

Carta della Natura:

integrazione e aggiornamento della metodologia di valutazione della qualità ambientale e della vulnerabilità territoriale delle Unità Fisiografiche dei Paesaggi Italiani

Relazione finale

Coordinamento scientifico: prof. E. Feoli

Trieste 30 luglio, 2008



Dipartimento di Biologia

Contents

Introduzione ed obiettivi della prima fase di lavoro.....	1
L'acquisizione dei dati.....	3
Il progetto Carta della Natura.....	3
Il progetto del Ministero dell'Ambiente.....	3
La creazione della carta dei sistemi ecologici al 250.000.....	4
Premessa.....	4
Approccio metodologico e scelta dell'area test.....	4
Accorpamento delle voci di legenda della carta degli habitat 1:50.000 ed eventuale definizione di categorie su base fitogeografica.....	5
Confronto con gli strati informativi di GIS natura ed in particolar modo fitoclima, ecopedologia e serie dinamiche.....	5
Individuazione delle procedure per l'aggregazione spaziale delle tipologie.....	5
La realizzazione della carta dei sistemi ecologici al 250.000.....	7
Metodologia generale.....	7
Procedura di realizzazione.....	9
Aggiornamento sequenziale.....	11
Eliminazione.....	12
La valutazione delle unità di paesaggio.....	13
Premessa.....	13
L'aggiornamento della metodologia di valutazione.....	13
Valore ecologico.....	13
Pressione antropica.....	22
L'aggregazione degli indicatori.....	27
La predisposizione di procedure automatiche.....	32
Note conclusive.....	32

Introduzione ed obiettivi della prima fase di lavoro

La presente relazione riguarda le attività svolte nella Convenzione tra APAT e Dipartimento di Biologia dell'Università di Trieste che prevedeva:

- l'acquisizione ed esame dei dati, cartografie e procedure APAT del progetto Carta della Natura alla scala 1:50.000 e l'acquisizione ed esame dei dati e cartografie prodotte nell'ambito degli Studi per il completamento delle conoscenze naturalistiche di base per l'intero territorio nazionale (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare) al fine di individuare quali set minimo di dati impiegare nella revisione della metodologia.
- la messa a punto di nuovi processi informativi e di nuove procedure per la valutazione della qualità ambientale e della vulnerabilità territoriale delle Unità Fisiografiche mediante i dati raccolti nella prima fase e applicazione a tre regioni del territorio italiano che avessero completato la realizzazione della carta della natura in scala 1:50.000.

Il progetto Carta della Natura

L'APAT ha messo a disposizione del Dipartimento di Biologia i dati relativi alle carte degli habitat 1:50.000 sinora realizzate unitamente ai dati ancillari utilizzati per la fase di valutazione prevista nel protocollo di Carta della Natura. È stata inoltre fornita la documentazione descrittiva relativa al metodo di valutazione con le specifiche di calcolo di ogni indicatore. Nella figura 1 vengono illustrate le aree sinora collaudate.

Questi dati permetteranno di scegliere su quali aree sviluppare la nuova metodologia di valutazione delle unità di paesaggio (fase 2) e per la successiva fase di applicazione il metodo (fase 3).

Il progetto del Ministero dell'Ambiente

I dati che sono stati presi in esame, prodotti nell'ambito del progetto "Studi per il completamento delle conoscenze naturalistiche di base per l'intero territorio nazionale", sono contenuti e distribuiti in forma digitale



Figura 1. Stato di avanzamento del progetto Carta della Natura 1:50.000. Fonte dati APAT, giugno 2007.

su un supporto denominato GIS Natura.

I contenuti, messi a disposizione da parte di APAT, sono stati vagliati in funzione del loro possibile utilizzo sia per la creazione della carta dei sistemi ecologici sia nella successiva fase di valutazione delle Unità Fisiografiche di Paesaggio.

A seguito di questa analisi, gli strati informativi che sono stati presi in considerazione sono la Carta del fitoclima, la Carta ecopedologica e la Carta delle serie di vegetazione.

La creazione della carta dei sistemi ecologici al 250.000

Premessa

Approccio metodologico e scelta dell'area test

La carta degli habitat rappresenta uno degli strati informativi di base di Carta Natura alla scala 50.000. Essa fornisce sia contenuti naturalistico-ecologici sia la delimitazione spaziale degli elementi su cui effettuare le valutazioni. La legenda si basa su Corine Biotopes, adattata al territorio nazionale: alcune integrazioni hanno previsto sia l'introduzione di alcune nuove categorie sia l'attribuzione di un nuovo significato ecologico e/o biogeografico. La carta dei sistemi ecologici rappresenta uno strato importante per carta natura al 250.000 perchè fornisce numerose informazioni per la valutazione; in questo caso però non delimita unità da "valutare" in quanto sono le Unità di Paesaggio gli oggetti su cui sviluppare tutto il processo valutativo.

Nello sviluppo del precedente progetto che ha portato alla redazione del Manuale APAT 17/2003, il Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Trieste ha prodotto la carta dei sistemi ecologici di Friuli Venezia Giulia, Veneto e Trentino Alto Adige. Inoltre era stato definito e applicato un metodo di valutazione delle Unità Fisiografiche di Paesaggio, come definite da APAT. La carta dei sistemi ecologici era stata creata mediante fotointerpretazione assistita dalla classificazione delle immagini satellitari Landsat TM ed integrata dalle informazioni geolittologiche, topografiche e biogeografiche.

Nell'ambito del presente progetto si è individuato un sistema di creazione della carta dei sistemi ecologici alla scala 250.000, partendo dall'informazione contenuta nella Carta degli habitat 1:50.000 in fase di esecuzione su scala nazionale.

La procedura si è basata su tre presupposti fondamentali:

- la definizione delle categorie della legenda a partire dal sistema di classificazione Corine biotopes, attraverso un apposito salto a livelli gerarchici più generali
- la definizione delle modalità di integrazione delle informazioni sulle serie dinamiche e di tipo biogeografico
- la definizione delle modalità di ri-aggregazione nel passaggio di scala di aree ad elevata eterogeneità spaziale con categorie molto diverse (es. pascoli e cespuglieti)

Gli ulteriori strati informativi, la stessa carta dei sistemi ecologici in scala 1:250.000 per il Friuli Venezia Giulia e la carta delle serie di vegetazione, prodotta per tutte le regioni d'Italia dal gruppo di lavoro coordinato dal professor Blasi (GISNATURA), sono stati utilizzati in una fase preliminare per l'individuazione di eventuali gruppi di aggregazione e distribuzione degli habitat cartografati in scala 1:50.000.

Tali presupposti informativi hanno permesso di condensare l'informazione della carta degli habitat e, attraverso un'articolazione di procedure automatiche, di creare una nuova carta dei sistemi ecologici, strato informativo essenziale per le valutazioni di Carta della Natura alla scala 1:250.000.

Il metodo è stato dapprima testato e verificato con ottimi risultati in Friuli Venezia Giulia dove, come si è già detto, erano attualmente già disponibili le cartografie alle due scale di lavoro per l'intero territorio regionale: il vantaggio è stato quello di poter confrontare quanto i risultati ottenuti siano congruenti con la carta tematica già

prodotta per questo territorio mediante fotointerpretazione di un operatore specializzato. In seguito è stato applicato a due altre aree campione, le regioni Val D'Aosta e Molise.

Accorpamento delle voci di legenda della carta degli habitat 1:50.000 ed eventuale definizione di categorie su base fitogeografica.

La legenda degli habitat alla scala 1:50.000 è stata articolata cercando di mantenere un livello omogeneo di diversità ecologica e suddivisione fitogeografica dei tipi presenti. L'attenzione massima è data alle tipologie di habitat naturali e seminaturali mentre per le categorie antropiche vi è un dettaglio minore.

Per mantenere questo livello di omogeneità non è stato scelto uno specifico livello decimale di Corine Biotopes: infatti, in questo sistema a volte viene data preminenza alla suddivisione ecologica a volte quella fitogeografica. Inoltre la scala di basso dettaglio richiede una fusione di categorie anche distanti da loro (secondo decimale) ma che tendono a formare mosaici o serie in modo costante (es. rupi e ghiaioni di alta montagna).

Sulla base di queste prime considerazioni viene presentata in allegato una prima proposta di sintesi e ri-aggregazione delle categorie utilizzate nel 50.000 per le tre regioni prese in considerazione. Attraverso questo processo è stata creata una prima lista di sistemi ecologici congrui con la scala 1:250.000.

Confronto con gli strati informativi di GIS natura ed in particolar modo fitoclima, ecopedologia e serie dinamiche.

In questa fase è stata verificata la prima lista di habitat con eventuali integrazioni/miglioramenti ed individuata la metodologia per l'utilizzo dei poligoni della carta delle serie per migliorare i limiti di distinzione delle categorie su base fitogeografica. E' necessario che il prodotto finale di queste due fasi sia coerente dal punto di vista ecologico e fitogeografico. In particolare i tre fattori principali (fascia altitudinale, geolitologia e biogeografia) devono essere ben bilanciati, basandosi sull'assunto che le interpretazioni strutturali (es. prato/cespuglietto, duna nuda/duna vegetata, rupe/mughete) siano già state correttamente interpretate al 50.000.

Alla fine di questa fase sarà prodotta una legenda dei sistemi ecologici valida per l'intero territorio nazionale, che sarà testata nella fase successiva per vedere se sono necessarie ulteriori semplificazioni o possibili maggiori dettagli delle categorie.

Individuazione delle procedure per l'aggregazione spaziale delle tipologie

Una ulteriore elaborazione è stata effettuata incrociando la cartografia regionale creata per il prototipo di carta della natura 1:250.000 con gli habitat 1:50.000 ed il risultato ha consentito di estrarre alcuni principi di aggregazione tra classi che erano parte della conoscenza esperta del territorio integrata dal restitutore nelle fasi di digitalizzazione.

Un nodo da risolvere infatti è la definizione e la generalizzazione della conoscenza strutturale insita nelle relazioni contestuali tra le patches di habitat della stessa classe o di di classi diverse e la definizione precisa delle successive fasi di rappresentazione.

Definite le categorie, attuato il processo di riaccorpamento sulla struttura gerarchica del Corine Biotopes e quello sulla fusione di classi nonché l'eventuale aumento di informazioni desumibili dalle serie dinamiche, uno dei problemi maggiori è quello di conciliare la maggiore eterogeneità di tipo spaziale presente al 50.000 con la scala di destinazione. Infatti, anche se semplificate, saranno presenti vaste aree eterogenee ad esempio di boschi e pascoli, cespuglieti e boschi, praterie e coltivi: la superficie di alcuni poligoni sarà infatti certamente inferiore a quella coerente con una cartografia tematica alla scala 1:250.000.

Per risolvere questi elementi di criticità è stato necessario sviluppare appositi modelli spaziali per riassegnare queste superfici sotto l'area minima, da un lato semplificando questa incongrua eterogeneità spaziale dall'altro cercando di raccogliere e ridefinire l'informazione originale alla nuova scala, definendo delle regole di importanza di alcune categorie rispetto ad altre, come la prevalenza dei sistemi naturali e seminaturali rispetto a quelli fortemente antropizzati.

La realizzazione della carta dei sistemi ecologici al 250.000

Metodologia generale

La carta dei sistemi ecologici viene costruita attraverso processi di aggregazione tipologica e spaziale delle informazioni contenute nella carta degli habitat alla scala 1:50.000. Va infatti sottolineata la distinzione di gestione tra la risoluzione delle entità geometriche (che in generale è ben definita ad una determinata scala) ed il relativo contenuto informativo (attributo non spaziale) che viene spesso determinato in funzione della destinazione d'uso delle cartografie tematiche prodotte.

Il primo passaggio è quello di costruire una tabella di corrispondenze tra le due “legende”. Questo tipo di accorpamento è di tipo gerarchico ovvero prevede la fusione (operazione spaziale di *dissolve*) di habitat appartenenti ad una comune macrocategoria omogenea. Questo primo passaggio avviene tramite una tabella di corrispondenze definite a priori; solo poche ulteriori aggregazioni sono state apportate dopo la verifica delle prime mappe riclassificate.

Dopo questo passaggio di semplificazione tipologica che porta ad una cartografia riaggregata degli habitat, permangono elevati livelli di eterogeneità spaziale non congrui con una cartografia dei sistemi ecologici alla scala 1:250.000. Infatti, i due principali tipi di variabilità non possono essere risolti lavorando solo sulle tipologie; essi sono:

- a) variazioni determinate da diversi livelli di progressione della serie dinamica (es. landa carsica, cespuglieti e boschi) che sono riferibili a tre o più macrocategorie della legenda
- b) variazione dei parametri ecologici che indica mosaici della vegetazione ripetibili solo in alcune aree regionali.

E' quindi necessario impostare un secondo livello del lavoro ovvero una aggregazione spaziale con li compito di definire i perimetri delle nuove unità ecologiche sulla base di alcuni concetti fondamentali.

Per quanto riguarda l'area minima, il presupposto iniziale è quello di non ritenere adeguati per una carta di sistemi ecologici in scala 1:250.000, poligoni con un area al di sotto dei 25 ettari (corrispondenti ad una superficie sulla carta di 2x2 mm), misura standard peraltro adottata dalla cartografia Corine Landcover.

E' stato testato il comportamento delle classi cercando di valutare statisticamente sulla regione Friuli Venezia Giulia quante patches e quanta superficie andrebbe a scomparire per classe di sistema ecologico con una semplice operazione spaziale di *eliminate* utilizzando anche altre aree minime come 10 e 5 ettari. Quest'ultima prevede l'annessione della patch sotto l'area minima con la vicinore di maggior superficie o con cui condivide il maggior perimetro.

Un'operazione di questo tipo applicata direttamente alla carta degli habitat non produce risultati accettabili. Un'area minima di 25 ha produce effetti devastanti facendo scomparire molte classi di sistemi di pregio; un'area minima di 5 ha, invece, non produce effetti significativi dal punto di vista della generalizzazione spaziale necessaria alla scala 1:250.000.

Tale tipo di analisi ha messo in luce che debbano essere presi quindi in considerazione altri due fattori:

- la presenza di patches sotto l'area minima, ma che sono sufficientemente vicine da creare una patch mosaico che include parte della matrice sottostante
- la realizzazione di una tabella di ranking nella quale vengano attribuite priorità diverse alle nuove classi di legenda riaggregate al 250.000, in una classifica continua che privilegia le evidenze (da mettere cartograficamente in risalto) rispetto alle sottostanti matrici, cartograficamente erodibili ma che concettualmente entrano a far parte del nuovo sistema ecologico riaggregato.

La distanza tra le patches è quindi un altro dei parametri per i quali è stata fissata una soglia e che condiziona le modalità di aggregazione delle patches di una classe (fig. 2, da Steiniger e Weibel, 2007¹). Il punto chiave è dunque la suddivisione in classi dominanti, in matrici ed isole e la definizione di un set di classi gerarchicamente

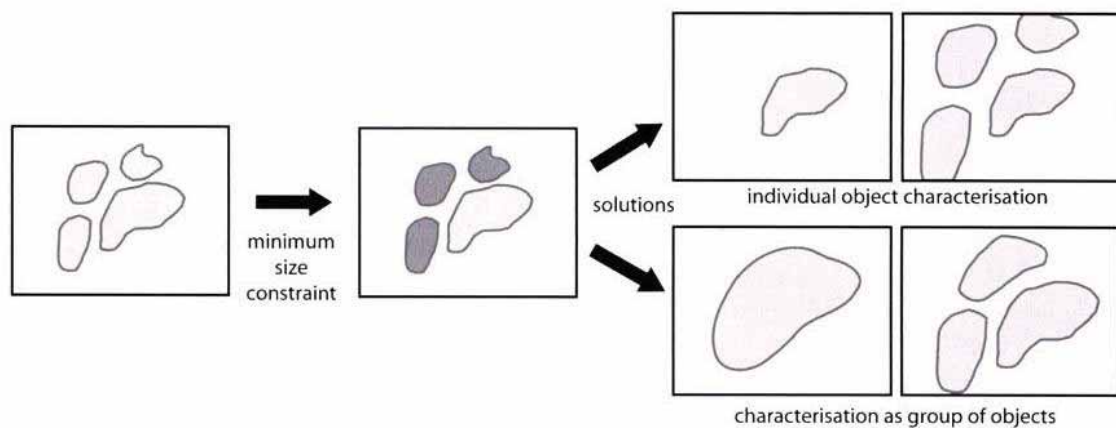


Figura 2. Aggregazione secondo area e distanza minima

¹ Steiniger, Stefan; Weibel, Robert, 2007. Relations among Map Objects in Cartographic Generalization, Cartography and Geographic Information Science, Volume 34, Number 3, July 2007, pp. 175-197(23).

più elevate (al di sopra di una soglia di naturalità, vedi in seguito la descrizione degli indicatori di pregio) che fanno da punti di aggregazione e che competono tra di loro nello spazio per aggregare le proprie patches sotto l'area minima a formare superclassi composite.

La procedura di trasformazione della carta degli habitat al 50.000 in una carta dei sistemi ecologici al 250.000 dunque richiede delle informazioni preliminari:

- a) la chiave di riaggregazione gerarchica in cui ad ogni habitat al 50.000 viene assegnato un sistema ecologico di destinazione, definito compatibilmente alla scala 1:250.000 per la regione in esame
- b) una scala di valori, validi per la regione in esame, assegnati ad ognuno dei sistemi ecologici che permettano di definirne la priorità nella competizione dello spazio di rappresentazione cartografica

Sia la chiave, sia la scala di priorità in questa revisione sono stati definiti a livello regionale ma tali corrispondenze e valori possono essere generalizzate a livello nazionale oppure dettagliate a livello di serie di vegetazione.

Procedura di realizzazione

La creazione di una cartografia dei sistemi ecologici al 250.000 avviene secondo le sequenze di operazioni di seguito elencate:

- riclassificazione
- aggregazione e semplificazione
- aggiornamento sequenziale
- eliminazione

Riclassificazione

INPUT: carta degli habitat al 50.000, tabella di ricodifica habitat-sistemi, OUTPUT: Aggregazione gerarchica di sistemi

Il modello usa la tabella di ricodifica habitat sistemi per costruire una prima carta di sistemi ecologici usando principalmente il metodo *dissolve*. Quest'ultimo permette di aggregare e fondere tra di loro le singole entità o patches sulla base di un attributo specifico, nel nostro caso il sistema ecologico di destinazione. Il risultato è una carta di sistemi ecologici costruita su base di aggregazione puramente gerarchica e geometricamente compatibile ancora con la risoluzione spaziale di partenza propria di una cartografia 1:50.000.

Aggregazione

Questa operazione viene effettuata mediante un modello in ambiente arcgis che consente per ogni classe di verificare le possibilità di autoaggregazione a formare aree compatibili con la superficie minima definita per i sistemi a scala 1:250.000.

Sui macropoligoni risultanti viene poi fatta una valutazione mediante uno *spatial join* per valutare se la somma delle superfici dei poligoni aggregati raggiunge i 25 ettari totali; in caso contrario il macropoligono viene eliminato dalla mappa del singolo sistema.

Le mappe dei singoli sistemi vengono poi sottoposte ad una operazione di generalizzazione cartografica (*simplify polygon*) per rendere i contorni dei poligoni compatibili con la scala 1:250.000, rimuovendo asperità marcate nei bordi ma cercando di mantenere la forma originale del macropoligono. Il metodo di generalizzazione utilizzato è il *Bend Simplify* (Wang and Muller, 1998²), che rispetto ad una semplice rimozione di punti, usando algoritmi più complessi che premettono all'operazione una analisi della forma complessiva del poligono, rende forme risultanti più fedeli a quelle originali. Molto importante la scelta della tolleranza di semplificazione: nel nostro caso la scelta della misura compatibile con la scala è di 250 metri.

Aggiornamento sequenziale

Le singole mappe così ottenute dovranno essere combinate in sequenza seguendo i criteri di priorità definiti per la regione in esame. Partendo dal sistema meno pregiato, una serie di operazioni di aggiornamento e sovrapposizione (*update*) consente di ricreare una nuova cartografia completa dei sistemi ecologici, garantendo l'evidenza dei contenuti più di pregio rispetto a quelli di sfondo relativamente meno importanti.

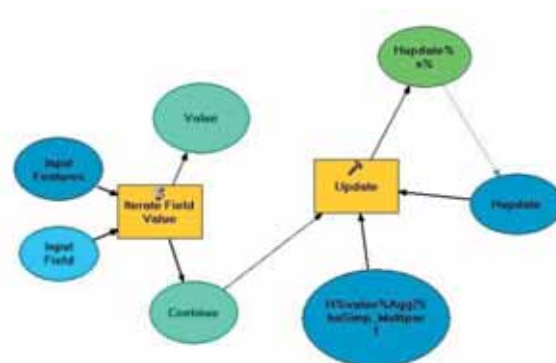


Figura 5. Il modello di aggiornamento sequenziale

² Wang, Z., Muller, J.C., 1998. Line Generalization Based on Analysis of Shape, Cartography and Geographic Information Systems, 25, pp 3-15.

Eliminazione

La cartografia così ottenuta ha bisogno di una ulteriore rifinitura, che permetta di riassegnare poligoni minimi residui o parti della regione (in totale intorno al 10% della superficie della regione) che non hanno subito una precisa destinazione, anche a causa della elevata eterogeneità tipologica che le operazioni di aggregazione e generalizzazione hanno definito come non rappresentabili alla scala 1:250.000. In questo caso l'operazione di *eliminate* consente di assegnare le piccole zone residue ai sistemi ecologici contigui con i quali condividono la parte di perimetro maggiore, portando così alla cartografia definitiva dei sistemi ecologici.

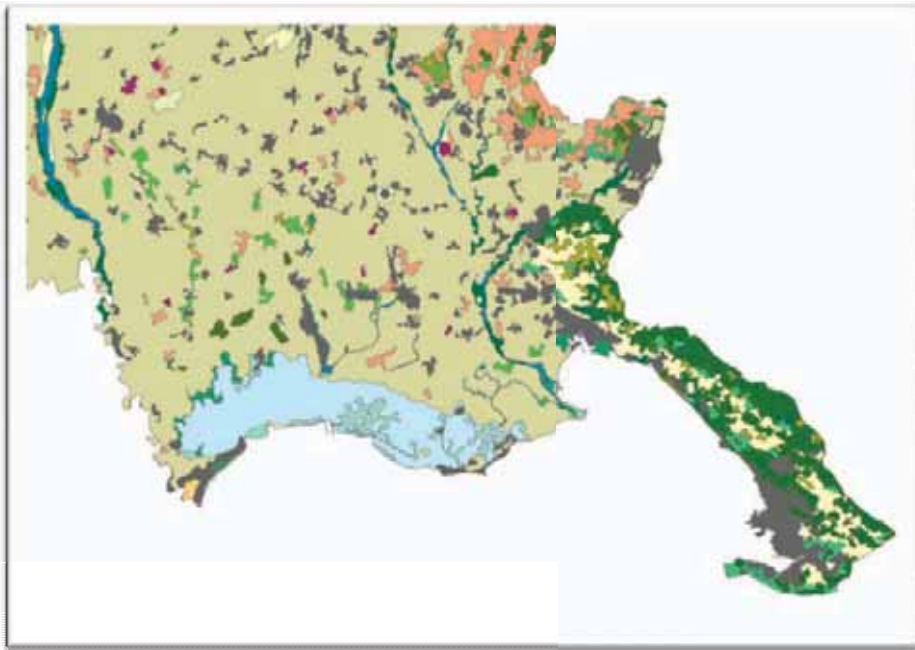


Figura 6. Nuova carta dei sistemi ecologici 1:250.000 del Friuli Venezia Giulia



La valutazione delle unità di paesaggio

Premessa

La predisposizione della nuova metodologia di valutazione delle unità fisiografiche di paesaggio è stata inizialmente affrontata assieme ai referenti del Servizio Carta della Natura dell'APAT in un incontro tenutosi nel mese di maggio 2007.

Il principio di fondo su cui si concorda è la messa in relazione degli indicatori alle due scale di lavoro (50 e 250 mila), tenendo conto che gli oggetti che vengono valutati sono in un caso gli habitat (50 mila) e nell'altro le unità fisiografiche di paesaggio. Si segue inoltre il principio che escluda la ridondanza degli indicatori e che questi vengano calcolati alla scala pertinente secondo l'impostazione delle proprietà emergenti propria di ogni metodo di valutazione di unità operative geografiche.

L'aggiornamento della metodologia di valutazione

La predisposizione della nuova metodologia di valutazione delle unità fisiografiche di paesaggio per analogia con le valutazioni alla scala 1:50.000 prevede la suddivisione in tre categorie di indicatori:

- indicatori di valore: prendono in considerazione la composizione delle unità operative geografiche
- indicatori di sensibilità: valutano la struttura delle unità
- indicatori di pressione: considerano gli agenti di origine antropica

Gli indicatori vengono di seguito descritti singolarmente e sono presentate le cartografie ottenute dall'applicazione delle procedure alle unità fisiografiche della regione Friuli Venezia Giulia.

Valore ecologico

Gli indicatori proposti per valutare il valore ecologico sono:

- naturalità
- molteplicità ecologica
- rarità ecosistemica (livello regionale)
- rarità delle unità di paesaggio
- inclusione in aree protette

Naturalità

Analogamente alla metodologia precedente, l'indicatore di naturalità valuta la distanza di una UDP dalla condizione di massima naturalità. Il dato di partenza è la carta dei sistemi ecologici che viene riclassificata in 4 classi di valore ecologico come riportato in tabella 1.

Il tematismo così ottenuto viene intersecato con le UDP e si procede quindi al calcolo dell'area equivalente (patch area x valore naturalità).

nome	naturalità
Fiumi alpini e planiziali, greti fanghi e loro vegetazione erbacea	4
Formazioni a Pinus mugo	4
Cespuglieti e formazioni a megaforbie subalpine	4
Pinete alpine di pino nero	4
Leccete illiriche	4
Paludi, torbiere di transizione e sorgenti	4
Rupi e ghaioni basici termofili dell'Italia peninsulare	4
Rupi e ghaioni acidi delle Alpi e dell'Appennino settentrionale	4
Ghiacciai e superfici costantemente innevate (DH)	4
Foreste a pino uncinato subalpine	4
Foreste a pino uncinato montane	4
Pinete a pino silvestre	4
Fiumi mediterranei e loro vegetazione erbacea	4
Paludi salate ed altri ambienti salmastri	3
Spiagge e dune sabbiose del litorale con vegetazione erbacea	3
Dune brune con vegetazione legnosa	3
Lagune	3
Brughiere alpine e boreali	3
Cespuglieti di latifoglie del Berberidion e Pruno-Prubion	3
Pascoli alpini e subalpini acidofili	3
Pascoli alpini e subalpini su calcare delle Alpi	3
Faggete acidofile centroeuropee	3
Faggete neutrofile e mesofile delle Alpi	3
Faggete subalpine delle Alpi	3
Faggete calcifile termofile delle Alpi	3
Quercio-carpinieti sudalpini	3
Foreste miste di forra	3
Querceto a rovere dell'Italia settentrionale	3
Querceto a roverella dell'Italia settentrionale e dell'Appennino centro-settentrionale	3
Boscaglie di Ostrya carpinifolia	3
Abetine calcifile delle Alpi e dell'Appennino centro-settentrionale	3
Abetine acidofile delle Alpi e dell'Appennino centro-settentrionale	3
Peccete subalpine	3
Peccete montane	3
Lariceti (Laricetum deciduae) come formazioni boschive oppure come brughiere e prati alberati subalpini	3
Boschi e cespuglieti ripari	3
Boschi torbosi a ontano e salici	3
Betuleti	3
Calanchi ed aree erosive	3
Cespuglieti appenninici del Cytision	3
gariche e macchie calcicole	3
Pascoli alpini appenninici	3
Faggete calcifile appenniniche	3
Boschi a cerro e farneto appenninici	3
Pinete di pini mediterranei	3
Leccete dell'Italia peninsulare	3
Acque ferme	2
Prati aridi sub-mediterranei or	2
Nardeti atlantici e comunità correlate	2
Pascoli alpini e subalpini fertilizzati	2
Praterie umide e formazioni ad alte erbe	2
Prati falciati e trattati con fertilizzanti	2
Castagneti	2
Rimboschimenti a conifere indigene	2
Frutteti	2
Praterie steppici subcontinentali	2
Praterie e pascoli dei Festuco-Brometea	2
Praterie aride mediterranee	2
Sistemi colturali estensivi ed eterogenei a dominanza di seminativi	1
Vigneti	1
Piantagioni di conifere	1
Piantagioni di latifoglie	1
Oliveti	1
Bacini artificiali	1
Sistemi colturali intensivi e continui a dominanza di seminativi	0
Città, centri abitati	0

Tabella 1. Valori di naturalità per i sistemi ecologici.

L'area equivalente viene divisa per l'area totale dell'UDP moltiplicata per 4, situazione ideale se tutta l'UDP fosse occupata solo da sistemi ecologici ad alta naturalità.

Si ottiene un valore continuo tra 0 ed 1. La figura riporta il risultato per l'area.

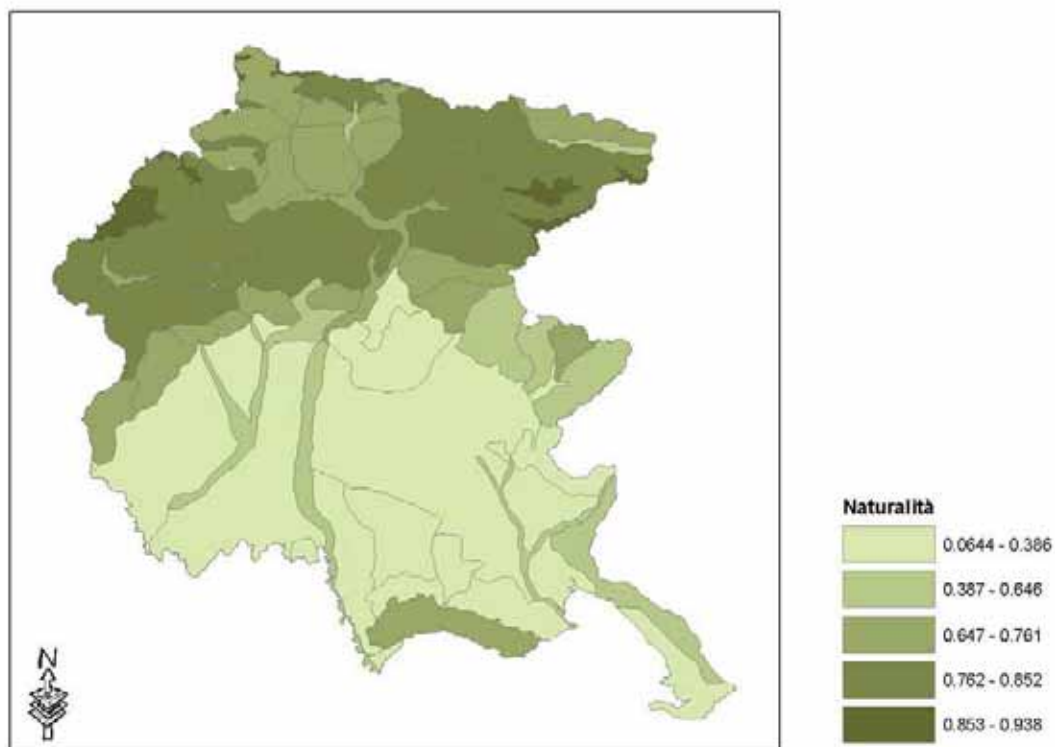


Figura 8. indicatore di naturalità delle unità fisiografiche di paesaggio del Friuli Venezia Giulia (grado di appartenenza alla condizione di massima naturalità).

Molteplicità ecologica

L'indice di molteplicità è costruito a partire dalla carta dei biotopi in scala 1:50.000. Mediante sovrapposizione spaziale si verifica il numero di tipologie biotopes che ricadono in ciascuna unità di paesaggio.

Questo indice ha la funzione di dare una misura diretta della diversità presente nelle unità geografiche.

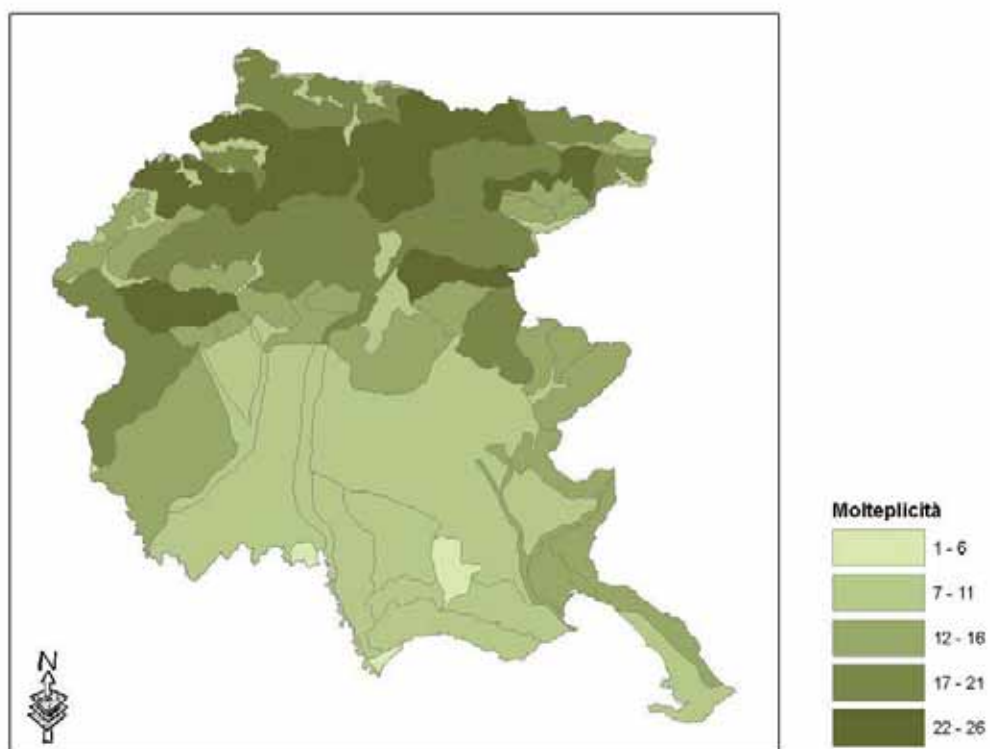


Figura 9. indicatore di molteplicità ecologica delle unità fisiografiche di paesaggio del Friuli Venezia Giulia (numero di tipologie di habitat in scala 1:50.000 per udp).

Rarità ecosistemica (livello regionale)

L'indicatore di rarità è una misura della diffusione degli habitat non artificiali nelle unità di paesaggio. Rispetto alla metodologia già proposta, l'indicatore è stato modificato limitandosi al calcolo della somma pesata sulla rarità delle superfici di ogni sistema ecologico. Non viene quindi effettuato il rapporto con la superficie dell'unità di paesaggio. Rimane pertanto una stima quantitativa espressa in ettari equivalenti che fornisce una stima della superficie di habitat rari contenuta in una unità di paesaggio. La scelta di modificare l'indicatore risiede nella correlazione dei risultati con il valore ecologico che si riscontrava nella precedente formulazione.

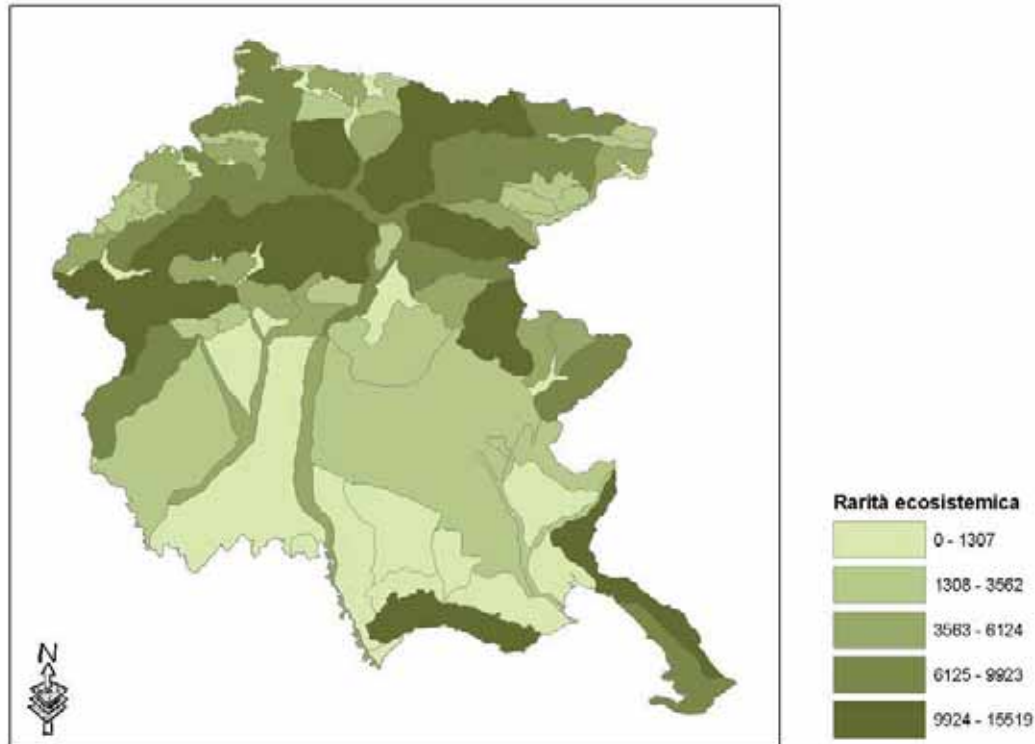


Figura 10. indice di rarità ecosistemica regionale delle unità fisiografiche di paesaggio del Friuli Venezia Giulia (ettari equivalenti).

Rarità delle unità di paesaggio

Rimane invariato rispetto alla precedente metodologia, il calcolo del grado di diffusione dei tipi di paesaggio. L'unità di misura è quindi la percentuale di diffusione della tipologia di unità di paesaggio in base alla sua distribuzione a livello nazionale.

Tanto più bassa è la percentuale tanto maggiore è la rarità di quella tipologia e tanto maggiore è la sua importanza.

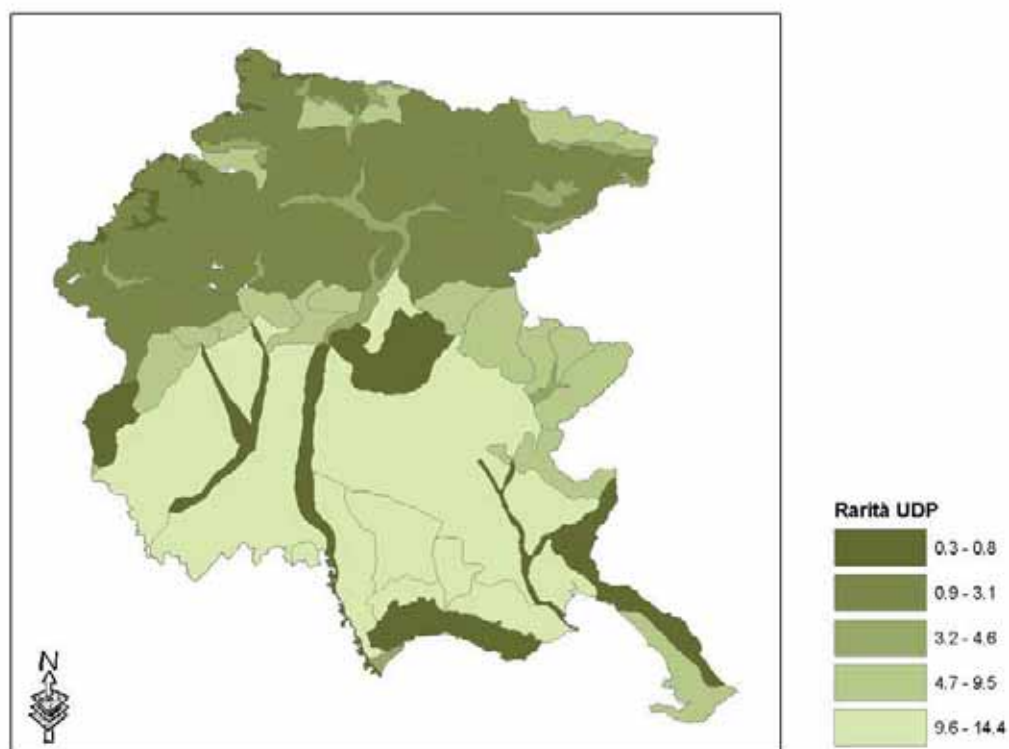


Figura 11. indice di rarità delle unità fisiografiche di paesaggio del Friuli Venezia Giulia (% di diffusione a livello nazionale).

Inclusione in aree protette

Un indicatore che viene introdotto nell'insieme dei parametri ecologici è quello della protezione. Analogamente a quanto avviene alla scala 1:50.000 si attribuisce un valore alle unità di paesaggio che ricadono, anche parzialmente, in aree protette (Parchi e riserve naturali).

L'elevata capillarità della rete natura 2000 (SIC e ZPS) rende meno significativo questo tipo di indicatore e si propone quindi di adottare solo il livello di protezione esistente come indice di valore ecologico, mantenendo come valori possibili 1 se l'unità è interessata da un'area protetta e zero quando ciò non si verifica.

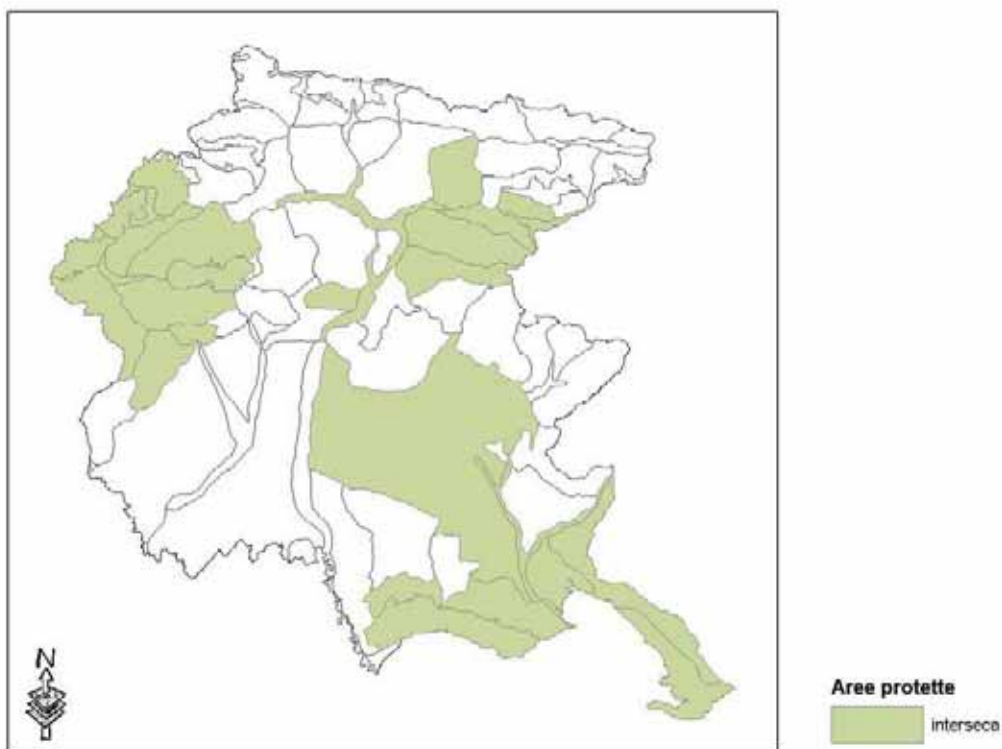


Figura 12. indice di inclusione delle unità fisiografiche di paesaggio in aree protette del Friuli Venezia Giulia.

Sensibilità

Nel calcolo della sensibilità la revisione del metodo ha verificato l'applicabilità degli indicatori utilizzati per la valutazione delle serie di vegetazione, in particolare l'indice di coesione (patch cohesion) per la definizione della struttura paesistica e la quantificazione della connettività e porosità territoriale.

L'analisi per la definizione della struttura paesistica è stata condotta utilizzando l'indice Patch cohesion (proposto nel software di analisi del paesaggio Fragstats). Al fine di verificare la sua applicabilità nel contesto di carta della natura si è operato sia in ambiente vettoriale che in ambiente raster testando la metodologia con differenti dimensioni di cella (50, 100, 250, 500 metri).

Da questa verifica è emerso che il valore che si ottiene ha un'estrema variabilità in funzione della dimensione di cella scelta, mentre utilizzando le misure di perimetro e area dell'habitat in ambiente vettoriale il calcolo non differenzia in maniera significativa le unità considerate.

Alla luce di queste considerazioni si è ritenuto di mantenere la formulazione originaria dell'indice di frammentazione di Jaeger (Landscape Division Index) come indicatore della sensibilità delle aree ad alto valore naturale.

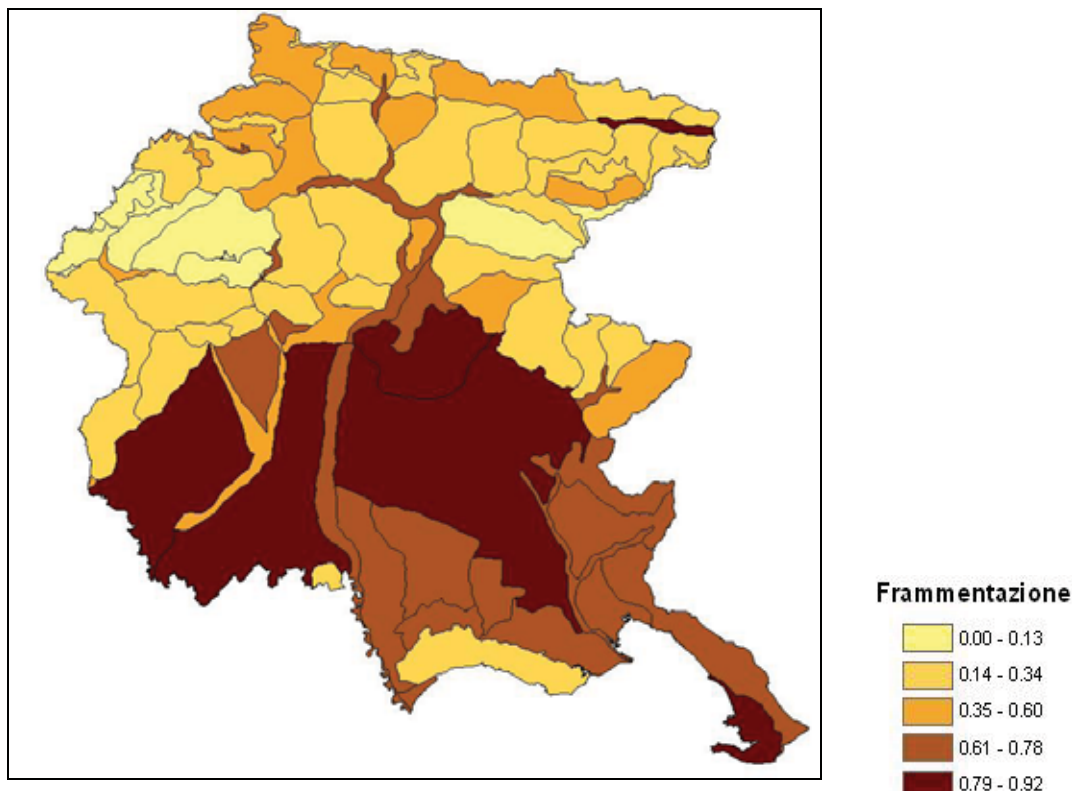


Figura 13. Indice di divisione territoriale (Jaeger, 2000) calcolato sui valori di naturalità.

Pressione antropica

Gli indicatori proposti per valutare le fonti di pressione sono:

- impatto dovuto alle attività agricole
- impatto calcolato mediante il metodo degli abitanti equivalenti
- impatto dovuto alle infrastrutture di trasporto (stradale e ferroviario)
- sottrazione di territorio dovuto alla presenza di aree urbane
- presenza di aree protette (inteso come detrattore di pressione antropica)

Impatto dovuto alle attività agricole

Uno dei nuovi elementi di valutazione della pressione dovuta all'attività antropica è quello relativo all'impatto da attività agricole. Esso va a sostituire i precedenti indicatori relativi ai fertilizzanti azotati ed al fosforo, mentre la sua formulazione segue il principio di utilizzo di dati statistici disponibili per l'intero territorio nazionale e mediati su un arco temporale di tre anni (2003-2005).

L'indicatore viene costruito a partire da due dati: la quantità di fitofarmaci venduti per provincia e la SAU (superficie agricola utilizzata) comunale. Mediante attribuzione proporzionale alla SAU per ciascun comune il dato viene spazializzato e successivamente riaggregato per unità di paesaggio in maniera proporzionale alla superficie comunale intersecata.

La fonte dati dei fitofarmaci è il Sistema informativo agricolo nazionale (<http://www.sian.it>).

Il dato viene quindi espresso in media triennale di quintali di fitofarmaci per unità di paesaggio.

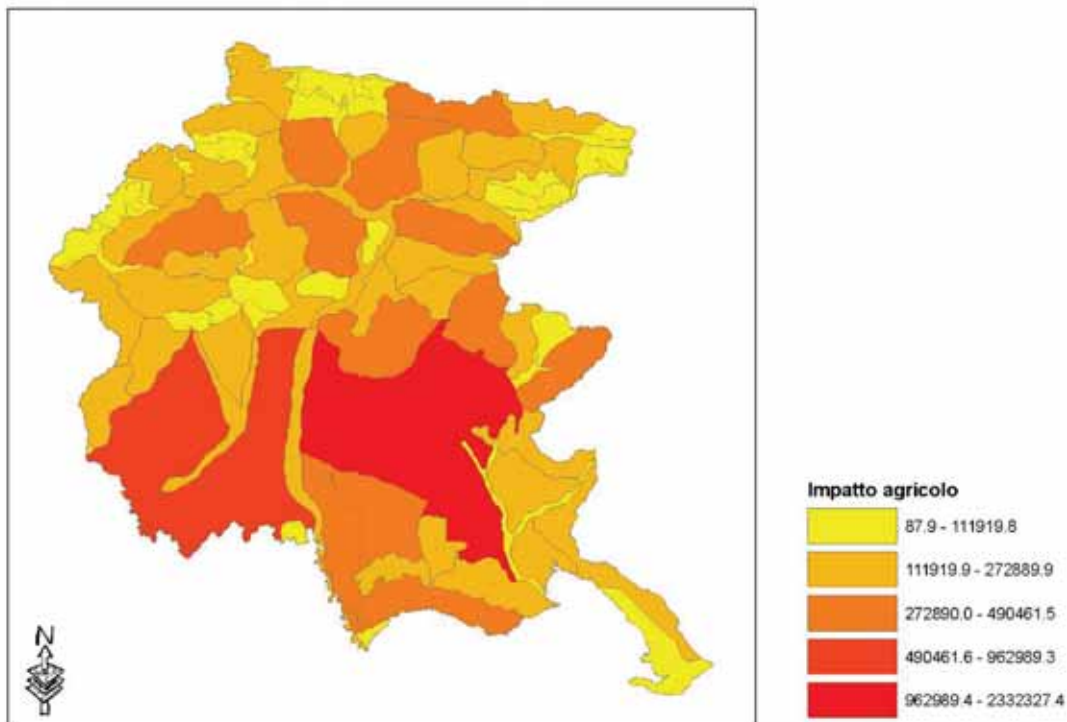


Figura 14. indice di impatto sulle unità fisiografiche di paesaggio del Friuli Venezia Giulia dovuto alle attività agricole.

Abitanti equivalenti

Il carico inquinante complessivo di origine antropica viene calcolato mediante il metodo degli abitanti equivalenti ripercorrendo la metodologia già utilizzata ed aggiornando i calcoli con i dati più recenti a disposizione rilevati nel 2000 (censimento della popolazione, censimento generale dell'industria e dei servizi e censimento dell'agricoltura).

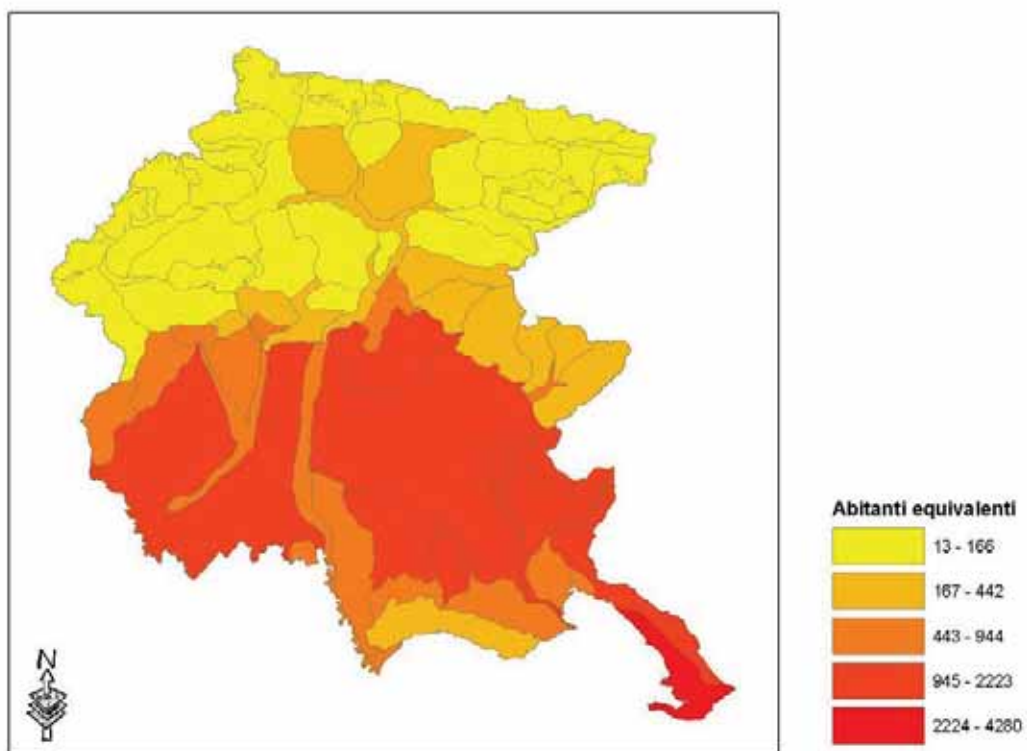


Figura 15. indice di impatto sulle unità fisiografiche di paesaggio del Friuli Venezia Giulia dovuto agli abitanti equivalenti.

Impatto dovuto alle infrastrutture di trasporto (stradale e ferroviario)

L'effetto di frammentazione del territorio viene calcolato anche alla scala 1:250.000, utilizzando la base di dati nazionale delle infrastrutture stradali e ferroviarie già utilizzata alla scala 1:50.000. Anche in questo caso si utilizzano i pesi attribuiti alle diverse tipologie di strada e l'indicatore esprime il numero di metri equivalenti / ettaro di superficie di unità di paesaggio.

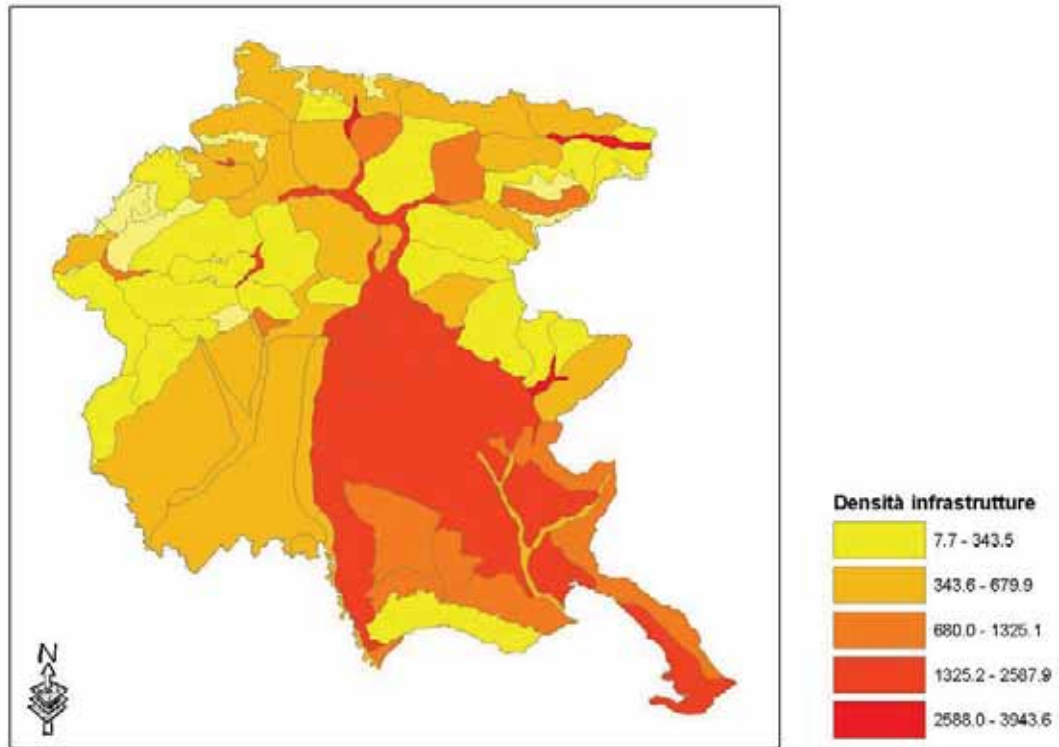


Figura 16. indice di impatto sulle unità fisiografiche di paesaggio del Friuli Venezia Giulia dovuto alle infrastrutture.

Sottrazione di territorio dovuto alla presenza di aree urbane

Nella categoria degli impatti dovuti alla presenza dell'uomo ed alla conseguente sottrazione di superficie all'ambiente naturale, ricade l'indicatore che stima la percentuale di superfici dell'unità di paesaggio occupata da aree urbane.

Il dato di partenza è la classe 86.1 (Città e superfici urbane) derivata dalla cartografia degli habitat in scala 1:50.000 che viene intersecata con le unità di paesaggio. Successivamente l'area viene rapportata alla superficie complessiva dell'unità per ricavare la percentuale occupata.

Il range di valori nel caso del Friuli Venezia Giulia è estremamente ampio, da situazioni di assenza di superficie urbanizzata al caso di unità occupate per oltre il 50% della loro area.

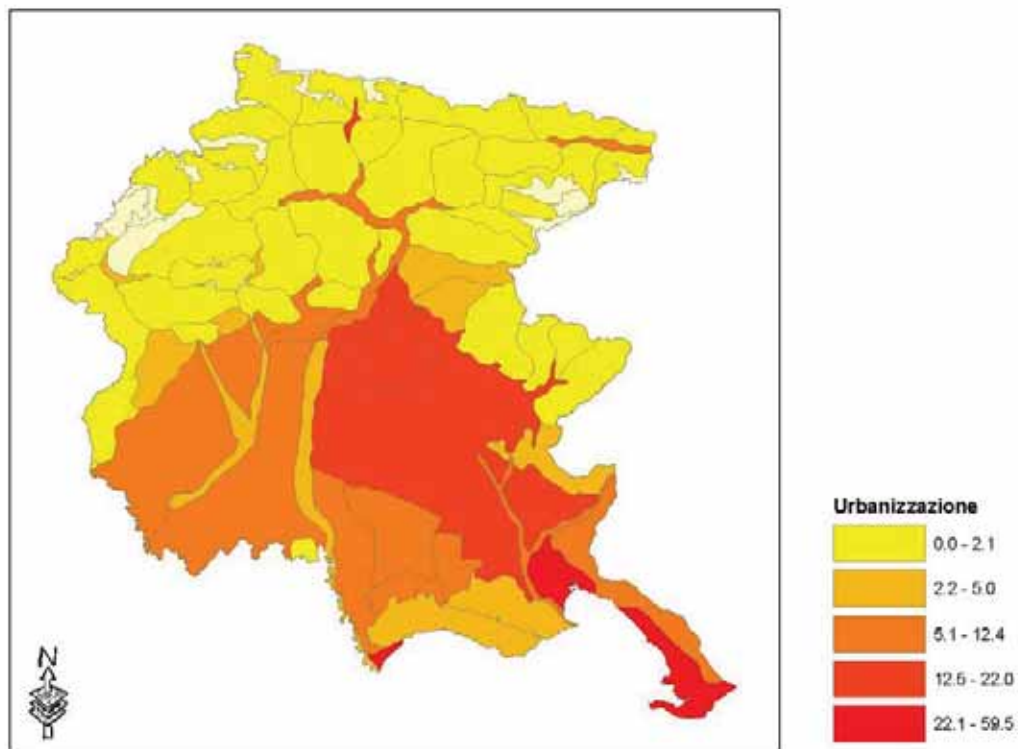


Figura 17. indice di impatto sulle unità fisiografiche di paesaggio del Friuli Venezia Giulia dovuto al grado di urbanizzazione.

Presenza di aree protette (inteso come detrattore di pressione antropica)

Nella nuova proposta metodologica, si è inteso inserire un ulteriore effetto dovuto alla presenza di aree protette sul territorio quale detrattore di pressione. Viene quindi introdotto un indicatore di riduzione della pressione antropica proporzionale alla percentuale di superficie dell'unità di paesaggio sottoposta a forme di tutela (parchi e riserve naturali) riconoscendo che la gestione del territorio risente positivamente della presenza delle aree protette il cui effetto diretto è quello di ridurre complessivamente l'impatto antropico.

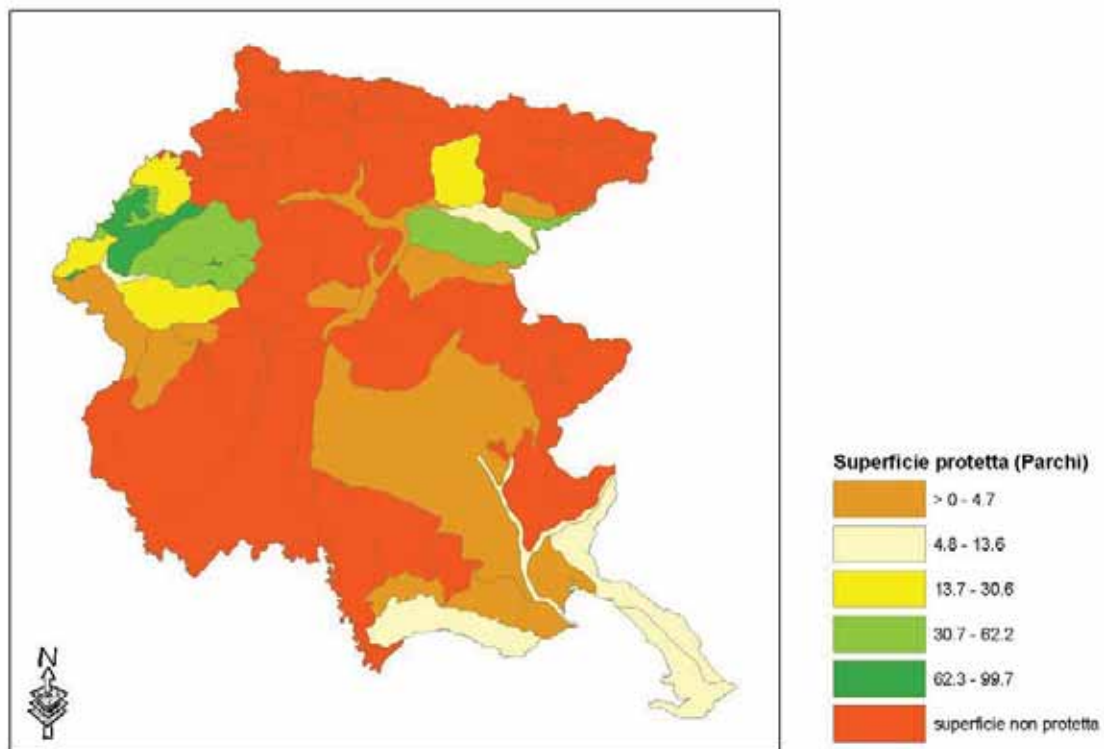


Figura 18. percentuale di superficie delle unità fisiografiche di paesaggio del Friuli Venezia Giulia sottoposta a tutela (Parchi e riserve).

L'aggregazione degli indicatori

Una volta calcolati i singoli indicatori, ed in analogia alla metodologia di aggregazione adottata alla scala 1:50.000, la procedura proposta prevede la loro condensazione in indici complessivi.

Per il calcolo degli indici complessivi, si utilizza il metodo del punto ideale (Hwang e Yoon, 1981) che permette di valutare (classificare) ogni unità fisiografica rispetto alla sua distanza dalla condizione ecologica ottimale (per brevità verrà di seguito indicato come “indice C”).

I singoli indicatori utilizzano unità di misura differenti e devono necessariamente essere normalizzati in modo da poter essere integrati in un indice sintetico come l'indice C.

La procedura utilizzata è quella della normalizzazione che riporta i valori in una scala continua (fuzzy) tra 0 ed 1 rendendo comparabili gli indicatori.

Ogni biotopo viene quindi valutato per la sua distanza multidimensionale sia dalla situazione ottimale sia da quella più sfavorevole secondo le seguenti formule:

$$s_{i+} = \sqrt{\sum_j (V_{ij} - v_{\max})^2} \text{ distanza di un biotopo dal punto ideale migliore}$$

$$s_{i-} = \sqrt{\sum_j (V_{ij} - v_{\min})^2} \text{ distanza di un biotopo dal punto più sfavorevole}$$

v_{ij} = valore dell'indicatore j-esimo per l'i-esima unità fisiografica

v_{\min} = valore minimo dell'indicatore j-esimo secondo il vettore ideale

v_{\max} = valore massimo dell'indicatore j-esimo secondo il vettore ideale

Infine la vicinanza relativa di ciascuna unità territoriale alla situazione idealmente migliore (Indice C) è data dal rapporto seguente:

$$\text{Indice C} = \frac{s_{i-}}{s_{i+} + s_{i-}}$$

Il metodo utilizzato esprime quindi in un valore sintetico la distanza simultanea dalla condizione ideale e dalla condizione meno favorevole. Anche l'indice sintetico varia tra 0 ed 1, dove il valore 1 indica che l'unità realizza simultaneamente tutte le condizioni più favorevoli rispetto agli indicatori considerati.

La metodologia viene utilizzata per ricavare due indici sintetici: indice di pregio ambientale (qualità ambientale) che si deriva applicando il metodo sopra descritto agli indicatori di valore e il profilo ambientale che si deriva

aggregando tutti gli indicatori considerati (pressione/sensibilità/valore) e che quantifica la vulnerabilità territoriale come richiesto dal protocollo di Carta della Natura.

Di seguito vengono presentate le cartografie degli indici sintetici calcolati per le tre regioni oggetto dell'analisi: Friuli Venezia Giulia, Valle d'Aosta e Molise.

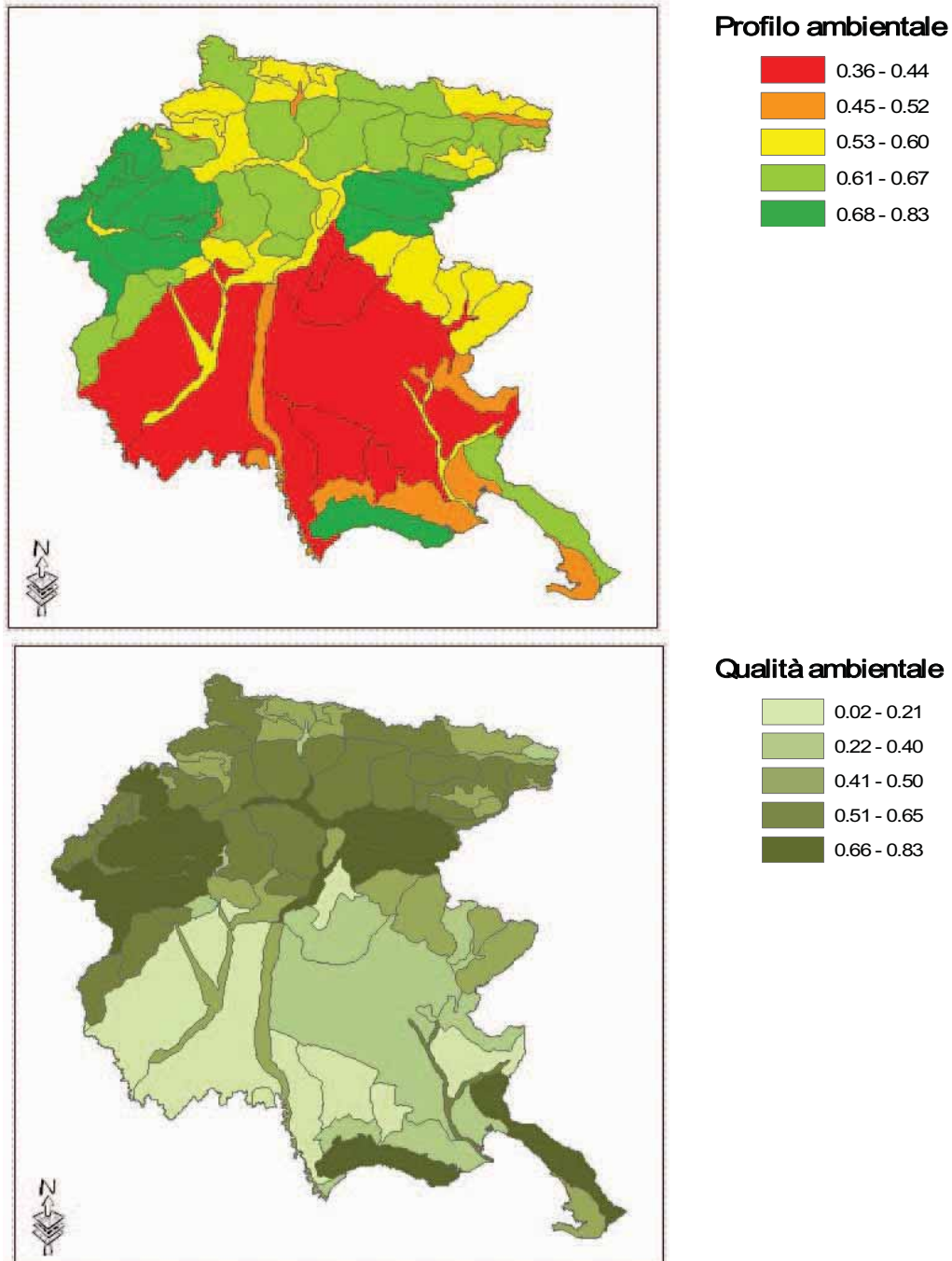


Figura 19. Profilo ambientale e qualità ambientale per il Friuli Venezia Giulia.

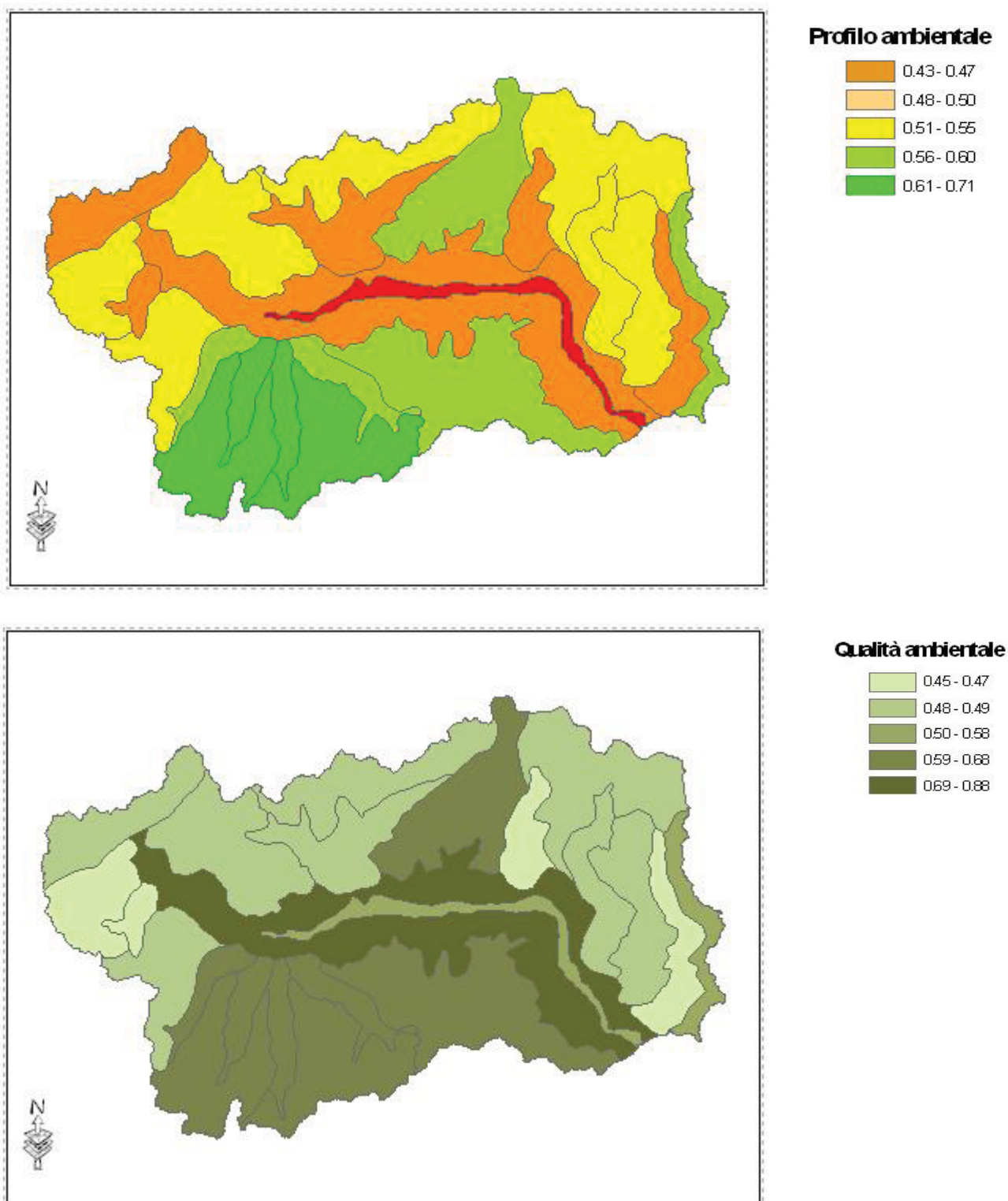


Figura 20. Profilo ambientale e qualità ambientale per la Valle d'Aosta.

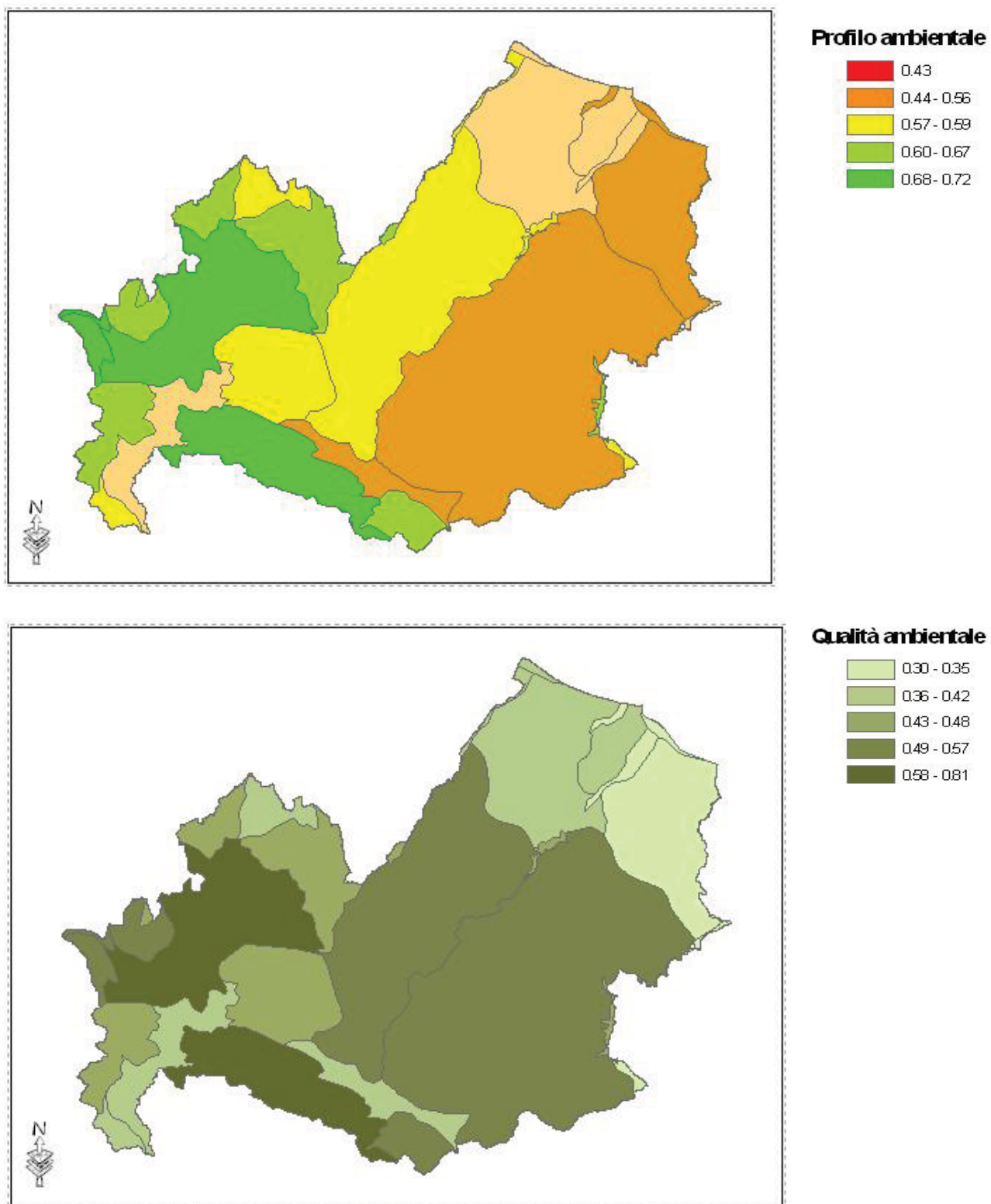


Figura 21. Profilo ambientale e qualità ambientale per il Molise.

La predisposizione di procedure automatiche

Al fine di rendere la predisposizione di procedure automatiche più speditiva, tutti gli algoritmi per il passaggio di scala e l'applicazione della procedura di valutazione sono stati realizzati nell'ambiente di analisi Model Builder presente nel prodotto ArcGIS versione 9.2.

I modelli di flusso rendono ripetibili le procedure create (e che nella successiva fase saranno applicate ad altre aree) e sono di facile lettura rendendo espliciti i passaggi di calcolo.

Il vantaggio di tale scelta risiede inoltre nella facilità di trasmissione ad APAT delle procedure così realizzate e nella possibilità di velocizzare la trasformazione dei modelli in procedure scritte in linguaggio ArcObjects e da utilizzare mediante barre di strumenti (come già avviene per le valutazioni in scala 1:50.000).

La struttura dei modelli realizzata può essere utilizzata su qualsiasi sistema dotato di ArcViewGIS versione 9.2. Un database di dati ufficiali contiene la cartografia degli habitat e le altre cartografie ufficiali utilizzate nel calcolo degli indicatori (rete viaria, sistema delle aree protette, confini amministrativi) oltre alle tabelle di riclassificazione e ai dati desunti dai censimenti della popolazione, agricoltura e industria che permettono il calcolo degli indicatori di pressione.

A supporto dei calcoli relativi all'impatto antropico è stato realizzato un database per l'automazione del calcolo degli **abitanti equivalenti** e dell'impatto da attività agricole. Il database è stato realizzato nell'ambiente Microsoft Access 2007 in modo da rendere la procedura di calcolo riproducibile in altri territori ed aggiornabile nel tempo allorchè si renderanno disponibili i dati di nuovi censimenti della popolazione, agricoltura e industria.

I dati utilizzati per popolare il database sono quelli del 2001 per quanto riguarda il censimento della popolazione e dell'industria, mentre per quanto concerne l'utilizzo dei fertilizzanti si è fatto riferimento ai dati per il triennio 2003-2005 (ultimo dato disponibile).

Note conclusive

La metodologia proposta risulta coerente con gli obiettivi del progetto Carta Natura e apportando alcune modifiche rispetto alla prima formulazione (volume 17/2003) risponde all'esigenza di rendere coerenti le valutazioni multi scalari e di agevolare il passaggio di scala dalla cartografia degli habitat alla carta dei sistemi ecologici.

Il sistema realizzato consente di applicare metodi e processi di valutazione a qualsiasi porzione del territorio di cui si disponga la cartografia degli habitat in scala 1:50.000. Inoltre, la metodologia di aggregazione degli indicatori per la creazione di indici sintetici rende il sistema aperto alla modifica, aggiornamento e/o revisione degli indicatori considerati nella fase di valutazione e risponde all'esigenza di fornire un sistema aperto ed integrabile con nuove informazioni disponibili in ambiti territoriali diversi e nel tempo.

I prodotti che vengono forniti su supporto digitale e che fanno parte integrante del lavoro svolto sono i seguenti:

cartografia dei sistemi ecologici in scala 1:250.000 per le regioni Friuli Venezia Giulia, Valle d'Aosta e Molise

database delle valutazioni: per ogni regione viene fornito un File Geodatabase contenente le tabelle con gli indicatori calcolati mediante le procedure di valutazione

toolbox delle valutazioni: tutti i modelli sono contenuti in una toolbox che utilizza un geodatabase di dati di base (che viene allegato ne CD) creato nei due sistemi di coordinate UTM32 ed UTM33

database ISTAT: database Microsoft Access contenente i dati e le interrogazioni per il calcolo degli abitanti equivalenti e l'impatto agricolo

foglio di calcolo per l'aggregazione degli indicatori secondo il metodo del punto ideale (scores_valutazione.xls)