



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

Sede Amministrativa

Università degli Studi di Padova

Dipartimento

Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Gestionale ed Estimo

Indirizzo: Estimo ed Economia Territoriale

Ciclo XXII

Valutazioni di Sostenibilità nella Pianificazione Territoriale di Aree Protette mediante Approcci di Analisi Multi-Obiettivo

Direttore della Scuola

Ch.mo prof. Giuseppe Stellan

Supervisore

Ch.mo prof. Giorgio Franceschetti

Dottorando

Massimiliano Pagan

INDICE

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	IV
ABSTRACT	1
INTRODUZIONE.....	2
1. INQUADRAMENTO TEORICO.....	5
1.1. LA SOSTENIBILITÀ NELLA PIANIFICAZIONE DELLE AREE PROTETTE	5
1.1.1. <i>Aspetti generali dello sviluppo sostenibile</i>	<i>5</i>
1.1.2. <i>Sostenibilità debole e sostenibilità forte</i>	<i>10</i>
1.1.3. <i>La sostenibilità territoriale come problema multi criterio.....</i>	<i>13</i>
1.1.4. <i>Aspetti di sostenibilità nelle aree con rilevante funzione naturalistica</i>	<i>17</i>
1.2. APPROCCI DI ANALISI MULTICRITERIO PER PROBLEMI DI TIPO CONTINUO	21
1.2.1. <i>Struttura di un processo decisionale e definizioni</i>	<i>21</i>
1.2.2. <i>Il paradigma multi criterio e il legame con l'estimo</i>	<i>23</i>
1.2.3. <i>Fondamenti teorici delle analisi multi obiettivo</i>	<i>26</i>
1.2.4. <i>Le principali famiglie metodologiche di AMO</i>	<i>31</i>
1.2.5. <i>Analisi multi obiettivo per la gestione della risorsa suolo</i>	<i>35</i>
1.3. CONCLUSIONI.....	39
2. METODOLOGIA DI RICERCA	41
2.1. APPROCCIO DI RICERCA E AMBITO D'INDAGINE.....	41
2.1.1. <i>Analisi delle problematiche per i siti Natura 2000</i>	<i>41</i>
2.1.2. <i>Le analisi multi-obiettivo quale strumento di analisi della sostenibilità</i>	<i>43</i>
2.2. LO SCHEMA ANALITICO	52
2.2.1. <i>Assunzioni e approcci alla ricerca.....</i>	<i>52</i>
2.2.2. <i>Un modello generale di analisi.....</i>	<i>53</i>
2.3. Conclusioni.....	56
3. UN CASO APPLICATIVO: PROGRAMMAZIONE DELLE MISURE GESTIONALI IN UN TERRITORIO DELLA ZPS "DOLOMITI DEL CADORE E COMELICO"	59
3.1. DESCRIZIONE DELL'AMBITO D'INDAGINE	59
3.1.1. <i>Inquadramento territoriale</i>	<i>59</i>
3.2. IL MODELLO DI ANALISI	66
3.2.1. <i>Le variabili decisionali e i vincoli.....</i>	<i>66</i>
3.2.2. <i>Gli obiettivi</i>	<i>68</i>
3.2.3. <i>Ponderazione degli obiettivi come esercizio di stima delle preferenze sociali</i>	<i>73</i>
3.2.4. <i>Compromise Programming: differenti equilibri.....</i>	<i>77</i>
3.3. ANALISI DEI RISULTATI	79
3.3.1. <i>Considerazioni preliminari.....</i>	<i>79</i>
3.3.2. <i>Implicazioni teoriche</i>	<i>80</i>
3.3.3. <i>Implicazioni operative</i>	<i>86</i>

4. CONCLUSIONI	89
APPENDICE I	93
BIBLIOGRAFIA	107
SITI WEB	111

Abbreviazioni e Acronimi

ACB	Analisi Costi Benefici
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AMA	Analisi Multi Attributo
AMC	Analisi Multi Criterio
AMO	Analisi Multi Obiettivo
CP	<i>Compromise Programming</i>
EGP	<i>Extended Goal Programming</i>
ELGP	<i>Extended Lexicographic Goal Programming</i>
GP	<i>Goal Programming</i>
LGP	<i>Lexicographic Goal Programming</i>
MCDM	<i>Multiple Criteria Decision Making</i>
MinMaxGP	<i>Goal Programming con approccio Chebyshev</i>
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
PIL	Prodotto interno Lordo
PL	Programmazione Lineare
PNL	Prodotto Nazionale Lordo
PSR	Programma di Sviluppo Rurale
RO	Ricerca Operativa
SIT	Sistema Informativo Territoriale
SAT	Superficie Agricola Totale
SAU	Superficie Agricola Utilizzata
WGP	<i>Weighted Goal Programming</i>

Abstract

Sustainability is a human-centered principle following an equilibrium among technically different multiple objectives and among different interest groups (including the general one represented by the next generations). This research deals with the multi-objective mathematical programming capabilities to analyze and address the sustainability problem of efficient primary sector's land-uses into protected areas. In order to meet this purpose, links between Multiple Criteria Decision Making, sustainable development and land-use management inside protected areas are recognized firstly. Secondly, traditional techniques of multi-objective analysis are analyzed, focusing on the relationship between mathematical structure, economic meaning and explored aspects of sustainability. Hence a general framework of analysis is proposed and applied to the decision support to the Management Planning of a "Nature 2000" site, located in a mountain area of the Veneto region. Such application serves a double purpose: a) to find a compromise solution to the problem, according to the preferences of multiple stakeholders and with respect to habitat conservation, income and aesthetic quality of landscape as main objectives connected to primary (i.e. reversible) land uses; b) to reveal on the most relevant factors in the generation of a sustainable compromise solution.

La sostenibilità è un principio antropocentrico che persegue un equilibrio tra obiettivi multipli e tecnicamente diversi e tra differenti gruppi d'interesse (tra cui quello generale costituito dalle generazioni future). La presente ricerca riguarda le capacità proprie delle tecniche di programmazione matematica multicriterio di analizzare e risolvere il problema di sostenibilità relativo ad un efficiente uso del suolo all'interno di aree sottoposte a tutela naturalistica. Per raggiungere lo scopo, vengono dapprima individuate le connessioni tra Supporto alla Decisione Multi Criterio, sviluppo sostenibile e gestione territoriale all'interno di aree protette. In secondo luogo le tecniche tradizionali di Analisi Multi Obiettivo sono analizzate focalizzando sulle relazioni tra la struttura analitico-matematica, il suo significato economico e gli aspetti di sostenibilità da essa esplorabili. Quindi uno schema generale di analisi viene proposto e applicato al supporto alla decisione nell'elaborazione di un Piano di Gestione di un sito Natura 2000, localizzato in un'area montana del Veneto. Tale applicazione ha un duplice scopo: a) trovare una soluzione di compromesso, in accordo con le preferenze di portatori d'interesse multipli e in relazione alla conservazione degli habitat, la redditività e il contributo alla qualità estetica del paesaggio quali principali obiettivi territoriali connessi agli usi primari (reversibili) del suolo; b) riconoscere i fattori più rilevanti nella generazione della soluzione di compromesso sostenibile.

Introduzione

La sostenibilità dello sviluppo economico è divenuta un consolidato oggetto d'indagine nella letteratura accademica e un riferimento costante all'interno delle normative europee, nazionali e regionali con valenza territoriale. All'interno dell'elaborazione di piani e progetti con effetti territoriali, che rappresentano l'attuazione di differenti politiche (nelle fattispecie ambientali, agricole, urbanistiche e sociali), emerge la necessità di adottare approcci di valutazione economica in grado di integrare nel processo decisionale aspetti di sostenibilità, quali i valori di *trade-off* tra differenti forme di capitale, in un'ottica di equità intergenerazionale. Questi aspetti non vengono adeguatamente internalizzati nei tradizionali indicatori di reddito e di crescita economica mentre, su scala territoriale, il conseguente allargamento dell'orizzonte temporale rende particolarmente delicata l'adozione di approcci valutativi basati su stime monetarie e su procedure di sconto. Al contrario, la struttura dei metodi di supporto alla decisione multicriterio collima con il carattere multidimensionale della sostenibilità, consentendo di condurre valutazioni secondo attributi misurati secondo differenti scale, di carattere economico, ambientale o sociale, di breve o lungo periodo.

Nell'ambito della pianificazione territoriale, il problema dell'uso sostenibile del suolo si configura in molti casi come un problema di sostenibilità avente un insieme continuo di infinite soluzioni. Un problema così definito si presta ad essere analizzato, nell'ambito di un approccio multidimensionale, dai metodi di programmazione multiobiettivo che, seppur teoricamente consolidati, trovano nuovi ambiti d'indagine quando applicati a una particolare problematica.

La presente tesi assume come obiettivo generale l'esplorazione delle potenzialità dei metodi di analisi multiobiettivo quale strumento di supporto alla decisione nella pianificazione territoriale sostenibile, con particolare attenzione agli usi del suolo e alle forme di gestione di zone a elevato interesse naturalistico. In tali zone proprio l'elevato livello di protezione ambientale, che può provocare effetti di marginalizzazione economica e sociale, rende critico il rapporto tra le differenti dimensioni della sostenibilità.

La ricerca è strutturata di conseguenza nei seguenti punti, all'interno dei quali si riconoscono differenti obiettivi specifici: analisi del quadro teorico, analisi della metodologia, caso di studio.

L'analisi del quadro teorico si propone di provare, attraverso un'indagine bibliografica, le connessioni tra lo schema concettuale generale dello sviluppo sostenibile, la teoria delle analisi

multicriterio per problemi di tipo continuo e la pianificazione sostenibile di aree con una rilevante componente di capitale naturale, scindendo il problema decisionale in una parte tecnica, data dalla presenza di criteri con differenti unità di misura, e in una componente sociale determinata dai differenti peso relativo attribuito a ciascun obiettivo da parte di diversi portatori d'interesse.

L'analisi metodologica ha come obiettivo l'elaborazione di un modello generale di analisi con una duplice funzione: sul piano teorico il modello viene utilizzato per verificare la rilevanza di differenti aspetti di sostenibilità per la generazione di una soluzione sostenibile; sul piano operativo si verifica la capacità del modello di fornire un effettivo supporto alla decisione, relativamente ad una combinazione efficiente e sostenibile degli usi del suolo del settore primario e all'eventuale adozione di strumenti di politica territoriale. Aspetto comune ai due ambiti sarà il calcolo dei rapporti di sostituzione (o *trade-off*) tra gli obiettivi rilevanti in qualità di stima del costo-opportunità tra tali obiettivi. Con questo scopo, vengono individuati gli aspetti di sostenibilità esplorabili dalle tecniche tradizionali di analisi multi-obiettivo, in funzione della loro struttura matematica e dalle relazioni tra questa e la teoria dell'utilità.

Il modello generale così ottenuto viene quindi tradotto in un modello specifico adattato al caso di studio costituito del Piano di gestione della Zona di Protezione Speciale "Dolomiti del Cadore e Comelico", nell'ambito della rete europea Natura 2000 (Dir 92/43/CEE). Secondo la normativa in vigore il sito deve conciliare l'obiettivo principale della tutela della biodiversità con il rispetto delle esigenze economiche e culturali locali, in apparente contrasto con l'obiettivo naturalistico ma che in realtà determinano la fattibilità delle azioni del piano e che garantiscono il consenso a tali misure da parte delle popolazioni locali. L'applicazione vede l'utilizzo della tecnica di Compromise Programming affiancata da procedure tipiche della tecnica Multiple Objective Programming per trovare una soluzione di compromesso e i trade-off di equilibrio tra gli obiettivi di tutela degli habitat, di redditività del settore primario e di contributo alla qualità estetica del paesaggio, quali obiettivi rilevanti legati agli usi reversibili del suolo. All'interno dello stesso schema il metodo di Goal Programming viene utilizzato per l'analisi della componente sociale del problema, per aggregare le preferenze di differenti categorie di portatori d'interesse nei confronti degli stessi obiettivi. In seguito, un'analisi di sensitività viene eseguita per individuare gli aspetti rilevanti nella generazione della soluzione di compromesso.

1. Inquadramento Teorico

1.1. La sostenibilità nella pianificazione delle aree protette

1.1.1. Aspetti generali dello sviluppo sostenibile

Lo sviluppo sostenibile è ormai adottato come obiettivo generale di sviluppo economico e sociale dalle Agenzie delle Nazioni Unite, da svariati Stati Nazionali ed Enti (Pearce, 2006).

Sebbene lo schema concettuale presenti precursori datati, primo tra tutti McFarlane (1966) per cronologia e vicinanza nei contenuti e nella terminologia (Blutstein 2003), solo a seguito della pubblicazione del Rapporto Brundtland il paradigma della sostenibilità diventa un consolidato oggetto d'indagine nella letteratura accademica, conosce un'integrazione istituzionale crescente a partire dalla Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo del 1992, e diviene stabilmente associato alla nozione di sviluppo economico¹.

Nella fattispecie, la definizione della Commissione Brundtland, che definisce lo sviluppo sostenibile come *“(...) lo sviluppo che soddisfa le necessità delle generazioni presenti senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare le proprie”* (World Commission on Environment and Development 1987), è divenuta un punto di riferimento ricorrente per le normative europee, nazionali e regionali con valenza territoriale. Ciò è dovuto al principio cardine di *equità intergenerazionale* contenuto nella definizione², che ha prodotto una serie di dibattiti nella teoria economica e importanti cambiamenti nei criteri che concorrono ai processi decisionali inerenti la definizione e l'attuazione (mediante programmi, piano e progetti) delle politiche ambientali, agricole, urbanistiche e sociali.

A livello di teoria economica, le nozioni di sviluppo sostenibile e di equità intergenerazionale rivelano i limiti dei tradizionali indicatori di reddito e/o di crescita economica (PIL, PNL, reddito procapite) quali descrittori dell'andamento dello sviluppo di una popolazione e quali strumenti di valutazione complessivi delle politiche, già esplorati per altri versi da Samuelson e in seguito da

¹ Per sviluppo economico intendiamo “un processo di cambiamento nella struttura economica, sociale ed istituzionale che porta un aumento del benessere e della qualità della vita di una popolazione” (Franceschetti, Argenta 2002). Tale definizione è sufficiente a fare sintesi delle definizioni rintracciabili nella letteratura economica e a differenziare il termine “sviluppo” da quello più ristretto di “crescita”.

² Nello stesso Rapporto Brundtland e in numerose altre definizioni (Pezzey 1992), si precisa che lo sviluppo sostenibile logicamente comporta anche la problematica dell'equità *intragenerazionale*.

Weizman (Maler 2007). Il contributo più consistente viene dato in questo senso dall'economista David Pearce, che afferma che la capacità di incrementare il proprio benessere (quindi l'utilità complessiva) di una popolazione dipende dalla qualità e dalla quantità di *assets* di capitale disponibili in un dato momento. Come prima implicazione l'equità intergenerazionale è rispettata se rimane costante il benessere producibile in base al capitale disponibile alle generazioni che si susseguono nel tempo. Qualità e quantità di tale capitale e la costanza del benessere da esso ricavabile trovano sintesi nella *Regola del Capitale Costante* (Pearce, Atkinson 1998), secondo la quale:

$$\frac{dK}{dt} \geq 0 \quad \text{dove} \quad K = K_{FA} + K_{FN} + K_U + K_S \quad [1]$$

Ossia il capitale totale, dato da componenti qualitativamente differenziate³, deve essere *per lo meno costante*, cioè non deve decrescere. Tra tali componenti, K_{FA} rappresenta il capitale fisico artificiale ("*man made capital*" nella notazione di Pearce), che consiste nella tecnologia e nei beni prodotti⁴; K_{FN} è il capitale fisico naturale, che tradizionalmente si identifica nelle risorse naturali (suolo, acqua e aria pulite, foreste, minerali, combustibili ecc.); K_U è il capitale umano ossia quel capitale immateriale dato dalle conoscenze e dalle abilità in possesso delle singole persone; K_S infine è il capitale sociale, inteso come la rete di relazioni formali ed informali tra individui, tra gruppi di individui e tra individui e istituzioni, che ha conosciuto un crescente interesse nella letteratura economica, politologica e sociologica a tal punto da essere considerato il "collegamento mancante"⁵ dello sviluppo economico (Grootaert 1998), in quanto fattore capace di ridurre i costi di transazione di un sistema economico (Granovetter 2004), agevolare l'acquisizione di capitale umano (Coleman 1988), incrementare l'efficacia delle istituzioni (Putnam 1993) e di incrementare la performance complessiva di una comunità (Fukuyama 1995).

La notazione di Pearce, che ha come cardini la regola del capitale costante e la nozione di benessere (*wealth*), riassume in sé importanti aspetti dello sviluppo sostenibile.

In primo luogo la necessità di descrivere e valutare lo sviluppo economico in senso esteso, attraverso pertinenti indicatori di benessere in luogo di quelli tradizionali di reddito e di prodotto. Come già accennato, la presenza di differenti forme di capitale, ciascuna in grado di produrre

³ La nostra notazione, del tutto equivalente a quella di Pearce, differisce nella terminologia con lo scopo di distinguere le forme *materiali* del capitale (capitale fisico naturale ed artificiale) da quelle *immateriali* (capitale umano e capitale sociale).

⁴ Non compare nella formula una particolare forma di capitale, il denaro, che potremmo definire capitale *indifferenziato*. Tuttavia, data la natura del tema trattato è possibile considerarlo come uno *strumento* che agevola lo scambio di beni e di forme di capitale e collocarlo all'interno del capitale fisico artificiale.

⁵ Per ulteriori riferimenti di letteratura si veda Franceschetti et al. (2009)

utilità, sottolinea l'inadeguatezza dei descrittori tradizionali di crescita economica (PIL, PNL, reddito procapite) quali indicatori dello sviluppo economico, in quanto essi spesso non internalizzano l'utilità prodotta da capitale naturale, sociale ed umano o la perdita di utilità corrispondente alla loro eventuale erosione conseguente ai processi produttivi⁶. Ciò è dovuto al fatto che tali produzioni o perdite di utilità non vengono riconosciute dal mercato dando origine ad esternalità positive e negative. Ne consegue la necessità di descrivere lo sviluppo attraverso misure di benessere complessivo. A tal fine, Pearce e Atkinson (Pearce, Atkinson 1993) propongono un indicatore di sviluppo economico sostenibile, il "risparmio netto", in seguito chiamato "*genuine savings*" (Hamilton 1994), basato sulla differenza tra il risparmio lordo di un sistema economico e il deprezzamento del capitale fisico naturale e di quello fisico artificiale⁷.

In secondo luogo, appare il carattere multidimensionale della sostenibilità dovuto alle differenti forme di capitale tra cui possono esistere rapporti di sostituzione. I processi di crescita e di sviluppo si basano infatti sulle trasformazioni di capitale⁸, che possono portare all'incremento di alcune forme e all'erosione di altre. Tradizionalmente, a partire dalla definizione di Barbier,

"massimizzare simultaneamente obiettivi del sistema biologico (biodiversità, resilienza, bioproductività), obiettivi di sistema economico (soddisfacimento delle necessità primarie, rafforzamento dell'equità, incremento di beni e servizi) ed obiettivi di sistema sociale (diversità culturale, sostenibilità istituzionale, giustizia sociale, partecipazione)"

(Barbier 1987)

vengono riconosciute attualmente tre dimensioni di sostenibilità: la sostenibilità economica, la sostenibilità ecologica o ambientale e la sostenibilità sociale. I rapporti tra le tre dimensioni dello sviluppo sostenibile non possono essere definiti simmetrici, poiché il sistema economico è

⁶ Tipicamente la maggior attenzione è volta al capitale naturale, rispetto al quale gli indicatori tradizionali non tengono conto del consumo e del degrado delle risorse naturali, non valutano i servizi prodotti da tali risorse e considerano positivamente le spese dovute alla riparazione dei danni ambientali (Munda 1997).

⁷ L'indicatore prevede la possibilità di sostituzione tra capitale fisico naturale e capitale fisico artificiale, rispondendo ad un approccio di *sostenibilità debole*, esposto in seguito.

⁸ Ad esempio: l'uso di materie prime nei processi produttivi corrisponde alla trasformazione di capitale naturale in capitale artificiale; l'insegnamento nelle scuole richiede l'utilizzo di beni di consumo (capitale fisico artificiale per la creazione di capitale umano); l'evoluzione di un territorio può portare a problemi di degrado sociale e/o di marginalizzazione di alcune parti della popolazione (erosione di capitale sociale e di capitale naturale per la produzione di capitale fisico); ancora, le misure di protezione ambientale localizzate in un'area possono limitarne la capacità produttiva nel breve periodo, ma favorendo attività ricreative e tradizionali (mantenimento di capitale naturale a scapito della produzione di capitale artificiale, ma a vantaggio del capitale sociale).

inserito in quello sociale, che a sua volta esiste come parte di un ecosistema (Nijkamp, Bithas 1995).

La *sostenibilità economica* si identifica nella capacità del sistema economico-produttivo tradizionale di generare un miglioramento negli indicatori di crescita economica. Così definito, appare come la dimensione della sostenibilità volta maggiormente alle generazioni presenti in quanto descrive, visti i limiti degli indicatori tradizionali di crescita, la capacità di produrre beni e servizi nel breve e medio periodo. In questa sede, non attribuiamo alla sostenibilità economica un significato di durevolezza nel lungo periodo del sistema economico, in quanto essa è data dalla sostenibilità ambientale.

La *sostenibilità sociale*, tipicamente confinata ai temi del rispetto dei diritti umani e dell'equità *intragenerazionale*, nonché agli approcci partecipativi alle decisioni, è attualmente una dimensione di sostenibilità che ha subito una nuova caratterizzazione, a seguito degli studi relativamente recenti sul capitale sociale (Pearce, Atkinson 1998). Il paradigma del capitale sociale, infatti, caratterizza la sostenibilità sociale con una forma di capitale che può essere costruito o eroso, permettendo così la potenziale individuazione di rapporti di sostituzione con altre forme di capitale, come avviene nell'ambito della sostenibilità ambientale. Tuttavia, secondo le conoscenze attuali, il capitale sociale si rivela un oggetto estremamente complesso, nonché un concetto "situazionale e dinamico" (Bagnasco, Piselli et al. 2001) estremamente legato al contesto territoriale (Franceschetti, Pagan et al. 2009). Il capitale sociale, suddiviso in letteratura in differenti tipologie, presenta infatti differenti effetti sul sistema economico e su quello ecologico (Pearce, Atkinson 1998). Nei confronti del sistema economico, le forme positive di capitale sociale portano ad una maggior efficienza economica del sistema in forma di riduzione dei costi di transazione del mercato, grazie alle reti di relazioni informali (di cui il capitale sociale principalmente si compone) e alla creazione di fiducia. Analogamente tale rete facilita la diffusione di conoscenze e l'aumento di capitale umano. Nei confronti del sistema ecologico, il capitale sociale ha effetti positivi in determinati contesti, in quanto contribuisce al mantenimento di identità locali strettamente connesse alle risorse naturali territoriali e favorisce comportamenti economici basati su di una coscienza collettiva e sulla condivisione dei rischi (quindi su saggi di sconto sociali più bassi anziché saggi di preferenza individuale che tipicamente affliggono i valori ambientali). D'altra parte il capitale sociale mostra anche forme svantaggiose (Putnam 2000) che portano, con conseguenze negative sul piano economico e su quello ecologico, ad inefficienze dovute all'esclusione di categorie sociali dalle reti di relazioni e alla formazione di esternalità e

sperequazioni (si pensi alle rendite dei suoli urbanizzati, percepite senza sostenere i relativi costi). Il capitale sociale appare dunque come una forma di capitale capace di influire sull'efficienza del sistema economico e sul consumo di risorse naturali.

La *sostenibilità ecologica* (o *ambientale*) rappresenta la dimensione attualmente più dibattuta, in quanto la sopravvivenza di una popolazione e del suo sistema produttivo dipendono dalle risorse naturali e dalle funzioni economiche dell'ambiente: produzione di materie prime per il sistema produttivo, degradazione dei rifiuti generati dallo stesso e produzione di utilità diretta, erogata cioè a prescindere dall'intervento antropico (Franceschetti e Argenta 2002). Di conseguenza la persistenza del sistema economico nel lungo periodo è condizionata dalla disponibilità limitata delle risorse naturali non rinnovabili e dal limitato tasso di rigenerazione delle risorse rinnovabili, che a sua volta risente del degrado ambientale prodotto dalle attività antropiche.

La sostenibilità ecologica presenta un orizzonte temporale che collima con quello del principio di equità intergenerazionale e si presenta come un presupposto per la durevolezza sul lungo periodo al sistema economico. In questo senso, i maggiori vincoli al sistema economico-produttivo tradizionale sono posti dalla limitatezza delle risorse naturali non rinnovabili. A tale riguardo, si riconoscono due visioni:

- ✓ nella visione Malthusiana, le risorse naturali in generale rappresentano un vincolo assoluto, poiché la crescita della domanda di beni di sussistenza, dovuta ad una crescita della popolazione secondo una progressione geometrica, sarebbe superiore all'incremento dell'offerta di tali beni, che invece segue una progressione aritmetica;
- ✓ nella visione Ricardiana, la scarsità di una risorsa viene internalizzata in costi e prezzi crescenti che spingono la società ad aumentare l'efficienza dei processi produttivi e a trovare nuove fonti di materie prime (che attualmente si identificano in nuovi giacimenti, beni surrogati, e ricorso al riciclo) determinando così una disponibilità relativa crescente di risorse.

Sebbene le due correnti, originate dagli economisti classici Malthus e Ricardo, siano di origine antecedente alla comparsa della nozione odierna di sviluppo sostenibile e per certi versi complementari (ciascuna visione approfondisce i limiti dell'altra), sono alla base delle due principali interpretazioni della sostenibilità, a cui corrispondono differenti implicazioni valutative.

1.1.2. Sostenibilità debole e sostenibilità forte

Lo sviluppo sostenibile presenta differenti implicazioni a seconda dei differenti approcci che una generazione può adottare nei confronti di risorse limitate (nella fattispecie quelle naturali) per ottemperare alla regola del capitale costante. Tali approcci dipendono da assunzioni sul grado di sostituibilità o compensatività delle varie forme di capitale⁹ e si identificano nelle nozioni di *sostenibilità debole* (o sviluppo sostenibile debole) e *sostenibilità forte* (o sviluppo sostenibile forte) (Pearce, Atkinson 1998).

La sostenibilità debole ammette una sostituibilità indefinita tra le forme di capitale, perciò può essere pienamente rappresentata dalla notazione [1], in cui è implicita la compensatività degli addendi. La Regola del Capitale Costante pertanto viene intesa come il mantenimento o l'aumento del capitale totale durante il susseguirsi delle generazioni. Tale approccio riprende la regola di Hartwick e Solow (Pearce, Atkinson et al. 2006) secondo la quale la variazione del valore reale del benessere complessivo non deve essere declinante, e si allinea alla visione ricardiana dello sviluppo economico, poiché accetta una diminuzione assoluta di una forma di capitale, in particolare quello naturale, qualora essa sia compensata dall'incremento di altre forme (capitale artificiale dato da tecnologia più efficiente, e capitale sociale come ulteriore elemento che aumenta l'efficienza del sistema) che ne mantengano la disponibilità relativa sufficiente a sostenere la crescita economica.

L'ottica della sostenibilità ambientale debole è implicitamente incorporata nella teoria (e nella sua applicazione alle politiche) dell'*economia ambientale* neoclassica e nella letteratura sulla contabilità ambientale (*green accounting*) (Pearce, Atkinson et al. 2006), alle quali soggiace la necessità di valutare il consumo di risorse naturali e i servizi ambientali in modo da poter essere compensate, definendo così un rapporto di sostituzione tra forme di capitale.

L'ottica della sostenibilità ambientale conosce maggior diffusione nelle politiche di sviluppo e nelle politiche ambientali (che utilizzano strumenti economico-finanziari compensare le esternalità ambientali e strumenti di mercato per internalizzarle), in quanto meno limitativa nei confronti della crescita economica rispetto alla sostenibilità forte¹⁰, sebbene essa rappresenti una

⁹ La distinzione comporta differenze notevoli nell'impostazione e nella scelta di metodologie valutative, come sarà esposto nel Capitolo 3.

¹⁰ Al rafforzamento di un ottico di sostenibilità debole, e della visione ricardiana della limitatezza delle risorse, è stata rafforzata in passato dalla Rivoluzione Verde, grazie alla quale l'incremento di produzione di beni primari parve in

condizione comunque difficile da rispettare, come dimostrano i risultati di molti Paesi nei confronti dell'indicatore di risparmio netto (cfr. 2.1.1) (Pearce, Atkinson 1993). Tuttavia, la sostenibilità ambientale debole mostra il suo limite principale proprio nell'assunzione di piena sostituibilità tra capitale naturale e capitale artificiale, che invece appare limitata se si considerano i seguenti aspetti (Franceschetti, Argenta 2002):

- il livello di multifunzionalità delle risorse naturali, irraggiungibile da capitale di origine antropica a parità di efficienza;
- le funzioni necessarie alla vita degli ecosistemi naturali, per le quali non è possibile ipotizzare una piena sostituibilità (si pensi in primo luogo alla produzione di alimenti, da cui discende il "problema malthusiano");
- la dipendenza dalle risorse naturali dei processi produttivi, che necessitano sempre di materie prime (il ricorso al riciclo non è infatti sufficiente a garantire indipendenza dalle materie prime);
- l'irreversibilità di molti processi produttivi antropici, in particolare le trasformazioni d'uso del suolo;
- l'assenza di inquinamento dei processi naturali/biochimici degli ecosistemi naturali, caratterizzati dalla chiusura del ciclo di trasformazione della materia e da un'elevata efficienza energetica, lungi dall'essere conseguiti dai processi produttivi antropici (basati su una forte quota di capitale artificiale quale fattore produttivo);
- l'incompleta conoscenza del funzionamento dei sistemi complessi.

Buona parte di questi fattori di non-sostituibilità tra capitale naturale e capitale artificiale può essere ricondotta ad un'unica limitazione generale (scientificamente inconfutabile) che consiste nel secondo principio della termodinamica applicato ad un sistema chiuso (Rees 2003). Questa limitazione, che sfugge ai modelli economici neoclassici, è un fondamento dell'*economia ecologica* che, integrando una visione di sostenibilità forte, fa da contraltare all'economia ambientale.

Esistono inoltre alcune evidenze empiriche che sottolineano i limiti di un approccio meno restrittivo nei confronti della crescita economica, qual è la sostenibilità debole: tra tali evidenze gli attuali trend di crescita demografica e di produzione di beni primari che confermano il problema

grado di sostenere l'incremento demografico. L'attuale scarsità di beni primari a livello mondiale sembra ora confermare come più realistica la teoria malthusiana.

“malthusiano” e l’andamento di alcuni indicatori di sostenibilità, in particolare quello di *impronta ecologica*¹¹ (Wackernagel, Rees 1996).

I limiti esposti hanno portato alla formulazione dell’interpretazione “forte” della sostenibilità ambientale, estendibile alla sostenibilità sociale. Il concetto di sostenibilità forte può essere così rappresentato:

$$\frac{dK}{dt} \geq 0 \quad \text{dove} \quad K = K_{FA} + K_{FN} + K_U + K_S$$

soggetto a

$$\text{Sostenibilità ambientale forte} \quad \frac{dK_{FN}}{dt} \geq 0 \quad \text{per} \quad K_{FN} \geq K_{FN \min}$$

$$\text{Sostenibilità sociale forte} \quad \frac{dK_S}{dt} \geq 0 \quad \text{per} \quad K_S \geq K_{S \min}$$

(ns rielaborazione da Pearce e Atkinson, 1998)

La sostenibilità ambientale forte impone una soglia critica (Pearce, Atkinson et al. 2006, Norton, Toman 1997) di capitale naturale, corrispondente agli *assets* non sostituibili di tale forma di capitale, scendendo sotto la quale si produrrebbero effetti irreversibili e una perdita di benessere complessivo. In altre parole questa notazione economica approssima i concetti ecologici di *resilienza* e di *capacità portante* di un ecosistema¹² chiuso (quindi di un territorio). La soglia critica dovrebbe quindi corrispondere alla quantità di capitale naturale che garantisca la stabilità degli ecosistemi e la loro capacità di ospitare una popolazione¹³, ma la difficoltà nel definire operativamente tale soglia (ad esempio nell’attuazione di politiche territoriali) rappresenta un problema nell’adozione di un criterio di sostenibilità forte dello sviluppo.

Quanto ad un possibile approccio si sostenibilità sociale forte, gli aspetti mutevoli e l’attuale livello di comprensione del capitale sociale rendono difficile, anche in termini generali, la definizione delle soglie quantitative o di non-sostituibilità. Sebbene anche per il capitale sociale si possa definire un vincolo di rispetto di una soglia minima (Pearce, Atkinson 1998), che corrisponda ad una comunità senza livelli intollerabili di discriminazione, isolamento, criminalità,

¹¹ Indicatore che, pur cautelativo nella sua costruzione, palesa la non autosufficienza dei Paesi Industrializzati in termini di capitale naturale bioprodotto.

¹² Per resilienza intendiamo la capacità di un ecosistema di subire perturbazioni conservando la capacità di ripristinare lo stato precedente la perturbazione. Essa comporta l’esistenza di una soglia sotto la quale l’ecosistema subisce un cambiamento di stato irreversibile.

Per capacità portante si intende invece la dimensione della popolazione che può essere mantenuta in vita da un ecosistema in un territorio circoscritto. Anch’essa comporta l’esistenza di una soglia di capitale naturale: quello necessario a mantenere perlomeno la popolazione attualmente in vita.

¹³ Ciò ha come naturale conseguenza l’emersione di problematiche etiche relative alle dinamiche demografiche.

individualismo ecc., riteniamo che sia prematuro adottare un approccio “forte” alla sostenibilità sociale, poiché:

- il capitale sociale sembra potersi generare a prescindere dall’andamento delle altre forme; ad esempio è noto come esso si generi spontaneamente in seguito a periodi storici difficili o di crisi (Putnam 2000);
- nei Paesi Industrializzati, un livello minimo di capitale sociale è di fatto mantenuto grazie allo Stato di diritto;
- le eventuali soglie minime, dovrebbero essere definite per le sole forme vantaggiose di capitale sociale.

1.1.3. La sostenibilità territoriale come problema multi criterio

Gli aspetti di sostenibilità messi in luce nei precedenti paragrafi (la multidimensionalità, l’estensione dell’orizzonte temporale e le interpretazioni sulla sostituibilità del capitale naturale) vengono diversamente affrontati all’interno delle tecniche valutative tradizionalmente utilizzate a supporto dei processi decisionali di pianificazione territoriale.

Riprendendo la definizione di Barbier (1987, cfr. par. 2.2.1), mediante l’uso di una terminologia tipica della ricerca operativa, introduce il problema della multidimensionalità come massimizzazione contemporanea di obiettivi di natura diversa e contrastante. Essendo tale massimizzazione di fatto impossibile, il problema si traduce in una ricerca di un compromesso (Munda 2005). Poiché i vari aspetti economici, sociali ed ecologici del sistema territoriale sono di norma misurati secondo diverse scale, la ricerca del compromesso può avvenire secondo due possibili approcci alla comparabilità tra tali aspetti (O'Neill 1993): la *comparabilità forte* e la *comparabilità debole*. La prima accetta l’esistenza un singolo termine di paragone secondo cui ogni azione (i.e. investimento, trasformazione) può essere classificata, ossia ammette la commensurabilità tra i differenti criteri di valutazione corrispondenti ai differenti aspetti del sistema. La seconda rifiuta l’esistenza di un’unica misura di valutazione in ragione dell’esistenza di conflittualità tra le conseguenze di un’azione.

L'Analisi Costi Benefici (ACB) tradizionale è basata sulla comparabilità forte, seguendo quindi un approccio riduzionista, mentre la comparabilità debole è un fondamento tipico delle tecniche di valutazione multi criterio¹⁴, di approccio multidimensionale (Munda 1997).

Nell'ambito dell'approccio riduzionista, alla comparabilità forte consegue, la compensatività tra capitale naturale e capitale artificiale, la quale pone le ACB tradizionali tra gli strumenti di valutazione basati sulla sostenibilità debole (e, com'è ovvio, afferenti all'economia ambientale), e legati al concetto di *genuine saving* (Pearce, Atkinson et al. 2006). Un approccio di sostenibilità forte può essere implementato nelle ACB (Barbier, Markandya et al. 1990) attraverso l'imposizione di vincoli (che limitano la compensatività) di costo ambientale non negativo, sebbene ciò non si sia tanto rilevante nei confronti di un singolo investimento quanto in un "portafoglio" di investimenti (Pearce, Atkinson et al. 2006). Per le sue caratteristiche, l'ACB trova applicazione come possibile strumento di analisi della sostenibilità, a livello territoriale, nei casi in cui l'oggetto di valutazione sia un intervento di trasformazione già strutturato e identificabile come un investimento o un insieme di investimenti. In questo tipo di applicazione, l'ACB presenta le sue maggiori criticità nei confronti dei principi di equità intergenerazionale e intragenerazionale ben descritti in Pearce et al. (2006):

- L'equità intergenerazionale rappresenta nell'ACB un problema inter-temporale dato dalla scelta del tasso di sconto quale il compromesso tra la necessità di crescita economica della generazione presente e la necessità di risparmiare per la generazione successiva. Tale problema viene affrontato attraverso l'adozione di un tasso di sconto declinante con andamento iperbolico (formalizzato secondo diversi possibili approcci). Tuttavia il tasso di sconto declinante non riesce a risolvere il problema dell'incongruenza temporale (*time inconsistency*), dovuta ai possibili cambiamenti delle politiche e dei comportamenti adottati dalle generazioni successive.

¹⁴ L'Analisi Costi Benefici potrebbe comunque essere considerata come una tecnica di valutazione multi criterio, in cui i molteplici criteri sono rappresentati dalle differenti tipologie di beneficio e di costo espresse in termini monetari (ricavi, costi, esternalità ambientali e sociali, positive e negative), la cui aggregazione è rappresentata dal calcolo del Valore Attuale Netto.

- L'equità intragenerazionale si esplicita nel problema sociale degli effetti redistributivi¹⁵ di un'azione, che l'ACB affronta secondo il principio di Kaldor-Hicks e mediante i pesi distribuzionali. Nell'ambito di queste tecniche, una maggiore propensione all'equità porta ad un test più severo per l'investimento sotto esame.

Figura 1 - Approcci alla sostenibilità delle tecniche tradizionali di valutazione

	Approccio riduzionista (comparabilità forte)	Approccio multidimensionale (comparabilità debole)
Economia Ambientale (Compensatività)	ACB	AMC con tecniche compensative
Economia ecologica (Non- compensatività)	ACB vincolata al costo ambientale (per <i>portafogli</i> di investimenti reali)	AMC con tecniche non-compensative

All'interno dell'approccio multidimensionale è possibile eseguire valutazioni sia un'ottica di sostenibilità debole sia secondo un'ottica di sostenibilità forte (Figura 1), mediante la rappresentazione analitica, tipica delle AMC, della struttura di preferenze del decisore che rifletta il concetto di sostenibilità più appropriato: una struttura lessicografica¹⁶ per la sostenibilità forte e una struttura scalare per la sostenibilità debole (Figura 2).

Figura 2 - Interpretazioni parallele della struttura di preferenze di un decisore

Interpretazione Matematica	Interpretazione Economica	Interpretazione Ecologica
Forma lessicografica	Non-compensatività	Sostenibilità Forte
Forma scalare	Compensatività	Sostenibilità debole

¹⁵ Poiché un azione di trasformazione territoriale può comportare spostamenti di valore tra categorie sociali, si genera il problema sociale dell'equità, che l'ACB affronta in termini compensativi. Si tratta quindi del problema della *commensurabilità sociale*.

¹⁶ In una rappresentazione lessicografica, le preferenze del decisore nei confronti di differenti aspetti del sistema (i criteri multipli) si esprimono mediante un vettore dei gradi di priorità entro cui si collocano le *performance* dei vari criteri (cfr. par. 2.2.1).

A prescindere dal paradigma della sostenibilità entro cui si colloca l'analisi, i molteplici criteri di valutazione vengono internalizzati nell'analisi secondo il principio di comparabilità debole, quindi rifiutando una misura comune in virtù di un irriducibile conflittualità di valori che consegue alle azioni di trasformazione. A ciò consegue il principio di incommensurabilità (Munda 2005), che viene distinta in *incommensurabilità tecnica* e *incommensurabilità sociale*. La prima deriva dalle differenti scale di misura con cui si esprimono diversi criteri di valutazione nei confronti di un problema di sostenibilità; la seconda deriva dalla presenza di preferenze conflittuali all'interno della società, poiché ogni gruppo sociale ed ogni individuo possono attribuire differente importanza a ciascun aspetto del sistema territoriale, in accordo con i propri interessi.

Seguendo il principio dell'incommensurabilità tecnica, le AMC evitano di fatto alcuni passaggi estimativi (richiesti invece nell'ACB per ogni voce di esternalità positive o negative) affrontare con minor onerosità problemi di supporto alla decisione su scala territoriale, siano essi di tipo discreto (selezione dell'alternativa di pianificazione più sostenibile dato un insieme di alternative precostituite) sia per problemi di tipo continuo (generazione di un'alternativa efficiente dal punto di vista della sostenibilità).

Mentre l'incommensurabilità tecnica è sempre stata connaturata all'approccio multidimensionale, l'incommensurabilità sociale rappresenta un problema di più recente emergenza in seguito all'ampia adozione, nelle normative vigenti, degli approcci partecipativi negli strumenti di pianificazione territoriale. A livello territoriale, le AMC possiedono una duplice capacità: quella di integrare le preferenze del decisore, mediante una scelta giustificata di un modello e/o di ponderazioni che le rappresentino, e ancor prima la capacità di essere utilizzate come strumento stesso di aggregazione di preferenze multiple ossia come strumento di supporto alle decisioni di gruppo (Munda 2005, Goicoechea 1982, Linares 2002).

L'estensione dell'orizzonte temporale e il problema dell'incongruenza temporale (la possibilità che le generazioni successive manifestino preferenze contrastanti le scelte della generazione precedente), resta un problema anche per le AMC, con la sola eccezione rappresentata dalle tecniche ispirate alla programmazione dinamica, che sono strutturate esplicitamente su relazioni intertemporali. Negli altri casi, il benessere delle generazioni successive viene semplicemente internalizzato considerando criteri di valutazione riferiti alla conservazione di risorse nel lungo periodo. Così facendo rimane comunque un problema che fa da contraltare alla scelta del tasso di sconto per l'ACB: l'attribuzione di un grado di importanza (o peso) ai differenti criteri di breve e di lungo periodo.

Con riferimento ad un territorio, questo problema può essere mitigato proprio adottando un approccio di valutazione che consideri le preferenze sociali, quale aggregazione delle preferenze dei vari gruppi di *stakeholders* presenti. Poiché il sistema sociale e il sistema ambientale (o ecologico) interagiscono continuamente, determinando così una co-evoluzione (Norgaard 1994), nella gestione ambientale risultano determinanti le conoscenze e la cultura locale (Munda 1997), a cui conseguono le preferenze da integrare nel processo decisionale. E' infatti ragionevole che una struttura di preferenze, che sia stata generata da una co-evoluzione storica delle popolazioni locali e dell'ambiente che le ospita, incorpori valori d'opzione e di esistenza delle risorse territoriali che inducono ad un risparmio a beneficio delle generazioni successive, in condizioni di conoscenza incerta delle loro future necessità.

1.1.4. Aspetti di sostenibilità nelle aree con rilevante funzione naturalistica

La rilevanza delle preferenze collettive nella ricerca della sostenibilità è riconosciuta in riferimento a particolari contesti, tra i quali figura la gestione delle aree protette. Esiste infatti evidenza dell'importanza del sistema sociale locale per il successo delle politiche di tutela naturalistica (Borrini 1996). Infatti, nella gestione delle aree sottoposte a norme di protezione naturalistica, le prescrizioni normative rischiano di costituire un vincolo capace di deprimere lo sviluppo economico locale e di spingere le popolazioni insidenti in condizioni di marginalità economica e sociale. Si assiste quindi a un problema di sostenibilità "capovolto" rispetto alla consuetudine, in cui si ricerca un compromesso tra l'obiettivo principale della tutela della funzione naturalistica del sito e gli obiettivi di sviluppo economico e sociale delle popolazioni locali. La consapevolezza di tale problematica è alla base dell'approccio seguito dalle normative vigenti in materia di aree protette (es. Legge quadro sulle aree protette 391/1991; Direttiva 92/43/CEE "Habitat"; Direttiva 79/409/CEE "Uccelli"), che considerano il sistema socio-economico come parte dell'ecosistema e come elemento determinante per l'efficacia delle misure di protezione.

Con riferimento al contesto nazionale, quanto detto si riscontra non tanto in riferimento ad aree naturali "relitte" in zone di pianura¹⁷, bensì nelle aree montane, dove le caratteristiche

¹⁷ Ossia quelle aree naturali sfuggite alla trasformazione in aree agricole e urbane, generalmente sottoposte a protezione per la salvaguardia delle reti ecologiche, e spesso scollegate da attività economiche locali diverse da quelle del settore turistico.

climatiche ed orografiche del territorio ne rendono più forti sono i legami tra gli aspetti naturali, culturali ed economici. Nel contesto montano, diviene inadeguata l'adozione di un modello di sviluppo economico di tipo prevalentemente quantitativo e tipico della società industriale¹⁸ (Franceschetti, Argenta 2002), mentre il concetto di sostenibilità, quale compromesso tra obiettivi di tipo economico, ambientale e sociale, si concilia con un modello di sviluppo che valorizzi le peculiarità ambientali e culturali del territorio locale.

In accordo con i principi esposti, la tutela naturalistica imposta dalle normative attuali spesso si attua mediante un piano di gestione che, oltre a stabilire finalità e invarianti territoriali, fornisce prescrizioni e orientamenti relativi agli usi dei suoli e ad eventuali misure gestionali laddove vi sia compresenza di funzioni naturalistiche e attività economico-produttive e laddove gli usi del suolo possano variare (per maggior chiarezza si veda il caso applicativo al Cap.3). Nella fattispecie, ciò si verifica in superfici naturali o seminaturali, capaci di funzioni ecologiche e naturalistiche, che presentano soprassuoli condizionati dagli usi agro-silvo-pastorali e ad usi turistico-ricreativi.

Poiché l'uso in differenti usi del suolo e i soprassuoli risultanti producono differenti *performance* nei confronti delle funzioni del territorio, si configura così un problema di pianificazione d'uso sostenibile del suolo, che può essere interpretato come un problema multicriterio avente le seguenti caratteristiche:

- il territorio si intende come la sovrapposizione di differenti funzioni obiettivo (funzione naturalistica, reddito netto, occupazione, qualità del paesaggio) nel dominio costituito dal suolo; queste funzioni, tra cui emerge spesso una conflittualità, rappresentano gli obiettivi rilevanti per la pianificazione;
- i vincoli tecnici e funzionali sulle forme d'uso del suolo ne conferiscono il carattere di risorsa (o fattore produttivo) limitata;
- le variabili del problema s'identificano nelle superfici aventi determinati usi "reversibili del suolo" (identificabili con gli usi che non comportano la perdita di produzione primaria in senso ecologico);
- le soluzioni al problema sono definite dalle combinazioni di valori assunti dalle variabili, che soddisfano i vincoli; tali soluzioni sono in numero teoricamente infinito e formano un insieme continuo.

¹⁸ Questo approccio alla politica montana, che finiva inevitabilmente per considerare le zone montane come "aree depresse", è stato superato nei propositi dalla legge nazionale per la montagna n.97 del 1994. Seppur dimostratosi fallimentare quest'atteggiamento di carattere assistenzialista spesso si ritrova ancora, anche nell'attuazione a livello regionale della Politica Agricola Comunitaria.

In un problema di questo tipo, una valutazione di sostenibilità a supporto dell'elaborazione di un piano di gestione assume significati differenti in base al paradigma di sostenibilità scelto (sostenibilità debole o sostenibilità forte). Nell'ambito della gestione delle aree protette, la sostenibilità ambientale forte perde significatività: trattandosi di aree ad elevato contenuto di capitale naturale sottoposte a priori a forme di protezione che ne precludono un'erosione, non ha senso stabilire soglie minime di tale forma di capitale¹⁹. Un approccio di questo tipo è invece più rilevante nei confronti della pianificazione regionale di ordine superiore, in cui l'individuazione e il dimensionamento delle aree protette corrisponde alla quantificazione di una dotazione minima di capitale naturale che consenta un maggior livello di autosufficienza per le funzioni ambientali. Analogamente il principio di sostenibilità forte può avere un significato nella pianificazione urbanistica, dove esiste un problema di erosione di capitale naturale (suolo capace di produzione primaria) dovuto alle trasformazioni irreversibili (urbanizzazione) compromettendo l'autosufficienza²⁰ per produzioni alimentari e servizi ambientali.

Una valutazione condotta secondo un'ottica di sostenibilità ambientale debole appare come più rispondente al problema del piano di gestione di un'area protetta (che non sia una riserva integrale, come si vedrà al Capitolo 2): dovendo esprimere orientamenti o prescrizioni per la gestione di usi reversibili in superfici con dotazione prevalente di capitale naturale, è opportuno stabilire le aree in cui vi è possibilità di trasformazione tra tali usi nel lungo periodo, quindi analizzare i rapporti di scambio tra gli obiettivi di gestione dell'area e ricercare la combinazione di usi che ne rappresentino un compromesso. Come già accennato la funzione principale resta quella naturalistica, la cui tutela è condizionata al consenso e alle attività di *stewardship* ambientale degli operatori del settore primario. D'altra parte la tutela naturalistica può conciliarsi con la produzione di servizi ricreativi e le strategie di marketing territoriale volte ad internalizzare tali servizi. Di conseguenza il compromesso, relativo agli usi reversibili del suolo, riguarda obiettivi di lungo periodo (tutela naturalistica, del paesaggio, ecc.) e obiettivi economici di breve periodo (il reddito degli operatori locali).

¹⁹ I limiti di un approccio non compensativo (cioè di sostenibilità forte) nel contesto considerato sono esposti al Capitolo 2.

²⁰ L'autosufficienza locale come criterio di definizione delle soglie di sostenibilità forte si presta alla critica della tendenza all'autarchia e del rifiuto del vantaggio comparato. A sua volta il principio del vantaggio comparato, applicato a produzioni alimentari e servizi ambientali (contrapponendo zone o Paesi a maggior vocazione agricola e/o ambientale ad altri a maggior vocazione produttiva industriale o di servizi superiori), comporterebbe un problema di equità interterritoriale. Inoltre, a livello mondiale, il principale indicatore di sostenibilità forte (l'impronta ecologica) rivela sistematicamente una situazione di deficit globale di capitale naturale (Wackernagel, Rees 1996).

Poiché l'uso del suolo è un processo governato da condizioni socio-economiche (Zander 1999), la sostenibilità sociale risulta parte rilevante del problema di pianificazione, secondo due modalità che occorre distinguere: il capitale sociale in senso stretto, cioè la rete di relazioni informali tra individui e/o gruppi, e gli aspetti sociali più tradizionali, come quello occupazionale. Quest'ultimo aspetto (lavoro a tempo determinato, lavoro a tempo indeterminato, quantità di lavoro possono essere considerati tra gli obiettivi di valutazione e pianificazione (Romero, Rehman 1989) che, in caso di conflittualità con altri obiettivi e secondo una logica compensativa, generano valori di *trade-off* e che concorrono alla definizione di una soluzione di compromesso.

Nel caso del capitale sociale in senso stretto, nonostante sia attraente la definizione di un suo stock minimo per una popolazione locale secondo uno schema di sostenibilità sociale forte, rimangono irrisolte le problematiche espresse al par. 1.1.2.

In un'ottica compensativa invece, risulterebbe poco efficace l'inserimento del capitale sociale tra i criteri di pianificazione d'uso del suolo²¹, viste le difficoltà di misurazione, la sua natura immateriale e l'assenza di conflittualità con altri obiettivi. Nel contesto rurale, infatti, non risulta conflittuale con gli obiettivi di piano per una zona rurale sottoposta a protezione ambientale, poiché rappresenta un fattore positivo per la conservazione del capitale naturale (Franceschetti, Pagan et al. 2009) e costituisce quei "beni relazionali" (Di Iacovo, Senni 2006) che a loro volta sono oggetto delle nuove domande ambientali da valorizzare attraverso il marketing territoriale.

Al contrario, il capitale sociale è un importante strumento da utilizzare nell'analisi del problema degli usi del suolo: la forma di capitale sociale denominata "*linking*" è costituita proprio dalle relazioni tra gli *stakeholders* e i centri dotati di potere decisionale. Queste relazioni possono essere create dai meccanismi di *governance*²² e dagli approcci partecipativi alla pianificazione, che hanno lo scopo di includere nel processo decisionale le preferenze dei vari portatori d'interesse del territorio al fine di giungere a decisioni più trasparenti, condivise e forti delle conoscenze locali. Nel contesto considerato, ciò si traduce nell'orientare gli usi del suolo per giungere a una tutela degli habitat naturali meno lesiva degli interessi degli attori locali e pertanto con maggiori possibilità di successo. Si attua in questo modo la relazione positiva tra sistema sociale e tutela naturalistica.

²¹ La creazione di capitale sociale rimane comunque un obiettivo territoriale rilevante, da considerare però con strumenti di pianificazione differenti, quali ad esempio i Piani di Azione Locale dell'approccio LEADER.

²² Possiamo definire la *governance* come un sistema decisionale alternativo a quello del *command and control*, meno distorsivo del mercato e basato sull'azione collettiva; "racchiude un mix di regolamentazione, mercati, incentivi e decisioni collettive, ambientato in un determinato contesto di istituzioni sociali e norme" (Hodge 2007).

In sintesi, un piano di gestione per un'area rurale sottoposta a tutela naturalistica presenta un problema di sostenibilità ambientale degli usi reversibili del suolo, interpretabile come un problema multicriterio di tipo continuo, da affrontare con metodi compensativi e capaci di aggregare preferenze di differenti portatori d'interesse, con lo scopo di trovare un compromesso tecnicamente ottimale in funzione delle caratteristiche socio-economiche locali.

1.2. Approcci di analisi multicriterio per problemi di tipo continuo

1.2.1. Struttura di un processo decisionale e definizioni

La prassi della pianificazione territoriale è caratterizzata sovente da processi decisionali che, tradizionalmente, si suddividono in due tipologie. Problemi di tipo discreto e problemi di tipo continuo. I problemi di tipo discreto si verificano quando si deve operare una scelta all'interno di un insieme precostituito di alternative di trasformazione territoriale, selezionando l'alternativa che meglio soddisfa il decisore rispetto ad uno o più criteri. Diversamente, si incontrano problemi di tipo continuo quando è necessario ricercare le combinazioni l'uso di risorse territoriali (e quindi le trasformazioni d'uso necessarie) caratterizzate da una produzione di valori ottima rispetto a uno o più criteri che interessano il decisore. In quest'ultimo caso, che costituisce l'ambito di ricerca, il problema decisionale può essere rappresentato in modo approssimato dalla tradizionale struttura di un problema di programmazione matematica.

All'interno di detta struttura si riconosce innanzitutto una componente tecnica, data dalle *variabili* decisionali e una serie di *vincoli funzionali*. Le variabili decisionali sono l'oggetto della decisione, ossia le caratteristiche della soluzione che variano²³ in uno spazio geometrico. In quest'ultimo caso, nei problemi a livello territoriale le variabili decisionali consistono tipicamente in superfici su cui insistono differenti usi del suolo o differenti forme di gestione (all'interno di una stessa categoria d'uso); in questo modo, allo spazio geometrico delle variabili decisionali si proietta su di uno spazio fisico. I vincoli funzionali, rappresentano l'esistenza di risorse (o fattori produttivi) limitate²⁴; pertanto delimitano nello spazio delle variabili decisionali una *regione*

²³ Nel caso di un problema di tipo discreto, le variabili decisionali assumono un valore determinato per ciascuna alternativa precostituita.

²⁴ Come vedremo, la limitatezza delle risorse contribuisce a dare al problema un carattere economico.

ammissibile in cui sono confinate le soluzioni²⁵ fattibili (o ammissibili) al problema. A livello territoriale, i vincoli possono essere di varia natura: normativa, fisica, culturale ecc.. (cfr. par. 3.1.1).

Ciascuna soluzione genera un risultato (output) per ciascun criterio, secondo una relazione *funzione attributo* o *funzione obiettivo* delle variabili decisionali. Per capire l'impiego di dette funzioni nell'analisi delle decisioni, è opportuno richiamare alcune definizioni consolidate in letteratura (Romero, Rehman 1989, Keeney, Raiffa 1976, Zeleny 1982). Esistono infatti alcuni termini chiave, sinonimi in apparenza, che si distinguono in base al grado di precisione con cui identificano le modalità di giudizio:

- ✓ Gli *attributi* sono i descrittori di una realtà oggettiva. Nel caso di una descrizione quantitativa, sebbene non possano essere separati dal modello di rappresentazione della realtà del decisore, possono essere misurati in modo indipendente dai desideri e le necessità del decisore quale soggetto economico. Essi sono generalmente espressi come indicatori o come funzioni matematiche delle variabili decisionali. A livello territoriale si possono identificare con indicatori di carattere economico, ambientale o sociale.
- ✓ Gli *obiettivi* sono le direzioni di miglioramento degli attributi. Ossia un obiettivo si definisce associando a un attributo una direzione di miglioramento desiderato (o di variazione preferenziale). Le direzioni possibili sono due: massimizzare il valore dell'attributo oppure minimizzarlo. In altre parole un obiettivo si identifica nella massimizzazione o la minimizzazione di una funzione (es. massimizzare i redditi, minimizzare i costi, minimizzare un impatto ambientale, massimizzare i servizi derivati da una risorsa naturale, massimizzare l'occupazione), la cui notazione matematica è:

$$\text{Max } f(\underline{x}) \quad \text{o} \quad \text{Min } f(\underline{x})$$

dove \underline{x} è il vettore delle variabili decisionali.

- ✓ I *traguardi* (*goals*) sono i livelli di aspirazione fissati per un obiettivo, soglie di risultato accettabile, espressi a priori dal decisore. Il valore della funzione-attributo (nella prassi spesso denominata funzione-obiettivo) potrà risultare superiore o inferiore a tale soglia:

$$f(\underline{x}) + \eta - \rho = t$$

in cui t è il traguardo, η l'eventuale deviazione negativa e ρ l'eventuale deviazione positiva.

²⁵ Per "soluzione" intendiamo una combinazione di valori assunti dalle variabili decisionali. Nel caso di un problema di tipo continuo, le soluzioni ammissibili (ossia le combinazioni di valori delle variabili decisionali che soddisfano i vincoli) costituiscono un insieme continuo di infinite soluzioni; nel caso di un problema discreto, esse costituiscono un insieme discreto di soluzioni in numero finito.

Qualora un obiettivo sia di massimizzazione, rispetto all'eventuale traguardo fissato, sarà indesiderata una deviazione negativa (in difetto), mentre in caso di minimizzazione non sarebbe desiderabile la deviazione positiva. In alcuni casi possono essere indesiderati entrambi i tipi di deviazione.

- ✓ I *criteri* sono infine la generalizzazione delle tre nozioni precedenti; consistono cioè in regole, misure, aspetti descrivibili (quantitativamente e/o qualitativamente) di una realtà (o di un fenomeno), che siano considerati rilevanti per il problema decisionale.

Se da una parte la componente tecnica del problema consente di individuare il campo di fattibilità delle soluzioni, il processo decisionale non può prescindere da una componente di struttura preferenziale del decisore, il cui incontro con la componente tecnica permetterà di eleggere una *soluzione ottima* (Romero 1996), potendo intendersi il decisore come un singolo soggetto o un gruppo di differenti soggetti con differenti preferenze individuali²⁶. Le preferenze quindi, individuali o aggregate, sono date dalle necessità del decisore, da cui scaturiscono i criteri di valutazione, mentre la loro struttura è data dall'importanza relativa attribuita a ciascuna necessità²⁷, quindi a ciascun criterio.

1.2.2. Il paradigma multi criterio e il legame con l'estimo

Proprio in base al numero di criteri con cui si caratterizza un problema di pianificazione e/o gestione di risorse scarse, si distinguono innanzitutto due possibili paradigmi del supporto alla decisione: quello della Ricerca Operativa (da *Operations Research*) e quello del Supporto alla Decisione Multi Criterio (da *Multi Criteria Decision Making*), o Analisi Multi Criterio.

Tradizionalmente, la Ricerca Operativa utilizza tecniche di programmazione matematica (Hillier, Lieberman 2006) per trovare l'impiego ottimo di risorse o fattori produttivi limitati in relazione a un singolo criterio. L'unica preferenza introdotta dal decisore è la scelta di un criterio (in forma di funzione obiettivo), quindi si ottimizza l'uso delle risorse rispetto a tale criterio, per il quale la programmazione matematica assicura l'individuazione di una soluzione (cfr. par. 2.3.3). Pertanto nel paradigma della RO il problema decisionale viene visto come un mero *problema*

²⁶ L'aggregazione di preferenze individuali rappresenta da sola un ambito di ricerca di grande interesse ed estensione, in quanto esistono notevoli problemi di aggregazione di preferenze individuali, siano esse espresse in informazioni ordinali (si veda il teorema di impossibilità di Arrow) o in informazioni cardinali (González-Pachón, Romero 2006).

²⁷ Si intuisce pertanto una connessione tra struttura di preferenze e il concetto di utilità.

tecnologico, la cui soluzione non richiede una reale scelta o decisione in senso stretto, bensì solo attività di misura e di ricerca/ottimizzazione (Romero 1993).

Nonostante la sua solidità analitica e la coerenza logica interna, dal punto di vista della coerenza esterna e della capacità di supporto empirico, lo schema della ricerca operativa devia dalla maggior parte dei processi decisionali reali, che coinvolgono criteri di valutazione multipli²⁸ (Ballestero, Romero 1998). La considerazione di un singolo criterio è un fatto estremamente raro e associato a situazioni di emergenza, o comunque alla presenza di un criterio con priorità o con peso incomparabilmente più alto rispetto agli altri. Il decisore, nella realtà, deve effettuare una scelta nei confronti di criteri multipli e molto spesso conflittuali tra loro; cioè sperimenta abitualmente un *conflitto* (Zeleny 1982). Questa situazione si verifica ordinariamente nella pianificazione di un sistema complesso qual è il territorio, in maniera ancor più critica da quando il principio di sostenibilità è stato assimilato dalla disciplina della pianificazione, rendendo di fatto tassativa la ricerca di un compromesso tra obiettivi molteplici, misurati su scale diverse e all'interno di un sistema complesso. Analogamente la diffusione degli approcci partecipativi e del concetto di *governance* ha reso la pianificazione anche un esercizio di aggregazione di preferenze di differenti portatori d'interesse. Si riscontrano di conseguenza i concetti di incommensurabilità tecnica e di incommensurabilità sociale descritti in precedenza.

Nella transizione da un approccio mono criterio a un approccio multi criterio ad un problema di utilizzo di risorse scarse, si assiste al passaggio *da un problema tecnologico ad un problema economico* secondo lo schema concepito da Friedman (Friedman 1976) riportato in Figura 3.

Figura 3 – Natura di un problema decisionale

	SINGOLO CRITERIO	CRITERI MULTIPLI
RISORSE SCARSE	PROBLEMA TECNOLOGICO	PROBLEMA ECONOMICO
RISORSE NON SCARSE	ASSENZA DI UN PROBLEMA "NIRVANA"	

(fonte: Romero 1993)

²⁸ La Ricerca Operativa in realtà riconosce l'esistenza di obiettivi multipli (Zeleny 1982), ma senza dare al problema caratteristiche di problema economico, in cui si riconoscono le conflittualità e i rapporti di *trade off* (si veda in seguito): obiettivi molteplici vengono affrontati uno alla volta, con l'approccio della sub-ottimizzazione (Zeleny 1982) o combinando le misure di ciascun criterio in una misura composita, chiamata misura complessiva della prestazione (Hillier, Lieberman 2006). Altri molteplici aspetti possono essere inseriti, in modo meno flessibile, in qualità di vincoli.

In caso di risorse non scarse, o di fattori produttivi illimitati, tutti i criteri, ancorché conflittuali, possono essere perseguiti senza limitazioni; pertanto non esisterebbe un vero problema decisionale. In presenza di risorse scarse e di un singolo criterio, nei limiti dei vincoli presenti, tali risorse vengono utilizzate nel modo migliore nei confronti della singola necessità da soddisfare; di conseguenza si verifica un problema tecnologico che richiede attività di misura e ottimizzazione.

La presenza di criteri multipli, si può verificare una conflittualità in termini di usi concorrenti delle risorse limitate²⁹, che determina l'esistenza di un rapporto di sostituzione (*trade-off*): per incrementare il risultato un criterio deve essere necessariamente sacrificato quello relativo ad un criterio conflittuale al primo e viceversa. Il decisore si trova dunque nelle condizioni di dover *scegliere* una soluzione secondo la propria struttura di preferenze, ossia secondo i propri giudizi di *valore* con rispetto ai criteri presi in considerazione.

All'interno del quadro comune del supporto alla decisione in relazione ad un problema economico, le Analisi Multi Criterio si suddividono in diverse tipologie di analisi e correnti letterarie, che differiscono per fondamenti analitici, tecniche adottate e adattamento a differenti tipologie di problemi. Rispetto alle tipologie di problemi si individuano due grandi famiglie (Zeleny 1982, Malczewski 1999): metodi adatti a problemi di tipo discreto e metodi adatti a problemi di tipo continuo³⁰.

I metodi predisposti per affrontare problemi di tipo discreto si possono raggruppare nella famiglia delle Analisi Multi Attributo (AMA), così denominate poiché la presenza di un insieme finito di alternative, quindi di un insieme finito di valori per ciascun attributo, permette di classificare direttamente le alternative secondo le preferenze del decisore (non vi è necessità di un'ottimizzazione continua delle variabili decisionali in funzione degli obiettivi). I vari metodi si distinguono principalmente in base a come vengono costruiti i modelli della struttura di preferenze del decisore: relazioni di *outranking* (metodi ELECTRE), confronto a coppie (metodo AHP), stima di funzioni di utilità ecc.. Tra tali metodi, quello della *Multi Attribute Utility Theory*

²⁹ Nel territorio, gli usi concorrenti si identificano in diverse categorie d'uso e diverse forme di gestione per la risorsa suolo, ciascuna delle quali garantisce differenti prestazioni per determinati criteri (es. produzione di materie prime, produzione di servizi ambientali e/o ricreativi, costi di gestione, livello di occupazione ecc.).

³⁰ Volutamente non si parla di *metodi* di tipo discreto o di tipo continuo, bensì di *problemi*, poiché la variabilità continua o discreta delle variabili decisionali è connaturata al *problema* che si presenta all'analista, che di conseguenza adotta un metodo appropriato. Inoltre alcuni approcci, che di norma si servono della programmazione matematica per affrontare problemi di tipo continuo, possono essere utilizzati per fornire una ordine di preferenza (*ranking*) delle alternative considerate.

(MAUT) (Keeney, Raiffa 1976), basato sulla stima di funzioni di utilità³¹, rappresenta un collegamento teorico importante tra supporto alla decisione ed economia, oltre ad essere stato un punto di riferimento essenziale per lo sviluppo di altre metodologie, grazie al rigore formale della teoria razionalista (Ballesterio, Romero 1998).

I metodi che contemplano problemi di tipo continuo trovano il loro principale strumento in algoritmi di Programmazione Matematica, al fine di generare soluzioni ottimizzando le variabili decisionali nei confronti di più funzioni obiettivo (definite come massimizzazione o minimizzazione di una funzione attributo) in modo simultaneo. Comunemente raggruppati sotto la definizione-ombrello di Analisi Multi Obiettivo (AMO), tali metodi vengono distinti in base alla loro struttura analitica, la quale consente di analizzare differenti aspetti intrinseci alla decisione (cfr. par. 1.2.3 e 1.2.4).

1.2.3. Fondamenti teorici delle analisi multi obiettivo

I metodi di AMO condividono la struttura del processo decisionale tipica della programmazione matematica su singolo obiettivo: vi si riconoscono variabili decisionali, vincoli tecnici e funzionali e una funzione obiettivo, intesa come massimizzazione o minimizzazione di un attributo. Qualora si approssimino i vincoli e gli obiettivi reali a funzioni lineari delle variabili decisionali, si ottiene un modello di Programmazione Lineare (PL) che, con le dovute eccezioni, assume generalmente la seguente *forma standard* (Hillier, Lieberman 2006)³²:

$$\text{Max} \quad f(\underline{x}) = \sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i \quad [1]$$

soggetta a

$$\underline{x} \in F$$

dove $f(\underline{x})$ è la funzione obiettivo, \underline{x} il vettore delle variabili decisionali, a_i i coefficienti unitari di prestazione delle variabili decisionali ed F la *regione fattibile* o *ammissibile*, ossia la regione dello

³¹ LA MAUT si basa sulla riduzione di un problema di stima di una funzione di utilità multi attributo in un problema di stima di una serie di funzioni di utilità unidimensionali. Queste funzioni “componenti” vengono poi riunite grazie al concetto di valore di *trade-off* (Zeleny 1982)

³² Si ricordi che i segni delle disequazioni e gli operatori *max* e *min* possono essere invertiti semplicemente cambiando di segno ai membri delle disequazione e delle equazioni rispettivamente.

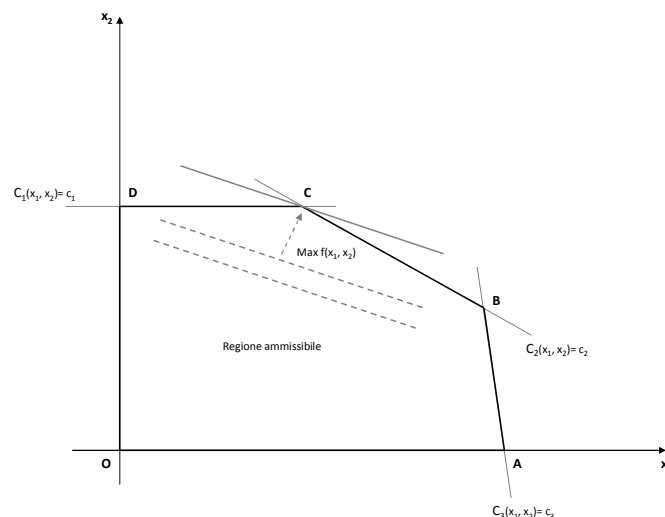
spazio geometrico delle variabili decisionali delimitato dai vincoli funzionali e di non-negatività, rispettivamente del tipo:

$$C_j(\underline{x}) \leq c_j \quad \text{in cui} \quad C_j(\underline{x}) = \sum_{i=1}^n b_{ji} \cdot x_i \quad (\text{serie di vincoli funzionali lineari additivi}),$$

$$x_i \geq 0 \quad (\text{vincoli di non negatività}),$$

dove c_i sono i coefficienti tecnici che rappresentano l'utilizzo unitario delle risorse limitate per ciascuna variabile decisionale.

Figura 4 - Rappresentazione grafica di un problema di programmazione lineare a due variabili decisionali



In caso di due sole variabili decisionali, è possibile rappresentare un generico problema di Programmazione Lineare in un grafico bidimensionale (Figura 4). Nello spazio geometrico delle variabili decisionali, la regione ammissibile si presenta come l'area sottesa dalle rette corrispondenti ai vincoli, interpretabile come la curva delle possibilità produttive, mentre la massimizzazione della funzione obiettivo si identifica con la traslazione di una *curva di indifferenza* (Zeleny 1982), ossia la curva formata dalle combinazioni delle variabili decisionali aventi uguale prestazione nei confronti del criterio considerato.

L'esistenza della soluzione ottima (cioè che massimizza o minimizza la funzione attributo) è data dal teorema di Weierstrass, che garantisce l'esistenza di un punto di minimo per le funzioni

convesse e un punto di massimo per le funzioni concave. Di conseguenza, con riferimento ad un problema di ottimizzazione in cui sono definiti una regione fattibile e una funzione obiettivo, la presenza di una soluzione ottima si verifica nei tre casi riassunti in Figura 5. La soluzione ottima viene trovata mediante un algoritmo di ottimizzazione idoneo al tipo di problema, come l'algoritmo del Simplex per la PL, il *branch bound* per la PL intera ecc. (Hillier, Lieberman 2006). Gli algoritmi più diffusi sono normalmente integrati in opportuni software di ottimizzazione o programmazione matematica (LINDO, GAMS ecc.).

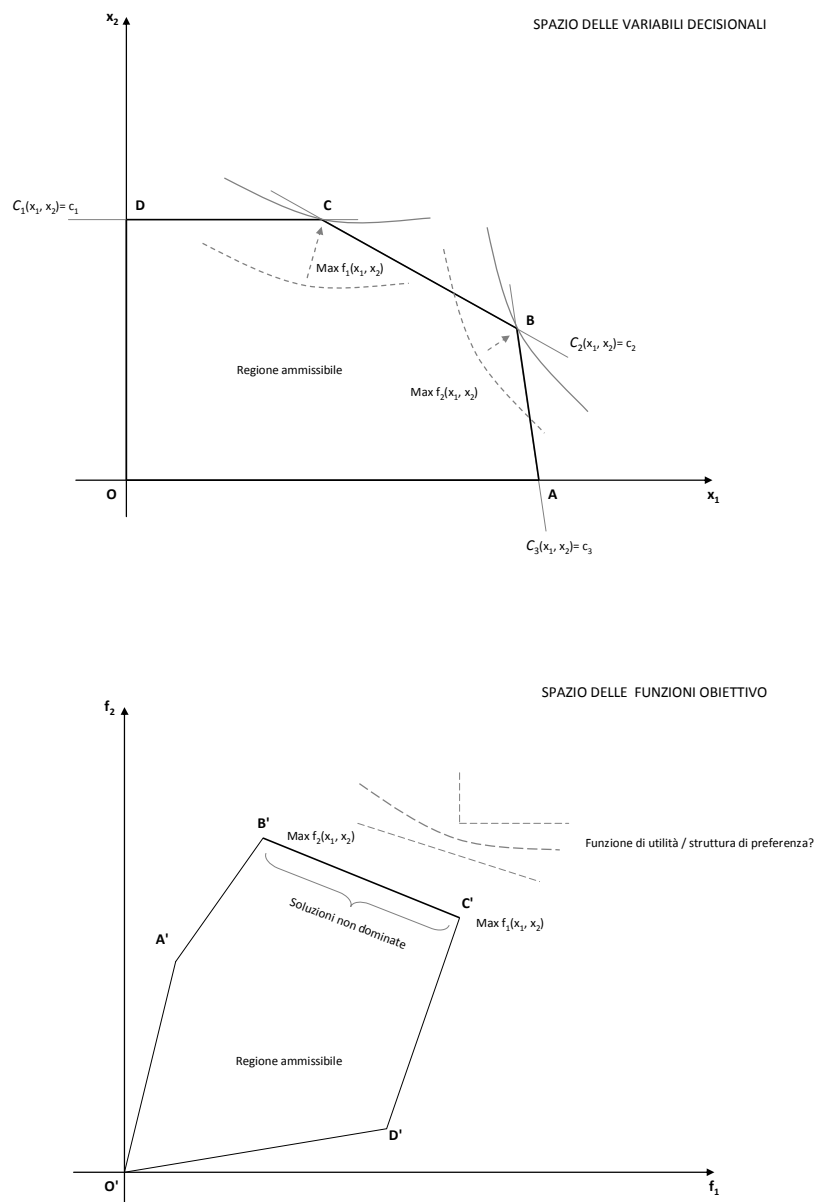
Figura 5 – Esistenza di una soluzione ottima in un problema di programmazione matematica

FUNZIONE OBIETTIVO	REGIONE AMMISSIBILE	SOLUZIONE
Continua	Compatta	Ottimo locale
Convessa con operatore <i>min</i>	Compatta e convessa	Ottimo globale
Concava con operatore <i>max</i>	Compatta e convessa	Ottimo globale

Introducendo nel modello ulteriori funzioni obiettivo, si ottiene lo spostamento dal paradigma della Ricerca Operativa al paradigma della programmazione Multi-Obiettivo, caratterizzato da un problema economico per il quale non è possibile determinare univocamente una soluzione ottima, bensì un insieme di soluzioni efficienti in senso paretiano. Come riportano Zeleny (1982) e Goicoechea (1982), il concetto di ottimo di Pareto (Pareto 1909), secondo cui un sistema economico-produttivo è efficiente quando l'utilità di una persona può essere aumentata solo diminuendo l'utilità di altri, è stato esteso da Koopmans (Koopmans 1965) all'efficienza nella produzione di differenti output (a cui possono corrispondere le funzioni obiettivo), che si realizza lungo la curva delle possibilità produttive. Quindi, sostituendo la nozione di "criterio" alla nozione di "persona", l'ottimo di Pareto si trasferisce al campo delle MCDM (Ballestero, Romero 1998), e viene associato al concetto di *non-dominazione* di una soluzione. Considerando infatti per semplicità un problema a due obiettivi e due variabili decisionali, rappresentabile quindi in un grafico a due dimensioni sia nello spazio delle variabili decisionali sia nello spazio delle funzioni obiettivo (Figura 6), notiamo che la presenza di più obiettivi corrisponde alla presenza di più famiglie di curve di indifferenza, che nello spazio delle funzioni obiettivo si traduce nella non corrispondenza dei punti della regione ammissibile in cui le differenti funzioni obiettivo

raggiungono il loro massimo. Quindi non esiste una soluzione ottima univocamente definita, bensì un insieme di soluzioni *non dominate*, ossia soluzioni che non possono essere superate nella performance di un obiettivo e contemporaneamente eguagliate negli altri.

Figura 6 - Rappresentazione grafica di un problema a due obiettivi e due variabili decisionali



Il concetto di ottimo di Pareto diviene un fondamento razionale della teoria delle analisi multicriterio, e porta ad un altro concetto per essa cruciale (Zeleny 1982): il valore di *trade-off* tra

due criteri (Keeney, Raiffa 1976), o valore di interscambio. Il valore di *trade-off* tra due obiettivi i e j , date due soluzioni efficienti rappresentati dai vettori \underline{x}_1 e \underline{x}_2 , si esprime attraverso la seguente:

$$T_{ij} = \frac{f_i(\underline{x}_1) - f_i(\underline{x}_2)}{f_j(\underline{x}_1) - f_j(\underline{x}_2)} \quad .[2]$$

Il rapporto di *trade-off* è un indicatore del grado di conflittualità tra due obiettivi ed esprime il *costo-opportunità* di un obiettivo rispetto all'altro in riferimento a diverse soluzioni efficienti. Il valore di *trade-off* può quindi rappresentare una stima monetaria qualora uno dei due criteri sia una forma di reddito espressa in termini monetari.

Sulla base delle precedenti considerazioni, nell'insieme delle soluzioni Pareto-efficienti, cioè la *frontiera dell'efficienza produttiva*, la scelta di una soluzione dipenderà dall'incontro di due componenti: una componente tecnica e una componente di struttura delle preferenze del decisore. La prima è data cioè dagli aspetti tecnici (vincoli, prezzi, disponibilità di risorse...) del problema, che si esplicita nell'andamento dei valori di trade-off lungo la frontiera dell'efficienza. La seconda riguarda le preferenze dovute alle necessità individuali (o collettive nel caso di decisori multipli), rappresentabili dalla funzione di indifferenza dei vari obiettivi. Questa curva d'indifferenza nello spazio degli obiettivi è considerata approssimabile (Ballestero, Romero 1998) o coincidente (Keeney, Raiffa 1976)³³ alla funzione di utilità degli obiettivi (o degli *output*) considerati.

Le due componenti sono considerate con differenti sfumature dai diversi metodi di AMO; questi hanno però, quale elemento distintivo all'origine, la struttura matematica che permette di trattare un problema multi-obiettivo attraverso gli algoritmi di ottimizzazione disponibili, i quali sono applicabili di norma ad una singola funzione da massimizzare o minimizzare³⁴. Tale struttura matematica e analitica sancisce il principio di funzionamento di ciascun metodo, le capacità di esplorare l'insieme di soluzioni ammissibili e/o efficienti, la modalità di incorporazione delle preferenze del decisore e le possibilità di essere associati a metodi interattivi (Romero 1993), come riassunto in Figura 7 ed è esposto in seguito con riferimento a ciascuna famiglia metodologica.

³³ Gli autori della MAUT fanno però riferimento a un problema di tipo discreto.

³⁴ Sono stati sviluppati infatti algoritmi capaci di gestire direttamente problemi multiobiettivo, quali gli algoritmi "Simplex multicriterio" di Philip(1972 algorithms for the vector maximization problem) e Zeleny(1973 MCDM). Tali algoritmi possono gestire solo problemi con funzioni lineari e un numero limitato di vincoli ed obiettivi.

Figura 7 - Famiglie metodologiche di AMO: distinzioni e caratteristiche

Metodo	Principio di funzionamento	Capacità esplorative	Modalità di inclusione delle preferenze del decisore	Metodi interattivi associabili
MOP	-Parametrizzazione dei pesi o degli obiettivi. -Impiego diretto dell'algoritmo Simplex multicriterio	-Esplorazione della frontiera efficiente e del relativo andamento dei <i>trade-off</i>		-Accettazione/ rifiuto <i>trade-off</i> -Metodo di Ziont e Wallenius
CP	-Minimizzazione della funzione di distanza da un punto ideale	-Esplorazione dell'insieme dei compromessi e dell'andamento dei <i>trade-off</i> al suo interno	-Ponderazione dei criteri.	-STEM; -Ideale riposizionato
GP	-Minimizzazione della funzione di distanza da traguardi predefiniti	-Esplorazione dell'insieme dei compromessi (EGP) -Ricerca dei compromessi efficienti	-Definizione dei traguardi. -Ponderazione dei criteri. -Definizione priorità lessicografiche (LGP; ELGP).	

1.2.4. Le principali famiglie metodologiche di AMO

Multiple Objective Programming (MOP)

La programmazione multi-obiettivo, o ottimizzazione vettoriale, ha come funzione principale la determinazione dell'insieme di soluzioni efficienti, o Pareto-ottime, al problema. Con tale scopo l'analisi assume la struttura così rappresentabile:

$$Eff \ f(\underline{x}) = [f_1(\underline{x}), \dots, f_n(\underline{x})] \quad \text{con} \quad \underline{x} \in F; \quad [3]$$

dove *Eff* indica la ricerca di soluzioni efficienti, \underline{x} è il vettore delle variabili decisionali, $f_j(\underline{x})$ rappresenta la funzione del j-esimo obiettivo, *F* è la regione ammissibile. Definita dai vincoli funzionali e di non negatività. La ricerca delle soluzioni efficienti attraverso algoritmi di ottimizzazione può avvenire secondo diversi metodi (scalari, non scalari ecc.) descritti estesamente da Ehrgott (Ehrgott 2005). Tuttavia l'utilizzo più diffuso riguarda il metodo delle

restrizioni ed il metodo delle *ponderazioni* (Romero, Rehman 1989). Il metodo delle restrizioni (Marglin 1967) si basa sulla reiterata ottimizzazione di una funzione obiettivo e sulla contemporanea parametrizzazione degli altri obiettivi, che vengono inseriti nell'insieme dei vincoli, diventando così vincoli parametrici. Variando ad ogni iterazione il valore parametrico di questi ultimi obiettivi si ottiene l'esplorazione della frontiera efficiente³⁵, ma le soluzioni così individuate possono essere sia punti di vertice della frontiera sia punti interni (che giacciono cioè nei segmenti che uniscono i vertici). Il metodo delle ponderazioni (Zadeh 1963) si basa invece sulla massimizzazione reiterata di una funzione scalarizzante, che usualmente è una somma ponderata delle funzioni obiettivo:

$$\text{Max } f(\underline{x}) = \sum_j w_j \cdot f_j(\underline{x}) \quad \text{con} \quad \underline{x} \in F \quad [4]$$

dove w_j è il peso dell'obiettivo j-esimo utilizzato qui come parametro. Variando i pesi ad ogni iterazione si ottengono soluzioni che rappresentano i punti di vertice della frontiera efficiente.

A prescindere dal metodo, una prima importante indicazione è data dalla costruzione della matrice dei *pay-off*, ottenuta riportando in una matrice quadrata i valori delle funzioni obiettivo ottenuti massimizzando ciascuna funzione singolarmente, senza considerare le rimanenti, e nel rispetto dei vincoli. La matrice permette di quantificare il grado di conflittualità tra gli obiettivi come esemplificato in Figura 8.

Figura 8 - Matrice dei *pay-off*³⁶

	$\text{Max } f_1(\underline{x})$	$\text{Max } f_2(\underline{x})$
$f_1(\underline{x})$	8000	500
$f_2(\underline{x})$	1	5

(cifre esemplificative)

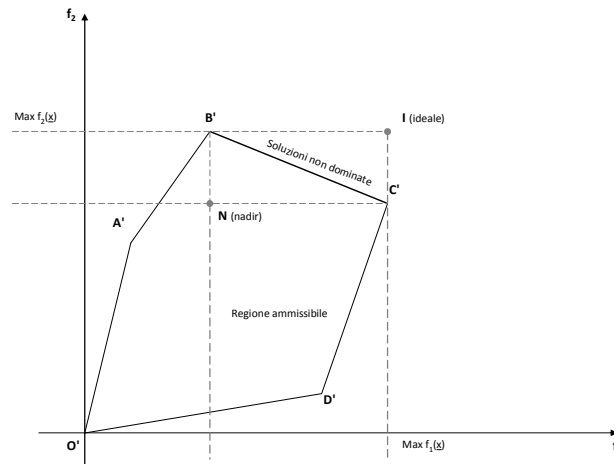
Il metodo MOP dunque considera in se la componente tecnica del problema, esplorando l'insieme di soluzioni efficienti senza giungere alla selezione di una soluzione ottima. A tal fine l'unica (ma rilevante) forma di supporto decisionale è data dalla possibilità di calcolare il valore di

³⁵ L'affermazione è corretta a patto che i vincoli parametrici siano attivi nell'ottimo (Romero 1993); nei problemi di tipo lineare ciò può essere verificato controllando che la corrispondente variabile *slack* sia pari a zero. In caso contrario la soluzione trovata sarà dominata. Per chiarimenti sul concetto di variabile *slack* si veda Hillier e Lieberman (2006).

³⁶ Vengono visualizzati rispettivamente in grassetto e in grigio il punto ideale e il punto anti-ideale descritti nella sezione dedicata alla *Compromise Programming*.

trade-off tra gli obiettivi considerati, con riferimento a coppie di soluzioni non dominate. Le preferenze del decisore possono venire considerate a posteriori della generazione dell'insieme di soluzioni efficienti mediante l'utilizzo di metodi interattivi³⁷

Figura 9 - Rappresentazione grafica del punto ideale e del punto anti-ideale in uno spazio a due obiettivi



Compromise Programming (CP)

La programmazione di compromesso (Yu 1973, Zeleny 1974) si basa sull'*assioma di scelta* di Zeleny, quale presupposto razionale: "Le alternative più vicine all'ideale sono preferite a quelle più distanti. Essere il più possibile vicini all'ideale percepito è la logica del comportamento di scelta" (Zeleny 1974). Tale assioma si traduce formalmente nella minimizzazione di una funzione di distanza da un *punto ideale*, cioè da una soluzione non ammissibile definita dai valori massimi che ciascun obiettivo raggiunge nella matrice dei *pay-off* (Figura 8):

$$\text{Min } L_p = \left[\sum_{j=1}^m W_j^p \left| \frac{f_j^* - f_j(\underline{x})}{f_j^* - f_{*j}} \right|^p \right]^{1/p} \quad \text{con } \underline{x} \in F \quad [5]$$

dove f^* e f_* sono rispettivamente il valore massimo ed il valore minimo che la j -esima funzione obiettivo assume nella matrice dei *pay-off* (l'insieme dei valori massimi definisce il punto ideale, mentre l'insieme dei valori minimi costituisce il punto anti-ideale, o punto *nadir*, entrambi

³⁷ Tali metodi partono dall'insieme di soluzioni efficienti per scegliere mediante ripetute interazioni modello-decisore, andando dalla semplice interrogazione sull'accettabilità dei *trade-offs* al più complicato metodo di Zionts e Wallenius (Zionts, Wallenius 1976)

rappresentati in Figura 9); W_j è il peso assegnato al j-esimo obiettivo; p è la metrica della funzione di distanza, che varia da 1 a infinito. Per $p=1$ si ottiene la minimizzazione della distanza maggiore in senso geometrico, rendendo la struttura del problema equivalente a quella della [4] con funzioni obiettivo normalizzate (Romero 1993), quindi una soluzione che massimizza la performance aggregata delle funzioni obiettivo normalizzate e ponderate. Per $p=2$ si ottiene la minimizzazione di una distanza euclidea, mentre per $p=\infty$ si minimizza la massima deviazione esistente, ossia la distanza dalla funzione obiettivo normalizzata più sfavorita e il punto ideale.

Goal Programming (GP)

Anche la programmazione per traguardi (Ignizio 1976, Romero 1991) si fonda sulla minimizzazione di una funzione di distanza, rispetto però ad un punto dato dai traguardi fissati dal decisore per ciascun obiettivo. Perciò alla metodologia GP soggiace, anziché il concetto di efficienza, una logica denominata *satisficing* (Simon 1955), intesa come contemporaneamente *satisfying* (soddisfacente) e *sufficing* (sufficiente). Pertanto, nel caso di scelta di traguardi troppo facilmente raggiungibili, la soluzione generata può non essere efficiente in senso paretiano. La minimizzazione di una funzione di distanza può avvenire secondo svariati approcci, che trovano un punto d'incontro nell'utilizzo di variabili ausiliarie, dette *variabili di deviazione*, così definite per ciascun obiettivo:

$$f_j(\underline{x}) + n_j - p_j = t_j$$

dove t_j è il traguardo fissato per il j-esimo obiettivo, n_j e p_j sono rispettivamente le variabili di deviazione negativa e positiva.

Le modalità con cui le variabili di deviazione vengono minimizzate si differenziano per differenti strutture di preferenza associate al decisore e determinano il metodo di GP. Rimandando gli approfondimenti alla letteratura consolidata (Romero 1991) Tra i possibili metodi distinguiamo:

- WGP (Weighted Goal Programming); le variabili di deviazione non desiderata (Romero 1996) sono normalizzate, ponderate aggregate in un'unica funzione che viene minimizzata. Trova equivalenza con la CP con metrica $p=1$ nel caso sia posto il punto ideale come traguardo, giungendo ad una soluzione che produce la massima performance aggregata nei confronti di tutti i criteri considerati;

- MinMaxGP (Chebysev GP); viene minimizzata la massima deviazione dal traguardo. E' modo equivalente alla CP per la metrica $p=\infty$ nel caso sia posto il punto ideale come traguardo³⁸.
- EGP (Extended Goal Programming) (Romero 2001); generalizza i due metodi precedenti conferendo continuità tra i due approcci, in modo analogo a quanto avviene nella CP.
- Multi Goal Programming; un metodo proposto da Zeleny (1982).
- LGP (Lexicographic Goal Programming); permette di considerare strutture di preferenza lessicografiche, suddividendo gli obiettivi rilevanti in più livelli di priorità. Viene quindi eseguita un'ottimizzazione sequenziale, per ciascun livello di priorità, a partire dal livello più importante. Nella sequenza di ottimizzazioni, il valore assunto da funzioni ottimizzate a livello superiore diviene un vincolo per l'ottimizzazione del livello inferiore.
- ELGP (Extended Lexicographic Goal Programming); una generalizzazione complessiva che considera sia l'EGP sia l'LGP, consentendo di rappresentare contemporaneamente preferenze lessicografiche e non (Romero 2001).

Gli approcci di GP consentono una gran flessibilità ed adattabilità a casi applicativi e, a differenza delle altre famiglie metodologiche, consentono di "modellizzare" preferenze di tipo lessicografico. Tuttavia, nell'ambito considerato, l'assenza di traguardi definiti dalla normativa o da strumenti di pianificazione di livello superiore, per ciascun obiettivo rilevante a livello locale, rappresenta a sua volta un problema di valutazione di sostenibilità (comunque di pertinenza del livello superiore). Per questo motivo appare più idoneo, allo stato attuale, l'impiego di metodologie che possano conferire razionalità alla decisione indipendentemente dalla definizione di traguardi.

1.2.5. Analisi multi obiettivo per la gestione della risorsa suolo

Dopo le prime ipotesi applicative (Keeney, Raiffa 1976, Zeleny 1982) un importante contributo all'applicazione dei metodi di AMO alla gestione degli usi del suolo reversibili è stata dedicata da Romero e Rehman (1989) con riferimento al settore agricolo, sia a livello microeconomico che a livello territoriale. Successivamente si assiste ad una diffusione degli studi sull'applicazione delle

³⁸ L'equivalenza tra i casi di CP e GP considerati si realizza perfettamente qualora sia adottato lo stesso approccio di normalizzazione delle funzioni obiettivo.

analisi multi criterio a differenti ambiti specifici della gestione delle risorse naturali. Tali studi si distinguono per l'impiego di una particolare metodologia (o di una combinazione di metodologie) in uno di questi ambiti specifici.

Una rassegna degli articoli pubblicati nell'ultimo ventennio (Mendoza 2006)³⁹, dedicati alle AMC nella gestione delle risorse naturali, evidenzia i seguenti punti:

- una generale predominanza degli studi nell'ambito della gestione forestale e della gestione delle risorse idriche, che riguardano metodi per problemi sia di tipo continuo sia di tipo discreto;
- l'esteso utilizzo di metodi di analisi multi-obiettivo proprio per lo studio di problemi d'uso del suolo quale problema di tipo continuo in differenti ambiti;
- nell'ambito delle aree protette, si registra una maggior frequenza degli studi sulla selezione di aree da sottoporre a protezione, mediante il metodo MOP con variabili decisionali binarie⁴⁰;
- il frequente ricorso al metodo AHP (Saaty 1980) come metodo "ausiliare", ossia come strumento di indagine sulle preferenze del decisore, le quali vengono in seguito integrate in altri metodi;
- lo scarsissimo riscontro, tra le pubblicazioni prese in esame, dell'applicazione di metodi di CP per problemi di uso del suolo, mentre compare l'impiego nello stesso ambito delle tecniche di GP, le quali richiedono però la definizione di traguardi.

In quest'ambito scientifico è frequente il riferimento alla sostenibilità, a cui consegue la ricerca di una soluzione ottima in un sistema di obiettivi di tipo economico, sociale ed ambientale (riconoscibile già nel lavoro di Romero e Rehman). Analogamente è ricorrente, nei problemi di sostenibilità a livello territoriale, la distinzione dovuta alla presenza di molteplici criteri (incommensurabilità tecnica) e alla presenza di molteplici portatori d'interesse (incommensurabilità sociale), che trova corrispondenza nella distinzione tra componente tecnica e una componente di struttura di preferenza del problema decisionale multi criterio.

³⁹ La rassegna è stata integrata con altre pubblicazioni significative a livello territoriale (Zander 1999, Bryan 2008, Hajkowicz 2008, Nayak 2001, Simonovic 2005, Memtsas 2003, Prieto Rodríguez, Díaz Balteiro 1999, Andre 2009, Rothley 1999, Flores, Gomez-Limon 2006).

⁴⁰ Generalmente ad ogni area candidata è assegnata una variabile decisionale, che assume valore 1 in caso di selezione in qualità di area protetta e 0 in caso di esclusione.

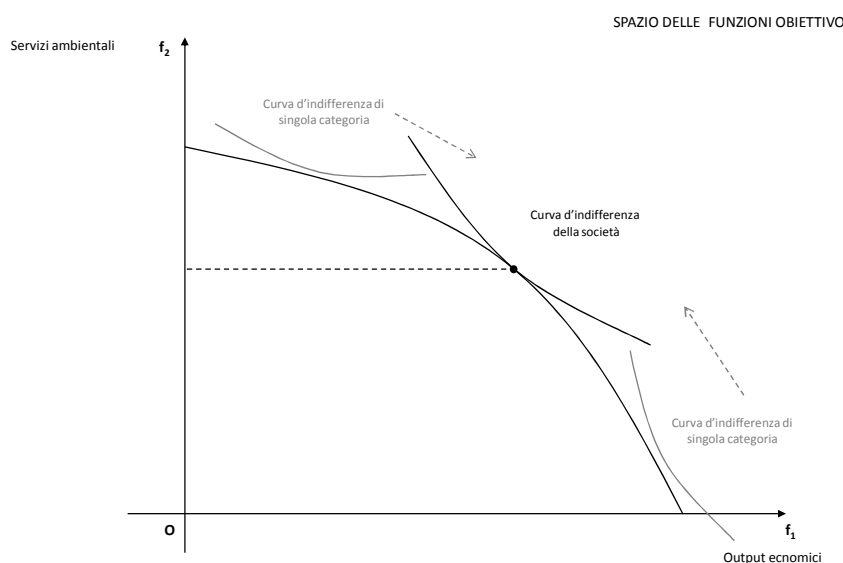
Tabella 1 – Frequenza delle pubblicazioni per metodologia multi criterio e ambito applicativo

Ambito di applicazione	LP	MOP	MGA	GP	LGP	CP	STEM	AHP	ELECTRE	PROMETHEE	MAUT	MOP dinamica	fuzzy MOP	MOP intera	Social choice	altro
Gestione forestale	3	1	3	2				6	1	1	3	1	1	1	1	6
Usi del suolo nei sistemi forestali			2	1			2									
Biodiversità nei sistemi forestali								1								
Conservazione delle foreste						1		1								
Gestione bacino idrografico														1		
Usi suolo in bacino idrografico		3				1					2					
Gestione delle risorse idriche		1		1		3			1	1				1		2
Gestione faunistica																
Habitat singola specie								1								
Estrazione combustibili fossili e gestione forestale											2					
Usi del suolo	1			2				1								2
Analisi dei conflitti ambientali								1						1		
Sostenibilità in agricoltura						1					1					
Valutazione di progetti ambientali											1					
Selezione di riserve naturali		1		1										3		2
Gestione zone umide								1								
Elaborazione di politiche ambientali				1												

Ns elaborazione da Mendoza (2006), integrata con ulteriori indagini

In particolare, con riferimento all'usi del suolo, Zander (Zander 1999) analizza le due componenti da un punto di vista economico: quanto al problema tecnico della sostenibilità, assumendo come identiche la curva dei *trade-off* (data dall'utilizzo efficiente di risorse limitate), la curva delle possibilità produttive e la curva di offerta dei beni ambientali senza mercato, l'autore identifica come punto di equilibrio per tali beni il punto di tangenza tra detta curva e la curva di indifferenza; ma poiché differenti gruppi di *stakeholder* hanno differenti curve d'indifferenza, il punto di equilibrio va cercato nel compromesso dato dal punto di tangenza della curva dei *trade-off* e la curva di indifferenza aggregata della società. Essendo i gruppi di *stakeholders* di un territorio locale generalmente rappresentabili da un numero limitato di organizzazioni (Zander 1999) o di soggetti, il punto di equilibrio può essere determinato (Figura 10).

Figura 10 – Aggregazione delle preferenze e punto di equilibrio



Rispetto al problema di sostenibilità di una zona sottoposta a misure di protezione (cfr. par. 1.1.4), le presenti considerazioni portano ad individuare alcune potenzialità dei metodi di analisi multi obiettivo, con particolare riferimento a quelli capaci di funzionare indipendentemente dalla definizione di traguardi e con un approccio di tipo compensativo.

Riguardo al problema tecnico, il metodo MOP consente di costruire la curva dei *trade-off*. Il metodo CP, che può rappresentare la naturale prosecuzione del precedente (Romero, Rehman

1989), consente di definire una soluzione di compromesso quale punto di equilibrio per determinati servizi ambientali (la tutela della biodiversità nel caso specifico), a cui riferire peraltro un valore di *trade-off* con significato di costo-opportunità; tutto ciò a prescindere da eventuali traguardi, in quanto non definiti nel contesto considerato, e con possibilità di indagare sui fattori che influiscono su tale compromesso per mezzo di analisi di sensitività.

Quanto al problema sociale, l'aggregazione delle preferenze di diverse categorie rimane un passaggio necessario di per l'individuazione di una soluzione. Tale problema può essere risolto attraverso procedure statistiche (ad esempio il metodo Delphi) o ricorrendo ancora alla teoria della decisione e utilizzando metodi di analisi multicriterio. In questo caso si considerano le preferenze, espresse da soggetti ed organizzazioni rappresentative della realtà territoriale, in qualità di criteri tra cui trovare un compromesso.

1.3. Conclusioni

L'analisi bibliografica condotta nel presente capitolo ha consentito di individuare le connessioni esistenti tra i temi della sostenibilità dello sviluppo territoriale, il supporto alla decisione multicriterio e la gestione di aree sottoposte a misure di protezione.

In primo luogo sono stati isolati gli aspetti della teoria della sostenibilità che risultino rilevanti per il supporto alla decisione nella pianificazione territoriale: la differenza tra l'approccio debole e quello forte alla sostenibilità e il carattere multidimensionale di tale concetto, in cui si riconoscono componenti economiche, sociali e ambientali. L'analisi di tali aspetti ha individuato alcune criticità nella valutazione della sostenibilità sociale alla luce delle attuali conoscenze sul capitale sociale.

Successivamente è stato preso in esame il parallelismo tra multidimensionalità della sostenibilità territoriale e l'approccio valutativo multidimensionale, evidenziando l'esistenza di un problema di incommensurabilità tecnica e di un problema di incommensurabilità sociale, che possono venir colti dalle tecniche di analisi multicriterio, mostrando alcuni vantaggi rispetto ad un approccio riduzionista.

Contestualizzando il problema della sostenibilità nella gestione delle aree protette, con particolare riferimento alle zone rurali montane e alla rete Natura 2000 prevista dalla normativa comunitaria, si è riconosciuta l'importanza delle preferenze dei portatori d'interesse locali nella

ricerca di uno sviluppo sostenibile dal punto di vista ambientale. Quindi sono state prese in esame le peculiarità che il problema della pianificazione sostenibile assume in questo contesto. Tali peculiarità, quali la forte presenza di capitale naturale e la presenza di diversi usi reversibili del suolo, hanno contribuito a definire le caratteristiche dell'approccio valutativo più idoneo in funzione dell'elaborazione di un piano di gestione imposta dalla normativa:

- capacità di rappresentare un problema di allocazione efficiente degli usi reversibili del suolo (intesi come usi agro-silvo-pastorali), caratterizzato da variabili continue e da obiettivi conflittuali espressi in differenti misure;
- capacità di integrare nella valutazione l'importanza relativa attribuita ai diversi criteri di valutazione da parte della comunità, intesa come aggregazione degli *stakeholders* locali, al fine di avvantaggiarsi degli effetti positivi del capitale sociale;
- possibilità di valutazione secondo approcci diversi alla sostenibilità; in particolare, con riferimento all'ambito specifico di applicazione, capacità di ricercare una soluzione ottima in assenza di traguardi predefiniti e secondo un approccio compensativo.

Di conseguenza sono state prese in considerazione le Analisi Multi Obiettivo in qualità di strumento di analisi della sostenibilità, in quanto rispondenti ai requisiti esposti e caratterizzate da fondamenti teorici razionali (Ottimo di Pareto) ed analitici (programmazione matematica) che ne consentono l'impiego nella ricerca scientifica. A tale riguardo, sono state rapidamente richiamate le basi teoriche delle tecniche più importanti di AMO e ne è stato analizzato l'impiego, in un campione della letteratura scientifica, per ambito di applicazione. In tale analisi, sebbene non esaustiva, si riscontra una lacuna relativa alle metodologie idonee al campo di applicazione del presente studio (CP e MOP con variabili continue).

Rimangono da chiarire il significato economico delle differenti tecniche di AMO quali strumenti di analisi della sostenibilità e la loro declinazione nell'ambito specifico di studio.

2. Metodologia di ricerca

2.1. Approccio di ricerca e ambito d'indagine

2.1.1. Analisi delle problematiche per i siti Natura 2000

L'analisi delle potenzialità delle metodologie individuate, nonché l'elaborazione di uno schema analitico e di un modello di valutazione richiedono innanzitutto la descrizione dell'ambito d'indagine, che nella presente ricerca si identifica nel supporto alla decisione relativo agli usi reversibili del suolo nei siti della Rete Natura 2000.

Natura 2000 è una rete europea di aree destinate alla conservazione della biodiversità e rappresenta il principale strumento comunitario dedicato a tale scopo, in risposta alla Convenzione Internazionale di Rio de Janeiro del 1992. La rete è istituita a livello comunitario dalla Direttiva 92/43/CEE (Direttiva "Habitat")⁴¹ sulla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche, che si pone in continuità con la più datata Direttiva 79/409/CEE (direttiva "Uccelli") relativa alla sola conservazione delle specie ornitiche.

Sebbene l'obiettivo dichiarato della Direttiva Habitat sia la salvaguardia della biodiversità attraverso l'adozione di misure di conservazione degli habitat naturali e seminaturali e delle specie della flora e della fauna selvatiche di interesse comunitario, all'art. 2 della Direttiva si specifica che le misure adottate devono tener conto *delle esigenze economiche, sociali e culturali, nonché delle particolarità regionali e locali* del territorio, inserendo così il concetto di politica ambientale e di tutela ambientale nel problema più ampio della sostenibilità (cfr. par. 1.1.4).

Sempre secondo la Direttiva Habitat, la rete NATURA 2000 si compone di ambiti territoriali denominati Zone Speciali di Conservazione (ZSC), che in fase di designazione vengono chiamati Siti di Importanza Comunitaria (SIC), e dalle Zone di Protezione Speciale (ZPS) già previste dalla Direttiva Uccelli. La rilevanza territoriale di tali ambiti, la cui individuazione è delegata alle Regioni ai sensi del D.P.R. 357/1997, è data dal loro numero, dalla loro estensione e dalle misure di conservazione previste dalla normativa comunitaria e nazionale. Quanto ai primi due aspetti, le zone della rete Natura 2000 occupano nella Regione Veneto (in cui si trova la ZPS del caso di

⁴¹ La Direttiva 92/42/CEE è stata recepita a livello nazionale dal D.P.R. 8 settembre 1997 n.357, successivamente modificato dal D.M. 20 gennaio 1999, per recepire una modifica apportata dalla Direttiva 97/62/CE, e in seguito dal D.P.R. 12 marzo 2003 n.120, per risolvere problemi di cattiva interpretazione.

studio) il 22,5% del territorio regionale, per una superficie complessiva di 414.675 ha. Di questi, 359.882 ha sono occupati dalle sole ZPS che, sebbene riguardino un aspetto più ristretto della tutela della biodiversità, sono generalmente più ampi e dei SIC/ZSC e ne racchiudono diversi. Le misure di conservazione si identificano in due tipi: la Valutazione d'Incidenza Ambientale (VInCA) resa obbligatoria per tutti i piani e i programmi aventi effetti significativi, diretti o indiretti, sui siti Natura 2000, e lo strumento dei Piani di Gestione, che devono essere predisposti qualora gli strumenti di pianificazione e gestione del territorio già presenti non siano sufficienti a garantire una gestione del sito conforme alla Direttiva Habitat. Con riferimento al caso studio di cui al Capitolo 3, la Regione Veneto ha individuato con la D.G.R. n. 2371/2006 35 ZPS da sottoporre a Piano di Gestione (mentre non risultano prescrizioni analoghe per i SIC/ZSC; ciò appare comunque una scelta logica vista l'estensione delle ZPS e la loro sovrapposizione con vari SIC, al di là della loro designazione provvisoria).

Un piano di gestione, in accordo con gli obiettivi dell'art. 2 della Direttiva, deve fornire indicazioni gestionali avendo come principale riferimento i tipi di habitat e le specie di interesse comunitario, elencati negli allegati I e II della stessa Direttiva, che siano presenti nella zona considerata. I tipi di habitat rappresentano dunque il principale riferimento di analisi del territorio da gestire. La strategia di gestione può avvalersi di misure, o azioni, di differente natura che sono state così suddivise nei Piani di Gestione pilota a livello nazionale (*Manuale per la gestione dei Siti Natura 2000.*):

- Interventi Attivi, finalizzati a rimuovere un fattore di disturbo delle dinamiche naturali;
- Incentivazioni, finalizzati a sollecitare l'introduzione presso le popolazioni locali di pratiche, procedure o metodologie gestionali di varia natura (agricole, forestali produttive ecc.);
- Programmi di Monitoraggio e Ricerca, per misurare lo stato di conservazione di habitat e specie e per la valutazione ex-post delle azioni di piano;
- Regolamentazioni, intese come frutto di scelte programmatiche che raccomandino (o prescrivano) comportamenti da adottare in determinati luoghi e circostanze; da esse possono derivare Interventi Attivi, Incentivazioni e Programmi di Monitoraggio;
- Programmi Didattici, direttamente orientati alla diffusione di conoscenze e di modelli di comportamento sostenibili.

Poiché a ciascun tipo di habitat corrisponde di fatto un uso del suolo, in determinate situazioni si verifica che le problematiche di conservazione di un tipo di habitat siano connesse ad un cambiamento dell'uso (reversibile) del suolo (Manuale per la gestione dei Siti Natura 2000, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio). E' il caso delle aree aperte montane, oggetto di ricolonizzazione forestale qualora si abbandonino le pratiche di pascolo o di sfalcio, e sede di differenti specie a seconda del tipo di gestione adottata. Nell'ambito montano un problema analogo si riscontra nella gestione forestale, che condiziona la presenza di soprassuoli di differente valore naturalistico e/o paesaggistico, e nella conservazione delle aree umide.

Fatte queste considerazioni, si riscontra nell'analisi di sostenibilità degli usi reversibili del suolo uno strumento rilevante per la definizione di misure di conservazione in forma di regolamenti, incentivazione ed azioni dirette, che orientino gli usi del suolo in modo tale da garantire la conservazione dei diversi tipi di habitat in armonia con le esigenze economiche e le caratteristiche culturali del territorio e della popolazione locale.

2.1.2. Le analisi multi-obiettivo quale strumento di analisi della sostenibilità

I metodi tradizionali di AMO individuati al par. 1.2.3, oltre a risultare idonei all'analisi delle problematiche esposte, presentano il vantaggio di poggiare su basi analitiche consolidate, che li rendono facilmente replicabili a livello operativo e che consentono una scelta del metodo più adeguato al problema valutativo o decisionale qualora si riconoscano le connessioni tra tali basi analitiche e le caratteristiche del problema decisionale e/o valutativo.

Pertanto, nel caso del supporto alla decisione finalizzato ad una pianificazione sostenibile degli usi reversibili dei suoli in un area protetta, la scelta del metodo specifico cadrà sul metodo (o sulla combinazione di metodi) più rispondente alla struttura effettiva con cui si presenta tale problema di sostenibilità. Il principale appoggio a questa "analisi di rispondenza" è dato dal significato economico della struttura analitica di ciascun metodo, descritto da Ballestero e Romero (1998) attraverso un'interpretazione dei metodi di AMO secondo il paradigma della Teoria dell'Utilità Multi Attributo (cfr. par. 1.2.2) introdotta da Keeney e Raiffa (1976). Con tale punto di riferimento, vengono di seguito individuati gli aspetti specifici di un problema di sostenibilità (sempre distinguendo la componente tecnica da quella sociale/di preferenza) che siano analizzabili

da ciascun metodo di programmazione matematica, in relazione alla struttura analitica e al significato economico.

Multiple Objective Programming (MOP)

Da un punto di vista economico, il ruolo della MOP, quale analisi di sostenibilità è limitato ma fondamentale. La MOP consente infatti un'analisi della sola componente tecnica e riferita soltanto alla linea delle possibilità produttive, in quanto la struttura di preferenze del decisore, che può essere rappresentata dalla curva di utilità, non viene presa in considerazione. Ciò può avvenire solo a posteriori dell'analisi mediante un processo interattivo.

Nei confronti della componente tecnica, la MOP consente innanzitutto di analizzare la conflittualità tra gli obiettivi inclusi nell'analisi, quindi di identificare coppie di obiettivi tra cui esista un rapporto di *trade-off*, attraverso l'ottimizzazione dei singoli obiettivi (in altre parole reiterando un procedimento di Ricerca Operativa per ciascun obiettivo). Il risultato è la matrice dei *pay-off* esposta al par.1.2.4. Successivamente è possibile esplorare la frontiera efficiente ed esaminare l'andamento dei *trade-off* lungo tutta tale frontiera (Figura 11). Ciò può avvenire con due possibili procedimenti (Romero, 1993):

- Il metodo dei vincoli, che si espleta ottimizzando un singolo obiettivo ripetutamente, ponendo gli altri obiettivi come vincoli parametrici; le soluzioni così trovate sono Pareto-ottime qualora la i vincoli parametrici siano posti in forma di uguaglianza⁴², ma tale metodo non distingue soluzioni di vertice da soluzioni interne (cioè poste all'interno dei segmenti che collegano i vertici della frontiera);
- Il metodo dei pesi, in cui le funzioni obiettivo sono ponderate e aggregate in un'unica funzione da massimizzare:

$$\text{Max } \sum_i w_i \cdot f_i(\underline{x}) \quad \text{soggetta a} \quad X \in F, \quad W \geq 0;$$

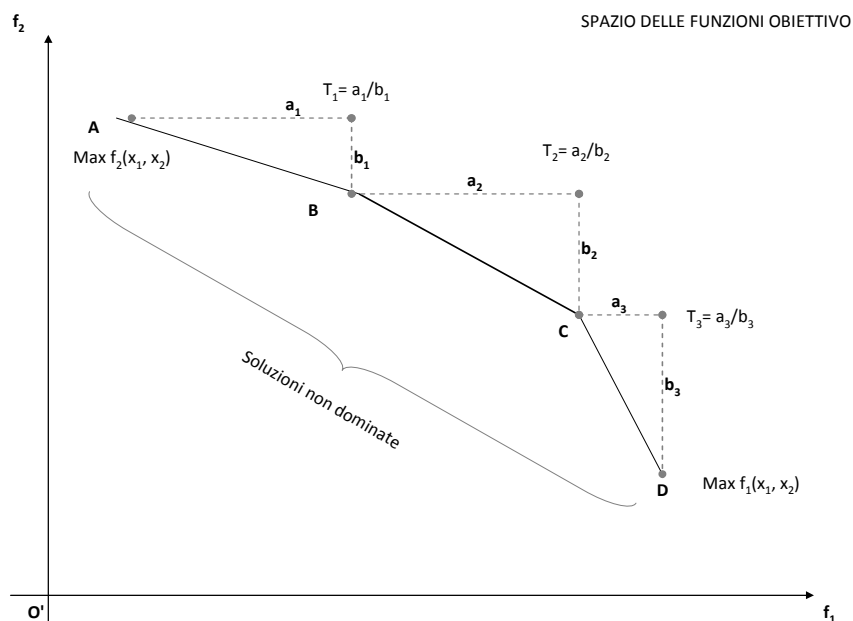
a differenza del precedente, il metodo dei pesi individua solo soluzioni di vertice.

In entrambi i casi, anche ipotizzando diverse forme di aggregazione come riportato da Ehrgott (2005), si tratta ovviamente di approcci compensativi (che operano in un'ottica di sostenibilità debole), in grado di trattare l'incommensurabilità tecnica attraverso l'analisi dei *trade-off*.

⁴² Nel caso di un sistema lineare, a tale condizione corrisponde, ottimizzando con l'algoritmo del semplice, una variabile *slack* pari a zero relativa al vincolo.

Entrambi i metodi soffrono due tipi di limitazioni: innanzitutto il grande numero⁴³ di ottimizzazioni iterate al fine di esplorare ad intervalli sufficientemente piccoli la frontiera efficiente; in aggiunta, la rappresentazione grafica della frontiera è limitata alle tre dimensioni, quindi ad un massimo di tre obiettivi.

Figura 11 – Trade-off differenti lungo la frontiera efficiente



Di conseguenza è consuetudine, per i problemi più complessi analizzare la frontiera e i *trade-off* considerando di volta in volta coppie di obiettivi. Qualora una funzione di obiettivo sia anche un indicatore di ricavo o di reddito espresso in termini monetari, il calcolo del *trade-off* con un altro obiettivo, ambientale o sociale, consente di effettuare una stima del costo-opportunità di una funzione ambientale o sociale prodotta con le risorse limitate rappresentate dalle variabili decisionali, che nell’ambito della presente ricerca sono i soprassuoli associati a diverse forme d’uso reversibile del suolo.

In sintesi la MOP è un importante strumento che deve essere associato a metodi più potenti: la costruzione della matrice dei *pay-off* permette di individuare preliminarmente le conflittualità tra gli obiettivi rilevanti, e rappresenta un *input* fondamentale per la corretta esecuzione della CP. L’analisi dei *trade-off* nell’ambito della sola MOP è di valore limitato, poiché se il calcolo di un

⁴³ P^{q-1} iterazioni, dove “q” è il numero di obiettivi e “p” è il numero di valori assegnati al termine dipendente dei vincoli parametrici per il metodo dei vincoli, o il numero di sistemi di pesi per il metodo dei pesi.

trade-off è inteso come stima del costo opportunità, non è chiaro quale dei diversi valori che si trovano lungo la frontiera efficiente sia quello rappresentativo di un punto di equilibrio.

Al fine di giungere ad una scelta di una soluzione, senza ricorrere ad altri metodi, è possibile ricorrere ad un processo interattivo con il decisore, che consisterebbe nel presentare una soluzione e chiedere la disponibilità ad accettare un *trade-off* calcolato con la soluzione di vertice successiva della frontiera efficiente. Questa procedura risulta quindi alquanto limitata qualora si dovesse affrontare un problema con decisori o *stakeholders* multipli e un numero di obiettivi superiore a due o tre.

Compromise Programming (CP)

Il metodo della CP consente di incorporare le preferenze del decisore come ponderazione dei criteri di valutazione considerati. In virtù di questo fatto, il metodo risponde al problema dell'incommensurabilità tecnica trovando un intervallo di soluzioni efficienti di miglior compromesso, che Zeleny (1974) chiama *compromise set*, i cui estremi sono costituiti dalle soluzioni ottenute risolvendo il problema di CP per le metriche⁴⁴ $p=1$ e $p=\infty$, secondo il teorema di Yu (Yu 1973, Yu 1985). Se ciò è sempre vero per i problemi a due criteri, Freime e Yu (Freimer, Yu 1976) dimostrano che possono esistere soluzioni di compromesso esterne a tale intervallo per problemi con un numero di criteri superiore; tuttavia ciò accade in casi particolari, che difficilmente si verificano nella pratica (Ballester, Romero 1998).

In accordo con l'interpretazione della CP secondo la teoria dell'utilità multi-attributo (Ballester, Romero 1998), alla scelta della metrica, all'interno dell'intervallo $(0;\infty)$, corrisponde una diversa ipotesi sulla forma della curva di utilità del decisore (Figura 12), quindi un diverso punto di tangenza tra la curva di utilità e la frontiera efficiente. In particolare:

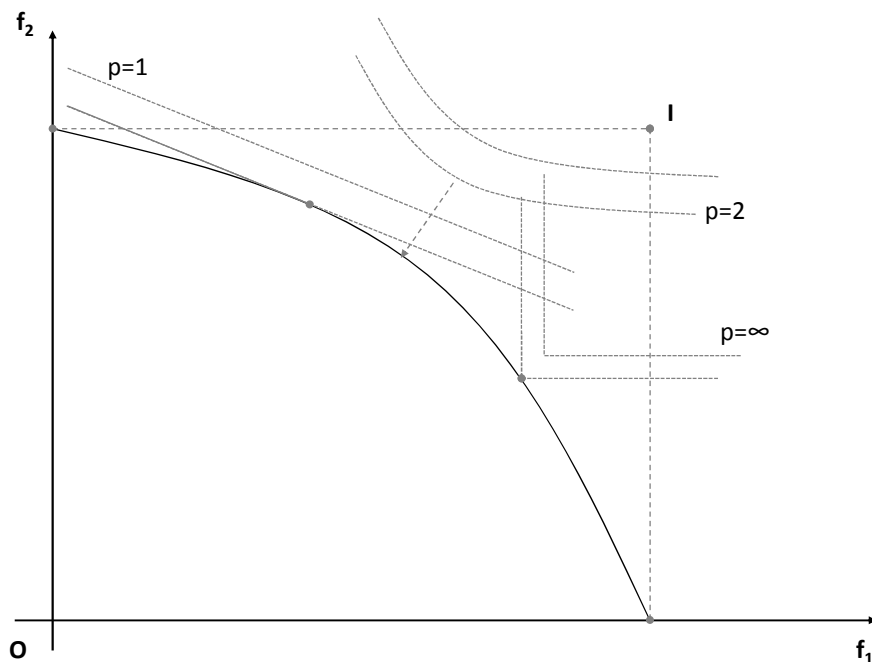
- Alla metrica $p=1$ corrisponde una curva di utilità lineare e additiva, quindi la generazione di una soluzione di compromesso che massimizza la somma ponderata delle funzioni obiettivo, ossia una soluzione di massima *performance aggregata*;
- Alla metrica $p=\infty$ corrisponde una curva di iso-utilità ad "L", data da una funzione Rawlsiana, che minimizza la deviazione della funzione obiettivo più svantaggiata, secondo il principio di giustizia di (Rawls 1973)⁴⁵, quindi una soluzione di massimo *equilibrio*;

⁴⁴ Cfr. par. 1.2.4, notazione [5].

⁴⁵ Il principio di Giustizia di Rawls afferma che il benessere collettivo della collettività dipende dall'utilità della famiglia più povera. Sostituendo il concetto di "funzione di utilità multi-attributo" al concetto di "benessere della

- Per metriche intermedie ($1 < p < \infty$) si ottengono curve di utilità che determinano soluzioni intermedie; a titolo di esempio, per la metrica $p=2$ (distanza euclidea) si ottiene una curva di iso-utilità quadratica.

Figura 12 – Metriche nella CP e forme della curva di iso-utilità



Quale strumento di analisi della sostenibilità, nei confronti dell'incommensurabilità tecnica, la CP risulta in grado di gestire problemi con un numero di obiettivi più elevato rispetto alla MOP, di produrre soluzioni di a prescindere dall'esistenza di traguardi pre-definiti (il ché la distingue dalla GP), giungendo alla determinazione di una soluzione di compromesso mediante l'integrazione delle preferenze del decisore, con un approccio diversamente compensativo a seconda della metrica con cui opera.

In relazione al problema sociale, la CP necessita della stima dei pesi da attribuire a ciascun criterio, che nel caso di decisori o *stakeholders* multipli comporta l'aggregazione di preferenze individuali, o di categoria, in preferenze sociali. Ciò richiede l'utilizzo di metodi *ad hoc*, di tipo statistico oppure ancora afferenti al paradigma delle analisi multicriterio (es. AHP, ELECTRE, o GP). Notiamo però che l'adozione di una determinata metrica, nel caso del decisore multiplo, rappresenta comunque una scelta collegata al problema di incommensurabilità sociale, poiché ad

collettività", e il concetto di "funzione di utilità individuale più svantaggiata" a quello di "famiglia più povera", si ottiene un altro parallelismo tra teoria economica e teoria della decisione multicriterio

essa consegue una differente rappresentazione delle preferenze sociali nei confronti dei criteri di valutazione. Di conseguenza, la metrica da scegliere dovrà essere quella che consente una migliore rappresentazione della curva di utilità collettiva di un dato sistema territoriale. Per l'ambito considerato, è ragionevole pensare ad una curva di utilità Rawlsiana per un territorio il cui sviluppo fa perno sulle peculiarità locali, sulla diversificazione e sulla produzione per mercati di nicchia.

Infine notiamo che l'individuazione di una soluzione di compromesso, può essere assimilata ad un punto di equilibrio, come inteso da Zander (1999) ed esposto al par. 1.2.5. Pertanto è in prossimità di tale punto che il calcolo del trade-off (rispetto ad un'altra soluzione efficiente, di compromesso e di vertice) può assumere significato di stima del costo-opportunità.

Goal Programming (GP)

Rispetto agli altri metodi di AMO, la GP si distingue per il differente approccio di ottimizzazione, quello simoniano (denominato *satisficing* al par. 1.2.4, difficilmente traducibile) in luogo di quello di efficienza paretiana, dovuto al riferimento a traguardi preesistenti, noti al decisore o da esso definiti. L'efficienza paretiana può essere comunque ricercata a posteriori (Romero 1991) della generazione di una soluzione, oppure avendo cura di definire, per i criteri considerati, un insieme di traguardi che costituisca una soluzione non ammissibile (in altre parole di definire traguardi non raggiungibili tutti assieme).

Le forme compensative di GP presentano un'equivalenza con la CP (che diviene totale se si prende come traguardo il punto ideale, cfr. par. 1.2.4) circa la struttura delle curve di utilità che soggiacciono a tali forme:

- la *Weighted Goal Programming* (WGP) poggia sulla massimizzazione di una funzione obiettivo ponderata e aggregata assimilabile ad una curva di utilità additiva e separabile, e produce una soluzione di massima *performance* aggregata in relazione ai traguardi esistenti;
- la MinMaxGP, o *Goal Programming* con approccio Chebyshev, minimizza la massima deviazione dai traguardi, operando quindi con approccio Rawlsiano.
- il metodo *Extended Goal Programming* (EGP) è la generalizzazione dei due metodi precedenti (Romero 2001), che consente una transizione continua tra di essi, quindi la considerazione di curve di utilità di forma intermedia.

Valgono quindi le stesse considerazioni fatte per la CP nell'utilizzo della GP come valutazione di sostenibilità, ma con le seguenti complicazioni dovute al riferimento ai traguardi: qualora essi non

siano già definiti dalla normativa o da un livello di pianificazione sovraordinato, la definizione dei traguardi è essa stessa un esercizio di valutazione di sostenibilità. Inoltre, affinché la GP sia un valido ausilio alla pianificazione sostenibile, dovrebbe sempre essere ricercata l'efficienza paretiana.

Un particolare ruolo delle forme compensative di GP può essere giocato nell'ambito dell'incommensurabilità sociale, potendo tali metodi essere impiegati nell'aggregazione di preferenze individuali (Linares 2002, González-Pachón, Romero 2006), in particolar modo se associato al rilevamento delle preferenze dei portatori d'interesse attraverso le prime fasi dell'AHP (matrice di confronto a coppie e scala dei valori di Saaty). In tal caso la GP può operare sia per derivare i pesi individuali, cioè propri di ciascun oggetto intervistato, dalla matrice di confronto a coppie (tradotta in un sistema di equazioni con variabili di deviazione), sia per aggregare i pesi individuali in pesi collettivi per ciascuna categoria di *stakeholder* e successivamente per giungere a pesi collettivi della collettività locale⁴⁶. In questo tipo di applicazione si nota la possibilità di aggregare i pesi secondo i due diversi approcci: nell'aggregazione dei pesi individuali appare logico procedere secondo l'approccio di massima performance aggregata, in altre parole di minimo disaccordo aggregato, con pesi uguali per tutti gli individui (vale a dire secondo un principio di eguaglianza), mentre per l'aggregazione dei pesi di categoria è ragionevole considerare anche l'approccio equilibrato (che in questo caso assume il significato di tutela delle preferenze minoritarie).

Lexicographic Goal Programming (LGP)

Nell'ambito della GP, la sua forma lessicografica merita un commento a parte, in quanto unico metodo di AMO non compensativo, quindi operante in un'ottica di sostenibilità forte. Di conseguenza il metodo LGP riesce a rappresentare una particolare struttura di preferenze che non è possibile interpretare secondo la teoria dell'utilità e il paradigma neoclassico. Tale struttura di preferenze si verifica allorquando si attribuisca ad un obiettivo un'importanza infinitamente superiore ad un altro, rifiutando così un rapporto di compensazione. Nell'ambito della pianificazione delle aree protette, è possibile riscontrare una possibile applicazione dell'approccio per le sole riserve integrali, in cui la tutela naturalistica è assunto come un obiettivo

⁴⁶ Il procedimento sarà descritto più in dettaglio al Capitolo 3, in quanto applicato nel caso di studio.

assolutamente dominante, pur essendo presenti altri obiettivi secondari che però non devono compromettere il primo.

Il metodo si basa infatti sulla suddivisione degli obiettivi in differenti livelli di priorità (ciascuno con uno o più obiettivi) e sulla minimizzazione di un vettore delle variabili di deviazione (cfr.par. 1.2.4, notazione [6]), detto *funzione di conseguimento* (Romero 1993), in luogo di una funzione aggregata e scalare, secondo la notazione:

$$Lex \ Min \ a = [l(n, p)] = [l_1(n, p), l_2(n, p), \dots, l_k(n, p)]$$

dove a è il vettore dei livelli di priorità, e l_i una funzione delle variabili di deviazione dai traguardi inclusi nel livello di priorità i -esimo⁴⁷. Il riferimento a traguardi predefiniti è di nuovo la caratteristica fondamentale: l'ipotesi di fissare un punto ideale renderebbe il problema analogo ad un problema di Ricerca Operativa, nel caso ogni livello di priorità contenesse un solo obiettivo rispetto al quale minimizzare il vettore lessicografico, in cui prima si massimizza l'obiettivo di massima priorità e successivamente si ottimizzano sequenzialmente gli obiettivi di priorità inferiore ponendo come vincoli i risultati ottenuti per i vincoli superiori (sub-ottimizzazione). Nel caso fossero presenti più obiettivi per ciascun livello il problema risulterebbe in una reiterazione della CP per ogni livello di priorità, in cui i risultati ottenuti per i livelli superiori divengono vincoli per i livelli inferiori.

In qualità di supporto alla decisione secondo un principio di sostenibilità forte è opportuno notare che la definizione dei traguardi lascia comunque spazio ad una forma di compensazione residua, in quanto la scelta di traguardi più raggiungibili per obiettivi di priorità più alta permette di raggiungere risultati più consistenti per gli obiettivi di priorità inferiore.

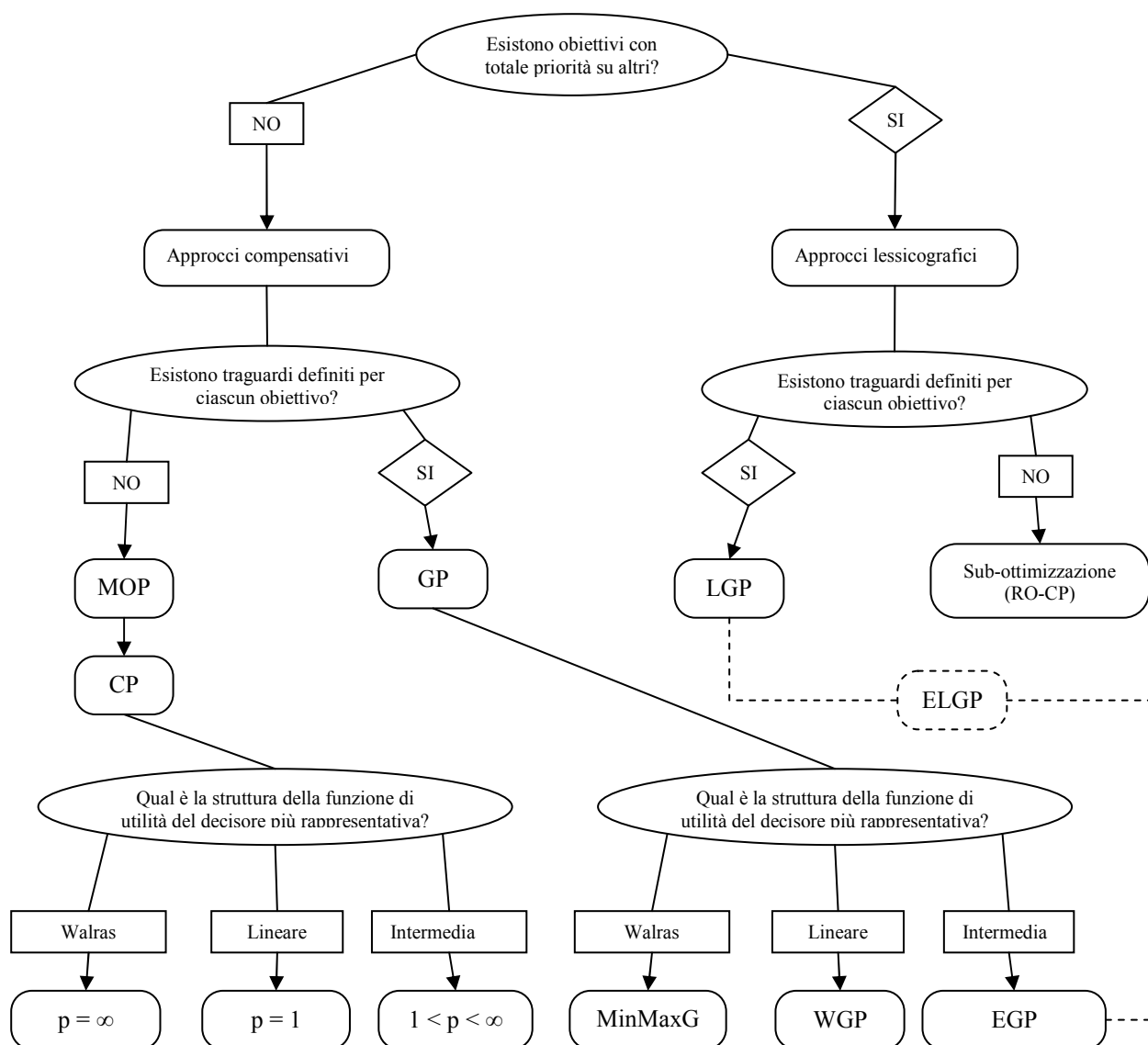
D'altra parte, è opportuno ricordare che anche negli approcci compensativi è possibile limitare la compensatività introducendo nel modello forti vincoli relativi all'uso di risorse determinanti per la produzione degli "output" (gli obiettivi) di cui si vuole rispettare una soglia minima di sostenibilità. Nell'ambito delle valutazioni con approccio multidimensionale, pertanto, è possibile affermare che la distinzione tra un'ottica di sostenibilità debole e un'ottica di sostenibilità forte

Una volta prese in esame le principali metodologie di AMO in relazione alla loro struttura matematica, l'interpretazione economica e le conseguenti capacità di analisi della sostenibilità, è

⁴⁷ Per completezza, ricordiamo che esiste un'ulteriore generalizzazione dei metodi di GP, che prende il nome di *Extended Lexicographic Goal Programming* –ELGP (Romero 2001), di limitato interesse pratico, ma alla quale sono riconducibili sia le forme compensative sia le forme non compensative (senza però che vi sia continuità tra di esse)

possibile tracciare un percorso, schematizzato in Figura 13, che porta all'individuazione del metodo più appropriato alle caratteristiche di un problema reale di pianificazione territoriale. I principali fattori da considerare risultano dunque l'importanza relativa dei differenti obiettivi, legata all'interpretazione del principio di sostenibilità, la presenza (o la possibilità di definizione) di traguardi, quindi le assunzioni circa le caratteristiche della curva di utilità qualora si operi con approccio compensativo.

Figura 13 – Scelta del metodo di AMO in funzione della struttura del problema di sostenibilità



Fonte: ns elaborazione

Nel caso del presente lavoro, la scelta cade sull'utilizzo della CP per la generazione di una soluzione di compromesso, poiché non sono definibili i traguardi e un approccio compensativo non è giustificato: il problema riguarda usi reversibili di una forma di capitale naturale (il suolo ospitante una produzione primaria in senso ecologico) che risulta abbondante nella zona considerata e sottoposto a vincoli di natura normativa (vincolo idrogeologico e vincolo paesistico), per la quale non risultano però fissati delle quantità minime da preservare.

Alla CP quale strumento cardine dell'analisi sono poi affiancati alcuni metodi per rispondere a particolari esigenze: la MOP limitatamente alla generazione della matrice di *pay-off*, AHP e GP per l'aggregazione di preferenze individuali il calcolo di pesi collettivi da integrare nell' modello di ottimizzazione.

2.2. Lo schema analitico

2.2.1. Assunzioni e approcci alla ricerca

Nel processo deduttivo finalizzato all'elaborazione di un modello generale da applicare successivamente al caso di studio trattato al Capitolo 3, sono state poste alcune assunzioni dovute principalmente alle caratteristiche delle metodologie interessate in relazione all'ambito di applicazione e agli obiettivi specifici della presente ricerca. Le assunzioni possono essere così elencate:

- la ricerca fa riferimento ad una teoria della decisione di carattere prescrittivo; pertanto essa non descrive il comportamento reale del decisore (approccio positivo) né il comportamento ideale sotto determinate condizioni (approccio normativo), bensì tenta di orientare la decisione da prendersi in un determinato contesto introducendo elementi di razionalità;
- il modello di programmazione matematica rappresenta la realtà in modo imperfetto, a causa della disponibilità limitata di dati o per evitare complicazioni eccessive che ne pregiudichino l'operatività e la ripetibilità; in particolare il modello opera su ipotesi deterministica, quindi non considera elementi di rischio o incertezza;

- poiché il decisore rappresenta in questo caso una collettività locale, il modello prende in considerazione portatori d'interesse con differenti strutture di preferenza, raggruppati in categorie rappresentative della realtà locale;

L'approccio alla ricerca può definirsi quali-quantitativo, in quanto il lavoro analizza qualitativamente uno strumento metodologico (le Analisi Multi-Obiettivo) analizzando poi gli output quantitativi di una sua applicazione. Le stesse AMO si costituiscono in parte di procedure qualitative (prima tra tutti la selezione degli obiettivi rilevanti) sia procedure quantitative. I risultati dovranno quindi ritenersi validi per lo specifico ambito di applicazione.

2.2.2. *Un modello generale di analisi*

L'adozione del metodo di *Compromise Programming* per il modello di programmazione è data non solo dalla migliore rispondenza alle caratteristiche strutturali del problema decisionale accennate in precedenza (assenza di traguardi e inadeguatezza di un approccio non-compensativo), ma anche dalla sua capacità di collegare la componente tecnica a quella sociale del problema di sostenibilità. Quindi lo sviluppo dello schema generale (Figura 14) di analisi parte dalla considerazione degli *input* da fornire al modello e dagli *output* attesi per il supporto alla decisione e per la ricerca in essere.

Gli input sono costituiti da funzioni-obiettivo, variabili decisionali e vincoli, peso relativo di ciascun obiettivo, ipotesi sulla struttura della curva di utilità multi-attributo della collettività locale. Quanto agli obiettivi, due sono chiaramente indicati dalla normativa di riferimento: massima tutela della funzione naturalistica e massima soddisfazione delle esigenze economiche. Trattasi pertanto di obiettivi di sostenibilità ecologica ed economica. Nel problema specifico degli usi reversibili del suolo, l'obiettivo economico si può tradurre in un indicatore di reddito delle attività del settore primario associate a particolari usi e a particolari tipi di soprassuolo vegetale. Il rispetto *delle esigenze economiche, sociali e culturali, nonché delle particolarità regionali e locali*, sancito dalla Direttiva Habitat, rende insufficiente la considerazione del solo obiettivo economico del settore primario. Tra i possibili obiettivi che possono essere inclusi per una più completa rappresentazione del sistema territoriale è stata scelta la massimizzazione della qualità estetica dal paesaggio, trattandosi di un aspetto del paesaggio direttamente connesso agli usi del suolo,

che nei territori montani assume un valore simbolico e culturale⁴⁸ valorizzato in attività economiche da settori diversi da quello primario attraverso opportune forme di *marketing* territoriale. Così inteso, il paesaggio può intendersi una “funzione obiettivo *proxy*”, di tipo socio-economico, che consente di internalizzare alcuni effetti indiretti della variazione degli usi del suolo. Il modello di programmazione può infine includere obiettivi sociali purché essi siano rilevanti per il territorio considerato ed esprimibili come funzione delle variabili decisionali. Un obiettivo di questo tipo può essere ad esempio espresso da un indicatore di occupazione per ciascuna tipologia d’uso del suolo. Un obiettivo meno tradizionale, rilevante per il sistema territoriale ma non inseribile come funzione delle variabili decisionali è la massimizzazione del capitale sociale, del quale non è dimostrato il collegamento con gli usi del suolo⁴⁹.

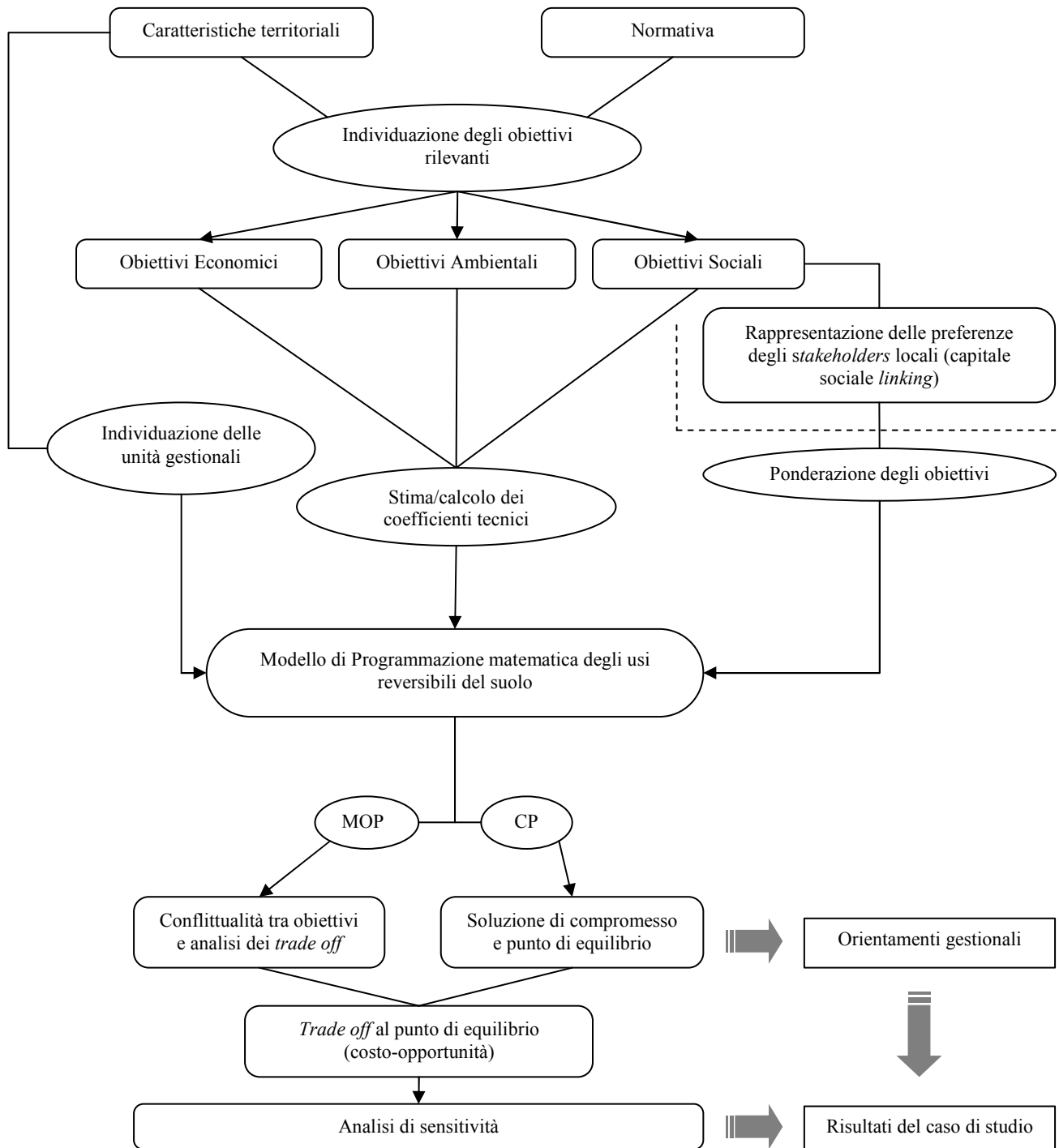
La scelta delle variabili decisionali cade ovviamente su misure di superficie di tipologie territoriali a cui possano essere associati i coefficienti tecnici di ciascun obiettivo⁵⁰. Vista la natura del problema, alle variabili decisionali corrispondono solo le superfici che risultano (dall’analisi del territorio) soggette a dinamiche naturali o antropiche di trasformazione del soprassuolo; esse rappresentano solo la parte dinamica delle superfici del sito, mentre quella statica viene considerata come totalmente vincolata (anche questo aspetto sottolinea l’irrilevanza di un approccio di sostenibilità forte). E’ inoltre opportuno che le variabili decisionali siano definite per differenti *unità gestionali* dell’area protetta, intese come aree oggetto di prescrizioni od orientamenti gestionali omogenei. Ciò è coerente con la natura del Piano di Gestione, che deve localizzare orientamenti e prescrizioni che avranno come destinatari i proprietari dei terreni che ricadono nel sito. In altre parole il modello produrrà una soluzione che rappresenta un compromesso territoriale, ma con indicazioni gestionali localizzate in determinate unità territoriali.

⁴⁸ Secondo l’art 131 del Codice dei beni culturali e del paesaggio (D.Lgs. del 22 gennaio 2004, n.42) “*1. ai fini del presente codice per paesaggio si intende una parte omogenea di territorio i cui caratteri derivano dalla natura , dalla storia umana o dalle reciproche interrelazioni. La tutela e la valorizzazione del paesaggio salvaguardano i valori che esso esprime quali manifestazioni identitarie percepibili. Analogamente già l’OECD (OECD 2001) definiva così il paesaggio agrario: “the visible outcomes from the interaction between agriculture, natural resources and the environment, and encompass amenity, cultural and other social values”.*

⁴⁹ Circa la capacità di produrre capitale sociale è possibile distinguere solo l’uso urbano, sede di concentrazione insediativa e di servizi superiori che facilitano la creazione di relazioni informali (Franceschetti, Pagan et al. 2009, Putnam 2000) da quello non urbano

⁵⁰ Come vedremo nel Capitolo 3, le tipologie territoriali di riferimento saranno i Tipi di habitat definiti all’Allegato I della Direttiva 92/43/CEE in quanto definite con maggior livello di dettaglio ed interpretabili anche da un punto di vista dell’obiettivo paesaggistico e di quello economico..

Figura 14 – Modello generale di analisi della sostenibilità degli usi reversibili dei suoli



Fonte: ns elaborazione

I pesi da assegnare alle singole funzioni obiettivo devono rappresentare le preferenze relative della collettività. Una possibile via per giungere a tale risultato è dato dal rilevamento di preferenze di singoli rappresentanti delle categorie di *stakeholders* tipiche del territorio e

procedere alla loro aggregazione per mezzo di strumenti di analisi delle decisioni di gruppo. Come abbiamo visto, i metodi multicriterio AHP e GP possono essere utilizzati per l'aggregazione di preferenze secondo un approccio razionale che limiti le problematiche date dal teorema dell'impossibilità di Arrow.

E' da notare che una tale procedura comporta un collegamento, per quanto limitato, tra attori locali e centro decisore che può essere interpretato come formazione di capitale sociale di tipo *linking* (Woolcock 1999). La qualità e la quantità di questa e di altre forme di capitale sociale può essere descritta mediante opportuni indicatori (indice di Gini e indicatori di network analysis) descritti da (Franceschetti, Pagan et al. 2009). Pertanto la formazione di capitale sociale rappresenta, seppur in misura limitata, un *output* del processo valutativo anziché un oggetto di valutazione, e il processo di aggregazione di preferenze può essere strutturato in modo tale da migliorare la qualità di detto *output*.

Per quanto riguarda i risultati attesi, la matrice dei *pay-off* consentirà di individuare preliminarmente il grado di conflittualità tra gli obiettivi. Come naturale proseguimento, la CP produrrà una soluzione di compromesso diversa a seconda della metrica. Viste le caratteristiche del territorio, la metrica di riferimento sarà quella corrispondente all'approccio equilibrato ($p=\infty$) per evitare eccessive deviazioni di un singolo obiettivo, mentre altre metriche possono essere utilizzate in sede di analisi di sensitività. In corrispondenza del punto di equilibrio l'analisi dei *trade-off* rappresenterà la miglior stima del costo opportunità dell'obiettivo "naturalistico" e di quello "paesaggistico" nei confronti dell'obiettivo di reddito.

La reiterazione del modello di programmazione, eseguita ponendo differenti valori dei coefficienti tecnici relativi all'obiettivo economico, e il confronto dei risultati ottenuti potrà suggerire il livello di incentivazione eventualmente necessario per aumentare la performance degli altri due obiettivi (ottenendo così un'indicazione relativa alle politiche da adottare).

L'analisi di sensitività, infine, servirà all'individuazione di ipotesi e fattori critici per la determinazione del risultato.

2.3. Conclusioni

L'analisi della normativa e delle problematiche territoriali dei siti Natura 2000 in ambito montano ha permesso di specificare le principali caratteristiche del problema valutativo di

pianificazione sostenibile delle aree soggette a dinamiche di variazione degli usi reversibili del suolo, nell'ambito dell'elaborazione di un Piano di Gestione di una ZPS, in funzione di una sua rappresentazione in un modello di Analisi Multi Obiettivo che possa dare pertinenti orientamenti gestionali. L'obiettivo principale del piano è la tutela naturalistica, che però non viene posto dalla normativa ad un livello di priorità assolutamente superiore rispetto alle esigenze economiche e culturali delle popolazioni locali. A queste esigenze verranno in seguito fatti corrispondere gli obiettivi della redditività economica e del contributo al paesaggio, quest'ultimo in qualità di obiettivo socio culturale connesso agli usi del suolo, nonché come *proxy* degli interessi economici di attori di settori diversi da quello primario.

Nell'ambito della metodologia generale (le AMO), di cui è dimostrata al Capitolo 1 la pertinenza alla problematica generale della pianificazione sostenibile, l'analisi dell'interpretazione economica dei metodi tradizionali di MOP, CP e GP, e degli aspetti di sostenibilità tecnici e sociali da essi investigabili, ha permesso di tracciare un percorso di selezione dei metodi più idonei alla gestione della componente tecnica di un problema reale di pianificazione sostenibile. Quindi è stato possibile elaborare uno schema analitico, valido per l'ambito d'indagine, che chiarisce collocazione e combinazioni dei metodi selezionati la fine di fornire il supporto alla decisione in un caso applicativo e di trarne i relativi risultati di ricerca.

All'interno di questo schema di analisi, il metodo della *Compromise Programming* assume il ruolo centrale per la generazione di una soluzione di compromesso. Tale soluzione considera i pesi dei criteri a cui si giunge attraverso l'aggregazione delle preferenze individuali ottenuta combinando il metodo AHP e le forme compensative di GP. In prossimità della soluzione di compromesso possono essere calcolati i *trade-off* tra obiettivi economici e non economici per la stima del costo opportunità di quest'ultimi. Infine attraverso la variazione di alcuni parametri del modello di programmazione, è possibile eseguire un'analisi di sensitività e/o effettuare simulazioni per ottenere ulteriori informazioni sulle politiche da adottare nel piano (ad esempio la stima di incentivi adeguati per la produzione di servizi ambientali).

3. Un caso applicativo: programmazione delle misure gestionali in un territorio della ZPS “Dolomiti del Cadore e Comelico”

3.1. Descrizione dell’ambito d’indagine

3.1.1. Inquadramento territoriale

Dimostrata la rispondenza teorica e l’idoneità metodologica delle Analisi Multi Obiettivo per il supporto alla decisione nei problemi di sostenibilità delle aree protette, la verifica delle potenzialità dei metodi e l’individuazione dei loro limiti passa attraverso l’analisi di un caso applicativo, come generalmente accade in letteratura (cfr. par. 1.2.5), che permette la contestualizzazione del modello di analisi generale e il suo raffronto con una situazione reale.

Il caso di studio rappresenta un tentativo di applicazione del modello generale per il supporto alla decisione all’interno dell’elaborazione di un Piano di Gestione della Zona di Protezione Speciale “Dolomiti del Cadore e Comelico”, relativamente al “problema delle aree aperte” nell’area Comelico-Sappada.

La ZPS IT3230089 “Dolomiti del Cadore e Comelico”⁵¹ si estende per un area di 70397 ha in una fascia altitudinale compresa tra i 496 e i 3000 metri, con un altitudine media di 1590 m. Alla ZPS, appartenente alla regione biogeografia alpina, si sovrappongono interamente diversi SIC/ZSC: IT3230078 Gruppo del Popera - Dolomiti di Auronzo e di Val Comelico, IT323006 Val Visdende - Monte Peralba - Quaternà, IT3230060 Torbiere di Danta, IT3230085 Comelico - Bosco della Digola – Brentoni – Tudaio, IT3230080 Val Talagona – Gruppo Monte Cridola – Monte Duranno, IT3230031 Val Tovanella Bosconero.

L’area di applicazione si identifica in un area non urbanizzata di 33172 ha, individuata mediante un modello digitale del terreno di un Sistema Informativo Territoriale, interna al territorio della Comunità Montana “Comelico - Sappada”, la quale copre 34360 ha e comprende i seguenti comuni della provincia di Belluno: Comelico Superiore, Danta di Cadore, San Nicolò di Comelico, San Pietro di Cadore, Santo Stefano di Cadore e Sappada.

⁵¹ Designata dalla Regione Veneto con D.P.G.R. n 241 del 18/05/2005 ai sensi della Direttiva 79/409/CEE, della Direttiva 92/43/CEE e del D.P.R. 357/1997.

Ai fini della specificazione del modello (descritta nei paragrafi successivi) sono da rilevare alcuni caratteri territoriali relativi a dinamiche demografiche, economia locale, struttura della proprietà e usi del suolo (Gatto, Toffanin 2005, Fabbri, Di Gangi et al. 2006):

Dal punto di vista demografico, l'area Comelico-Sappada presenta un andamento negativo. Ciò avviene sia in termini di saldo naturale, in linea con quanto si verifica nelle zone circostanti e coerentemente con l'aumento dell'indice di vecchiaia, sia in termini di saldo sociale, che risulta in vece in contrasto con la tendenza positiva del Cadore. Tale fenomeno si può spiegare con le migrazioni del passato decennio, stimulate dalle aspettative create dal settore industriale, in particolare quello dell'occhialeria. Lo spopolamento della zona produce visibili effetti sulle attività economiche e gli usi del suolo.

La situazione economica del settore primario, rapportando i dati ISTAT del 4° e del 5° Censimento Generale dell'Agricoltura, vede una riduzione del 31% del numero di aziende nel decennio 1990-2000, dovuto generalmente alla scomparsa di aziende marginali; a ciò si accompagnano una riduzione del 13% della Superficie Agricola Totale (SAT⁵²) e una riduzione dell'incidenza della Superficie agricola Utilizzata (SAU⁵³) sulla SAT dal 27% (4° censimento) al 20% (5° censimento). Poiché il 99% della SAU è rappresentata in questa zona da pascoli e prati permanenti (i seminativi costituiscono una quota irrilevante), la riduzione della SAU si spiega, in accordo con le tendenze demografiche e quella del numero di imprese del settore primario, in prevalenza con abbandono delle pratiche di sfalcio dei prati ((Merlo 2005)) in quando meno accessibili, mentre le pratiche del pascolo sono più soggette all'estensivizzazione e in misura minore all'abbandono. Ancor più delle attività di allevamento settore forestale gode di buona stabilità, dovuta alla forte prevalenza (Tabella 2), nella struttura delle proprietà forestali, di forme di proprietà collettive, le "Regole"⁵⁴, che hanno consentito la continuità di gestione attiva, colturale ed economica, e di conseguenza una migliore capacità di adeguamento al mercato.

⁵² La SAT comprende tutte le aree investite da aziende agricole, zootecniche e forestali

⁵³ La SAU è data dalle superfici destinate alle coltivazioni agricole, al netto di incolti, improduttivi, tare, boschi e superfici abbandonate. Essa quindi comprende seminativi, prati, pascoli e impianti di arboricoltura da frutto.

⁵⁴ Istituzioni di origine medioevale, autoregolamentate da Laudi o Statuti, che generalmente dispongono l'impossibilità di suddividere o alienare il fondo e di reinvestire parte degli utili in opere di miglioramento fondiario o di utilità sociale. L'area esaminata comprende: Regola di Presenaio, Regola di Valle, Regola di San Pietro, Regola di Campolongo, Regola di Candide, Regola di Casada, Regola di Casamazzagno, Regola di Costa, Regola di Costalissoio, Regola di Costalta, Regola di Tutta Danta, Regola di Mezza Danta, Regola di Dosoledo, Regola di Padola, Regola di San Nicolò, Regola di Santo Stefano. Sono inoltre presenti aree appartenenti alla Magnifica Comunità di Cadore.

Tabella 2 – Superficie per tipo di proprietà nell'area esaminata

Tipo di proprietà	Regole	Magnifica Comunità di Cadore	Proprietà comunali	Demanio idrico	Proprietà privata	Totale
Superficie extraurbana (ha)	17639,1	452,4	6332,6	382,4	8365,8	33172,3
%	53,17	1,36	19,09	1,15	25,22	100

Fonte: ns elaborazione su dati del SIT

Quanto ai settori secondario e terziario, dal 6° Censimento Generale dell'Industria e dei Servizi risulta la prevalenza del settore industriale, in termini di numero di imprese (Tabella 2), da ricondurre in prevalenza al distretto dell'occhialeria, ma che contiene anche il settore della lavorazione del legno. Considerata l'attuale crisi economica che l'industria locale sta vivendo, è chiaro che l'area debba puntare sul settore dei servizi, in particolare sulla sua branca dedicata al turismo e alla valorizzazione ambientale, per la quale è fondamentale la multifunzionalità del settore primario.

Tabella 3 – Settore secondario e terziario nell'area Comelico-Sappada

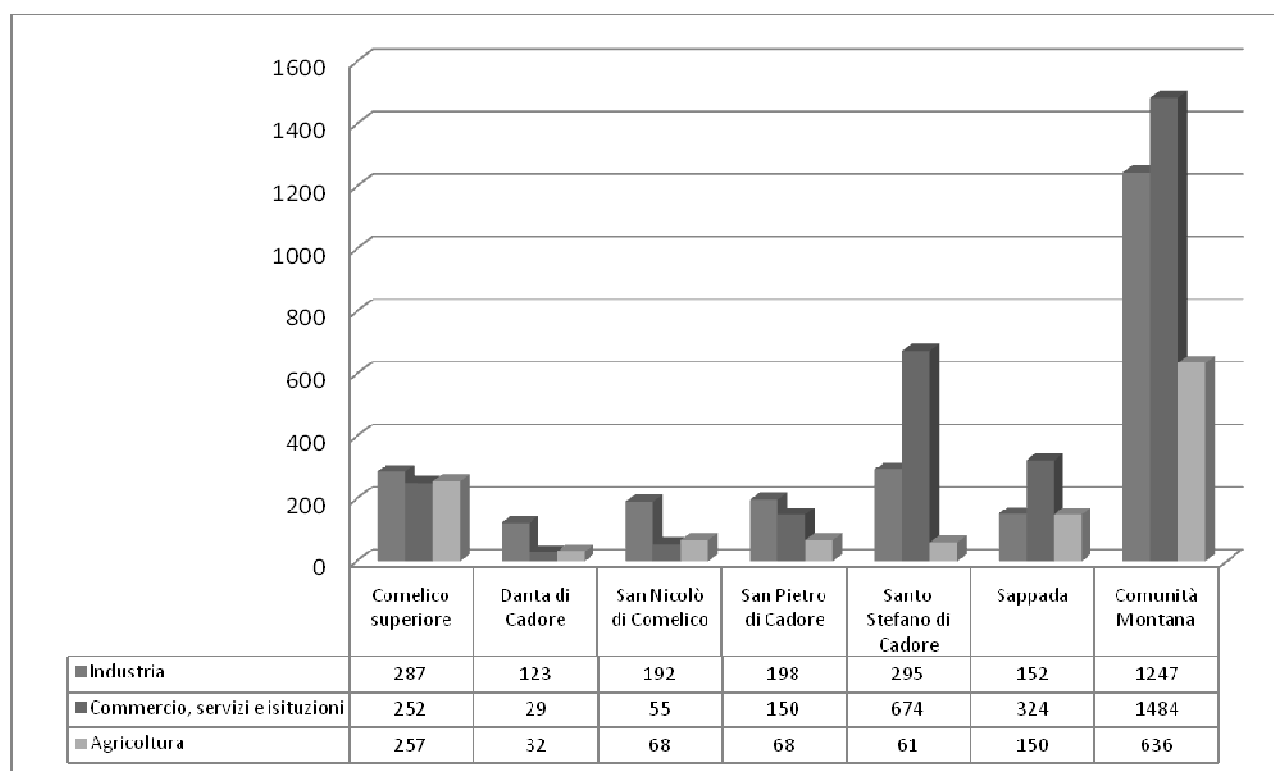
	Imprese			Istituzioni	Totale
	Industria	Commercio	Servizi		
Unità locali	396	204	334	118	1052
%	37,6	19,4	31,8	11,2	100
Addetti	1247	386	629	469	2731
%	45,7	14,1	23	17,2	100

Fonte: 8° censimento dell'industria e dei servizi – ISTAT 2001

A tale proposito un'indagine condotta all'interno delle fonti citate individua nell'ambiente naturale e nel paesaggio gli attributi più apprezzati dai turisti nell'area Comelico-Sappada, mentre tra gli attributi negativi figurano mancanze nel campo del commercio e dei servizi ricreativi, oltre ad un atteggiamento negativo dei residenti nei confronti del turismo. Di conseguenza ambiente naturale e paesaggio sono da considerarsi tra le risorse da tutelare e valorizzare con opportune politiche di mercato dei servizi ambientali e delle tipicità locali.

In relazione alla capacità di creare occupazione, la distribuzione degli occupati tra i diversi settori economici (Figura 15), mostra generalmente un minor peso delle attività agro-silvo-pastorali e maggiori potenzialità nel settore del commercio e dei servizi.

Figura 15 – Numero di occupati per comune e settore economico nell'area Comelico-Sappada



Fonte: Elaborazione di Gatto e Toffanin 2005 su dati ISTAT 2001 e 2000

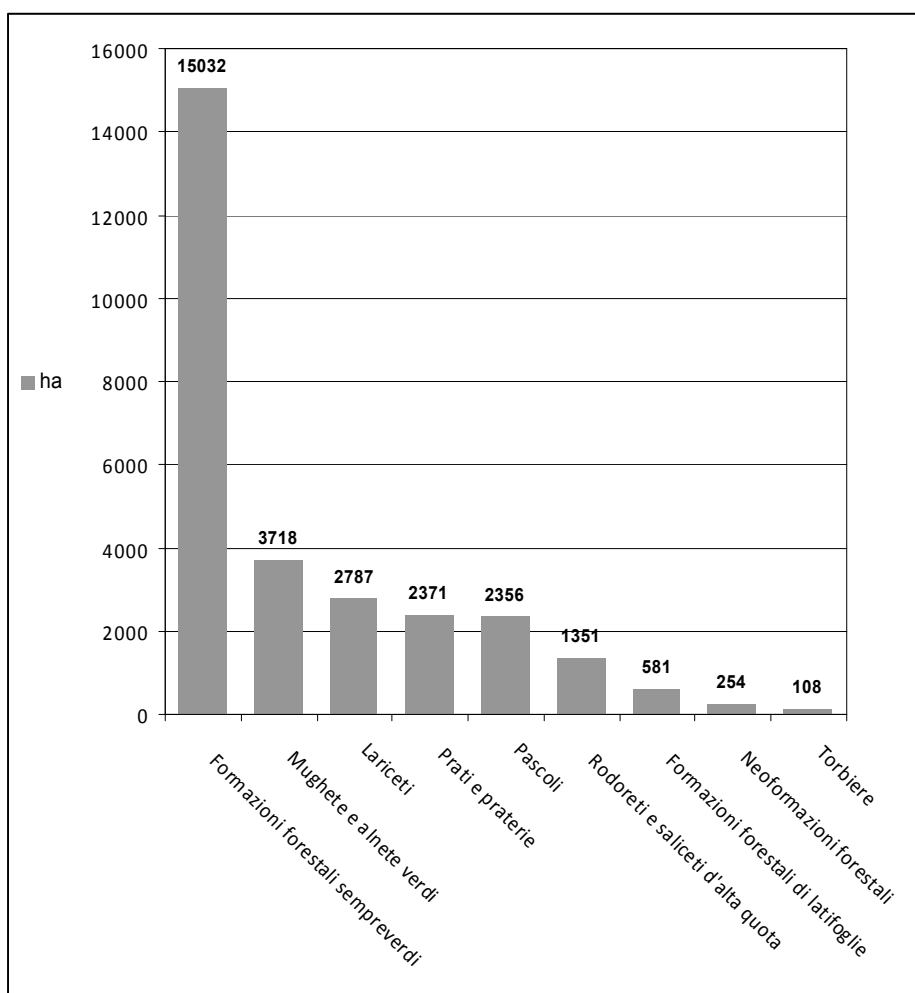
Le considerazioni di carattere economico sociale appena esposte consentono di caratterizzare ed interpretare meglio il problema degli usi reversibili del suolo, che si incentra in questa zona sulle dinamiche antropiche del fenomeno dell'abbandono delle superfici aperte e sulla dinamica naturale della (ri)colonizzazione forestale o della trasformazione dei soprassuoli erbacei.

I fenomeni di abbandono relativi alla SAU sono da attribuire più allo spopolamento che alla marginalità economica, che può essere compensata dai contributi previsti dal Programma di Sviluppo Rurale (PSR) regionale, nella fattispecie dall'indennità Natura 2000 e dalle misure silvoambientali per quanto riguarda la gestione dei prati. Quanto agli impatti, essi sono da ricondursi alle differenti capacità dei diversi usi del suolo di produrre funzioni economiche ed ambientali e ad una possibile inefficienza delle combinazioni di detti usi. Se da un lato è chiaro che ogni forma d'uso del suolo abbia diversa capacità di produrre reddito, dall'altro lato la stessa è connessa alla produzione di servizi ambientali quali la funzione paesaggistica e quella naturalistica. E' quindi possibile attribuire caratteri paesaggistici estetici a ciascun uso (reversibile) del suolo, in base ai tipi di soprassuolo vegetazionale; in questo senso la zona presa in considerazione vede la

prevalenza dei boschi sempreverdi e la presenza di altre forme in misura minore ma determinante per l'articolazione del paesaggio visivo (Figura 16).

Analogamente gli usi del suolo possono essere caratterizzati in senso naturalistico, sebbene in modo non esaustivo, per mezzo dei differenti tipi di habitat Natura 2000 (Tabella 4) che confermano la prevalenza dei boschi di abete rosso, e l'importanza di altri tipi determinata dalla loro scarsità relativa.

**Figura 16 – Superfici dei tipi di soprassuolo
rilevanti per la qualità estetica del paesaggio**



Fonte: ns elaborazione su dati del SIT

Tabella 4 – Superfici per tipo di habitat nell'area analizzata

Habitat Natura 2000 (Allegato I; Dir 92/43/CEE)	ha	% dell'area esaminata
3130 Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei Littorelletea uniflorae e/o degli Isoëto-Nanojuncetea	0,4	0,001
3140 Acque oligomesotrofe calcaree con vegetazione bentica di Chara spp.	0,4	0,001
3160 Laghi e stagni distrofici naturali	0,2	0,001
3220 Fiumi alpini con vegetazione riparia erbacea (facies impoverita a Petasites paradoxus)	3,4	0,010
3230 Fiumi alpini con vegetazione riparia legnosa a Myricaria germanica	16,7	0,050
3240 Fiumi alpini con vegetazione riparia legnosa a Salix elaeagnos	34,4	0,104
4060 Lande alpine e boreali	1754,2	5,288
4070 *Boscaglie di Pinus mugo e Rhododendron hirsutum (mugheta acidofila)	3323,7	10,020
4080 Boscaglie subartiche di Salix spp.	4,7	0,014
6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee	1709,3	5,153
6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine	1597,4	4,816
6230 *Formazioni erbose a Nardus, ricche di specie, su substrato siliceo delle zone montane	38,2	0,115
6410 Praterie con Molinia su terreni calcarei, torbosi o argilloso-limosi	14,0	0,042
6430 Bordure planiziali, montane e alpine di megaforbie igrofile	10,3	0,031
6510 Praterie magre da fieno a bassa altitudine	191,3	0,577
6520 Praterie montane da fieno	458,2	1,381
7110 *Torbiera alte attive	9,5	0,029
7140 Torbiera di transizione e instabili	30,1	0,091
7150 Depressioni su substrati torbosi del Rhynchosporion	1,0	0,003
7220 *Sorgenti pietrificanti con formazione di travertino (Cratoneurion)	0,1	0,000
7230 Torbiera basse alcaline	59,8	0,180
7240 *Formazioni pioniere alpine del Caricion bicoloris-atrofuscae	0,3	0,001
8110 Ghiaioni silicei dei piani montano fino a nivale (Androsacetalia alpinae e Galeopsietalia ladani)	93,0	0,280
8120 Ghiaioni calcarei e scistocalcarei montani e alpini (Thlaspietea rotundifolii)	1241,1	3,741
8210 Pareti rocciose calcaree con vegetazione casmofitica	2696,0	8,127
8220 Pareti rocciose silicee con vegetazione casmofitica	25,1	0,076
8340 Ghiacciai permanenti	22,2	0,067
9110 Faggeti del Luzulo-Fagetum (piceo-faggeto silicatico)	21,5	0,065
91D0 *Torbiera boschive	7,4	0,022
91E0 *Foreste alluvionali di Alnus glutinosa e Fraxinus excelsior	171,1	0,516
91K0 Foreste illiriche di Fagus sylvatica (Aremonio-Fagion)	377,8	1,139
9410 - Foreste acidofile montane e alpine di Picea	14416,9	43,461
9420 Foreste alpine di Larix decidua e/o Pinus cembra	2787,1	8,402
Non Natura 2000	2055,5	6,197
Totale	33172,3	100,000

Fonte: ns elaborazione su dati del SIT

3.1.2. Finalità e assunzioni

Lo scopo dell'applicazione dello schema valutativo generale proposto al Capitolo 2 al territorio descritto è di duplice natura (cfr. par. 2.2.3, fig. 14): da un lato se ne verifica la *funzionalità di supporto alla decisione* attraverso l'individuazione di una soluzione di compromesso efficiente in senso paretiano, che consente un paragone con la situazione reale; dall'altro lato si esamina la *funzionalità di analisi di sostenibilità* dello schema, individuando i fattori relativi alla componente tecnica (*trade-offs*, redditività delle forme di gestione) e alla componente di struttura preferenziale (peso relativo dei criteri e approccio più o meno equilibrato al compromesso) del problema a cui la generazione di una soluzione di compromesso è più sensibile. Si verificherà infine se l'analisi congiunta del duplice *output* sia in grado di produrre indicazioni relative alle politiche territoriali da adottare nei confronti del problema delle aree aperte, quali ad esempio adeguatezza degli incentivi esistenti, e la necessità di eventuali strumenti di mercato e complementari aggiuntivi.

Con questi obiettivi, la costruzione del modello specifico di programmazione (paragrafi successivi) avviene secondo le seguenti assunzioni generali:

- l'applicazione dei modelli di Analisi Multi-Obiettivo avviene con approccio prevalentemente normativo; in relazione alla funzione di supporto decisionale, tale applicazione mira a fornire un orientamento alla decisione descrivendo un comportamento ideale perfettamente razionale sotto determinate condizioni⁵⁵;
- il modello risponde alla necessità di un compromesso tra la rappresentazione accettabile della realtà territoriale e l'operatività del modello stesso (da cui deriva la sua replicabilità); una prima conseguenza consiste nell'ipotesi deterministica che soggiace al modello (e ai *trade-off* da esso stimati), non essendo considerati fattori di rischio ed incertezza; in secondo luogo le funzioni obiettivo avranno struttura lineare additiva;
- la presenza nel territorio di differenti categorie di portatori d'interesse è inclusa nel modello mediante l'aggregazione delle preferenze da essi espresse (e non rivelate con un comportamento reale);

⁵⁵ Altri tipi di approccio sono quell "positivo", che descrive il comportamento attuale dei soggetti economici, e un approccio "prescrittivo" che fornisce supporto alla decisione introducendovi elementi di razionalità nella decisione in risposta alle caratteristiche attuali del problema.

- le ipotesi di trasformazione degli usi reversibili avvengono in base alle informazioni disponibili nel SIT, ma non è possibile escludere la presenza di ulteriori fenomeni in atto.

3.2. Il modello di analisi

3.2.1. Le variabili decisionali e i vincoli

La definizione delle variabili decisionali richiede preliminarmente la suddivisione del territorio in *unità gestionali*, cioè di aree che possano essere oggetto delle prescrizioni locali del Piano di Gestione della ZPS. Vista la struttura della proprietà fondiaria nella zona esaminata, caratterizzata dalla prevalenza quasi totale di forme di proprietà collettive entro le quali si realizza una gestione attiva del territorio, è opportuno designare come unità di gestione le singole regole e, in modo accorpato, le altre forme di proprietà presenti nel territorio che interessano singolarmente superfici meno rilevanti. Grazie ai dati del SIT, si ottiene agevolmente la suddivisione del sito nelle 20 unità gestionali elencate di seguito: Regola di Presenaio, Regola di Valle, Regola di San Pietro, Regola di Campolongo, Regola di Candide, Regola di Casada, Regola di Casamazzagno, Regola di Costa, Regola di Costalissoio, Regola di Costalta, Regole di Danta, Regola di Dosoledo, Regola di Padola, Regola di San Nicolò, Regola di Santo Stefano, Magnifica Comunità di Cadore, proprietà private, proprietà comunali, demanio idrico, terreni promiscui a più Regole.

Le variabili decisionali possono essere così definite: *superfici (esprese in ha) dei tipi di habitat (Natura 2000 e non) che presentano dinamiche di trasformazione del soprassuolo vegetale, naturali e/o di origine antropica, all'interno di ciascuna unità gestionale*. Si tratta dunque di variabili continue, che rappresentano il 3,6% dell'area isolata mediante il SIT, definite in parte dalle aree che manifestano processi di trasformazione in parte dalle ipotesi sul tipo di habitat verso il quale queste aree possono evolvere (a seconda delle possibili azioni da parte dell'uomo, compreso l'abbandono).

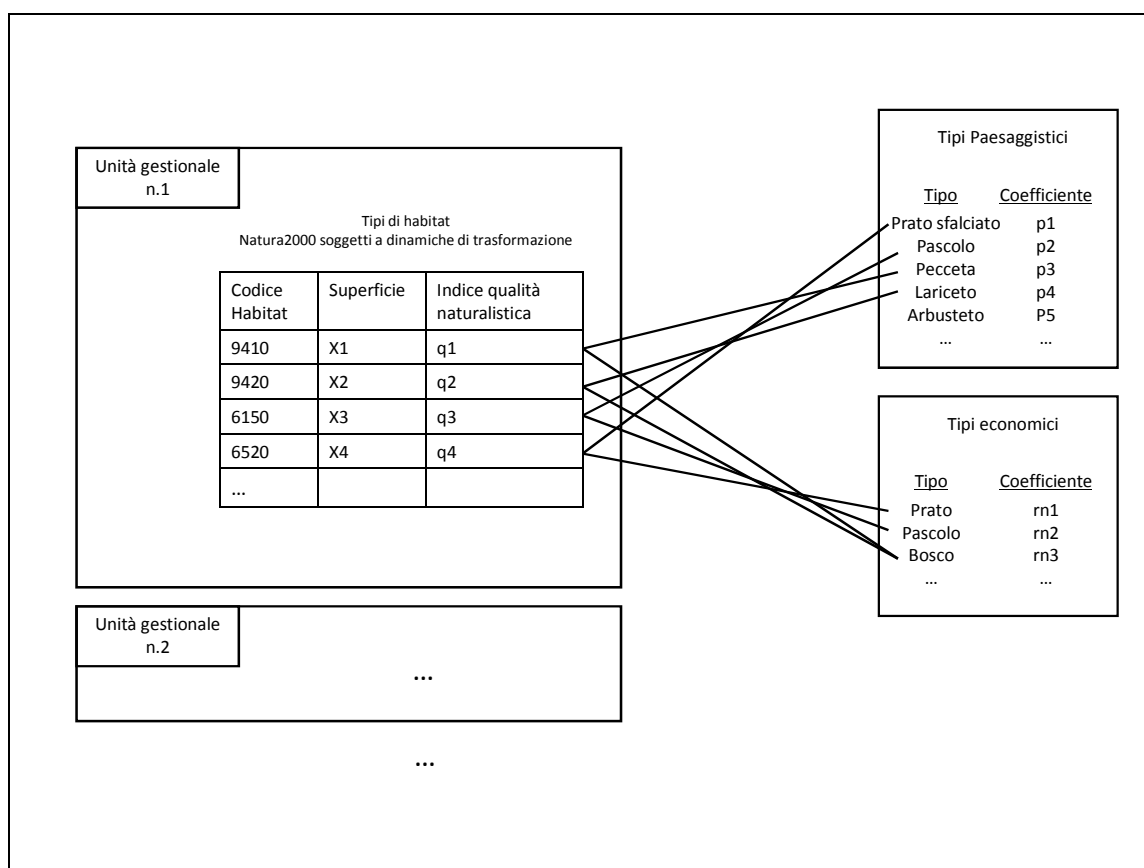
La scelta di identificare le variabili decisionali con il tipo di habitat è dovuta al fatto che tale caratterizzazione dell'uso del suolo è più dettagliata rispetto a quella paesaggistica e a quella economica, rappresentando quindi un "denominatore comune": a ciascun tipo di habitat potranno quindi essere associati coefficienti tecnici anche di tipo economico e paesaggistico (Figura 17).

I vincoli delimitano, all'interno di ciascuna unità gestionale, la superficie massima che può interessare ciascun tipo di trasformazione:

$$x_i + x_{ia} + x_{ib} = S_i$$

dove x_i è la superficie (variabile) del tipo di habitat attualmente presente, x_{ia} e x_{ib} sono le superfici dei tipi di habitat potenziali, alternativi al primo ma non in modo esclusivo, realizzabili secondo determinate ipotesi gestionali (non si è riscontrata la possibilità di definire più di due alternative; in alcuni casi solo una sola alternativa era giustificata); S_i è la superficie misurata per l'habitat attuale assunta come area entro cui si può verificare la trasformazione.

Figura 17 – Tipi di habitat come variabili decisionali



Come si vedrà al par. 3.3.1, questo sistema di variabili e vincoli si costituisce di un vincolo per ogni tipo di trasformazione e per ogni unità gestionale. Di conseguenza si verifica che lo stesso tipo di habitat può essere rappresentato da diverse variabili decisionali; ma poiché ciò avviene su superfici diverse (le unità gestionali), il dato relativo agli habitat può essere facilmente riaggregato.

3.2.2. Gli obiettivi

Gli obiettivi da includere nel modello di programmazione sono individuati a partire dalla normativa sui siti Natura 2000⁵⁶, e allo stesso tempo tali da perseguire la massimizzazione di funzioni degli usi primari (reversibili) del suolo rilevanti per il territorio locale. Da un'altra prospettiva è possibile affermare che sono designati come obiettivi del modello quegli aspetti di economia territoriale che siano connessi agli usi del suolo del settore primario. Gli obiettivi così definiti risultano:

- 1) la massimizzazione del reddito netto dato dagli usi del suolo del settore primario quale obiettivo strettamente finanziario e di breve periodo; in risposta alla Direttiva Habitat, rappresenta parte degli interessi economici locali;
- 2) la massimizzazione della tutela degli habitat quale obiettivo principale imposto dalla normativa, di carattere naturalistico e riferibile al lungo periodo;
- 3) la massimizzazione della qualità estetica del paesaggio, con il duplice valore di obiettivo di carattere sociale, legato all'accezione storico-culturale del paesaggio all'origine di valori simbolici e dell'identità locale, e di obiettivo economico di breve e di lungo periodo, potendo essere detti valori oggetto di marketing territoriale e alla base della domanda ricreativa nelle zone montane; la qualità estetica del paesaggio è inoltre chiaramente collegata, nei territori montani, al soprassuolo vegetale, quindi agli usi reversibili del suolo.

La massimizzazione dell'occupazione, quale rilevante obiettivo sociale, non viene inclusa nel modello, vista la scarsa connessione con le variabili decisionali considerate. La motivazione risiede nella limitata rilevanza del settore primario relativamente all'occupazione esposta al par. 3.1.1, a cui si affianca il limitato effetto sull'occupazione globale dato dalle variazioni dei tipi di habitat presi in considerazione. Detto obiettivo è da massimizzarsi attraverso altre iniziative, in particolare di marketing territoriale, che esulano dal Piano di Gestione della ZPS.

⁵⁶Dir 92/43/CEE, art. 2.

1. *Scopo della presente direttiva è contribuire a salvaguardare la biodiversità mediante la conservazione degli habitat naturali, nonché della flora e della fauna selvatiche nel territorio europeo degli Stati membri al quale si applica il trattato.*

2. *Le misure adottate a norma della presente direttiva sono intese ad assicurare il mantenimento o il ripristino, in uno stato di conservazione soddisfacente, degli habitat naturali e delle specie di fauna e flora selvatiche di interesse comunitario.*

3. *Le misure adottate a norma della presente direttiva tengono conto delle esigenze economiche, sociali e culturali, nonché delle particolarità regionali e locali.*

La formulazione di funzioni obiettivo, con la seguente struttura lineare additiva

$$f(\underline{x}) = \sum_n x \cdot c_i ,$$

(dove x_i sono le variabili decisionali espresse in ettari e c_i i corrispondenti coefficienti tecnici di tipo economico, naturalistico o estetico-paesistico a seconda dell'obiettivo descritto), richiede la stima di coefficienti tecnici a partire da dati reali. La disponibilità di tali dati è stata pertanto un fattore condizionante la scelta dei coefficienti per le tre funzioni obiettivo.

1) *Reddito Netto*. Sono stati adottati come coefficienti i redditi netti presi come indici di bilancio di aziende ordinarie della zona Comelico-Sappada legate a determinati usi del suolo. In particolare si utilizza un reddito netto pari a 180 €/ha per la gestione forestale (per il quale è considerata anche la quota di superficie a bosco non utilizzabile per il prelievo legnoso). Per la gestione delle superfici a pascolo si prende come riferimento un reddito netto pari a 70 €/ha (che considera i contributi della PAC per l'allevamento di vacche da latte). Per le superfici a prato, visto il fenomeno di abbandono, si considera la sola ipotesi di gestione a scopo di conservazione, per la quale sono previsti importanti contributi del PSR; è stato utilizzato un valore di 230 €/ha per i prati soggetti a indennità Natura2000 (che corrispondono ad un habitat Natura 2000 di superficie superiore ad 1 ha). Nel caso di un prato di produzione non soggetto a contributi, il valore di reddito netto risulterebbe di 190 €/ha. Valori così alti rispetto alle altre due forme d'uso del suolo sono da attribuirsi all'entità dei contributi del PSR e alla minore entità delle spese e del capitale immobilizzato e di esercizio. Per le aree abbandonate il reddito netto si considera nullo.

2) *Tutela degli habitat*. La complessità propria della misurazione della biodiversità, unita alla designazione degli habitat Natura 2000 che in Italia è avvenuta su base botanica e floristica, ha obbligato a ricorrere ad un giudizio esperto che assegna a ciascun tipo di habitat un valore in una scala cardinale che varia da 0 a 1 (Tabella 4), considerando in sintesi la scarsità dell'habitat a livello regionale, il grado di minaccia dell'habitat a livello nazionale, le specie floristiche e faunistiche minacciate ospitabili. I valori espressi sono stati riferiti al singolo ettaro di ciascun habitat. Ciò non rappresenta un limite poiché, nel funzionamento del modello di *Compromise Programming*, la funzione obiettivo viene normalizzata sul suo intervallo di variazione.

Tabella 4 – Indici di valutazione esperta della qualità naturalistica locale degli habitat

Tipo Habitat Natura 2000 e sottotipo definito dall'esperto	Punteggio indice
91D0 Torbiere boscoscose	1,00
7110 Torbiere alte attive / 91D0 *Torbiere boscoscose	0,94
7230 Torbiere basse alcaline (acidofila)	0,90
91D0 Torbiere boscoscose / 4060 Lande alpine e boreali (rodoreto acidofilo)	0,81
7230 Torbiere basse alcaline (in ricolonizzazione)	0,80
Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiarie boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	0,65
6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (curvuleto)	0,53
6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine	0,53
6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine (firmeto)	0,53
6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine (firmeto/seslerieto)	0,53
6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine (seslerieto)	0,53
6510 Praterie magre da fieno a bassa altitudine	0,65
6520 Praterie montane da fieno	0,53
6520 Praterie montane da fieno (avenuleto)	0,53
9410 Foreste acidofile montane e alpine di Picea (abieteto dei substrati carbonatici)	0,53
9410 Foreste acidofile montane e alpine di Picea (pecceta silicatica)	0,53
9410 Foreste acidofile montane e alpine di Picea (piceo-abieteto)	0,53
9410 Foreste acidofile montane e alpine di Picea (Vaccinio-Piceetea)	0,53
9420 Foreste alpine di Larix decidua e/o Pinus cembra (lariceto)	0,53
6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine (calamagrostideto)	0,43
4060 Lande alpine e boreali (rodoreto con piano arboreo rado)	0,43
6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (a Agrostis schraderana)	0,43
6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (a Juncus trifidus)	0,43
6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (nardeto)	0,43
6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prateria acidofila generica)	0,43
6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine / 4060 Lande alpine e boreali	0,43
6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (a Festuca paniculata e Nardus stricta)	0,33
6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	0,33
9410 Foreste acidofile montane e alpine di Picea (pecceta secondaria)	0,33
Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	0,20
Non Natura 2000 Arrenatereto (abbandonato e degradato)	0,10
Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-prati o pascoli (potenziale 9410/9420)	0,10
Non Natura 2000 Neoformazione forestale su ex-prati	0,10
Non Natura 2000 Prato abbandonato (brachipodieta o altri stadi non più riconducibili a prati)	0,10
Non Natura 2000 Triseteto (abbandonato e degradato)	0,10
Non Natura 2000 Triseteto fortemente degradato (con nitrofile)	0,10

3) *Paesaggio*. Si è provveduto a stimare i coefficienti tecnici corrispondenti a ciascuna categoria di soprassuolo paesisticamente rilevante, riferiti all'ettaro di superficie. Le categorie considerate sono: peccete e abieteti misti, lariceti, arbusteti alpini, prati naturali e torbiere, pascoli e prati sfalciati. I coefficienti sono stati ottenuti mediante del metodo proposto da Daniel e Boster (Daniel, Boster 1976) e utilizzato da Tempesta (Tempesta, Thiene 2006) per le zone di pianura e collinari. La presente applicazione del metodo alle zone delle Alpi Orientali è da intendersi come un suo impiego strumentale e funzionale alla stima dei coefficienti, mentre il suo valore come strumento di studio del paesaggio alpino rimane quello di un'applicazione pilota, a causa di problematiche descritte in seguito. Il metodo si basa sulla presentazione ad un campione di intervistati di una serie di fotografie⁵⁷ rappresentanti diversi caratteri del paesaggio alpino e loro combinazioni, chiedendo di assegnare un punteggio di gradimento estetico relativo, in una scala da 1 a 5. Calcolata la media del punteggio per ciascuna foto, si procede ad una regressione lineare multipla ponendo il punteggio medio come variabile dipendente e le percentuali di spazio occupato dalle diverse categorie paesistiche (più numerose nella regressione rispetto alle categorie necessarie al modello di programmazione, nell'intento di spiegare meglio il punteggio medio) come variabili indipendenti. Il risultato della regressione, che considera nella sua funzione alcune interazioni risultate rilevanti da un primo screening delle immagini e dei punteggi, porta ai coefficienti riportati in Tabella 5, con evidenti problemi di significatività. Attraverso un procedimento *stepwise* invertito, si ottiene la regressione rappresentata in Tabella 6, in cui scompaiono quasi tutte le variabili indipendenti di interesse per la stima dei coefficienti del modello di programmazione. Tale risultato potrebbe essere interpretato nel prevalente contributo al paesaggio visivo dato dalle interazioni, quindi alla diversificazione delle superfici che compongono il panorama, mentre il segno negativo attribuito alle singole categorie di soprassuolo potrebbe essere inteso come un contributo alla sua omogeneizzazione (ossia alla minor articolazione e maggior uniformità del paesaggio visivo). Poiché il modello di programmazione necessita di considerare il contributo positivo di ciascuna categoria di soprassuolo, e vista la scarsa significatività dei coefficienti generati con la precedente regressione, si è provveduto a ripetere la regressione omettendo l'intercetta, ottenendo i valori positivi riportati in Tabella 7; i rapporti tra i valori così ottenuti risultano in linea con quelli dei valori ottenuti in precedenza.

⁵⁷ Il rilevamento si basa su 52 immagini fotografiche presentate a un campione di circa cento individui.

Tabella 5 – Indici di paesaggio (regressione con intercetta)

Categoria Paesistica del Soprassuolo	Coefficiente	Significatività
Peccete o abieteti misti	-1,205	0,159
Lariceti	-0,852	0,340
Arbusteti alpini (pino mugo o ontano verde)	-1,485	0,096
Prati naturali e torbiere	-1,174	0,191
Pascoli attivi e prati sfalciati	-1,778	0,047
Cielo	-1,084	0,303
Elementi puntiformi (piante o manufatti rustici)	-3,8	0,286
Rocce	-0,785	0,493
Costruzioni	-4,511	0
Interazione bosco/prato	0,476	0,015
Interazione rocce/cielo	0,637	0,001
Costante (intercetta)	4,113	0

Tabella 6 – Risultati della regressione *stepwise* invertita

Categoria Paesistica del Soprassuolo	Coefficiente	Significatività
Pascoli attivi e prati sfalciati	-0,699	0,017
Costruzioni	-3,398	0
Interazione bosco/prato	0,384	0,006
Interazione rocce/cielo	0,689	0
Costante (intercetta)	4,113	0

Tabella 7 – Indici di paesaggio (regressione senza intercetta)

Categoria paesistica del soprassuolo	Coefficiente
Peccete o abieteti misti	2,941
Lariceti	3,234
Arbusteti alpini (pino mugo o ontano verde)	2,647
Prati naturali e torbiere	2,914
Pascoli attivi e prati sfalciati	2,346
Altre categorie	Coefficiente
Cielo	3,522
Elementi puntiformi (piante o manufatti rustici)	1,790
Rocce	3,562
Costruzioni	-0,463
Interazione bosco/prato	0,364
Interazione rocce/cielo	0,489

3.2.3. Ponderazione degli obiettivi come esercizio di stima delle preferenze sociali

L'importanza di ciascun obiettivo nei confronti degli altri, ossia la sua importanza relativa, in un contesto territoriale deve riflettere le preferenze sociali locali, che a loro volta rappresentano un'aggregazione delle preferenze dei singoli portatori d'interesse presenti nell'area.

Poiché tale importanza relativa viene rappresentata mediante una ponderazione all'interno del modello di programmazione matematica, è necessario stimare i pesi da associare alle funzioni obiettivo in qualità di "pesi sociali" che rappresentino l'aggregazione in senso cardinale delle preferenze delle categorie sociali interessate, direttamente o indirettamente, dagli effetti del piano di gestione. Per conseguire lo scopo è stata utilizzata la tecnica *Extended Goal Programming* (EGP) (Romero 2001) quale metodologia di costruzione di "consenso basato sulla distanza" (González-Pachón, Romero 2006). Tale metodologia, analogamente utilizzata da Linares (2002), viene qui impiegata per generare diverse combinazioni di pesi corrispondenti a differenti approcci di aggregazione (cfr. par. 2.1.2), con lo scopo di esaminarne in seguito la rilevanza nella generazione della soluzione di compromesso (par 3.3).

Il procedimento parte dalla somministrazione di un questionario a persone rappresentanti delle categorie sociali (o gruppi di *stakeholders*) distinte in base all'attività economica e agli interessi che portano nei confronti degli obiettivi di gestione territorio; in questo senso si definiscono le categorie di portatori d'interesse che operano all'interno di:

- Aziende agricole (nel Comelico-Sappada prevalentemente malghe, aziende lattiero-casearie e proprietari di terreni a prato);
- Proprietà forestale (soprattutto Regole);
- Amministrazioni pubbliche;
- Terziario e artigianato (con particolare riferimento agli operatori legati al turismo, in quanto interessati indirettamente agli obiettivi di gestione);
- Associazioni per l'ambiente e/o la cultura locale;
- Associazioni sportive o ricreative.

Il questionario è strutturato sulla matrice di confronto a coppie secondo il metodo AHP (Saaty 1980); pertanto chiede agli intervistati di esprimere il grado di importanza di un obiettivo rispetto ad un altro, comparandoli due a due, secondo la scala di Saaty che va da 1 (medesima importanza dei due obiettivi) a 9 (prevalenza assoluta e dimostrata di un obiettivo rispetto all'altro). In questa fase preliminare è incluso anche l'obiettivo relativo alla creazione di occupazione per testare ulteriormente il livello di coerenza dell'intervistato e per renderne più difficoltosi eventuali comportamenti strategici.

Per ciascun intervistato si costruisce la matrice di confronto a coppie e si calcola l'*Indice di Coerenza* (IC). Non essendo stata possibile la reiterazione delle interviste⁵⁸, si è deciso di scartare i dati relativi agli intervistati che manifestassero un IC superiore a 0,25 (la soglia che si è riproposta con maggior frequenza)⁵⁹. Con ciascuna matrice che superi il test di coerenza, si procede alla stima dei *pesi individuali* attribuiti a ciascun obiettivo attraverso il calcolo dell'autovettore di Saaty o il seguente modello di GP (nel caso di tre obiettivi):

$$\begin{aligned} & \text{Min} \sum (n_i + p_i) \quad \text{soggetto a} \\ & t_2 - a_{12} \cdot t_1 + n_1 - p_1 = 0 ; \\ & t_3 - a_{13} \cdot t_1 + n_2 - p_2 = 0 ; \\ & t_3 - a_{23} \cdot t_2 + n_3 - p_3 = 0 ; \\ & t_1 + t_2 + t_3 = 1 ; \quad t_1 > 0; \quad t_2 > 0; \quad t_3 > 0. \end{aligned}$$

⁵⁸ La prassi nell'AHP è in realtà quella di chiedere agli intervistati che manifestino un IC superiore a 0,1 di riformulare i propri giudizi fino all'ottenimento di un IC di valore pari o inferiore a tale soglia.

⁵⁹ Dei 35 intervistati, 24 hanno superato il test con la soglia di IC fissata a 0,25.

dove $t_{1,2,3}$ sono i pesi individuali da stimare, $a_{12,13,23}$ sono i giudizi riportati nella matrice del confronto a coppie, n_i e p_i le deviazioni da minimizzare. Per un confronto, si è provveduto a calcolare i pesi considerando anche l'obiettivo "occupazione": ne è emersa una forte importanza attribuita a questo obiettivo dagli intervistati, ma che non altera il *ranking* degli altri tre obiettivi, confermando anche da questo punto di vista la possibilità di ometterlo dalla valutazione, in quanto non si configura il problema delle alternative non rilevanti.

Dai pesi ricavati per ciascun individuo di una categoria, si ricavano i *pesi di categoria* attraverso il seguente modello di WGP ponendo uguale importanza a ciascun individuo (secondo il principio di parità tra individui):

$$\text{Min} \sum_{i=1}^q \sum_{k=1}^{N_j} (n_{ik} + p_{ik}) \quad \text{soggetto a}$$

$$W_i^j + n_{ik} - p_{ik} = t_i^{kj} \quad i \in \{1, \dots, q\}, \quad k \in \{1, \dots, N_j\}$$

essendo q il numero di obiettivi, N_j il numero di individui della categoria j , W_i^j il peso dell'obiettivo i attribuito dalla categoria j , n_{ik} e p_{ik} le variabili di deviazione da minimizzare. Si ottengono così i pesi di categoria riportati in Tabella 8.

Tabella 8 – Importanza relativa degli obiettivi per categoria sociale (pesi di categoria)

	Reddito Netto	Habitat	Paesaggio
Aziende agricole	0,066	0,467	0,467
Proprietà forestale	0,083	0,462	0,455
Pubblica amministrazione	0,142	0,429	0,429
Terziario, commercio e artigianato	0,111	0,46	0,429
Associazioni per l'ambiente e/o la cultura locale	0,218	0,37	0,412
Associazioni sportive o ricreative	0,333	0,2	0,467

Questi pesi rappresentano la base su cui effettuare l'ultima aggregazione al fine di ottenere i *pesi sociali* da introdurre nel modello di programmazione generale. Poiché tale aggregazione può avvenire secondo l'approccio di minimo disaccordo aggregato o secondo l'approccio di tutela delle opinioni minoritarie. Per calcolare agevolmente i pesi sociali mediante i due approcci o con un approccio intermedio, è possibile ricorrere al seguente modello di EGP:

$$\text{Min } (1 - L) \cdot D + L \cdot \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^m (n_{ij} + p_{ij}) \quad \text{soggetto a}$$

$$\sum_{i=1}^q (n_{i1} + p_{i1}) \leq D ;$$

...

$$\sum_{i=1}^q (n_{im} + p_{im}) \leq D ;$$

$$W_i^S + n_{ij} - p_{ij} = W_i^j \quad i \in \{1, \dots, q\}, \quad j \in \{1, \dots, m\}$$

in cui W_i^S è il peso sociale dell'obiettivo i -esimo, q il numero di obiettivi, m il numero di categorie sociali, n e p le variabili di deviazione, D la deviazione massima intesa come il disaccordo della categoria sociale le cui opinioni differiscono maggiormente dalla soluzione generata. “ L ” è il parametro con cui si decide l'approccio di aggregazione: per $L = 1$ si ottiene il minimo disaccordo aggregato, per $L = 0$ la tutela dell'opinione minoritaria. Ponendo anche $L = 0,5$ in qualità di approccio intermedio, si ottengono le combinazioni riportate in Tabella 9. Sono state inoltre aggiunte due righe in cui si riportano due soluzioni tecniche (cioè definite a priori dall'analista) : “l'ipotesi di sostenibilità 1” corrispondente all'attribuzione di pesi uguali per tutti gli obiettivi e “l'ipotesi di sostenibilità 2” in cui si attribuisce il 50% dell'importanza complessiva all'obiettivo di lungo periodo (la tutela degli habitat) e il restante 50% viene diviso in parti uguali tra i due rimanenti obiettivi (intesi come obiettivi di breve periodo). Per ciascuna combinazione di pesi si riporta a lato la massima deviazione normalizzata (varia da 0 a 1) e la categoria sociale che la subisce.

Tabella 9 – Importanza relativa aggregata degli obiettivi (pesi sociali)

	Reddito Netto	Habitat	Paesaggio	Massima deviazione	
WGP (L=1)	0,142	0,429	0,429	0,448	Associazioni sportive
Intermedio (L=0,5)	0,142	0,403	0,455	0,396	Associazioni sportive
MinMaxGP (L=0)	0,202	0,341	0,457	0,272	Aziende agricole e associazioni sportive
Ipotesi sostenibilità 1	0,333	0,333	0,333	0,535	Aziende agricole
Ipotesi sostenibilità 2	0,25	0,5	0,25	0,59	Associazioni sportive

Interpretando il reddito netto come obiettivo di breve periodo, la tutela degli habitat come obiettivo di lungo periodo e il contributo estetico alla qualità del paesaggio come obiettivo rilevante sia nel breve sia nel lungo periodo, i pesi così prodotti mostrano una generale coscienza dell'importanza dei valori collettivi e delle generazioni future, a supporto dell'ipotesi co-evoluzionistica citata nel Capitolo 1. Si nota che l'obiettivo paesaggistico risulta mediamente più importante di quello strettamente naturalistico, verosimilmente per la percezione più immediata e quotidiana del primo, nonché per la tendenza generalmente espressa dagli intervistati a sentirsi parte attiva nella modellazione paesaggio, il quale è infatti un concetto antropocentrico nelle sue definizioni classiche.

Come nota aggiuntiva riprendiamo l'evidenza espressa al par. 2.2.2, relativa alla creazione di capitale sociale. Tale obiettivo di carattere sociale, sebbene non possa essere inserito come obiettivo nel modello di programmazione matematica poiché non ne sono descrivibili (per lo meno all'attuale livello conoscitivo) le relazioni con attività economiche o con gli usi del suolo, rappresenta un *output* dei processi di partecipazione, quindi anche dei procedimenti di aggregazione delle preferenze e delle tecniche di Group Decision Making. Detti procedimenti stabiliscono relazioni più o meno informali tra *stakeholders* locali e il centro decisore, producendo così capitale sociale di tipo *linking* (Woolcock 1999). Tale forma di capitale sociale può essere analizzata quantitativamente da alcuni indicatori tra i quali l'indice di Gini e gli indicatori di centralità tipici della *network analysis* (Franceschetti, Pagan et al. 2009), che possono essere di supporto per applicazioni partecipative di più grande portata.

3.2.4. *Compromise Programming: differenti equilibri.*

Definiti obiettivi, variabili decisionali, vincoli e coefficienti tecnici, si configura un modello di programmazione matematica secondo la tecnica di *Compromise Programming*, avente la seguente struttura analitica⁶⁰:

⁶⁰ In cui: m è la metrica (da scegliersi tra 1 e ∞); f_H, f_{RN}, f_P sono le funzioni obiettivo e W_H, W_{RN}, W_P , i pesi attribuiti alle funzioni obiettivo; \underline{x} è il vettore delle variabili decisionali, in cui x_{ji} sono le superfici del tipo di habitat i -esimo all'interno della j -esima unità gestionale; t il numero di tipi di habitat, g il numero delle unità gestionali; S_{ji} la superficie del tipo x_{ji} attualmente presente e x_{jia}, x_{jib} le sue possibili alternative.

$$\text{Min } L_m = \left[W_H^m \left| \frac{f_H^* - f_H(\underline{x})}{f_H^* - f_{*H}} \right|^m + W_{RN}^m \left| \frac{f_{RN}^* - f_{RN}(\underline{x})}{f_{RN}^* - f_{*RN}} \right|^m + W_P^m \left| \frac{f_P^* - f_P(\underline{x})}{f_P^* - f_{*P}} \right|^m \right]^{1/m};$$

$$f_H(\underline{x}) = \sum_g \sum_t h_t x_{ji}; \quad f_{RN}(\underline{x}) = \sum_g \sum_t r_t x_{ji}; \quad f_P(\underline{x}) = \sum_g \sum_t p_t x_{ji};$$

soggetto a

$$x_{ji} + x_{jia} + x_{jib} = S_{ji} \quad \text{e} \quad x_{ji} \geq 0 \quad \forall i \in \{1, \dots, t\}; \quad \forall j \in \{1, \dots, g\}.$$

Tale struttura, che soggiace alle tavole riportate in Appendice relative alla soluzione scelta, si riferisce all'output potenziale delle superfici esaminate; essa parte cioè dall'ipotesi di disponibilità di forza lavoro e di domanda dei prodotti del settore primario sufficienti all'utilizzo di tutte dette superfici (ipotesi non così lontana se si pensa che queste superfici sono soggette a dinamiche di trasformazione prevalentemente in seguito ad un abbandono recente).

Per una migliore comprensione, in sede di analisi dei risultati, le funzioni obiettivo relative a paesaggio e alla tutela degli habitat vengono divise per l'area totale della zona rappresentata dal SIT, fornendo valori nella stessa scala di origine, ossia in scala da 1 a 5 per l'obiettivo paesaggistico e in scala da 0 a 1 per l'obiettivo naturalistico. Tali valori verranno inoltre tradotti in percentuale in base all'intervallo di variazione (il valore minimo di ciascuna funzione obiettivo, il punto anti-ideale della matrice dei *pay-off*, corrisponderà allo 0%, mentre il valore massimo, o punto ideale, corrisponderà al 100%).

Il modello così costruito sarà reiterato secondo differenti ipotesi per ottenere, mediante l'analisi di risultati, le implicazioni di carattere teorico (potenzialità di analisi della sostenibilità) e quelle di carattere operativo (supporto alla decisione): variando i pesi e la metrica si ottiene di indagare sulla rilevanza delle componenti di struttura di preferenza del problema decisionale; l'insieme di soluzioni di compromesso così ottenute consentirà poi di scegliere la più appropriata e di stimare i valori di trade-off sulla frontiera efficiente nell'intorno di tale soluzione; si potranno inoltre eseguire altre iterazioni facendo diverse ipotesi sul livello di incentivazione pubblica.

3.3. Analisi dei risultati

3.3.1. Considerazioni preliminari

Il primo passo per l'analisi del problema consiste nella massimizzazione separata dei singoli obiettivi (in altre parole della soluzione di tre problemi equivalenti di ricerca operativa) per costruire la matrice dei pay-off (Tabella 10) che evidenzia il grado di conflittualità tra gli obiettivi. I valori degli obiettivi (riportati in tabella anche in valore percentuale rispetto all'intervallo di variazione) rivelano una conflittualità triplice, di grado maggiore per la coppia Reddito-Paesaggio (-234 € per ogni punto percentuale di paesaggio, o -1,01 punti percentuali di obiettivo reddito per ogni punto percentuale di obiettivo paesaggio), e di grado minore per la coppia Reddito-Habitat (-195 € per punto percentuale e -0,84 come rapporto tra percentuali). La coppia Habitat-Paesaggio presenta un grado di conflittualità vicino a quello massimo (rapporto tra percentuali pari all'unità).

Confrontando il dato relativo al massimo reddito netto realizzabile con il reddito netto allo stato attuale, si stima che la non efficienza del sistema, data dall'abbandono gestionale delle superfici, rappresenti un costo che può raggiungere 182.228 € per la superficie presa in esame.

Tabella 10 – Matrice dei *pay-off*

		Obiettivi		
		Habitat	Reddito Netto	Paesaggio
Stato attuale		0,356	46491,34	2,665
Matrice pay-off	Max Habitat	0,5441 (100%)	209383,41 (16,5%)	2,926 (0%)
	Max Reddito netto	0,5301 (0,7%)	228719,04 (100%)	2,927 (1%)
	Max Paesaggio	0,5300 (0%)	205567,12 (0%)	2,995 (100%)

Poiché il modello restituisce i valori delle variabili decisionali per ogni soluzione, è possibile in questa fase preliminare, evidenziare quali sono le combinazioni dei soprassuoli potenziali, corrispondenti alla massimizzazione separata di ciascun obiettivo. Le categorie di soprassuolo, riportate in Tabella 11, si ottengono aggregando le variabili decisionali che corrispondono alla medesima forma di gestione, riportando inoltre un dato derivato da un'ulteriore aggregazione dei

tipi non-Natura 2000. Proprio questa categoria segna il valore maggiore di superficie corrispondente alla soluzione di massima tutela naturalistica, in virtù del valore naturalistico degli ambienti di ecotono. La massimizzazione della qualità estetica del paesaggio favorisce le componenti arboree (in particolare il larice dove possibile). Le superfici a pascolo, per le quali rimandiamo a un commento nei successivi paragrafi, scompaiono in tutte le soluzioni, viste il minor valore dei coefficienti tecnici relativi a tutti e tre gli obiettivi.

Tabella 11 – Matrice dei pay-off e tipi di soprassuolo

		Tipi di soprassuolo (ha)									Totale non Natura2000
		Neoform.	Peccete e abieteti 9410	Lariceti 9420	Prati sfalciati 6520/6510	Pascoli 6150/6170	Rodoreti 4060	Torbiere	Ambienti di ecotono	Prati abbandonati	
Stato attuale		251,64	0,00	0,00	0,00	429,03	71,80	14,13	71,81	241,82	565,27
Matrice pay-off	Max Habitat	0,00	245,86	61,36	735,04	0,00	0,00	14,53	71,81	0,40	72,20
	Max Reddito netto	0,00	221,55	62,38	844,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max Paesaggio	0,00	647,25	239,34	242,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

3.3.2. Implicazioni teoriche

A partire dalla matrice dei *pay-off* il modello di Compromise Programming è stato reiterato più volte variando i parametri relativi alla componente di struttura preferenziale del problema, per testarne la sensitività. Ciò consente di comprendere la rilevanza dell'aspetto di incommensurabilità sociale all'interno del problema di sostenibilità. Si ottengono così le soluzioni rappresentate in Tabella 12 (che riporta sia il risultato raggiunto per ciascun obiettivo, sia la relativa combinazione d'usi del suolo). I parametri considerati sono i pesi attribuiti ai differenti obiettivi, secondo i tre risultati e le due ipotesi aggiuntive ottenuti in Tabella 9 (cfr. par. 3.2.3).

Da tale analisi, risulta in generale una sensitività scarsa del modello ad entrambi i parametri se si considerano i valori raggiunti dalle funzioni obiettivo in senso assoluto. La sensitività è addirittura nulla nei confronti delle tre combinazioni di pesi corrispondenti ai diversi approcci di aggregazione delle preferenze (massimo consenso aggregato, approccio intermedio e massimo equilibrio), qualora esso sia risolto con la metrica⁶¹ $h=1$. Appaiono invece delle variazioni risolvendo per le altre due metriche, con differenze più marcate nei valori degli obiettivi per la metrica $h=2$, ma una maggiore articolazione degli usi del suolo per la metrica $h=\infty$. A parità di

⁶¹ Cfr. par. 2.1.2.

combinazioni di pesi, la scelta della metrica influisce, com'era atteso, un effetto sui rapporti tra i valori raggiunti dagli obiettivi; e sulla sensibilità alle combinazioni dei pesi.

Riassumendo, sia la scelta del metodo di aggregazione dei pesi sia la scelta della metrica non influiscono in modo consistente sui valori degli obiettivi, mentre producono effetti più avvertibili relativamente alle combinazioni d'uso dei suoli. Poiché le variazioni relative agli usi del suolo sono nell'ordine delle decine di ettari per ciascuna tipologia, ciò suggerisce un maggior rilevanza della componente tecnica del problema rispetto a quella preferenziale.

La componente tecnica appare più rilevante per la capacità dei coefficienti tecnici di influire sulla soluzione. A tale proposito si osserva che, in un contesto di aree marginali soggette fenomeni di abbandono e trasformazione, le superfici a pascolo risultano nulle in tutte le soluzioni a causa delle inferiori performance in tutti gli obiettivi rispetto ai prati e agli usi forestali. Questo fenomeno, assieme al limitato intervallo di variazione in termini assoluti dell'obiettivo naturalistico e di quello paesaggistico, evidenziano un limite del modello dato dall'incerta qualità della stima dei coefficienti tecnici, il cui calcolo più accurato rappresenta un primo ambito di possibile ricerca futura. Non è da escludere che una migliore stima dei coefficienti tecnici possa contribuire anche ad una migliore sensibilità del modello alla componente di struttura preferenziale del problema di sostenibilità.

Sempre relativamente alla componente tecnica, il modello generale di analisi manifesta la capacità di analizzare i valori di trade-off nella frontiera efficiente nell'intorno del punto di equilibrio. Partendo dalla scelta di una soluzione di compromesso (in questo caso quella evidenziata in grigio nelle tabelle 12 e 13, motivata al successivo paragrafo relativo alle implicazioni operative), attraverso ripetute ottimizzazioni di un singolo obiettivo, ottenute variando gli altri obiettivi in modo parametrico (applicando quindi il procedimento proprio della tecnica MOP), si ottengono i valori di trade-off proposti in Tabella 13, che in questo modo assumono un più valido significato⁶² in termini di costo-opportunità. I valori di trade-off per ciascuna coppia di obiettivi sono stati calcolati ottimizzando un singolo obiettivo (quello economico nelle prime due coppie in Tabella 13), variando parametricamente il secondo obiettivo finché non si ottiene una combinazione differente d'uso dei suoli, quindi mantenendo fisso il

⁶² Cfr. par. 2.1.2.

valore del terzo obiettivo. Si osserva che i due trade-off espressi in termini monetari sono costanti nell'immediato intorno della soluzione di compromesso, mentre così non appare nel terzo caso⁶³.

Anche in questo caso, i risultati soffrono il grado di approssimazione relativo alla stima dei coefficienti tecnici naturalistici e paesaggistici, a cui sono imputabili i valori di *trade-off* calcolati sui valori naturalistici e paesaggistici percentuali relativamente bassi (mentre non lo sono quelli calcolati sui valori assoluti; cfr. Tabella 13, colonne centrali).

⁶³ La soluzione di compromesso quindi non si colloca in un punto di vertice, mentre è possibile che rappresenti un punto di spigolo della frontiera efficiente.

Tabella 12 – Soluzioni di compromesso al variare della metrica e dei pesi

		Obiettivi		Massima deviazione normalizzata (da 0 a 1)	Tipi di soprassuolo (ha)											
		Habitat	Reddito Netto		Paesaggio	Neoformaz, 9410	Peccete e abieteti 9420	Lariceti 9420	Prati sfalcianti 6520/6510	Pascoli 6150/6170	Rodoreti 4060	Torbiere	Ambienti di ecotono	Prati abbandonati	Totale non Natura2000	
Matrice pay-off	Stato attuale		0,3556	46491,34	2,665	-	251,64	0,00	0,00	0,00	71,80	14,13	71,81	241,82	565,27	
	Max Habitat	0,5441	209383,41	2,926	-	0,00	245,86	61,36	735,04	0,00	0,00	14,53	71,81	0,40	72,20	
	Max Reddito netto	0,5301	228719,04	2,927	-	0,00	221,55	62,38	844,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Max Paesaggio	0,5300	205567,12	2,995	-	0,00	647,25	239,34	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	241,61	241,61	
CP h=1	Massimo consenso aggregato	0,5440	212062,59	2,977	RN 0,72	0,00	156,86	226,93	658,47	0,00	0,00	14,53	71,81	0,40	72,20	
	Intermedio	0,5440	212062,59	2,977	RN 0,72	0,00	156,86	226,93	658,47	0,00	0,00	14,53	71,81	0,40	72,20	
	Tutela opinioni minoritarie	0,5440	212062,59	2,977	RN 0,719	0,00	156,86	226,93	658,47	0,00	0,00	14,53	71,81	0,40	72,20	
	Ipotesi sost. 1	0,5371	223824,23	2,979	H 0,5	0,00	218,76	226,93	661,74	0,00	0,00	14,53	6,64	0,40	7,04	
	Ipotesi sost. 2	0,5441	212105,10	2,977	RN 0,72	0,00	153,60	225,94	662,72	0,00	0,00	14,53	71,81	0,40	72,20	
CP h=2	Massimo consenso aggregato	0,5427	212068,40	2,981	RN 0,72	0,00	144,62	239,20	658,47	0,00	0,00	14,53	71,77	0,40	72,17	
	Intermedio	0,5427	212068,40	2,981	RN 0,72	0,00	144,48	239,34	658,47	0,00	0,00	14,53	71,77	0,40	72,17	
	Tutela opinioni minoritarie	0,5412	216834,83	2,978	RN 0,51	0,00	183,37	226,93	658,47	0,00	0,00	14,53	45,29	0,40	45,69	
	Ipotesi sost. 1	0,5389	220802,28	2,978	H 0,36	0,00	201,91	225,94	662,72	0,00	0,00	14,53	23,49	0,40	23,88	
	Ipotesi sost. 2	0,5420	215472,55	2,978	RN 0,57	0,00	175,81	226,93	658,47	0,00	0,00	14,53	52,86	0,40	53,26	
CP h=∞	Massimo consenso aggregato	0,5412	214554,68	2,981	RN 0,61	0,00	158,71	238,92	658,47	0,00	0,00	14,53	57,96	0,40	58,36	
	Intermedio	0,5410	214210,06	2,982	RN 0,63	0,00	174,42	239,34	644,35	0,00	0,00	14,53	55,95	0,40	56,35	
	Tutela opinioni minoritarie	0,5400	217501,09	2,980	RN 0,48	0,00	180,25	233,75	658,47	0,00	0,00	14,53	41,59	0,40	41,99	
	Ipotesi sost. 1	0,5393	220824,85	2,971	0,340	0,00	187,49	223,32	676,62	0,00	0,00	14,53	26,64	0,40	27,04	
	Ipotesi sost. 2	0,5409	218308,93	2,963	RN-P 0,45	0,00	172,11	197,97	701,97	0,00	0,00	14,53	42,02	0,40	42,42	

Tabella 13 – Analisi dei *trade-off* nell'intorno della soluzione di compromesso

Obiettivi a confronto	Obiettivi				Trade-off		Tipi di soprassuolo (ha)						
	Habitat	Reddito Netto	Paesaggio (scostamento %)	Habitat (scostamento %)	Paesaggio (scostamento %)	€/ % (%/% per la coppia habitat/paesaggio)	Solo valori assoluti	Peccete e abieteti 9410	Lariceti 9420	Prati sfalcianti 6520/6510	Torbiere Ecotono	Totale non Natura2000	
Reddito netto / Habitat (€/ punto %)	0,5430	211682,797	2,980	92,199		-282,31	-2002206	155,24	236,14	650,88	14,53	71,81	72,20
	0,5410	215687,21	2,980	78,014		-266,94	-1893196	169,11	234,82	658,47	14,53	51,67	52,07
	0,5400	217501,09	2,980	71,219		-	-	180,25	233,75	658,47	14,53	41,59	41,99
	0,5390	219473,60	2,980	63,830		-266,94	-1893196	192,37	232,59	658,47	14,53	30,63	31,03
	0,5360	224296,36	2,980	42,553		-226,67	-1607585	218,96	229,35	661,74	11,90	6,64	7,04
Reddito netto / Paesaggio (€/ punto %)	0,5400	215322,97	2,98		81,16	-999,09	-1447957	192,50	239,34	635,04	14,53	47,18	47,58
	0,5400	216770,93	2,981		79,710	-535,01	-775370	172,14	237,81	658,47	14,53	45,65	46,05
	0,5400	217501,09	2,980		78,345	-	-	180,25	233,75	658,47	14,53	41,59	41,99
	0,5400	218321,67	2,979		76,812	-535,01	-775370	189,37	229,19	658,47	14,53	37,03	37,43
	0,5400	218857,88	2,978		75,362	-369,99	-536210	191,14	226,42	662,24	14,53	34,26	34,66
Habitat / Paesaggio (adimensionale)	0,5410	217501,09	2,976	78,014	71,815	-0,96	-0,213	179,12	225,94	666,21	14,53	42,80	43,19
	0,5400	217501,09	2,980	71,219	78,345	-		180,25	233,75	658,47	14,53	41,59	41,99
	0,5390	217501,09	2,982	63,830	81,220	-2,57	-0,525	194,02	239,34	643,33	14,53	37,38	37,78

Tabella 14 – Soluzione di compromesso per differenti ipotesi di contributo pubblico alla gestione delle aree aperte

	Habitat	Reddito Netto	Paesaggio	Neoformaz.	Peccete e abieteti	Lariceti	Prati sfalcianti	Pascoli	Rodoreti	Torbiere	Ecotono	Prati abbandonati	Totale non Natura2000
Soluzione Compromesso	0,5400	217501,09	2,980	0,0	180,3	233,7	658,5	0,0	0,0	14,5	41,6	0,4	42,0
Compromesso in assenza indennità Natura2000	0,5395	203063,05	2,978	0,0	196,0	226,8	661,8	0,0	0,0	14,5	29,4	0,4	29,7
Compromesso in assenza indennità Natura2000 e contributo al pascolo di 150 €/ha	0,5346	209663,19	2,953	0,0	212,8	161,1	728,0	12,4	0,0	7,7	6,6	0,0	6,6

Tabella 15 – Matrice dei pay-off in assenza della misura “indennità Natura 2000”

Ipotesi assenza indennità Natura 2000	Matrice pay-off	Habitat	Reddito Netto	Paesaggio	Neoformazioni	Peccete e abieteti	Lariceti	Prati sfalcianti	Pascoli	Rodoreti	Torbiere	Ecotono	Prati abbandonati	Totale non Natura2000
		0,5441 (100%)	196153,73 (0%)	2,926 (0%)	0,0	245,9	61,4	735,0	0,0	0,0	14,5	71,8	0,4	72,2
		0,5301 (0,7%)	211593,69 (100%)	2,927 (19,8%)	0,0	221,5	62,4	844,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		0,5300 (0%)	205567,12 (61%)	2,995 (100%)	0,0	647,2	239,3	242,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

3.3.3. Implicazioni operative

Nei confronti della funzione di supporto alla decisione, il modello ha prodotto un insieme di soluzioni (Tabella 12) tra cui il decisore è chiamato a scegliere. Nella necessità di eseguire le analisi di sensitività, nell'ambito del presente studio è stata scelta la soluzione ottenuta adottando la metrica $h=\infty$ e l'approccio di aggregazione delle preferenze di tutela delle opinioni minoritarie (evidenziata in grigio nelle Tabelle 12, 13 e 14).

La prima è stata adottata in quanto l'approccio di equilibrio tra criteri meglio collima col principio di sostenibilità territoriale e perché conferisce maggior sensibilità alla combinazione d'uso dei suoli; il secondo è stato adottato a favore dell'obiettivo economico, poiché in generale i portatori d'interesse hanno dimostrato una propensione agli obiettivi sociali o di lungo periodo e perché l'obiettivo economico è riferito al solo settore primario. La soluzione ottenuta offre le seguenti indicazioni gestionali:

- la tutela integrale di soprassuoli rari e ad alto valore naturalistico (le torbiere);
- il mantenimento e l'adozione, dove possibile, di misure atte a favorire la ricolonizzazione e la prevalenza del larice sugli abieteti e le peccete; in ogni caso i soprassuoli arborei sono quelli più favoriti relativamente al destino delle neoformazioni, essendo dotati di un maggior livello di multifunzionalità;
- Il mantenimento, dove possibile, di una quota di ambienti ecotonali sebbene di nullo valore produttivo (si noti che le metriche e le combinazioni di pesi che favoriscono l'obiettivo naturalistico determinano soluzioni con maggior superficie di ambienti ecotonali sebbene non siano considerati dal sistema dei tipi di habitat Natura 2000);
- l'utilizzo di pratiche di sfalcio di prati anziché del pascolo (con il presente livello di incentivazione da parte del PSR) per il mantenimento delle aree aperte in queste zone marginali; poiché la gestione a prato è risultata la forma di gestione economicamente vantaggiosa, è necessario adottare strumenti complementari di politica territoriale per contrastarne l'abbandono, verosimilmente dovuto a problematiche di carattere sociale;

A partire dalla soluzione di compromesso sono state fatte alcune ipotesi relative ad diverse strutture di incentivazione pubblica (Tabella 14): è stata prima ipotizzata l'assenza della misura "indennità Natura 2000", quindi si è ricercato il livello di incentivazione al pascolo che producesse una soluzione con superfici a pascolo maggiori di zero, risultato essere di 180 €/ha.

In particolare, l'analisi della matrice di pay-off (Tabelle 14) e della soluzione di compromesso (Tabella 13) per l'ipotesi di assenza dell'indennità Natura 2000 evidenzia che la mancata introduzione dei contributi nell'economia territoriale si ripercuote sulle potenzialità del territorio, andando a ridurre i risultati per tutti gli obiettivi, e tende a sfavorire gli ambienti di ecotono (non soggetti a tale indennità). Confrontando le soluzioni di compromesso delle varie ipotesi, si nota come in assenza di indennità Natura 2000 determini una soluzione che favorisce paradossalmente ancor più le superfici a prato. Ciò è dato dal fatto che il modello rappresenta le potenzialità del territorio nell'ipotesi di pieno utilizzo delle superfici (condizione che ne determina l'approccio normativo); pertanto tale fenomeno è da interpretarsi come un allontanamento della situazione potenziale da quella attuale generata dall'assenza dell'incentivo. Tale allontanamento si accentua ipotizzando misure che portino alla comparsa di superfici a pascolo; ciò si verifica portando il reddito netto del pascolo a 230€/ha, facendo così apparire ingiustificata questo tipo di incentivazione, mentre conferma la validità di quella relativa al prato.

Il maggiore limite del modello per quanto riguarda le implicazioni operative risiede proprio nell'approccio normativo e nell'ipotesi di pieno utilizzo delle superfici. Si individua così un secondo ambito di possibile ricerca futura, data dall'applicazione del modello generale secondo un approccio prescrittivo, più rappresentativo della situazione reale. Il principale problema di tale applicazione risiede nella costruzione di un sistema di vincoli che rappresenti adeguatamente, ma sempre con sufficiente semplicità operativa, la capacità limitata di utilizzo delle superfici da parte delle aziende del settore primario. Ciò consentirebbe inoltre di eseguire analisi di sensitività relative a tali vincoli, producendo migliori risultati nei confronti dell'elaborazione di politiche territoriali.

4. Conclusioni

Lo studio delle potenzialità delle Analisi Multi-Obiettivo quale strumento di valutazione della sostenibilità e della possibile applicazione nella pianificazione territoriale delle aree protette ha prodotto evidenti risultati di carattere teorico e metodologico, seguiti da risultati relativi all'individuazione delle problematiche di carattere operativo, tipici di una prima applicazione-pilota.

A livello teorico sono state trovate solide connessioni tra i concetti di sostenibilità (e di sviluppo sostenibile) e l'approccio multidimensionale alla valutazione, proprio delle Analisi Multi-Criterio. In particolare, è risultato che l'approccio multidimensionale consente di caratterizzare un problema di sostenibilità scindendolo in una componente tecnica, dovuta all'incommensurabilità tra criteri di valutazione tecnicamente differenti, e in una componente sociale (o "di struttura preferenziale") dovuta alla differente importanza che i diversi criteri assumono per differenti portatori d'interesse. Altri aspetti emersi come caratterizzanti, sono l'eventuale presenza di traguardi, l'approccio (più o meno equilibrato) alla ricerca di una soluzione di compromesso, e l'interpretazione del concetto di sostenibilità (debole o forte) che presenta evidenti parallelismi economici (compensatività e non compensatività) e matematici (struttura analitica scalare o lessicografica). Quindi è stato dimostrato come tale impostazione si possa adattare al problema di sostenibilità generale della gestione delle aree protette, seguendo il filone letterario dell'applicazione delle AMO in ambito territoriale anziché solo microeconomico, ed individuando in tale corrente gli ambiti meno esplorati. In particolare la problematica della pianificazione degli usi del suolo del settore primario (o usi reversibili) è stata riconosciuta come un problema di ottimizzazione continua dell'uso del suolo, per il quale è risultato più adatto un approccio di sostenibilità debole. Nello schema determinato dalle connessioni tra concetto di sostenibilità, Analisi Multi-Obiettivo e gestione delle aree protette, i principali limiti rivelati sono il problema dell'incoerenza temporale (che affligge anche gli approcci di valutazione basati sul tasso di sconto), in parte mitigabile da un'analisi delle preferenze sociali nelle situazioni in cui esse manifestino una felice co-evoluzione con il sistema fisico ed economico, e l'attuale incapacità dei modelli di AMO di includere nella valutazione il capitale sociale.

L'analisi metodologica ha preso in considerazione le tecniche tradizionali di AMO, distinguendo tecniche di *Multiple Objective Programming*, di *Compromise Programming* e la famiglia di tecniche

di *Goal Programming*. Partendo dalla loro struttura analitico-matematica e dalle note relazioni con la teoria dell'utilità (che ne danno un'interpretazione economica), l'analisi ha permesso di individuare gli aspetti caratterizzanti del problema di sostenibilità trattabili da ciascuna tecnica. In tal modo si è potuto delineare un percorso di selezione della tecnica di AMO in base alle caratteristiche decisionali del problema reale di sostenibilità. Coerentemente a tale percorso, è stato elaborato un modello generale di analisi per il problema di pianificazione sostenibile degli usi reversibili del suolo in area protetta. Tale modello ha come elemento centrale il metodo *Compromise Programming* per la generazione di una soluzione di compromesso, a cui si affiancano procedure tipiche della *Multiple Objective Programming* per l'analisi dei *trade-off* nell'intorno di detta soluzione (quale punto di equilibrio, in modo da ottenere una stima del costo-opportunità tra obiettivi), nonché tecniche di *Goal Programming* per l'aggregazione delle preferenze dei portatori d'interesse in senso cardinale. In sede di elaborazione dello schema, il capitale sociale è risultato essere un *output* dell'aggregazione delle preferenze, mentre possono essere considerati *input* del modello di programmazione altri aspetti sociali più tradizionali e più facilmente misurabili. Nello stesso schema, le analisi di sensitività rappresentano uno strumento utile per l'analisi delle implicazioni teoriche e per lo studio di ipotesi relative all'elaborazione di politiche territoriali. In questa fase i limiti sono dati dalla necessità di tradurre il modello generale in un modello specifico sufficientemente rappresentativo del problema reale e, contemporaneamente, sufficientemente semplice per garantirne operatività e ripetibilità.

Il modello di analisi è stato applicato in un caso di studio rappresentato da un Sito Natura 2000. L'elaborazione di un modello di programmazione specifico è partita dall'analisi delle principali caratteristiche socio-economiche dell'area geografica che, assieme alle disposizioni della normativa in vigore, ha permesso di individuare i principali obiettivi, legati all'uso dei suoli e alle forme di gestione, che intervengono nella definizione del problema decisionale: tutela naturalistica, reddito netto del settore primario e qualità estetica del paesaggio. Su questi obiettivi, con le dovute assunzioni, è stato strutturato un modello specifico di analisi che ha ottenuto i seguenti risultati di carattere teorico ed operativo. Sul piano teorico è stata rilevata una prevalenza della componente tecnica su quella sociale nella generazione della soluzione, individuando la stima più accurata possibile dei coefficienti tecnici quale fase cruciale. E' stata inoltre dimostrata la possibilità di interpretare la ponderazione dei criteri come un esercizio partecipativo di aggregazione delle preferenze delle categorie di *stakeholders* rilevanti. Un risultato di rilevanza sia teorica sia operativa è stato conseguito con la stima dei *trade-off* tra i tre

obiettivi nell'intorno della soluzione di compromesso. Sul piano operativo il modello ha prodotto un ventaglio di soluzioni di compromesso (tra le quali è facilmente giustificabile la selezione di un'unica soluzione) relative all'utilizzo potenziale delle superfici soggette a dinamiche di trasformazione, in qualità di risultato di un processo valutativo multisettoriale. I limiti riscontrati sono dovuti prevalentemente alla stima approssimativa dei coefficienti tecnici. Essa è dovuta in parte alla scarsa disponibilità di indicatori di biodiversità o di qualità naturalistica sufficientemente esaustivi, essendo stata costruita in Italia la Rete Natura 2000 su base generalmente botanica e floristica, in parte alle difficoltà di applicazione in ambiente montano del metodo di stima degli indici di gradimento estetico del paesaggio. Nei confronti delle implicazioni operative, un ulteriore limite è posto dallo stesso approccio normativo, che elimina la possibilità di utilizzare le analisi di sensitività per la definizione di un livello adeguato degli incentivi pubblici per la gestione attiva del territorio.

Riassumendo, lo studio ha individuato forti elementi di coerenza teorica tra approcci di Analisi Multi Obiettivo e problemi di sostenibilità degli usi del suolo, nonché appropriate potenzialità di tali approcci nel supporto alla pianificazione di determinate tipologie di aree protette. Nell'intento di mettere in atto tali potenzialità, lo studio ha inoltre individuato le tematiche critiche, corrispondenti alla stima dei coefficienti tecnici, e all'elaborazione di un sistema di vincoli che consenta l'applicazione delle tecniche secondo un approccio prescrittivo. Assieme alla formulazione di ipotesi su eventuali altri obiettivi gestionali di rilevanza attuale (quale ad esempio la fissazione di carbonio) tali tematiche rappresentano gli ambiti indicati di possibile ricerca futura

Appendice I

Tavole della soluzione di compromesso generata dal modello di programmazione

Si riportano di seguito le tavole delle soluzioni, per ciascuna delle 20 unità di gestione, generate dal modello di Compromise Programming risolto con metrica $h=\infty$ e la combinazione di pesi data dall'approccio di tutela delle opinioni minoritarie (0,301 per l'obiettivo naturalistico; 0,202 per l'obiettivo economico; 0,457 per l'obiettivo paesaggistico).

Ciascuna riga rappresenta la gestione alternativa di un'area soggetta a dinamiche di trasformazione e riporta la superficie attuale (espressa in m^2) del soprassuolo reale e i valori di superficie generati dal modello, considerando anche le possibili alternative (una o due alternative a seconda del caso). La superficie attuale rappresenta anche il vincolo di disponibilità massima di suolo per ciascuna riga.

Ai fini dell'interpretazione delle tavole, ciascuna colonna indica:

- con "Categoria di soprassuolo attuale", il tipo di soprassuolo attualmente presente, determinato dalle passate forme di gestione e dal successivo abbandono;
- con "Tipo di Habitat attuale", l'habitat Natura 2000, e un'ulteriore specificazione a fini naturalistici del soprassuolo vegetale presente (anche per le aree non-Natura 2000).
- con "S attuale", la superficie reale del tipo attualmente presente;
- con "S soluzione", le superfici generate dal modello relativa al tipo attuale e ai tipi alternativi;
- con "tipo alternativo 1" e "tipo alternativo 2", un'estrema sintesi del tipo di habitat e del soprassuolo corrispondente a ciascuna alternativa possibile.

Le superfici sono espresse in m^2 .

1-Regola di Presenaio

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	653,2	0	pascolo 6170	0	lariceto 9420	653,2
Praterie in ricolonizz.	6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine / 4060 Lande alpine e boreali	37983,4	0	abieteto 9410	0	prato 6520	37983,4
Prato abbandonato	Non Natura 2000 Prato abbandonato (brachipodiето o altri stadi non più riconducibili a prati)	11073,3	0	prato 6520	11073,3		

2-Regola di Valle

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiazze boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	10049	10049	abieteto 9410	0		
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	7186,8	0	abieteto 9410	0	prato 6520	7186,8
Praterie in ricolonizz	6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine / 4060 Lande alpine e boreali	7382,6	0	abieteto 9410	0	prato 6520	7382,6
Prato abbandonato	Non Natura 2000 Triseteto (abbandonato e degradato)	6867,9	0	prato 6520	6867,9		

3-Regola di San Pietro

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiarie boschive ecotonali (locale presenza Habitat 64:30)	10512,6	10512,6	abieteto 9410	0		0
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	4072,5	0	pascolo 6170	0	lariceto 9420	4072,5
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione forestale su ex-prati	1095,9	0	prato 6520	0	lariceto 9420	1095,9
Praterie in ricolonizz	6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine / 4060 Lande alpine e boreali	10991,9	0	abieteto 9410	0	prato 6520	10991,9

4- Regola di Campolongo

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiarie boschive ecotonali (locale presenza Habitat 64:30)	66442,3	66442,3	abieteto 9410	0		
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	124690,8	0	pascolo 6150	0	lariceto 9420	124690,8
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	79138,9	0	abieteto 9410	0	prato 6520	79138,9
Prato abbandonato	Non Natura 2000 Prato abbandonato (vedi 4x1s)	3482,1	0	prato 6520	3482,1		

5-Regola di Candide

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiarie boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	19155,2	19155,2	abieteto 9410	0		
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	688321,8	0	abieteto 9410	0	prato 6520	688321,8
Torbiere	7230 Torbiere basse alcaline (acidofila)	12208	12208	abieteto 9410	0		

6-Regola di Casada

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiarie boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	322,5	0	abieteto 9410	322,5		
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	4263,9	0	pascolo 6150	0	lariceto 9420	4263,9
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	203375,1	0	abieteto 9410	0	prato 6520	203375,1

7-Regola di Casamazzone

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiazze boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	5055,9	0	abieteto 9410	5055,9		
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione forestale su ex-prati	9907,2	0	prato 6520	0	lariceto 9420	9907,2
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	244955,5	0	abieteto 9410	0	prato 6520	244955,5
Praterie in ricolonizz	6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine / 4060 Lande alpine e boreali	55857,9	0	abieteto 9410	0	prato 6520	55857,9
Prato abbandonato	Non Natura 2000 Triseteto fortemente degradato (con nitrofile)	2570,2	0	prato 6520	2570,2		
Torbiere	7110 *Torbiere alte attive / 91D0 *Torbiere boschive	1057,8	1057,8	abieteto 9410	0		
Torbiere	91D0 *Torbiere boschive / 4060 Lande alpine e boreali (rodoreto acidofilo)	17404,4	17404,4	abieteto 9410	0		

8-Regola di Costa,

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiazze boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	6340,3	0	abieteto 9410	6340,3		
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	24729,8	0	6170/6150	0	lariceto 9420	24729,8
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	40422,9	0	abieteto 9410	0	prato 6520	40422,9
Praterie in ricolonizz	6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine / 4060 Lande alpine e boreali	26900,1	0	abieteto 9410	0	prato 6520	26900,1
Rodoreto	4060 Lande alpine e boreali (rodoreto con piano arboreo rado)	186357,3	0	abieteto 9410	186357,3		

9-Regola di Costalissoio

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiazze boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	9229,9	0	abieteto 9410	9229,9		
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	199226,9	0	pascolo 6150	0	lariceto 9420	199226,9
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione forestale su ex-prati	44873	0	prato 6520	0	lariceto 9420	44873
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	517985,7	0	abieteto 9410	0	prato 6520	517985,7
Prato abbandonato	Non Natura 2000 Arrenatereto (abbandonato e degradato)	3153,2	0	prato 6520	3153,2	pascolo 6150	0

10-Regola di Costalta

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiazze boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	50290,8	0	abieteto 9410	50290,8		
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	625,3	0	pascolo 6170	0	lariceto 9420	625,3
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione forestale su ex-prati	16230,8	0	prato 6520	0	lariceto 9420	16230,8
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	864,6	0	abieteto 9410	864,6	prato 6520	0
Praterie in ricolonizz	6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine / 4060 Lande alpine e boreali	1268,3	0	abieteto 9410	1268,3	prato 6520	0
Prato abbandonato	Non Natura 2000 Prato abbandonato (brachipodieto o altri stadi non più riconducibili a prati)	8963,9	0	prato 6520	8963,9		

11-Regole di Danta

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiazze boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	28080,4	0	abieteto 9410	28080,4		
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	647,8	0	pascolo 6150	0	lariceto 9420	647,8
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione forestale su ex-prati	9861,8	0	prato 6510	0	lariceto 9420	9861,8
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	112698,8	0	abieteto 9410	112698,8	prato 6520	0
Rodoreto	4060 Lande alpine e boreali (rodoreto con piano arboreo rado)	44940,1	0	abieteto 9410	44940,1		
Torbiere	91D0 *Torbiere boscoscose	1509,5	1509,5	abieteto 9410	0		

12-Regola di Dosoleto

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiazze boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	49034,3	0	abieteto 9410	49034,3		
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	8811,8	0	pascolo 6150	0	lariceto 9420	8811,8
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione forestale su ex-prati	18150,3	0	prato 6520	0	lariceto 9420	18150,3
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	896888,6	0	abieteto 9410	0	prato 6520	896888,6
Rodoreto	4060 Lande alpine e boreali (rodoreto con piano arboreo rado)	99132,6	0	abieteto 9410	99132,6		
Torbiere	7110 *Torbiere alte attive / 91D0 *Torbiere boscoscose	19669,2	19669,2	abieteto 9410	0		

13-Regola di Padola,

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiarie boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	22539,4	0	abieteto 9410	22539,4		
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	56983,3	0	pascolo 6150	0	lariceto 9420	56983,3
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	85652,4	0	abieteto 9410	0	prato 6520	85652,4
Rodoreto	4060 Lande alpine e boreali (rodoreto con piano arboreo rado)	96771,6	0	abieteto 9410	96771,6		

14-Regola di San Nicolò

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiarie boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	15609,1	0	abieteto 9410	15609,1		
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	16056,2	0	pascolo 6170	0	lariceto 9420	16056,2
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione forestale su ex-prati	2292,5	0	prato 6520	0	lariceto 9420	2292,5
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	6832,7	0	abieteto 9410	6832,7	prato 6520	0
Rodoreto	4060 Lande alpine e boreali (rodoreto con piano arboreo rado)	20329,6	0	abieteto 9410	20329,6		

15-Regola di Santo Stefano

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiarie boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	29550,8	29550,8	abieteto 9410	0		0
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	101475,2	101475,2	pascolo 6150	0		0
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione forestale su ex-prati	14931,9	14931,9	prato 6520	0		0
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	165640,8	0	abieteto 9410	0	prato 6520	165640,8
Praterie in ricolonizz	6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine / 4060 Lande alpine e boreali	111713,2	0	abieteto 9410	0	prato 6520	111713,2

16-Magnifica Comunità di Cadore,

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiarie boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	12546,1	0	abieteto 9410	12546,1		
Torbiere	91D0 *Torbiere boschive	7144,3	7144,3	abieteto 9410	0		

17-Proprietà private

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	124123,6	54220,188	6170/6150		lariceto 9420	69903,412
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione forestale su ex-prati	13497,6	0	prato 6520		lariceto 9420	13497,6
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	603786,3	0	abieteto 9410		prato 6520	603786,3
Praterie in ricolonizz	6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine / 4060 Lande alpine e boreali	230565,5	0	abieteto 9410		prato 6520	230565,5
Prato abbandonato	Non Natura 2000 Arrenatereto (abbandonato e degradato)	33576,4	0	prato 6520			
Rodoreto	4060 Lande alpine e boreali (rodoreto con piano arboreo rado)	171784,4	0	abieteto 9410			
Torbiere	7230 Torbiere basse alcaline (in ricolonizzazione)	3626	3626	abieteto 9410			

18-Proprietà comunali

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiarie boschive ecotonali (loc. pres. Habitat 6430)	294170,8	281256,1627	abieteto 9410	12914,63727		
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	89972,3	0	pascolo 6170		lariceto 9420	89972,3
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione forestale su ex-prati	1572835,7	0	prato 6520		lariceto 9420	1572835,7
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	19908,5	0	abieteto 9410		prato 6520	19908,5
Praterie in ricolonizz	6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine / 4060 Lande alpine e boreali	48399	0	abieteto 9410		prato 6520	48399
Prato abbandonato	Non Natura 2000 Arrenatereto (abbandonato e degradato)	2343040,1	0			prato 6520	2343040,1
Rodoreto	4060 Lande alpine e boreali (rodoreto con piano arboreo rado)	36301,3	0	abieteto 9410	36301,3		
Torbiere	7230 Torbiere basse alcaline (in ricolonizzazione)	45686,7	45686,7	abieteto 9410			
Torbiere	91D0 *Torbiere boscoscose	18240,4	18240,4	abieteto 9410			

19-Demanio idrico

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiazze boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	69928,6	0	abieteto 9410	69928,6		
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	14808,9	0	pascolo 6170	0	lariceto 9420	14808,9
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-prati o pascoli (potenziale 9410/9420)	4754	4754	pascolo 6170	0	prato 6520	0
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione forestale su ex-prati	13725,7	0	prato 6520	0	lariceto 9420	13725,7
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	48395,2	0	abieteto 9410	0	prato 6520	48395,2
Praterie in ricolonizz	6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine / 4060 Lande alpine e boreali	15615,6	0	abieteto 9410	0	prato 6520	15615,6
Prato abbandonato	3130 Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei Littorelletea uniflorae e/o degli Isoëto-Nanojuncetea / 7230 Torbiere basse alcaline	3973,4	3973,4	prato 6520	0		
Prato abbandonato	Non Natura 2000 Triseteto fortemente degradato (con nitrofile)	3358,3	0	prato 6520	3358,3		
Rodoreto	4060 Lande alpine e boreali (rodoreto con piano arboreo rado)	57016,8	0	abieteto 9410	57016,8		
Torbiere	91D0 *Torbiere boscoscose	9736,2	9736,2	abieteto 9410	0		
Pascolo	Non Natura 2000	479682,8	0	pascolo 6170	0	abieteto 9410	479682,8

20 -Terreni promiscui a più Regole

Categoria di soprassuolo attuale	Tipo di habitat attuale	S attuale	S soluzione	Tipo alternativo 1	S soluzione	Tipo alternativo 2	S soluzione
Ecotono	Non Natura 2000 Tagliate, radure, canali da valanga e chiarie boschive ecotonali (locale presenza Habitat 6430)	19194,6	0	abietetto 9410	19194,6		
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-pascoli (potenziale 9410/9420)	11165,6	0	6170/6150	0	lariceto 9420	11165,6
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione di conifere su ex-prati o pascoli (potenziale 9410/9420)	1834,5	1834,5	6170/6150	0	prato 6520	0
Neoformazioni	Non Natura 2000 Neoformazione forestale su ex-prati	10111,8	0	prato 6520	0	lariceto 9420	10111,8
Praterie in ricolonizz	6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicee (prevalentemente nardeti) / 4060 Lande alpine e boreali	14323,1	0	abietetto 9410	0	prato 6520	14323,1
Praterie in ricolonizz	6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine / 4060 Lande alpine e boreali	7247,3	0	abietetto 9410	0	prato 6520	7247,3
Prato abbandonato	Non Natura 2000 Arrenatereto (abbandonato e degradato)	2162,2	0	abietetto 9410	2162,2	prato 6520	0
Rodoreto	4060 Lande alpine e boreali (rodoreto con piano arboreo rado)	5354,4	0	abietetto 9410	5354,4		
Torbiere	7230 Torbiere basse alcaline (in ricolonizzazione)	181,1	181,1	abietetto 9410	0		
Torbiere	91D0 *Torbiere boscoscose	393,9	393,9	abietetto 9410	0		

Bibliografia

Manuale per la gestione dei Siti Natura 2000, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.

ANDRE, F.J., 2009. A Goal Programming Approach for a Joint Design of Macroeconomic and Environmental Policies: A Methodological Proposal and an Application to the Spanish Economy. *Environmental management*, 43(5), 888-898.

BAGNASCO, A., PISELLI, F., PIZZORNO, A. and TRIGILIA, C., 2001. Il capitale sociale. Istruzioni per l'uso. Bologna: Il mulino.

BALLESTERO, E. and ROMERO, C., 1998. Multiple criteria decision making and its applications to economic problems. Boston: Kluwer Academic Publishers.

BARBIER, E., 1987. The concept of sustainable economic development. *Environmental Conservation*, 14(2), 101-110.

BARBIER, E.B., MARKANDYA, A. and PEARCE, D.W., 1990. Environmental sustainability and cost-benefit analysis. *Environment and Planning A*, 22(9), 1259-1266.

BLUTSTEIN, H., 2003. A forgotten pioneer of sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 11(3), 339-341.

BORRINI, G., 1996. Collaborative management of protected areas: tailoring the approach to the context. Gland, Switzerland: IUCN--the World Conservation Union.

BRYAN, B.A., 2008. Systematic regional planning for multiple objective natural resource management. *Journal of environmental management*, 88(4), 1175-1189.

COLEMAN, J.S., 1988. Social Capital in the Creation of Human Capital. *American Journal of Sociology*, vol.94, pp.S95-S120, 94, S95.

DANIEL, T.C. and BOSTER, R.S., 1976. Measuring landscape aesthetics: The scenic beauty estimation method. USDA Forest Service, research Paper RM-167, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station edn. Forest Service, U.S. Dept. of agriculture.

DI IACOVO, F. and SENNI, S., 2006. I servizi sociali nelle aree rurali. .

EHRGOTT, M., 2005. Multiobjective Programming. In: J. FIGUEIRA, S. GRECO and M. EHRGOTT, eds, *Multiple Criteria Decision Analysis. State of the Art Surveys*. New York: Springer, pp. 667-708.

FABBRIS, L., DI GANGI, M., GATTO, P. and BALLARIN, A., 2006. Analisi territoriale, sociale ed economica delle Comunità Montane Comelico Sappada e Centro Cadore. *Osservatorio sui mestieri della montagna e sui fabbisogni di professionalità nel territorio bellunese. Il caso delle Comunità Montane Centro Cadore e Comelico-Sappada. rapporto finale dell'attività di ricerca aprile 2005 / dicembre 2006*. Venezia: ISCO Edizioni .

- FLORES, J. and GOMEZ-LIMON, J.A., 2006. Planificación multicriterio de explotaciones agrarias en áreas tropicales protegidas. El caso de la zona protectora Guanare-Masparro (Venezuela). *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 6(11), 81-108.
- FRANCESCHETTI, G. and ARGENTA, C., 2002. Le montagne: laboratori per uno sviluppo sostenibile. Padova: CLEUP.
- FRANCESCHETTI, G., PAGAN, M., PISANI, E. and GALLO, D., 2009. Capitale sociale e sviluppo rurale. La potenzialità dell'approccio LEADER e la sua trasferibilità. Padova: CLEUP.
- FREIMER, M. and YU, P.L., 1976. Some New Results on Compromise Solutions for Group Decision Problems. *Management Science*, 22(6), 688-693.
- FRIEDMAN, M., 1976. Price theory. Chicago: Aldine Pub. Co.
- FUKUYAMA, F., 1995. Trust, the social virtues and the creation of prosperity. London: Penguin.
- GATTO, P. and TOFFANIN, G., 2005. Valorizzazione integrata dei prodotti tipici e dell'ambiente montano attraverso accordi territoriali. Legnaro (PD): Centro Contabilità Gestione Agraria Forestale Ambientale - Università degli Studi di Padova.
- GOICOECHEA, A., 1982. Multiobjective decision analysis with engineering and business applications. New York: Wiley.
- GONZÁLEZ-PACHÓN, J. and ROMERO, C., 2006. An analytical framework for aggregating multiattribute utility functions. *Journal of the Operational Research Society*, 57(10), 1241-1247.
- GRANOVETTER, M., 2004. Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness, *American Journal of Sociology*, 91.
- GROOTAERT, C., 1998. Social capital: the missing link?, *Social Capital Initiative Working Paper No. 3*, The World Bank.
- HAJKOWICZ, S., 2008. Comparison of multiple criteria analysis techniques for water resource management. *European Journal of Operational Research*, 184(1), 255-265.
- HAMILTON, K., 1994. Green Adjustments to GDP. *Resources Policy*, 20(3), 155-168.
- HILLIER, F. and LIEBERMAN, G.J., 2006. Ricerca operativa. Milano: McGraw-Hill.
- HODGE, I., 2007. The governance of rural land in a liberalised world. *JOURNAL OF AGRICULTURAL ECONOMICS*, 58(3), 409-432.
- IGNIZIO, J.P., 1976. Goal programming and extensions. Lexington, Mass.: D.C. Heath.
- KEENEY, R.L. and RAIFFA, H., 1976. Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs. New York: John Wiley & Sons, Inc.

- KOOPMANS, T.C.1., 1965. Activity Analysis of Production and Allocation. S.I.: John Wiley & Sons, Inc.
- LINARES, P., 2002. Aggregation of preferences in an environmental economics context: a goal-programming approach. *OMEGA-INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCE*, 30(2), 89-95.
- MALCZEWSKI, J., 1999. GIS and multicriteria decision analysis. New York: J. Wiley & Sons.
- MALER, K.G., 2007. Wealth and sustainable development: the role of David Pearce. *Environmental & Resource Economics*, 37(1), 63-75.
- MARGLIN, S.A., 1967. Public investment criteria benefit-cost analysis for planned economic growth. Cambridge: M.I.T. Press.
- MEMTSAS, D.P., 2003. Multiobjective programming methods in the reserve selection problem. *European Journal of Operational Research*, 150(3), 640-652.
- MENDOZA, G.A., 2006. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management*, 230(1-3), 1-22.
- MERLO, M., 2005. L'economia agro-silvo-pastorale della montagna triveneta: tra abbandono e valorizzazione dei beni e servizi ambientali. In: O. LONGO and F. VIOLA, eds, *La montagna veneta fra rilancio territoriale e nuova identità economica*. Milano: Franco Angeli, pp. 211-243.
- MUNDA, G., 1997. Environmental economics, ecological economics, and the concept of sustainable development. *Environmental Values*, 6(2), 213-233.
- MUNDA, G., 2005. Multiple criteria decision analysis and sustainable development. In: J. FIGUEIRA, S. GRECO and M. EHRGOTT, eds, *Multiple Criteria Decision Analysis. State of the Art Surveys*. New York: Springer, .
- NAYAK, R.C., 2001. Integrated management of a canal command in a river delta using multi-objective techniques. *Water Resources Management*, 15(6), 383-401.
- NIJKAMP, P. and BITHAS, K., 1995. Scenarios for sustainable cultural heritage planning: a case study of Olympia. In: H. COCCOSSIS and P. NIJKAMP, eds, *Planning for Our Cultural Heritage*. Aldershot: Avebury, pp. 123-140.
- NORGAARD, R.B., 1994. Development betrayed. The end of progress and a coevolutionary revisioning of the future. London: Routledge.
- NORTON, B.G. and TOMAN, M.A., 1997. Sustainability: Ecological and economic perspectives. *Land Economics*, 73(4), 553-568.
- OECD, 2001. Environmental Indicators For agriculture: Methods and Results - The Stocktaking Report. .

O'NEILL, J., 1993. Ecology, policy, and politics. Human well-being and the natural world. London: Routledge.

PARETO, V., 1909. Manuel d'economie politique. Paris: .

PEARCE, D.W. and ATKINSON, G.D., 1993. Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of "weak" sustainability. *Ecological Economics*, 8(2), 103-108.

PEARCE, D. and ATKINSON, G., 1998. The concept of sustainable development: An evaluation of its usefulness ten years after Brundtland. *REVUE SUISSE D ECONOMIE POLITIQUE ET DE STATISTIQUE*, 134, 251-270.

PEARCE, D., ATKINSON, G. and MOURATO, S., 2006. Cost-benefit analysis and the environment: recent developments. OECD.

PEZZEY, J., 1992. Sustainable development concepts and economic analysis. Washington, D.C.: World Bank.

PRIETO RODRÍGUEZ, A. and DÍAZ BALTEIRO, L., 1999. Modelo de planificación forestal en la programación lineal: Aplicación al Monte Pinar de Navafría (Segovia). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA): .

PUTNAM, R.D., 2000. Bowling alone. The collapse and revival of American community. New York: Simon & Schuster.

PUTNAM, R.D., 1993. Making democracy work: civic traditions in modern Italy. Princeton, N.J.: Princeton University Press.

RAWLS, J., 1973. A theory of justice. Cambridge, Massachusetts: Belknap Press of Harvard University Press.

REES, W.E., 2003. Economic development and environmental protection: An ecological economics perspective. *Environmental monitoring and assessment*, 86(1-2), 29-45.

ROMERO, C., 1996. Análisis de las decisiones multicriterio. Madrid: ISDEFE.

ROMERO, C., 1993. Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones. Alianza.

ROMERO, C., 2001. Extended lexicographic goal programming: a unifying approach. *OMEGA-INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCE*, 29(1), 63-71.

ROMERO, C. and REHMAN, T., 1989. Multiple criteria analysis for agricultural decisions; Oxford: Elsevier.

ROMERO, C., 1991. Handbook of critical issues in goal programming. Pergamon.

ROTHLEY, K.D., 1999. Designing bioserve to satisfy multiple, conflicting demands. *Ecological Applications*, 9(3), 741-750.

SAATY, T.L., 1980. The analytic hierarchy processplanning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill.

SIMON, H.A., 1955. A Behavioral Model of Rational Choice. *The Quarterly Journal of Economics*, 69(1), 99-118.

SIMONOVIC, S.P., 2005. A spatial multi-objective decision-making under uncertainty for water resources management. *Journal of Hydroinformatics*, 7(2), 117-133.

TEMPESTA, T. and THIENE, M., 2006. Percezione e valore del paesaggio. Milano: Franco Angeli.

WACKERNAGEL, M. and REES, W., 1996. Our ecological footprintreducing human impact on the earth. Gabriola Island, BC: New Society Publishers.

WOOLCOCK, M., 1999. Managing risk, shocks, and opportunity in developing economies: the role of social capital. In: G. RANIS, ed, Yale Center of International and Area Studies, .

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987. Our common future. Oxford: Oxford University Press.

YU, P.L., 1985. Multiple-Criteria decision makingconcepts, techniques and extensions. New York: Plenum.

YU, P.L., 1973. A Class of Solutions for Group Decision Problems. *Management Science*, 19(8), 936-946.

ZADEH, L., 1963. Optimality and non-scalar-valued performance criteria. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 8(1), 59-60.

ZANDER, P., 1999. Modelling multiple objectives of land use for sustainable development. *AGRICULTURAL SYSTEMS*, 59(3), 311-325.

ZELENY, M., 1982. Multiple criteria decision making. New York: McGraw-Hill.

ZELENY, M., 1974. A concept of compromise solutions and the method of the displaced ideal. *Computers & Operations Research*, 1(3-4), 479-96.

ZIONTS, S. and WALLENIUS, J., 1976. An Interactive Programming Method for Solving the Multiple Criteria Problem. *Management Science*, 22(6), 652-663.

Siti web

www.lindo.com

www.regione.veneto.it

www.ahppproject.com

www.spss.it