tre funzioni obiettivo veniva massimizzata, nel mentre con oltre 500 visitatori/ha si faceva consistentemente sentire l'impatto della ricreazione sulle funzioni di produzione, di servizio idrogeologico ed anche sulla stessa utilità ricreativa diminuita dall'effetto congestione (Tab. 5).

Passando all'assegnazione del peso alle funzioni, in prima approssimazione si è preso atto dell'importanza di tutte e tre, assegnando pertanto a ciascheduna il medesimo peso: 33,3%. Ne è uscita una graduatoria (Tab. 6) che ha visto al primo posto una soluzione contemplante un impiego di 340 mc. di soprassuolo ed una presenza di 500 visitatori. Subito dopo venivano soluzioni che potevano contemplare sia aumenti che diminuzioni nel soprassuolo, e in ogni caso diminuzioni nel numero di visitatori. Si trattava comunque di lievi variazioni rispetto alla soluzione ottimale (Tab. 5).

L'analisi è proseguita cambiando i pesi alle diverse funzioni obiettivo. Come rilevabile in Tab. 6, l'assegnazione di un peso superiore alla funzione di profitto ha portato ad una diminuzione nel

<sup>14</sup> Il programma che sarà formalmente pubblicato nei prossimi mesi è stato cortesemente reso disponibile e illustrato nel suo impiego dal Prof. Laniado. Cfr. A. COLORNI, E. LANIADO, (1987), *A Decision Support System for Choosing among Alternative Projects*, EAAE, 11th Seminar, Vauk, Kiel.



VARIABILI DECISIO NALI FUNZIO NI OBIEETTIVO	300 VISITATORI			400 VISITATORI			500 VISITATORI																
	320	330	340	320	330	340	320	330	340														
	mc provvigione legnosa			mc provvigione legnosa			mc provvigione legnosa																
Profitto monetario (000 di L.)	50,3	49,4	48,4	45,6	41,8	37,0	31,3	48,7	47,8	46,9	44,1	40,4	35,8	46,6	45,7	44,8	42,2	38,7	34,3	29,0	22,8	15,8	7,9
Servizio idrogeologico (100 - CN)	68,6	69,2	69,8	70,4	70,8	70,5	70,1	67,6	68,1	68,7	69,3	69,7	69,4	66,9	67,4	68,0	68,6	68,9	68,7	68,3	67,8	67,3	66,9
Servizio ricreativo (000 U.)	76,8	79,2	81,6	84,0	86,4	88,8	91,2	89,6	92,4	95,2	98,0	100,8	103,6	96,0	99,0	102,0	105,0	108,0	111,0	114,0	117,0	120,0	123,0

TAB. 6

Graduatoria delle soluzioni ottimali in relazione ai diversi pesi assegnati agli obiettivi

PESI GRADUA TORIA	Peso 0,33 ciascuna funzione		Peso 0,50 funzione idrog.		Peso 0,50 funzione ricreat.		Peso 1 funzione profitto		Peso 1 funzione idrog.		Peso 1 funzione ricreat.	
	mc.	n° vis.	mc.	n° vis.	mc.	n° vis.	mc.	n° vis.	mc.	n° vis.	mc.	n° vis.
1	340	500	320	400	340	400	350	500	320	0	360	0
2	340	400	330	400	340	500	340	500	320	100	360	100
3	330	500	340	400	350	500	360	500	330	0	370	100
4	350	500	320	300	350	400	330	500	320	200	350	0
5	330	400	330	300	330	400	370	500	330	100	350	100
6	350	400	320	500	330	500	350	400	340	0	380	100
7	320	500	330	500	320	400	340	400	330	200	360	200
8	320	400	340	500	360	500	320	500	340	100	340	0
9	360	500	340	300	320	500	360	400	320	300	340	100
10	360	400	350	400	360	400	330	400	340	200	370	200

TAB. 7

Analisi della sensitività della soluzione ottimale: 340 mc con 500 visitatori assegnando il peso 33,3% a ciascuna funzione

Funzioni	Soluzioni ottimali a $s_x$ intervallo		Soluzione ottimale (340 mc; 500 visitatori) (Intervallo stabilità)		Soluzioni ottimali a $a$ dx intervallo	
	mc.	n° vis.	mc.	n° vis.	mc.	n° vis.
Profitto	350	500	0,258	0,364	340	400
Idrologica	340	500	0,000	0,611	340	400
Ricreativa	340	400	0,300	0,611	350	500

soprassuolo e addirittura ad un annullamento delle visite nel caso di peso 1. Queste soluzioni, come è ovvio, corrispondono all'analisi finanziaria.

Assegnando invece un peso superiore alla funzione idrogeologica si rileva in ogni caso un aumento nei mc. di soprassuolo ottimali, attorno a 340-360 mc/ha, nel mentre le visite vengono a diminuire, e addirittura ad annullarsi, nel caso di peso 1.

Se invece pesi superiori sono dati alla funzione ricreativa, si viene ad aumentare, ed in modo consistente, sia il soprassuolo, che arriva addirittura a 410 mc. nel caso di peso 1, che il numero di visite le quali tuttavia non superano mai il numero di 500 in quanto andando oltre si fa fortemente sentire l'effetto congestione che diminuisce l'utilità ricreativa.

Per saggiare la stabilità delle diverse soluzioni ottimali, il programma VISPA prevede l'analisi di sensitività. In Tab. 7 sono riportati i risultati di questa analisi riferiti alla soluzione ottimale nel caso sia assegnato peso uguale a ciascuna funzione (33,3%). Si evidenzia in ogni caso la stabilità della soluzione che comporta un impiego di 340 mc. di soprassuolo ed una presenza di 500 visitatori. La stabilità è particolarmente evidente per la funzione idrogeologica che chiaramente è meno in competizione con le altre due funzioni del bosco.

Variazioni nella soluzione ottimale per quanto riguarda le funzioni di profitto e ricreativa si verificano per un'assegnazione di peso esterna all'intervallo, rispettivamente, 25%-36% e 30%-61%.

Come già precedentemente rilevato, per avere differenze rilevanti nella soluzione ottimale bisogna assegnare all'una o all'altra funzione priorità assoluta. Va tuttavia rilevato che anche in questo caso le funzioni senza priorità vengono ovviamente svolte dal bosco in quanto congiunte alle altre.

## 7. Conclusioni

I risultati delle analisi fin qui condotte (finanziaria, dei costi e benefici sociali, a più obiettivi) si prestano, pur con la dovuta prudenza stante il carattere sperimentale del modello e le molte semplificazioni cui si è ricorsi, a vari commenti che possono riguardare sia l'aspetto gestionale-operativo che quello analitico-metodologico.

Riguardo all'aspetto gestionale-operativo, precisato ancora una volta che i dati impiegati avevano significato puramente indicativo di massima, nel mentre si rendono necessarie ulteriori valutazioni e confronti con selvicoltori, ecologi ed idrologi, si rileva che le soluzioni suggerite non si discostano dal bosco *normale* come da tempo individuato dai selvicoltori, questo a significare che la professione forestale e la stessa legislazione italiana, hanno da tempo acquisito il concetto di finalità pubblica del bosco riconoscendone le funzioni multiple, suggerendo pertanto le soluzioni tecniche più appropriate.

Preso atto che tutte le soluzioni prevedono impieghi di soprassuolo attorno ai 340 mc/ha, la variabile decisionale più critica negli anni a venire sembra essere la presenza di visitatori che, evidentemente, va meglio misurata nei suoi effetti e quando necessario controllata affinché il bosco estrinsechi appieno le sue diverse funzioni. Con riferimento all'ipotetica particella considerata dalla analisi, il problema non sembra ancora porsi in quanto non dovrebbe essere stata raggiunta la soglia che fa venir meno, in modo rilevante, le altre funzioni.

Riguardo invece all'aspetto metodologico, c'è da dire che l'APO comparata con l'ACB e con le più consuete tecniche di ottimizzazione economica, si presta a non pochi commenti.

Innanzitutto va apprezzata la flessibilità ed adattabilità dell'APO alle diverse situazioni. La procedura VISPA ad esempio è stata sviluppata per valutazioni di impatto ambientale contemplanti decine di obiettivi, casi quindi molto più complessi del problema di gestione del bosco, ricondotto fra l'altro a sole tre funzioni, anche per l'esigenza di sperimentare la procedura. Ciò non toglie che appurata la validità del metodo, il problema gestione del bosco possa essere meglio specificato in tutte le sue diverse funzioni, non ultime quelle ecologico-ambientali.

Volendo poi fare un confronto fra approcci metodologici e/o procedure di calcolo, si deve rilevare come l'ABC non dia risultati molto diversi, nella sostanza, dall'APO. Tutto sommato le operazioni di valutazione monetaria delle esternalità proprie dell'ABC corrispondono alla normalizzazione dei dati effettuata nell'APO, nel mentre la ricerca dei prezzi ombra dell'ACB corrisponde in certa misura all'assegnazione di pesi propria dell'APO.

L'esigenza di un comune metro di misura viene in pratica risolto dall'ACB trasformando tutto in moneta, che è poi la grandezza più comunemente accettata e conosciuta. L'APO ricorre invece a valori

standard frutto dell'operazione di normalizzazione. Assegna poi un peso agli obiettivi che è frutto di varie considerazioni tecnico-politiche su quello che è il valore e il significato sociale di questi. Non si può negare al riguardo che l'operazione possa essere tecnocratica quando non comporti una convinta ed intelligente partecipazione dei cittadini<sup>15</sup>.

Come già rilevato l'APO risulta comunque uno strumento flessibile ed in notevole misura *neutrale* essendo applicabile anche da chi non dispone di conoscenze economiche. Trattasi quindi di una tecnica più adatta ad approcci interdisciplinari. In ogni caso toglie all'economista e all'estimatore quel ruolo di sintesi e di *tuttologo*, per la verità abbastanza scomodo, che indubbiamente assume nell'ACB.

Considerazioni abbastanza analoghe, riferite alle procedure di calcolo e di ottimizzazione, si possono fare confrontando i modelli APO con quelli tipo programmazione lineare. Ad esempio considerando in questi ultimi funzioni di reddito, coefficienti tecnici, vincoli che esprimano i costi ed i benefici sociali dei processi, piuttosto che i prezzi di mercato, si dovrebbe arrivare a conclusioni tutto sommato analoghe a quelle dell'APO. In effetti, introducendo in un modello di programmazione lineare i costi ed i benefici sociali dei processi, piuttosto che i prezzi di mercato, si ottengono soluzioni che massimizzano il benessere sociale invece del reddito monetario. Anche in questo caso rimane comunque la maggior flessibilità ed interdisciplinarietà dell'APO. Si può ricordare al riguardo la *Goal Programming*, tecnica recentemente sviluppata partendo dalla programmazione lineare, considerando però contemporaneamente il raggiungimento di una molteplicità di obiettivi (Romero e Rehman, 1984).

In conclusione l'APO è sicuramente un efficace e flessibile strumento per individuare soluzioni tali da ottimizzare l'impiego di risorse e finalità multiple. Come di consueto, però, lo strumento di calcolo, ancorché flessibile e potente, non può sostituirsi alla correttezza e disponibilità di dati nonché alla interpretazione del fenomeno.

Da questo punto di vista, l'APO, l'ACB, e le varie procedure di ottimizzazione matematica presentano la comune caratteristica,

---

<sup>15</sup> Sono state recentemente sviluppate metodologie come la *Delphi* che sembrano molto promettenti per meglio comprendere i desideri della gente.

ovvia, di richiedere attente osservazioni ed analisi, prima di passare alla formalizzazione dei modelli e alla ricerca delle soluzioni.

Va comunque preso atto del notevole interesse con cui l'APO è stata considerata dai forestali tanto da essere stata oggetto di numerose applicazioni (cfr. bibliografia allegata). È stato anche autorevolmente osservato (Rehman e Romero, 1986) che alle molte applicazioni forestali ed ambientali corrispondono poche applicazioni riguardanti l'agricoltura nel suo impatto con l'ambiente. Questo può forse sorprendere di fronte alla grande attenzione oggi concessa alle esternalità agricole (positive o negative che siano) e in definitiva alle interrelazioni dell'agricoltura con l'ambiente fisico-economico, tali da richiedere approcci sempre più sistemici e globali.

#### RIFERIMENTI ED INDICAZIONI BIBLIOGRAFICHE

- ARP, P. A. and LAVIGNE, D. R. (1982). *Planning with Goal Programming: A Case Study for Multiple-Use of Forested Land*, *Forestry Chronicle*, 58, 225-232.
- BONANNO, C. (1986). *Indicazioni metodologiche per la valutazione economica dei beni e dei servizi pubblici*, Libreria Progetto, Padova.
- BROSIO, G. (1986). *Economia e finanza pubblica*, Nuova Italia Scientifica, Roma.
- BOTTOMS, K. E. and BARTLETT, E. T. (1975). *Resource Allocation through Goal Programming*, *Journal Range Management*, 28, 442-447.
- CÀ ZORZI, F. (1983). *Indagini sul metodo dell'idrogramma unitario del S.C.S.*, *Quaderni di Idronomia Montana*, n. 3, 1983.
- CHANG, S. J. and BUONGIORNO, J. (1981). *A Programming Model for Multiple Use Forestry*, *Journal of Environmental Management*, 13, 41-54.
- CHARNES, A. and COOPER, W. W. (1961). *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*, Vol. I, John Wiley & Sons, New York.
- COLORNI, A., LANIADO, E. (1987). *A Decision Support System for Choosing among Alternative Projects*, EAAE 11th Seminar, Vauk, Kiel.
- DANE, C. W., MEADOR, N. C. and WHITE, J. B. (1977). *Goal Programming in Land-Use Planning*, *Journal of Forestry*, June, 325-329.
- DEFRANCESCO, E., MERLO, M. (1984). *Accounting and Planning in Forestry*, IUFRO Symposium, University of Tokyo, 640-653.
- DE KLUYVER, C. A., DAELLENBACH, H. G. and WHYTE A. G. D. (1980). *A Two-Stage, Multiple Objective Mathematical Programming Approach to Optimal Thinning and Harvesting*, *Forest Science*, 26, 674-686.
- DYER, A. A., HOF, J. G., KELLY, J. W., CRIM, S. A. and ALWARD, G. S. (1979). *Implications of Goal Programming in Forest Resource Allocation*, *Forest Science*, 25, 535-543.
- DYER, A. A., HOF, J. G., KELLY, J. W., ALWARD, G. S. and CRIM, S. A. (1983). *Implications of Goal Programming in Forest Resource Allocation: A Reply*, *Forest Science*, 29, 837-840.
- FAO Forestry Papers (1979). *Economic Analysis of Forestry Projects*, cap. 2. *Financial and Economic Analysis. An Overall View*, Roma.
- FIELD, D. B. (1973). *Goal Programming for Forest Management*, *Forest Science*, 19, 125-135.
- FREEMAN, A. M. III (1979). *The Benefits of Environmental Improvement*, Johns Hopkins Press, Baltimore.

- HARBERGER, A. C. (1978). *On the Use of Distributional Weights in Social Cost-Benefit Analysis*, Journal of Political Economy, vol. 86, suppl., pp. 87-120.
- HOCMAN, H. M. and PETERSON, G. (1974). *Redistribution Through Public Choice*, Columbia University Press, New York.
- HOTVEDT, J. E. (1983). *Application of Linear Goal Programming to Forest Harvest Scheduling*, Southern Journal of Agricultural Economics, 15, 103-108.
- HOTVEDT, J. E., LEUSCHNER, W. A., and BUHYOFF, G. J. (1982). *A Heuristic Weight Determination Procedure for Goal Programs Used for Harvest Scheduling Models*, Canadian Journal of Forestry, 12, 292-298.
- HRUBES, R. J. and RENSI, G. (1981). *Implications of Goal Programming in Forest Resource Allocation: Some Comments*, Forest Science, 27, 454-459.
- HUNTER, L. (1984). *Financial Planning of Forests for National Accounting Purposes*, IUFRO Symposium, University of Tokyo, 628-639.
- HWANG, C. L., MASSUD, A. S. M., PAIDY, S. R. and YOON, K. (1979). *Multiple Objective Decision Making-Methods and Applications: A State of Art Survey*, Springer-Verlag, New York.
- KAO, C. and BRODIE, J. D. (1979). *Goal Programming for Reconciling Economics, Even Flow and Regulation Objectives in Forest Harvest Scheduling*, Canadian Journal of Forest Research, 9, 525-531.
- LEE, S. M. (1972). *Goal Programming for Decision Analysis*. Auerbach Publishers, Philadelphia.
- MACK, R. P. and MYERS, S. (1965). *Outdoor Recreation*, in DORFMAN, E. (Ed.). *Measuring the Benefits of Government Investments*, The Brookings Institution, Washington D. C. Traduzione in appendice a: MURARO G. (1984), *L'analisi costi-benefici nella progettazione di parchi e aree verdi ad uso ricreativo*, in AA.VV., *Spazi verdi territoriali*, F. Angeli, Milano, 533-555.
- MARGLIN, S. A. (1967). *Public Investment Criteria*, Macmillan, London. Traduzione: *Criterio per l'investimento pubblico*, F. Angeli, Milano, 1971.
- MERLO, M. (1982). *Appunti di Economia ed Estimo Forestale*, Istituto di Economia e Politica Agraria, Università di Padova.
- MINISTERO DEL BILANCIO E DELLA PROGRAMMAZIONE (1985). *Tecniche di valutazione degli investimenti pubblici*, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- MITCHELL, B. R. and BARE, B. B. (1981). *A Separable Goal Programming Approach to Optimizing Multivariate Sampling Designs for Forest Inventory*, Forest Science, 27, 147-162.
- NIJKAMP, P. (1977). *Theory and Application of Environmental Economics*, North Holland, Amsterdam, 170-205.
- PORTERFIELD, R. L. (1976). *A Goal Programming Model to Guide and Evaluate Tree Improvement Programs*, Forest Science, 22, 417-430.
- REHMAN, T. and ROMERO, C. (forthcoming). *An Assessment of Multiobjective and Goal Programming Techniques in Solving Agricultural Planning Problems*, Proceedings of the XIX Conference of Agricultural Economists.
- REHMAN, T., ROMERO, C. (1987). *Multiple Criteria Decision Techniques and Multi-purpose Agriculture*, EAAE 11th Seminar, Vauk, Kiel.
- RENSI, G. and HRUBES, R. J. (1983). *Implications of Goal Programming in Forest Resource Allocation: A Rejoinder*, Forest Science, 29, 841-842.
- RIITERS, K., BRODIE, J. D. and KAO, C. (1982), *Volume versus Value Maximization Illustrated for Douglas-Fit with Thinning*, Journal of Forestry, 80, 86-89 (and page 107).
- ROMERO, C. (1986). *A Survey of Generalized Goal Programming (1970-1982)*. European J. of Operational Res., 25.
- ROMERO, C. and REHMAN, T. (1983). *Goal Programming via Multidimensional Scaling Applied to Senegalese Subsistence Farming: Comment*, Amer. J. Agri. Econ., 65, 829-831.
- ROMERO, C. and REHMAN, T. (1984). *Goal Programming and Multiple Criteria Decision Making in Farm Planning: An Expository Analysis*, J. Agri. Econ., 35, 177-190.
- ROMERO, C. and REHMAN, T. (1985). *Goal Programming and Multiple Criteria Decision Making in Farm Planning: Some Extensions*, J. Agri. Econ., 36, 171-186.

- ROMERO, C. and REHMAN, T. (forthcoming). *Natural Resource Management and the Use of Multiple Criteria Decision Making Techniques: A Review*.
- SCANDIZZO, P. L. (1984). «Politica ambientale e scelta degli investimenti», in MURARO, G. (a cura di). *Criteri di efficienza per la politica ambientale*, F. Angeli, Milano, 91-101.
- SCHULER, A. and MEADOWS, J. C. (1975). *Planning Resource Use on National Forests to Achieve Multiple Objectives*, Journal of Environmental Management, 3, 351-366.
- SCHULER, A. T., WEBSTER, H. H. and MEADOWS, J. C. (1977). *Goal Programming in Forest Management*, Journal of Forestry, 75, 320-324.
- STEUER, R. E. and SCHULER, A. T. (1978). *An Interactive Multiple Objective Linear Programming Approach to a Problem in Forest Management*, Operations Research, 26, 254-269.
- WALKER, H. D. (1985). *An Alternative Approach to Goal Programming*, Canadian Journal of Forest Research, 15, 319-325.
- ZELNY, M. (1973). *Compromise Programming*, in *Multiple Criteria Decision-Making*, Cochrane, J. L., and Zeleny M. (Eds.) University of South Carolina Press., 262-301.
- ZELNY, M. (1981). *The Pros and Cons of Goal Programming*, Comput & Ops. Res., 8, 357-359.
- ZELNY, M. (1982). *Multiple Criteria Decision-Making*, McGraw Hill, New York.