

**Cos'è un GIS; concetti di base****Indice**

|                                                                |                |
|----------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>A.0 – Introduzione</b>                                      | <b>pag. 2</b>  |
| <b>A.1 – Rappresentazioni cartografiche</b>                    | <b>pag. 2</b>  |
| <b>A.2 – Rappresentazioni vettoriali</b>                       | <b>pag. 5</b>  |
| <b>A.3 – Rappresentazioni raster</b>                           | <b>pag. 6</b>  |
| <b>A.4 – Sistemi di coordinate</b>                             | <b>pag. 8</b>  |
| <b>A.5 – Entità geometriche</b>                                | <b>pag. 9</b>  |
| <b>A.5.a – Entità puntuali</b>                                 | <b>pag. 9</b>  |
| <b>A.5.b – Entità lineari</b>                                  | <b>pag. 10</b> |
| <b>A.5.c – Entità areali</b>                                   | <b>pag. 11</b> |
| <b>A.5.d – Poligoni complessi</b>                              | <b>pag. 14</b> |
| <b>A.6 – Layer e tematismi</b>                                 | <b>pag. 15</b> |
| <b>A.7 - Vestizione dei layer</b>                              | <b>pag. 18</b> |
| <b>A.7.a – Vestizione dei layer puntuali</b>                   | <b>pag. 19</b> |
| <b>A.7.b – Vestizione dei layer lineari</b>                    | <b>pag. 19</b> |
| <b>A.7.c – Vestizione dei layer areali</b>                     | <b>pag. 20</b> |
| <b>A.8 – Soglie di visibilità dei layer</b>                    | <b>pag. 21</b> |
| <b>A.9 – Layer di sfondo e tematismi attivi</b>                | <b>pag. 23</b> |
| <b>A.10 – Struttura dei contenuti informativi</b>              | <b>pag. 23</b> |
| <b>A.11 – Contenuti informativi dei tematismi attivi</b>       | <b>pag. 25</b> |
| <b>A.12 – Criteri per l'associazione geometrica e spaziale</b> | <b>pag. 26</b> |
| <b>A.13 – Rappresentazioni tematiche</b>                       | <b>pag. 28</b> |

## Cos'è un GIS; concetti di base

### A.0 Introduzione:

Il termine **GIS** deriva dall'acronimo **Geographic Information System**, che potremmo rendere in Italiano come Sistema per la gestione delle Informazioni su base Geografica. Per potere qualificare un sistema di fascia GIS occorrono dunque due caratteristiche ben precise:

- ✓ Capacità di gestire le rappresentazioni geografiche.
- ✓ Capacità di gestire le informazioni strutturate in termini di base dati.

Ovviamente i due aspetti devono essere integrati, in modo tale che le informazioni siano immediatamente riferibili ad un oggetto cartografico, e viceversa che si possano identificare quali informazioni sono collegate agli oggetti cartografici.

In prima approssimazione possiamo quindi dire che un GIS presenta due aspetti, quello cartografico e quello informativo, che per comodità di esposizione affronteremo separatamente, per giungere infine ad analizzarne l'uso integrato.

### A.1 Rappresentazioni cartografiche:

Una cartografia è una schematizzazione arbitraria di un territorio, tale da garantire la rigorosa rappresentazione in scala degli oggetti descritti. Le figure geometriche disegnate sulla cartografia rappresentano quindi in modo fedele e proporzionale il territorio reale, seppur ridotto rispetto alle dimensioni reali per motivi di pratica consultazione.

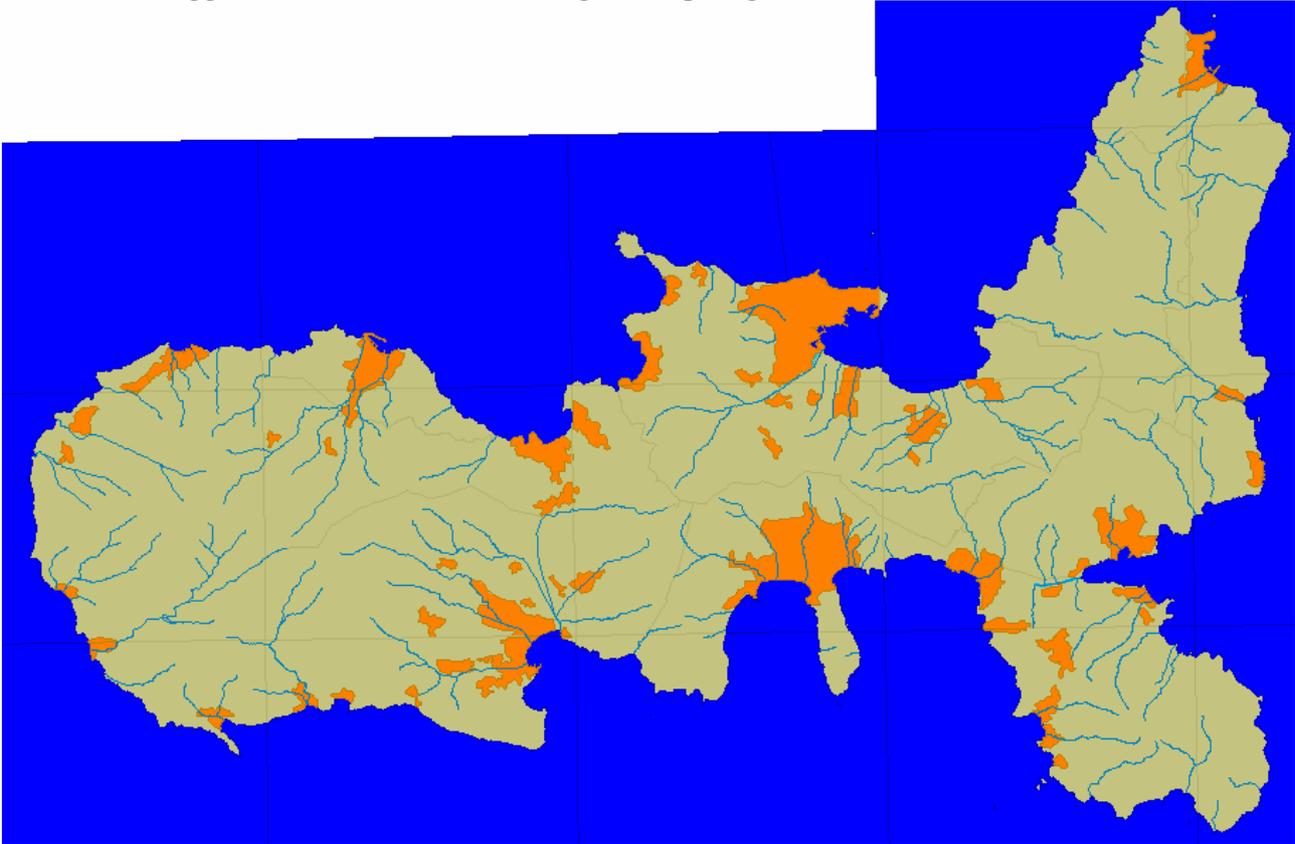
Il rapporto di scala indica quindi quale fattore di riduzione sia stato utilizzato per la rappresentazione cartografica: p.es. se parliamo di scala 1:100.000 intendiamo che 1cm misurato sulla cartografia corrisponde sul territorio reale a 100.000cm (1km); nel caso della scala 1:2.000 avremo che 1cm sulla cartografia corrisponde a 2.000cm (20m) reali.

Ne consegue che tanto più alta è la scala cartografica e tanto più tenderanno a diventare minuscoli e quasi invisibili gli oggetti rappresentati; con l'aumentare del fattore di scala finiremo con l'ottenere la soppressione dei dettagli più minuti in quanto saranno divenuti del tutto irrilevanti.

Il fattore di scala è quindi correlato alla dimensione degli oggetti che si desidera rappresentare, nonché all'uso al quale la cartografia è destinata:

- ✓ Le scale di grande dettaglio (da 1:500 fino a 1:5.000) sono finalizzate a rappresentare piccole porzioni di territorio con una grande ricchezza di dettaglio. Tipicamente si impiegano per usi urbanistici, per la progettazione esecutiva di opere, per la rappresentazione di nuclei urbani, per usi catastali.
- ✓ Le scale di piccolo dettaglio (1:100.000 ed oltre) al contrario sono finalizzate a rappresentare estese porzioni di territorio con scarso numero di dettagli. Tipicamente si impiegano per atlanti stradali, gestione del territorio su ambiti comprensoriali, usi idrogeologici etc.
- ✓ Le scale di medio dettaglio (da 1:10.000 fino a 1:25.000) rappresentano un compromesso tra i due casi estremi visti in precedenza. Il livello di dettaglio pur ridotto è ancora ben ricco, mentre nel contempo è possibile gestire ambiti territoriali abbastanza estesi.

Per maggiore chiarezza si esaminino gli esempi seguenti:



Questa figura è in scala **1:100.000**; si possono apprezzare i contorni costieri dell'Isola d'Elba, il reticolo idrografico e le impronte dei centri abitati. Tutti gli altri dettagli risultano invisibili.



Questa figura invece è in scala **1:10.000**; ora sono visibili un gran numero di particolari. La rete stradale ed i singoli edifici sono nettamente identificabili. Rispetto al caso precedente si è però persa la visione d'insieme, ed è visualizzata solo la baia di Portoferraio.



Questa figura è in scala **1:2.500**; ora si apprezzano appieno anche i dettagli più minuti degli edifici e della viabilità; in compenso l'area visualizzata si è ulteriormente ristretta e copre solo alcuni isolati.

### **A.2 Rappresentazioni vettoriali:**

Per potere visualizzare una cartografia qualsiasi utilizzando le periferiche di un normale PC (schermo video, stampante etc) è necessario che la cartografia sia descritta in modo vettoriale. E' possibile utilizzare anche uno standard completamente differente (raster) che verrà analizzato al paragrafo successivo.

Utilizzando i principi della grafica vettoriale ogni singolo oggetto deve essere descritto in termini di singoli punti quotati, per ognuno dei quali cioè siano esattamente note le coordinate cartesiane. Facendo ricorso a delle apposite formule (e sfruttando intensamente le grandi capacità di calcolo del PC) risulta quindi possibile rappresentare ogni singolo oggetto nelle dimensioni arbitrarie desiderate.

Una cartografia vettoriale, per così dire, è come una sorta di foglio di gomma che può essere esteso oppure ristretto a piacere, senza nessuna perdita di qualità visiva. Rimane comunque il fatto che anche le cartografie vettoriali sono identificate da una scala precisa, nel senso che il livello di dettaglio rappresentato nella cartografia è quello tipico delle cartografie tradizionali a scala corrispondente.

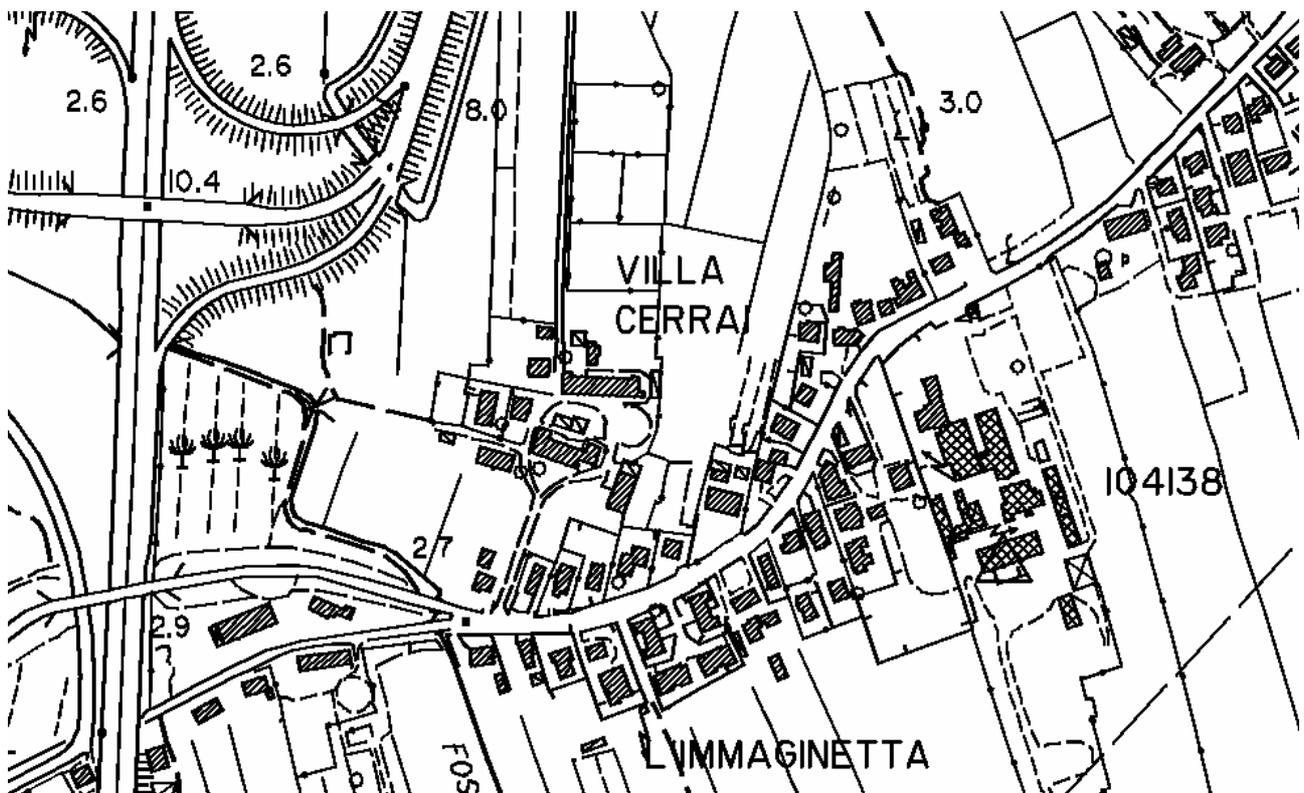
Le tre figure dell'esempio precedente sono state generate a partire dalla medesima cartografia vettoriale.

Le cartografie vettoriali sono molto costose da realizzare perché presuppongono l'impiego di apparecchiature sofisticate e complesse ad alta tecnologia; ove disponibili costituiscono in ogni caso il miglior tipo di supporto per un sistema GIS.

**A.3 Rappresentazioni raster:**

Un'immagine di tipo raster è costituita da un insieme di punti discreti (pixel) organizzati per righe e per colonne a formare una matrice rettangolare. Per ogni singolo punto viene definito il colore (oppure il livello di grigio per le immagini in bianco e nero). Sono immagini raster anche le familiari fotografie digitali. Una cartografia raster è quindi di tipo statico; non è possibile ingrandirla oppure ridurla senza introdurre contemporaneamente una degradazione della qualità visiva.

Le cartografie raster sono reperibili abbastanza facilmente in quanto, al limite, è possibile ottenerle semplicemente digitalizzando con uno scanner una qualsiasi mappa preesistente. Rimane il fatto che le cartografie di tipo raster sono pesanti e lente da utilizzare (consumano una quantità impressionante della memoria del PC) e risultano poco flessibili, in quanto impongono di fatto di lavorare a scale molto vicine a quella originaria.



Questa figura rappresenta un raster in scala **1:10.000**; come si può facilmente notare il livello di dettaglio visualizzato è del tutto analogo a quello della cartografia vettoriale corrispondente.



Se però ingrandiamo l'immagine appare evidente come questa sia composta in realtà da una serie di punti, che iniziano a manifestarsi come fastidiosi quadratini neri; se ingrandissimo ancor di più la qualità finirebbe con il diventare così bassa da annullare totalmente la leggibilità della cartografia.



Anche se proviamo a ridurre otteniamo risultati pessimi, in quanto non stiamo realmente rimpicciolendo l'immagine, ma ci limitiamo semplicemente ad eliminare intere righe e colonne di pixel; anche in questo caso arriveremmo velocemente ad una cartografia illeggibile.

#### **A.4 Sistemi di coordinate:**

A prescindere dal fatto che si utilizzi una cartografia vettoriale oppure una cartografia raster, avremo in ogni caso che ogni punto del piano cartesiano sarà identificato rigorosamente da una coppia di coordinate (X,Y oppure Nord/Est etc). Dato che la superficie terrestre è in realtà assimilabile ad una sfera, mentre le rappresentazioni cartografiche sono tipicamente planari, occorre definire preliminarmente un sistema di proiezione e quindi un sistema di coordinate per potere ricondurre i punti della cartografia a punti reali del territorio. Il presente documento non ha nessuna pretesa di illustrare i concetti base di topografia e geodesia, che si suppone il lettore possieda autonomamente.

A questo livello riteniamo sufficiente accennare al fatto che uno dei sistemi più diffusi è quello Gauss-Boaga, che consente di descrivere in maniera molto accurata il territorio italiano; le coordinate sono espresse come distanze lineari (metriche) dall'equatore e dal meridiano fondamentale.

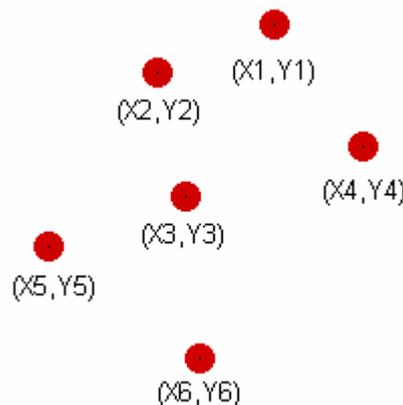
Il processo che per permette di assegnare una precisa coordinata cartografica ad un punto è noto come georeferenziazione. Ne consegue che qualsiasi oggetto opportunamente georeferenziato può essere associato ad una data cartografia con un alto grado di precisione spaziale.

**A.5 Entità geometriche:**

Per potere rappresentare opportunamente un oggetto qualunque sulla cartografia, questo deve essere georeferenziato e deve possedere alcune precise caratteristiche geometriche.

Sono ammesse le seguenti tipologie:

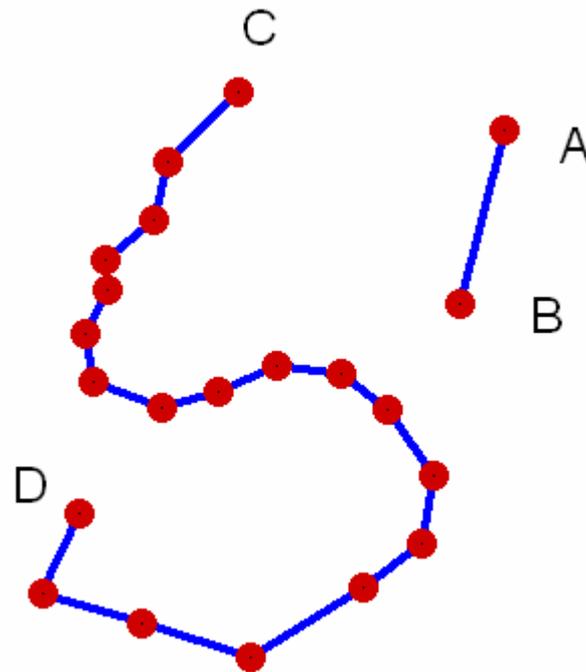
- ✓ Un **Punto** è identificato da una semplice coppia di coordinate. Le entità rappresentate da semplici punti si dicono di tipo puntuale.
- ✓ Una **Polilinea** è costituita da una successione ordinata di punti detti vertici, ciascuno dei quali deve essere singolarmente georeferenziato. Si sottintende che ogni coppia di punti consecutivi sia congiunta da un segmento. Una polilinea (o spezzata) può avere un numero di vertici a piacere, con un minimo di due. Le entità rappresentate da polilinee si dicono di tipo lineare.
- ✓ Anche un **Poligono** è costituito da una successione ordinata di punti detti vertici, ciascuno dei quali deve essere singolarmente georeferenziato. A differenza che nel caso della polilinea, in questo caso sussiste il vincolo che il primo vertice deve necessariamente coincidere con l'ultimo, in modo tale da descrivere una figura chiusa. Un poligono può avere un numero di vertici a piacere, con un minimo di tre. Le entità rappresentate da poligoni si dicono di tipo areale.

**A.5.a Entità puntuali:**

Le entità puntuali sono rappresentate da semplici punti quotati, identificati cioè da precise coordinate cartografiche. Si utilizza la rappresentazione puntuale per gli oggetti che di fatto non hanno estensione, quali p.es.:

- Alberi
- Pali
- Punti Quota
- Segnali Stradali
- Numeri Civici

La rappresentazione puntuale risulta conveniente anche in tutti quei casi in cui si devono rappresentare fenomeni astratti per i quali è disponibile solo un posizionamento cartografico approssimativo.

A.5.b Entità lineari:

Le polilinee rappresentano sequenze ordinate di punti quotati. Nell'esempio sono stati evidenziati i singoli vertici. La polilinea minima (2 vertici) coincide con un segmento (A-B); polilinee più complesse coincidono con una spezzata (C-D).

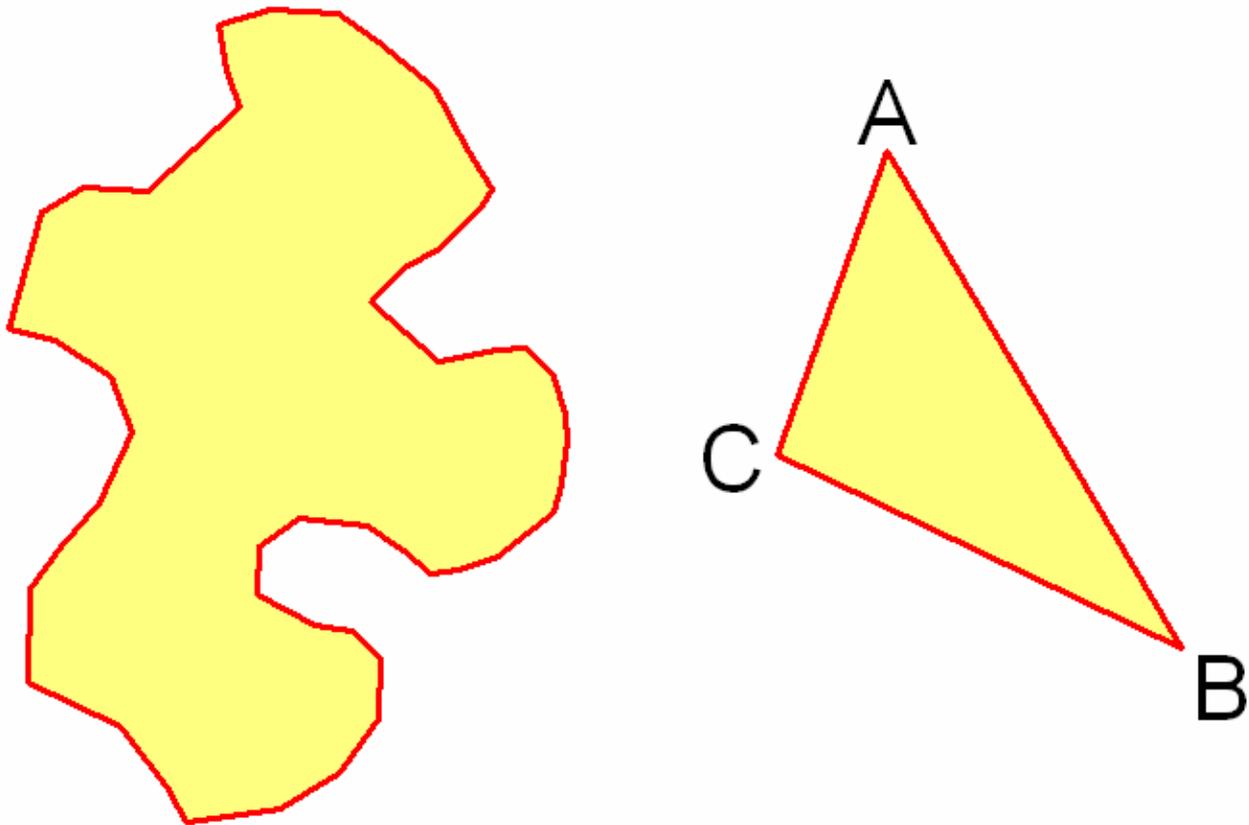
Si noti che esiste un preciso verso di digitazione, che deriva dall'ordinamento dei punti; la polilinea A-B è differente (anche se graficamente indistinguibile) dalla polilinea B-A; lo stesso vale per C-D e D-C.

Per una polilinea è sempre determinabile la lunghezza, che risulta dalla sommatoria delle lunghezze individuali dei segmenti che la compongono.

Si utilizza la rappresentazione lineare per gli oggetti che sono estesi in un'unica dimensione, quali p.es.:

- Linee di Confine
- Assi Stradali
- Assi Fluviali
- Curve di livello
- Linee elettriche
- Acquedotti

Non esistono limiti teorici alla complessità delle polilinee; nel caso di cartografie reali non è affatto infrequente incontrare p.es. delle linee di costa oppure delle curve di livello rappresentate da polilinee con svariate migliaia di vertici.

A.5.c Entità areali:

I poligoni sono del tutto analoghi alle polilinee, tranne che per il vincolo imposto che i due vertici estremi devono essere coincidenti, in modo tale da descrivere una figura chiusa.

Il poligono minimo (3 vertici) coincide con un triangolo; poligoni più complessi possono descrivere figure anche assai articolate.

Anche per i poligoni esiste un preciso verso di digitazione, che deriva dall'ordinamento dei punti; anche se graficamente indistinguibili, nell'esempio fornito potrebbero esistere i seguenti triangoli distinti, a seconda delle modalità di ordinamento dei punti:

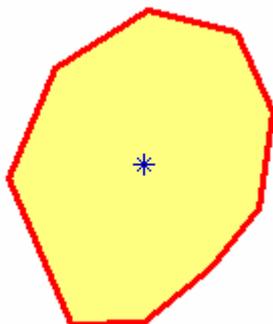
- ✓ A-B-C-A (verso orario)
- ✓ A-C-B-A (verso antiorario)
- ✓ B-C-A-B (verso orario)
- ✓ B-A-C-B (verso antiorario)
- ✓ C-A-B-C (verso orario)
- ✓ C-B-A-C (verso antiorario)

Per un poligono è sempre determinabile il perimetro, che risulta dalla sommatoria delle lunghezze individuali dei segmenti che la compongono; tramite calcoli più complessi è inoltre determinabile anche l'area (superficie) racchiusa internamente al poligono.

Si utilizza la rappresentazione areale per gli oggetti estesi in entrambe le dimensioni, quali p.es.:

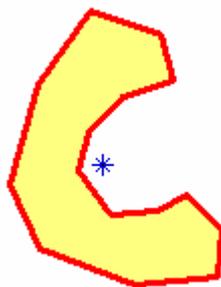
- Edifici
- Isolati
- Aree coltivate
- Aree di vincolo
- Aree amministrative

Non esistono limiti teorici alla complessità dei poligoni; nel caso di cartografie reali non è affatto infrequente incontrare p.es. dei confini comunali rappresentati da poligoni con svariate migliaia di vertici.

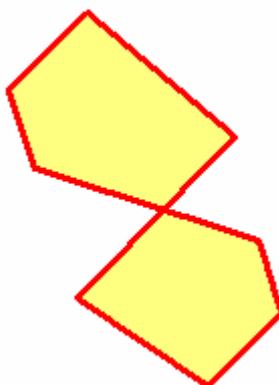


Si dice convesso un poligono che abbia tutti gli angoli inferiori a  $180^\circ$ . Per ogni poligono è definibile un punto particolare detto centroide o baricentro; il centroide rappresenta, per così dire, il punto centrale del poligono. Nell'esempio fornito il centroide è rappresentato da una stella.

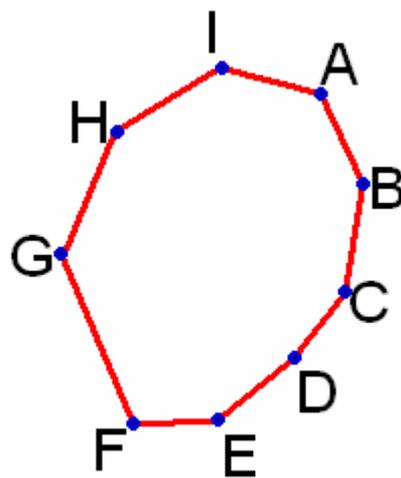
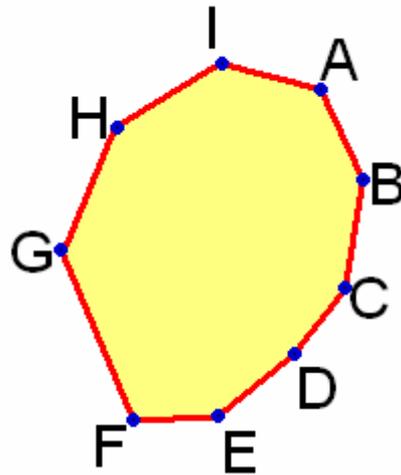
E' molto conveniente fare ricorso al centroide ogni qual volta sia necessario assegnare una rappresentazione puntuale ad un'entità areale.



Si dice concavo un poligono che abbia almeno un angolo superiore a  $180^\circ$ . Anche per i poligono concavi è definito il centroide, che però, come mostrato nell'esempio, può anche cadere esternamente alla figura.



Non è invece assolutamente consentito l'utilizzo di poligoni intersecati, nei quali cioè due o più lati si intersechino reciprocamente, in quanto si introdurrebbero difficoltà insormontabili nella gestione geometrica degli oggetti.



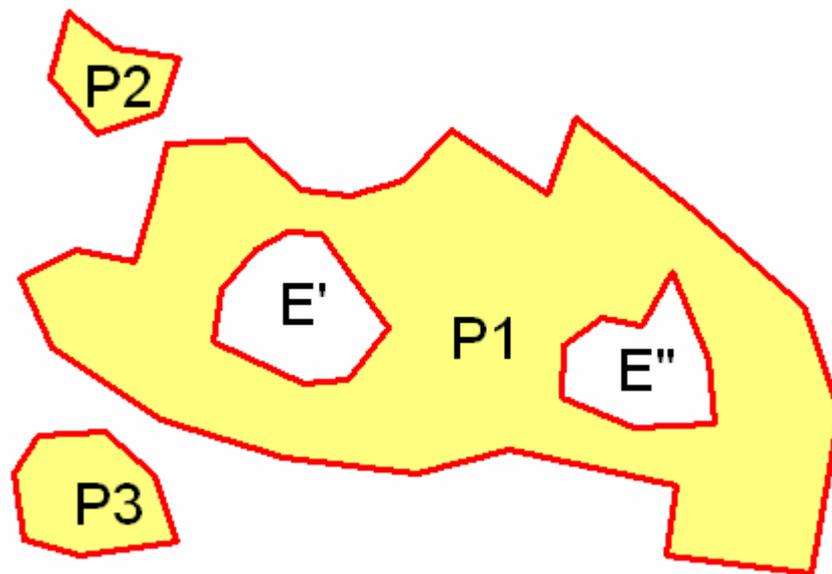
Come evidenziato dalle due figure dell'esempio, occorre fare attenzione a non confondere un poligono con una polilinea chiusa.

La figura in alto rappresenta un poligono digitato in senso orario con successione dei vertici A-B-C-D-E-F-G-H-I-A. La condizione vincolante dei due vertici estremi coincidenti è dunque rispettata.

La figura in basso rappresenta invece una polilinea chiusa; i vertici ed il senso di digitazione sono gli stessi del caso precedente. Nulla vieta, come caso particolare, che anche in una polilinea il vertice iniziale ed il vertice finale siano coincidenti; non per questo però la polilinea diviene un poligono.

Una polilinea chiusa continua dunque a costituire un'entità lineare, seppur di tipo particolare, ma non racchiude un'area e non può possedere un centroide. E' comunque banale trasformare le polilinee chiuse in poligoni e viceversa.

Le polilinee chiuse si incontrano frequentemente p.es. quando si rappresentano le Curve di Livello.

A.5.d Poligoni complessi:

E' ammessa la descrizione di entità areali complesse, composte cioè da più poligoni. Si intende per area disgiunta un secondo poligono non intersecantesi con il primo e con questo logicamente correlato; nell'esempio fornito sono aree disgiunte P2 e P3, che vanno considerate congiuntamente al poligono principale P1.

Si intende per area di esclusione un poligono totalmente racchiuso all'interno del poligono principale; non devono esistere intersezioni tra i lati dei due poligoni; sono esempi di aree di esclusione E' ed E''. La superficie totale dell'entità complessa dell'esempio sarà dunque

$$P1 - (E' + E'') + P2 + P3$$

L'utilizzo delle aree disgiunte e/o delle aree di esclusione è abbastanza normale in tutti quei casi in cui si debba descrivere una zonizzazione territoriale, quali p.es:

- Confini amministrativi comunali
- Aree di vincolo
- Aree di PRG

### A.6 Layer e tematismi:

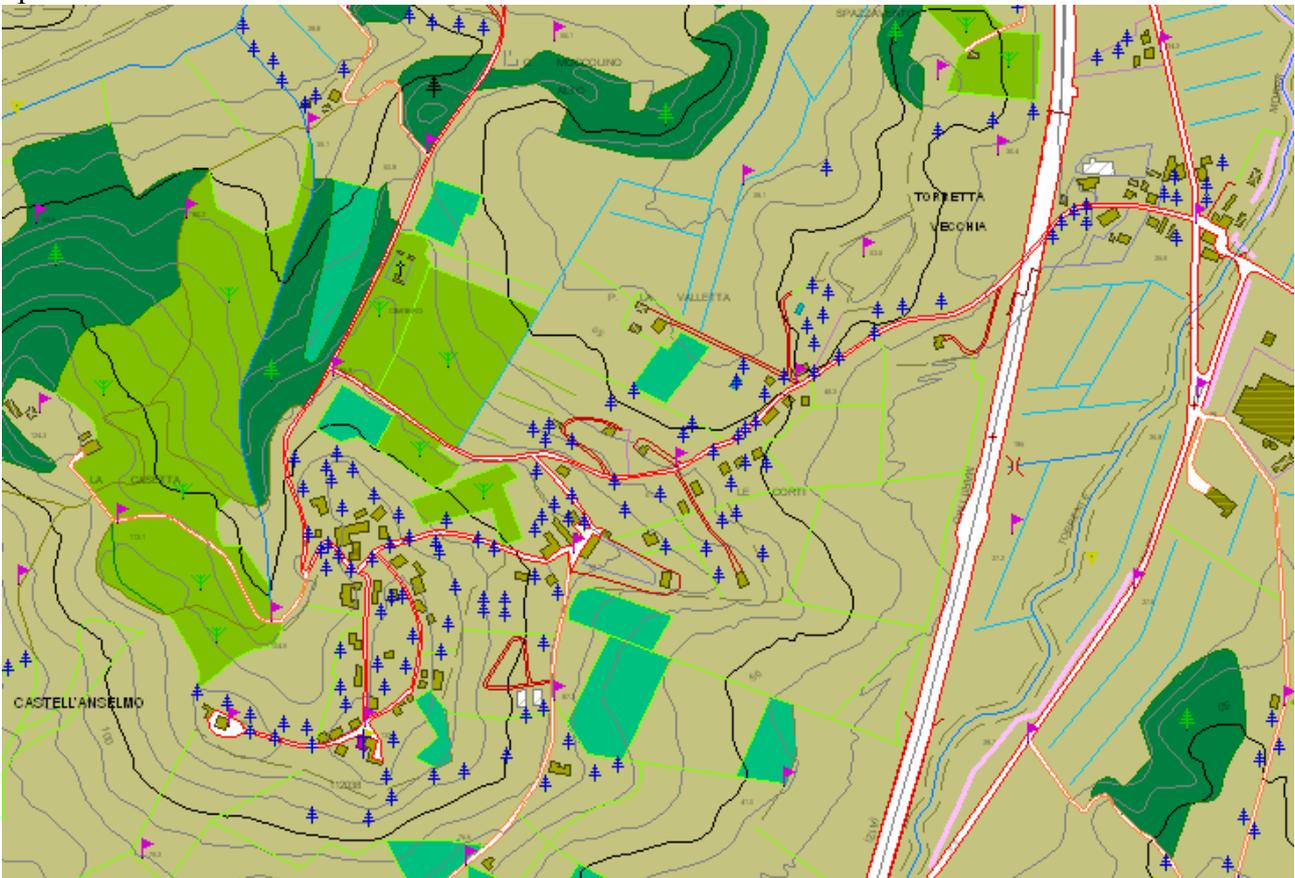
Per razionalizzare la gestione, gli oggetti cartografici non costituiscono un aggregato indistinto, ma sono organizzati per layer (detti anche strati o livelli o tematismi).

Un layer cartografico raggruppa dunque in modo omogeneo e gerarchicamente strutturato tutte le entità appartenenti alla stessa classe o tipologia. In linea di massima è opportuno che tutte le entità appartenenti al medesimo layer siano dello stesso tipo (puntuale, lineare oppure areale).

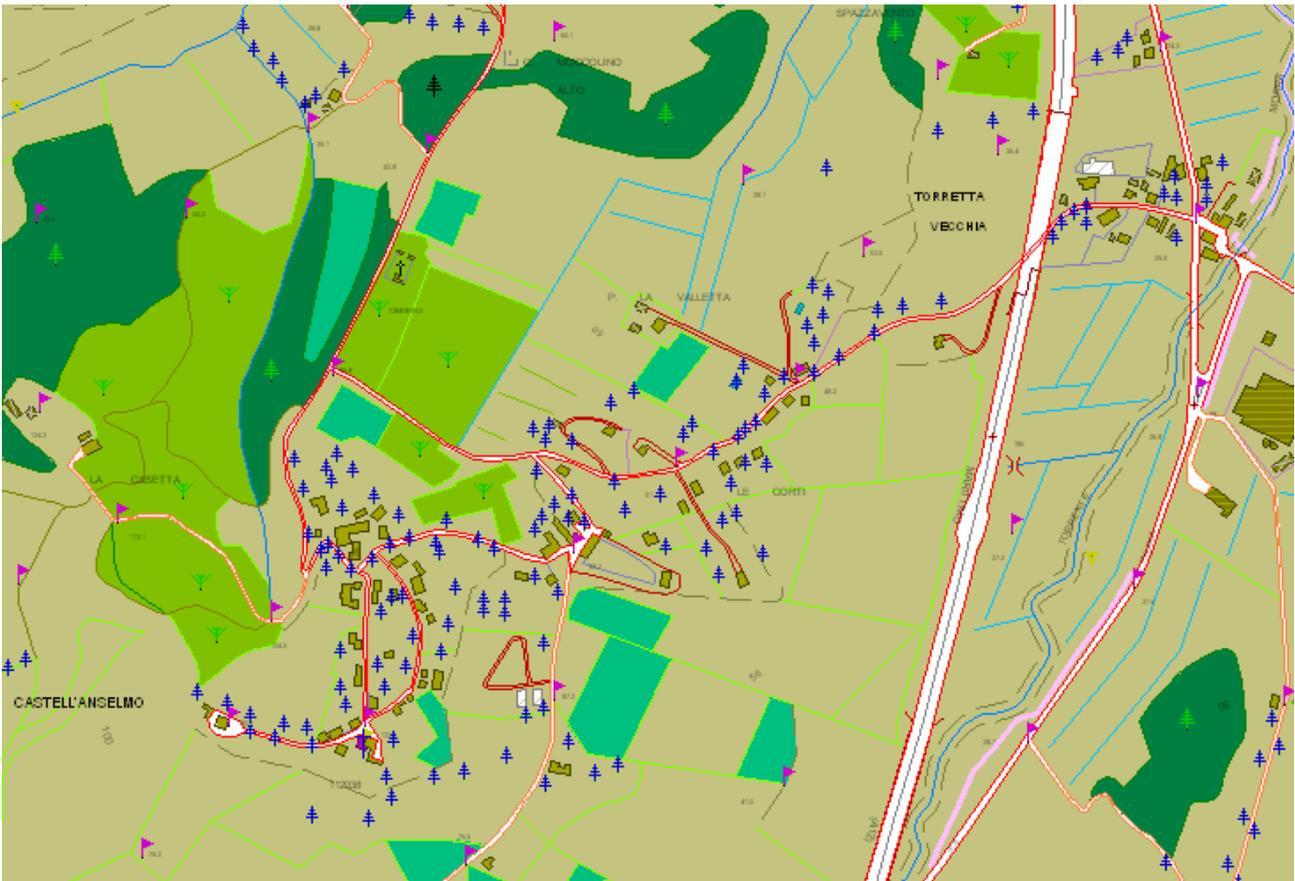
Possono essere validi esempi di layer cartografici:

- ✓ Gli assi stradali
- ✓ Gli edifici
- ✓ Le curve di livello
- ✓ L'idrografia
- ✓ I vari tipi di vegetazione

Utilizzando una cartografia computerizzata risulta estremamente facile accendere (cioè rendere visibili) oppure spengere (cioè rendere invisibili) tutte le entità appartenenti ad un determinato layer. Per comprendere meglio l'utilità dell'operazione, è necessario focalizzare che sovente un layer aggrega centinaia o anche migliaia di oggetti (si pensi p.es. ai singoli edifici di un centro abitato), per cui potere “nascondere” o “evidenziare” un intero layer con una singola operazione risulta estremamente comodo.



Nell'esempio vediamo una rappresentazione cartografica “completa”, con tutti quanti i layer accesi e quindi visibili.



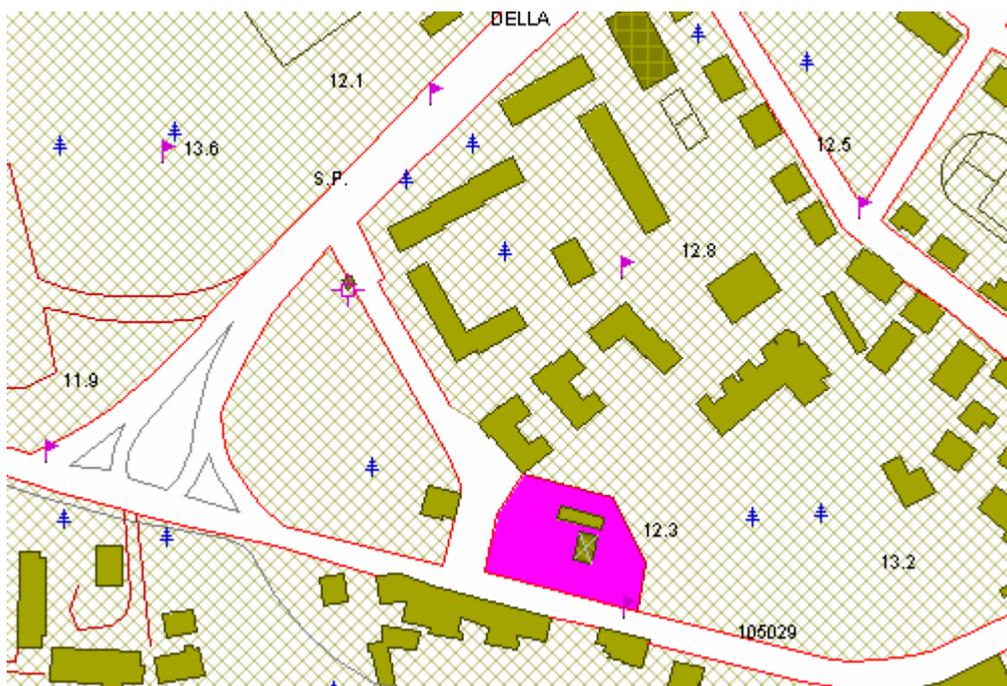
Ecco invece come appare la stessa rappresentazione cartografica dopo che abbiamo spento (e quindi reso invisibili) i layer delle Curve di Livello.

In buona sostanza possiamo immaginare ogni singolo layer come se fosse un foglio trasparente con disegnate sopra le entità di propria competenza; possiamo quindi decidere di volta in volta quali trasparenti vogliamo utilizzare prima di fare la “proiezione” che ci interessa.

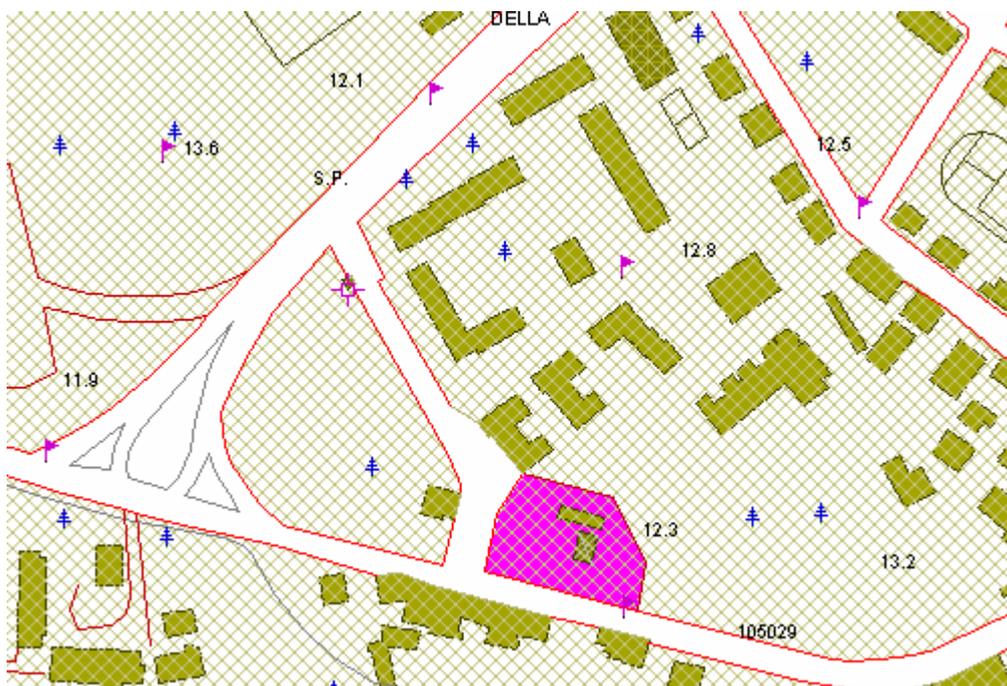
Occorre prestare molta attenzione all’ordine di rappresentazione dei vari layer. Dato che gli oggetti cartografici vengono tracciati layer per layer, assegnano un ordine di rappresentazione errato può accadere che il contenuto di un layer, seppur regolarmente presente e tracciato, risulti invisibile, o solo parzialmente visibile, in quanto coperto dal contenuto di un altro layer tracciato successivamente. Come regola generale si procede, nell’ordine:

- 1) Per prima cosa si tracciano i layer contenenti entità di tipo areale.
- 2) Successivamente si tracciano i layer contenenti entità di tipo lineare.
- 3) Infine si tracciano i layer contenenti entità di tipo puntuale.

Ovviamente gli oggetti appartenenti ad un layer tracciato successivamente ricoprono gli oggetti appartenenti ai layer tracciati in precedenza.



In questo esempio (corretto) il layer degli isolati è stato tracciato prima di procedere alla tracciatura dei layer degli edifici. Pertanto gli edifici coprono la superficie degli isolati, così come è naturale. Per semplificare la leggibilità, al layer degli isolati è stata attribuita una rappresentazione grafica trasparente.



In questo caso (sbagliato) invece i layer degli edifici sono stati tracciati prima di procedere alla tracciatura del layer degli isolati. L'effetto innaturale che si ottiene è che l'isolato ricopre gli edifici. Se al layer degli isolati si fosse assegnata una rappresentazione a colore coprente gli edifici risulterebbero totalmente invisibili.

**A.7 Vestizione dei layer:**

Le entità geometriche, di per se stesse, non sono null'altro che sequenze di punti quotati, tali da descrivere delle forme precise sullo sfondo del reticolo cartografico. Tuttavia per rendere una mappa immediatamente leggibile e comprensibile, è necessario assegnare una adeguata vestizione (ossia una opportuna rappresentazione grafica) ai diversi layer che compongono la cartografia.



Entrambe le figure sopra riportate descrivono esattamente la medesima realtà, dal punto di vista strettamente geometrico e spaziale.

La prima figura è indubbiamente cartograficamente impeccabile; ciononostante presenta un aspetto arido, freddamente tecnico, decisamente poco attraente e scoraggiante per un utente poco avvezzo alla consultazione di supporti cartografici. La seconda figura risulta invece di assai più agevole interpretazione.

E' evidente che la differenza quindi è costituita dal fatto che nella seconda figura si è assegnata ai vari layer una vestizione opportuna, scegliendo i colori etc. in modo tale da ottenere un effetto quanto più possibile familiare e naturale.

**A.7.a Vestizione dei layer puntuali:**

E' possibile associare ad ogni layer di tipo puntuale un simbolo o glifo opportuno che evidenzii i singoli punti, mettendone graficamente in evidenza le caratteristiche.

Di seguito viene mostrata una piccola selezione esemplificativa dei simboli disponibili per la vestizione delle entità puntuali.

-  P10K0212 - centrale elettrica/sottostazione elett./
-  P10K0213 - monumento
-  P10K0219 - croce isolata/tabernacolo non rapp.
-  P10K0402 - traliccio
-  P10K0704 - albero isolato

**A.7.b Vestizione dei layer lineari:**

Per i layer di tipo lineare è possibile stabilire il colore, lo spessore e lo stile (continuo, punteggiato, tratteggiato etc) della linea di rappresentazione.

Di seguito viene mostrata una selezione esemplificativa delle combinazioni disponibile per la vestizione delle entità lineari.

-  L10K0101 - strada asfaltata
-  L10K0102 - strada non asfaltata/campestre
-  L10K0105 - strada in disuso
-  L10K0321 - arco idrico
-  L10K0403 - linea elettrica

Per il layer “Strada in Disuso” si è utilizzato uno stile tratteggiato; tutti gli altri layer hanno invece stile continuo.

Per il layer “Arco Idrico” si è utilizzato uno spessore rafforzato; gli altri layer hanno spessore minimo.

**A.7.c Vestizione dei layer areali:**

La rappresentazione dei layer di tipo areale risulta più complessa dei casi precedenti, in quanto si tratta di rappresentare, appunto, delle aree.

Per quanto concerne il bordo dei poligoni, similmente a quanto già visto per le entità lineari, è possibile stabilire il colore, lo spessore e lo stile (continuo, punteggiato, tratteggiato etc) della linea di rappresentazione.

Per quanto concerne l'area interna dei poligoni è possibile selezionare una delle seguenti alternative:

- ✓ Area interna vuota, cioè completamente trasparente; in questo caso verrà tracciato solamente il bordo del poligono trascurandone completamente il riempimento.
- ✓ Area interna trasparente; in questo caso il riempimento dell'area interna al poligono verrà effettuato tramite un opportuno tratteggio, tale da consentire la visibilità degli elementi sottostanti. In questo caso si dice anche che si utilizza un riempimento tramite retino vettoriale.
- ✓ Area interna solida oppure campita; in questo caso l'area interna al poligono verrà completamente "riempita" dal colore assegnato, oppure dalla trama o patern prescelto; in entrambi i casi le entità eventualmente sottostanti all'oggetto verranno completamente coperte e quindi obliterate, fino a risultare invisibili. In questo caso si dice anche che si utilizza un riempimento tramite un retino raster.

Di seguito viene mostrata una selezione esemplificativa delle combinazioni disponibile per la vestizione delle entità areali.



Per il layer "Edificio in costruzione" si è utilizzato un retino vettoriale (e quindi verrà effettuato un riempimento di tipo trasparente); in tutti gli altri casi si utilizza un retino raster, che darà origine ad un riempimento di tipo opaco.

Per il layer "Unità volumetrica industriale/commerciale/capannone" si è utilizzato un patern a strisce orizzontali; negli altri casi si utilizza un unico colore solido senza trama.

### A.8 Soglie di visibilità dei layer:

All'interno di una cartografia vettoriale ben progettata esistono contemporaneamente layer che rappresentano oggetti di modesta estensione ed altri layer che rappresentano oggetti di grande estensione.

Possono essere esempi di layer con oggetti di modesta estensione:

- ✓ Le sedi stradali
- ✓ I singoli edifici
- ✓ Quasi tutte le entità di tipo puntuale

I layer di questo tipo sono finalizzati alla visualizzazione nelle rappresentazioni effettuate a scala di dettaglio.

Invece sono esempi di layer con oggetti di ampia estensione:

- ✓ Gli isolati
- ✓ Le impronte delle aree urbanizzate
- ✓ Gli assi stradali
- ✓ Gli assi fluviali
- ✓ I grandi bacini idrici, quali laghi, stagni, il mare

I layer di questo tipo sono finalizzati alla visualizzazione nelle rappresentazioni panoramiche effettuate a grande scala.

E' quindi opportuno stabilire degli opportuni intervalli di scala validi per il tracciamento degli oggetti appartenenti ai diversi layer. E' bene comprendere approfonditamente i seguenti punti:

- ✓ Il tracciamento di un numero esagerato di minuti dettagli nelle rappresentazioni a grande scala provoca spesso un effetto affollamento che rende la cartografia illeggibile. Del resto i singoli dettagli sono praticamente inapprezzabili in quanto risultano di dimensioni praticamente microscopiche. Si consideri infine che il tracciamento di un numero elevato di entità è un'operazione lenta e complessa, che assorbe molto tempo di calcolo.
- ✓ Viceversa, se effettuiamo una rappresentazione a scala di dettaglio, già di per se nitida e ricca di informazioni, l'aggiunta di una omogenea campitura di sfondo che rappresenta p.es. il territorio comunale è del tutto inutile.

Risulta quindi necessario impostare delle soglie di visibilità correlate alla scala di rappresentazione, in modo tale da ottenere una filtratura dinamica dei contenuti visualizzati.



In questo esempio sono tracciati tutti i layer; è evidente la grande ricchezza di dettagli, ma anche la difficile lettura a causa delle piccole dimensioni. Inoltre questa è un'immagine pesante e lenta da tracciare, in quanto composta da alcune migliaia di oggetti elementari.



Se invece applichiamo un'opportuna filtratura dinamica dei layer in base alla scala di rappresentazione, possiamo eliminare il tracciamento di molti layer non necessari. Otteniamo in questo modo una rappresentazione ancora utile per un orientamento generico che contemporaneamente è anche leggera e veloce da tracciare in quanto è composta da poche decine di oggetti elementari.

Nel caso specifico sono stati tracciati esclusivamente i layer che rappresentano il mare, gli isolati, i corsi d'acqua, i complessi sportivi ed ospedalieri, gli assi stradali della viabilità principale.

Predisponendo a monte la definizione delle soglie di visibilità dei layer si otterrà dunque, in maniera totalmente automatica, che nel momento in cui utilizzeremo la cartografia avremo sempre visualizzata la rappresentazione ottimale in base alla scala di lavoro.

Contemporaneamente semplificheremo di molto le operazioni di calcolo che il PC dovrà eseguire, e quindi opereremo con velocità e fluidità assai maggiore, evitando pause di lunghezza imbarazzante.

**A.9 Layer di sfondo e tematismi attivi:**

Fino ad ora abbiamo esaminato le principali caratteristiche della cartografia vettoriale e della cartografia raster. Eravamo comunque partiti dal presupposto che un GIS non poteva limitarsi a gestire i soli aspetti geometrici e spaziali ma doveva essere anche in grado di associare dei precisi contenuti informativi alle entità cartografiche.

E' comunque opportuno tenere presente che non è assolutamente obbligatorio gestire un qualche tipo di informazione per tutte le entità grafiche presenti. Anzi, il caso ordinario è quello in cui solo per alcune ben selezionate categorie di oggetti cartografici si desidera gestire un contenuto informativo associato.

Possiamo quindi distinguere tra:

- ✓ Uno sfondo cartografico, totalmente privo di contenuti informativi e che costituisce il supporto di appoggio sul quale lavorare. A seconda delle esigenze e delle disponibilità potremo utilizzare:
  - Uno sfondo di tipo raster, ricordandosi comunque che questa scelta impone forti limitazioni operative e che porta ad un appesantimento delle elaborazioni-
  - Uno sfondo di tipo vettoriale, che per tutti i motivi finora esposti rappresenta di gran lunga la soluzione più snella, flessibile ed efficiente.
- ✓ I tematismi attivi, associati ad un qualsiasi tipo di contenuto informativo, che costituiscono l'oggetto vero e proprio di utilizzo del GIS. I tematismi attivi saranno sempre basati su entità di tipo vettoriale.

In un certo senso possiamo dire che lo sfondo cartografico rappresenta un componente intercambiabile del sistema GIS. Il nucleo operativo reale è rappresentato dalle informazioni contenute nei tematismi attivi, raccolte, introdotte e mantenute aggiornate con fatica e paziente tenacia. Lo sfondo, più o meno bello, più o meno adeguato, è solamente un complemento che facilita il lavoro e rende visivamente accattivanti le rappresentazioni.

L'unico vincolo esistente per la sostituzione di uno sfondo con un altro ritenuto migliore, è semplicemente quello di verificare che entrambi siano realizzati utilizzando la medesima proiezione ed il medesimo sistema di coordinate geografiche.

**A.10 Struttura dei contenuti informativi:**

Un database (DB) è uno strumento standard concepito appositamente per l'ordinata gestione di grandi quantità di dati, che dispone al suo interno di molte utili funzionalità finalizzate all'efficiente reperimento delle informazioni, nonché alla loro selezione ed ordinamento.

Mantenendosi al livello minimo di complessità, possiamo dire che un database è articolato in tavole distinte, ognuna delle quali è caratterizzata da una precisa struttura informativa.

Possiamo visualizzare una tavola di DB come una matrice rettangolare ordinata per righe e per colonne; ogni singola riga identifica una precisa entità; le singole colonne identificano un dato particolare; nella terminologia GIS le colonne sono note anche come attributi.

Si deve comprendere bene che tutte le righe appartenenti alla stessa tavola devono avere necessariamente il medesimo formato, cioè le stesse identiche colonne. Analogamente ogni colonna deve identificare con precisione il tipo di dato (p.es. numerico, alfabetico etc) che in essa deve essere memorizzato, ed eventualmente anche la lunghezza massima prevista per le informazioni registrate. Se fosse ammissibile utilizzare tavole con struttura per così dire "variabile" o "flessibile", non risulterebbe poi possibile elaborare ed estrarre le informazioni in modo efficiente e sicuro.

E' quindi necessario abituarsi a pianificare in anticipo il formato delle informazioni che si intende gestire in associazione ad un determinato tematismo attivo. Sarà comunque possibile operare delle modifiche in qualsiasi momento successivo, ma questa non è affatto una giustificazione o un incoraggiamento ad un metodo di lavoro sciatto ed inefficiente.

| ID | SEL                   | QUADRANTE            | PROV | ABITANTI |
|----|-----------------------|----------------------|------|----------|
| 1  | Lunigiana             | Lunigiana            | MS   | 56696    |
| 2  | Circondario di Empoli | Quadrante Empolese   | FI   | 111395   |
| 3  | Circondario di Empoli | Quadrante Valdelsano | FI   | 40702    |
| 4  | Valdarno Inferiore    | Valdarno Inferiore   | PI   | 65997    |
| 5  | Val d'Era             | Val d'Era            | PI   | 95079    |
| 6  | Area Pisana           | Area Pisana          | PI   | 188435   |
| 7  | Area Livornese        | Area Livornese       | LI   | 182397   |
| 8  | Val di Cecina         | Quadrante Costiero   | LI   | 65706    |
| 9  | Val di Cecina         | Quadrante Interno    | PI   | 33762    |
| 10 | Val di Cornia         | Val di Cornia        | LI   | 60068    |
| 11 | Arcipelago            | Arcipelago           | LI   | 27701    |
| 12 | Colline Metallifere   | Colline Metallifere  | GR   | 44494    |
| 13 | Alta Val d'Elsa       | Alta Val d'Elsa      | SI   | 57502    |

La figura rappresenta un tipico esempio di tavola di database; sono state definite 5 colonne con i seguenti contenuti:

1. **ID** è rappresentato da un numero progressivo che identifica in modo univoco ogni singola riga della tavola; dato che p.es. è già presente una riga ID=7 non sarà ammessa la creazione di una nuova riga con ID=7, in quanto il valore risulta già utilizzato. Nella terminologia DB questa è la chiave primaria (primary key), cioè l'identificativo certo che contraddistingue ogni singola riga.
2. **SEL** contiene la denominazione del Sistema Economico Locale.
3. **QUADRANTE** contiene la denominazione del Quadrante SEL.
4. **PROV** contiene la sigla automobilistica della provincia in cui ricade il SEL.
5. **ABITANTI** contiene il numero dei residenti nel SEL.

Utilizzando gli strumenti tipici del database sarà possibile p.es:

- ✓ Estrarre tutti i SEL della provincia di Grosseto magari richiedendo anche contemporaneamente che vengano disposti in ordine alfabetico.
- ✓ Ordinare i SEL secondo l'ordine crescente (oppure decrescente) del numero di abitanti.
- ✓ Estrarre tutti i SEL con un numero di abitanti compreso tra 50.001 e 100.000.
- ✓ Generare una lista completa dei Quadranti SEL disposta in ordine alfabetico, etc.

Per la manipolazione dei dati (ricerche, estrazioni, ordinamenti etc) i database utilizzano un apposito linguaggio standard denominato **SQL**, che rappresenta uno strumento assai potente e flessibile per la gestione complessa di grandi quantità di dati.

In ogni caso l'utente di un sistema GIS non deve preoccuparsi; non gli sarà richiesto di sobbarcarsi la fatica di studiare ed apprendere la sintassi SQL, in quanto sarà l'applicativo GIS a generare in maniera semplificata e guidata le istruzioni SQL necessarie per l'interrogazione del database.

Rimane comunque il fatto che un sistema GIS ben progettato e realizzato può utilizzare efficientemente uno strumento potente ed ampiamente collaudato quale è SQL.

Ogni singola colonna deve essere caratterizzata da un preciso formato che qualifichi esattamente il tipo delle informazioni in essa contenute.

I tipi di dato assegnabili sono i seguenti:

- ✓ Dati di tipo numerico; deve essere specificato il numero massimo di cifre intere ammesse; opzionalmente può essere indicato anche il numero di cifre decimali richieste. I dati numerici sono sempre di tipo segnato, possono cioè assumere valori positivi oppure negativi.
- ✓ Dati di tipo alfanumerico; sono costituiti da stringhe di caratteri stampabili, siano essi lettere o numeri. Deve essere indicata la lunghezza massima ammessa per la stringa, comunque non superiore a 255 caratteri.
- ✓ Dati di tipo data; possono rappresentare una data di calendario.
- ✓ Dati di tipo logico o booleano; possono esclusivamente assumere uno dei due valori alternativi, (SI/NO oppure VERO/FALSO).
- ✓ Dati di tipo lista di valori; permettono di “prelevare” i valori da assegnare alla colonna scegliendoli all’interno di una apposita lista predefinita collegata alla colonna.
- ✓ Dati di tipo immagine fotografica; possono contenere una fotografia digitale, oppure una qualsiasi immagine raster.
- ✓ Dati di tipo pagina di testo; simili ai dati alfanumerici, ma non presentano limiti di ampiezza.
- ✓ Dati di tipo documento esterno; possono puntare ad un qualsiasi documento (foglio di calcolo, relazione, filmato etc) purché sia disponibile un opportuno applicativo in grado di gestirlo.

### **A.11 Contenuti informativi dei tematismi attivi:**

Giunti a questo punto dovrebbe essere sufficientemente chiaro che un GIS è uno strumento anfibio capace di unire le funzionalità di un software per la gestione della grafica vettoriale alle funzionalità di un database.

Ogni entità GIS presenta quindi due diversi aspetti connessi e correlati:

- ✓ L’entità GIS deve avere una sua rappresentazione cartografica; è quindi anche un’entità geometrica, nei termini analizzati precedentemente.
- ✓ L’entità GIS deve inoltre avere un contenuto informativo; identifica quindi anche una riga all’interno di una tavola di database.

La connessione tra rappresentazione grafica e rappresentazione di database della medesima entità si ottiene definendo un opportuno identificativo univoco che collega in maniera indissolubile i due livelli di rappresentazione.

Ne consegue che esistono le seguenti corrispondenze biunivoche:

- ✓ Un tematismo attivo (layer) è costituito da un insieme di entità geometriche omogenee.
- ✓ Una tavola di database contiene tutti i contenuti informativi relativi a quelle medesime entità.
- ✓ Per ogni entità geometrica esiste una corrispondente riga di database.
- ✓ Per ogni riga di database esiste una corrispondente rappresentazione cartografica.

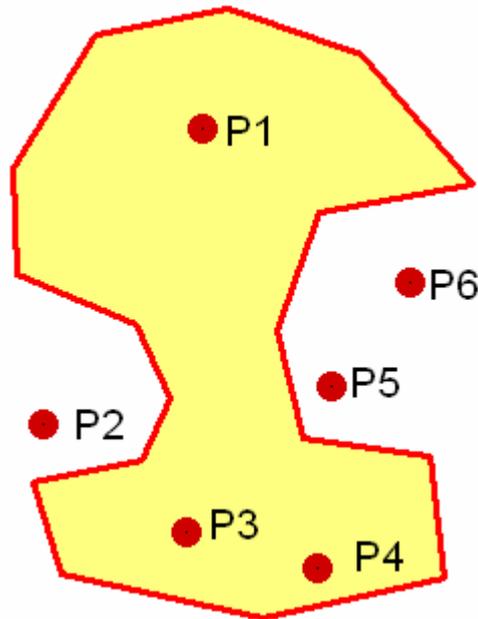
Quindi non solo è possibile selezionare le entità sulla base dei contenuti informativi, tramite l’uso di SQL che abbiamo analizzato nel paragrafo precedente, ma è anche possibile selezionare le informazioni sulla base di criteri ben precisi per l’associazione geometrica e spaziale.

Non solo; come vedremo nei prossimi paragrafi, utilizzando contemporaneamente i contenuti informativi registrati nel database e le loro descrizioni cartografiche è inoltre possibile rappresentare visivamente l’andamento di fenomeni complessi in modo immediatamente comprensibile.

**A.12 Criteri per l'associazione geometrica e spaziale:**

Abbiamo visto in un precedente paragrafo come sia possibile recuperare i dati dal database secondo criteri di estrazione ed ordinamento predefiniti utilizzando il linguaggio SQL.

Analizzeremo ora come invece sia possibile porre in relazione le diverse entità utilizzando dei criteri basati non sul contenuto delle informazioni associate quanto piuttosto sulle relazioni geometriche che intercorrono tra le entità.



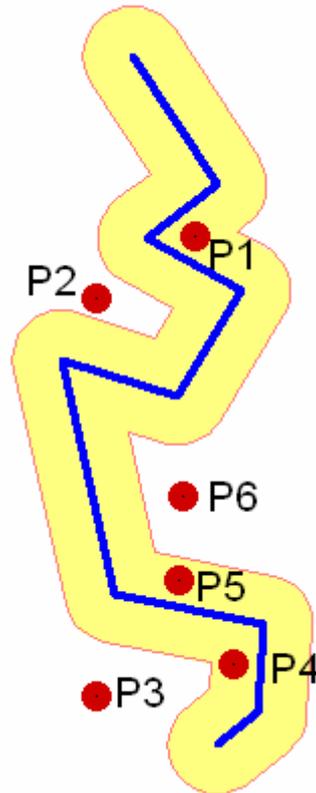
Il caso più semplice è quello di stabilire un'associazione tra entità puntuali ed entità areali; ovviamente i punti che ricadranno all'interno di un poligono si intendono associati con l'entità areale alla quale appartiene il poligono.

Come mostrato nell'esempio, i punti P1, P3 e P4 ricadono all'interno del poligono e pertanto risultano ad esso associati; i punti P2, P5 e P6 ricadono invece esternamente, e quindi l'associazione non può avere luogo.

Questo caso si riscontra assai frequentemente nella pratica concreta quotidiana, in tutti quei casi in cui è necessario p.es. risalire all'appartenenza amministrativa o comunque occorre appoggiarsi ad una qualsiasi zonizzazione prestabilita del territorio, come p.es:

- ✓ Identificare il Comune (o la Provincia) in cui si verifica un fenomeno.
- ✓ Assegnare delle misure fisiche (p.es. analisi chimiche dell'atmosfera, misurazioni del rumore) ad una precisa zona di traffico.
- ✓ Identificare la Zona di P.R.G. in cui ricade un punto.

E' possibile applicare un criterio del tutto analogo quando sia necessario stabilire una correlazione tra entità lineari ed entità areali, oppure tra due specie di entità areali; in tutti questi casi si applicherà il metodo sopra esposto ai singoli vertici della polilinea o del poligono, eventualmente seguendo un criterio di prevalenza nel caso di entità parzialmente sovrapposte.



Quando si tratta invece di stabilire l'associazione tra un'entità puntuale ed una entità lineare occorre seguire un procedimento leggermente più complesso. Per prima cosa occorre derivare un poligono basato sulla polilinea in modo tale da rispettarne la forma e le proporzioni; questa operazione si definisce creazione di un buffer. Nell'esempio fornito la polilinea originaria è rappresentata da una linea blu; il buffer derivato è rappresentato da un poligono giallo.

A questo punto, per il tramite del buffer appena creato, procediamo esattamente come nel caso precedente. I punti P1, P4 e P5 risulteranno quindi associati alla polilinea; i punti P2, P3 e P6 invece non potranno essere associati.

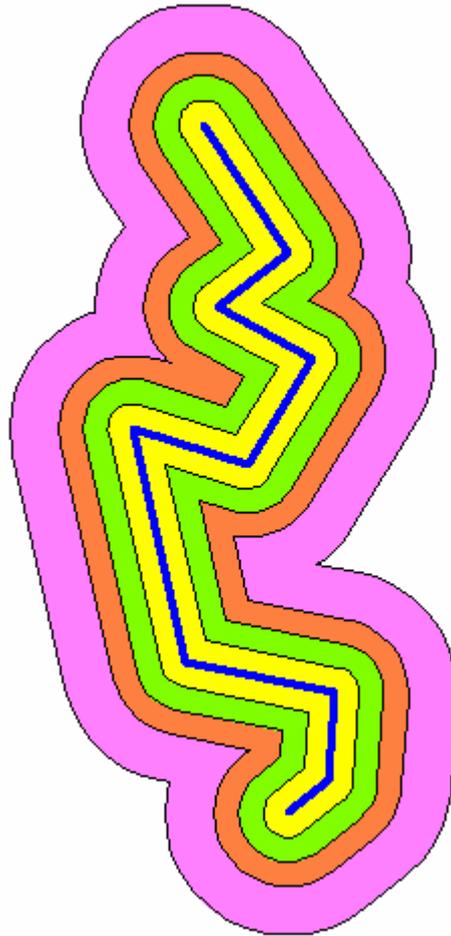
Anche questo caso è di frequente utilizzo nella pratica quotidiana; si pensi p.es:

- ✓ Identificazione di zone di rispetto impostate su assi fluviali, assi stradali oppure su linee elettriche, metanodotti, acquedotti etc.
- ✓ Associazione tra assi stradali e fermate del trasporto pubblico.

Ovviamente è anche ammissibile generare un buffer a partire da un'entità puntuale, ma in questa evenienza il problema è estremamente banale in quanto si riduce al tracciamento di un semplice cerchio avente al centro il punto originario.

In tutti i casi in cui si genera un buffer è necessario definire il raggio del buffer, che identifica l'ampiezza della zona di rispetto da creare; in termini geometrici rigorosi si definisce il buffer come il luogo geometrico dei punti aventi distanza inferiore o uguale al raggio rispetto alla polilinea originaria.

Nell'esempio illustrato alla figura precedente era stato generato un buffer con raggio pari a 2 (coordinate arbitrarie).



Questa figura invece mostra i diversi buffer generati sempre a partire dalla medesima linea generatrice (evidenziata in colore blu), utilizzando raggi rispettivamente pari a 1, 2, 3 e 5 (coordinate arbitrarie).

E' del tutto ovvio che l'ampiezza del raggio assegnato condiziona fortemente le operazioni di associazione geometrica e spaziale tramite bufferizzazione. Occorre quindi utilizzare valori opportunamente rapportati al tipo di fenomeno che si intende analizzare.

### **A.13 Rappresentazioni tematiche:**

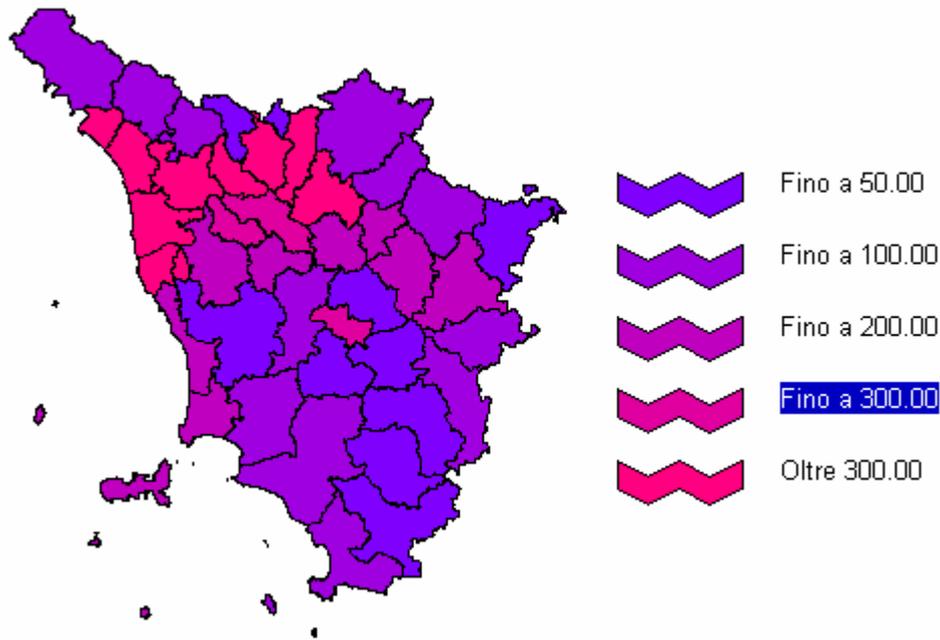
Avevamo già visto in precedenza come fosse possibile assegnare ai layer / tematismi un'opportuna vestizione grafica. Vediamo ora come sia possibile utilizzare una vestizione differenziata sulla base di particolari valori assunti dalle informazioni associate ad un tematismo attivo per ottenere una rappresentazione tematica dei fenomeni.

Mentre la vestizione sulla base del layer / tematismo si limita ad assegna gli stessi attributi grafici a tutte quante indistintamente le entità appartenenti al layer / tematismo, una rappresentazione tematica assegna specifici attributi grafici alle singole entità del medesimo tematismo sulla base dei valori ad esse associati.

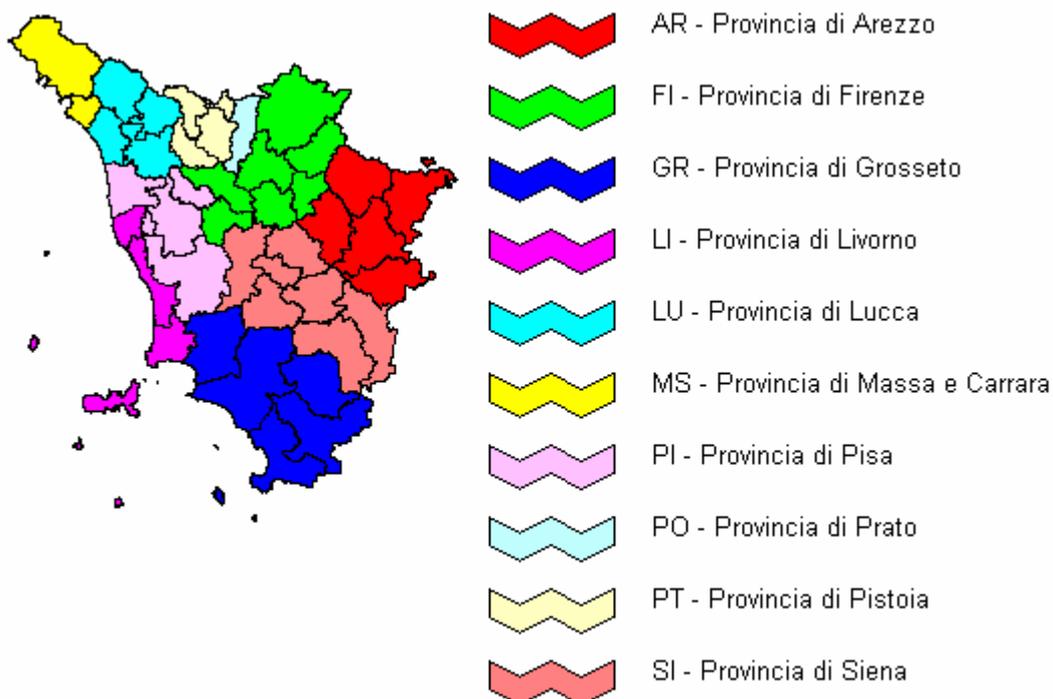
E' possibile assegnare una rappresentazione tematica a qualunque tipo di entità, sia essa puntuale, lineare oppure areale; gli effetti visivi utilizzati saranno basati sul colore e sulla dimensione.

Si può associare una data rappresentazione secondo due modalità alternative:

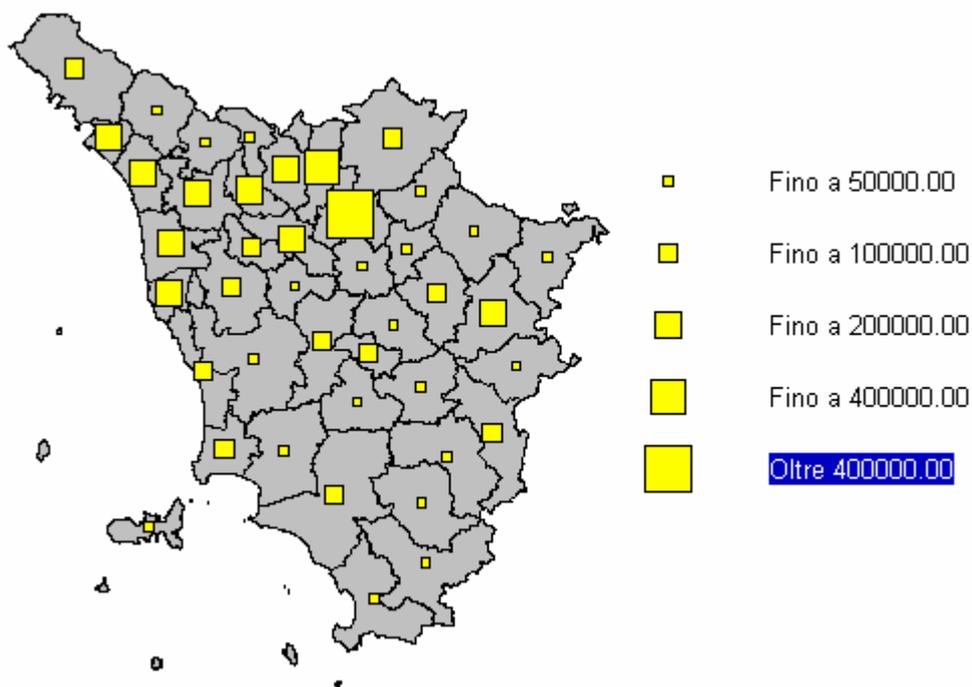
- ✓ Utilizzando delle classi di valore; questo metodo è applicabile solo a valori numerici che presentino una distribuzione continua.
- ✓ Utilizzando dei valori discreti; questo metodo è applicabile anche ai valori alfanumerici, e risulta più appropriato nel caso di valori numerici con distribuzione discontinua.



Nella figura possiamo vedere un esempio di rappresentazione tematica dei Sistemi Economici Locali (SEL) toscani basata sulla densità di popolazione. Il tematismo che rappresenta i SEL è ovviamente di tipo areale; la densità di popolazione è una grandezza che presenta una distribuzione continua, per cui si è utilizzata una rappresentazione per classi di valori. Per la rappresentazione grafica è stata scelta una scala di colori di tipo “termometrico” in modo tale da rendere immediatamente percepibile la “temperatura demografica” di ogni singolo SEL.



In questo esempio vengono rappresentati i SEL toscani sulla base delle Provincia di appartenenza; dato che il valore-provincia ha una evidente distribuzione discontinua (tra l'alto è pure un dato di tipo alfanumerico), si è utilizzato una rappresentazione per valori discreti. L'associazione colore-provincia è totalmente arbitraria; in questo caso conta solo la leggibilità, non essendovi alcuna grandezza fisica da rappresentare.

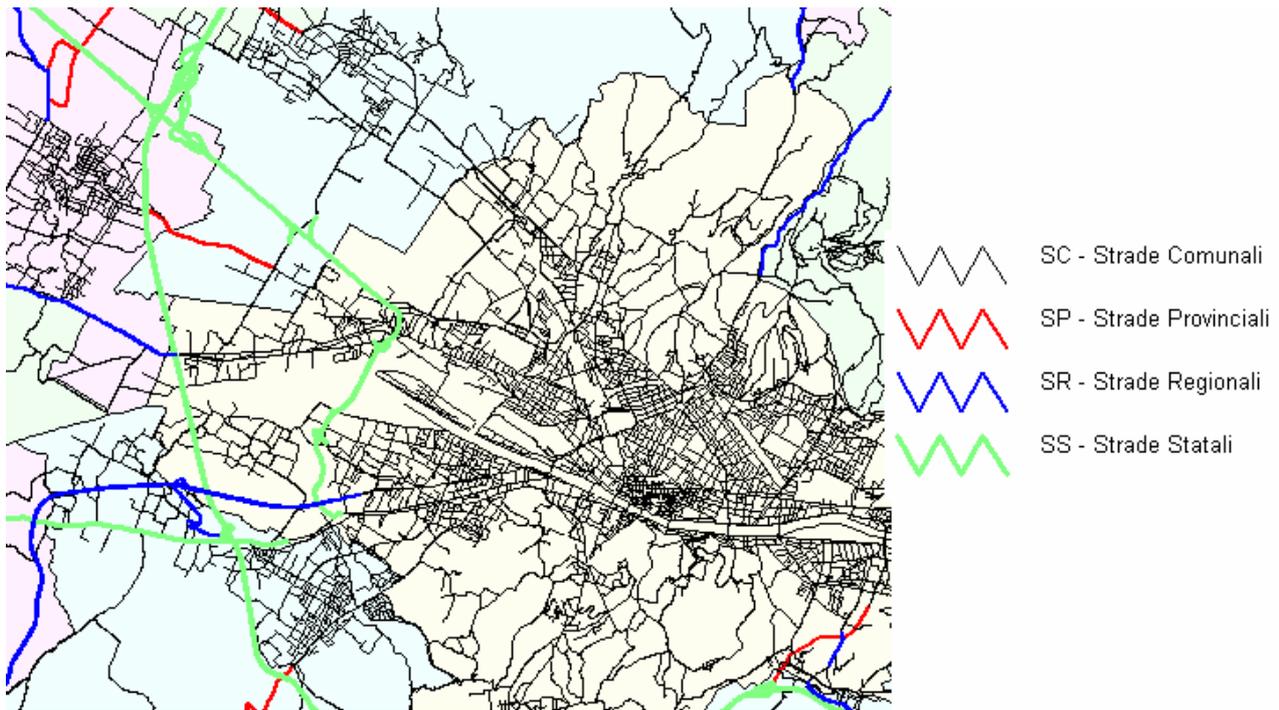


Questo esempio è leggermente più complesso dei precedenti; si è deciso di rappresentare la popolazione residente nei singoli SEL toscani. Come abbiamo visto negli esempi precedenti, i SEL costituiscono un tematismo areale, in questo caso rappresentato in colore grigio solido.

Prima di creare la rappresentazione tematica, si è provveduto preliminarmente alla estrazione di un tematismo derivato, di tipo puntuale, basato sui centroidi dei vari SEL. Naturalmente il tematismo derivato conserva intatti tutti quanti gli attributi originali dei SEL.

Anche la popolazione presenta una distribuzione continua, per cui abbiamo utilizzato una rappresentazione per classi di valori. Per la rappresentazione grafica si è deciso di utilizzare dei quadrati gialli di dimensioni proporzionali alla popolazione.

Con questo metodo si ottiene l'immediata percezione del fenomeno, in quanto tutti i residenti appaiono, per così dire, concentrati nel centroide del SEL.



Terminiamo con un esempio ancora più complesso, in quanto sono state utilizzate contemporaneamente due diverse rappresentazioni tematiche. Nella figura compare un primo tematismo areale rappresentante i territori comunali; a questo tematismo è stata sovrapposta una rappresentazione a colori arbitrari utilizzando i codici istat dei comuni come valori discreti.

Appare inoltre un secondo tematismo lineare che descrive la rete stradale; anche a questo tematismo è stata sovrapposta una rappresentazione a colori arbitrari utilizzando la classificazione amministrativa delle strade come valori discreti.