



## INTESA STATO REGIONI ENTI-LOCALI SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI

COMITATO TECNICO DI COORDINAMENTO

### SPECIFICHE PER LA REALIZZAZIONE DEI DATA BASE TOPOGRAFICI DI INTERESSE GENERALE

TITOLO:

LINEE GUIDA PER L'IMPLEMENTAZIONE

<b>Data di emissione:</b>	19-11-2007
<b>Versione, sottoversione:</b>	1.4
<b>Realizzazione:</b>	Attività realizzata con finanziamento CNIPA e Centro Interregionale
<b>Emesso da:</b>	Comitato Tecnico di Coordinamento
<b>Riferimenti:</b>	1n1007_1-2 , 1n1007_4
<b>Nome del file:</b>	1n1014.pdf
<b>URL:</b>	<a href="http://www.intesagis.it">http://www.intesagis.it</a>
<b>Proprietà intellettuale e limitazioni d'uso:</b>	La proprietà intellettuale è condivisa dagli Enti partecipanti all'IntesaGIS. Il contenuto può essere liberamente utilizzato e riprodotto, nell'ambito degli scopi previsti dall'IntesaGIS e delle finalità del documento, con obbligo di citazione della fonte.

*Nota: IntesaGIS sta per Intesa Stato Regioni Enti Locali sui Sistemi Informativi Territoriali*

#### Riferimenti

<b>Redazione revisione versione 1.0:</b>	Gianfranco Amadio, Virgilio Cima
<b>Collaborazione alla revisione</b>	Maria Paola Bonofiglio, Fabrizio Cadoni, Manuela Corongiu, Leonardo Donnalioia, Cinzia Tafi.
<b>Coordinamento della Revisione:</b>	Gruppo DB topografici IntesaGIS: Gennaro Afeltra, Mario Desideri
<b>Gruppo di riferimento</b>	Elettra Cappadozzi (CNIPA), Tonino Caracciolo (Calabria), Maurizio De Gennaro (Veneto), Domenico Longhi (Abruzzo), Stefano Olivucci (Emilia-Romagna), Sebastiano Rao (Piemonte), Umberto Sassoli (Toscana)

## Indice

1.	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	4
2.	STRUTTURA DEL DOCUMENTO .....	5

### PARTE I

#### *Inquadramento generale*

3.	IL DB_TOPO .....	6
4.	INQUADRAMENTO GENERALE DELLA SPECIFICA .....	7
4.1.	DESCRIZIONE SINTETICA DELLA STRUTTURA DEL DB TOPOGRAFICO.....	7
4.2.	RIEPILOGO DELLE TIPOLOGIE DI OGGETTI.....	8
4.3.	COPERTURA AREALE.....	9
4.4.	AGGREGATI .....	10
5.	COMPORAMENTO DEGLI OGGETTI DAL PUNTO DI VISTA TOPOLOGICO.....	11
5.1.	ALCUNE RELAZIONI FRA TIPOLOGIE .....	12
6.	NOTA SUI NOMI DEI CAMPI .....	14
7.	NOTA SUL RIEMPIMENTO DEI CAMPI ENUMERATI.....	15

### PARTE II

#### *Alcune considerazioni pratiche sulla realizzazione*

8.	MODALITÀ DI ACQUISIZIONE E FORNITURA DEI DATI .....	16
8.1.	POSSIBILI STRUTTURE PER LA FORNITURA TOPOLOGICA DEI DATI.....	16
9.	FONTE DEI DATI FOTOGRAMMETRICA .....	20
9.1.	CARATTERISTICHE METRICHE .....	20
9.2.	CARATTERISTICHE QUALITATIVE.....	20
10.	DERIVABILITÀ DEI DB .....	22
10.1.	GESTIONE DELLA TERZA DIMENSIONE .....	22
10.2.	3D E PARETI VERTICALI .....	23
10.3.	AREE SOVRAPPOSTE (VIADOTTO, GALLERIA ETC.).....	23
10.4.	AREE "COLLASSATE" .....	25
10.5.	CLASSI DI SERVIZIO LINEARI ED AREE DI INCERTA CLASSIFICAZIONE .....	26
10.6.	AREE STRADALI .....	27
10.7.	SCARPATE.....	29
10.8.	RAPPRESENTAZIONE GRAFICA .....	29
10.9.	LIMITI AMMINISTRATIVI.....	31
10.10.	ATTRIBUTI CON VALORE MULTIPLO .....	31

### **PARTE III**

#### *Approfondimenti concettuali su alcune caratteristiche dei DB*

11.	NETWORK E PLANAR TOPOLOGY .....	32
12.	ARCHITETTURA LOGICA DI UN GIS.....	32
12.1.	ARCHITETTURE POSSIBILI.....	33
12.2.	ARCHITETTURA "DUPLICE" .....	34
12.3.	ARCHITETTURA A "LAYER" .....	35
12.4.	ARCHITETTURA INTEGRATA.....	36
13.	POSSIBILI FORMATI FISICI DI FORNITURA.....	37
13.1.	STATO DELL'ARTE DEL GEOGRAPHY MARKUP LANGUAGE (GML™).....	38
14.	ALTRE FORME DI MODELLAZIONE SPAZIALE DEI DATI GEOGRAFICI DEI GIS.....	40

### **PARTE IV**

#### *I metadati*

15.	I METADATI .....	42
15.1.	METADATI REPERTORIO NAZIONALE DATI TERRITORIALI.....	43
15.2.	METADATI OPERATIVI.....	46
15.3.	QUALITÀ DEI DATI NEI METADATI OPERATIVI.....	47

### **PARTE V**

#### *Qualità dei dati e controlli*

16.	QUALITÀ DEI DATI.....	48
16.1.	PARAMETRI DI QUALITÀ.....	48
17.	VERIFICHE DI COLLAUDO.....	51
17.1.	CONGRUENZA LOGICA.....	51
17.2.	ACCURATEZZA POSIZIONALE.....	55
17.3.	COMPLETEZZA.....	57
17.4.	ACCURATEZZA TEMATICA.....	58
17.5.	TOLLERANZE .....	59

### **APPENDICE**

#### *Il "National Core"*

18.	NATIONAL CORE: LIMITI DI VARIABILITÀ DEI CONTENUTI INFORMATIVI.....	60
-----	---	----

## **1. Scopo del documento**

Lo scopo del presente documento è l'impostazione di alcune linee-guida per la realizzazione del DB topografico.

Si tratta di un documento di supporto alle Amministrazioni che applicano le specifiche dell'Intesa Stato - Regioni - Enti locali.

Vengono presentati alcuni elementi di riferimento tecnico atti a costituire un ausilio operativo per la redazione dei capitolati.

Una prima applicazione del documento avviene ad esempio presso le Regioni, dove è attuale l'esigenza di redazione di capitolati, sia per la produzione ex-novo di database topografici a partire da restituzione fotogrammetrica sia per la riconversione con aggiornamento degli attuali archivi cartografici.

Il documento fa riferimento esclusivo alle Specifiche dell'Intesa, senza modifiche o varianti, e ai diversi documenti tecnici ad esse correlati.

Le Specifiche descrivono le modalità di acquisizione e di strutturazione di tutte le informazioni potenzialmente utili all'interno di un sistema informativo territoriale, e sono sviluppate nell'ottica della esaustività della casistica presa in considerazione.

Il presente documento intende fornire uno strumento di sintesi per l'estrazione, dalla complessità delle Specifiche, di alcuni elementi concettuali di base, che siano di utilità all'utente per progettare la propria realizzazione del DB topografico. L'aspetto sostanziale è infatti la definizione dei criteri di selezione dei contenuti, in modo che il prodotto sia in grado di soddisfare le esigenze individuali del committente, nel rispetto delle condizioni necessarie per l'inserimento in un contesto più generale.

L'applicazione pratica delle specifiche, infatti, non impone la presenza di tutto il contenuto al massimo livello di dettaglio; viceversa, saranno le esigenze particolari di ogni committente a determinare di volta in volta quanti e quali oggetti richiedere nella fornitura.

Potrà verificarsi anche l'eventualità che il contesto nel quale viene realizzata la fornitura renda preferibile posticipare la raccolta di alcune categorie di informazioni che, benché già previste all'interno del "contenitore", potranno essere inserite in un momento successivo, talvolta anche da parte di soggetti diversi da quelli che hanno realizzato l'acquisizione di impianto.

Le diverse realizzazioni del DB topografico avranno quindi implementazioni "ad hoc" secondo le esigenze individuali dei committenti, salvo alcune caratteristiche di base, che dovranno essere garantite per rendere possibile la condivisione delle informazioni a livello nazionale.

Il presente documento intende offrire un orientamento per la selezione dei contenuti da inserire nel DB topografico anche descrivendo alcuni "profili standard" di esempio, che potranno servire da punto di riflessione per gli estensori dei capitolati.

Per quanto possibile, si cercherà di evitare l'utilizzo di un lessico specialistico, privilegiando la semplicità di linguaggio.

## **2. Struttura del documento**

Il documento è suddiviso in cinque parti (più un'appendice), per offrire livelli di lettura differenziati.

La parte I introduce i concetti di DB topografico e presenta le Specifiche in modo generale.

La parte II contiene un approfondimento di alcuni aspetti particolari e riporta alcuni suggerimenti per la soluzione di problemi realizzativi specifici.

La parte III affronta in modo più specialistico le caratteristiche di uno strato topologico, delle possibili architetture GIS e dei formati di fornitura.

La parte IV si occupa in modo specifico dei Metadati.

La parte V presenta una descrizione, non esaustiva, delle problematiche relative al controllo di qualità dei dati.

L'appendice riguarda i limiti di variabilità dei contenuti informativi, proponendo una possibile definizione di "National Core".

## **PARTE I**

### **INQUADRAMENTO GENERALE**

#### **3. Il DB\_topo**

Il DB\_topo è un contenitore organizzato di dati spaziali, parte di un Sistema Informativo Territoriale. Esso deve:

- costituire possibilmente l'unico contenitore di informazioni spaziali (multirisoluzione);
- poter essere generato inizialmente con dati provenienti da varie fonti (nuovo rilievo, derivazione da CTR, integrazione da DB esistenti, integrazione da immagine stereoscopica o monoscopica);
- essere aggiornabile con dati provenienti da varie fonti, anche per singole aree geografiche;
- essere mantenuto aggiornato per un congruo numero di anni, e poi ricostituito (in parte ex novo ed in parte recuperando i dati dal vecchio);
- consentire, quando richiesto e su specifiche aree geografiche, una rappresentazione grafica il più simile possibile alla cartografia tradizionale;
- possedere un contenuto informativo minimo, definito a livello nazionale;
- avere un metadata, associato in fornitura, che alimenti un repertorio nazionale dei dati geografici disponibili;
- avere informazioni di metadata aggiornate alle modifiche subite dai dati;
- consentire di estrarre, su interrogazione, un metadata in formato XMI (XML Metadata Interchange).

## 4. Inquadramento generale della specifica

Di seguito vengono sinteticamente descritti alcuni elementi basilari delle Specifiche per la realizzazione del DB topografico.

### 4.1. Descrizione sintetica della struttura del DB topografico

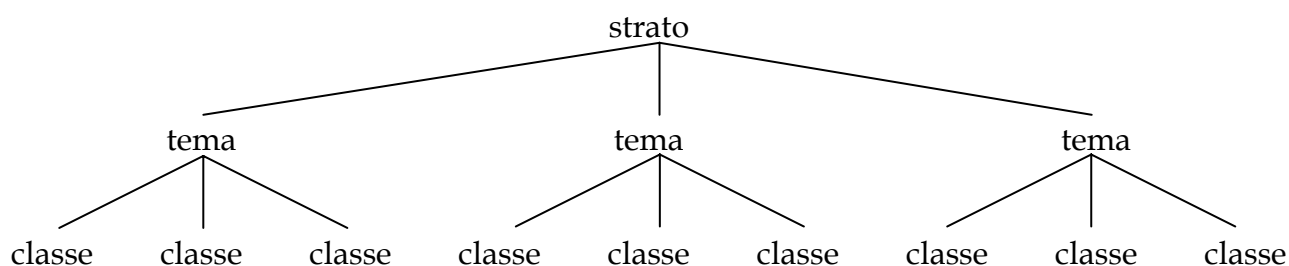
L'organizzazione degli oggetti all'interno del DB topografico è realizzata mediante l'uso di "classi" (analogamente a quanto la cartografia numerica risolve con l'uso dei codici: ad esempio sono classi l'area di circolazione veicolare, l'unità volumetrica di edificio, il muro di sostegno etc.).

Per praticità descrittiva, nelle Specifiche le classi sono raggruppate in categorie tematiche, dette appunto "temi" (ad esempio strade, edificato, manufatti etc.). Tale inquadramento non compare in modo esplicito nel database topografico, la cui struttura comprende solo le classi.

I temi sono inoltre raggruppati secondo un ulteriore livello di generalizzazione, che corrisponde agli "strati". Gli strati previsti sono i seguenti:

- INFORMAZIONI GEODETICHE, FOTOGRAMMETRICHE E METAINFORMAZIONE
- VIABILITÀ, MOBILITÀ E TRASPORTI
- IMMOBILI ED ANTROPIZZAZIONI
- GESTIONE VIABILITÀ E INDIRIZZI
- IDROGRAFIA
- OROGRAFIA
- VEGETAZIONE
- RETI TECNOLOGICHE
- LOCALITÀ SIGNIFICATIVE E SCRITTE CARTOGRAFICHE
- AMBITI AMMINISTRATIVI
- AREE DI PERTINENZA

Ogni strato risulta quindi suddiviso in temi, ed ogni tema ulteriormente dettagliato in classi:



Ad esempio, lo strato "Viabilità, mobilità e trasporti" raggruppa i temi "Strade", "Ferrovie" e "Altro trasporto", dei quali ad esempio il tema "Strade" comprende le classi "Area di circolazione veicolare", "Area di circolazione pedonale", "Area di circolazione ciclabile" etc.

Per permettere una facile consultazione del catalogo degli oggetti, ne è stata predisposta una versione in formato HTML. E' stata prodotta una versione anche in formato MDB, accompagnata da una procedura di consultazione interattiva. Entrambe sono pubblicate congiuntamente al presente documento.

#### **4.2. Riepilogo delle tipologie di oggetti**

Il modello concettuale del DB individua gli oggetti geografici che costituiscono una descrizione numerica del mondo reale. Ad essi sono associate le opportune caratteristiche (attributi), fra le quali la forma e la posizione.

La componente spaziale (attributi spaziali) è realizzata tramite primitive geometriche, espresse con modello vettoriale, e vincoli topologici.

Gli oggetti nel modello, in relazione alla forma e dimensione del fenomeno geografico che rappresentano, alla risoluzione (scala) presa in esame ed al particolare modello applicativo scelto, possono essere:

- puntuali;
- lineari;
- areali.

##### **Oggetti puntuali**

Vengono rappresentate come oggetti puntuali le entità geografiche a dimensione zero (punto) o ad esse assimilabili nel modello scelto.

Poche entità geografiche sono realmente prive di dimensione (punto trigonometrico, punto quota etc.). Molte di più sono invece quelle le cui dimensioni sono considerate trascurabili in relazione alla risoluzione del rilievo o del modello (pozzo, albero isolato, sorgente, palo della luce etc.).

Nello spazio 2D del sistema di riferimento geodetico scelto, il punto si individua con una coppia di coordinate. Nel caso 3D viene aggiunta la quota sul livello del mare.

##### **Oggetti lineari**

Sono modellati come lineari quegli oggetti realmente monodimensionali o considerati tali in relazione al modello concettuale e alla risoluzione adottati.

Sono realmente monodimensionali oggetti come assi di fiume, di strada, di ferrovia. Sono invece assimilati a oggetti lineari recinzioni, filari di alberi, limiti di coltura, fossi irrigui, piccole scarpate etc.

Gli oggetti lineari vengono rappresentati con sequenze di coppie (spazio 2D) o di triple (spazio 3D) di coordinate.

Come verrà di seguito approfondito, in relazione al modello concettuale adottato, espresso nelle specifiche tecniche, un oggetto lineare può essere forzatamente modellato come areale, attribuendo alla seconda dimensione un valore convenzionale.

Sempre in relazione al modello adottato, un oggetto lineare può essere modellato come puntuale, se la sua dimensione longitudinale è inferiore al limite di acquisizione indicato nelle specifiche tecniche.

### Oggetti areali

Nel modello si rappresentano come areali gli oggetti la cui proiezione definisce figure a due dimensioni (poligoni), come edifici, aree di circolazione stradale, boschi, cave etc.

Nella sostanza, quasi tutti gli oggetti del mondo reale sono areali, compresi quelli che ai fini del modello vengono considerati puntuali (sorgenti, rotonde etc.) o lineari (piccolo corso d'acqua, sentiero, scarpata etc.).

Per ogni singolo oggetto, il confronto fra le sue dimensioni e i limiti di acquisizione definiti dalle specifiche tecniche indica il tipo geometrico da utilizzare (puntuale, lineare o areale).

Gli oggetti areali si rappresentano con una coppia o tripla di coordinate per ogni vertice del poligono (o delle poligoni aperte che prese in sequenza formano il poligono).

### 4.3. Copertura areale

E' richiesta la "copertura totale del territorio" in forma topologica. Un insieme di classi di oggetti descrive l'intera superficie del territorio, senza sovrapposizioni né "buchi" nell'informazione.

La composizione e le caratteristiche della copertura areale sono descritte in dettaglio nel documento 1n1007\_4, che presenta anche gli schemi dei vari strati topologici in forma di diagrammi.

In estrema sintesi, la copertura areale globale del territorio è la composizione di alcune coperture tematiche (la lista delle classi è stata riportata a scopo indicativo; per una descrizione esaustiva occorre specificare, per ogni classe, quale componente spaziale partecipi alla copertura):

Copertura del suolo destinata alla mobilità e ai trasporti:

- area di circolazione veicolare;
- area di circolazione pedonale;
- area di circolazione ciclabile;
- area della viabilità mista secondaria;
- sedi di trasporto su ferro.

Copertura del suolo edificata:

- edificio;
- edificio minore;
- area attrezzata.

Copertura del suolo antropizzata per opere e manufatti:

- diga;
- ponte, viadotto, cavalcavia;
- manufatto industriale;
- manufatto monumentale e di arredo urbano;
- manufatto infrastruttura di trasporto;
- attrezzatura sportiva;
- sostegno a traliccio;
- conduttura;
- muro o divisione in spessore;
- opera idraulica di regolazione;
- argine;
- muro di sostegno e ritenuta del terreno;
- opera portuale o difesa della costa;
- attrezzatura per la navigazione.

Copertura idrica del suolo:

- area di mare;
- invaso artificiale;
- specchio d'acqua;
- area bagnata di corso d'acqua.

Copertura vegetata del suolo:

- bosco;
- coltura agricola;
- formazione particolare;
- area temporaneamente priva di vegetazione;
- pascolo o incolto;
- area verde.

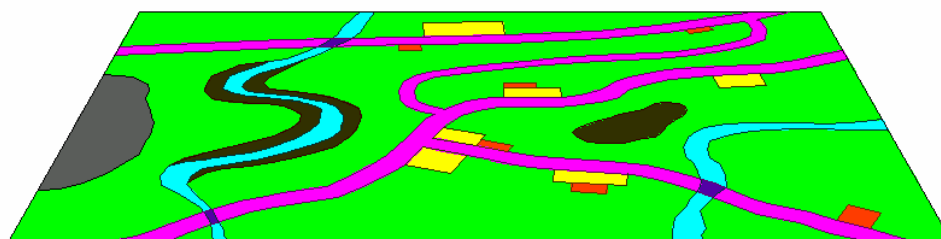
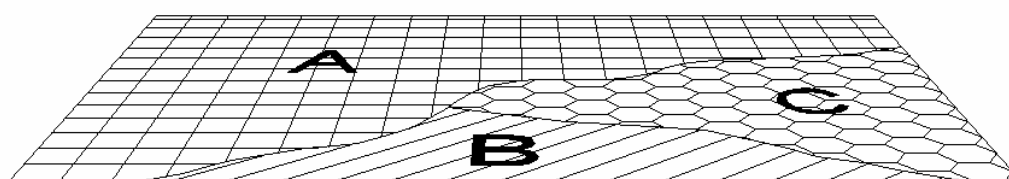
Copertura forme del suolo:








- forma naturale del terreno;
- area in trasformazione o non strutturata;
- area di scavo o discarica.

Ghiacciaio nevaio.

#### **4.4. Aggregati**

Possono esistere casi in cui un insieme di aree adiacenti condivide una certa caratteristica o funzione (ad esempio aree ospedaliere, pertinenze ferroviarie etc.). In tali situazioni è prevista la presenza di aree sovrapposte, che non partecipano alla copertura di base.



 Mobilità e trasporti	 Edificato	 Manufatti
 Idrografia	 Vegetazione	 Forme del suolo
	 Ghiacciaio nevaio	

## 5. Comportamento degli oggetti dal punto di vista topologico

Nella struttura dati proposta, in sintesi, gli oggetti presenti nel DB topografico sono suddivisi come appartenenti ad una delle seguenti tipologie:

- Oggetti areali legati da vincolo topologico (aree mutuamente esclusive);
- Oggetti lineari con topologia di tipo reticolare;
- Oggetti areali con geometrie sovrapponibili (aree non mutuamente esclusive);
- Oggetti lineari o puntuali non partecipanti a nessuna delle categorie precedenti, per i quali non è previsto nessun vincolo topologico.

### Tipologia "a"

Appartengono a questa tipologia le classi di oggetti areali che nel loro insieme costituiscono la completa e continua superficie topografica.

Partecipano a formare questa superficie tutti gli oggetti areali "mutuamente esclusivi" presenti nella lista riportata sopra, nel paragrafo della copertura areale.

Fra gli oggetti areali di questa categoria, in quanto "mutuamente esclusivi", non è ammessa la sovrapposizione, neanche parziale.

### Tipologia "b"

Tale tipologia riguarda le classi degli oggetti lineari che in generale partecipano a formare reti.

Le reti possono corrispondere a categorie di oggetti che possiedono anche una descrizione areale, nel qual caso viene descritto il percorso in asse, o a categorie di oggetti puramente lineari:

- b.1 strade, ferrovie, corsi d'acqua;
- b.2 linee elettriche, acquedotti, metanodotti.

### **Tipologia "c"**

A questa tipologia appartengono gli oggetti areali a cui è permessa la sovrapposizione con tutti gli altri oggetti, ad esclusione di quelli appartenenti alla propria classe.

Può essere riconosciuta la seguente suddivisione:

- c.1 oggetti "complessi" costituenti aggregazioni funzionali di oggetti semplici, ad esempio complesso sportivo, area di stazione ferroviaria, complesso industriale etc.;
- c.2 aree amministrative di regione, provincia e comune; sono mutuamente esclusive solo quelle appartenenti alla stessa classe con il vincolo che l'insieme dei comuni formino la provincia, l'insieme delle province formino la regione, l'insieme delle regioni formino il territorio nazionale senza soluzione di continuità (*disjoint*) e sovrapposizioni (*overlap*).

### **Tipologia "d"**

Alla tipologia "d" appartengono le classi di oggetti lineari e puntuali che per loro natura non instaurano nessuna relazione topologica con altri oggetti.

Alcuni oggetti possiedono un contenuto informativo, altri sono finalizzati alla sola rappresentazione grafica:

- d.1 oggetti lineari che non hanno relazioni topologiche con altre classi, ma che non intersecano oggetti della stessa classe, es. curve di livello;
- d.2 oggetti privi di qualunque vincolo topologico esplicito, ma che possiedono un contenuto informativo: punti quota, recinzioni, testi cartografici etc.;
- d.3 elementi accessori per la vestizione.

## **5.1. Alcune relazioni fra tipologie**

Si riportano alcune possibili interazioni di tipo geometrico fra le tipologie appena descritte.

Le primitive areali degli oggetti appartenenti alla tipologia "a":

- non vengono topologicamente tagliate da geometrie del tipo "b", che rimangono sovrapposte;
- non sono tagliate neanche dalle geometrie del tipo "c", con le quali però possono avere a comune parti di oggetto come bordo;

- non sono topologicamente tagliate dalle geometrie di tipo "d".

Le primitive lineari appartenenti agli oggetti di tipologia "b.1":

- possono condividere parte della geometria degli oggetti areali di tipologia "a",
- possono condividere parte delle geometrie degli oggetti di tipologia "c" e "d";
- hanno una relazione di connessione con oggetti areali, lineari e puntuali appartenenti a classi affini, come ad esempio sorgente - corso d'acqua, stazione - linea ferroviaria, casello - autostrada etc.

Le primitive lineari appartenenti agli oggetti di categoria "b.2":

- non intersecano topologicamente nessun tipo di oggetto areale e lineare;
- hanno alcune relazioni di connessione con oggetti areali, lineari e puntuali appartenenti a classi affini (ad esempio linea elettrica - cabina, acquedotto - serbatoio, metanodotto - stazione di pompaggio etc.).

## 6. Nota sui nomi dei campi

All'interno delle Specifiche sono presenti alcuni campi il cui nome "alfabetico" supera i 10 caratteri, e ciò può creare difficoltà nell'ipotesi di trasferimento degli attributi all'interno delle tabelle dbf in caso di fornitura in formato *shapefile*.

Il troncamento dei nomi porterebbe infatti in alcuni casi alla perdita dell'univocità del termine, quando due nomi diversi hanno gli stessi caratteri iniziali e si differenziano solo nei caratteri successivi al decimo.

Tali casi sono elencati nella tabella che segue, in cui si riporta, per ciascuno di essi, un nome alternativo univoco contenuto entro i 10 caratteri; detta modifica potrebbe essere incorporata nella specifica Intesa alla prossima revisione.

Per tutti gli altri casi la soluzione operativa resta il troncamento del nome a 10 caratteri.

Classe	Attributo	Attributi.Nome	Nome_Breve	Nome_Breve_Shape	Alias
000101	07	Origine quota ortometrica	V_RETE_OQTO	V_RETE_OQT	V_RETE_OQO
000101	08	Origine quota ellissoidica	V_RETE_OQTE	V_RETE_OQT	V_RETE_OQE
000102	07	Origine quota ortometrica	CAPOSD_OQTO	CAPOSD_OQT	CAPOSD_OQO
000102	08	Origine quota ellissoidica	CAPOSD_OQTE	CAPOSD_OQT	CAPOSD_OQE
000103	06	Origine quota ortometrica	P_FTGR_OQTO	P_FTGR_OQT	P_FTGR_OQO
000103	07	Origine quota ellissoidica	P_FTGR_OQTE	P_FTGR_OQT	P_FTGR_OQE
000105	08	Origine quota ortometrica	P_FCAT_OQTO	P_FCAT_OQT	P_FCAT_OQO
000105	09	Origine quota ellissoidica	P_FCAT_OQTE	P_FCAT_OQT	P_FCAT_OQE
000106	06	Origine quota ortometrica	S_CSED_OQTO	S_CSED_OQT	S_CSED_OQO
000106	07	Origine quota ellissoidica	S_CSED_OQTE	S_CSED_OQT	S_CSED_OQE
020207	04	quota massima attacco dei cavi	TRALIC_QC_MX	TRALIC_QC_	TRAL_QC_MX
020207	05	quota minima attacco dei cavi	TRALIC_QC_MN	TRALIC_QC_	TRAL_QC_MN
020401	23	quota estrusione SE	MU_SOS_SE_QE	MU_SOS_SE_	MUOS_SE_QE
020401	24	tipo estrusione SE	MU_SOS_SE_EX	MU_SOS_SE_	MUOS_SE_EX
020401	25	quota estrusione SI	MU_SOS_SI_QE	MU_SOS_SI_	MUOS_SI_QE
020401	26	tipo estrusione SI	MU_SOS_SI_EX	MU_SOS_SI_	MUOS_SI_EX
020401	27	quota estrusione CR	MU_SOS_CR_QE	MU_SOS_CR_	MUOS_CR_QE
020401	28	tipo estrusione CR	MU_SOS_CR_EX	MU_SOS_CR_	MUOS_CR_EX
020502	23	quota estrusione SE	ARGINE_SE_QE	ARGINE_SE_	ARGN_SE_QE
020502	24	tipo estrusione SE	ARGINE_SE_EX	ARGINE_SE_	ARGN_SE_EX
020502	25	quota estrusione SI	ARGINE_SI_QE	ARGINE_SI_	ARGN_SI_QE
020502	26	tipo estrusione SI	ARGINE_SI_EX	ARGINE_SI_	ARGN_SI_EX
020502	27	quota estrusione CR	ARGINE_CR_QE	ARGINE_CR_	ARGN_CR_QE
020502	28	tipo estrusione CR	ARGINE_CR_EX	ARGINE_CR_	ARGN_CR_EX
020505	23	quota estrusione ST	OP_POR_ST_QE	OP_POR_ST_	OPPR_ST_QE
020505	24	tipo estrusione ST	OP_POR_ST_EX	OP_POR_ST_	OPPR_ST_EX
020505	25	quota estrusione CR	OP_POR_CR_QE	OP_POR_CR_	OPPR_CR_QE
020505	26	tipo estrusione CR	OP_POR_CR_EX	OP_POR_CR_	OPPR_CR_EX

## **7. Nota sul riempimento dei campi enumerati**

Molti attributi assumono il loro valore all'interno di un dominio predefinito. Ad esempio, l'attributo AC\_PED\_FOND dell'area di circolazione pedonale (strato 01 tema 01 classe 02) ha come dominio:

01 pavimentato  
02 non pavimentato

Per la valorizzazione concreta dell'attributo occorre scegliere fra due possibilità: riportare tutta la stringa strato-tema-classe-n°attributo-valore (nell'esempio 0101020301) oppure solo il valore "corto" (nell'esempio 01).

Si ritiene preferibile la seconda modalità, cioè il riporto del solo valore "corto". Tale soluzione fa sì che:

- vi sia univocità del dominio in caso di utilizzo di uno stesso attributo per classi diverse;
- si eviti una ridondanza;
- si riduca la dimensione dei file;
- si evitino possibili incongruenze fra i primi caratteri presenti nell'attributo ed i codici di strato/tema/classe di appartenenza.

Nota: il gruppo sta valutando se convenga definire un codice univoco per il particolare topografico (es. concatenamento di tutti gli attributi qualificanti) al fine della vestizione e dell'export verso il mondo CAD.

## PARTE II

### ALCUNE CONSIDERAZIONI PRATICHE SULLA REALIZZAZIONE

#### 8. Modalità di acquisizione e fornitura dei dati

La produzione di un DB topografico richiede la presenza e la correttezza di tutti i vincoli spaziali descritti al punto 5.1.

In particolare, la descrizione topologica a copertura totale deve essere rigorosa, pena il malfunzionamento degli strumenti di utilizzo destinatari.

Ad oggi, la situazione tipica dei soggetti che si occupano dell'acquisizione per via aerofotogrammetrica vede associati gli strumenti di fotointerpretazione a dei software di registrazione che appartengono alla categoria dei "CAD" specializzati e non a quella dei gestori di database spaziali.

La messa a punto della topologia deve quindi avvenire nella successiva fase di *editing*.

Su questa caratteristica del processo produttivo sono da fare due considerazioni.

La prima è che, per garantire la correttezza topologica del dato finale, è necessario che ad un certo punto dell'iter di produzione il dato venga elaborato all'interno di un software topologico. Non è infatti consigliabile che la topologia sia controllata "a mano" o con strumenti informatici artigianali. In ogni caso, la correttezza topologica dovrà essere esplicitamente certificata dal produttore.

La seconda considerazione è legata alla doppia possibilità di descrizione della topologia: poligoni perfettamente adiacenti oppure linee di separazione (archi-nodi), come accennato nel successivo punto 8.1, nel quale vengono sommariamente descritte le due modalità.

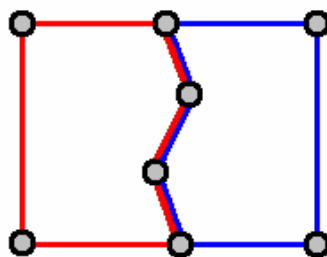
##### 8.1. Possibili strutture per la fornitura topologica dei dati

La componente geometrica del dato geografico, nel rispetto della topologia richiesta, può essere acquisita e fornita secondo due possibili approcci:

- a *poligoni*, in cui ogni area è descritta da una spezzata che si chiude su se stessa;
- ad *archi-nodi*, in cui si tracciano le linee aperte ("archi") di separazione fra le aree, così che ognuna di esse venga descritta geometricamente dalla serie di archi che la delimitano.

##### Approccio a poligoni:

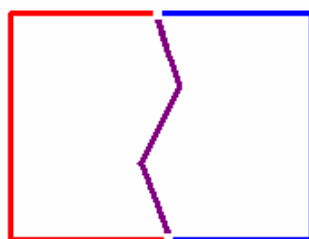
I poligoni si toccano fra loro rispettando la congruenza geometrica (bidimensionale); in altre parole, i lati che separano due poligoni adiacenti devono avere gli stessi vertici, con identiche coordinate E,N.



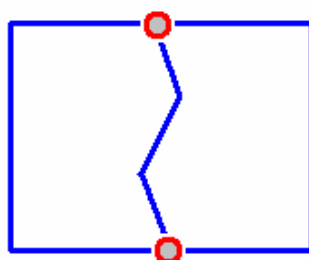
Non sono consentite sovrapposizioni, neppure parziali, fra poligoni (tranne i casi in cui su una stessa proiezione di territorio insistano realmente più livelli di informazione, come gli incroci stradali a livelli sfalsati, che richiedono soluzioni specifiche - Vedi paragrafo "Aree sovrapposte").

### Approccio archi-nodi:

Il modello riporta le linee (aperte) di divisione fra le aree, in modo da scomporre il territorio in porzioni di caratteristiche omogenee. In ogni area è inoltre presente un "centroide", cioè un oggetto puntuale che contiene le informazioni alfanumeriche che descrivono quell'area.



Le linee di divisione non si intersecano mai: nei punti in cui sono presenti più di due aree in adiacenza le linee di divisione si interrompono, e gli estremi condividono la stessa posizione planimetrica (cioè hanno identiche coordinate E,N), detta "nodo".



Le linee di divisione non devono avere estremi liberi: ogni linea inizia e finisce su un nodo.

La "descrizione topologica" del modello fa sì che ogni linea di divisione contenga le informazioni sulle aree che suddivide, come ID dei due centroidi (destra e sinistra, rispetto al senso di percorrenza della linea, cioè all'ordine della sequenza di coordinate).

Viceversa, ogni centroide contiene la lista degli ID delle linee di divisione che concorrono a delimitare l'area che rappresenta. La lista è ordinata in modo da

descrivere il poligono in senso orario (o antiorario), quindi deve contenere anche il senso in cui percorrere ogni linea (dritto o inverso rispetto alla sequenza di coordinate).

La scelta della metodologia con cui gestire l'aspetto topologico della fornitura può coinvolgere già la prima fase di acquisizione. E' infatti possibile eseguire la fotointerpretazione enucleando gli oggetti areali mediante la descrizione geometrica dei loro contorni poligonali oppure acquisire direttamente le linee aperte di separazione fra aree.

Per l'analisi delle conseguenze derivanti dalla scelta dell'una o dell'altra metodologia vengono considerati, fra gli altri, due aspetti caratteristici della fotointerpretazione: il fatto che la descrizione qualitativa degli oggetti avviene mediante il solo codice alfanumerico e la limitata porzione di territorio resa di volta in volta disponibile dalla singola sovrapposizione fra fotogrammi ("coppia").

### **Metodo "a poligoni"**

Col metodo "a poligoni", il fotointerprete traccia i singoli oggetti areali, associando un codice alfanumerico a ciascuno di essi. Per le aree di estensione tale da non poter essere completate durante la restituzione della coppia in corso, viene tracciata una porzione del poligono. L'oggetto rimane temporaneamente incompleto, ma nella sua forma anomala (area aperta) esso è comunque presente nei dati, in attesa di essere terminato durante l'acquisizione di una coppia successiva.

Il limite del metodo "a poligoni" si mostra al momento di acquisire la frontiera di separazione fra aree adiacenti. La collimazione deve essere fatta due volte, una per ciascun poligono. La regola topologica impone identità di coordinate, e ciò suggerisce la necessità di una qualche operazione di *snap* che valga però solo per la componente bidimensionale. Nella realtà, infatti, le due aree possono essere a quote sensibilmente diverse, e in fase di restituzione può essere problematico collimare ad una quota mantenendo contemporaneamente la congruenza con particolari ad una quota diversa.

Dal punto di vista del modello, però, la doppia descrizione della linea di separazione permette di tener conto della eventuale differenza di quota dei perimetri delle due aree.

Tanto per concretizzare tali considerazioni, si pensi al caso - frequentissimo - di adiacenza fra aree stradali e di edificato. La differenza di quota è scontata, perché la foto aerea permette la sicura collimazione solo delle coperture degli edifici e non dei loro poligoni di distacco dal suolo, che saranno visibili solo in casi particolari (nella parte periferica dello stereogramma, in virtù della distorsione prospettica)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Per le scale di maggior dettaglio, l'esempio appena citato è caratterizzato da un'ulteriore complicazione, perché la differenza fra il perimetro della copertura ("gronda") e l'impronta dell'edificio a terra ("muro perimetrale") richiede un'operazione di editing, detta "sgrondatura", che può essere effettuata solo dopo la fase di ricognizione a terra, durante la quale vengono stimate le dimensioni delle gronde. Nel modello finale, l'area stradale dovrà realizzare la congruenza topologica con l'area di ingombro del muro perimetrale dell'edificio, e non con l'area della copertura. Tale problema, però, è indipendente dalla metodologia scelta per la descrizione topologica.

### **Metodo "archi-nodi"**

Col metodo di tipo "archi-nodi", il fotointerprete traccia le singole linee di separazione fra aree. Ogni linea viene tracciata una sola volta, con una codifica che tenga conto del tipo di aree che essa separa. Tale informazione è necessaria anche per la rappresentazione grafica della linea.

La qualificazione delle aree deve essere registrata in qualche altra forma, ad esempio inserendo un oggetto puntuale ("centroide") interno ad ogni area, in modo da disporre comunque di un codice alfanumerico descrittivo.

Le aree la cui estensione non è contenuta nella coppia creano maggior disagio, perché non esiste più un oggetto parziale in attesa di completamento, ma l'operatore deve tener presente la descrizione del territorio già assegnata e le zone ancora da qualificare.

Il limite maggiore del metodo "archi-nodi" si ha però sulla gestione della componente tridimensionale. Le linee di separazione fra aree, in quanto presenti una sola volta, non possono descrivere una doppia informazione altimetrica, e non sono pertanto in grado di modellare in modo diretto l'eventuale differenza di quota fra aree adiacenti.

Il metodo può quindi essere applicato solo nel caso di descrizione bidimensionale del territorio, oppure di descrizione tridimensionale riferita solo alla quota del terreno. In quest'ultimo caso, gli oggetti che non appartengono alla superficie, come ad esempio gli edifici, possono essere presenti come perimetro di distacco dal suolo e successivamente "estrusi" come oggetti tridimensionali. Non è invece possibile descrivere pareti verticali, come ad esempio muri di sostegno la cui proiezione planimetrica risulti monodimensionale al livello di dettaglio dell'acquisizione.

Di fatto, non sembra vi siano elementi decisivi per orientare la scelta verso l'uno o l'altro tipo di descrizione topologica. Occorre verificare il rapporto fra le due diverse soluzioni e le caratteristiche del contesto di applicazione: scala (dimensione oggetti), morfologia del territorio, prassi operative consolidate, varietà dei contenuti.

E' comunque ragionevole che il tipo di descrizione topologica scelto per la fornitura corrisponda a quello utilizzato dal sistema informativo di destinazione. In altre parole, la scelta del metodo archi-nodi nella fase di fornitura è appropriata se viene mantenuto il metodo archi-nodi anche nel modello logico di utilizzo.

## **9. Fonte dei dati fotogrammetrica**

Vengono analizzate le caratteristiche metriche e qualitative dei dati generati con processo fotogrammetrico.

### **9.1. Caratteristiche metriche**

Le caratteristiche metriche dei dati rilevati per via fotogrammetrica derivano in modo sostanziale dalla natura del supporto e dal procedimento di acquisizione: l'unità minima di informazione è il pixel dell'immagine, che corrisponde, in base alla scala del fotogramma, ad una definita porzione di territorio.

Il processo fotogrammetrico non consente di spingere il dettaglio di acquisizione al di sotto di tale soglia.

Di conseguenza, il livello di dettaglio e di accuratezza richiesti per il prodotto finale impongono implicitamente le caratteristiche della ripresa fotogrammetrica.

La semplice analisi della dimensione del pixel può rendere conto dell'associazione ormai consolidata fra scala del fotogramma e caratteristiche metriche del prodotto finale.

Una conseguenza importante di tale relazione è che, una volta determinate le caratteristiche della ripresa aerea, si è di fatto assegnato il limite di accuratezza raggiungibile (usualmente denominato "tolleranza").

E' fondamentale che ogni oggetto costituente il prodotto porti con sé tale informazione di "limite di accuratezza", perché sarebbe privo di senso utilizzare l'oggetto in un contesto di accuratezza (scala) superiore. Sarà compito dei metadati o degli attributi del singolo oggetto rendere disponibile tale informazione, ma è importante che l'utenza ne sia consapevole.

Uno dei problemi che si incontrano nella conversione dei prodotti di derivazione strettamente fotogrammetrica (cartografia numerica) in database topografici è dovuto al fatto che per il database esiste, oltre all'accuratezza posizionale "assoluta" dei particolari, una necessità di congruenza topologica, ovvero di accuratezza posizionale "relativa", che non ammette tolleranza. In altre parole, la congruenza topologica impone che le coordinate di punti omologhi appartenenti a particolari diversi siano identiche. La richiesta di congruenza topologica in prodotti di derivazione fotogrammetrica costringe ad apposite elaborazioni successive all'acquisizione, come descritto più in dettaglio nel paragrafo sulle modalità di acquisizione dei dati.

### **9.2. Caratteristiche qualitative**

Nella cartografia numerica, fino ad oggi prodotta per via aerofotogrammetrica, il ruolo essenziale per la qualificazione degli oggetti è stato sostenuto dal "codice". Si tratta di una stringa alfanumerica, nella maggior parte dei casi di 8 caratteri, associata alla geometria di ogni particolare.

Tale soluzione permette di riunire oggetti diversi all'interno della stessa unità di supporto fisico (file) mantenendo l'individualità della qualificazione.

All'interno degli 8 caratteri, vi è in genere una convenzione di codifica che permette il riconoscimento di una classificazione gerarchica: ad esempio, i primi due caratteri possono indicare una macrocategoria (edificato, viabilità, vegetazione etc.), i due successivi una suddivisione all'interno di quella categoria, e così avanti fino al livello di maggior dettaglio.

Le informazioni necessarie alla rappresentazione (penna) sono in genere assegnate in modo esplicito ad ogni particolare, o talvolta a porzioni di esso.

Spesso è presente un ulteriore qualificatore, generalmente espresso come numero intero, che può indicare una specificazione del codice (sottocodice) o una caratteristica di acquisizione dell'oggetto (provenienza).

E' inoltre diffuso l'utilizzo del "codice di gruppo", ovvero di un identificativo comune fra particolari cartografici che fanno parte di uno stesso oggetto concettuale.

Eventuali attributi alfanumerici aggiuntivi, come ad esempio il nome, per gli oggetti che lo possiedono, sono aggiunti nella fase di elaborazione successiva all'acquisizione (editing).

## **10. Derivabilità dei DB**

E' opportuno esaminare più in dettaglio la derivabilità dei DB da cartografia numerica e l'integrazione con altri DB o con dati di altra provenienza (es. ortoimmagini).

Il panorama della cartografia numerica prodotta in Italia negli ultimi anni è molto eterogeneo, quindi un'analisi dettagliata delle attività di conversione ed integrazione necessarie per ottenere da esse un DB topografico può essere fatta solo in modo specifico, caso per caso.

E' però possibile individuare alcune problematiche ricorrenti, che delineano un nucleo di esigenze più o meno comune.

### **10.1. Gestione della terza dimensione**

Vengono segnalati casi in cui la C.N. da riconvertire non possiede la terza dimensione, altri - più frequenti - in cui invece i dati di partenza sono 3D.

La linea di principio, durante la riconversione da C.N. a DBT, è quella di far sì che non vengano perse le informazioni contenute nei dati originali; in tale spirito, anche se gli strumenti informatici attuali che operano in ambiente DB hanno funzionalità limitate per quanto riguarda la terza dimensione, si ritiene opportuno mantenere comunque memorizzata la componente altimetrica.

Per alcune classi (curve di livello, punti quotati) la quota potrebbe essere gestita come attributo, con valore unico per tutto l'oggetto, ma nella maggior parte dei casi la coordinata Z assume valori diversi all'interno dell'oggetto e deve pertanto essere memorizzata insieme alla sua descrizione geometrica.

Tale necessità fa propendere per l'utilizzo del modello "a poligoni" anziché "archi-nodi" per la fornitura degli oggetti areali prodotti nella riconversione.

Le verifiche topologiche potranno riguardare la sola componente bidimensionale; per la terza dimensione sono imposti alcuni vincoli geometrici su classi particolari: ad esempio, per i reticoli è richiesta la congruenza geometrica 3D (identità di coordinate nelle tre componenti E N Q) fra un nodo e gli estremi degli archi che vi afferiscono, mentre per gli oggetti di alcune classi dell'idrografia è richiesto che la coordinata Z rispetti un andamento altimetrico decrescente.

Occorre trovare una soluzione per la gestione delle "pareti verticali", ovvero dei casi in cui si ha una brusca variazione di quota in uno spazio inferiore alla soglia di acquisizione (es. muro di sostegno).

E' correlato al tema della terza dimensione anche il problema della gestione delle doppie superfici, cioè dei casi in cui sul territorio vi sia una reale sovrapposizione fra più superfici (ponti, viadotti etc.).

## 10.2. 3D e pareti verticali

La "copertura areale completa" del territorio ed i vincoli spaziali che garantiscono una corretta topologia vengono generalmente considerati in modo bidimensionale.

L'introduzione della terza dimensione comporta alcune problematiche aggiuntive, specialmente per la gestione di superfici che sul territorio sono praticamente verticali, come ad esempio i muri di sostegno.

Tali superfici rappresentano un elemento di continuità tridimensionale fra due aree a quota diversa, ma in proiezione appaiono come linee poiché in scorcio totale.

Alcune soluzioni per la loro modellazione possono essere le seguenti:

- A. non riportarle fra gli oggetti areali;
- B. inserire dei poligoni verticali;
- C. assegnare una pendenza fittizia in modo che in proiezione la parete si presenti come una piccola area, di larghezza inferiore alla tolleranza di acquisizione relativa all'oggetto e alla scala.



Pianta



A



B



C

La soluzione A comporta ulteriori problemi nel caso di scelta del modello archi-nodi per la fornitura.

La soluzione B presenta gli stessi problemi, ed in più vi è il rischio che alcuni software gestiscano male le aree in posizione verticale.

La soluzione C prevede l'inserimento di nuovi vertici molto vicini ad altri già esistenti per i poligoni adiacenti alla parete (in figura l'oggetto giallo) e probabilmente richiede interventi mirati di editing manuale.

Si ritiene comunque preferibile quest'ultima soluzione C, la quale:

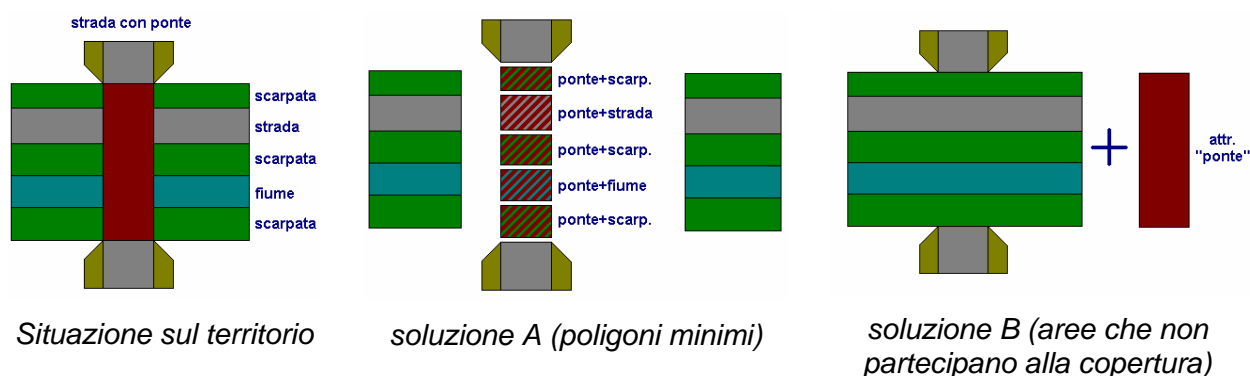
- è compatibile con la struttura archi-nodi;
- non crea problemi ai software di generazione di TIN e DTM;
- comporta di contro un maggior carico di lavoro in fase di produzione.

## 10.3. Aree sovrapposte (viadotto, galleria etc.)

Sempre in riferimento alla "copertura areale completa" del territorio, anche la presenza di aree a quote diverse che condividono la stessa proiezione planimetrica richiede una gestione particolare.

Anche in seguito alle sperimentazioni eseguite, si sono delineate due principali ipotesi di soluzione:

- A. poligoni minimi: ogni sovrapposizione parziale fra due aree "taglia" entrambe, producendo una terza area in corrispondenza della porzione sovrapposta; opportune tabelle mantengono la classificazione di tale area verso tutte le superfici che deve rappresentare.
- B. viene definito un "piano 0" che corrisponde a quello della copertura areale e dei "livelli" superiori od inferiori, opportunamente qualificati, che ai fini della topologia non concorrono alla copertura di base.



Nel caso A, si viene a creare un gran numero di aree anche molto piccole (si pensi al caso di un'area stradale in galleria, che passa sotto ad una varietà di altri oggetti); inoltre la struttura tabellare è più complessa.

Nel caso B, alcuni vincoli spaziali devono tener conto di possibili situazioni anomale che coinvolgono aree esterne alla copertura topologica (es. vincolo di contenimento per il tratto di reticolo stradale su viadotto).

Le Specifiche permettono già l'implementazione della soluzione B, poiché nel documento 1007/4 vi è l'indicazione di quali istanze non concorrono alla copertura (es. Area di circolazione veicolare quando Sede=Galleria).

Nella descrizione dei vincoli presente nel documento 1007/4 c'è in forma implicita la lista degli oggetti che possono non appartenere alla copertura di base perché sotto/sovrapposti; è previsto che siano qualificati in tal senso mediante il relativo attributo di livello.

Potrebbe risultare utile la presenza di un attributo generale di "livello" per tutti gli oggetti, che faciliterebbe la selezione delle aree che concorrono alla copertura di base (livello = zero) e che aiuterebbe a descrivere la mutua posizione in caso di sovrapposizione di aree a più di due livelli (nel caso 2D; altrimenti la posizione di ogni area è già descritta dal valore della quota).

Non si ritiene che la presenza di tale attributo sia indispensabile, almeno per nel caso che venga adottata la soluzione B. Per la soluzione A, invece, il gruppo di lavoro sta considerando l'ipotesi di definire le regole di implementazione dell'attributo "livello", ma è opportuno attendere l'esito delle sperimentazioni in corso.

Nota: se si decide di rendere esplicito anche il livello zero, occorre aggiungere un attributo generale "Livello" a tutte le classi che ora non lo prevedono.

#### 10.4. Aree "collassate"

Nella prima fase applicativa delle Specifiche Intesa, e in particolare nei casi di riconversione da cartografia numerica a database, ci si è posti il problema se era possibile ed opportuno prevedere, per alcune classi con attributo geometrico di tipo areale, anche una classe con attributo geometrico di tipo lineare.

Ciò allo scopo di evitare la modellazione areale di oggetti con una dimensione assolutamente trascurabile rispetto al livello di risoluzione in uso, tenuto conto anche delle onerose elaborazioni richieste in fase di riconversione per trasformare in areali entità tradizionalmente acquisite in cartografia numerica come lineari.

Le sperimentazioni già eseguite hanno evidenziato che alle usuali scale delle CTR il problema si verifica soprattutto su idrografia minore (fossi), viabilità mista secondaria (specialmente sentieri) e per le scarpate usualmente definite "non rappresentabili".

Si evidenzia che l'utilizzo di una doppia classe (areale e lineare) per lo stesso oggetto geografico (fosso, sentiero, scarpata) fa sì che in caso di esecuzione di *queries* esse vadano ripetute per entrambe le classi.

La Specifica Intesa prescrive per ogni classe di oggetti la componente di attributo spaziale attraverso la quale esprimere la forma e la posizione; in altre parole, viene indicata la primitiva geometrica da utilizzare nella forma Geo\_UML.

Alcuni esempi:

- edificio (classe 020102):  
per l'ingombro al suolo (EDFCL\_IS) primitiva GU\_CPSurfaceB3D;  
per la massima estensione (EDIFC\_ME) primitiva GU\_CPSurface2D;
- area stradale (classe 010104):  
per l'estensione (AR\_STRA\_SUP) primitiva GU\_CXSurfaceB3D;
- rete stradale LIV.1 - grafo stradale (classe 010114):  
per l'estensione (RT\_ST1\_GRAF) primitiva GU\_CXCurve3D;
- caposaldo (classe 000102):  
per la posizione (CAPOSD\_POS) primitiva GU\_Point3D;
- elemento divisorio (classe 020209):  
per il tracciato (EL\_DIV\_TRAC) primitiva GU\_CPCurve3D.

Si ricorda che, per quanto definito nel documento Spatial Schema 19107 ISO/TC 211, solo le aree "tagliano" altre aree (cioè in caso di sovrapposizione fra due poligoni il bordo di un poligono divide l'altro in due o più porzioni), mentre gli oggetti espressi come lineari *non* tagliano le aree.

Così, ad esempio, un grafo strade sovrapposto all'area stradale non la divide in due porzioni, ed ancora un elemento divisorio (recinzione) non taglia l'area su cui insiste.

Nella varietà delle situazioni presenti sul territorio, si può verificare il caso che oggetti che appartengono a classi previste come areali abbiano una delle dimensioni inferiore alla soglia di acquisizione *sigma* (la quale, com'è noto, dipende dal livello di risoluzione, o scala).

La specifica prevede che gli oggetti del territorio previsti come areali che hanno dimensioni più piccole della soglia di acquisizione definita per quella risoluzione (scala), ovvero di dimensioni non acquisibili in quanto inferiori all'accuratezza di rilievo, debbano "collassare" in una primitiva areale fittizia di dimensione mezzo sigma, con sigma la soglia di accuratezza definita a quella scala. Ad esempio, un corso d'acqua alla risoluzione 10k di larghezza inferiore alla soglia di acquisizione, verrà rappresentato con una larghezza fittizia collassata di 1.5 m. L'area così generata avrà un attributo, "collapse", che identificherà la sua natura collassata. Per le aree collassate valgono i normali vincoli spaziali, e le classi che concorrono alla "copertura totale" devono garantire le previste congruenze topologiche anche per le istanze qualificate come fittizie.

La motivazione è che, in linea di principio, nel DB topografico si ritiene opportuno preservare la natura prevista per ognuna delle classi, anche in considerazione delle possibilità di "multirisoluzione".

Occorre quindi identificare una soluzione che dia una risposta alle esigenze evidenziate dalle sperimentazioni, per le quali sarebbe preferibile in alcuni casi la doppia classe (lineare ed areale) per lo stesso tipo di oggetto, nel rispetto delle prescrizioni indicate dalla Specifica.

Una possibile soluzione attuativa, utilizzata in una fornitura ad oggi in corso, è quella di ricorrere ad una "classe astratta", che contenga tutti gli attributi dell'oggetto meno la sua componente spaziale. Quest'ultima viene gestita mediante l'uso di due sottoclassi, una lineare e l'altra areale, in modo da poter utilizzare per ogni istanza il tipo di primitiva geometrica più opportuno in base alle dimensioni dell'oggetto.

Se l'esito del lavoro ora in corso confermerà l'utilità di ricorrere a tale soluzione, sarà opportuno descrivere in dettaglio l'utilizzo della classe astratta per i casi concreti in cui il suo impiego risulti conveniente agli usuali livelli di risoluzione.

### **10.5. Classi di servizio lineari ed aree di incerta classificazione**

Nella riconversione può essere utile far ricorso ad oggetti fittizi lineari, quando si presenti la necessità di dividere due aree in assenza di un preciso limite fisico (es. due aree veicolari in corrispondenza dell'incrocio).

Le Specifiche prevedono un attributo "Tipo\_contorno" per tutte le classi, che può assumere il valore "fittizio". Per implementare eventuali procedure automatiche di valorizzazione di tale attributo, può convenire introdurre dei tratti lineari di servizio, che non sono destinati a diventare oggetti "veri" del DB topografico.

Anche durante la classificazione areale del territorio potrebbe risultare conveniente l'utilizzo di poligoni di servizio, per occupare temporaneamente alcune zone per le quali le informazioni contenute nella C.N. non sono sufficienti a ricavare in modo diretto una classificazione corretta.

Se durante le fasi di lavoro intermedie della fornitura si ricorre a tale classe provvisoria di "area in attesa di classificazione", occorre tener presente che essa rappresenta solo uno strumento di servizio temporaneo, che non può far parte del DB topografico di consegna.

La lacuna di informazione andrà pertanto colmata sulla base di ulteriori fonti di dati, da valutare di volta in volta nel caso specifico.

Per la fornitura si richiede di qualificare tutto il territorio con un dettaglio che arrivi almeno al livello di classe. Solo per i singoli attributi, in caso di mancanza di informazione, si potrà far ricorso alla voce "non codificato" già prevista dalle Specifiche.

Eventuali incertezze di attribuzione della classe potranno essere documentate mediante gli appositi strumenti disponibili nei metadati.

### **10.6. Aree stradali**

L'area stradale non concorre alla copertura topologica globale.

E' sovrapposta alle aree di circolazione veicolare, pedonale e ciclabile (non alla viabilità mista secondaria).

Le aree di circolazione veicolare, pedonale e ciclabile non sono mai sovrapposte fra di loro, e fanno parte della copertura topologica globale.

Possono esistere aree di circolazione pedonale o ciclabile non in sede stradale (esiste un apposito attributo per qualificarle); tolti questi casi particolari, l'unione delle aree stradali corrisponde all'unione delle aree di circolazione veicolari + pedonali + ciclabili.

In linea di principio, devono esistere le aree di circolazione veicolare, pedonale e ciclabile, con sopra l'area stradale, in tutti i casi in cui vi è "amministrativa" (toponimo). Solo quando non vi è toponimo, si utilizza la classe di viabilità mista secondaria (che non prevede l'area stradale sovrapposta).

L'area stradale si interrompe in corrispondenza del cambio di toponomastica; in altre parole, strade con nomi diversi hanno aree stradali distinte.

Ad uno stesso toponimo stradale possono corrispondere più aree stradali, nel senso che una stessa strada può essere descritta da vari poligoni di area stradale.

In corrispondenza delle linee di separazione fra aree stradali adiacenti non è detto che i poligoni sottostanti delle aree di circolazione veicolare, pedonale e ciclabile debbano interrompersi. Ad esempio, un poligono di marciapiede che circonda un edificio all'angolo fra due strade potrebbe ricadere a cavallo delle due aree stradali.

In corrispondenza degli incroci, la classe di circolazione veicolare prevede un'istanza specifica, qualificata con apposito attributo (AC\_VEI\_ZONA = 0205). Per l'area stradale, invece, esistono varie possibilità di soluzione, descritte nel seguito.

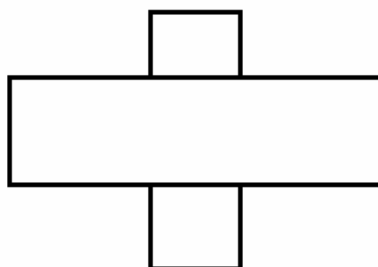
Nei casi in cui l'area in cui convergono le varie strade abbia un proprio toponimo, ad esempio di piazza, vi sarà la relativa istanza di area stradale, il cui contorno

corrisponderà ai punti in cui termina la validità del toponimo di ogni singola strada e inizia quello della piazza.

Nei casi in cui vi sia invece un semplice incrocio di strade, privo quindi di un proprio toponimo, la soluzione più corretta sarebbe quella di attribuire l'area stradale dell'incrocio alla strada alla quale la superficie dell'incrocio appartiene realmente dal punto di vista amministrativo. Il problema è che tale informazione può non essere disponibile per chi produce il DBT.

Vi possono essere delle circostanze che facilitano l'attribuzione: ad esempio se una delle due strade mantiene il proprio toponimo a cavallo dell'incrocio e l'altra no, oppure se una delle due strade è chiaramente più importante dell'altra.

In tali casi potrebbe anche non esistere un poligono di area stradale specifico per l'incrocio; l'area stradale della strada "principale" potrebbe proseguire ininterrotta:

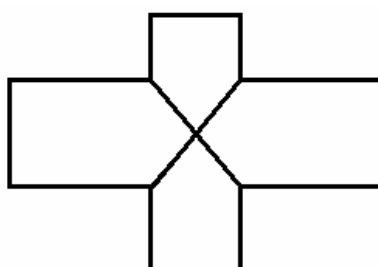


Nel tessuto urbano, però, è frequente il caso in cui entrambe le strade mantengano il proprio toponimo a cavallo dell'incrocio, oppure che nell'incrocio convergano toponimi stradali tutti diversi fra loro.

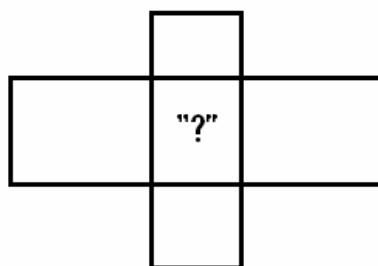
In questi casi, per i quali non è possibile riconoscere la strada alla quale l'incrocio appartiene dal punto di vista amministrativo, conviene stabilire un criterio di comportamento, evitando di attribuire l'area stradale dell'incrocio in modo arbitrario.

Fra le possibili soluzioni, si segnalano le due seguenti:

- chiusura delle aree stradali "a losanga", in modo che non vi sia un'istanza di area stradale specifica per l'incrocio:



- oppure, soluzione forse preferibile, si traccia un'istanza di area stradale in corrispondenza dell'incrocio, codificando con un apposito attributo la circostanza che per tale area non è ancora stata definita la strada di appartenenza:



### 10.7. Scarpate

Le Specifiche prevedono due classi distinte: una per le scarpate artificiali ed una per quelle naturali.

Le scarpate artificiali sono accomunate ai muri di sostegno nella classe 020401 ("Muro di sostegno e ritenuta del terreno"). Tale classe, areale, partecipa alla copertura topologica globale.

Le scarpate naturali sono invece classificate nello strato 05 ("Orografia"), tema 03 ("Forme del terreno") classe 050302 ("Scarpata").

Le scarpate naturali non partecipano alla copertura topologica globale. Il motivo di tale circostanza è che in corrispondenza delle scarpate naturali è presente anche della vegetazione, e quest'ultima fa già parte della copertura topologica globale.

Occorre però evidenziare che mentre è possibile prescrivere l'acquisizione delle aree di vegetazione anche sulle scarpate per i DBT di nuovo impianto, può non essere possibile ricavare tale informazione nel caso di riconversione da cartografia numerica.

In tale eventualità, per garantire la continuità della copertura topologica globale potrebbe risultare opportuno comprendere anche le scarpate naturali. Diventa in tal caso necessario prevedere un'apposita codifica (attributo) che permetta di distinguere i casi in cui le aree di scarpata naturale partecipano alla copertura topologica globale dai casi in cui esse sono già coperte dalle aree di vegetazione.

### 10.8. Rappresentazione grafica

Considerata l'importanza della rappresentazione grafica, che costituisce un linguaggio diffuso e condiviso, è opportuno definire le modalità e le procedure per ottenere la "vestizione" anche del database topografico.

Per la simbologia è consigliabile far riferimento alla consuetudini acquisite. Occorre tener conto di alcuni aspetti particolari:

- l'opportunità di definire degli standard (possibilmente a livello nazionale);
- la necessità di utilizzare gli strumenti grafici offerti dai software CAD/GIS di larga diffusione;
- l'eventualità di introdurre possibili arricchimenti all'informazione (ad es. l'uso del colore).

E' raccomandabile che la rappresentazione grafica venga generata direttamente dai contenuti del DBT, evitando la richiesta di forniture parallele di tipo CAD (nell'attuale fase di transizione, le sperimentazioni in corso prevedono in genere la consegna aggiuntiva, da parte dei produttori, di una versione della cartografia funzionale alla sola stampa).

La derivazione diretta della vestizione offre altri vantaggi, oltre a quello evidente della presenza di una sola base di dati, che evita la ridondanza e quindi possibili disallineamenti; ad esempio, rende possibili sia la scelta flessibile dell'area geografica da stampare ("on demand"), sia eventuali vestizioni speciali per utenze specifiche.

In una prima fase, è possibile sfruttare una funzionalità sicuramente presente del DBT, ovvero la possibilità di leggere / produrre il "formato di scambio".

Il formato di scambio è atto a contenere sia la geometria degli oggetti sia una loro codifica; è pertanto ragionevole che tali informazioni costituiscano la base da cui derivare la rappresentazione grafica.

E' attualmente in corso una sperimentazione sulle procedure di vestizione, allo scopo di verificare quali, fra le informazioni necessarie alla rappresentazione, siano:

- ottenibili direttamente dai contenuti del DBT;
- ricavabili mediante elaborazioni di tipo geometrico e/o topologico;
- tali da rendere opportuna l'aggiunta di elementi puramente grafici.

L'organizzazione delle procedure di vestizione dipende in modo sostanziale da alcune scelte di tipo strutturale che riguardano il DBT; prima fra tutte la questione dei contenuti minimi garantiti, per i quali si è in attesa delle decisioni che verranno prese riguardo al National Core.

Alcune esperienze di riconversione in atto hanno comunque già evidenziato l'esigenza di aggiungere agli oggetti propri del DBT alcune entità puramente geometriche con funzione di sola vestizione.

Soggetti diversi hanno raggiunto, ognuno per proprio conto, la medesima soluzione operativa: l'aggiunta dello strato 11 "Vestizione".

Si ritiene utile prevedere una classe per gli oggetti privi di contenuto informativo ma funzionali alla sola vestizione, limitandosi agli oggetti puramente grafici (es. diagonale di baracca), senza che si introducano ripetizioni di oggetti già presenti nel DBT (es. filari).

Tale classe aggiuntiva potrà non essere obbligatoria nella fornitura; si considera la possibilità - per ora ipotetica - che l'ambiente di destinazione posseda gli strumenti per vestire autonomamente la rappresentazione, generando gli oggetti grafici direttamente dal contenuto del DBT.

Occorre considerare la possibilità di inserire il collegamento logico dell'oggetto grafico con l'oggetto "vero" che contribuisce a rappresentare; nella maggior parte dei casi tale legame può essere ricavato dalla relazione di tipo spaziale, ma è comunque possibile prevedere un attributo che contenga in modo esplicito l'identificativo dell'altro oggetto.

Per il caso particolare dei filari, il gruppo di lavoro sta valutando la possibilità di aggiungere un attributo di "essenza" alla corrispondente classe del DBT.

### **10.9. Limiti amministrativi**

Si tratta di aree sovrapposte alla copertura topologica di base, alla quale non partecipano.

In fase di riconversione non è opportuno richiedere una correzione geometrica dei limiti amministrativi, la cui definizione prevede un processo che può coinvolgere vari Enti (es. Agenzia del Territorio).

In ogni caso, essi non "tagliano" eventuali aree sottostanti in caso di attraversamento (es. confine in mezzo al lago).

Per esigenze particolari di rappresentazione (es. simbologia a lati alterni rispetto al percorso) può essere opportuno ricorrere ad elementi aggiuntivi di sola vestizione.

### **10.10. Attributi con valore multiplo**

Analizzando la corrispondenza fra codici di C.N. e classi del DBT è emerso, per alcuni casi particolari, un possibile problema di attribuzione. Possono infatti esistere codici di C.N. che comprendono più oggetti, per i quali il DBT prevede una qualificazione differenziata. Ad esempio la C.N. potrebbe racchiudere all'interno della stessa codifica seggiovia e funivia, oppure calanco e frana, oppure vasca e piscina etc.

In fase di riconversione, quando non siano disponibili altre fonti che permettano una corretta classificazione, l'assegnazione degli attributi in base al codice non è più immediata.

Scegliere in modo arbitrario una delle possibilità significa commettere senz'altro alcuni errori; rinunciare alla classificazione di dettaglio per ripiegare su voci più generiche (ad es. "altro" o "non qualificato") comporta una perdita di informazione.

Esiste nelle Specifiche la possibilità di utilizzare attributi "multivalore", che operativamente possono essere gestiti mediante l'utilizzo dei "sottotipi".

Il gruppo di lavoro sta esaminando una casistica significativa sulla base delle sperimentazioni in corso e dell'analisi dei capitolati di C.N., per valutare l'effettiva entità del problema.

Se da tale analisi emergerà una concreta necessità di soluzione, verrà indicata la corrispondente procedura operativa.

## **PARTE III**

### **APPROFONDIMENTI CONCETTUALI SU ALCUNE CARATTERISTICHE DEI DB**

## **11. Network e Planar Topology**

Alcune categorie di informazioni sono associate ad una descrizione geometrica di tipo lineare, in forma di reticolo. Un reticolo è in pratica un insieme di linee e di punti, che descrivono una rete di collegamenti. Le linee, o "archi", hanno gli estremi sui "nodi".

Nella comune terminologia geografica, i reticoli vengono denominati "Grafici"; per grafo si intende una struttura dati che corrisponde alla "Network Topology" orientata alla gestione di reti tecnologiche, stradali, idriche, ferroviarie etc. e che fa uso delle primitive topologiche arco orientato e nodo. La Network Topology rappresenta una topologia lineare ad una dimensione, in contrapposizione alla Planar Topology che, con l'aggiunta della primitiva "faccia", rappresenta una topologia a due dimensioni.

Gli standard che trattano questo modello dati sono il Geographic Data Files (GDF) e l'ISO/DIS 14825 Intelligent transport systems - Geographic Data Files (GDF) - Overall data specification.

Entrambi gli standard prevedono il trattamento delle reti a vari livelli di topologia.

I reticoli previsti sono i seguenti:

- Reticolo stradale;
- Reticolo ferroviario;
- Reticolo idrografico.

## **12. Architettura logica di un GIS**

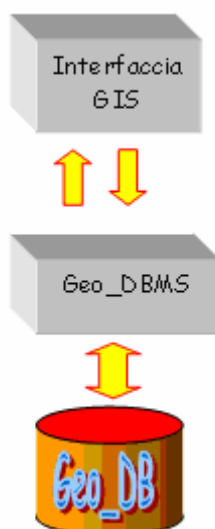
Le specifiche Intesa trattano tutti gli aspetti connessi con il progetto del modello concettuale di un Geo\_DB ma non affrontano la modellazione logica e fisica.

La modellazione logica prevede l'implementazione del modello concettuale scelto all'interno di un Geo\_DBMS disponibile sul mercato.

In questo paragrafo si esaminano i possibili modelli logici di implementazione di un GIS in relazione ai prodotti commerciali disponibili.

I sistemi informativi geografici sono caratterizzati dal trattare oggetti spaziali, ovvero entità georiferite ad un certo sistema di riferimento geodetico.

Nei GIS i dati risiedono nel Geo\_DB gestito da un Geo\_DBMS solitamente tramite una interfaccia GIS. Qualsiasi soluzione architetturale software si adotti, è sempre necessaria la presenza di una interfaccia GIS attraverso la quale l'utente interagisce con i dati: visualizzazione, lancio di *queries*, inserimento e cancellazione dati etc.



Un Geo\_DB è una struttura organizzata di memorizzazione di dati spaziali, ovvero di dati riferiti ad oggetti geografici, in cui dovrebbero trovare posto le seguenti componenti d'informazione:

- a. posizione (attributi geometrici detti anche spaziali);
- b. attribuzione (attributi numerici ed alfanumerici);
- c. relazione (vincoli) fra classe di oggetti;
- d. relazione (topologia) fra primitive geometriche.

### 12.1. Architetture possibili

Per memorizzare queste componenti d'informazione le soluzioni architetture possibili sono raggruppabili in tre grandi categorie.

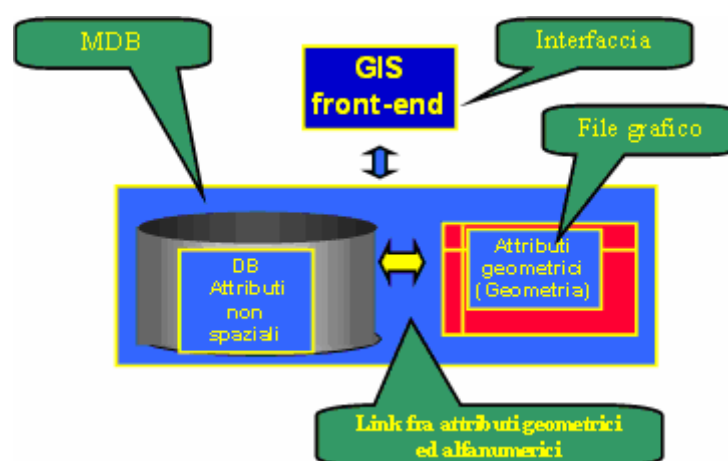
La prima, detta "duplice", è quella che prevede due archivi separati, uno per gli attributi geometrici (spaziali), uno per gli attributi non geometrici (attributi enumerati e variabili), gestiti separatamente dai relativi software.

La seconda, detta a "layer", prevede un unico archivio in cui sono contenute entrambe le tipologie di attributi (spaziali e non), gestito da due software separati.

La terza, detta "integrata", che sta trovando applicazione negli ultimi anni, prevede un solo archivio per entrambe le componenti, come il caso precedente, ma gestito da un unico DBMS spaziale, detto S\_DBMS o Geo\_DBMS.

## 12.2. Architettura "duplice"

La prima soluzione, detta ad architettura "duplice" o "ibrida", che è stata quella più ampiamente utilizzata in passato, fa ricorso ad un archivio grafico per memorizzare le primitive geometriche o topologiche e ad una tabella relazionale per memorizzare gli attributi non spaziali. I due archivi sono gestiti separatamente dai rispettivi software.



### Architettura "duplice" con primitive geometriche

Il file grafico, molto di frequente di provenienza CAD, contiene primitive geometriche (punto, linea, poligono) che descrivono la forma e posizione degli oggetti del tipo DWG di AutoCad, DGN di Microstation etc.

Il database associato per gli attributi alfanumerici è solitamente un relazionale come Access, Oracle, Informix, DB2 IBM etc..

Utilizzando l'ID della primitiva geometrica (chiave primaria o puntatore), gli oggetti del file grafico puntano ad un relativo record del DB in cui sono presenti i campi che esprimono gli attributi non geometrici.

Con questa soluzione non vengono esplicitamente memorizzate in nessuno dei due file (grafico e non) le relazioni topologiche permanenti. Le definizioni delle relazioni topologiche da soddisfare sono contenute nel documento di specifica e la loro verifica è affidata all'operatore, il quale le valida attivando appositi *tools* software.

Si osserva che in fase di modifica/aggiornamento dei dati le congruenze topologiche (Disjoint, Touch, Overlap, In, Equal) possono essere state violate e quindi occorre nuovamente validare i dati sotto l'aspetto topologico. I tools di validazione, operando su primitive geometriche (punto, linea, poligono), si basano essenzialmente su algoritmi della grafica computazionale.

## Architettura "duplice" con primitive topologiche

In questo caso la componente spaziale è descritta da primitive topologiche (nodo, bordo, faccia) che per costruzione garantiscono stabilmente la topologia. Gli attributi non spaziali sono collocati nelle solite tabelle di tipo relazionale.

Esempio classico di questa architettura è quello del *coverage* di ArcInfo, che utilizza le primitive topologiche (archi-nodi), e prevede una gestione separata: in Arc la componente spaziale ed in Info la componente di attribuzione non spaziale.

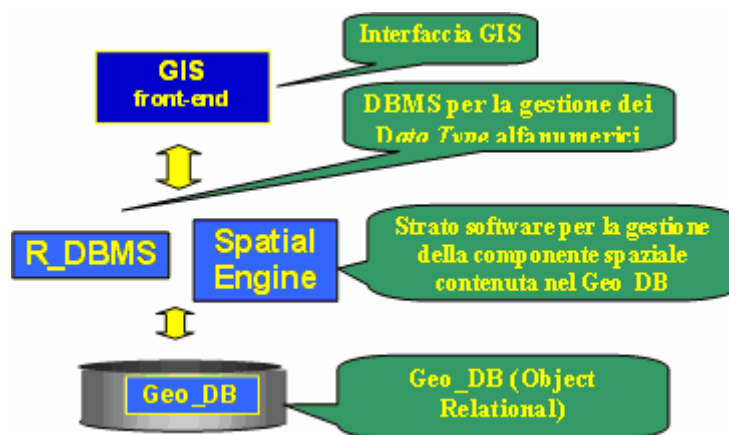
### 12.3. Architettura a "layer"

La seconda soluzione, detta architettura a "layer", è attuata attraverso un unico DB di tipo relazionale in cui, oltre ai normali campi in cui memorizzare gli attributi alfanumerici, sono previsti dei campi speciali in cui memorizzare le primitive geometriche o topologiche. Questi campi sono definiti o come Binary Large Object (BLOB) o come Abstract Data Type (ADT).

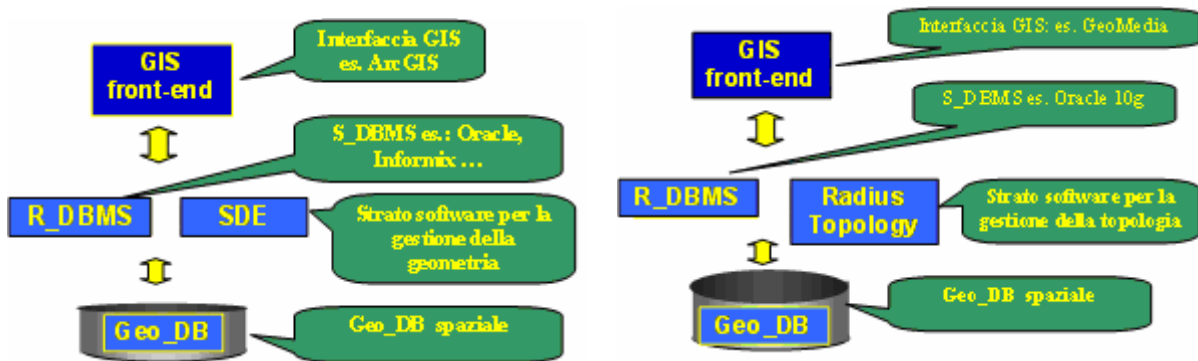
I BLOBs contengono primitive geometriche semplici come punto, polilinea, poligono.

Gli ADT sono campi definiti dall'utente, gestibili tramite SQL, che possono contenere primitive geometriche o primitive topologiche. Un ADT appare come un qualsiasi attributo (colonna) in uno schema relazionale di *Data Type* carattere o stringa. Il termine astratto è usato in quanto l'utente finale non ha bisogno di sapere i dettagli della loro realizzazione ma solo le modalità di manipolazione.

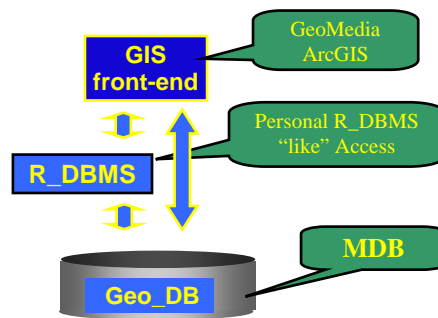
In questa architettura, il Geo\_DB è gestito separatamente da un DBMS per i campi con *Data Type* tradizionali e da un Geo\_DBMS, detto Spatial Engine, per i campi con *Data Type* speciali (BLOB e ADT). Gli Spatial Engine provvedono a generare gli indici spaziali ed ad effettuare le *queries* sulla componente spaziale.



Realizzano questa architettura ad esempio Access o Oracle per gli attributi alfanumerici e SDE (Spatial Data Engine) ESRI o Radius Topology Laserscan.

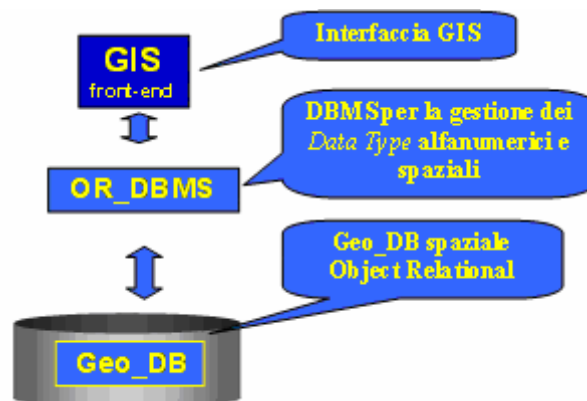


Una versione "leggera" di questa architettura è stata realizzata da ESRI e da Intergraph, e prevede l'utilizzo di un "personal" R\_DBMS, della classe di Access, e come interfacce GIS rispettivamente ArcGIS e GeoMedia, che sono anche "Spatial Engine" per gestire i campi BLOB di un MDB che contengono gli attributi spaziali (caso del personal geodatabase).



#### 12.4. Architettura integrata

Questa terza possibile architettura, come quella a "layer", prevede un solo archivio con *Data Type* "tradizionali" e quelli "speciali", ma prevede anche un solo Geo\_DBMS per la gestione integrata sia degli attributi alfanumerici (*Data Type* carattere, numero, data etc.) sia per gli attributi spaziali con *Data Type* ADT.



La soluzione integrata è realizzata tramite i Geo\_DBMS come:

- **IBM:** IBM DB@ Universal Database for Linux, UNIX and Windows (DB2 UDb v8.2) IBM Informix Dynamic Server (IDS v9.0)
- **MySQL:** MySQL 4.1
- **Oracle:** Oracle Database 10g;
- **PostGIS:** PostgreSQL;
- ed altri.

Nel caso di Oracle 10g sono previsti ADT contenenti sia primitive geometriche (SDO\_GEOMETRY) sia primitive topologiche (SDO\_TOPO). Il tracciato record semplificato nel caso degli edifici potrebbe essere il seguente:

Feature_ID	Destinazione d'uso	Geometria
Carattere	Carattere	SDO_GEOM

Questi Geo\_DBMS sono classificati come Object Relational in quanto si basano sul consolidato modello relazionale su cui è stato innestato il modello ad oggetti (Object-Oriented) con l'utilizzo degli ADT.

L'OpenGIS Consortium ha definito le specifiche per incorporare gli ADT spaziali in 2D nell'SQL, permettendo di gestire in una tabella di tipo relazionale entrambi i *Data Type*, sia tradizionali sia spaziali.

### 13. Possibili formati fisici di fornitura

Sia nel caso di DB\_Topo prodotto da acquisizione fotogrammetrica sia nel caso di conversione da CTR, per la consegna effettiva dei dati da parte del produttore verso il committente occorre un formato fisico in grado di trasferire tutti i contenuti del DB.

Sono state condotte alcune analisi comparative fra le varie soluzioni possibili. Considerando anche lo stato attuale di diffusione dei formati, quelle che hanno ricevuto maggiori consensi sembrano essere lo *shapefile* con tabelle ASCII correlate e il formato GML.

Il formato di scambio deve possedere le seguenti caratteristiche:

- poter essere letto direttamente con strumenti già disponibili;
- consentire i previsti controlli di qualità (geometrici, di congruenza logica e topologica etc.);
- essere immediatamente distribuibile;
- permettere, mediante procedura automatica, la generazione di una rappresentazione grafica (carta).

Alcune soluzioni possibili sono le seguenti:

- MDB Geomedia (data type carattere per gli attributi + BLOB per le coordinate);
- MDB ESRI (personal geodb) come sopra + regole topologiche;
- File grafico (DWG, shape ESRI) + tabelle esterne per gli attributi (MDB, ASCII, XML etc);
- shape ESRI con dati alfanumerici nei file dbf associati oppure in tabelle esterne
- E00 (export ArcInfo);
- VPF (Vector Product Format);
- GML2; GML3.

In ogni caso, è sostanziale accertarsi che il formato di fornitura scelto trasporti, in forma esplicita o implicita, tutte le proprietà (relazioni e vincoli) che il dato deve possedere alla fine del processo di acquisizione, sia riguardo alle geometrie sia riguardo alle informazioni alfanumeriche.

### 13.1. Stato dell'arte del Geography Markup Language (GML™)

Il Geography Markup Language (GML), è uno schema di grammatica XML, utilizzato per la modellazione, trasferimento, memorizzazione di informazioni spaziali e di quelle ad esse correlate, come ad esempio il relativo schema applicativo. E' orientato ad essere usato come formato di scambi fisico di dati.

Le versioni di GML approvate da OGC® sono la 3.0 e la 3.1.1. ; è in elaborazione la versione 3.2., che sarà approvata in modo definitivo probabilmente nell'estate del 2007.

Tutte queste versioni sono state sottomesse ad ISO/TC 211, che le ha tradotte nello standard ISO/TC 211 numero 19136, il quale, come preannunciato, è stato recentemente approvato e pubblicato definitivamente come *International Standard* (IS).

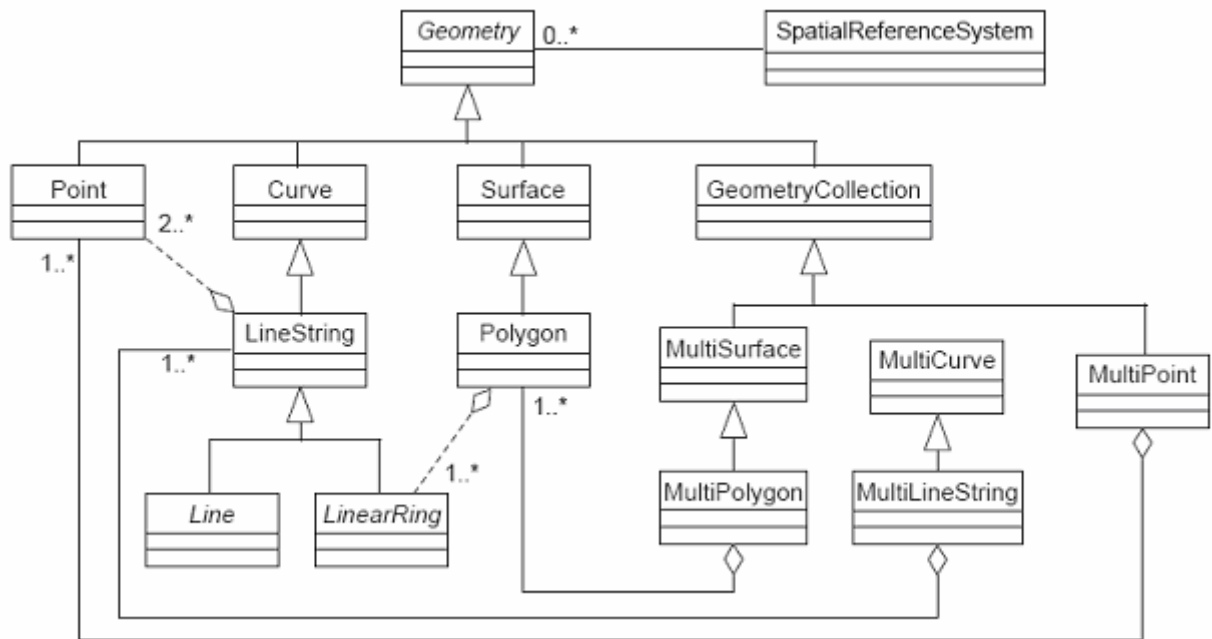
Le attuali implementazione del GML sui sistemi commerciali per l'importazione ed esportazione di dati geografici sono un sottoinsieme delle versioni 3.0, 3.1.1 e 3.2.

Intergraph le implementate tramite un *template file* in cui riportare lo schema dei dati da trasferire in formato XSD; ESRI le supporta tramite il modulo "Data Interoperability Extension".

La versione consolidata supportata è la GML/sf (*Simple Feature*).

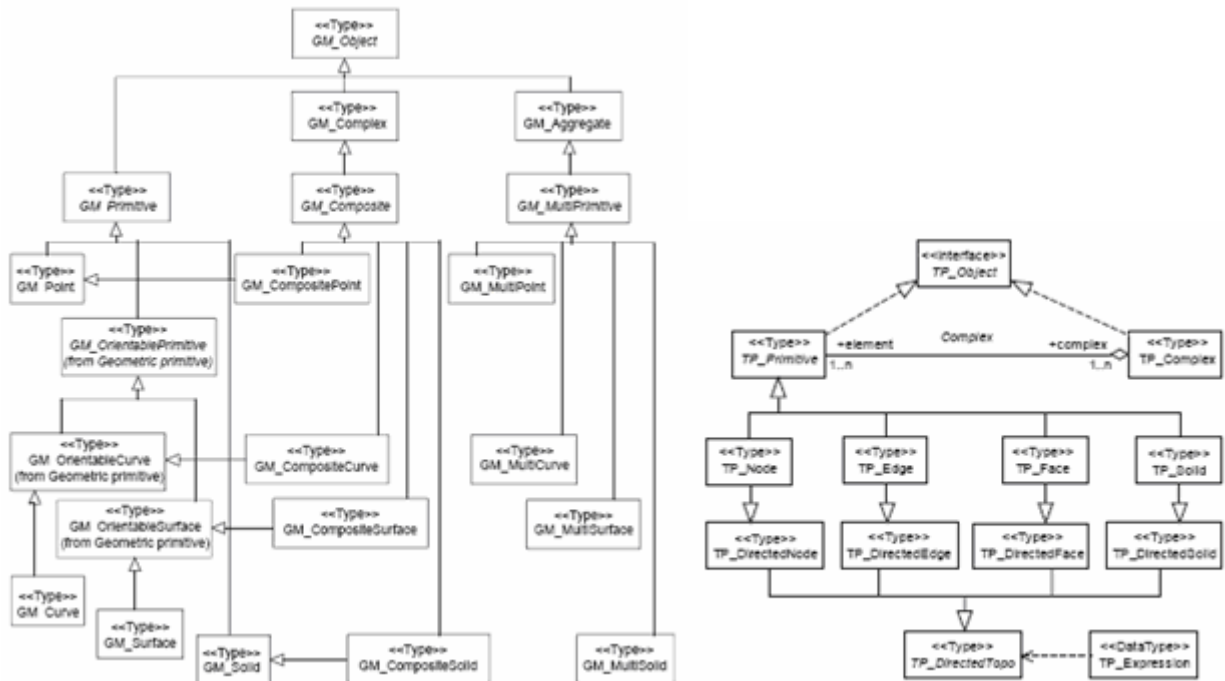
Le versioni 3.0, 3.1.1 e 3.2 implementano un modello dati molto più complesso della GML/sf., quindi la differenza è sensibile.

Il GML/sf è conforme alle direttive OGC del *Simple Feature Specification*, e di ISO 19125, in cui per la componente spaziale sono previste le sole primitive geometriche (punto, linea e poligono) secondo lo schema allegato (gerarchie delle classi geometriche) e non quelle topologiche (*nodo, edge, face*).



La versione 3.2 è invece conforme allo standard ISO 19107 (*Spatial Schema*), a cui sono aggiunte le funzionalità di trasporto delle primitive volumetriche, delle primitive topologiche, dei sistemi di riferimento, delle unità di misura, dei *coverage* etc.

Negli schemi che seguono si riportano rispettivamente i diagrammi delle classi base della geometria e le classi topologiche.



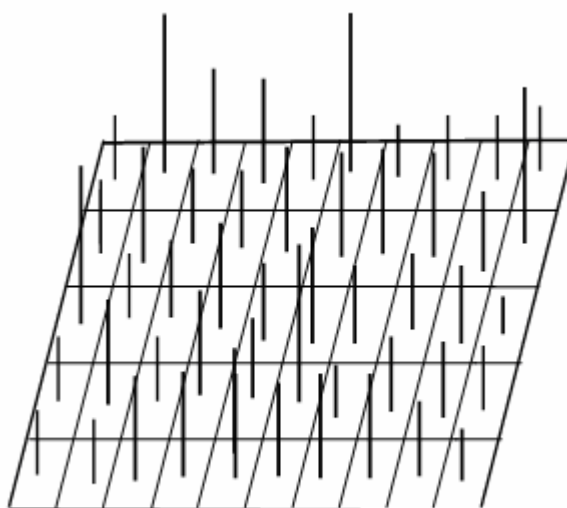
## 14. Altre forme di modellazione spaziale dei dati geografici dei GIS

L'IntesaGIS, oltre alla definizione delle specifiche della serie 1007, dedicate alla modellazione spaziali in forma vettoriale (Object based), ha redatto anche le specifiche per la realizzazione del modello numerico del terreno e le ortotimmagini costituenti la forma raster (Field based).

I database generalmente detti "raster" possono essere suddivisi, in relazione al loro contenuto e caratteristiche, in: *image*, *graphic* e *matrix* (standard DIGRST).

Utilizzano tutti la primitiva geometrica *pixel* per descrivere forma, posizione ed attributo del fenomeno geografico che rappresentano. Per tutti ogni pixel corrisponde ad una porzione di territorio, ma essi si distinguono fra di loro per i valori e il significato dei pixel contenuti nell'archivio.

L'*image* è generato dalla ripresa del territorio da aereo o satellite, mentre il *graphic* è prodotto dalla ripresa di un modello della realtà (tipicamente la carta topografica). Per entrambi il contenuto dei pixel è di tipo radiometrico e generato dai sensori optoelettronici dello scanner.



I pixel nel tipo *matrix* rappresentano un qualsiasi fenomeno geografico, misurato o calcolato, che ha la caratteristica di avere grande variabilità con la posizione.

Sono tipiche le rappresentazioni in questa forma di: copertura del suolo, pendenze, esposizioni, quote, parametri di trasformazione fra sistemi di riferimento geodetici, ondulazione geoidica, valori gravimetrici etc.

Con il tipo *matrix*, per rappresentare più fenomeni insistenti sulla stessa porzione di terreno occorrono più strati, idealmente sovrapposti, nei quali i pixel omologhi delle varie matrici, relativi alla stessa porzione di terreno, rappresentano i vari fenomeni.

Sono in forma *matrix* ad esempio i prodotti ottenuti:

- dal processo di *Remote Sensing* con sensori passivi, in cui, partendo da raster *image* multibanda, attraverso il processo di classificazione basato sulla

metodologia della firma spettrale dell'energia solare riflessa dagli oggetti geografici, si giunge alla definizione della classificazione dei singoli pixel in termini di copertura del suolo;

- dalle elaborazioni delle energie riflesse da impulsi radar e laser dei sensori attivi LIDAR e IFSAR, con ricostruzione di una griglia regolare di quote della superficie terrestre DSM (Digital Surface Model) o, con opportuni filtri, DTM (Digital Terrain Model) e DEM (Digital Elevation Model).

Nel contesto dei sistemi informativi territoriali, contrariamente ai sistemi informativi gestionali (quelli di banche, anagrafi etc.), vengono presi in esame solo archivi di dati geografici georeferenziati. Anche nel caso raster, quindi, ci si riferisce ad immagini metriche e georeferenziate. Le prese digitali da aereo o satellite o le scansioni di mappe o carte topografiche grezze costituiscono solo una delle fasi intermedie di produzione di dati geografici georeferenziati. Solo dopo la georeferenziazione e geometrizzazione delle scansioni di cartografia e il raddrizzamento differenziale delle immagini da aereo o da satellite si ottengono dati raster *image* e *graphic* direttamente utilizzabili nei GIS.

Una delle differenze fra Geo\_Db vector e raster image risiede nel fatto che il dato vettoriale è un prodotto elaborato dal cartografo, in cui la realtà geografica è stata analizzata, riconosciuta e classificata in relazione al modello di astrazione adottato, e quindi interrogabile; mentre il dato raster, potenzialmente con maggior contenuto informativo, è ancora da interpretare e quindi non interrogabile tramite *queries*. Fra le due tipologie di DB digitali c'è la stessa differenza esistente, nell'ambito analogico, fra carta ed ortofotocarta.

Nel raster distinguiamo due caratteristiche specifiche: la risoluzione geometrica e la risoluzione tematica. La prima è identificata dalla dimensione sul terreno del pixel (passo), la seconda dal numero di valori che il pixel può assumere (numero di bit per pixel, detta *profondità di pixel*). Più piccolo è il pixel più la risoluzione geometrica è grande; più è alto il numero di bit per pixel maggiore è la risoluzione tematica.

I Geo\_Db raster image sono generalmente un complemento e completamento al dato vettoriale; più veloci ed economici da produrre, servono a fornire una base informativa eventualmente da interpretare all'occorrenza.

I Geo\_Db raster graphic possono servire anche a fornire una base georeferenziata cui sovrapporre temi in forma vettoriale.

## PARTE IV

### I METADATI

#### 15. I metadati

Per la descrizione dettagliata dei metadati a corredo del database topografico è prevista la redazione di un apposito documento all'interno delle Specifiche.

Nel frattempo, si raccomanda di garantire almeno il contenuto obbligatorio di metadati indicato dal documento "Repertorio nazionale dei dati territoriali - Linee guida per l'applicazione dello Standard ISO 19115 *Geographic Information - Metadata*" (che nel prosieguo citeremo come *Linee Guida RNDT*) del CNIPA, disponibile all'indirizzo [www.cnipa.gov.it](http://www.cnipa.gov.it), dal quale è estratto lo schema tabellare riportato di seguito; ciò perché sia possibile trasferire i dati all'interno del Repertorio Nazionale.

Si sottolinea l'importanza di allestire i metadati contestualmente alla formazione del Database Topografico, nella fase cosiddetta "di impianto"; risulterebbe infatti problematico ricavare i metadati in un secondo momento, o da parte di soggetti che non hanno partecipato direttamente alla produzione dei dati.

È opportuno distinguere fra i metadati *generali* (da inserire nel Repertorio Nazionale) e *operativi* (che fanno parte del DB Topografico, a livello di singola istanza).

Con riferimento a quanto specificato nel paragrafo E.5 delle Linee Guida RNDT, la documentazione dei metadati relativi ai DB Topografici dovrà prevedere una strutturazione gerarchica che distinguerà l'intero prodotto alla stregua di "serie" e ogni singolo *Strato* (nell'accezione del paragrafo *Struttura generale* del presente documento) che costituisce il DBT sarà documentato a livello di "dataset". È altresì possibile prevedere un ulteriore livello gerarchico di maggiore dettaglio, quello di "sezione" relativa a tutti o ad a un particolare "dataset", quando il nuovo impianto o l'aggiornamento riguarda una parte consistente del territorio (es. una Provincia all'interno del DB di una Regione).

Tali indicazioni derivano dalla necessità di rimanere ad un livello di dettaglio non troppo approfondito, compatibile con gli obiettivi di un Repertorio Nazionale.

I metadati operativi, sia nel caso di nuovo impianto del DBT sia nel caso di aggiornamento, è possibile documentarli a livello di singolo record / istanza, all'interno di opportuni campi di metadati, inclusi in tutte le Classi del DBT. In tale caso, a livello di Repertorio Nazionale saranno riportate solo le modifiche relative agli elementi "date di riferimento" (vedi Linee Guida RNDT).

Relativamente all'aggiornamento, in particolare, un elemento di grande rilevanza è la documentazione "storica" delle variazioni subite dagli oggetti presenti nel DBT; ciò coinvolge anche il modello dei dati e la realizzazione fisica del database. In ogni caso, è necessario che la storicità sia gestita e mantenuta aggiornata dagli strumenti di gestione dei dati.

## 15.1. Metadati Repertorio Nazionale Dati Territoriali

### Insieme minimo di metadati

Segue la tabella che costituisce la traccia per l'implementazione delle Linee guida RNDT (tab. 1), a cui si rimanda per la descrizione dettagliata di tutti gli elementi.

Nella tabella, accanto ad ogni elemento, tra parentesi è indicato il livello di obbligatorietà dell'elemento stesso: "O" sta per obbligatorio (l'elemento deve essere sempre documentato), "Op" sta per opzionale (l'elemento può essere anche omesso), "C" sta per condizionato (l'elemento è obbligatorio sotto determinate condizioni).

Informazioni sui metadati (MD_Metadata)				
1	Identificatore del file di metadati (O)			
2	Lingua dei metadati (O)			
3	Set dei caratteri dei metadati (C)			
4	Identificatore metadati di rango superiore (O)			
5	Livello gerarchico (O)			
6	Contatto (O)	Nome dell'Ente (O)		
		Ruolo (O)		
		Informazioni per contattare l'Ente (O)	Sito web (C)	
			Telefono (C)	
7	Data dei metadati (O)			
8	Nome dello Standard dei metadati (O)			
9	Versione dello Standard dei metadati (O)			
10	Limitazione d'uso dei metadati (Op)			
	Vincoli di accesso dei metadati (Op)			
	Vincoli di fruibilità dei metadati (Op)			
	Altri vincoli sui metadati (C)			
Informazioni di identificazione dei dati (MD_Identification - MD_DataIdentification)				
11	Titolo (O)			
	Data (O)	Data (O)		
		Tipo data (O)		
	Tipo di dato (O)			
	Responsabile dei dati (O)	Nome dell'Ente (O)		
		Ruolo (O)		
		Informazioni per contattare l'Ente (O)	Sito web (C)	
	Telefono (C)			
Identificatore (O)				
Serie-dataset (O)				
Altri dettagli (Op)				
12	Descrizione (O)			
13	Parole chiave (O)	Parola chiave (O)		
		Thesaurus (O)		
14	Punto di contatto (O)	Nome dell'Ente (O)		
		Ruolo (O)		
		Informazioni per contattare l'Ente	Sito web (C)	

		(O)	Telefono (C)	
15	Tipo di rappresentazione spaziale (C)			
16	Risoluzione spaziale dei dati (O)	Scala equivalente (C)		
		Distanza (C)		
17	Lingua dei dati (O)			
18	Set di caratteri dei dati (C)			
19	Tema (O)			
20	Localizzazione geografica dei dati (O)	westBoundLongitude (O)		
		eastBoundLongitude (O)		
		southBoundLatitude (O)		
		northBoundLatitude (O)		
	Estensione verticale (Op)	Quota min (O)		
		Quota max (O)		
		Unità di misura (O)		
		Datum verticale (O)		
21	Informazioni supplementari (Op)			
22	Esempio grafico (Op)			
<b>Informazioni sui vincoli dei dati (MD_Constraints)</b>				
23	Limitazione d'uso dei dati (O)			
24	Vincoli di accesso dei dati (O)			
25	Vincoli di fruibilità dei dati (O)			
26	Altri vincoli sui dati (C)			
<b>Informazioni sulla qualità dei dati (DQ_DataQuality)</b>				
27	Livello di qualità (O)			
28	Qualità dei dati (accuratezza posizionale) (C)	Unità di misura (O)		
		Valore (O)		
<b>Informazioni sulla provenienza e sul processo di produzione dei dati (MD_Lineage)</b>				
29	Genealogia del dato - Processo di produzione (O)			
<b>Informazioni sul sistema di riferimento (MD_ReferenceSystem)</b>				
30	Sistema di riferimento spaziale (O)			
<b>Informazioni sulla distribuzione (MD_Distribution)</b>				
31	Formato di distribuzione (O)	Nome formato (O)		
		Versione formato (O)		
32	Distributore (O)	Nome dell'ente (O)		
		Ruolo (O)		
		Informazioni per contattare l'Ente (O)	Sito web (C)	
			Telefono (C)	
33	Risorsa on line (Op)			

### Istruzioni di implementazione

Tenendo presente che istruzioni ed esempi di compilazione di metadati sono già presenti nelle Linee Guida RNDT, in particolare negli allegati C ed F, di seguito sono riportati alcuni approfondimenti relativi ad aspetti problematici.

## Informazioni sui metadati

Gli elementi da 1 a 10 riportano le informazioni sui "metadati" (identificatore univoco, lingua dei metadati, punto di contatto, ...). Da segnalare l'elemento 1, Identificatore del file di metadati, che rappresenta un valore univoco nel Repertorio Nazionale. Tale identificatore tiene anche conto del codice identificativo dell'Ente assegnato all'atto della registrazione nell'Indice PA ([www.indicepa.it](http://www.indicepa.it)).

## Informazioni sull'identificazione

Gli elementi da 11 a 22 riguardano l'identificazione dei "dati" (*risorsa*), e sono applicabili a qualsiasi livello della struttura gerarchica. In particolare, la data di riferimento, che presenta una molteplicità pari a N, deve essere esplicitata utilizzando il formato definito da ISO 8601 (*aaaa-mm-gg*) e specificandone il tipo attraverso l'elemento "Tipo data" che può assumere uno dei valori definiti dalla codelist "CI\_DateTypeCode" riportata di seguito.

	Nome	Elemento corrispondente ISO19115:2003	Definizione
1.	CI_DateTypeCode	CI_DateTypeCode	Identificazione di quando un evento succede
2.	Creazione	Creation	Data che identifica quando la risorsa è stata creata
3.	Pubblicazione	Publication	Data che identifica quando la risorsa è stata pubblicata
4.	Revisione	Revision	Data che identifica quando la risorsa è stata esaminata o riesaminata e migliorata o emendata
5.	Rilievo	-----	Data che identifica l'osservazione del fenomeno (es. volo).

Relativamente alla identificazione geografica dei dati, lo stesso Standard ISO prevede che il *bounding box* venga espresso in coordinate geografiche WGS84, indipendentemente dal sistema di riferimento utilizzato per i dati.

Per quanto riguarda le *topic category*, lo Standard ISO le considera una enumeration (lista chiusa) e possono essere associate con molteplicità N sia alla "serie" che al "dataset".

Per la documentazione del sistema di riferimento dei dati si dovrà considerare la codelist "MD\_ReferenceSystemCode", riguardo alla quale, nelle Linee Guida RNDT, viene riportato anche un mapping con i codici EPSG (ove possibile).

Per la documentazione delle parole chiave dovranno essere utilizzati i thesauri indicati nella codelist "CI\_ThesaurusCode" (*Earth 2005* e *Thesaurus italiano di Scienze della Terra*).

Relativamente alla qualità dei dati, si rimanda ad un approfondimento successivo. In relazione all'elemento "Accuratezza posizionale" già considerato nell'insieme minimo delle Linee guida RNDT, è possibile documentarlo indicando un range di valori (accuratezza minima e massima).

Nota: appena definiti e consolidati gli schemi XSD, saranno forniti degli esempi di documentazione dei metadati dei DB Topografici in formato XML.

## 15.2. Metadati operativi

La definizione stessa di un DB Topografico implica l'aggiornamento continuo dell'informazione in esso contenuta; tale aggiornamento può essere effettuato da soggetti diversi in relazione alle diverse responsabilità istituzionali. Operativamente, è difficile tener conto di questa dinamicità all'interno di un Repertorio Nazionale, in quanto il livello di dettaglio non può corrispondere a quello dell'aggiornamento e, quindi, la documentazione delle modifiche avverrà verosimilmente in modalità asincrona.

Ogni modifica del DBT va, comunque, opportunamente documentata, anche se avviene a livello di un singolo record (*feature*), compilando contestualmente un opportuno insieme di campi di metainformazione (metadati operativi) presenti nelle Classi del DBT e di seguito definito.

La finalità di tale approccio è di consentire una completa tracciabilità dell'impianto e dei successivi aggiornamenti

Nella definizione dei campi di metainformazione si fa riferimento, per quanto possibile, allo Standard ISO 19115.

Nome elemento	ISO 19115	Definizione	Esempio
Modo_Produzione/Fonte	87. description (stepDesc) 93. description (srcDesc)	Descrizione della fase di produzione inclusi i parametri e le tolleranze e/o della fonte	La feature è stata ricavata da ortofoto AGEA 1:10.000 tramite processo di fotointerpretazione.
Data_Aggiornamento	ISO 8601	Data di aggiornamento della feature	2005-06-30
Data_Rilievo	ISO 8601	Data di riferimento della fonte (nel caso di ortofoto è la data del volo).	2004-05-15
Responsabile aggiornamento		Indicazione del soggetto che effettua l'aggiornamento	Ufficio cartografico Regione Toscana
Stato	28. Status (idStatus)	Stato della feature (assume un valore della codeList MD_ProgressCode)	Completo

Di seguito si riporta la codelist B.5.23 MD\_ProgressCode dello Standard ISO 19115

Nome	Name	Definizione
Completo	completed	production of the data has been completed
Archivio storico	historicalArchive	data has been stored in an offline storage facility
Obsoleto	obsolete	data is no longer relevant
Aggiornamento in corso	onGoing	data is continually being updated
Pianificato	planned	fixed date has been established upon or by which the data will be created or updated
Richiesto	required	data needs to be generated or updated
In fase di sviluppo	underDevelopment	data is currently in the process of being created

### 15.3. Qualità dei dati nei metadati operativi

Premesso che sarà necessario un ulteriore approfondimento per il trattamento della Qualità nei metadati operativi, è possibile dare alcune indicazioni preliminari. In particolare, si possono identificare i parametri di qualità che dovrebbero essere associati ai vari livelli della struttura gerarchica del DBT, così come riportato nella seguente tabella.

<b>Parametro di qualità</b>	<b>Livello gerarchico del DBT</b>
Congruenza logica (di formato e di dominio)	Classe
Accuratezza geometrica (o posizionale)	Oggetto (Istanza della Classe)
Completezza	Strato o Classe
Accuratezza tematica	Classe
Congruenza geometrica	Oggetto (Istanza della Classe)
Congruenza topologica	DB Topografico

Nota: in caso di riconversione da C.N. occorre tenere traccia della provenienza del singolo oggetto; si ritiene opportuno stilare una lista di possibilità già prevedibili, costituendo così un dominio per l'attributo dei metadati (ad es.: da CTR per conversione diretta, da CTR con procedure di editing, inserimento fittizio per scopi di servizio, da ortoimmagini etc.). Verrà considerata anche la voce "altro", che permetterà l'utilizzo di un testo descrittivo.

## PARTE V

### QUALITÀ DEI DATI E CONTROLLI

#### 16. Qualità dei dati

La determinazione della qualità del DBT viene effettuata mediante l'analisi di alcune grandezze, dette *parametri di qualità*, durante tutte le fasi relative alla produzione. I tipi di parametri impiegati e le rispettive procedure di verifica sono stati definiti prendendo a riferimento quanto contenuto nell'ISO/TC211 (International Standard Organization - Geographic Information Geomatic) e più precisamente nei documenti ISO 19113 (Quality Principles), ISO 19114 (Quality Evaluation Procedures) e ISO 19138 (Quality Measures).

Per alcuni parametri la verifica viene effettuata su un campione dei dati, per altri può essere estesa all'intero dataset.

La verifica della qualità finale del DBT deve garantire che ogni singolo parametro fornisca valori compresi nei limiti fissati in fase di progettazione. A seconda della tipologia dei diversi parametri di qualità, tali limiti possono corrispondere a valori metrici o a valori percentuali.

I parametri di qualità presi in esame sono di seguito descritti. Nel capitolo delle Verifiche di collaudo sono specificate le modalità di controllo.

##### 16.1. Parametri di qualità

###### a) Congruenza logica

Il parametro riguarda la valutazione delle caratteristiche di contenuto del DBT sia per il rispetto dello schema fisico di formato sia per la strutturazione concettuale della componente spaziale.

- **a.1) di formato:** la struttura fisica dei dati deve essere conforme alle specifiche relativamente al formato del DB, alle tabelle che lo compongono, al formato dei campi degli attributi.
- **a.2) di dominio:** il riempimento dei campi relativi agli attributi deve essere coerente con quanto definito nelle specifiche; in particolare, i valori degli attributi enumerati devono corrispondere ai domini definiti; i valori degli attributi di valore numerico devono rientrare nei *range* stabiliti; le stringhe alfanumeriche devono essere impostate secondo le regole fissate.
- **a.3) di geometria:** la struttura spaziale dei singoli oggetti deve essere corretta nella forma vettoriale plano-altimetrica rispettando la sequenza logica dei vertici, cioè senza anomalie di duplicazioni e di tratti sovrapposti, senza difetti di

connettività nodale, con rispetto della distanza minima tra vertici, con segmenti non superiori alla lunghezza stabilita.

- **a.4) di topologia:** devono essere rispettate le relazioni topologiche tra gli oggetti in base all'appartenenza agli strati topologici descritti precedentemente e quindi allo schema di organizzazione topologica definito da specifiche, compresi i vincoli di collocazione relativa imposti tra determinati elementi.

#### **b) Accuratezza posizionale**

Il parametro valuta la qualità del rilievo territoriale degli oggetti per posizione plano-altimetrica (coordinate Est, Nord e quota) attraverso la verifica del posizionamento di una serie di punti presenti nel DB topografico (oggetti puntuali, vertici di entità lineari o areali).

Si valuta lo scostamento delle coordinate dalla reale posizione sul terreno rispetto alla tolleranza indicata nelle specifiche (espressa come accuratezza plano-altimetrica della componente spaziale di ogni classe).

La verifica viene eseguita su un campione di punti di controllo, utilizzando un criterio di tipo statistico.

La reale posizione dei punti di controllo sul terreno viene stimata con metodologie di misura che garantiscano una precisione maggiore (almeno di un ordine di grandezza) rispetto al processo di produzione del DBT.

#### **c) Completezza**

Il parametro di completezza fornisce l'attendibilità della sola presenza/assenza di un determinato oggetto topografico nel DBT.

In particolare si valuta numericamente l'eventuale:

- **c.1) eccesso:** il numero di oggetti presenti nel DB non deve essere superiore al numero di oggetti dello stesso tipo presenti nella realtà (o nella fonte del dato) e previsti dalla specifica.
- **C.2) omissione:** il numero di oggetti presenti nel DB non deve essere inferiore al numero di oggetti dello stesso tipo presenti nella realtà (o nella fonte del dato) e previsti dalla specifica.

I limiti di ammissibilità per la completezza si esprimono in termini percentuali rispetto all'insieme di tutti gli oggetti di una certa tipologia presenti nel territorio oggetto di acquisizione.

#### **d) Accuratezza tematica**

Valuta la correttezza della codifica degli oggetti del DB e la completa informazione di attribuzione. In particolare, il parametro di accuratezza tematica valuta l'accuratezza di:

- **d.1) classificazione:** l'oggetto ed i suoi attributi devono essere correttamente codificati in base alla specifica e, secondo la fonte del dato, completati al meglio delle informazioni previste dai relativi attributi.
- **d.2) toponomastica:** classi di toponimi e attributi di nomi devono corrispondere a quelli reali (o alla fonte del dato).

Il grado di attendibilità richiesto per ogni tipologia di oggetto viene espresso in termini percentuali.

La valutazione quantitativa dei parametri di qualità si effettua sulla base di tabelle con valori di riferimento per ogni classe o gruppi di classi. In particolare sono da definire:

- per la congruenza di dominio: i *range* dei valori numerici e un glossario per le stringhe alfanumeriche;
- per la completezza: le tolleranze per tutte le classi (o gruppi di classi) in eccesso e in difetto;
- per l'accuratezza tematica: le tolleranze per tutti i tipi di attributi e per la toponomastica.

Ogni committente redigerà tabelle di valori in base alle proprie esigenze, integrando adeguatamente le specifiche tecniche.

## 17. Verifiche di collaudo

Tenendo conto delle indicazioni delle metodologie e della scelta del campione sopra descritte, un elenco possibile di controlli da effettuare sui dati forniti nelle varie fasi di produzione è quello riportato di seguito; i controlli sono raggruppati secondo i parametri di qualità precedentemente definiti.

Questa schematizzazione è da considerarsi indicativa e comunque flessibile in funzione delle esigenze proprie del committente; essa consente in generale di utilizzare una procedura standard per le operazioni di collaudo e per quantificare i risultati delle verifiche.

### 17.1. Congruenza logica

#### a.1) di formato

Sulla base della specifica del Catalogo degli Oggetti si verifica la struttura del modello fisico del DB attraverso il controllo delle tabelle relative alle classi. I controlli fondamentali si possono così sintetizzare:

- il *Data Type* dei campi deve essere quello previsto e riportato dall'apposita tabella di classe;
- i codici degli oggetti e degli attributi presenti nel DBT devono essere quelli previsti e riportati dall'apposita tabella dei codici;
- la componente spaziale di ogni oggetto (punto, linea, area) deve corrispondere a quella prevista e riportata nell'apposita tabella;
- i campi degli attributi obbligatori devono essere tutti popolati.

Per questo parametro, come detto in precedenza, non sono ammessi errori, per cui si considera una tolleranza di correttezza del 100%.

#### a.2) di dominio

Gli attributi enumerati hanno una precisa codifica da rispettare integralmente. Così pure gli altri tipi di attributi sono da riempire secondo regole da definire in termini di possibili *range* numerici, di regole di sintassi e di abbreviazione per il riempimento delle stringhe alfanumeriche in base ad un eventuale glossario. In sintesi, i controlli da effettuare risultano:

- il dominio degli attributi enumerati deve essere quello previsto e riportato dall'apposita tabella dei possibili valori;
- il valore inserito negli attributi numerici deve essere riportato nell'unità di misura richiesta;
- il valore inserito negli attributi numerici deve rientrare nel *range* definito;
- le stringhe alfanumeriche devono rispettare le regole definite nelle specifiche.



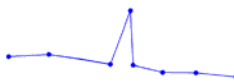
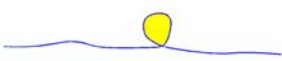
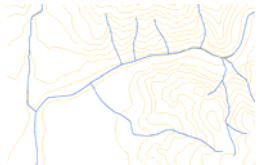
Per questo parametro, come si è già detto, non sono ammessi errori, per cui si considera una tolleranza di correttezza del 100%.

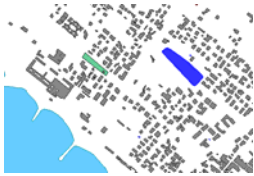


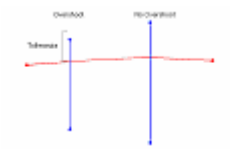
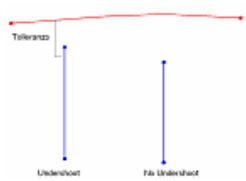


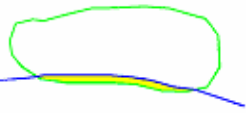
### a.3) di geometria

In sintesi, i principali controlli da effettuare sono:

- l'errore di chiusura plano-altimetrico, in corrispondenza delle chiusure dei poligoni o nelle intersezione fra elementi lineari, deve essere pari a zero;
- non è ammessa la duplicazione di parti di oggetto;
- le polilinee non devono avere vertici doppi;
- le polilinee non devono avere vertici ad una distanza inferiore al  $\frac{1}{2}$  sigma relativo alla scala di appartenenza;
- tutta la geometria deve essere contenuta all'interno dell'area prefissata (foglio, sezione, limite amministrativo, *tile* etc.);
- la geometria lineare che delimita oggetti areali (bordi) deve formare poligoni chiusi;
- tutti i vertici devono essere quotati (quote assolute o convenzionali per elementi del tipo linee elettriche, acquedotti etc.).

Le funzioni di validazione geometrica dei software commerciali consentono controlli sulle anomalie geometriche e controlli su anomalie di connessione, classificate generalmente come nella tabella seguente, in cui è riportata la denominazione comunemente utilizzata dai software, la descrizione dell'anomalia ed un esempio grafico.

<b>Anomalie geometriche</b>		
<i>Area loop</i>	quando sul perimetro di un'area si forma una sorta di cappio	
<i>Kickback – duplicate point</i>	in un oggetto lineare o areale uno o più vertici vengono digitalizzati più di una volta con le stesse coordinate; l'anomalia si elimina rimuovendo i vertici che hanno creato il kickback	
<i>Kink</i>	su un oggetto lineare o bordo di un'area si crea un'improvvisa divergenza tra tre vertici, da eliminare rimuovendo il vertice che si trova nel mezzo	
<i>Loop in line</i>	si forma un cappio su un oggetto lineare la cui area è maggiore di una specifica tolleranza	
<i>Not monotonic</i>	le quote dei vertici di alcuni oggetti devono diminuire o aumentare progressivamente in funzione della loro direzione di digitalizzazione, come per i corsi d'acqua	

<p><i>Not flat</i></p>	<p>le quote dei vertici di alcuni oggetti devono avere la stessa quota, come per le linee di costa ed i bordi dei laghi; è considerata anomalia quando i vertici di questi oggetti non hanno quota costante</p>	
<p><i>Area not closet in z plane</i></p>	<p>l'oggetto areale ha i vertici iniziali e finali con il valore della quota z diverso</p>	
<p><b>Anomalie di connessione</b></p>		
<p><i>Node mismatch</i></p>	<p>si creano quando nodi d'inizio o di fine di oggetti lineari e/o puntuali si trovano ad una distanza reciproca inferiore ad una specificata tolleranza; la correzione deve essere fatta secondo regole di priorità per le confluenze geometriche fra classi</p>	
<p><i>Overshoot</i></p>	<p>una linea oltrepassa un'altra linea o un'area di una distanza inferiore ad una specificata tolleranza; per correggere l'anomalia si elimina la parte di linea che oltrepassa</p>	
<p><i>Undershoot</i></p>	<p>una linea si trova ad una distanza inferiore ad una specificata tolleranza da un'altra linea o da un'area; per correggere l'anomalia si porta la linea a connettersi con l'area</p>	
<p><i>Edge condiviso</i></p>	<p>un <i>edge</i> di oggetto lineare o di bordo areale condivide un altro <i>edge</i> per un tratto di lunghezza inferiore a quella impostata come minima ammissibile</p>	
<p><i>Face condivisa</i></p>	<p>oggetti areali mutuamente esclusivi, sovrapposti mediante la condivisione di una face, da correggere tenendo fisso il bordo dell'area con maggiore priorità e portando a condivisione quello dell'altra</p>	
<p><i>Sliver</i></p>	<p>una faccia stretta e allungata che si crea tra linee e/o tra aree definita tale quando la sua dimensione eccede una specifica tolleranza; si corregge spostando la classe che ha priorità minore e portandola a coincidere sull'altra</p>	

Nel caso della congruenza di geometria è ammissibile un margine di errore, facilmente correggibile in fase di editing del DBT.

#### **a.4) di topologia**

Le verifiche sono funzione della struttura topologica definita dalle specifiche. Tale struttura fissa l'appartenenza degli oggetti agli strati topologici che costituiscono il modello dei dati; gli strati sono definiti come "Tipologie degli oggetti" espresse a livello di singole classi.


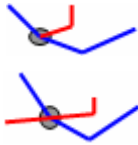

Questa congruenza è da verificare sull'intero dataset e deve essere rispettata completamente (100%), in quanto le relazioni topologiche tra gli oggetti devono rimanere tali per qualunque trasformazione interessi i dati, mantenendo l'integrità della struttura.

Per definire i controlli di relazioni topologiche obbligatorie e possibili tra gli oggetti del DB si fa riferimento all'elenco riportato al precedente capitolo "Qualità dei dati".

Un elenco indicativo di controlli generali è il seguente:

- tutte le aree devono essere classificate, cioè deve essere codificato l'intero territorio;
- la rappresentazione lineare di un oggetto deve essere completamente interna alla sua rappresentazione areale (es.: asse strada - area strada; asse fiume - area fiume etc.);
- tutte le aree (quelle degli oggetti appartenenti agli strati previsti) sono esclusive;
- le polilinee ed i poligoni devono avere nodi in corrispondenza della intersezione con altre geometrie lineari o areali o puntuali (solo quelle degli oggetti appartenenti agli strati previsti);
- la presenza di oggetti doppi puntuali, lineari, areali (case, pozzi, assi etc.) costituisce "warning", ed è quindi da verificare con la realtà del territorio;
- la presenza di hanging edge (rami ad estremo libero) costituisce "warning", ed è quindi da verificare con la realtà del territorio;
- la presenza di linee isolate con due e più vertici costituisce "warning", ed è quindi da verificare con la realtà del territorio;
- il grafo delle reti (strade, corsi d'acqua, reti tecnologiche, linee elettriche, acquedotti, metanodotti etc.) deve essere connesso;
- la presenza di oggetti puntuali in corrispondenza di incroci di oggetti lineari costituisce "warning", ed è quindi da verificare con la realtà del territorio;
- deve essere corretta la composizione degli oggetti "aggregati": l'insieme delle primitive deve consentire la costruzione di una primitiva a sua volta semplice;
- deve essere corretta l'associazione dei punti quotati agli altri oggetti cui sono riferiti;
- ci deve essere disgiunzione tra oggetti della stessa classe.

Le funzioni comuni dei software commerciali per effettuare questi controlli adottano una terminologia e una metodologia di applicazione standard; nello schema riportato di seguito sono rappresentate le relazioni che necessariamente devono essere rispettate per la definizione delle categorie topologiche degli oggetti.

Set di dati interessati dal controllo	Tipo di verifica da applicare	Definizione e rappresentazione grafica della relazione richiesta	
Oggetti delle classi appartenenti alla tipologia "a", alle tipologie "c.1" e "c.2"; la non sovrapposizione vale per oggetti della stessa classe	Must not overlap	Full Touch (face-face) <i>Due face sono adiacenti completamente se sono coincidenti secondo n lati.</i> <i>Face mutuamente esclusive.</i>	
Oggetti delle classi appartenenti alla tipologia "b.1" e "b.2"  (regola generale, valida all'interno della stessa rete fatta eccezione di alcuni casi particolari di non complanarità)	Must intersect / touch	Intersect edge-edge <i>Un edge interseca o si connette a un altro edge generando un nodo</i>	
Oggetti delle classi appartenenti alla tipologia "c.1"	Must contain	Inside (face-face) <i>Una face include al suo interno un'altra face anche con un punto in comune.</i> <i>Face interne mutuamente esclusive.</i>	

## 17.2. Accuratezza posizionale

Per accuratezza posizionale si intende la differenza tra le coordinate di una certa entità presenti nel modello in esame ed il *valore vero*, o ritenuto tale, rilevato sul terreno.

L'accuratezza posizionale è riferita alla posizione assoluta del singolo punto o vertice.

Si differenzia dall'accuratezza relativa, che riguarda il posizionamento relativo tra gli oggetti (ad esempio un manufatto posto a destra rispetto al senso di digitalizzazione di una strada), che è valutata come parametro di congruenza di topologia.

Per verificare la conformità del posizionamento assoluto degli oggetti saranno selezionati punti di controllo all'interno del campione di territorio scelto (elementi puntuali, vertici di elementi lineari o areali).

La determinazione dell'accuratezza posizionale viene valutata, per le due componenti altimetrica e planimetrica, separatamente, indicando i rispettivi errori:

- planimetrico, che può essere espresso nelle sue due componenti est-nord ( $\Delta E$ ,  $\Delta N$ ) oppure semplicemente nel modulo del vettore risultante (distanza);
- altimetrico, con il suo valore di quota relativo ( $\Delta H$ ).

La verifica dell'accuratezza dei dati, planimetrici ed altimetrici, avviene mediante analisi di tutti i punti fotografici selezionati su una superficie campione. L'analisi dei dati tende ad accertare che l'insieme delle procedure effettuate, del modello stereoscopico creato e della esperienza del fotointerprete, abbiano permesso di ottenere un risultato geometrico che nel suo complesso rispecchi quanto previsto dalle specifiche.

La valutazione della accuratezza geometrica di dati ottenuti per restituzione fotogrammetrica si basa sul confronto tra i dati ottenuti in restituzione e quanto invece rilevato da misura diretta sul terreno.

Le coordinate dei punti sottoposti a verifica devono essere confrontati con le coordinate dei medesimi punti acquisite invece con strumentazione GPS direttamente sul terreno. I valori ottenuti con le misure dirette sono assunti quali valori veri del punto misurato.

La valutazione, oltre che con le misure dirette in situ, può essere effettuata anche con la ripetizione della restituzione degli oggetti nell'area campione; in questo caso si fa un confronto fra i punti nella restituzione originale e in quella di controllo.

Stesso tipo di analisi è applicato per dati derivati da CTR.

I risultati ottenuti sul campione vengono attribuiti all'intero elemento cartografico.

Si precisa che il numero minimo dei punti, utilizzati per il collaudo, deve essere fissato separatamente per le due componenti (planimetrica ed altimetrica), anche se uno stesso punto può essere utilizzato, e quindi conteggiato, per entrambi (tale caratteristica deve essere indicata chiaramente sulla monografia prodotta).

In funzione del particolare topografico esaminato, si verifica se le coordinate dei punti rientrano percentualmente entro le accuratezze plano-altimetriche previste dalle specifiche.

Il complesso delle operazioni da eseguire ha quindi lo scopo di accertare che l'intera superficie dell'elemento in esame abbia le caratteristiche geometriche previste.

In particolare:

**- Per l'altimetria:**

L'errore in quota,  $\Delta h_i$  per ogni  $i$ -esimo punto, è inteso quale differenza tra la quota letta sul file e quella ritenuta vera. Viene calcolato il numero percentuale dei punti che presentano un errore in quota in valore assoluto superiore a quanto previsto dalla accuratezza. Il valore della media degli errori in quota è assunto come BIAS presente sui dati.

Per la valutazione degli errori, i punti selezionati dovranno essere preferibilmente in zone sufficientemente pianeggianti e su terreno scoperto. La quota può essere anche riferita a manufatti (ponti, viadotti, edificio ecc).

**- per la planimetria:**

L'errore in planimetria è la distanza cartografica  $\Delta d_i$  tra le coordinate est-nord del punto misurato in campagna e quelle del corrispondente punto identificato sul *file*.

La distanza  $\Delta d_i = \sqrt{\Delta E_i^2 + \Delta N_i^2}$  è quindi calcolata in base alle differenze nelle singole coordinate piane est-nord riscontrate. Sulla totalità dei punti misurati viene calcolato il numero percentuale dei particolari che presentano un errore planimetrico  $\Delta d_i$  superiore a quello previsto dalle accuratezze indicate nelle specifiche.

Inoltre, sugli errori  $\Delta E_i$  e  $\Delta N_i$  vengono calcolate le medie rispettive  $\Delta E_0$  e  $\Delta N_0$ .

Il parametro è complessivamente stimato calcolando una percentuale media delle entità fuori margine di accuratezza e determinando la media del valore di BIAS, funzione del fattore *Sigma* di acquisizione. E' ammesso un margine di errore tenendo conto delle caratteristiche del territorio interessato.

### 17.3. Completezza

La completezza è il parametro di valutazione dell'esistenza di oggetti nel DB con riferimento al mondo reale schematizzato da modello dati applicato.

Per ciascuna classe è definito un valore di "attendibilità della completezza" che esprime in termini percentuali la relativa presenza attesa nel DB.

I valori sono assegnati generalmente distinguendo due fasi produttive:

- acquisizione delle classi da dati esistenti o dalla sola fase di restituzione;
- integrazione dei dati da ricognizione o da altre fonti.

I valori di attendibilità attesi per classe e per ogni fase sono riportati in un'apposita tabella.

La valutazione della qualità del DB in termini di completezza consiste nel verificare che per ogni classe l'errore percentuale in termini di completezza sia tale da rispettare l'attendibilità ammessa.

L'errore percentuale di completezza può essere di:

- omissione: quando un oggetto esistente nel mondo reale, schematizzato secondo le regole ed i limiti di acquisizione dettati dalle Specifiche, non viene riportato nel DB;
- eccesso: quando un oggetto è stato inserito nel DB non rispettando le regole dettate dalle Specifiche e i limiti di acquisizione.

La percentuale di oggetti mancanti o sovrabbondanti è calcolata come rapporto percentuale tra il numero di oggetti mancanti o sovrabbondanti e il numero di oggetti totali presenti sul terreno (numerosità "reale") accertati nel controllo di qualità.

La completezza va intesa come presenza/assenza dell'elemento geometrico di una classe o di un gruppo di classi, non come attribuzione di caratteristiche da valutare con il parametro di accuratezza tematica.

Le percentuali di errore sono da calcolare su un campione numeroso e statisticamente significativo di oggetti topografici (almeno 30). Il campione da utilizzare può essere

definito selezionando gli oggetti appartenenti a determinate classi o gruppi di classi ritenute significative per il territorio rappresentato dal DBT.

La tolleranza per questo parametro può ammettere un margine di errore da correggere in fase di *editing* (vedi tabella del paragrafo 17.4).

#### **17.4. Accuratezza tematica**

##### **d.1) di classificazione**

Indica come, nelle varie classi di oggetti, sono stati inseriti gli attributi. Per ogni classe possono essere presenti più attributi, ognuno dei quali ha un suo proprio dominio. Un errore tematico è presente quando, in un singolo record, sono stati inseriti uno o più attributi errati. Abbiamo quindi un oggetto che, pur restando all'interno della sua classe, non viene descritto in modo corretto per quanto riguarda tutte le sue caratteristiche.

L'accuratezza tematica esprime il grado di esattezza ottenuto nella determinazione e nell'assegnazione di attributi che forniscono indicazioni di tipo qualitativo e quantitativo e quindi possono assumere valori differenti per ogni elemento dell'oggetto a cui fanno riferimento.

L'attributo relativo al nome di un oggetto è valutato separatamente nell'accuratezza della toponomastica.

La tolleranza per questo parametro può ammettere un margine di errore da correggere in fase di *editing* (vedi tabella).

##### **d.2) della toponomastica**

Il controllo riguarda le classi di toponimi e l'attribuzione dei nomi come attributi delle classi interessate.

La verifica della toponomastica va eseguita in diverse fasi della produzione per accertare in particolare:

- che sia stato effettuato l'inserimento dei toponimi del DB storico della toponomastica (IGM);
- la correttezza dei dati eventualmente raccolti direttamente *in situ*;
- la corrispondenza tra i toponimi presenti nel DB e riportati sulla carta con quelli dei libretti della toponomastica;
- la corrispondenza tra i toponimi con l'attributo di nome (ove presente) del corrispondente oggetto topografico;
- per la fase della rappresentazione grafica, la corrispondenza tra oggetto topografico e font/dimensione/colore assegnati al relativo toponimo;
- la correttezza nel posizionamento (punto di applicazione e orientamento del testo).

La tolleranza per questo parametro può ammettere un margine di errore da correggere in fase di *editing* (vedi tabella).

### 17.5. Tolleranze

I parametri definiti indicano il livello di qualità dei dati in termini quantitativi, essendo essi riferiti a valori di tolleranza stabiliti. Le tolleranze sono espresse generalmente in percentuali calcolate sui campioni scelti ma rappresentative dell'intera fornitura.

Per alcuni parametri si definisce un valore unico di tolleranza che deve essere rispettato indipendentemente dagli oggetti presenti nel DB (senza distinzione di scala, di classi o di tipologia). Per altri è opportuno fare riferimento alla scala ed alle tabelle di valori distinti per classe.

Per ogni fornitura la Direzione Lavori fissa nel capitolato i valori di tolleranza che ritiene più opportuni in base alle proprie esigenze, rispettando comunque indicazioni standard di accettabilità dei dati.

La tabella seguente fornisce un'indicazione di massima dei valori di tolleranza per ogni singolo parametro, che debbono tuttavia ancora trovare un consolidamento nella pratica operativa.

Tipo di parametro	Livello di definizione	Tolleranza			
		1k	2k	5k	10k
a.1) Congruenza logica di formato	Unico valore percentuale per il dataset	100 %	100 %	100 %	100 %
a.2) Congruenza logica di dominio	Unico valore percentuale per il dataset	100 %	100 %	100 %	100 %
a.3) Congruenza logica di geometria	Valore medio percentuale per l'insieme dei controlli	98%	98%	98%	98%
a.4) Congruenza logica di topologia	Valore medio percentuale per l'insieme dei controlli	100%	100%	100%	100%
b) Accuratezza posizionale	Valore medio percentuale per l'insieme dei punti di controllo (planimetria e altimetria)	95%	95%	95%	95%
	Valore medio del BIAS	$\frac{1}{2} \sigma$	$\frac{1}{2} \sigma$	$\frac{1}{2} \sigma$	$\frac{1}{2} \sigma$
c) Completezza per eccesso/omissione	Valore medio percentuale delle attendibilità per classe (vedi tabella) e per fasi di produzione	95%	95%	95%	95%
d.1) Accuratezza tematica di classificazione	Valore medio percentuale delle attendibilità delle classi (vedi tabella) presenti nel territorio campione	95%	95%	95%	95%
d.2) Accuratezza tematica della toponomastica	Valore medio percentuale delle attendibilità per classe (vedi tabella) e per fasi di produzione.	95%	95%	95%	95%

## APPENDICE

### IL "NATIONAL CORE"

#### 18. National Core: limiti di variabilità dei contenuti informativi

Occorre definire con sufficiente precisione i margini di variabilità possibili nell'applicazione delle specifiche di contenuto, non in relazione ai contenuti stessi - per i quali le indicazioni di obbligatorietà sono già presenti nelle specifiche - ma per identificare un insieme di caratteristiche invarianti che garantiscano la realizzazione di un "National Core".

La definizione degli invarianti deve tener conto delle diverse condizioni di applicazione: generazione ex-novo, riconversione di cartografia numerica esistente etc.

La situazione in Italia, in termini di dati geografici, è estremamente varia, e sono già stati realizzati progetti - quali il "DB Prior" - proprio al fine di costituire dei dataset omogenei a livello nazionale.

##### National Core 5-10k

- Per "National Core" si intende il contenuto informativo a copertura nazionale definito come obbligatorio nel Catalogo degli Oggetti della Specifica IntesaGIS.

##### National Core **Attuale** 5-10k

- Per "National Core Attuale" si intende il contenuto informativo minimo condiviso per la costituzione di un Geo\_DB a copertura nazionale, di cui le Regioni nel loro insieme disporranno entro il 2008, ottenuto da dati provenienti da riconversione di cartografia numerica, ovvero estratti da Sistemi Informativi esistenti, o acquisiti da nuovo rilievo.

##### National Core **Applicativo** 5-10 k

- Per "National Core Applicativo" si intende il contenuto informativo minimo, a copertura nazionale, che le Amministrazioni ritengono necessario per la realizzazione delle principali applicazioni, di loro interesse e/o responsabilità, alla risoluzione 5-10k.

Contenuti informativi maggiori sono comunque auspicabili, in quanto nel tempo il livello minimo di informazioni è destinato a crescere con successive definizioni di NC.

Si ribadisce che sia i contenuti minimi (NC) sia quelli aggiuntivi sono da intendersi sempre espressi secondo le Specifiche Intesa.

La problematica del National Core tocca da vicino varie importanti questioni: i contenuti informativi da selezionare per supportare le più frequenti applicazioni; quale architettura applicativa adottare a livello nazionale per vedere l'insieme dei dati

regionali come un tutt'uno; quale organismo fare promotore dell'aspetto organizzativo all'interno delle singole regioni ed a livello centrale; quali siano le fonti e le entità degli investimenti necessari.

Il dibattito che si è acceso su questo tema nel contesto del Gruppo di Lavoro sui DB Topografici potrà trovare una soluzione convergente solo a fronte di una visione programmatica corale del settore geografico. Da un lato ci sono le esigenze degli Organi Centrali (Ministero dell'Ambiente, Ministero dell'Interno etc.) o sovraregionali (Autorità di bacino, Comunità montane, Enti parco etc.) che necessitano di basi informative omogenee per l'espletamento dei propri compiti, e che non devono essere messi nella necessità di riacquisire, ognuno per proprio conto, i dati a livello nazionale; dall'altro canto ci sono le necessità dei Comuni, per i quali la Pubblica Amministrazione avrebbe possibilità di attivare alcuni servizi tramite la creazione di sistemi informativi territoriali con basi dati ad alta risoluzione orientate alle applicazioni da realizzare.