

SECONDA PARTE

UNA METODOLOGIA DI AIUTO ALLE DECISIONI NEI PROCESSI DI PIANIFICAZIONE

CAPITOLO 4

LA STRUTTURA DEL MODELLO

1. LA CORNICE TEORICO-METODOLOGICA

1.1. Uso del suolo, sostenibilità e forme di capitale

Il concetto di sostenibilità propone l'idea di un'economia non più basata sui tre fattori produttivi terra, capitale e lavoro, ma di un'economia ecologica che distingue tra capitale naturale e capitale economico (*human made*), intendendo per capitale naturale l'insieme delle risorse naturali, degli ecosistemi e di tutti i prodotti/servizi che provengono dai cicli naturali (Cap. 1, par. 2). Questi fattori devono essere utilizzati all'interno di un sistema produttivo che tenda a soddisfare due obiettivi principali: da un lato il soddisfacimento delle esigenze di un sistema economico-sociale sempre più esigente, dall'altro il mantenimento nel tempo dell'integrità dei sistemi naturali, oggi sempre più sofferenti. In tutto questo, il territorio, inteso come suolo, assume un ruolo particolare in quanto esso è, sì, parte del capitale naturale, ma al contempo costituisce il substrato fisico necessario non solo per lo svolgimento delle attività di produzione, ma anche per la crescita e la rigenerazione delle altre forme di capitale naturale, in particolare degli ecosistemi e di tutti i servizi che essi forniscono. Il suolo assume quindi il ruolo di fattore produttivo sia nei confronti del capitale *human made*, sia nei confronti del capitale naturale e può essere considerato alla stregua di una risorsa scarsa non rinnovabile, ma a fecondità ripetuta. Di qui nasce la conflittualità nell'uso del suolo che caratterizza l'economia moderna, la quale sottrae continuamente terreno agli habitat naturali per trasformarlo in suolo urbanizzato o comunque a destinazione antropizzata, mettendo a rischio la salute della biosfera. Il cambiamento della destinazione d'uso del suolo può essere considerato come il trasferimento del fattore produttivo "terra" dalla produzione di un bene a quella di un altro bene.

La questione dell'allocazione del suolo nella produzione di capitale economico (CE) e di capitale naturale (CN) può essere ricondotta al modello economico delle funzioni di produzione ad un fattore e due prodotti¹, ipotizzando costante la disponibilità del fattore lavoro. In tale modello, l'ipotesi di scarsità della risorsa suolo viene espressa da una condizione di vincolo che limita le quantità della risorsa utilizzabili nella produzione di capitale economico (L_{CE}) e di capitale naturale (L_{CN}), in modo tale che la somma delle due risulti pari alla dotazione complessiva di suolo (L^*)².

¹ Per le funzioni di produzione si veda F. Messori, *Istituzioni di microeconomia*, 1994.

² Generalmente, le condizioni di vincolo di una risorsa scarsa impongono che la quantità complessiva utilizzata risulti essere inferiore o al massimo pari all'ammontare disponibile ($L_{CE} + L_{CN} \leq L^*$). Nel caso della risorsa suolo, però, avere della quantità di risorsa non

$$CE = f(L)$$

$$CN = g(L)$$

$$L_{CE} + L_{CN} = L^*$$

Nello strutturare il modello in questo modo, si può costruire la curva di trasformazione, che rappresenta il luogo delle possibili combinazioni dei due beni ottenibili a partire da una certa quantità della risorsa, la cui forma dipende dalle ipotesi di sostituibilità tra i due beni adottate. Secondo l'approccio della sostenibilità debole, le due forme di capitale sono parzialmente sostituibili, al di sopra, però, di un valore minimo di disponibilità di capitale naturale (CN_{min}), inteso in termini di quantità, ma anche di qualità: nell'allocazione del suolo tra usi produttivi ed usi "naturali" si possono dunque considerare solo le combinazioni di L_{CE} e L_{CN} in grado di garantire una quantità/qualità di capitale naturale maggiore di tale valore. In tal caso, la curva di trasformazione ha andamento decrescente (Fig. 1a). Il grado di sostituibilità dipende dalla forma delle funzioni di produzione (e dunque dalle tecnologie disponibili), fino ad arrivare all'ipotesi estrema di perfetta sostituibilità tra le due forme di capitale (Fig. 1b). Se, invece, ci si colloca nell'ipotesi di sostenibilità debole, che concepisce le due forme di capitale come complementari per la generazione di utilità, la curva di trasformazione assume l'andamento riportato in Fig. 1c: affinché le trasformazioni del territorio siano sostenibili esse devono garantire il mantenimento integro di entrambe le forme di capitale.

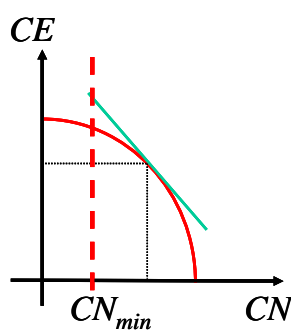


Fig. 1a

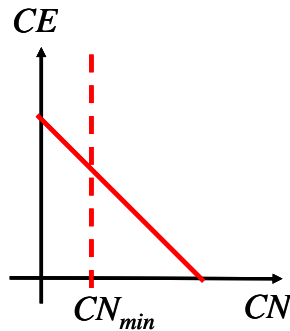


Fig. 1b

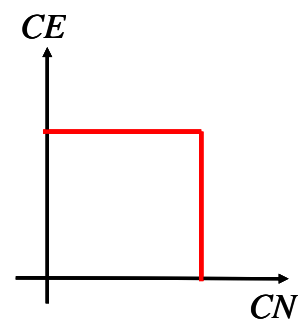


Fig. 1c

Figura 1: Allocazione del suolo tra produzione di capitale economico e capitale naturale. La forma della curva di trasformazione dipende dal grado di sostituibilità tra i due prodotti: sostituibilità parziale (a), sostituibilità perfetta (b), sostituibilità nulla (c).

Nelle attività di pianificazione, che hanno, tra gli altri, il compito di spartire la risorsa suolo tra usi alternativi, la valutazione deve stimare la variazione nella disponibilità di CE

produttiva né in senso economico né in senso naturale, significa che quel terreno è un terreno degradato o dimesso ed è una condizione non auspicabile.

e di CN che si verifica a seguito di una trasformazione territoriale prospettata, allo scopo di capire se siano rispettate le condizioni fondamentali per l'efficienza economica e la conservazione dei sistemi naturali, obiettivi conflittuali dello sviluppo sostenibile. Elemento centrale e di notevole complicazione è il fatto che la produzione di CE e CN non dipende solo dalla quantità di terreno che viene destinato a ciascuno dei due (L_{CE} , L_{CN}), ma anche dalle interazioni spaziali tra le diverse destinazioni d'uso, ovvero dalla loro dislocazione sul territorio: a parità di territorio assegnato ai diversi utilizzi, si possono avere diverse ripercussioni sulla disponibilità di CE e di CN, in relazione a come viene effettuata la zonizzazione. Lo scopo della pianificazione sostenibile è, dunque, quello di scegliere la forma più appropriata di sfruttamento della risorsa suolo, in termini di quantità di terreno dedicato ai vari usi e di dislocazione spaziale degli stessi, in relazione ai due obiettivi sopra citati.

La stima delle variazioni di CE e CN conseguenti ad una prospettata trasformazione del territorio, può essere condotta in termini economici o in termini multi-dimensional (Cap. 2, par. 2.4). I metodi di valutazione di tipo economico si dimostrano, però, di difficile e ambigua applicazione nel caso di impatti sui sistemi naturali, a causa delle grosse lacune informative circa il funzionamento di tali sistemi e della manifestazione ritardata nel tempo degli effetti. Va considerato, inoltre, che la valutazione economica *strictu sensu* perde di significato quando le conseguenze sul sistema naturale sono così ingenti da ridurre la dotazione di capitale naturale (in termini di quantità e di qualità) a valori prossimi a quelli minimi di soglia: questo può verificarsi in caso di impatti localizzati, ma di forte intensità, oppure in caso di impatti lievi, ma estesi sul territorio. Ulteriore elemento di incertezza nelle valutazioni è la non completa conoscenza dei valori minimi di soglia, elemento che rende necessarie delle valutazioni di tipo cautelativo. Dalle considerazioni suddette, ci si rende conto che il ricorso a soli strumenti economici, ovvero che rispecchiano il solo sistema delle preferenze, non è in grado di formulare delle scelte territoriali che garantiscano nel tempo il funzionamento sia del sistema economico sia del sistema naturale. Si rende necessario un approccio che tenga in considerazione sia la struttura di preferenze, che si esprime attraverso giudizi di valore, sia le necessità ecologiche dei sistemi naturali: occorre dunque un approccio multidisciplinare, all'interno del quale si colloca il modello di valutazione proposto.

1.2. Ipotesi, metodi e strumenti del modello

Il modello di valutazione proposto vuole essere uno strumento di aiuto alle decisioni nella pianificazione di area vasta, ovvero nelle scelte localizzative delle attività sul

territorio. Elemento determinante per la scelta degli strumenti utilizzati è la focalizzazione sulla dimensione spaziale delle attività di produzione di capitale economico e di conservazione/sfruttamento del capitale naturale. Essa infatti riveste un ruolo importante sia per l'attività produttiva, in termini di spazio dedicato alle attività produttive e di interazione spaziale tra luoghi di produzione, consumo e abitazione, sia per la qualità dei sistemi naturali, la quale dipende, non solo dall'estensione dell'habitat, ma anche dall'organizzazione spaziale dei diversi *land use*: a parità di superficie naturale complessiva, una struttura spaziale più o meno frammentata comporta una minore o maggiore possibilità di sopravvivenza degli ecosistemi. La "qualità" di un territorio, ovvero lo stato di salute dei sistemi naturali presenti, dipende dalla numerosità, dalla tipologia e dalla dislocazione degli ecosistemi, ovvero dei *land use*. Data la multifunzionalità del territorio e la disomogeneità degli obiettivi da valutare, la metodologia di valutazione più appropriata risulta essere quella dell'analisi multicriteri, proprio per la sua capacità di superare l'ostacolo della incommensurabilità delle variabili.

L'utilizzo di un modello multicriteriale consente di fare una previsione circa le conseguenze dell'adozione di un determinato piano, in termini di incremento di capitale economico, inteso come valore aggiunto ovvero ricchezza generata, e conservazione del capitale naturale, inteso come integrità dei sistemi naturali. In particolare, la produzione di CE è legata alla rispondenza dell'uso del suolo a criteri di localizzazione che favoriscano l'efficienza economica, ovvero il massimo incremento di valore aggiunto. In relazione all'obiettivo della conservazione del CN, invece, la struttura spaziale dovrà essere pensata secondo criteri che garantiscano il continuo rigenerarsi degli ecosistemi. Per l'individuazione delle caratteristiche spaziali e geometriche che si ripercuotono sull'efficienza economica e sulla integrità dei sistemi naturali, si è fatto ricorso a discipline specifiche: rispettivamente, l'Economia Regionale e la *Landscape Ecology*. Il ricorso a principi propri di discipline così diverse e il tentativo di ricondurli all'interno di uno schema decisionale unitario costituisce l'aspetto multidisciplinare del modello. Ma, mentre l'integrità dei sistemi naturali dipende dalla struttura spaziale del territorio con legami di tipo puramente geometrico, la variazione di valore aggiunto/ricchezza generata da un piano è legata al valore che la collettività attribuisce ai beni prodotti e dunque le caratteristiche geometriche del territorio devono essere integrate con giudizi di valore, espressione del sistema di preferenze. Infatti, se è vero che non si possono trascurare le necessità per la sopravvivenza dei sistemi naturali adottando un metro di misura esclusivamente economico, è altrettanto vero che non ha senso fare delle considerazioni di tipo squisitamente ecologico, trascurando la natura antropocentrica del processo di valutazione ed ignorando dunque il sistema di preferenze della società.

La generazione di CE e la conservazione di CN conseguenti all'adozione di un piano sono misurate tramite due indicatori specifici: l'Indice Economico (IE) e l'Indice di Qualità (IQ), parametri che esprimono i due criteri sopra esposti in unità di misura specifiche. L'IE misura il valore aggiunto/ricchezza generato da una certa struttura territoriale, mentre IQ quantifica la capacità di tale struttura di garantire l'integrità dei sistemi naturali nel tempo. Essi hanno il compito di mettere in relazione la capacità di produrre output economico e/o naturale con le caratteristiche spaziali e geometriche del territorio. Si tratta, dunque, di indici complessi, che costituiscono la sintesi di informazioni riguardanti la struttura spaziale del territorio: essi sono calcolati a partire da una serie di indicatori³ che misurano il grado di presenza di alcune caratteristiche del territorio. Dato che lo scopo dell'analisi è quello di evidenziare le conseguenze economiche ed ecologiche delle decisioni di pianificazione, tali indicatori devono essere sensibili alle variazioni della struttura spaziale del territorio. Per natura stessa degli indicatori, il valore che essi assumono non ha senso in termini assoluti, ma solo nel confronto tra più alternative: il modello si propone dunque come uno strumento di tipo comparativo, che permette di operare il confronto tra più soluzioni.

Data l'incommensurabilità dei due indici di sintesi (IE e IQ, che, come si vedrà nel Cap. 5, hanno natura monetaria il primo e adimensionale il secondo), il confronto delle alternative deve essere effettuato secondo ciascun criterio in modo separato, mettendo così in evidenza le prestazioni del piano secondo i due criteri e individuando l'alternativa preferibile secondo l'uno o l'altro obiettivo. Non è possibile, però, individuare l'alternativa ottimale in senso assoluto: per fare ciò occorre innanzitutto esprimere gli attributi attraverso un unico parametro e attribuire un peso relativo ai due obiettivi. Questo è stato fatto attraverso la creazione di una funzione di valore (Keiney e Raiffa, 1976)⁴, espressione matematica in grado di trasformare le prestazioni delle alternative rispetto agli attributi (a) in misure di preferibilità, attraverso il calcolo di un punteggio di valore (V):

$$V = v(a_1, a_2, \dots, a_n)$$

³ Gli indicatori sono delle variabili che rappresentano, integrano e caratterizzano informazioni contenute in vaste serie di dati, che spesso non sono misurabili direttamente. Sono utili strumenti laddove l'informazione primaria è troppo complessa per essere maneggiata senza fare delle aggregazioni (Wiggering et al., 2006).

⁴ Il modello che si propone si colloca dunque tra gli strumenti classificati da Roy (1990) come *multiple criteria decision-making* (MCDM), in cui le preferenze del decisore sono rese completamente esplicite. Al contrario, gli strumenti di *multiple criteria decision-aiding* (MCDA) non si pongono l'obiettivo di individuare la soluzione preferibile in ragione delle preferenze del decisore, ma semplicemente di elencare le caratteristiche delle alternative considerate, in relazione ai criteri individuati.

Nella sostanza, tale modello non fa altro che calcolare un punteggio attraverso l'applicazione di una formula matematica che ha come variabili i fattori/attributi che considerati. Ad ogni attributo viene assegnato un peso che riflette la sua importanza rispetto agli altri (w). I modelli più semplici fanno uso di formule additive, dove il punteggio complessivo non è che la somma opportunamente pesata dei punteggi ottenuti dal progetto su ciascuno degli attributi considerati. La formula più semplice per raggruppare il valore degli attributi pesati è quella lineare o additiva:

$$V = \sum_{i=1}^n w_i a_i$$

Misurato il valore degli attributi per ciascuna alternativa e determinato il peso da attribuire a ciascuno di essi, la formula consente di calcolare il valore V per ogni alternativa e di ordinarle sulla base di tali valori. L'applicazione del modello lineare comporta l'assunzione di alcune ipotesi, in particolare quella della indipendenza nelle preferenze degli attributi considerati, che può non essere sempre accettabile. In questo caso, l'espressione algebrica della funzione di valore si complica (Keiney e Raiffa, 1976). Va in ogni caso tenuto presente che l'applicazione di un modello di questo tipo comporta l'assunzione della almeno parziale sostituibilità tra gli attributi.

2. LE FASI

La metodologia di valutazione proposta rientra nella famiglia delle analisi multicriteriali, e, in particolare, si presenta come un modello di analisi multi-attributo, riferendosi ad un dominio discreto di alternative progettuali. Lo schema generale di implementazione di questi modelli valutativi prevede la definizione delle alternative da considerare e la simultanea definizione dei criteri di analisi. Elemento di forza del modello proposto è la prioritaria definizione degli attributi e dei parametri da considerare, proponendo dei criteri di valutazione che possano essere utilizzati in riferimento a qualunque tipologia di piano⁵. Una volta individuate le alternative da valutare, il modello si sviluppa nelle seguenti fasi:

- Analisi delle alternative:
 - raccolta dei dati necessari al calcolo degli indici;
 - calcolo degli indici Economico e di Qualità;

⁵ La fase più critica e più dispendiosa, in termini di tempo, delle analisi multicriteri risiede proprio nella individuazione dei criteri più appropriati secondo i quali condurre la valutazione.

- Comparazione delle alternative:
 - valutazione di primo stadio, ovvero secondo criteri separati;
 - valutazione di secondo stadio, ovvero l'individuazione della soluzione preferibile.

2.1. L'analisi delle alternative

Come visto in precedenza, scopo del modello è quello di prevedere le conseguenze derivanti dall'implementazione di un piano territoriale, in termini di efficienza economica e di salvaguardia dei sistemi naturali. Questi due criteri sono misurati attraverso due Indici, calcolati a partire da indicatori specifici che misurano alcune caratteristiche del territorio, che influiscono sulla capacità di generare valore aggiunto, da un lato, e sulla capacità di conservazione degli ecosistemi, dall'altro. Le caratteristiche in questione sono di natura puramente geometrica per quanto riguarda la conservazione dei sistemi naturali, mentre sono di natura geometrica ma anche di natura economica, per quanto riguarda invece l'efficienza economica (Cap. 5).

Le informazioni di natura geometrica necessarie per il calcolo degli indici riguardano la dislocazione spaziale dei diversi *land use*, ovvero la distribuzione sul territorio di zone omogenee per destinazione d'uso prevalente (*patches*). In questo senso, il primo passo da fare è quello di individuare e classificare gli usi del suolo presenti/ipotizzati nel piano. In letteratura, esistono vari sistemi di classificazione degli usi del suolo: i più diffusi sono la classificazione SEEA e la classificazione utilizzata nel progetto CORINE⁶. In particolare,

⁶L'*Integrated Environmental and Economic Accounting* (SEEA) è un sistema satellite del sistema di contabilità nazionale, nato allo scopo di considerare le variazioni del capitale naturale nella contabilità degli Stati. Esso comprende quattro categorie di rendicontazioni: la prima considera dati puramente fisici di flussi e materiali; la seconda comprende tutte le spese effettuate per la conservazione ed il mantenimento dell'ambiente; la terza contabilizza il capitale naturale, suddividendolo in risorse, terra ed ecosistemi; la quarta stima il danno ed il degrado ambientale (SEEA, 2003).

Il programma CORINE (COoRdination de l'INformation sur l'Environnement), varato dal Consiglio delle Comunità Europee nel 1985, ha lo scopo primario di verificare dinamicamente lo stato dell'ambiente nell'area comunitaria, al fine di orientare le politiche comuni, controllarne gli effetti, proporre eventuali correttivi. Obiettivi secondari, ma non per questo meno validi, sono la formazione e la diffusione di standard e metodologie comuni e la promozione di contatti e scambi internazionali, per facilitare la realizzazione di iniziative intercomunitarie. All'interno del programma CORINE, il progetto CORINE-Land Cover e' specificamente destinato al rilevamento e al monitoraggio, ad una scala compatibile con le necessita' comunitarie, delle caratteristiche del territorio, con particolare attenzione alle esigenze di tutela. L'azione relativa ha preso le mosse nel 1986, con un intervento pilota sul Portogallo, nel corso del quale sono state individuate e messe a punto esigenze strumentali e metodologie. Il progetto e' attualmente in corso di completamento

il progetto CORINE propone una classificazione degli usi del suolo articolata su 3 livelli, il primo dei quali comprende 5 voci generali che abbracciano le maggiori categorie di copertura sul pianeta (Territori modellati artificialmente, territori agricoli, territori boscati e ambienti semi-naturali, zone umide, corpi idrici); il secondo 15, adatte ad una rappresentazione a scale di 1:500.000/1.000.000 e il terzo 44, con voci più dettagliate, adatte appunto ad una scala di 1:100.000 (Fig. 2). La suddivisione del suolo in zone omogenee deve essere riportata in una cartografia del territorio, che costituirà il dato in ingresso al modello di valutazione, per il calcolo delle caratteristiche geometriche della struttura territoriale ipotizzata.

Per quanto riguarda il calcolo dei parametri di natura economica necessari per la costruzione dell'Indice Economico, occorre avere a disposizione dati unitari sul valore del suolo (Euro/m²), a seconda della destinazione d'uso. Il tipo di dato utilizzato, come sarà meglio evidenziato nel Cap. 5, può essere di diversa natura (PIL, rendita fondiaria, ecc), a seconda dei dati a disposizione e della possibilità o meno di effettuare delle stime econometriche.

Una volta raccolti i dati per ciascuna alternativa considerata, il calcolo dei parametri che misurano le caratteristiche del territorio e la loro successiva aggregazione negli indici Economico e di Qualità, necessita dell'ausilio di un calcolatore elettronico, data la complessità e l'elevata numerosità dei dati in questione. In particolare, sono già disponibili in commercio diversi software in grado di calcolare in modo automatico i parametri necessari alla costruzione dell'Indice di Qualità, a partire da immagini vettoriali o raster in cui sia rappresentata la suddivisione in zone omogenee del territorio e siano classificate le tipologie di uso del suolo considerate. Il programma più diffuso è FRAGSTAT, in quanto si presenta di facile utilizzo ed è scaricabile in modo gratuito dalla rete (<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>). Il problema si pone per il calcolo dei parametri che concorrono a costituire l'Indice Economico. Attualmente non esiste infatti un software atto al calcolo di tali indicatori, ma possono

nell'ambito dell'Unione Europea, e si è esteso anche a Paesi dell'Est europeo e del bacino mediterraneo non appartenenti all'Unione. Il progetto CORINE-Land Cover intende fornire informazioni sulla copertura del suolo, attraverso la realizzazione di una cartografia alla scala di 1:100.000, con una legenda di 44 voci su 3 livelli gerarchici, e fa riferimento ad unità spaziali omogenee o composte da zone elementari appartenenti ad una stessa classe, di superficie significativa rispetto alla scala, nettamente distinte dalle unità che le circondano e sufficientemente stabili per essere destinate al rilevamento di informazioni più dettagliate. Il progetto CORINE-Land Cover intende fornire informazioni sulla copertura del suolo, attraverso la realizzazione di una cartografia alla scala di 1:100.000, con una legenda di 44 voci su 3 livelli gerarchici, e fa riferimento ad unità spaziali omogenee o composte da zone elementari appartenenti ad una stessa classe, di superficie significativa rispetto alla scala, nettamente distinte dalle unità che le circondano e sufficientemente stabili per essere destinate al rilevamento di informazioni più dettagliate.

essere realizzate delle procedure, in ambiente FORTRAN o MATLAB, per il loro calcolo, che acquisiscano i dati in ingresso circa i parametri di natura economica (che possono anch'essi essere rappresentati graficamente).

Questa prima fase di analisi delle alternative porta ad associare a ciascuna di esse una coppia di valori (IQ, IE) che la identifica in modo univoco e ne quantifica le prestazioni secondo i due criteri adottati nel modello.

1. TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE
1.1 Zone urbanizzate
1.1.1. Tessuto Urbano continuo
1.1.2. Tessuto urbano discontinuo
1.2 Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione
1.2.1. Aree industriali o commerciali
1.2.2. Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori
1.2.3. Aree portuali
1.2.4. Aeroporti
1.3 Zone estrattive, discariche e cantieri
1.3.1. Aree estrattive
1.3.2. Discariche
1.3.3. Cantieri
1.4 Zone verdi artificiali non agricole
1.4.1. Aree verdi urbane Aree estrattive
1.4.2. Discariche
2. TERRITORI AGRICOLI
2.1. Seminativi
2.1.1. Seminativi in aree non irrigue
2.1.2. Seminativi in aree irrigue
2.1.3. Risaie
2.2. Colture permanenti
2.2.1. Vigneti
2.2.2. Frutteti e frutti minori
2.2.3. Oliveti
2.3. Prati stabili
2.3.1. Prati stabili
2.4. Zone agricole eterogenee
2.4.1. Colture annuali associate a colture permanenti
2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi
2.4.3. Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti
2.4.4. Aree agroforestali
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI
3.1. Zone boscate
3.1.1. Boschi di latifoglie
3.1.2. Boschi di conifere
3.1.3. Boschi misti
3.2. Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea
3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota
3.2.2. Brughiere e cespuglieti
3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla
3.2.4. Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione
3.3. Zone aperte con vegetazione rada o assente
3.3.1. Spiagge, dune, sabbie (più larghe di 100 m)
3.3.2. Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti
3.3.3. Aree con vegetazione rada
3.3.4. Aree percorse da incendi
3.3.5. Ghiacciai e nevi perenni
4. ZONE UMIDE
4.1. Zone umide interne
4.1.1. Paludi interne
4.1.2. Torbiere
4.2. Zone umide marittime
4.2.1. Paludi salmastre
4.2.2. Saline
4.2.3. Zone intertidali
5. CORPI IDRICI
5.1. Acque continentali
5.1.1. Corsi d'acqua, canali e idrovie

5.1.2. Bacini d'acqua
5.2. Acque marittime
5.2. 1. Lagune
5.2.2. Estuari
5.2.3. Mari e oceani

Figura 2: Classificazione degli usi del suolo adottata dal progetto CORINE.
Fonte: www.sister.it/itaCorine/Corine/progettocorine.htm

2.2. La comparazione delle alternative

La comparazione delle alternative avviene attraverso il confronto dei valori assunti dai due indici in ciascuna di esse. Il confronto può essere effettuato separatamente per ciascuno dei due indici, individuando così due graduatorie delle alternative, una secondo l'IE e una secondo l'IQ, oppure si può cercare di aggregare le variazioni dei due indici in un unico parametro, arrivando così a stilare una graduatoria assoluta delle alternative, in termini di preferibilità. Mentre nel primo caso il confronto è immediato ed oggettivo, nel secondo caso occorre fare delle ipotesi circa l'importanza relativa attribuita dal decisore ai due criteri e, soprattutto, occorre standardizzare i due indici al fine di renderli tra loro commensurabili.

La valutazione di primo stadio

A questo stadio, il modello si colloca tra gli strumenti di *decision-aiding*, in quanto non giunge alla definizione dell'alternativa ottima, ma si limita a confrontare le alternative secondo ciascun criterio in modo separato: non viene formalizzata la struttura delle preferenze, poiché non si stabilisce un ordine di preferibilità/priorità tra i criteri. Trattandosi di una valutazione a due criteri, la tradizionale matrice di valutazione tipicamente utilizzata nelle analisi multi-criteri può essere sostituita da un diagramma cartesiano di più facile lettura, nei cui assi sono riportati i valori dei due indici calcolati (Fig. 3). In questo modo, ciascuna alternativa viene individuata da un punto nello spazio dei criteri, di coordinate (IQ, IE). A questo primo stadio, l'analisi consente di "fotografare" le prestazioni delle diverse alternative secondo i criteri utilizzati, senza introdurre valutazioni "soggettive" legate al sistema di preferenze.

In particolare, partendo da una struttura spaziale di riferimento, che generalmente è quella dello status quo (A_0 in Fig. 3), si possono individuare quattro categorie di alternative:

- le soluzioni preferibili secondo entrambi i criteri, che si posizionano in alto a destra rispetto all'alternativa A_0 . Queste soluzioni si muovono verso una prospettiva di sostenibilità forte e rappresentano alternative "*win-win*", ovvero in

cui la struttura territoriale permette di accrescere contemporaneamente il livello di raggiungimento di entrambi gli obiettivi;

- le soluzioni preferibili secondo l'IQ, che si posizionano in basso a destra rispetto ad A_0 . In questo caso la soluzione in esame sacrifica l'aspetto produttivo in ragione di un incremento della qualità del territorio. Si tratta di alternative che si muovono secondo una prospettiva di conservazione dei sistemi naturali;
- le soluzioni preferibili secondo l'IE, che si posizionano in alto a sinistra rispetto ad A_0 . La struttura territoriale permette una crescita economica del territorio favorendo le attività di produzione, a scapito dell'integrità dei sistemi naturali;
- le soluzioni di degrado (III quadrante), che presentano valori inferiori per entrambi gli indici. In questo caso si tratta di una struttura territoriale miope, da non considerare.

Nel caso delle alternative del primo e ultimo tipo (sostenibili e di degrado), non ha più senso parlare di trade-off: nel primo caso perché si possono contemporaneamente incrementare le prestazioni secondo entrambi i criteri (situazione in realtà assai improbabile in caso di allocazione di risorse scarse, quali il suolo); nel secondo caso perché non ha senso considerare la soluzione.

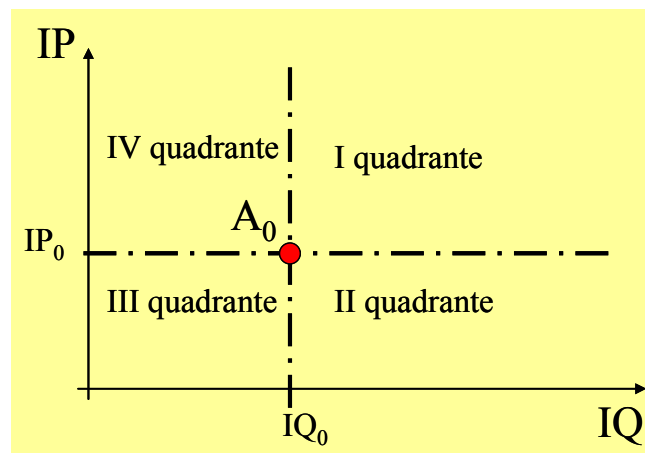


Figura 3: Classificazione delle alternative di piano, in relazione alle variazioni di IQ e IE prospettate.

Già a questo primo stadio di valutazione va tenuto presente che, a seguito dell'ipotesi di parziale sostituibilità tra capitale naturale e capitale *human made* al di sopra di un livello minimo di fornitura di capitale naturale (Cap. 4, par. 1), esiste un vincolo legato al valore minimo accettabile per l'IQ. Deve essere infatti calcolato il valore soglia (IQ_{min}) che indica il livello minimo di presenza delle caratteristiche spaziali al di sotto del quale

si ha la compromissione dell'integrità degli ecosistemi⁷. L'introduzione di tale vincolo suddivide le alternative in due categorie: accettabili o non accettabili, a seconda che il valore assunto in essa dall'IQ sia superiore o inferiore al valore soglia. Ciò significa tutte le alternative per le quali risulta $IQ < IQ_{\min}$, qualunque sia l'incremento previsto per l'IE, devono essere scartate.

A partire dalla situazione iniziale rappresentata dall'alternativa A_0 , e dovendo analizzare le prestazioni di soluzioni di piano alternative (A_1 , A_2 , A_3 , in Fig. 4), la rappresentazione nello spazio dei criteri consente dunque di confrontare le prestazioni delle diverse alternative secondo i due criteri e, conseguentemente, di:

- scartare le alternative che comportano una diminuzione dell'IQ al di sotto del valore minimo di soglia IQ_{\min} ;
- scartare le alternative che comportano una diminuzione di entrambi gli indici, che si collocano dunque nel III quadrante rispetto all'alternativa A_0 ;
- individuare l'obiettivo privilegiato da ciascuna struttura spaziale considerata;
- individuare e scartare le alternative dominate, ovvero quelle che sono superate da altre alternative secondo entrambi i criteri contemporaneamente (ad esempio, l'alternativa A_2 è dominata, in quanto si ha contemporaneamente: $IE_2 < IE_1$ e $IQ_2 < IQ_1$, e dunque l'alternativa A_1 è sicuramente da preferire ad A_2);
- individuare le alternative "non-dominante"⁸, che costituiscono la frontiera di efficienza (A_1 e A_3).

Il limite di questo livello della valutazione è che permette di operare la scelta solo nel caso in cui si presenti una sola alternativa non-dominata. Infatti, in caso di più alternative non-dominante (A_1 e A_3 in Fig. 4), la scelta è possibile solo a seguito di una comparazione tra i criteri. In pratica, bisognerebbe poter sapere se l'incremento in IE previsto dall'alternativa A_3 , al netto della diminuzione di IQ, è preferibile o meno rispetto al minore incremento di IE legato all'alternativa A_1 , aumentato però dell'incremento di IQ previsto da A_1 . Occorre cioè stabilire il segno della seguente equazione/disequazione:

$$\Delta IQ_3 + \Delta IE_3 \begin{matrix} > \\ = \\ < \end{matrix} \Delta IE_1 + \Delta IQ_1$$

A questo stadio della valutazione ciò non è possibile, per due motivi:

⁷ Come sarà meglio evidenziato nel Cap. 5, il valore soglia dell'IQ deve essere calcolato su principi da natura ecologica e costituisce un settore di ricerca aperto nel campo della *Landscape Ecology*.

⁸ Per alternativa "non-dominata" si intende una soluzione che non è superata da alcuna altra alternativa secondo entrambi i criteri contemporaneamente.

- l'incommensurabilità dei due indici. Come sarà spiegato nel Cap. 5, l'IE è espresso in termini monetari, mentre l'IQ è un parametro adimensionale: non è dunque possibile eseguire operazioni di somma algebrica tra i valori assunti dai due indici;
- non è nota la struttura delle preferenze, ossia l'importanza relativa attribuita ai due indici dal decisore.

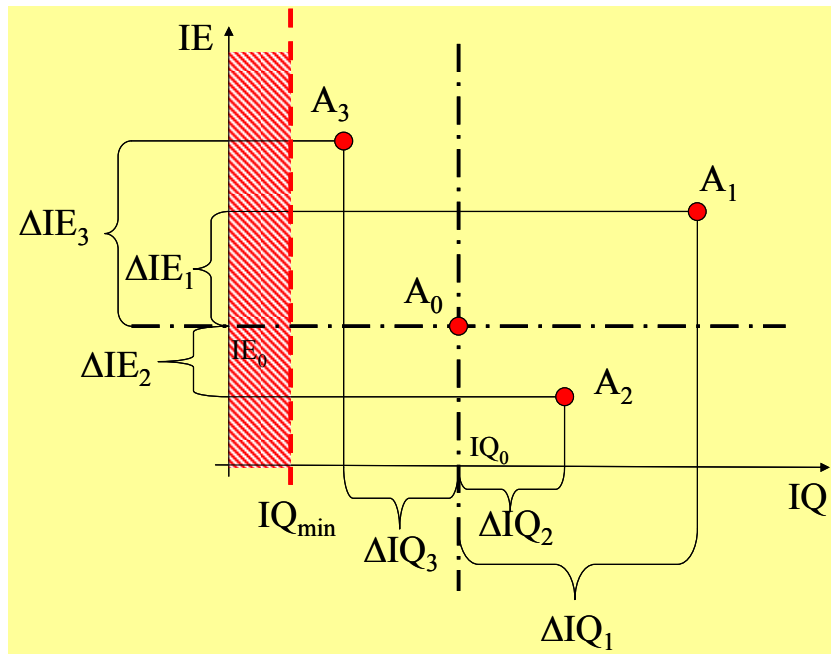


Figura 4: La valutazione di primo stadio consente di confrontare le prestazioni delle diverse alternative in modo separato rispetto a ciascun criterio.

La valutazione di secondo stadio

Scopo di questo secondo stadio della valutazione è quello di arrivare ad individuare l'alternativa preferibile in senso assoluto, attraverso l'ordinamento delle alternative non dominate. A tal proposito, in letteratura si trovano molteplici metodologie, riconducibili a due grandi famiglie:

- le funzioni di valore/utilità. Si tratta di un metodo di origine anglosassone, alla cui base vi è una logica compensativa simile all'approccio utilizzato nell'analisi costi-benefici (Keiney e Raiffa, 1976);
- le analisi di concordanza/discordanza (Electre). Si tratta di un metodo di origine francese, più attento ai conflitti generati dalla decisione che alla compensazione tra vantaggi e svantaggi.

Nel modello proposto, si è scelto di operare attraverso la costruzione di una funzione di valore. Le funzioni di valore sono rappresentazioni matematiche delle preferenze del decisore, in quanto associano a ciascuna soluzione considerata un valore (numero reale,

V) che rappresenta il grado di raggiungimento di un insieme di obiettivi, tale che, se l'alternativa a è preferibile a b secondo le preferenze del decisore, allora $V(a) > V(b)$ ⁹. In questo contesto, si assume che la funzione di valore (o utilità) possa essere costruita come una funzione additiva lineare dei due attributi IE e IQ:

$$V(i) = w_{IE} \cdot IE_i + w_{IQ} \cdot IQ_i$$

dove w_{IE} , w_{IQ} sono i pesi assegnati ai due attributi, entrambi inferiori all'unità e con somma unitaria ($w_{IE} + w_{IQ} = 1$), mentre i è l'alternativa progettuale considerata.

Assumere una funzione lineare additiva, significa accettare alcune ipotesi di fondo, e cioè assumere che:

- l'utilità marginale degli attributi sia costante, ovvero che l'utilità ricevuta da una unità addizionale di un attributo sia indipendente dall'ammontare dell'attributo stesso;
- le utilità dei due attributi siano indipendenti l'una dall'altra, ovvero che l'utilità marginale di un attributo sia indipendente dall'ammontare dell'altro;
- il decisore sia neutrale al rischio;
- vi sia sostituibilità (almeno in parte) tra i due obiettivi, ovvero che una diminuzione dell'Indice Economico possa essere compensata da un opportuno incremento dell'Indice di Qualità (sostenibilità debole)¹⁰.

Per poter costruire la funzione di valore è necessario esprimere gli indici IE e IQ attraverso un unico parametro, per poterli sommare algebricamente, ed è necessario conoscere le preferenze del pianificatore, per poter definire l'importanza relativa attribuita ai due obiettivi.

La riduzione dei due indici ad un'unica unità di misura è stata realizzata attraverso un'operazione di standardizzazione di tipo min-max, attraverso le seguenti funzioni lineari:

⁹La teoria delle funzioni di valore (spesso erroneamente indicata come teoria dell'utilità) permette di tradurre le preferenze in relazioni numeriche. Essa non tiene conto in modo diretto dell'incertezza delle valutazioni, ma ne tiene conto ex-post attraverso l'analisi di sensibilità. Al contrario, la vera e propria teoria delle funzioni di utilità (Keeney e Raiffa, 1976) si applica quando il risultato delle valutazioni, ovvero il valore numerico, è rappresentato da una distribuzione di probabilità (Beinat, 1997).

¹⁰Al contrario, se si assumesse l'ipotesi di sostenibilità forte secondo l'approccio della *Ecological Economics* che sostiene la complementarietà di capitale naturale e capitale *human-made*, occorrerebbe utilizzare delle funzioni di utilità non additive.

$$IQS_1 = \frac{IQ_1 - \min IQ_i}{\max IQ_i - \min IQ_i}$$

$$IES_1 = \frac{IE_1 - \min IE_i}{\max IE_i - \min IE_i}$$

dove IQS_1 e IES_1 sono gli Indici di Qualità ed Economico standardizzati nell'alternativa 1; $\min IQ_i$, $\min IE_i$, $\max IQ_i$, $\max IE_i$ sono rispettivamente i valori minimi e massimi assunti dai due indici nell'insieme delle alternative considerate (Beinat, 1997; Prato, 2007). I coefficienti standardizzati così calcolati potranno assumere valori inferiori o al massimo pari all'unità e andranno a costruire la matrice dei valori standardizzati (Fig. 5).

	Efficienza economica	Conservazione del capitale naturale
Alternativa 1	IES_1	IQS_1
Alternativa 2	IES_2	IQS_2
Alternativa 3	IES_3	IQS_3

Figura 5: Matrice degli indici standardizzati.

L'esplicitazione della struttura di preferenze avviene attraverso la determinazione dei pesi w_{IE} , w_{IQ} .

I metodi per l'assegnazione dei pesi in letteratura sono molteplici. Nel modello teorico proposto, si prendono in considerazione tre set di pesi, che rappresentano tre diversi pianificatori, con strutture di preferenze diverse: il primo predilige un incremento del valore aggiunto del territorio (approccio pro-crescita), il secondo ha un atteggiamento neutrale nei confronti dei due aspetti della produttività economica e della sostenibilità ecologica (approccio neutrale), mentre il terzo è orientato maggiormente alla conservazione e tutela dei sistemi naturali (approccio pro-qualità).

Attributo	Approccio		
	Pro-crescita	Neutrale	Pro-qualità
Indice Economico	0,7	0,5	0,3
Indice di Qualità	0,3	0,5	0,7

Figura 6: Ipotetici pesi dei due attributi per diversi sistemi di preferenze del pianificatore.

Per ciascuna alternativa è possibile dunque costruire tre funzioni di valore, utilizzando i valori standardizzati degli indici e le tre coppie di pesi individuati dalle tre tipologie di decisore (Fig. 7).

		Approccio		
		Pro-crescita	Neutrale	Pro-qualità
Alternativa	1	$V = 0,7 \cdot IPS_1 + 0,3 \cdot IQS_1$	$V = 0,5 \cdot IPS_1 + 0,5 \cdot IQS_1$	$V = 0,3 \cdot IPS_1 + 0,7 \cdot IQS_1$
	2	$V = 0,7 \cdot IPS_2 + 0,3 \cdot IQS_2$	$V = 0,5 \cdot IPS_2 + 0,5 \cdot IQS_2$	$V = 0,3 \cdot IPS_2 + 0,7 \cdot IQS_2$
	3	$V = 0,7 \cdot IPS_3 + 0,3 \cdot IQS_3$	$V = 0,5 \cdot IPS_3 + 0,5 \cdot IQS_3$	$V = 0,3 \cdot IPS_3 + 0,7 \cdot IQS_3$

Figura 7: Calcolo delle funzioni di valore nelle tre alternative considerate, secondo i tre approcci ipotizzati (pro-crescita, neutrale e pro-qualità).

E' dunque possibile, per ciascun approccio considerato, costruire una graduatoria di preferibilità assoluta delle alternative, che è legata alla particolare struttura di preferenze del decisore. Nel singolo caso, l'individuazione dei pesi da assegnare ai due criteri può avvenire secondo svariate modalità. In particolare, potrebbe essere interessante stabilire delle modalità di rilevamento delle preferenze dei diversi gruppi sociali (ad esempio con tecniche quali la valutazione contingente) che confluiscono nella determinazione dei pesi, allo scopo di favorire un approccio partecipato da parte della popolazione.

3. L'APPLICAZIONE DEL MODELLO

Il modello si propone come uno strumento di valutazione della struttura spaziale del territorio, in termini di collocazione degli usi del suolo. L'obiettivo è quello di "misurare" l'efficienza, dal punto di vista economico, della localizzazione delle attività sul territorio e la capacità di mantenere al tempo stesso le condizioni per la sopravvivenza degli ecosistemi (concetto di sostenibilità ecologica). Dal momento che si basa sull'uso di indicatori, il modello assume significato solo in termini comparativi e può essere utilizzato in varie fasi del processo di pianificazione:

- nella fase di analisi ambientale preliminare, in cui la comparazione avviene tra strutture spaziali che si sono susseguite nel tempo nel territorio in esame, fino alla situazione attuale (analisi storica);
- nella fase decisionale di scelta tra più alternative progettuali, in cui vengono comparate le prestazioni delle strutture territoriali proposte nelle diverse alternative.

In questo contesto, dunque, il modello viene applicato in quella che viene definita come "valutazione ex-ante", ovvero antecedente alla realizzazione delle ipotesi progettuali, in cui si cercano di effettuare delle previsioni circa le possibili conseguenze. Nell'ottica dello sviluppo sostenibile, assume carattere fondamentale la dimensione temporale della pianificazione e della valutazione, motivo per cui si parla di "ciclicità"

del processo di pianificazione e di valutazione “ex-post”. Gli indici proposti dal modello vanno dunque ricalcolati a intervalli temporali definiti, allo scopo di inglobare le variazioni sopravvenute nel tempo, soprattutto in termini di efficienza economica. Infatti il progresso tecnologico, l’avvento di nuove e maggiori necessità da parte della società, la variazione delle abitudini e delle mode, comportano nel tempo variazioni circa i parametri di valore da inserire nel calcolo dell’Indice Economico. A fronte della nuova applicazione del modello valutativo, il decisore potrà decidere se correggere quanto fatto o se continuare nella linea adottata. Si deve tenere presente, in ogni caso, che le decisioni circa le trasformazioni territoriali, che comportano una variazione nella destinazione dell’uso del suolo, trovano applicazione in cicli temporali di medio periodo, soprattutto se le trasformazioni riguardano processi di ri-naturalizzazione di territori antropizzati o il recupero di aree degradate, ovvero non produttive né in termini di capitale economico né in termini di capitale naturale.

3.1. Il modello nell’analisi ambientale iniziale

Nel processo di pianificazione, l’analisi ambientale iniziale ha lo scopo di indagare e far luce sulle caratteristiche attuali del territorio, mettendone in risalto punti di forza e di debolezza. Le informazioni raccolte durante questa fase serviranno in fase di progettazione, al fine di elaborare una proposta di piano che non vada ad esercitare pressioni sulle fragilità del territorio da un lato, e che sfrutti le opportunità dello stesso, dall’altro. Nell’ottica della sostenibilità, diventa importante capire che cosa un territorio può offrire, non solo in termini di capacità di carico, ma anche in riferimento alle trasformazioni che ha subito nel corso del tempo. Non va dimenticato, infatti, che, diversamente da quanto accadeva agli albori della storia della pianificazione, i piani attuali devono fare i conti con un territorio già fortemente urbanizzato e stravolto dalle attività antropiche. Nell’ipotizzare una nuova trasformazione del territorio non si può ignorare quanto è stato fatto in precedenza, allo scopo di individuare quale sia la linea di sviluppo perseguita nel tempo e quale sia la “vocazione” del territorio, ovvero capire se esso è stato trasformato in un’ottica di conservazione o, piuttosto, con l’obiettivo di aumentare la produttività.

In fase di analisi preliminare, l’utilizzo del modello presentato in questa sede ha lo scopo di ricostruire la serie storica dei valori assunti dagli Indici Economico e di Qualità, a partire da dati storici sull’uso del suolo (cartografie, foto aeree, ecc). In questo modo, i valori sono calcolati ex post e risultano di facile derivazione anche i parametri di valore necessari per il calcolo dell’Indice Economico. In questo caso, infatti, trattandosi di dati

storici, il valore unitario del suolo può essere ricavato semplicemente attraverso indagini storiche sull'andamento del mercato del terreno.

I valori assunti dai due indici nei momenti storici considerati possono essere riportati in un grafico cartesiano (Fig. 8): le loro variazioni mettono in evidenza le politiche di sviluppo perseguite ed il percorso evolutivo del territorio. Una riduzione nel tempo dei valori di entrambi gli indici mostra che il territorio è andato incontro ad una condizione di degrado, mentre un incremento di entrambi gli indici caratterizza un territorio sostenibile. Se nel tempo, invece, si è assistito ad un incremento del valore dell'Indice Economico a scapito dell'Indice di Qualità, si è di fronte ad una politica di sviluppo che ha voluto sfruttare il territorio a scopi produttivi, incentivando un processo di crescita economica, lasciando in secondo piano l'aspetto della salvaguardia ambientale. Viceversa, un aumento dell'Indice di Qualità a fronte di una diminuzione dell'Indice Economico evidenzia una politica orientata alla conservazione dei sistemi naturali.

Sulla base della serie storica dei valori così ricostruita, il pianificatore potrà decidere se continuare nella linea di sviluppo evidenziata o se correggere l'assetto territoriale per favorire l'incremento dell'uno e dell'altro indice.

In questa fase del processo di pianificazione, il cui obiettivo è quello di analizzare l'evoluzione territoriale nel tempo, l'applicazione del modello si ferma alla valutazione di primo stadio, confrontando separatamente i valori assunti dai due indici nei diversi momenti storici. Infatti, in questo contesto, non ha senso formulare una funzione di valore, non essendo ancora in atto un processo di scelta e non essendovi, dunque, la necessità di creare un ordine di preferibilità tra alternative.

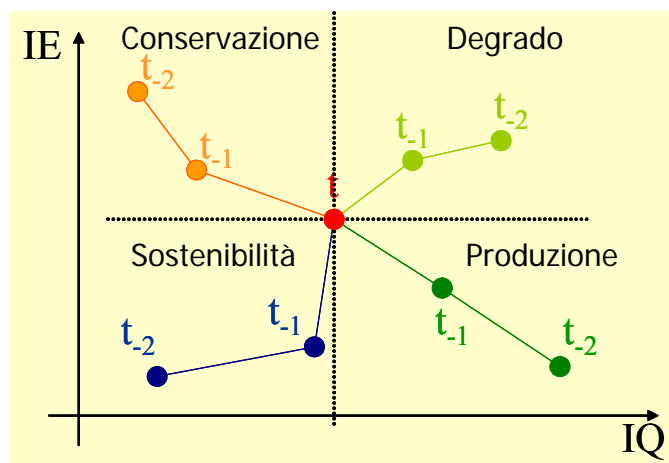


Figura 8: Ricostruzione della serie storica dei valori assunti dai due indici.

3.2. Il modello nella scelta tra le alternative di piano

Nell'ottica della pianificazione sostenibile, assume importanza la formulazione di più ipotesi progettuali alternative, consistenti nella diversa localizzazione spaziale delle attività sul territorio: ciò allo scopo di individuare la soluzione che compromette in misura minore le potenzialità future del territorio, garantendo un adeguato livello di protezione e conservazione dei sistemi naturali da un lato, e un utilizzo razionale ed efficiente della risorsa suolo nei processi produttivi dall'altro. Ciascuna alternativa progettuale avrà infatti ricadute diverse sull'ambiente e sulle attività economiche, in funzione delle relazioni spaziali tra usi alternativi del suolo che propone.

Nell'analisi delle conseguenze economiche ed ambientali delle singole alternative, il calcolo degli Indici del modello viene effettuato su dati ipotetici circa la struttura territoriale, ricavati dalle bozze di piano. Trattandosi di previsioni, i parametri unitari di valore della superficie necessari per il calcolo dell'Indice Economico, assumono il carattere di giudizi di valore, che devono essere stimati attraverso la formulazione di adeguate e specifiche ipotesi di sfruttamento del suolo. Il valore assunto dagli indici per ciascuna alternativa progettuale, ha, in questa fase, carattere previsionale e margini di incertezza legati alla possibile non completa ed approfondita definizione di tutte le attività che insisteranno sul territorio: si tratta infatti di una valutazione *ex-ante*, ovvero precedente alla attuazione del piano.

Vista la ciclicità del processo di pianificazione insita nella definizione di pianificazione sostenibile, una volta attuato il piano e trascorso un periodo di tempo sufficiente per l'assestamento del mercato, è necessario ricalcolare il valore dell'Indice Economico *ex-post*, per verificare la correttezza delle ipotesi circa i giudizi di valore sull'uso del suolo.

I valori assunti dagli indici nelle diverse alternative analizzate, in relazione ai valori attuali, permettono di individuare il carattere dell'alternativa stessa, definendone l'obiettivo principale (sviluppo economico o conservazione) e individuando dunque la linea politica di evoluzione del territorio all'interno della quale essa si colloca. In questa fase, la valutazione di primo stadio risulta fondamentale per la comprensione esplicita e razionale dei trade-off tra i due obiettivi imposti da ciascuna alternativa, indipendentemente dalle linee politiche o dalle preferenze del pianificatore. Infatti, vi possono essere alternative progettuali che comportano l'incremento di uno dei due indici a scapito dell'altro, oppure alternative che comportano l'aumento di entrambi, ma in misura diversa (Fig. 9). Per individuare l'alternativa ottimale, occorre capire quanto il pianificatore sia disposto a sacrificare in termini di diminuzione di un indice per assicurarsi un incremento dell'altro (una specie di Saggio Marginale di Sostituzione tra i

due attributi). Vista, però, l'incommensurabilità dei due indici, la scelta razionale dell'alternativa preferibile passa attraverso la formulazione di una funzione di valore, che traduce le variazioni dei due indici in variazioni di utilità: nella valutazione di secondo stadio, i valori assunti dagli indici sono pesati sulla base del sistema di preferenze del *decision-maker*. In questo modo viene stilato prima un ordine di preferibilità delle alternative in relazione ai singoli criteri (valutazione di primo stadio) e poi in senso assoluto (valutazione di secondo stadio).

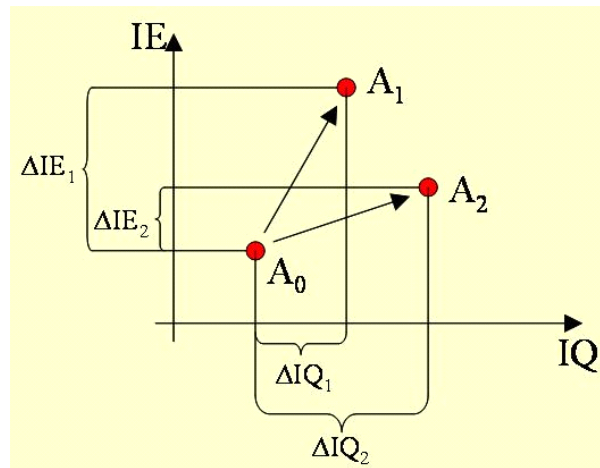


Figura 9: Diverse alternative progettuali comportano variazioni diverse dei due indici. La comparazione delle variazioni apportate nei valori assunti dai due indici dalle diverse alternative progettuali non è effettuabile se non attraverso l'esplicitazione della preferenze del pianificatore e la creazione di una funzione di valore.