

# **POLITECNICO DI MILANO**

Facoltà di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale

Corso di Laurea Magistrale in  
Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio  
Pianificazione e gestione delle risorse naturali



## **UN MODELLO PER L'ARCHIVIAZIONE DEI DATI DEI SOTTOSERVIZI IN UN DB GEOREFERENZIATO**

Relatore: Prof. Federica Migliaccio

Correlatore: Dott. Noemi Cazzaniga

Laureando: Andrea Corti, 771158

Anno Accademico 2012-2013



# INDICE

ABSTRACT .....	1
INTRODUZIONE E OBIETTIVO DELLA TESI .....	3
1 FONTI NORMATIVE IN MATERIA DI RETI DEL SOTTOSUOLO.....	11
1.1. Quadro normativo nazionale e regionale.....	12
1.2. DPCM 3 marzo 1999.....	14
1.3. LR 26/03 .....	16
1.4. DPCM 10 novembre 2011.....	18
1.5. LR 7/12.....	20
1.6. Le specifiche di contenuto del DPCM 10 novembre 2011 e le reti dei sottoservizi .....	22
2 CATALOGO DEI DATI DELLE RETI DEI SOTTOSERVIZI.....	25
2.1. Dati delle reti di sottoservizi.....	27
2.1.1. <i>Rete di distribuzione dell'acqua</i> .....	28
2.1.2. <i>Rete fognaria</i> .....	29
2.1.3. <i>Rete elettrica</i> .....	31
2.1.4. <i>Rete di distribuzione del gas</i> .....	33
2.1.5. <i>Rete di teleriscaldamento</i> .....	35
2.1.6. <i>Rete di oleodotti</i> .....	37
2.1.7. <i>Rete di telecomunicazioni e cablaggi</i> .....	38
2.2. Infrastrutture di alloggiamento .....	40
2.2.1. <i>Strutture Sotterranee Polifunzionali</i> .....	41
2.2.2. <i>Polifore</i> .....	42
2.2.3. <i>Tubazioni</i> .....	43
2.3. Soggetti proprietari delle reti dei sottoservizi .....	44

3 MODELLO CONCETTUALE DI UN DB DELLE RETI DEI SOTTOSERVIZI.....	47
3.1. Il diagramma entità - relazioni.....	47
3.2. Il software MySQL Workbench .....	51
3.3. Livello di dettaglio.....	53
3.4. Schema entità-relazioni per il DB delle reti dei sottoservizi.....	54
3.4.1. Entità georeferenziate.....	57
3.4.2. Entità non georeferenziate.....	65
3.4.3. Relazioni fra le entità.....	68
4 SCHEMA DI DB RELAZIONALE DELLE RETI DEI SOTTOSERVIZI .....	77
4.1. Caratteristiche delle tabelle relazionali.....	77
4.2. Traduzione dello schema E-R in modello logico relazionale.....	79
4.3. Schema logico della rete dei sottoservizi.....	80
4.4. Schema di database relazionale della rete dei sottoservizi.....	93
4.5. Vincoli di integrità.....	94
5 MODELLO GEOUML DEL DB DELLE RETI DEI SOTTOSERVIZI .....	97
5.1. Introduzione al linguaggio GeoUML.....	97
5.2. Elementi Informativi di base del GeoUML.....	98
5.2.1. Classe, Tema, Strato.....	99
5.2.2. Attributo.....	100
5.2.3. Cardinalità degli attributi.....	104
5.2.4. Associazione.....	105
5.2.5. Ereditarietà tra classi .....	106
5.2.6. Chiave primaria .....	107
5.3. Vincoli di integrità spaziale.....	108
5.4. Il software GeoUML Catalogue .....	109
5.5. Il modello GeoUML per la rete dei sottoservizi.....	111
5.5.1. Codifica della classe Tipo Tratta.....	111
5.5.2. Codifica della classe Tratta della rete .....	112
5.5.3. Codifica della classe Infrastruttura di Alloggiamento.....	113
5.5.4. Codifica delle classi Arco, nodo, grafo .....	114

6 POPOLAMENTO DEL DATABASE DELLE RETI DEI	
SOTTOSERVIZI.....	117
6.1. Formato di scambio dei dati georiferiti .....	118
6.2. Formato delle coordinate e sistema di riferimento .....	119
6.3. Software per la gestione e l'implementazione del DB .....	120
6.4. Acquisizione dei dati .....	121
6.4.1. Rilievo GPR .....	122
6.4.2. Scambio di informazioni fra aziende ed enti pubblici.....	125
CONCLUSIONI .....	127
BIBLIOGRAFIA .....	133
RIFERIMENTI NORMATIVI .....	137
SITOGRAFIA.....	139
APPENDICE - DIZIONARI DEI DATI.....	141



# INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 - INTERRUZIONE DELLA VIABILITÀ IN CORRISPONDENZA DI UN CANTIERE STRADALE .....	4
FIGURA 1.1- POLITICHE DI LIVELLO EUROPEO, NAZIONALE, LOCALE .....	13
FIGURA 1.2 - ESEMPIO DI STRUTTURAZIONE DEI DATI ALL'INTERNO DEL DATABASE.....	20
FIGURA 2.1 - ARCHITETTURA ANSI - SPARC (TRATTA DA: PALMEIRA, ARCHITECTURE OF A DBMS) .....	27
FIGURA 2.2 - TUBAZIONI DI ACQUEDOTTO .....	29
FIGURA 2.3 - CANALIZZAZIONE FOGNARIA .....	30
FIGURA 2.4 - TUBAZIONI PER CAVI ELETTRICI IN POSA SOTTERRANEA .....	33
FIGURA 2.5 – OPERAZIONE DI POSA DI UN GASDOTTO .....	34
FIGURA 2.6 - TUBAZIONI DI UNA RETE DI TELERISCALDAMENTO A SISTEMA CHIUSO.....	36
FIGURA 2.7 - PARTICOLARE DELL'OLEODOTTO TRANS - ALASKA PIPELINE SYSTEM.....	37
FIGURA 2.8 - CAVI PER LA FIBRA OTTICA.....	39
FIGURA 2.9 - GALLERIA POLIFUNZIONALE.....	42
FIGURA 2.10 - STRUTTURA CAVIDOTTO (FONTE: WWW.VERMEERITALIA.IT).....	43
FIGURA 2.11 - MODALITÀ DI POSA DEI CAVI INTERRATI: A) IN POLIFORA DI CALCESTRUZZO; B) IN TUBO RESISTENTE ALLE SOLLECITAZIONI ESTERNE; C) IN TUBO CON PROTEZIONE MECCANICA SUPPLEMENTARE; D) DIRETTAMENTE INTERRATO IN LETTO DI SABBIA. (FONTE: WWW.ELEKTRO.IT).....	44
FIGURA 3.1 - ESEMPIO DI RELAZIONE TRA DUE ENTITÀ.....	49
FIGURA 3.2 - ESEMPIO DI COSTRUTTO DI GENERALIZZAZIONE .....	50
FIGURA 3.3 - ESEMPIO DI COSTRUTTO DI AGGREGAZIONE.....	50
FIGURA 3.4 - CONFRONTO TRA LO SCHEMA ER "CLASSICO" E QUELLO REALIZZATO CON MYSQL WORKBENCH .....	53
FIGURA 3.5 - SCHEMA CONCETTUALE PER IL DB DELLE RETI DEI SOTTOSERVIZI.....	56
FIGURA 3.7 - PARTICOLARE DELLO SCHEMA ER RIGUARDANTE LE INFRASTRUTTURE DI ALLOGGIAMENTO .....	61

FIGURA 3.8 - PARTICOLARE DELLO SCHEMA ER RIGUARDANTE IL GRAFO DELLA RETE DEI SOTTOSERVIZI.....	65
FIGURA 3.9 - PARTICOLARE DELLO SCHEMA ER RIGUARDANTE LE RELAZIONI DI APPARTENENZA.....	69
FIGURA 3.10 - PARTICOLARE DELLO SCHEMA ER RIGUARDANTE LA RELAZIONE DEFINIZIONE TRATTA.....	70
FIGURA 3.11 - PARTICOLARE DELLO SCHEMA ER RIGUARDANTE LA RELAZIONE DEFINIZIONE MANUFATTO.....	70
FIGURA 3.12 - PARTICOLARE DELLO SCHEMA ER RIGUARDANTE LE RELAZIONI DI PROPRIETÀ.....	72
FIGURA 3.13 - PARTICOLARE DELLO SCHEMA ER RIGUARDANTE LE RELAZIONI DI ALLOGGIAMENTO ....	73
FIGURA 4.1 - RELATION RETE_SOTTOSERVIZI .....	82
FIGURA 4.2 - RELATION PROPRIETARIO .....	83
FIGURA 4.3 - RELATION TRATTA_RETE.....	84
FIGURA 4.4 - RELATION TIPO_TRATTA.....	85
FIGURA 4.5 - RELATION MANUFATTO_RETE.....	86
FIGURA 4.6 - RELATION TIPO_MANUFATTO.....	87
FIGURA 4.7 - RELATION INFRASTRUTTURA_ALLOGGIAMENTO .....	89
FIGURA 4.8 - RELATION ACCESSO.....	90
FIGURA 4.9 - TABELLE PONTE PER LE RELAZIONI DI ACCESSIBILITÀ.....	91
FIGURA 4.10 - RELATION ARCO_RETE.....	92
FIGURA 4.11 - RELATION NODO_RETE.....	92
FIGURA 4.12 - RELATION GRAFO_RETE.....	92
FIGURA 5.1 - ESEMPI DI CURVE ELEMENTARI (GU_CPCURVE2D).....	103
FIGURA 5.2 - ESEMPI DI SUPERFICI (GU_CPSURFACE2D). LE CURVE TRATTEGGIATE RAPPRESENTANO FRONTIERE INTERNE.....	103
FIGURA 6.1 – ESEMPI DI PRIMITIVE GEOMETRICHE VETTORIALI REGistrate NEGLI SHAPEFILE .....	119
FIGURA 6.2 - PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELLA STRUMENTAZIONE GPR .....	123
FIGURA 6.3 - ESEMPIO DI RICOSTRUZIONE TRIDIMENSIONALE DI UNA TUBAZIONE (FONTE: WWW.ORS.REGIONE.LOMBARDIA.IT).....	124



# INDICE DELLE TABELLE

TABELLA A1 - TABELLA DEI CODICI E LORO DESCRIZIONE PER OGNI TIPOLOGIA DI TRATTA..... 142

TABELLA A2 - TABELLA DEI CODICI E LORO DESCRIZIONE PER OGNI TIPOLOGIA DI MANUFATTO..... 144



# ABSTRACT

La Direttiva Micheli stabilisce le linee guida per la posa degli impianti sotterranei delle aziende e delle imprese erogatrici dei servizi indispensabili allo svolgimento della vita cittadina: acqua, fognatura, elettricità, gas, teleriscaldamento, telecomunicazioni. La Regione Lombardia recepisce, prima in Italia, i principi della Direttiva attraverso varie norme, con le quali disciplina l'uso razionale del sottosuolo, stabilendo l'adozione del PUGSS (Piano Urbano Generale dei Servizi del Sottosuolo) come strumento pianificatorio e conoscitivo del sottosuolo.

L'utilizzo di strumenti informatici, quali i database, permette una migliore gestione delle informazioni geografiche, un'agevolazione nello scambio di dati, rapidità di elaborazioni e di aggiornamento.

Questo lavoro di tesi, partendo dall'analisi della normativa italiana e regionale lombarda del settore dei sottoservizi stradali, ripercorre tutti i passi che un'amministrazione pubblica (locale) deve seguire per la progettazione di un database relativo alle reti dei sottoservizi. Tale base di dati potrà essere inserita all'interno del SIT (Sistema Informativo Territoriale) comunale, andando a interagire con le informazioni, geografiche e non, dell'area amministrata. Vengono, pertanto, affrontati tutti i problemi e le criticità che si possono riscontrare durante il processo di progettazione di un database geotopografico, proponendo un nuovo modello di database per la gestione dei dati dei sottoservizi, rispettando regole e specifiche tecniche previste dalle normative su tutti i livelli di progettazione: esterno, logico, concettuale, fisico.



# INTRODUZIONE E OBIETTIVO DELLA TESI

I sottoservizi sono tutte quelle opere, quali “tubature, cavidotti, cunicoli e percorsi riservati o protetti, che consentono la distribuzione dei servizi urbani a rete. In generale, comprendono: adduzione dell’acqua potabile, industriale, salmastra; fognatura delle acque reflue; drenaggio delle acque meteoriche e bianche; distribuzione dell’energia elettrica; illuminazione stradale e degli spazi pubblici; distribuzione del gas (metano); telecomunicazioni; teleriscaldamento, distribuzione acqua/liquidi refrigerati; sub-irrigazione degli spazi a verde pubblico” (*Guadagni, 2003*).

La grande densità di tubazioni e condutture presenti al di sotto delle sedi stradali nei centri abitati, in particolare nelle grandi città, rende problematica la posa di nuovi servizi e il rinnovamento di quelli già esistenti: questo comporta, inevitabilmente, notevoli costi sociali che derivano dalla somma dei disagi e dei disservizi diretti ed indiretti che la città subisce a causa dell’apertura di cantieri stradali.

Inoltre, la mancanza di un’esatta conoscenza della collocazione topografica e della geometria delle reti operanti nel sottosuolo provoca, spesso, fenomeni di interferenza e di disturbo fra le varie infrastrutture e di inefficienza nell’uso dello spazio disponibile. L’assenza o l’insufficienza di coordinazione tra enti può portare all’apertura di nuovi cantieri e scavi sulla stessa strada, spesso a breve distanza temporale l’uno dall’altro, che, oltre allo spreco economico, si ripercuotono sulla collettività in termini di ripetuti

disagi, incrementi del traffico, disservizi, danni ambientali (rumori, emissioni in atmosfera, ...).

Molte volte, infine, non si è nemmeno a conoscenza, o solo parzialmente, di ciò che si trova nel sottosuolo, comportando ulteriori disservizi ai cittadini che possono tramutarsi in veri e propri pericoli: si pensi, ad esempio, alla rottura accidentale di tubazioni del metano che potrebbero causare fughe di gas ed esplosioni.



*Figura 1 - Interruzione della viabilità in corrispondenza di un cantiere stradale*

Ogni intervento nel sottosuolo richiede, quindi, un'approfondita conoscenza dei servizi tecnologici esistenti: spesso le informazioni appartengono a una pluralità di soggetti, tra cui aziende private talvolta "gelose" dei propri dati, nonostante vi sia un obbligo legislativo di condivisione. Inoltre le mappe dei gestori, così come le planimetrie dei siti industriali, presentano talvolta errori di ubicazione e/o lacune, mentre i dati in possesso delle amministrazioni comunali non sempre sono aggiornati e completi e, nella maggioranza dei casi, non si presentano in formato digitale, ma solamente su vecchie cartografie cartacee.

In conseguenza di tutto ciò, è fondamentale conoscere cosa è alloggiato sottoterra, in quanto condizione necessaria per “razionalizzare l’impiego del sottosuolo in modo da favorire il coordinamento degli interventi per la realizzazione delle opere, facilitando la necessaria tempestività degli interventi stessi al fine di consentire, nel contempo, la regolare agibilità del traffico ed evitare, per quanto possibile, il disagio alla popolazione dell’area interessata ai lavori ed alle attività commerciali ivi esistenti” (*DPCM 3 marzo 1999, articolo 1, comma 4*). Inoltre, è importante “poter localizzare in ogni momento l’infrastruttura sottostante e limitare sensibilmente i rischi di rottura” (*D.D.G. 6630/2011*).

Da alcuni anni il legislatore nazionale ha iniziato a porsi il problema dello sfruttamento razionale del sottosuolo, soprattutto in ambito urbano: già con la Direttiva Micheli (*DPCM 3 marzo 1999*) si sono introdotti una serie di concetti e di strumenti relativi alla gestione del sottosuolo delle città. In particolare, emergono due principi fondamentali: il primo afferma che il sottosuolo urbano, inteso come spazio dove vengono installate le reti tecnologiche, costituisce una risorsa preziosa che, come tale, va conosciuta, controllata e gestita; il secondo sostiene, invece, che le attività necessarie a costruire, far funzionare e rinnovare le reti tecnologiche installate nel sottosuolo, devono essere regolate da un opportuno strumento di gestione e di pianificazione, il PUGSS (Piano Urbano Generale dei Servizi del Sottosuolo).

Il PUGSS è una specificazione settoriale del Piano dei Servizi, documento inserito all’interno del PGT (Piano di Governo del Territorio), ed è lo strumento di pianificazione del sottosuolo con il quale i Comuni organizzano e disciplinano la collocazione delle reti dei servizi in esso presenti, assicurandone la congruenza con le previsioni dello stesso Piano dei Servizi e con quelle degli altri elaborati del PGT. Il PGT e, di conseguenza anche il PUGSS, sono strumenti utilizzati solamente nei Comuni della Regione Lombardia, in sostituzione del PRGC (Piano Regolatore Generale Comunale): anche altre regioni, come l’Emilia-Romagna, utilizzano strumenti sostitutivi, come il PSC (Piano Strutturale Comunale), simili al PGT lombardo.

Più recentemente, il DPCM 10 novembre 2011 ha formalizzato le regole tecniche che gli enti pubblici devono adottare per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici: uno strato informativo, il settimo, è interamente dedicato alle reti dei sottoservizi. Ciò specifica più dettagliatamente come deve essere organizzata la conoscenza del sottosuolo prevista dalla succitata Direttiva Micheli.

In questo lavoro di tesi, inizialmente, si sono analizzati i limiti e i punti di forza di quest'ultimo decreto così da potere, poi, progettare un nuovo modello per un database (DB) per le reti dei sottoservizi, con l'idea che i dati potessero essere condivisi fra più utenti con finalità diverse.

Inoltre, si è fatto riferimento, come base di partenza, oltre che al decreto sopracitato, anche al lavoro di tesi "Il progetto di un GIS per il rilievo del sottosuolo con metodologia GPR" (Rosti, 2010), incentrato sulla realizzazione di un database per le aziende che si occupano della posa di sottoservizi.

La tesi, dunque, ha come obiettivo la modellazione di un opportuno database in grado di archiviare e gestire in modo condiviso dati territoriali georeferenziati relativi alla localizzazione delle reti dei sottoservizi.

"I dati spaziali georeferenziati sono dati riferiti a una collocazione fisica sulla superficie terrestre attraverso delle coordinate relative a un sistema di riferimento geografico" (Lucchesi, 2005). Occorre, quindi, attribuire l'informazione riguardante la posizione geografica ai dati interessati: tale posizione è espressa in un particolare sistema geodetico di riferimento.

"In un SIT è fondamentale l'informazione geografica, cioè quella relativa a fenomeni spazialmente referenziati e interconnessi (es. edifici, strade, linee elettriche, boschi, colture, ecc.). Le posizioni dei fenomeni spazialmente referenziati sono definite da dati geometrici in un riferimento di tipo cartografico" (Migliaccio, 2007).

Per capire l'importanza del dato di georeferenziazione, basti pensare che il Joint Research Center (Centro di Ricerca Europeo) ha calcolato che il 90% dei dati ambientali



è un dato territoriale, mentre secondo uno studio della Commissione Europea, l'informazione geografica costituisce il 52% del valore dell'intero parco dell'informazione del settore pubblico (Salvemini, 2007).

Lo scopo della progettazione del nuovo modello di DB dei sottoservizi è, pertanto, di migliorare la conoscenza dell'ubicazione dei sottoservizi stessi, comportando i seguenti vantaggi:

- riduzione dei costi di progettazione e posa di condotte e impianti interrati;
- riduzione di reclami e cambi di programma dei lavori;
- riduzione dei ritardi nel completamento delle opere stradali;
- minimizzazione dei disagi arrecati al traffico pubblico e privato;
- minimizzazione delle interruzioni di servizio per gli utenti delle reti tecnologiche;
- ottimizzazione degli interventi di manutenzione delle reti tecnologiche;
- riduzione dei volumi di scavo;
- miglioramento della prevenzione dei rischi da lavoro nei cantieri;
- miglioramento delle stime sui costi degli interventi di bonifica ambientale;
- potenziamento dei controlli sugli scarichi irregolari.

Il database realizzato potrà, poi, essere inserito anche all'interno di un SIT (Sistema Informativo Territoriale) più vasto, comprendente ulteriori informazioni con le quali i dati delle reti dei sottoservizi possano interagire, come, ad esempio, i dati della rete stradale.

Il presente lavoro di tesi avrà, quindi, oltre che una valenza intrinsecamente informatica, anche e soprattutto un'importanza nel campo dell'ingegneria ambientale, con particolare riferimento alla pianificazione e alla gestione del sottosuolo, e altresì nell'ingegneria civile, come strumento di conoscenza per la gestione dei cantieri stradali in città.

Di seguito sono illustrati brevemente gli argomenti trattati nei vari capitoli che costituiscono questa Tesi di Laurea Magistrale.

- **Capitolo 1 – Fonti normative in materia di reti del sottosuolo:** in questo capitolo sono analizzate le principali norme in materia di sottosuolo, sia a livello nazionale che regionale, così da avere una visione del panorama normativo italiano in questo settore e identificare le problematiche di un'amministrazione pubblica che debba recepire le prescrizioni e le indicazioni atte alla realizzazione di un database geotopografico.
- **Capitolo 2 – Catalogo dei dati delle reti dei sottoservizi:** con questo capitolo inizia la modellazione vera e propria del database, la quale comincia con la fase di modellazione esterna, dove sono investigate le esigenze e le necessità degli utenti futuri, in modo che l'architettura sia ad esse funzionale; inoltre, vengono descritte in linguaggio naturale le entità di interesse che comporranno il database.
- **Capitolo 3 – Modello Concettuale di un DB delle reti dei sottoservizi:** questo capitolo riguarda la fase di modellazione concettuale, realizzata tramite i diagrammi entità – relazioni. Essa permette di schematizzare efficacemente la realtà da inserire nella base di dati, suddividendola in parti elementari. Viene, quindi, proposto e descritto uno schema a blocchi per la modellazione del database sulla rete dei sottoservizi.
- **Capitolo 4 – Schema di DB relazionale delle reti dei sottoservizi:** in questa sezione si traduce lo schema concettuale, espresso dal diagramma entità – relazioni, in una rappresentazione mediante un modello logico dei dati, descritto dalle tabelle relazionali. Il modello logico si occupa di stabilire gli attributi relativi alle entità e le chiavi interne (o primarie) ed esterne per la concretizzazione delle relazioni emerse dal diagramma entità – relazioni, così da permettere l'implementazione del database.
- **Capitolo 5 – Modello GeoUML del DB delle reti dei sottoservizi:** in questo capitolo, come previsto dalla normativa nazionale, si riporta lo schema

concettuale tradotto secondo le regole del linguaggio di modellazione GeoUML, riportate nell'allegato 2 del DPCM 10 novembre 2011.

- **Capitolo 6 – Popolamento del DB delle reti dei sottoservizi:** in questo capitolo viene discussa l'acquisizione dei dati, da quali fonti si ricaveranno e in che formato potranno essere importati nel database.
- **Conclusioni:** vengono, infine, tratte le conclusioni del lavoro di tesi, illustrando i risultati ottenuti e i possibili sviluppi futuri.
- **Appendice – Dizionari dei dati:** in questa appendice sono riportate le tabelle estrapolate dall'analisi critica svolta sulle tavole contenute all'interno dello strato 07 dell'allegato 1 del DPCM 10 novembre 2011.



# 1

## **FONTI NORMATIVE IN MATERIA DI RETI DEL SOTTOSUOLO**

Suolo e sottosuolo sono un patrimonio naturale che, nel passato, sono stati spesso sottovalutati o semplicemente trascurati e che, attualmente, stanno assumendo i connotati di risorsa non rinnovabile, esauribile e limitata, caratterizzata da tempi di rigenerazione naturale estremamente lunghi, richiedendo, pertanto, la necessità di attenzione, lavoro e investimento.

Il sottosuolo, in particolare, sta assumendo un'importanza sempre maggiore nello sviluppo delle città e nell'efficienza della vita lavorativa urbana e, come tale, è una risorsa che impegna a un'azione di governo volta a ottimizzarne l'utilizzo: il sistema delle reti tecnologiche che vi è alloggiato è indispensabile per l'organizzazione della vita comunale e per le necessità dei cittadini.

I sottosistemi a rete rappresentano il tessuto connettivo del territorio e ne garantiscono il funzionamento: ogni area urbana è dotata nel sottosuolo di molte reti tecnologiche in grado di fungere da trasporto, distribuzione e collettamento di servizi (i cosiddetti servizi di pubblica utilità) indispensabili per lo svolgimento e il funzionamento della vita, sociale e produttiva, cittadina.

Nel corso degli ultimi anni, si è accentuata la proliferazione delle reti di accesso di nuova generazione NGAN (Next Generation Access Network), in primo luogo fibre ottiche per il trasferimento dei dati, ma anche teleriscaldamento, centralizzazione e

coordinamento semaforico, controlli automatici del traffico mediante telecamere. Queste reti, accanto a quelle dei servizi preesistenti (distribuzione di gas, acqua, luce, elettricità), in alcune realtà urbane, hanno progressivamente iniziato a saturare lo spazio nel sottosuolo che comincia a presentare le caratteristiche e i limiti tipici di risorsa esauribile.

Pertanto il legislatore, nazionale e regionale, ha iniziato a porsi il problema dello sfruttamento razionale del sottosuolo, soprattutto in ambito urbano, cercando, inoltre, di “liberare” le città dagli scavi e perseguire obiettivi di sostenibilità e di qualità della vita.

In questo capitolo si descriveranno le principali norme in materia di sottosuolo, sia a livello nazionale che regionale, analizzandone limiti e punti di forza, così da recepire le prescrizioni e le indicazioni, per poter progettare il database oggetto della tesi.

## **1.1. Quadro normativo nazionale e regionale**

Le politiche comunitarie sono sempre più indirizzate a consentire un’azione di governo del sottosuolo, nella consapevolezza di quanto la sua gestione e il suo sviluppo siano un fattore importante di crescita sociale ed economica: la maggior parte dei Paesi sta infatti adottando programmi d’azione nazionali e regionali per garantirne uno sfruttamento e un utilizzo più razionale ed armonico.

Governare il sottosuolo significa, in primo luogo, aumentare la conoscenza sullo stato delle infrastrutture esistenti, disegnare una mappa che riporti la loro ubicazione e il tracciato delle reti di sottoservizi. Costituire un catasto delle infrastrutture è uno degli obiettivi su cui si sta concentrando l’azione comunitaria, attraverso la Direttiva INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe), entrata in vigore il 15 maggio 2007 e recepita nell’ordinamento italiano il 27 gennaio 2010, attraverso il Decreto Legislativo n. 32.

	AMBITO RICOGNITIVO	AMBITO OPERATIVO
COMUNITARIA	Direttiva INSPIRE del Parlamento europeo e del Consiglio, entrata in vigore il 15 maggio 2007, che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità Europea	
NAZIONALE		<p>Direttiva della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento delle Aree Urbane del 3 marzo 1999 "Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici"</p> <p>Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri 10 novembre 2011, "Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici"</p>
REGIONALE	<p>Legge Regionale 12 dicembre 2003, n. 26 "Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche", titolo IV</p> <p>Legge Regionale 18 aprile 2012, n. 7 "Misure per la crescita, lo sviluppo e l'occupazione", titolo V</p>	<p>Regolamento Regionale 28 febbraio 2005, n. 3 "Criteri guida per la redazione del PUGSS comunale, in attuazione dell'articolo 37, comma 1, lettera a), della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 6"</p> <p>Regolamento Regionale 15 febbraio 2010, n. 6 "Criteri guida per la redazione dei piani urbani generali dei servizi nel sottosuolo (PUGSS) e criteri per la mappatura e la georeferenziazione delle infrastrutture (ai sensi della l.r. 12 dicembre 2003, n. 26, art. 37, comma 1, lett. a e d, art. 38 e art. 55, comma 18)"</p>

Figura 1.1- Politiche di livello europeo, nazionale, locale

Ciò si ripercuote, in cascata, sulle politiche nazionali e regionali. Ad oggi, in Lombardia, il quadro normativo di riferimento per il sottosuolo è così articolato (figura 1.1):

- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 3 marzo 1999, "Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici";
- Legge Regionale 12 dicembre 2003, n. 26 "Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche", titolo IV;
- Regolamento Regionale 28 febbraio 2005, n. 3 "Criteri guida per la redazione del PUGSS comunale, in attuazione dell'articolo 37, comma 1, lettera a), della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 6";

- Regolamento Regionale 15 febbraio 2010, n. 6 “Criteri guida per la redazione dei piani urbani generali dei servizi nel sottosuolo (PUGSS) e criteri per la mappatura e la georeferenziazione delle infrastrutture (ai sensi della l.r. 12 dicembre 2003, n. 26, art. 37, comma 1, lett. a e d, art. 38 e art. 55, comma 18)”;
- Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri 10 novembre 2011, “Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici”;
- Legge Regionale 18 aprile 2012, n. 7 “Misure per la crescita, lo sviluppo e l’occupazione”, titolo V.

Esistono inoltre ulteriori norme, alcune più specifiche e altre di carattere più generale, che disciplinano, attraverso disposizioni, settori e aspetti riguardanti il sottosuolo, ma che in questa sede non verranno riportate.

## **1.2. DPCM 3 marzo 1999**

La normativa statale in materia di sottosuolo è caratterizzata dall’assenza di una norma quadro di settore, mentre al contrario è connotata dall’esistenza di diverse fonti disciplinanti di volta in volta i singoli aspetti. Il testo che affronta con maggiore organicità e sistematicità il settore è la DPCM (Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri) 3 marzo 1999 “Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici”, meglio conosciuta come “Direttiva Micheli”.

La Direttiva è tesa a fornire a “Comuni, Province, ANAS ed altri enti proprietari e/o gestori delle sedi stradali e delle aree di uso pubblico, in ambito urbano, le linee guida per la posa degli impianti sotterranei delle aziende e delle imprese erogatrici dei servizi” (*articolo 1, comma 1*), in modo da “evitare, o comunque ridurre per quanto possibile al minimo, lo smantellamento delle sedi stradali, le operazioni di scavo, lo smaltimento del materiale [...] ed il successivo ripristino della sede stradale” (*articolo 1, comma 3*).



L'obiettivo primario della Direttiva è, dunque, quello di "razionalizzare l'impiego del sottosuolo in modo da favorire il coordinamento degli interventi per la realizzazione delle opere, facilitando la necessaria tempestività degli interventi stessi al fine di consentire, nel contempo, la regolare agibilità del traffico ed evitare, per quanto possibile, il disagio alla popolazione dell'area interessata ai lavori ed alle attività commerciali ivi esistenti" (*articolo 1, comma 4*).

La Direttiva, inoltre, dispone la necessità di conoscere e di mappare i sottosistemi a rete, di pianificare il sottosuolo urbano e di gestirlo attraverso "un piano organico per l'utilizzazione razionale del sottosuolo da elaborare d'intesa con gli operatori, che sarà denominato Piano Urbano Generale dei Servizi del Sottosuolo (PUGSS) e farà parte del Piano Regolatore Generale" (*articolo 3, comma 1*), ora Piano di Governo del Territorio (PGT).

La Direttiva affronta anche il tema dell'utilizzazione di sistemi tecnici innovativi che facilitino gli interventi nel sottosuolo senza l'effrazione della superficie, sia per la conoscenza di quanto sottostante (indagine geognostica), sia per la posa di cavi (perforazione orizzontale controllata), e introduce l'importante principio per cui devono essere realizzati, quando possibile, il recupero e l'utilizzo delle infrastrutture polifunzionali esistenti.

La Direttiva prevede, altresì, che tutti i Comuni debbano "dotarsi di una cartografia cartacea, informatica o numerica [...] compatibile fra i vari soggetti" (*articolo 3, comma 4*) e che "dovranno dotarsi di adeguati sistemi informativi compatibili ed interoperabili, per la raccolta e l'archiviazione dei dati cartografici relativi all'occupazione del sottosuolo da parte di ciascuno dei servizi" (*articolo 15, comma 3*). "Si dovrà realizzare così un sistema informativo territoriale nel quale le diverse esigenze di progettazione, pianificazione e documentazione trovino un'unica base di riferimento e di utilizzo dei dati necessari provenienti da diversi enti o società" (*articolo 16, comma 5*).

### 1.3. LR 26/03

Il sottosuolo nelle legislazioni regionali non risulta essere stato oggetto di particolari disposizioni normative secondo un disegno organico e integrato: una delle rare eccezioni è la Regione Lombardia che, prima in Italia, ha recepito le disposizioni della Direttiva Micheli e le ha fatte proprie con la Legge Regionale 12 dicembre 2003, n. 26 “Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche”.

La LR 26/03 è una legge innovativa per la gestione di rifiuti, sottosuolo, energia e risorse idriche in Lombardia; affronta in modo unitario i servizi di pubblica utilità e le risorse collegate, introducendo e sottolineando il principio della centralità dell’utente: “la presente legge disciplina [...] i servizi locali di interesse economico generale e garantisce che siano erogati per la soddisfazione dei bisogni dell’utente secondo criteri di qualità, efficienza ed efficacia e in condizioni di sicurezza, uguaglianza, equità e solidarietà” (*titolo I, articolo 1, comma 1*).

La legge regionale, inoltre, stabilisce che tutti i Comuni devono pianificare l’uso del sottosuolo stradale e governare lo sviluppo delle infrastrutture per l’alloggiamento dei sottosistemi a rete: infatti, una parte importante della legge è dedicata al sottosuolo, “il titolo IV stabilisce i criteri in base ai quali garantire l’uso razionale della risorsa sottosuolo, in condizioni di sicurezza ed efficienza, e favorire le condizioni per nuove opportunità di crescita economica e sociale” (*titolo I, articolo 1, comma 5*).

In particolare, si “assicura un utilizzo razionale del sottosuolo, anche mediante la condivisione delle infrastrutture, coerente con la tutela dell’ambiente e del patrimonio storico – artistico, della sicurezza e della salute dei cittadini”, agevolando “la diffusione omogenea di nuove infrastrutture, anche in zone territorialmente svantaggiate, realizzando, al contempo, economie a lungo termine” (*titolo IV, articolo 34, comma 1*).

Infine, viene definita l’infrastruttura come “manufatto sotterraneo [...] di dimensione adeguata a raccogliere al proprio interno, sistematicamente, tutti i servizi di rete

compatibili in condizioni di sicurezza e tali da assicurare il tempestivo libero accesso agli impianti per interventi legati a esigenze di continuità del servizio” (*titolo IV, articolo 34, comma 3*) e si indica quali reti possono esservi alloggiare.

In attuazione del predetto titolo IV, è stato successivamente emanato il **Regolamento Regionale 28 febbraio 2005**, n. 3 “Criteri guida per la redazione del PUGSS comunale, in attuazione dell’articolo 37, comma 1, lettera a), della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26”. Con tale regolamento si definiscono i criteri guida non soltanto per “la redazione del PUGSS, quale specificazione settoriale del Piano dei Servizi”, ma anche per “l’omogenea mappatura e georeferenziazione delle infrastrutture di alloggiamento dei servizi e dei servizi di rete, le condizioni per il raccordo delle mappe comunali e provinciali con il sistema informativo territoriale regionale, le modalità per il rilascio dell’autorizzazione alla realizzazione delle infrastrutture per l’alloggiamento dei servizi nel sottosuolo” (*articolo 1, comma 1*).

In attuazione degli articoli 37, 38 e 55 della LR 26/03, in seguito è stato, invece, emanato il **Regolamento Regionale 15 febbraio 2010**, n. 6 “Criteri guida per la redazione dei piani urbani generali dei servizi nel sottosuolo (PUGSS) e criteri per la mappatura e la georeferenziazione delle infrastrutture (ai sensi della l.r. 12 dicembre 2003, n. 26, art. 37, comma 1, lett. a e d, art. 38 e art. 55, comma 18)”. Il RR 6/10 definisce “i criteri guida in base ai quali i Comuni redigono il PUGSS che ineriscono, oltre alle attività delle amministrazioni comunali in materia di pianificazione, programmazione, monitoraggio e controllo degli interventi nel sottosuolo, anche ai requisiti tecnici delle infrastrutture sotterranee per l’alloggiamento delle reti dei servizi”. Inoltre, sono definiti “i criteri per assicurare l’omogenea mappatura e georeferenziazione delle infrastrutture e l’individuazione delle modalità per il raccordo delle mappe comunali e provinciali con il sistema informativo territoriale regionale” (*articolo 1, comma 1*). Al fine di favorire l’integrazione delle informazioni geografiche

relative al sottosuolo, nell'allegato 2 a tale Regolamento si definiscono le specifiche tecniche per la mappatura delle infrastrutture e delle reti di sottoservizi che costituiranno parte integrante del SIT. Ogni tipologia di rete dei sottoservizi (approvvigionamento idrico, smaltimento acque, elettrica, gas, teleriscaldamento, oleodotto, telecomunicazioni) è descritta nelle sue classi di oggetti in elementi lineari (tratte) e puntuali (nodi): di ciascuna classe sono definiti i singoli attributi nel loro formato, dimensione e dominio. Il suddetto documento fornisce, infatti, le linee guida per l'implementazione di un DB delle reti di sottoservizi e definisce, oltre ai contenuti delle classi di oggetti che costituiscono le reti dei servizi, gli aspetti di strutturazione (tipo di formato, nomi dei file di fornitura e dei campi comuni a tutte le classi), di geometria e le regole topologiche. Le informazioni e le disposizioni previste in questo allegato sono state successivamente riproposte anche a livello nazionale, come specifiche di contenuto per lo strato inerente le reti dei sottoservizi all'interno dei database geotopografici.

#### **1.4. DPCM 10 novembre 2011**

A livello nazionale è stato successivamente emanato il DPCM (Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri) 10 novembre 2011 "Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici". Il Decreto definisce "le regole tecniche per la formazione, il contenuto, la documentazione e la fruibilità dei database geotopografici" (*articolo 1, comma 1*). Inoltre, stabilisce che "i database geotopografici costituiscono la base informativa territoriale delle amministrazioni per la raccolta e la gestione dei dati territoriali" (*articolo 2, comma 1*).

Nell'allegato 1 al Decreto, "Catalogo dei dati territoriali – Specifiche di contenuto per i DataBase Geotopografici", sono definite "la struttura, le specifiche di contenuto e le regole di interpretazione" (*articolo 3, comma 1*) di qualunque database geotopografico: "le amministrazioni che producono, acquisiscono o validano una o più classi degli strati informativi che costituiscono il contenuto dei database

geotopografici” (*articolo 3, comma 2*) devono adottare tali specifiche e regole, in modo che siffatti database siano “interoperabili a livello europeo” (*articolo 3, comma 1*).

Il “Catalogo dei Dati Territoriali - Specifiche di contenuto per i DB Geotopografici” (allegato 1), unitamente a “Il Modello GeoUML – Regole di interpretazione delle specifiche di contenuto per i database topografici” (allegato 2), è il documento di riferimento a livello nazionale per i database geotopografici che costituiscono la base informativa territoriale per le pubbliche amministrazioni. Tuttavia, quanto indicato dalle specifiche di contenuto non è che una parte di tutto il contesto necessario all’implementazione e alla gestione di un Sistema Informativo Territoriale in cui si deve inserire l’informazione geografica: i dati territoriali descritti in questo Catalogo costituiscono solamente un primo nucleo informativo da integrare con altri database tematici.

Il Catalogo individua i dati territoriali che rappresentano e descrivono il territorio nei principali aspetti naturali e antropici, organizzati in strati, temi e classi, con le relazioni e i vincoli tra i dati stessi. La struttura di riferimento è costituita dalla classe, che definisce la rappresentazione di una specifica tipologia di oggetti territoriali: ogni classe è caratterizzata dalla propria descrizione, dall’insieme degli attributi tematici e dei loro domini, dalle componenti spaziali tridimensionali e dagli eventuali attributi; per ogni classe sono specificate le relazioni e i vincoli sulle componenti spaziali.

Gli strati e i temi non rappresentano una classificazione, ma hanno lo scopo di raccogliere le classi in sottoinsiemi morfologicamente o funzionalmente omogenei, la cui omogeneità nella struttura dati è sfruttata per semplificare la descrizione o la specifica delle classi che vi appartengono. Gli strati definiti nel catalogo sono:

- Informazioni geodetiche e fotogrammetriche (00);
- Viabilità, mobilità e trasporti (01);
- Immobili ed antropizzazioni (02);
- Gestione viabilità e indirizzi (03);
- Idrografia (04);

- Orografia (05);
- Vegetazione (06);
- Reti di sottoservizi (07);
- Località significative e scritte cartografiche (08);
- Ambiti amministrativi (09);
- Aree di pertinenza (10).

Classi, temi e strati sono codificati con due modalità: una alfanumerica, espressa in modo tale da agevolare il riconoscimento, ed una numerica. La codifica alfanumerica rappresenta un titolo semantico identificativo. La codifica numerica è assegnata per numerazione progressiva, senza che il valore assunto rappresenti una gerarchia. In figura 1.2 è schematizzato graficamente il criterio di assegnazione della codifica numerica: la classe “Edificio” (02) sarà contenuta nel tema “Edificato” (01), il quale, a sua volta, sarà una specificazione dello strato “Immobili ed Antropizzazioni” (02).

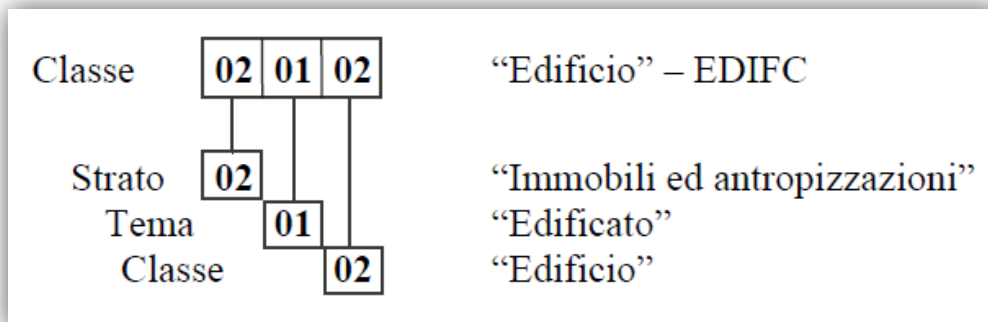


Figura 1.2 - Esempio di strutturazione dei dati all'interno del database

## 1.5. LR 7/12

Con il proliferare di nuovi servizi, come le reti di fibra ottica per il trasferimento di dati, in seguito, si sono rese necessarie nuove disposizioni per disciplinare la gestione del sottosuolo, sempre più sfruttato: questo problema è stato affrontato dalla Regione Lombardia con l’emanazione della Legge Regionale 18 aprile 2012, n. 7 “Misure per la crescita, lo sviluppo, l’occupazione”, la quale dedica il titolo V agli “interventi per il

governo del sottosuolo e per la diffusione sul territorio regionale della banda ultra-larga”.

Il suddetto titolo “detta disposizioni per assicurare un corretto utilizzo del sottosuolo, agevolando e coordinando la realizzazione delle infrastrutture per la fornitura e distribuzione dei servizi a rete e, in modo particolare, la posa della fibra ottica per le comunicazioni elettroniche a banda larga e ultra-larga” (*capo II, articolo 37, comma 1*), al fine di “garantire l’efficienza delle strutture pubbliche presenti sul territorio regionale e idonei strumenti per la competitività delle imprese ivi insediate” (*capo I, articolo 36, comma 1*), offrendo “un’adeguata copertura territoriale dei servizi anche nelle zone territorialmente svantaggiate” (*capo I, articolo 36, comma 2*).

I Comuni devono regolamentare l’utilizzo del sottosuolo, “coordinandone le disposizioni con quelle disciplinanti l’uso del suolo” (*capo II, articolo 41, comma 1*), prevedendo in particolare: “un utilizzo razionale del sottosuolo, in rapporto alle esigenze del soprasuolo; il miglioramento e la massimizzazione dell’uso delle infrastrutture esistenti, privilegiando le forme di condivisione; la promozione di scelte progettuali e di modalità di posa innovative delle infrastrutture; il coordinamento ed il controllo degli interventi sul suolo stradale; la restituzione cartografica digitale di tutte le realizzazioni infrastrutturali eseguite e la sua accessibilità al pubblico” (*capo II, articolo 41, comma 2*).

Gli obiettivi precedentemente elencati possono essere raggiunti solamente predisponendo un adeguato “catasto del sottosuolo, costituito dall’insieme delle tavole, mappe, planimetrie e altri documenti, anche in formato elettronico, idonei a rappresentare la stratigrafia del suolo e del sottosuolo delle strade pubbliche” (*capo II, articolo 42, comma 1*), contenente, tra le altre documentazioni, anche “la cartografia georeferenziata dei tracciati dei servizi a rete e delle infrastrutture sotterranee con annesse caratteristiche” (*capo II, articolo 42, comma 2*).

## **1.6. Le specifiche di contenuto del DPCM 10 novembre 2011 e le reti dei sottoservizi**

Nel documento “Catalogo dei Dati Territoriali - Specifiche di contenuto per i DB Geotopografici”, allegato al DPCM 10 novembre 2011 (già esaminato in un precedente paragrafo), è presente lo strato 07, relativo alle reti dei sottoservizi. Questo strato informativo è definito ricalcando le specifiche tecniche presenti nell’allegato 2 del RR 6/10 e costituirà la base di partenza per la progettazione del database oggetto della tesi.

Lo strato 07 è suddiviso in sette temi differenti, uno per ogni tipologia di rete presente nel sottosuolo: rete di approvvigionamento idrico (0701), smaltimento delle acque (0702), elettrica (0703), distribuzione del gas (0704), teleriscaldamento (0705), oleodotti (0706), telecomunicazioni e cablaggi (0707).

Secondo il Catalogo “appartengono a tale strato tutte le reti tecnologiche propriamente dette”, quindi vengono ivi considerate anche le parti di rete non ubicate sottoterra (tralicci, condutture esterne, impianti, centrali, cabine, antenne, ...) e, pertanto, occorrerà fare attenzione a distinguere attentamente le due categorie, poiché nel database oggetto della tesi rientrano solamente gli elementi presenti nel sottosuolo.

Ciascun tema è, a sua volta, distinto in due classi: una relativa alle tratte (ad esempio, tratta della rete di approvvigionamento idrico, tratta della rete di smaltimento delle acque, ...) e una relativa ai nodi (ad esempio, nodo della rete di approvvigionamento idrico, nodo della rete di smaltimento delle acque, ...). Secondo quanto riportato nell’allegato al DPCM 10 novembre 2011, per tratta s’intende il tracciato delle condotte o dei cavi all’interno della specifica rete, mentre con il termine nodo si definisce la posizione sulla rete di un manufatto adibito al funzionamento della rete stessa.



Per ciascuna classe sono definiti i relativi attributi e componenti spaziali, ognuno corredato di descrizione, dominio e formato; inoltre, se presenti, sono specificati anche eventuali vincoli e relazioni.

Sempre nel Catalogo, nella descrizione dello strato 07, si specifica che “i relativi manufatti (pozzetti, chiusini, ecc.) sono appartenenti allo strato dei Manufatti” (in realtà si tratta di un tema presente nello strato 02 “Immobili ed Antropizzazioni”). Andando però ad osservare più nel dettaglio le tipologie di nodi presenti nello strato “Reti di Sottoservizi” e le tipologie di elementi presenti nella classe “Localizzazione di manufatto di rete tecnologica” del tema “Manufatti”, ci si accorge che alcuni oggetti (serbatoi, pozzi di captazione, punti di presa, idranti in sottosuolo, ...) compaiono contemporaneamente in entrambe, senza che ci sia un esplicito collegamento o rimando tra essi. Inoltre, nelle due classificazioni, gli oggetti coincidenti sono definiti utilizzando differenti livelli di dettaglio: elementi puntuali nel primo caso ed elementi volumetrici nel secondo. Queste duplicazioni potrebbero generare problemi di ridondanza dei dati e di ambiguità spaziale, essendo presente una discordanza di rappresentazione non irrilevante: la posizione del nodo puntuale, intesa come proiezione del manufatto sul tracciato della rete, potrebbe discostarsi anche di molto dall’effettiva localizzazione del manufatto volumetrico.

Poiché il database delle reti dei sottoservizi potrà essere potenzialmente inserito all’interno del SIT di un Comune, occorrerà fare attenzione a non definire oggetti già descritti in altri strati o, comunque, realizzare opportune connessioni logiche tra di essi.



# 2

## CATALOGO DEI DATI DELLE RETI DEI SOTTOSERVIZI

In informatica il termine database indica un archivio di dati, o un insieme di archivi, nel quale le informazioni in esso contenute sono strutturate e collegate tra loro, in modo tale da consentire la gestione e l'organizzazione efficiente dei dati stessi e l'interfacciamento con le richieste dell'utente attraverso i *query language* (interrogazioni di ricerca, inserimento, cancellazione, aggiornamento, ...), grazie a particolari applicazioni software dedicate, chiamate DBMS (DataBase Management System), basate su un'architettura di tipo *client-server*.

Il sistema *client-server* indica un'architettura di rete nella quale genericamente un computer *client* si connette ad un *server* per la fruizione di un certo servizio: la presenza del *server* consente ad un certo numero di *client* di dividerne le risorse, lasciando che sia il *server* a gestire gli accessi alle risorse, per evitare conflitti di utilizzazione. Il *server* svolge le operazioni necessarie per realizzare un servizio, come, ad esempio, la gestione delle banche dati, l'aggiornamento dei dati e la loro integrità; mentre il *client* può effettuare alcune operazioni su tali dati, inviando al server le richieste formulate dall'utente. Il modello *client/server* è particolarmente consigliato per le reti che necessitano un elevato livello di fiducia, consentendo la centralizzazione delle risorse, evitando così i problemi di ripetizione e contraddizione, e una migliore sicurezza.

Il DBMS consente una gestione facilitata dei dati, un accesso ottimale ai dati, il mantenimento dell'integrità dei dati (protezione dei dati da accesso indiscriminato o da modifiche indesiderate), il mantenimento e l'applicazione di regole di consistenza (così da evitare automaticamente una serie di errori sui dati).

Esistono diversi modelli per i database (strutture di tipo gerarchico, reticolare, relazionale, orientata ad oggetti), ma il più utilizzato è il modello relazionale (*Codd, 1970*), anche se attualmente sta prendendo sempre più piede un sistema "ibrido", combinazione dei vantaggi dei modelli relazionale e orientato agli oggetti. In un database relazionale i dati sono organizzati in tabelle e il loro accesso è agevolato dalla definizione delle possibili connessioni (relazioni) fra le stesse: l'utente poi utilizzerà solo le relazioni che gli sono utili. I database relazionali sono un mezzo efficiente per archiviare i dati; inoltre, sono strutture flessibili e semplici dal punto di vista dell'utente: permettono infatti la gestione attraverso comandi elementari ed intelligibili, mantenendo nascosti tutti i dettagli fisici del programma ed evitando quindi all'utente la necessità di conoscere la struttura dei dati.

La modellazione di un database georeferenziato è la realizzazione di un modello della realtà territoriale che comprenda tutte le informazioni di interesse per il sistema informativo che si sta progettando. L'architettura ANSI - SPARC (*Tschritzis e Klug, 1978*) determina i livelli di astrazione definiti durante la progettazione di un database: livello esterno, livello concettuale, livello logico, livello interno o fisico (figura 2.1).

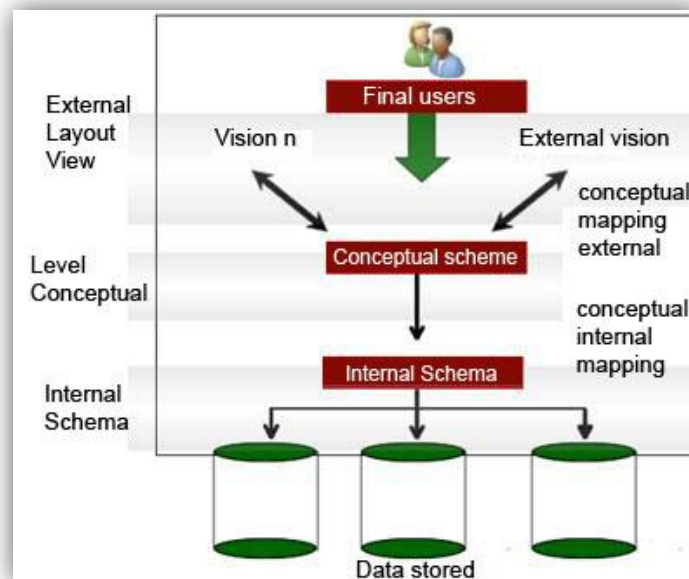


Figura 2.1 - Architettura ANSI - SPARC (tratta da: Palmeira, Architecture of a DBMS)

Il primo passo da svolgere, quindi, è la definizione del modello esterno, coincidente con una fase di raccolta e di analisi dei requisiti del sistema, in modo da ottenere una descrizione in linguaggio naturale degli oggetti di interesse e delle più frequenti interrogazioni.

Dovrebbe essere un'attività da svolgere in collaborazione con i futuri utenti del database: in questo caso i tecnici comunali e le aziende pubbliche e private del campo dei sottoservizi. Tuttavia, per questo lavoro di tesi sono state fatte delle valutazioni sul modello del DB, basandosi sulle normative presenti a livello nazionale e regionale e su quelle che si ipotizza possano essere le esigenze future degli utenti.

## 2.1. Dati delle reti di sottoservizi

Questo lavoro di tesi è incentrato sulla progettazione di un database topografico relativo alle reti dei sottoservizi: si tratta delle reti tecnologiche presenti nel sottosuolo. Il DBT, una volta realizzato, potrà essere utilizzato dalle pubbliche amministrazioni per conoscere la posizione delle reti nel sottosuolo, realizzandone una

mappatura georeferenziata, così da avere un panorama delle entità sotterranee del proprio territorio. In questo modo si fornisce ai Comuni la possibilità di gestire, pianificare, ottimizzare e coordinare gli interventi cantieristici riducendone i costi, condividere i dati con le aziende e, non meno importante, avere un potente strumento di supporto nella realizzazione del PUGSS (Piano Urbano Generale dei Servizi del Sottosuolo).

L'allegato 1 del DPCM 10 novembre 2011 "Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici" definisce il catalogo dei dati territoriali annoverabili all'interno di un database geotopografico e strutturati secondo lo schema Strato – Tema – Classe. Vogliamo concentrarci in particolare sullo strato 07, completamente dedicato alle reti dei sottoservizi, definendo le diverse entità coinvolte.

### **2.1.1. Rete di distribuzione dell'acqua**

La rete di approvvigionamento idrico (0701) è un sistema di opere costruite per trasportare acqua, così da soddisfare vari scopi: potabile, irriguo, industriale, ricreativo; l'acquedotto è composto da opere di captazione, condotte adduttrici, serbatoi, stazioni di pompaggio, torri piezometriche, rete di distribuzione, con relative diramazioni fino al punto di consegna agli utenti. Le reti di acquedotto funzionano in pressione.

La parte più vulnerabile dell'acquedotto è costituita dalla rete di distribuzione composta dalla tubazione, dai tronchi e dagli scarichi: per evitare problemi di congelamento invernale, sollecitazione meccanica da carichi stradali, manomissioni, è generalmente interrata ad una profondità di scavo media di 1÷1,5 m.



*Figura 2.2 - Tubazioni di acquedotto*

La rete di distribuzione urbana, la parte che più interessa in questo lavoro di tesi, è l'insieme dei manufatti, delle apparecchiature e delle tubazioni che si sviluppano nei centri abitati al fine di portare la risorsa idrica alle singole utenze private ed ai servizi pubblici. Sulle tubazioni che percorrono il sottosuolo sono inseriti differenti tipi di prese: per utenze private, per utenze pubbliche, per idranti antincendio, per fontanelle stradali; sono inoltre presenti i dispositivi per il lavaggio delle fogne e le derivazioni per gli idranti da innaffiamento. Completano la rete i dispositivi di intercettazione, di sfiato e di scarico e i sistemi di valvole per la riduzione della pressione.

Il tracciato della rete di distribuzione è, solitamente, costituito da maglie chiuse e segue i percorsi stradali in modo da essere sviluppato all'esterno di insediamenti civili o produttivi e delle relative reti di scarico.

### **2.1.2. Rete fognaria**

La rete di smaltimento delle acque (0702) è un complesso di canalizzazioni adibito a raccogliere e smaltire lontano dagli insediamenti, civili e/o produttivi, le acque superficiali, meteoriche, di lavaggio (acque bianche) e quelle reflue (acque nere) provenienti dalle attività umane. Le canalizzazioni funzionano a pelo libero, ma in tratti

particolari il loro funzionamento può essere in pressione (condotte di mandata da stazioni di sollevamento, attraversamenti in sifoni, ...).



*Figura 2.3 - Canalizzazione fognaria*

Le tubazioni, in funzione del ruolo che svolgono all'interno rete fognaria, sono distinte secondo la seguente terminologia:

- fogne: canalizzazioni elementari che raccolgono le acque provenienti da fognoli di allacciamento e/o da caditoie, convogliandole ai collettori;
- collettori: canalizzazioni costituenti l'ossatura principale della rete, raccolgono le acque provenienti dalle fogne e, allorché conveniente, quelle ad essi direttamente addotte da fognoli e/o caditoie, confluendo a loro volta in un emissario;
- emissario: canale che, partendo dal termine della rete, adduce le acque raccolte al recapito finale.

Con specifico riferimento all'origine delle acque raccolte e trasportate, le reti di smaltimento vengono classificate in fognatura mista e fognatura separata.

La fognatura a sistema unitario o misto raccoglie e convoglia le acque pluviali e le acque reflue con un unico sistema di canalizzazioni. In questi sistemi i collettori sono dimensionati in funzione delle portate meteoriche conseguenti all'evento di pioggia in



progetto: questa portata è nettamente maggiore, nell'ordine delle centinaia di volte, della portata delle acque reflue e, poiché l'impianto di depurazione è dimensionato con valore di poco superiore alla portata nera, l'eccedenza dovrà essere scaricata direttamente nel mezzo recettore con opportuni manufatti, detti scaricatori di piena.

La fognatura a sistema separato raccoglie e convoglia le acque reflue (o nere) con un sistema di canalizzazioni distinto dal sistema di raccolta e convogliamento delle acque pluviali (o bianche). La dimensione dei collettori delle acque pluviali è praticamente identica a quella della corrispondente rete unitaria, mentre la rete nera è caratterizzata da sprechi di modeste dimensioni.

La giacitura delle condotte fognarie deve essere determinata secondo le esigenze del traffico e concordata con il gestore del sottoservizio dell'acquedotto, in quanto la rete fognaria deve essere collocata almeno 30 cm sotto il livello di posa di tale rete: solitamente il dislocamento della rete di smaltimento è messo in opera ad una profondità media di 3 ÷ 4 m dal piano stradale.

Le acque nere impongono profondità di posa al di sotto della rete idrica di approvvigionamento e pendenze sufficienti per un continuo deflusso; inoltre, ammettono sollevamento meccanico caratterizzato da portate esigue e basse prevalenze. Le acque bianche, invece, impongono funzionamento a gravità, ma ammettono posa superficiale e basse pendenze.

### **2.1.3. Rete elettrica**

La rete elettrica (0703) è un insieme di elementi connessi tra di loro con lo scopo di sfruttare la generazione di energia elettrica per poterla, poi, distribuire ad uno o più utilizzatori.

Da un punto di vista funzionale il sistema elettrico si può suddividere in più sottosistemi: produzione, trasmissione, distribuzione, utilizzatori.

Il sottosistema di produzione è costituito da tutte le centrali elettriche (idroelettriche, termoelettriche, a carbone, geotermiche, eoliche, solari, a biomassa) che hanno il compito di produrre e immettere in rete l'energia elettrica. La tensione dei generatori non è mai superiore ai 25 kV e, all'uscita delle centrali, essa viene opportunamente innalzata mediante un trasformatore media/alta tensione.

Il sottosistema di trasmissione è costituito da una rete di linee (rete di trasmissione o primaria) avente lo scopo di trasferire imponenti quantità di energia dalle centrali di produzione ai principali nodi di utilizzazione, quindi su lunghe distanze: per diminuire le perdite si aumenta la tensione in uscita dalle centrali, arrivando, a parità di potenza trasferita, a valori anche molto elevati (130 – 380 kV).

Il sottosistema di distribuzione sovrintende al convogliamento dell'energia dal sottosistema di trasmissione agli utilizzatori finali. Questo processo avviene per passi successivi:

- la distribuzione ad AT (Alta Tensione, oltre 30 kV) avviene tramite una rete di linee che trasferiscono l'energia dai nodi della rete di trasmissione ai punti più vicini ai centri di consumo (cabine primarie) o direttamente agli utenti AT;
- la distribuzione a MT (Media Tensione, da 1 a 30 kV) avviene tramite una rete di linee, alimentata dalle precedenti cabine primarie, mediante trasformatori alta/media tensione ed ha lo scopo di fornire energia agli utenti MT o di alimentare le cabine a media/bassa tensione (cabine secondarie) cui fa capo la rete di distribuzione a bassa tensione;
- la distribuzione a BT (Bassa Tensione, fino a 1000 V) realizza l'ultima fase della distribuzione, fino alla consegna dell'energia alle piccole utenze industriali e domestiche.

Per queste ultime due fasi della distribuzione si impiegano le linee elettriche in cavi in posa sotterranea (figura 2.4).



*Figura 2.4 - Tubazioni per cavi elettrici in posa sotterranea*

Il sottosistema degli utilizzatori è costituito dagli impianti di utilizzazione dell'energia elettrica, a partire dai punti di consegna dell'energia: si hanno, perciò, impianti utilizzatori ad alta, media e bassa tensione. Fanno parte del sottosistema degli utilizzatori anche gli impianti a servizio della circolazione: la rete per l'illuminazione stradale e la rete per gli impianti semaforici.

La rete elettrica nelle città è posata, generalmente, ad una profondità media compresa tra 60 e 100 cm dalla superficie.

#### **2.1.4. Rete di distribuzione del gas**

La rete di distribuzione del gas (0704) è il complesso di tubazioni, accessori, impianti, prevalentemente interrati o posati sul suolo pubblico o privato, necessari al trasporto del gas dal punto di prelievo a quello di allacciamento con gli impianti di derivazione d'utenza (punto di consumo).

Fanno parte, inoltre, della rete di distribuzione del gas:

- il gruppo di riduzione e regolazione della pressione, apparecchiatura inserita nella rete per ridurre e regolare la pressione del gas entro i limiti previsti dalle condizioni di distribuzione;
- l'impianto di derivazione d'utenza, sezione del sistema distributivo che parte dalla tubazione stradale e termina al contatore;

- il contatore, strumento di misurazione dei volumi di gas;
- la valvola di intercettazione, elemento direttamente interrato o posto in pozzetto, inserito per escludere il flusso del gas nella parte a valle di tale elemento;
- il sifone, elemento inserito nella rete o negli impianti di derivazione per la raccolta di eventuali condense contenute nel gas.



*Figura 2.5 – Operazione di posa di un gasdotto*

Esistono poi pozzetti, camerette e nicchie: manufatti atti a contenere e proteggere gli elementi accessori della rete di distribuzione e degli impianti, come valvole di intercettazione, giunti dielettrici, pescanti per sifoni, riduttori di pressione, e che consentono l'accessibilità agli stessi per le operazioni di manutenzione, di manovra, di ispezione e di spurgo.

Le tubazioni devono essere interrate ad una profondità minima di 90 cm, per non risentire delle interferenze dal soprasuolo: tali tubazioni, in ambito urbano, non possono essere collocate in cunicoli insieme agli altri servizi a rete, in quanto soggette a possibili esplosioni prodotte da eventuali perdite di gas, le quali, con un insufficiente o nullo ricambio d'aria, potrebbero formare miscele esplosive. Per ovviare a questi

problemi i gasdotti vengono posti in cunicoli separati, muniti di sfiato e realizzati in opere in muratura.

### **2.1.5. Rete di teleriscaldamento**

La rete di teleriscaldamento (0705) è un insieme di componenti che consentono di trasferire l'energia termica dalla produzione all'utilizzo. Si compone di un sistema centralizzato che ha lo scopo di alimentare con un fluido termovettore (acqua calda, acqua surriscaldata, vapore d'acqua, oli diatermici, sali inorganici), proveniente da una grossa centrale di produzione, tramite canalizzazioni isolate e interrato, gli edifici per uso privato, pubblico o industriale, per soddisfare i fabbisogni di riscaldamento e di acqua calda sanitaria della collettività. Sullo stesso principio, le reti di teleraffrescamento trasportano l'acqua refrigerata per il condizionamento d'aria nei locali o per il raffreddamento di processo.

Il calore è, solitamente, prodotto in centrali di cogenerazione a combustibili fossili o a biomasse, oppure utilizzando il calore proveniente dalla termovalorizzazione dei rifiuti solidi urbani. Oltre alle biomasse, le altre fonti di energia rinnovabile utilizzate per il teleriscaldamento sono la geotermia e il solare termico; un'altra fonte di energia a costo zero è lo sfruttamento del calore di scarto dai processi industriali.

I principali componenti di una rete di trasporto e di distribuzione del calore sono: le tubazioni, gli organi di intercettazione, i punti fissi e i compensatori di dilatazione, le stazioni di pompaggio, gli allacciamenti e le sottostazioni di scambio termico presso le utenze finali, i vasi di espansione.

Le reti di teleriscaldamento sono classificate in chiuse e aperte, a seconda che il fluido termovettore sia ricircolato in centrale oppure no. I sistemi chiusi (figura 2.6) sono costituiti da reti con una tubazione di mandata, veicolante il fluido caldo, e una tubazione di ritorno, trasmettente il fluido raffreddato. I sistemi aperti, invece, sono realizzati con un'unica tubazione di mandata: il fluido, dopo lo scambio di calore, è scaricato all'esterno.



*Figura 2.6 - Tubazioni di una rete di teleriscaldamento a sistema chiuso*

Il fluido termovettore viene scelto sulla base dei seguenti criteri:

- facile disponibilità e basso costo;
- non tossicità e minimo impatto ambientale in caso di scarico o perdita;
- elevato calore specifico;
- caratteristiche fisiche tali da non richiedere accorgimenti particolari nella realizzazione della rete e nel suo esercizio;
- bassa viscosità per ridurre i costi specifici di pompaggio.

Il collegamento della rete principale di distribuzione alle utenze può essere diretto o indiretto. Nel sistema diretto, meno diffuso, il fluido termovettore viene inviato direttamente nel circuito di riscaldamento dell'utenza, nei termosifoni o nei pannelli radianti: è un sistema a basso costo, perché elimina le sottocentrali e riduce i consumi di combustibile, in quanto non comporta uno scambio di calore intermedio. Il sistema indiretto interpone uno scambiatore di calore tra il circuito di rete e quello di utenza: in questo modo, si ottiene il vantaggio di separare i due circuiti e quindi di gestire il sistema senza eccessive difficoltà in qualsiasi condizione, specialmente durante i transitori e nel caso di perdite o malfunzionamenti del circuito secondario.

Le tubazioni della rete di teleriscaldamento sono interrato, solitamente, a circa 80 cm di profondità.

### **2.1.6. Rete di oleodotti**

La rete di oleodotti (0706) è un sistema di opere atto a trasportare e distribuire idrocarburi allo stato liquido, mediante condotte, dai campi di estrazione ai porti, alle raffinerie, alle stazioni ferroviarie adibite al caricamento dei carri cisterna, oltre che a portare i prodotti petroliferi raffinati ai centri di consumo finale. Comprende, inoltre, i grandi oleodotti extrafrontalieri, gli impianti di distribuzione urbana e, anche, le stazioni di pompaggio e di controllo.

Quando c'è la necessità di trasportare via superficie dei grossi quantitativi di petrolio, il trasporto tramite condotte è sicuramente il metodo più efficiente: confrontato con il prezzo del trasporto ferroviario, offre un costo unitario molto minore e contemporaneamente una maggiore capacità.



*Figura 2.7 - Particolare dell'oleodotto Trans - Alaska Pipeline System*

Si tratta di opere colossali d'ingegneria, lunghe anche migliaia di chilometri, che devono affrontare e superare complessi problemi di costruzione. Gli oleodotti sono costituiti da un insieme di lunghe tubazioni di acciaio, in superficie o disposte a circa mezzo metro di profondità, con rubinetti, snodi e giunture: il fluido in pressione è

spinto da pompe, inserite a intervalli regolari, aggregate in stazioni di compressione o di pompaggio, così da garantirne la circolazione.

Le tubazioni sono collegate tra loro da giunti a grande tenuta o da saldature a elevata resistenza. Le stazioni di compressione, costruite a distanze variabili tra i 5 e i 150 chilometri, impiegano pompe a stantuffo in grado di lavorare a piccole velocità e grandi pressioni, con un'erogazione media di 4000 tonnellate di petrolio al giorno.

### **2.1.7. Rete di telecomunicazioni e cablaggi**

La rete di telecomunicazioni e cablaggi (0707) comprende le restanti reti esistenti nel territorio, ossia quelle relative alle telecomunicazioni e le reti industriali o tecnologiche. Fanno parte di questa rete le linee di comunicazione telefonica, le linee per la trasmissione dei dati (cablaggi, fibre ottiche, ...), la TV via cavo.

Le linee di telecomunicazione a banda larga comprendono tutte quelle tecnologie che consentono di aumentare la velocità di comunicazione in generale e l'accesso ad Internet in particolare: sfruttando infrastrutture e tecnologie innovative rispetto a quelle tradizionali, la banda larga offre l'opportunità di usufruire di servizi ad alta interattività.

Le tecnologie di accesso a banda larga si basano:

- sulla preesistente rete di accesso telefonica in rame (doppino telefonico), attraverso le tecnologie DSL (Digital Subscriber Line);
- sull'utilizzo di collegamenti in fibra ottica fino alla sede del cliente o fino all'edificio;
- sull'utilizzo di frequenze radio;
- sul collegamento via satellite.

La tecnologia DSL permette la trasmissione digitale ad alta velocità su uno o più doppi telefonici, sfruttando le caratteristiche trasmissive del mezzo: in questo modo è possibile riutilizzare la rete in rame come sistema di accesso a banda larga.



I sistemi in fibra ottica rappresentano per la rete di accesso, così come per la rete di trasporto, la miglior soluzione attualmente possibile dal punto di vista della banda complessiva e dell'affidabilità. La fibra ottica è oggi utilizzata da tutti gli operatori principali per garantire l'accesso a grandi imprese e alle pubbliche amministrazioni, la cui spesa in servizi di telecomunicazioni giustifica l'investimento in cablaggio (in genere molto elevato) da parte degli operatori stessi.



*Figura 2.8 - Cavi per la fibra ottica*

La rete di accesso, realizzata totalmente o parzialmente in fibra ottica, viene di solito classificata in tre tipologie, secondo il punto raggiunto in fibra:

- FTTH (Fiber To The Home) se la fibra raggiunge l'unità abitativa del singolo utente;
- FTTB (Fiber To The Building) se la fibra raggiunge l'edificio, mentre l'ultimo tratto di collegamento viene realizzato con altre tecniche (LAN, WLAN o VDSL);
- FTTC (Fiber To The Curb o Fiber To The Cabinet) se il cablaggio arriva nelle vicinanze dell'edificio.

La collocazione dei cavi della rete di telecomunicazione avviene, in genere, alla stessa profondità dei cavi della corrente elettrica.

## 2.2. Infrastrutture di alloggiamento

Le reti dei sottoservizi, quando non direttamente interrato, possono essere collocate all'interno di apposite infrastrutture di alloggiamento: tipicamente tubazioni e condutture per i fluidi, cavidotti e polifore per i cavi.

Secondo la Legge Regionale 26/03, per infrastruttura s'intende il "manufatto sotterraneo, conforme alle norme tecniche CEI-UNI, di dimensione adeguata a raccogliere al proprio interno, sistematicamente, tutti i servizi di rete compatibili in condizioni di sicurezza e tali da assicurare il tempestivo libero accesso agli impianti per interventi legati a esigenze di continuità del servizio" (*titolo IV, articolo 34, comma 3*).

Ogni infrastruttura di alloggiamento è, abitualmente, dotata di manufatti d'accesso realizzati in diversi materiali (solitamente, calcestruzzo o muratura) e tipologie (pozzetti o camerette) che ne permettono ispezioni, operazioni di pulizia, di manutenzione ordinaria e straordinaria, di posa. La funzione d'ispezione viene, peraltro, espletata anche da altri manufatti non specifici, quali ad esempio pozzetti di confluenza, di salto, di cacciata.

Il manufatto di accesso può essere realizzato in asse alla condotta, di più facile ed economica realizzazione, oppure disassato rispetto ad essa. In merito alla dislocazione, normalmente si posizioneranno dove inizia o finisce la condotta, dove si verifica una variazione di direzione della tubazione, nelle intersezioni della condotta principale con reti o rami secondari collocate a minore profondità di quella principale, dove si verifica un cambiamento delle dimensioni del diametro del tubo, di pendenza della tubazione, di quota della tubazione, oppure nei punti di raccolta delle acque da smaltire. Per quanto riguarda il dimensionamento, dipende dalle caratteristiche delle tubazioni entranti e dallo spazio di lavoro necessario per la manutenzione.

### **2.2.1. Strutture Sotterranee Polifunzionali**

Ultimamente, sta prendendo sempre più piede l'uso di Strutture Sotterranee Polifunzionali (SSP): gallerie tecnologiche, cunicoli, canalette. L'utilizzo delle strutture polifunzionali è finalizzato a:

- organizzare il sottosuolo di una città, raccogliendo organicamente le reti di distribuzione dei servizi primari (energia elettrica, riscaldamento, impianti idrici, telecomunicazioni), rispettando le logiche tecnologiche e i fattori di sicurezza;
- realizzare un sistema che può essere controllato continuamente, mediante il monitoraggio costante delle reti sotterranee;
- diminuire i tempi per la manutenzione e l'ampliamento delle reti cittadine, riducendo di conseguenza i disagi provocati da cantieri in corso.

La galleria tecnologica è una struttura percorribile da uomini ed, eventualmente, da mezzi per un alloggiamento multiplo di servizi che risponda a criteri di affidabilità e di resistenza rispetto a problemi di assestamento dei suoli e a fenomeni sismici. È un'opera multifunzionale poiché in grado di alloggiare e veicolare in un unico ambiente ispezionabile tubazioni per l'acqua, cablaggi per il trasporto di energia elettrica, telecomunicazioni, dati, ed è attrezzata con un sistema automatizzato centralizzato per gli aspetti gestionali, manutentivi e di sicurezza.

I servizi vengono collocati nelle due pareti mentre nel centro viene lasciato un corridoio per il transito degli operatori addetti alla posa e alla manutenzione (figura 2.9): gli spazi sono scelti in modo da rendere compatibile la presenza delle diverse reti. Le gallerie possono essere realizzate in diversi materiali (materiali plastici, come il polipropilene e il polietilene ad alta densità, oppure calcestruzzo vibrocompresso armato) e forme (sezione rettangolare, quadrata, circolare).



*Figura 2.9 - Galleria polifunzionale*

I manufatti di accesso alle gallerie tecnologiche devono essere realizzati e collocati lontano dalla sede stradale, in modo da non costituire intralcio alla viabilità durante le operazioni di manutenzione. Si devono realizzare, inoltre, aperture atte a consentire l'inserimento e l'estrazione dei componenti più voluminosi (come, per esempio, tubazioni rigide).

Molto simile alla galleria, ma con dimensioni minori, il cunicolo tecnologico è un'infrastruttura atta a contenere più servizi tecnologici: il cunicolo è dotato di chiusura mobile carrabile disposta sul piano di calpestio, quindi è facilmente ispezionabile, ma non percorribile dagli operatori. Può essere realizzato con gli stessi materiali e forme della galleria tecnologica.

Le canalette, infine, sono le infrastrutture di alloggiamento degli elementi per l'allacciamento dei servizi all'utenza e rappresentano il livello d'infrastrutturazione inferiore: sono di dimensione limitata e si sviluppano solo per brevi tratti.

### **2.2.2. Polifore**

Per l'alloggiamento dei cavi si possono utilizzare le polifore: manufatti in calcestruzzo realizzati a blocchi, all'interno dei quali sono ricavati uno o più fori per l'ubicazione

delle canalizzazioni in polietilene ad alta densità (PEAD) destinate alla posa di cavi dell'energia elettrica e/o telecomunicazioni (cavidotti).

Il diametro delle cavità è generalmente di 125 mm, idoneo ad ospitare i normali cavi in rame; per i cavi ottici, che hanno dimensioni notevolmente più ridotte (diametri di 10÷20 mm), in ciascun cavidotto possono essere inseriti fino a tre sottotubi di plastica con diametro interno compreso fra 30 e 40 mm, ciascuno dei quali in grado di ospitare sette cavi di fibre ottiche (figura 2.10).

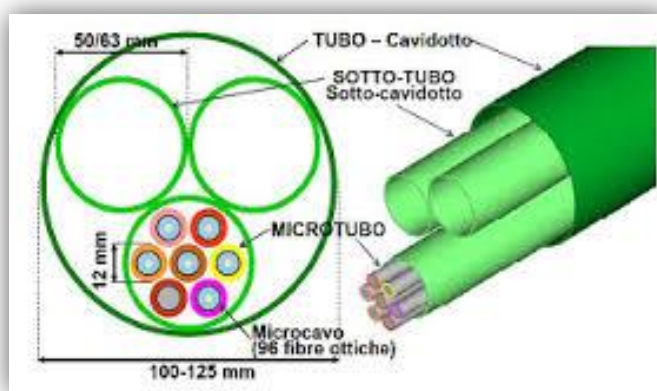


Figura 2.10 - Struttura cavidotto (fonte: [www.vermeeritalia.it](http://www.vermeeritalia.it))

Date le sue caratteristiche e le ridotte dimensioni dei tubi che accolgono le reti energetiche e di telecomunicazioni, la polifora si presenta come struttura non percorribile dal personale. Tuttavia, la disponibilità di canalizzazioni multiple e la presenza delle camerette intermedie interratoe disposte ogni 50 metri, facilitano gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria.

### 2.2.3. Tubazioni

La tubazione è un'infrastruttura adatta al trasporto e distribuzione, senza dispersione, di fluidi come acqua, gas, prodotti petroliferi. Può essere realizzata in diversi materiali (acciaio, ghisa, polietilene, calcestruzzo, ceramica, ...), in funzione del fluido che deve essere trasmesso, e si può osservare anche all'interno delle gallerie tecnologiche.

Ultimamente, nell'ottica del risparmio economico e del sottosuolo, le tubazioni che già consentono il trasporto di fluidi a pelo libero, come le tubature fognarie, sono ulteriormente sfruttate, nella parte non bagnata, per l'alloggiamento di reti tecnologiche, come i cavi di fibra ottica.

Un'altra tipologia di tubazione è quella realizzata in PEAD e destinata all'alloggiamento dei cavi dell'energia elettrica e/o telecomunicazioni (cavidotti): queste tubature possono essere inserite all'interno di polifore oppure interrate direttamente nel sottosuolo (figura 2.11).

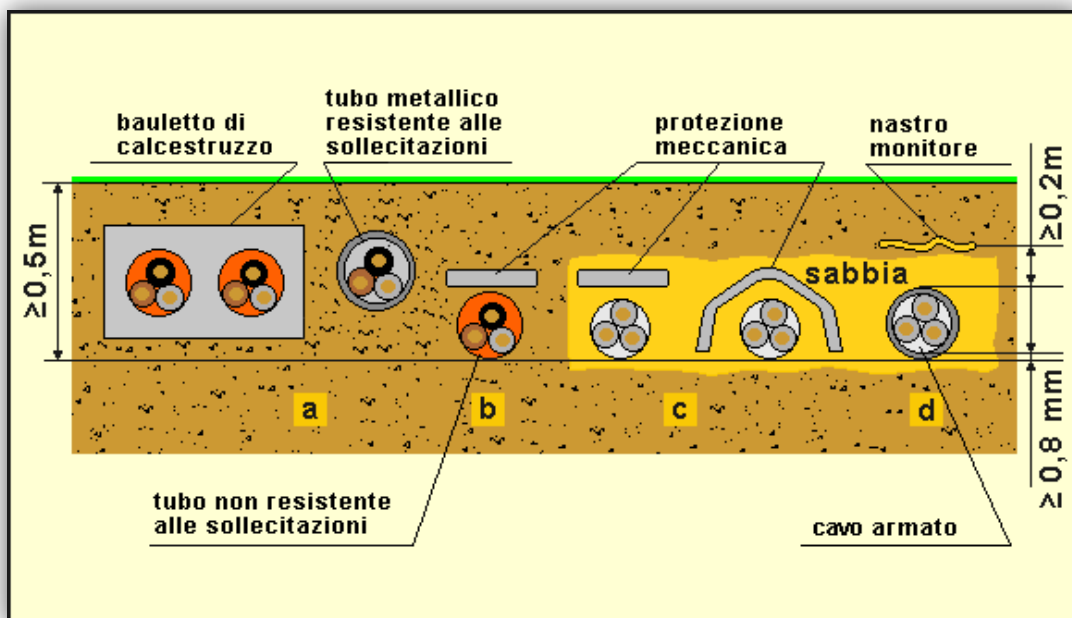


Figura 2.11 - Modalità di posa dei cavi interrati: a) in polifora di calcestruzzo; b) in tubo resistente alle sollecitazioni esterne; c) in tubo con protezione meccanica supplementare; d) direttamente interrato in letto di sabbia. (fonte: [www.elektro.it](http://www.elektro.it))

### 2.3. Soggetti proprietari delle reti dei sottoservizi

L'ultima classe di entità di cui tenere conto nel progettare un modello per il DB dei sottoservizi, è costituita dai soggetti, pubblici e privati, titolari delle infrastrutture di

alloggiamento e delle reti, o parte di esse. Questi soggetti hanno degli obblighi nei confronti delle pubbliche amministrazioni.

La Direttiva 3 marzo 1999 (Direttiva Micheli), infatti, stabilisce che “le aziende dovranno mantenere costantemente aggiornati i dati cartografici relativi ai propri impianti e dovranno renderli disponibili, su richiesta motivata del comune o degli altri enti interessati. Le aziende, nello scambio delle informazioni sull’occupazione del sottosuolo, dovranno precisare, per ciascun tipo di impianto, l’ubicazione indicando, ove possibile, il lato della strada occupato, la profondità e la distanza da punti di riferimento degli edifici e la tipologia” (*articolo 15, commi 4 e 5*).

Il concetto è ripreso anche a livello locale, secondo quanto prescritto dalla Legge Regionale 7/12, “tutti i soggetti che gestiscono infrastrutture presenti nel sottosuolo [...] presentano ai competenti uffici comunali la documentazione cartografica, su supporto informatico, dell’infrastruttura gestita, con l’indicazione dell’ubicazione e delle dimensioni della stessa. In occasione di interventi di realizzazione o posa di nuove infrastrutture civili, analogo obbligo grava sul soggetto attuatore dei relativi lavori o sul suo committente” (*titolo V, articolo 42, comma 3*).

L’amministratore pubblico, infatti, deve sapere chi è il proprietario di un determinato tratto di rete dei sottoservizi, così da poterlo contattare per scambio di informazioni e dati o, anche, per pianificare e coordinare eventuali interventi previsti in un’area che comprenda differenti reti gestite da enti distinti.

Ancora, i tecnici comunali devono sapere chi è il proprietario di una specifica infrastruttura che potrebbe essere riutilizzata anche per la posa di altre reti, in un’ottica di risparmio economico e di risorsa sottosuolo: “la realizzazione delle infrastrutture è subordinata al rilascio dell’autorizzazione; l’autorizzazione non può essere rilasciata qualora il medesimo servizio possa essere assicurato mediante l’utilizzo di infrastrutture esistenti, rispondenti agli obiettivi del presente titolo, senza compromettere l’efficienza e l’efficacia dei servizi erogati” (*LR 26/2003, titolo IV, articolo 39, comma 1*). Ovviamente vi è “l’obbligo, a carico del proprietario e del

gestore, di consentire l'accesso all'infrastruttura ai titolari delle reti in essa collocabili, a condizioni non discriminatorie e improntate a criteri di economicità, celerità e trasparenza" (LR 26/2003, titolo IV, articolo 40, comma 1).

In questo lavoro di tesi non vengono considerati i gestori, ma solamente i proprietari delle reti dei sottoservizi. Infatti, quando si deve aprire un nuovo cantiere stradale che potrebbe comportare la manomissione degli elementi di una rete di sottoservizi, il Comune ne deve dare tempestiva comunicazione al proprietario. Se anche lo scambio di informazioni passasse attraverso il gestore della rete, il destinatario ultimo rimarrebbe sempre il proprietario, in quanto "tutto il materiale fornito dall'ente appaltante rimane di proprietà esclusiva dell'ente stesso, assieme al risultato delle elaborazioni, al materiale prodotto" (DGR 5900/07 - allegato 1A).



# 3

## MODELLO CONCETTUALE DI UN DB DELLE RETI DEI SOTTOSERVIZI

La seconda fase della modellazione di un database, secondo l'architettura ANSI-SPARC descritta all'inizio del precedente capitolo, coincide con il livello concettuale: è la diretta conseguenza della descrizione della realtà eseguita nel livello esterno e si prefigge l'obiettivo di generarne una rappresentazione schematica univocamente comprensibile. Nel modello concettuale è possibile concentrarsi, inizialmente, sui soli aspetti fondamentali del problema, senza specificare come gli oggetti del database debbano essere tra loro collegati, ma cosa deve essere posto in relazione.

### 3.1. Il diagramma entità – relazioni

Il metodo più utilizzato per la realizzazione del modello concettuale di un database relazionale è il diagramma entità-relazioni o ERD (*Chen, 1976*), per il quale esiste un formalismo univoco, rappresentabile mediante schema a blocchi, che permette di descrivere i dati presenti in natura in termini di entità e loro relazioni. Lo schema entità-relazioni consente di ottenere una descrizione univoca e consistente della struttura dei dati: contenuti, tipologia e relazioni fra i dati.

Il modello E-R si basa su un insieme di concetti molto vicini alla realtà d'interesse, quindi facilmente intuibili dai progettisti (in genere sufficientemente comprensibili e

significativi anche per i non tecnici), ma non implementabili sugli elaboratori: infatti, il diagramma entità-relazioni permette la descrizione dello schema concettuale di una situazione reale, senza preoccuparsi dell'efficienza o della progettazione del database fisico. Esso fornisce concetti che ci permettono di passare da una descrizione informale di ciò che gli utenti chiedono alla loro base di dati ad una descrizione precisa e più dettagliata che può essere implementata in un DBMS.

Le entità sono classi di oggetti o di fenomeni del mondo reale, concreti ma anche astratti, che saranno inseriti nel database: corrispondono agli elementi descritti nel livello esterno e sono rappresentate, solitamente, tramite rettangoli (figura 3.1).

Le entità sono caratterizzate da informazioni attributive che le identificano e ne descrivono le particolarità di interesse ai fini dell'applicazione: esse sono chiamate attributi, corrispondono alle proprietà elementari utili a descrivere il fenomeno, e distinguono le singole entità. In generale, diverse istanze della stessa entità avranno attributi con lo stesso significato, ma con valori diversi. Ogni attributo è definito dal dominio, cioè l'insieme di valori che esso può assumere (ad esempio, tutti i numeri interi), e dal formato, cioè la tipologia del valore che può assumere, come caratteri, numeri interi o reali. Un attributo può essere classificato come semplice, composto o multiplo: l'attributo semplice non è ulteriormente scomponibile in sottoattributi, cioè rappresenta un'unità informativa di base che caratterizza un'entità (ad esempio, il nome di un'azienda); l'attributo composto, viceversa, è costituito da più sottoattributi correlati (ad esempio, l'indirizzo può essere scomposto in via, numero civico, CAP, città). In generale, è preferibile avere attributi semplici, perché più facilmente gestibili: gli attributi composti sono, pertanto, espressi attraverso più attributi semplici. Infine, un attributo può presentare contemporaneamente più valori dello stesso tipo: in questo caso viene definito attributo multiplo (ad esempio, un'azienda potrebbe avere più numeri di telefono).

Uno degli attributi, o un gruppo di attributi, rappresenterà la chiave primaria, un identificatore univoco dell'oggetto; questo concetto verrà poi ripreso e approfondito

nel prossimo capitolo. Gli attributi sono usualmente raffigurati mediante ovali o segmenti collegati alle entità oppure elencati sotto le stesse (figura 3.1).

Le relazioni, infine, rappresentano le associazioni, i legami concettuali tra le entità, di cui interessa tenere memoria: ogni relazione deve essere specificata da un proprio nome, diverso da quello di qualsiasi altra presente nello schema. Una relazione può essere anche corredata da attributi, informazioni aggiuntive associate alla coppia di entità in collegamento. Per ciascuna relazione va indicata la cardinalità, ossia un vincolo circa il limite minimo e massimo del numero di entità coinvolte. In funzione della cardinalità massima, si possono avere relazioni del tipo: “uno a uno” (1:1), quando ad ogni istanza della prima entità corrisponde al più un’istanza della seconda e viceversa; “uno a molti” (1:N), quando ad ogni istanza della prima entità possono corrispondere più istanze della seconda, mentre a ciascuna istanza della seconda entità può corrispondere al più una della prima; “molti a molti” (N:N), quando esiste un’istanza della prima entità in relazione con più di un’istanza della seconda, e viceversa. La cardinalità minima, invece, specifica se la relazione è opzionale, valore pari a 0, o obbligatoria, valore maggiore o uguale a 1.

Le relazioni vengono, generalmente, simboleggiate con losanghe o rombi collegati tramite linee alle entità (figura 3.1).



*Figura 3.1 - Esempio di relazione tra due entità*

Esistono inoltre altri costrutti che premettono di sviluppare ulteriormente il diagramma E-R. In particolare, la generalizzazione permette di definire un legame logico tra entità “padri” e una o più entità “figlie” che avranno come attributi quelli ereditati dall’entità superiore insieme con altri specifici (figura 3.2). Questo è molto

utile quando si hanno alcune entità molto simili tra loro o casi particolari l'una dell'altra: risulta, quindi, vantaggioso raggruppare le caratteristiche comuni ed evidenziare i motivi di distinzione.

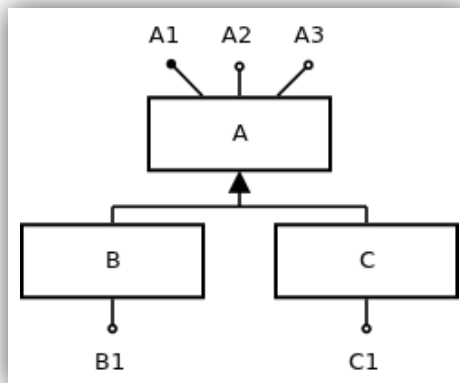


Figura 3.2 - Esempio di costrutto di generalizzazione

Un altro costrutto molto usato è l'aggregazione, che consente di costruire oggetti aggregati, di più alto livello, a partire dagli oggetti che li compongono: si combinano i valori di attributi di un oggetto per formare l'oggetto intero. Il costrutto di aggregazione è utile quando si modellizzano grafi, quali i grafi stradali (figura 3.3); in questo caso, nodo stradale e tronco stradale, con i propri specifici attributi, formano l'entità strada.

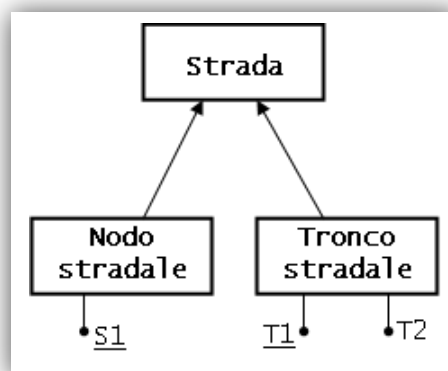


Figura 3.3 - Esempio di costrutto di aggregazione

Per la realizzazione dei diagrammi ER tramite software non esistono notazioni standardizzate; ogni diverso software utilizzato adotta spesso una propria vestizione grafica, con discrepanze dagli originali simboli del diagramma entità-relazioni.

## 3.2. Il software MySQL Workbench

La progettazione di un database è un'attività complessa che è spesso difficile o addirittura impossibile svolgere manualmente. Questa attività può essere resa più produttiva facendo uso di programmi di editing dotati di interfacce grafiche per gestire tabelle e diagrammi, ma esistono in commercio anche pacchetti applicativi dedicati proprio al progetto e allo sviluppo di basi di dati: questi sistemi appartengono alla categoria degli strumenti CASE (Computer Aided Software Engineering) e forniscono un supporto a tutte le fasi principali dello sviluppo di una base di dati.

Come già detto alla fine del paragrafo precedente, non esistono standardizzazioni sulle notazioni usate, in quanto tutti i sistemi adottano un modello concettuale noto, ma di fatto in una versione personalizzata.

Esistono molti applicativi software in grado di assistere la progettazione di un database (ERwin<sup>1</sup>, Rational<sup>2</sup>, ...): nel corso del presente lavoro di tesi è stato utilizzato il software MySQL Workbench, uno strumento disponibile anche in versione open source gratuita (previa iscrizione) che permette di progettare visualmente, modellare, generare e gestire database.

MySQL Workbench offre tre principali aree di funzionalità:

- SQL Development, consente di creare e gestire le connessioni ai server di database; oltre a permettere di configurare i parametri di connessione, MySQL Workbench offre la possibilità di eseguire interrogazioni (*query*) in linguaggio SQL sulle connessioni di database;

---

<sup>1</sup> CA ERwin Data Modeler (ERwin) è uno strumento software per la modellazione dei dati (analisi dei requisiti dei dati, progettazione di database, ecc) dei sistemi informativi. Questo sistema si basa sul linguaggio di modellazione dei dati IDEF1-X, leggermente differente dalle notazioni standard di rappresentazione (<http://erwin.com>).

<sup>2</sup> IBM Rational Software Architect è un ambiente di modellazione e di sviluppo che si basa sul linguaggio UML (<http://www.ibm.com>).

- Data Modeling, consente di creare e modificare graficamente modelli dello schema del database ed effettuare operazioni di *reverse* e *forward engineer*;
- Server Administration, consente la configurazione e il monitoraggio dello stato del server e l'amministrazione degli utenti e della sicurezza.

Per realizzare il diagramma entità-relazioni del DB dei sottoservizi è stato necessario usufruire solamente del secondo strumento, Data Modeling, il quale presenta delle lievi differenze grafiche rispetto al simbolismo originario.

Le entità sono ancora rappresentate con dei rettangoli, al di sotto dei quali sono elencati gli attributi (il primo è sempre l'identificatore o chiave primaria), specificando formato e dominio di ciascuno; le relazioni non sono rappresentate mediante losanghe, ma semplicemente tramite delle linee tratteggiate colleganti le entità relazionate, senza dare, quindi, la possibilità di specificare il nome della relazione, né eventuali attributi della stessa.

Nel caso di relazioni "uno a uno" o "uno a molti", quando la cardinalità massima di un'entità vale 1, la linea della relazione termina con un doppio trattino ad essa perpendicolare, in prossimità dell'entità; mentre, quando vale N, termina con una triforcazione. Nel caso di relazione del tipo "molti a molti" si genera in automatico una tabella ponte tra le due entità in connessione. La cardinalità minima, invece, non è rappresentata né indicata.

Le chiavi esterne utilizzate nelle relazioni sono inserite in coda agli attributi già a questo livello di modellazione, anche se dovrebbero essere definite solamente al prossimo passo, nel modello logico.

Questo pur potente software non è, purtroppo, in grado di gestire alcuni costrutti particolari, come quello di generalizzazione e quello di aggregazione, non avendo nessuno strumento utile per rappresentarlo. Si potrebbero sostituire tali costrutti con le equivalenti relazioni, perdendo però tutti i vantaggi di tali strutture. Si è quindi deciso di non rappresentare la generalizzazione con MySQL Workbench e di

aggiungere al disegno in un secondo momento il relativo simbolismo. Inoltre, si dovranno inserire “manualmente” anche i nomi delle relazioni e le relative cardinalità massime e minime.

Quello che ne risulta è uno schema entità-relazioni *ibrido*, a metà tra il livello concettuale e quello logico (figura 3.4). Quando si andrà, poi, a descriverlo, verrà esposta solamente la parte riguardante il modello concettuale, mentre per il modello logico si rimanda al prossimo capitolo.

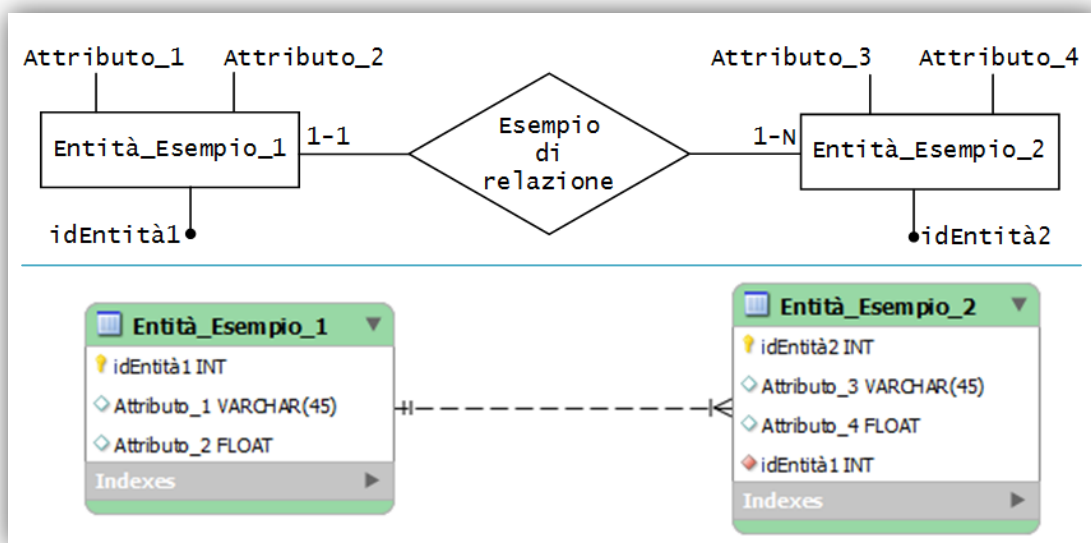


Figura 3.4 - Confronto tra lo schema ER "classico" e quello realizzato con MySQL Workbench

### 3.3. Livello di dettaglio

Nella pianificazione degli interventi di scavo non è sufficiente sapere quale tipologia di servizio viene erogato, ma occorre conoscere la localizzazione tridimensionale delle opere interrato e il loro ingombro volumetrico, così da poter effettuare scavi più mirati e in condizione di maggiore sicurezza. Infatti, dove non è nota la posizione delle reti dei sottoservizi, si devono effettuare indagini conoscitive preliminari che rallentano la pianificazione e l'esecuzione di qualsiasi intervento. Inoltre, la conoscenza dell'ingombro volumetrico delle tratte e dei manufatti sotterranei permette di evitare

interferenze e danneggiamenti ad opere, semplificando e ottimizzando le attività del decisore a livello pianificatorio e riducendo i rischi di incidenti nel cantiere (allagamenti, fughe di gas, esplosioni), fonte di pericolo per i lavoratori e gli abitanti della zona interessata.

Di contro, per effettuare le analisi di rete, il livello di dettaglio può essere ridotto, diminuendo anche la precisione delle localizzazioni di tratte e manufatti: è, infatti, più importante la correttezza dei collegamenti tra archi e nodi, piuttosto che un'elevata precisione della localizzazione spaziale.

Occorre, quindi, che il database sia in grado di rispondere ad entrambe le esigenze: il livello di dettaglio dei dati deve essere sufficientemente elevato da permetterne la rappresentazione tridimensionale volumetrica, ma deve consentire anche le analisi di rete.

Pertanto, nel presente lavoro di tesi si è deciso di separare le esigenze dell'amministrazione, creando delle entità specifiche sia per le opere volumetriche sia per il grafo della rete dei sottoservizi. Comunque, il modello concettuale proposto è di carattere generale: il livello di dettaglio spaziale delle entità non viene specificato, per cui potrebbe essere utilizzato anche per livelli differenti, secondo le esigenze e le possibilità degli utenti.

La rappresentazione, tuttavia, deve sempre essere tridimensionale perché, ad esempio, la determinazione della lunghezza delle tratte non può essere ricondotta alla proiezione planimetrica delle stesse: le differenze tra le due misure possono risultare anche molto significative.

### **3.4. Schema entità-relazioni per il DB delle reti dei sottoservizi**

Lo schema entità-relazioni che è stato progettato non è una semplice ristrutturazione di quello proposto all'interno del lavoro di tesi svolto da Rosti (*Rosti, 2010*). Infatti, il



precedente lavoro era basato sull'idea di fornire all'azienda che si occupa di posa e/o gestione di una rete di sottoservizi, uno strumento utile per archiviare i dati della rete stessa. In questo caso, invece, si ipotizza di volere realizzare un DB per l'archiviazione di informazioni utili ad una Pubblica Amministrazione, da integrare con gli altri dati che consentono la gestione del territorio e da condividere con altri Enti e anche con le aziende.

Si tratta, dunque, di una nuova proposta di modello concettuale, pensata per l'archiviazione e la condivisione dei dati delle reti dei sottoservizi, basata sia sull'analisi del modello precedente sia sulle prescrizioni dettate dalla normativa regionale e nazionale, presentata dopo aver svolto un'analisi critica delle problematiche riscontrate nel DMPC 10 novembre 2011 (si rimanda al paragrafo 1.6).

Come si può vedere dalla figura 3.5, le entità che descrivono dati georeferenziati sono state colorate in blu, così da poterle distinguere più facilmente da quelle contenenti dati non georeferenziati, colorate in giallo. I nomi delle relazioni e le cardinalità, scritte con la convenzione (minima-massima), sono stati aggiunti in seguito allo schema, così come i simbolismi rappresentanti i costrutti di aggregazione e di generalizzazione.

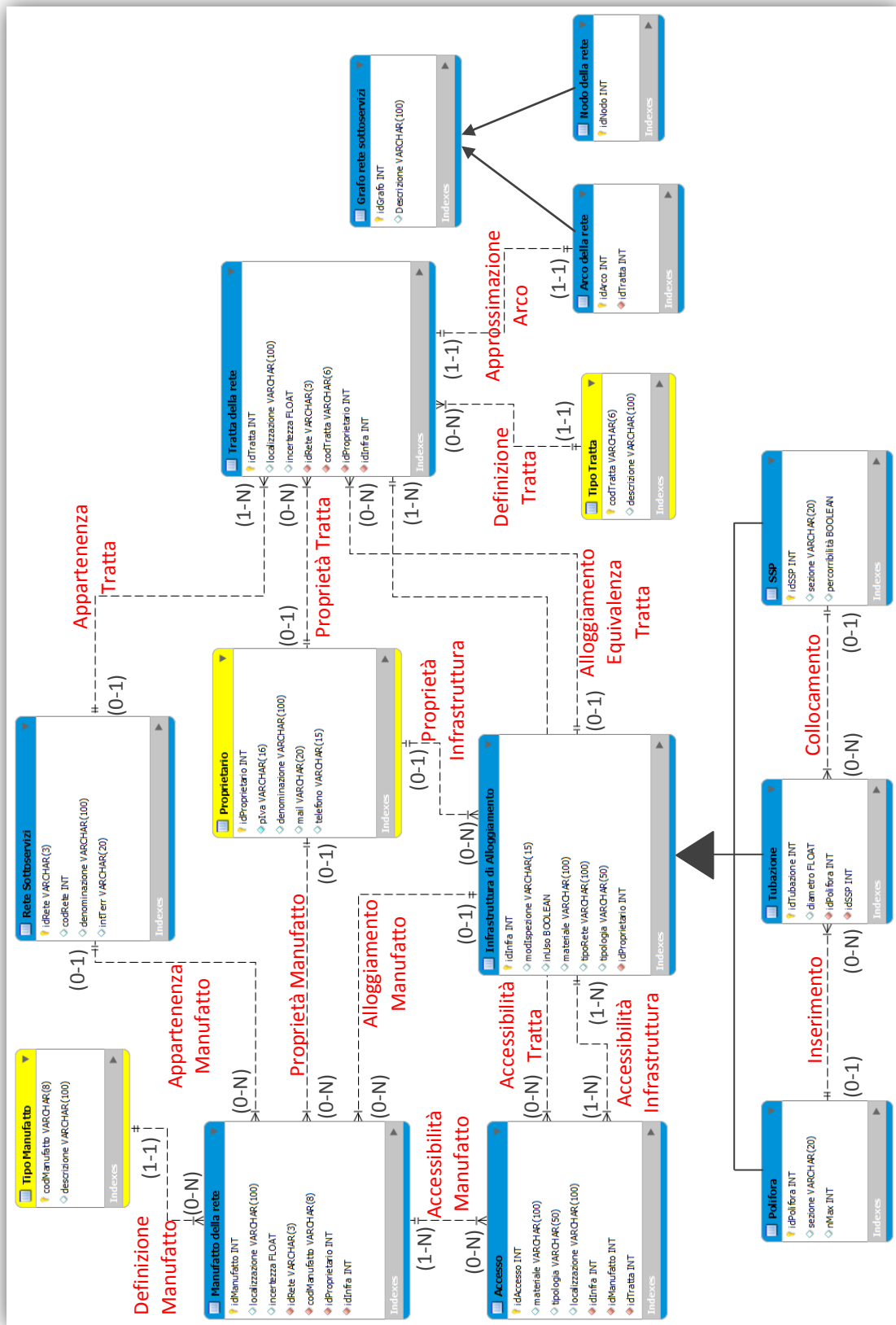


Figura 3.5 - Schema concettuale per il DB delle reti dei sottoservizi

Di seguito sono descritte le varie entità e relazioni che sintetizzano la realtà da rappresentare nel DB. Per ciascuna entità, oltre a una descrizione della tipologia di dati contenuti, saranno qui illustrati i soli attributi realmente caratterizzanti le istanze e non quelli necessari per implementare le relazioni mediante chiavi esterne (evidenziati in figura 3.5 con un rombo rosso), i quali saranno trattati nel prossimo capitolo.

### **3.4.1. Entità georeferenziate**

In questa classe di entità vi sono tutte quelle atte a rappresentare “un dato spaziale georeferenziato, ossia riferito ad una collocazione fisica sulla superficie terrestre attraverso delle coordinate relative a un sistema di riferimento geografico” (*Lucchesi, 2005*). Si tratta della quasi totalità delle entità presenti nel database: tutti gli oggetti che hanno degli attributi geografici di localizzazione, peraltro non esplicitamente indicati, appartengono a questa classe.

#### **❖ Tratta della rete**

Entità georeferenziata contenente istanze corrispondenti al tracciato delle condotte e dei cavi delle reti dei sottoservizi descritte all'interno dello strato 07 dell'allegato 1 del DPCM 10 novembre 2011, sotto il nome di “Tratta della rete”. Fanno parte di questa entità: le tratte della rete di approvvigionamento idrico, le tratte della rete di smaltimento delle acque, le tratte di linea della rete elettrica, le tratte di linea della rete di distribuzione del gas, le tratte di linea di teleriscaldamento, le tratte di linea di oleodotto, le tratte di linea della rete di telecomunicazioni e cablaggi.

Le istanze di questa entità sono caratterizzate dagli attributi:

- **idTratta**, chiave primaria dell'entità, serve per identificare univocamente gli oggetti tra di loro, attraverso un numero intero progressivo;

- localizzazione, stringa di cento caratteri indicante la via o la piazza al di sotto della quale è posata la tratta;
- incertezza, numero reale rappresentante lo scarto quadratico medio relativo alla posizione della tratta, ossia l'errore di georeferenziazione.

Le tratte, lungo il proprio asse principale, corrisponderanno sempre agli archi dei grafi delle reti che saranno descritti in seguito.

### ❖ **Manufatto della rete**

Entità georeferenziata rappresentante istanze corrispondenti ai manufatti adibiti al funzionamento, alla gestione o all'utilizzo di una rete dei sottoservizi, descritti con il termine "Nodo della rete" all'interno dello strato 07 dell'allegato 1 del DPCM 10 novembre 2011. Fanno parte di questa entità: i nodi della rete di approvvigionamento idrico, i nodi della rete di smaltimento delle acque, i nodi della rete elettrica, i nodi della rete di distribuzione del gas, i nodi della rete di teleriscaldamento, i nodi della rete di oleodotti, i nodi della rete di telecomunicazioni e cablaggi.

Le istanze di questa entità sono caratterizzate dagli attributi:

- idManufatto, chiave primaria dell'entità, serve per identificare univocamente gli elementi tra di loro, attraverso un numero intero progressivo;
- localizzazione, stringa di cento caratteri indicante la via o la piazza al di sotto della quale è ubicato il manufatto;
- incertezza, numero reale rappresentante lo scarto quadratico medio relativo alla posizione del manufatto, ossia l'errore di georeferenziazione.

Le istanze di questa entità saranno rappresentate come elementi volumetrici tridimensionali, basati sull'estrusione delle superfici e non, come suggerisce l'allegato, come semplici punti: si è deciso di adottare questa soluzione, pensando che a livello comunale, quindi a grande scala, sia importante conoscere non solamente la

localizzazione del manufatto, ma anche il suo effettivo ingombro volumetrico. I manufatti così definiti non sempre corrisponderanno ai nodi dei grafi delle reti: potrebbero anche essere elementi esterni ad esso, oppure elementi che si trovano lungo una tratta, senza che interrompano l'arco (come le paratoie, saracinesche, punti di controllo e di misura, ...).

### ❖ **Rete Sottoservizi**

Il Catalogo in allegato al DPCM 10 novembre 2011 definisce le reti come grafi, quindi come interazioni tra archi e nodi, pur non essendo questi ultimi esplicitati. In questo lavoro di tesi si è pensato, invece, di definire l'entità georeferenziata Rete Sottoservizi, rappresentante la globalità delle reti dei sottoservizi, come interazione di tratte e manufatti. Il grafo, tuttavia, riveste un importante ruolo per poter svolgere le analisi di rete, quindi sarà aggiunto nell'entità a sé stante Grafo rete sottoservizi.

Le istanze di questa entità sono caratterizzate dagli attributi:

- **idRete**, chiave primaria dell'entità, serve per identificare univocamente gli elementi tra di loro; poiché le reti vengono distinte per la loro tipologia, come codice univoco si usa la sigla di tre caratteri specificante la rete: AAC per la rete di approvvigionamento idrico, SAC per la rete di smaltimento delle acque, ELE per la rete elettrica, GAS per la rete di distribuzione del gas, TLR per la rete di teleriscaldamento, OLE per la rete di oleodotti, COM per la rete di telecomunicazioni e cablaggi;
- **codRete**, codice numerico distintivo delle reti identificate nei sette temi dello strato dei sottoservizi nella normativa nazionale: 0701 per la rete di approvvigionamento idrico, 0702 per la rete di smaltimento delle acque, 0703 per la rete elettrica, 0704 per la rete di distribuzione del gas, 0705 per la rete di teleriscaldamento, 0706 per la rete di oleodotti, 0707 per la rete di telecomunicazioni e cablaggi;

- denominazione, stringa di cento caratteri contenente la descrizione testuale dei codici del precedente attributo, ossia il nominativo per esteso della rete;
- intTerr, stringa di venti caratteri specificante l'ambito di interesse territoriale della rete: comunale, sovracomunale, provinciale, regionale o nazionale.

Quest'ultimo attributo non è presente all'interno della normativa, ma poiché la LR 26/03 prevede che le Province provvedano "all'individuazione [...] dei corridoi tecnologici ove realizzare le infrastrutture di interesse sovracomunale [...] salvaguardando le esigenze di continuità interprovinciale allo scopo di consentire la compiuta realizzazione di opere di rilevanza regionale o nazionale" (*titolo IV, articolo 36, comma 1*), si è pensato di aggiungere anche questa informazione al database.

### ❖ **Infrastruttura di Alloggiamento**

Entità georeferenziata contenente istanze rappresentanti le infrastrutture, sedi delle singole reti. Come visto nel paragrafo 2.2, esistono varie tipologie di infrastrutture che, quindi, saranno specificate mediante il costrutto di generalizzazione, attraverso il quale le entità "figlie", oltre ad attributi specifici, ereditano anche tutti gli attributi dell'entità "padre". Questa entità non è definita nel DPCM 10 novembre 2011: vi si può infatti leggere che "nei casi di sviluppo in sotterraneo, il manufatto non è acquisito e la condotta è modellata solo come rete". Le infrastrutture sotterranee, quindi, dovrebbero sempre coincidere con le tratte delle reti, ma si è ritenuto opportuno avere un'adeguata e distinta rappresentazione anche per esse, definendone un'apposita entità.

L'entità di livello superiore (figura 3.6), chiamata "Infrastruttura di Alloggiamento", è descritta dagli attributi:

- idInfra, chiave primaria dell'entità, serve per identificare univocamente gli elementi tra di loro, attraverso un numero intero progressivo;

- modIspezione, stringa di quindici caratteri indicante la modalità di ispezione dell'infrastruttura: con personale, con telecamera, con robot;
- inUso, variabile booleana indicante se l'infrastruttura in oggetto è attualmente utilizzata (valore pari a 1) oppure no (valore pari a 0);
- materiale, stringa di cento caratteri contenente l'elencazione dei componenti principali con i quali è realizzata l'infrastruttura (cemento armato, materiali plastici, calcestruzzo, muratura, acciaio, ghisa, ceramica, vetroresina, ...);
- tipoRete, stringa di cento caratteri che definisce la tipologia di rete (anche più di una) che l'infrastruttura è in grado di alloggiare in sicurezza al suo interno;
- tipologia, stringa di cinquanta caratteri, specificazione della gamma di infrastrutture descritte nel livello sottostante.

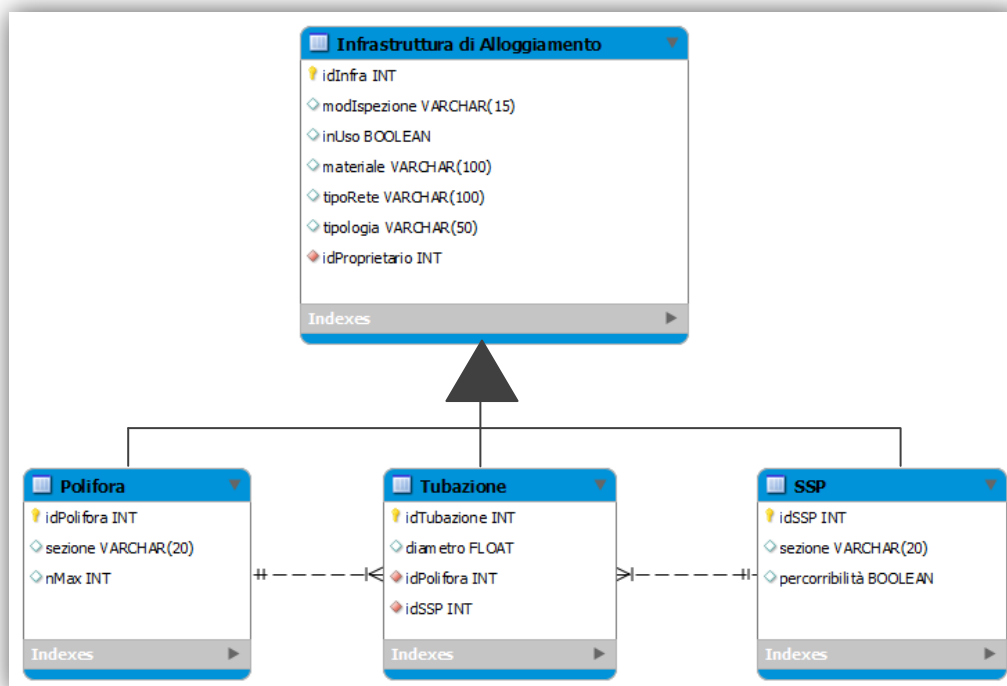


Figura 3.6 - Particolare dello schema ER riguardante le infrastrutture di alloggiamento

Per discriminare le diverse infrastrutture di alloggiamento si è fatto riferimento al Regolamento Regionale 3/05 che, all'articolo 5, le classifica in tre tipologie, rappresentanti le entità del livello inferiore (figura 3.6). Esse sono descritte di seguito.

- Tubazione: entità rappresentante le tubature, posate sotto i marciapiedi o altre pertinenze stradali, le quali possono alloggiare sia fluidi (acque di approvvigionamento, acque reflue, combustibili liquidi e gassosi) sia cavi (in questo caso vengono chiamate cavidotti), ma anche non contenere nulla perché attualmente inutilizzate. In un'ottica di risparmio economico e di risorsa sottosuolo, le tubazioni possono essere ulteriormente sfruttate, inserendo al loro interno anche cavi tecnologici (avviene, solitamente, con le tubazioni della rete di smaltimento delle acque, ma in generale con qualsiasi tubazione percorsa da fluidi non in pressione). Presenta l'attributo aggiuntivo diametro, numero reale che ne esprime il valore in mm.
- Polifora: entità rappresentante manufatti composti da blocchi in calcestruzzo all'interno dei quali vengono realizzati uno o più fori per l'ubicazione dei cavi o dei cavidotti. Per la sua natura dovranno essere aggiunti gli attributi sezione, stringa di venti caratteri indicante la forma della sezione (quadrata, rettangolare, circolare, altro) dell'infrastruttura, e nMax, numero intero rappresentante la quantità di fori realizzati nel manufatto.
- SSP: entità rappresentante tutte le Strutture Sotterranee Polifunzionali (gallerie, cunicoli, canalette). Presenta gli attributi aggiuntivi sezione, stringa di venti caratteri indicante la forma della sezione (quadrata, rettangolare, circolare, altro) dell'infrastruttura, e percorribilità, variabile booleana necessaria per distinguere tra galleria, percorribile (valore pari a 1), e cunicolo e canaletta, non percorribili (valore pari a 0).

Come si può facilmente vedere in figura 3.6, sono presenti anche gli attributi relativi alle chiavi primarie delle entità figlie: essi non sono necessari, perché già ereditati dall'entità superiore, ma diventano indispensabili per poter disegnare le relazioni con il software MySQL Workbench.

Alcune infrastrutture potrebbero coincidere esattamente con le tratte di alcune reti: questa problematica sarà discussa nel paragrafo 3.6.



## ❖ **Accesso**

I punti di accesso alle reti dei sottoservizi non sono definiti nel Catalogo allegato al DPCM 10 novembre 2011, ma si è ritenuto comunque interessante e utile avere anche questa informazione, in modo da poter avere conoscenza anche sull'accessibilità al sottosuolo. Accesso è un'entità georeferenziata contenente le istanze rappresentanti i manufatti adibiti a punti di accesso e ispezione agli elementi delle reti dei sottoservizi e, se presenti, anche alle relative infrastrutture di alloggiamento. Gli accessi possono essere realizzati e collocati lontano dalla sede stradale, in modo da non costituire intralcio alla viabilità durante le operazioni di manutenzione, oppure direttamente sul piano stradale, come per i pozzetti di ispezione.

Le istanze di questa entità sono caratterizzate dagli attributi:

- **idAccesso**, chiave primaria dell'entità, serve per identificare univocamente gli elementi tra di loro, attraverso un numero intero progressivo;
- **materiale**, stringa di cento caratteri contenente l'elencazione dei componenti principali con i quali è realizzato il manufatto di accesso (materiali plastici, calcestruzzo, muratura, ghisa, ceramica, vetroresina, ...);
- **tipologia**, stringa di cinquanta caratteri, descrizione della classificazione del manufatto (camerette di accesso o pozzetti);
- **localizzazione**, stringa di cento caratteri indicante la via o la piazza al di sotto della quale è ubicato il manufatto di accesso.

Le istanze di questa entità saranno rappresentate come semplici elementi puntuali bidimensionali, poiché interessa solamente conoscerne la posizione in planimetria.

## ❖ **Arco, nodo, grafo**

Le entità che saranno ora presentate possono apparire come delle ripetizioni delle entità **Tratta della rete**, **Manufatto della rete**, **Rete Sottoservizi**, ma sono

semanticamente differenti, risultando indispensabili per poter svolgere analisi di rete sui grafi dei sottoservizi. Nella normativa nazionale, DPCM 10 novembre 2011, tale discriminazione non è presente: si è deciso, tuttavia, di separarle in entità distinte, così da fornire al database delle ulteriori potenzialità per l'interrogazione del grafo. Queste tre nuove entità non presentano particolari attributi, se non la chiave primaria, utile per identificare univocamente le istanze: è stato adottato un numero intero progressivo.

- Arco della rete: entità lineare monodimensionale georeferenziata, sempre coincidente con il tracciato dell'entità Tratta lungo il proprio asse principale, in posizione baricentrica rispetto alla sezione trasversale. L'arco è definito come elemento di congiunzione tra due punti terminali, detti nodi. Fanno parte di questa entità i tracciati di tutte le tratte presenti nell'entità Tratta.
- Nodo della rete: entità puntuale adimensionale georeferenziata, corrispondente alle terminazioni degli archi. Saranno quindi sempre necessari due nodi per poter determinare un arco. Non sempre i nodi coincidono con i manufatti: solamente quando i manufatti sono anche punti estremi delle tratte, il nodo sarà definito come la proiezione dell'entità Manufatto sul grafo della rete. In caso contrario, il manufatto non farà parte del grafo della rete.
- Grafo rete sottoservizi: insieme delle connessioni degli archi mediante nodi, secondo le regole del grafo connesso. Il grafo è definito tramite un costrutto di aggregazione (figura 3.7): l'entità Grafo rete sottoservizi avrà come attributi la combinazione degli attributi delle entità Arco della rete e Nodo della rete. Inoltre, è stato aggiunto anche un attributo (descrizione) di tipo stringa, contenente la tipologia di rete rappresentata. In questo caso, tuttavia, non sono tanto gli attributi ad essere importanti, quanto la localizzazione spaziale delle entità di livello inferiore, che si combinano a realizzare il grafo.

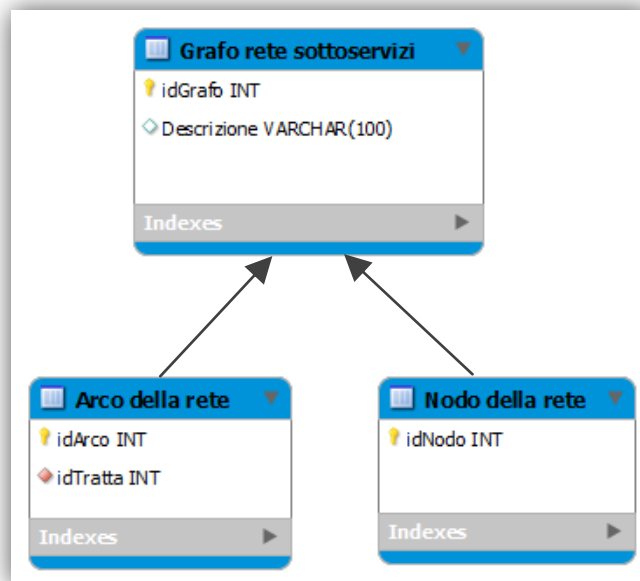


Figura 3.7 - Particolare dello schema ER riguardante il grafo della rete dei sottoservizi

### 3.4.2. Entità non georeferenziate

In questo insieme di entità vi sono tutte quelle che rappresentano dati non spazialmente riferiti: si tratta essenzialmente di tabelle contenenti tutte le informazioni generali di corollario alle reti dei sottoservizi, come la tipologia delle tratte e dei manufatti e le informazioni sui proprietari delle infrastrutture e delle reti ivi alloggiare.

#### ❖ Tipo Tratta

Tabella contenente, per ogni codice indicante il tipo di tratta, una descrizione testuale sull'utilizzazione di quella tratta all'interno di una specifica rete: questa entità funge da dizionario per dettagliare le codifiche delle tipologie delle tratte delle reti dei sottoservizi.

Le istanze di questa entità sono caratterizzate dagli attributi:

- `codTratta`, chiave primaria dell'entità, codice alfanumerico che serve per identificare univocamente gli oggetti tra di loro, contiene tutti i valori dei possibili codici definenti le tratte di rete;
- descrizione, stringa di cento caratteri, spiegazione in linguaggio naturale del relativo codice.

Questo dizionario è stato estrapolato dalle tabelle contenute nell'allegato 1 del DPCM 10 novembre 2011, le quali descrivono ogni singola tipologia di tratta di ciascuna rete di sottoservizi. Per poterle inserire tutte nella medesima tabella e, allo stesso tempo, poterle distinguere tra loro, si è pensato di realizzare i codici componendoli in due parti: la prima differenzia le varie reti attraverso una sigla di tre caratteri, corrispondente all'attributo `idRete` dell'entità Rete Sottoservizi, mentre la seconda è un numero di due cifre che discrimina la tipologia di tratta, solitamente 01 per le tratte principali, 02 per le tratte secondarie o collettrici, ma possono esserci variazioni ed integrazioni particolari per ciascuna specifica rete. Ad esempio, il codice `SAC_01` corrisponderà alla tratta principale della rete di smaltimento delle acque, mentre il codice `SAC_02` corrisponderà alla tratta secondaria, sempre della rete di smaltimento delle acque. Per un elenco completo dei codici e delle relative descrizioni si rimanda alla tabella A1 riportata in appendice.

### ❖ **Tipo Manufatto**

Tabella contenente, per ogni codice indicante il tipo di manufatto, una descrizione testuale sulla qualificazione del manufatto: questa entità funge da dizionario per dettagliare le codifiche delle tipologie dei manufatti delle reti dei sottoservizi.

Le istanze di questa entità sono caratterizzate dagli attributi:

- `codManufatto`, chiave primaria dell'entità, codice alfanumerico che serve per identificare univocamente gli oggetti tra di loro, contiene tutti i valori dei possibili codici definenti i manufatti della rete;
- `descrizione`, stringa di cento caratteri, spiegazione in linguaggio naturale del relativo codice.

Questo dizionario è stato estrapolato dalle tabelle contenute nell'allegato 1 del DPCM 10 novembre 2011, le quali descrivono ogni singola tipologia di manufatto di ciascuna rete di sottoservizi. Per poterle inserire tutte nella medesima tabella e, allo stesso tempo, poterle distinguere tra loro, analogamente a quanto fatto con l'entità `Tipo Tratta`, si sono definiti i codici componendoli in due parti: la prima differenzia le varie reti attraverso una sigla di tre caratteri, corrispondente all'attributo `idRete` dell'entità `Rete Sottoservizi`, mentre la seconda è un numero di massimo quattro cifre che discrimina la tipologia di manufatto, specifica per ogni singola rete. Ad esempio, il codice `OLE_03` corrisponderà al punto di controllo / valvola della rete di oleodotti, mentre il codice `TLR_02` corrisponderà al punto di misura temperatura e pressione della rete di teleriscaldamento. Alcuni manufatti hanno delle ulteriori sottospecificazioni, motivo per cui il numero della seconda parte del codice dovrà essere di quattro cifre: ad esempio, il connettore della rete di smaltimento delle acque, codice `SAC_16`, potrà avere forma a T o a X, determinando, rispettivamente, i codici `SAC_1601` e `SAC_1602`. Per un elenco completo dei codici e delle relative descrizioni si rimanda alla tabella A2 riportata in appendice.

## ❖ **Proprietario**

Tabella contenente la descrizione di tutti gli enti pubblici e aziende private proprietari di manufatti e tratte delle reti o delle infrastrutture di alloggiamento.

Le istanze di questa entità sono caratterizzate dagli attributi:

- idProprietario, chiave primaria dell'entità, serve per identificare univocamente gli elementi tra di loro, adottando un numero intero progressivo;
- plva, stringa di sedici caratteri contenente la partita IVA del proprietario o, in sua mancanza, il codice fiscale della persona fisica o della società proprietaria;
- denominazione, stringa di cento caratteri contenente il nominativo per esteso del proprietario;
- mail, stringa di venti caratteri contenente l'indirizzo di posta elettronica utilizzato dal proprietario;
- telefono, stringa di quindici caratteri numerici contenente il recapito telefonico del proprietario.

### **3.4.3. Relazioni fra le entità**

Le relazioni non sono esplicitamente indicate nell'allegato 1 al DPCM 10 novembre 2011, ma sono state da esso desunte, ipotizzando sensati collegamenti logici. Ad esempio, poiché ogni elemento della rete, tratte e manufatti, sicuramente sarà di proprietà di un titolare pubblico o privato, tra queste entità dovrà sussistere una determinata relazione, della quale occorre anche stabilire i valori di cardinalità minima e massima. Ogni relazione verrà quindi descritta dal nome, dalle entità che è in grado di connettere e dalle cardinalità minime e massime.

#### **❖ Relazioni di appartenenza alla rete**

Sono state individuate due relazioni di appartenenza alla rete dei sottoservizi: Appartenenza Tratta e Appartenenza Manufatto (figura 3.8).

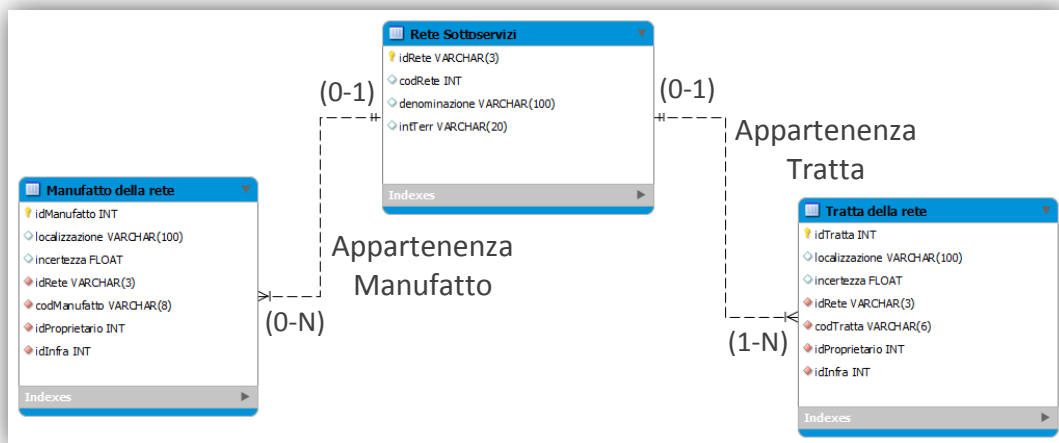


Figura 3.8 - Particolare dello schema ER riguardante le relazioni di appartenenza

- **Appartenenza Tratta**, tra Rete Sottoservizi e Tratta della rete: relazione che consente di associare ogni singola tratta alla relativa rete dei sottoservizi di pertinenza. Questo legame è di tipo “uno a molti” (1:N), infatti una rete può essere realizzata con più tratte, ma ogni tratta può essere collocata in una sola rete. Il vincolo sulla cardinalità minima, invece, specifica che una certa rete, per essere definita tale, deve possedere almeno un elemento lineare (valore della cardinalità minima pari a 1); di contro, non sempre le tratte definite nel database potranno essere associate a una precisa rete (valore della cardinalità minima pari a 0), ad esempio quando si rileva una tratta attraverso il GPR (Ground Penetrating Radar) non si è in grado di discriminarne la tipologia e quindi non è possibile associare la tratta alla relativa rete dei sottoservizi.
- **Appartenenza Manufatto**, tra Rete Sottoservizi e Manufatto della rete: relazione che consente di associare ogni singolo manufatto alla relativa rete dei sottoservizi di pertinenza. Anche questa relazione è di tipo “uno a molti” (1:N), infatti, una rete può essere composta da più manufatti, ma ogni manufatto può essere collocato in una sola rete. Differente è, invece, il vincolo sulla cardinalità minima: lungo una certa rete potrebbe non essere collocato nessun manufatto (valore della cardinalità minima pari a 0), si tratta di un caso particolarmente raro, ma si è deciso di mantenere il livello più generale possibile, così da non vincolare l’utente del database; inoltre, come per le tratte, non sempre un manufatto può essere

associato ad una determinata rete dei sottoservizi (valore della cardinalità minima pari a 0).

### ❖ Relazioni di definizione dei dizionari

Sono le relazioni che permettono la specificazione delle tipologie di tratte e di manufatti presenti lungo la rete dei sottoservizi.

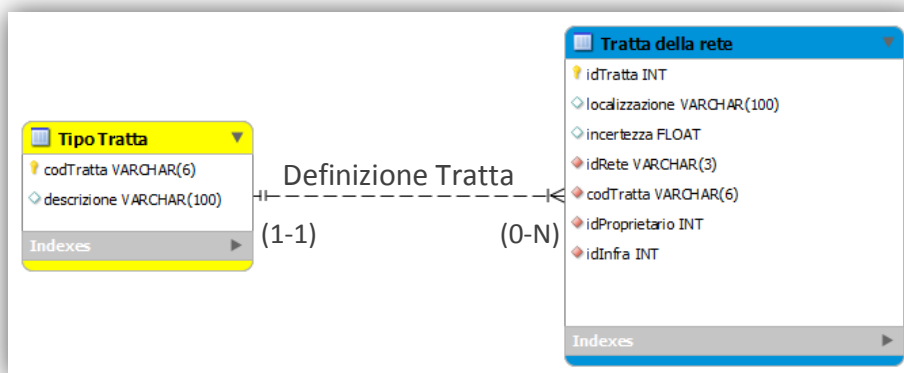


Figura 3.9 - Particolare dello schema ER riguardante la relazione Definizione Tratta

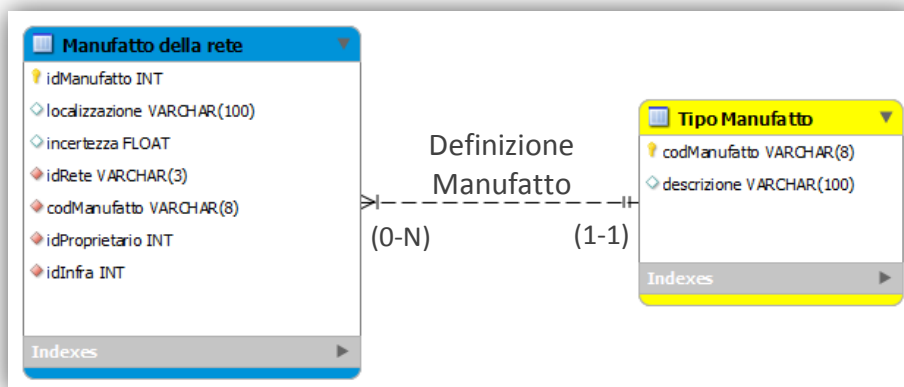


Figura 3.10 - Particolare dello schema ER riguardante la relazione Definizione Manufatto

- Definizione Tratta, tra Tipo Tratta e Tratta della rete: relazione che permette di definire un'associazione tra le tratte della rete dei sottoservizi e il dizionario contenente le descrizioni testuali delle tipologie di tratte (figura 3.9). La relazione è del tipo "uno a molti" (1:N): ogni tratta può, infatti, essere definita da un solo tipo, ma una tipologia di tratta può presentarsi più volte all'interno del progetto,



anche per la stessa rete di sottoservizi. Ad esempio, potrebbero essere presenti nella rete di distribuzione del gas diverse tratte di allacciamento delle utenze a bassa pressione. Per ciascuna tratta inserita nel database, dovrà essere definita anche la sua tipologia (valore della cardinalità minima pari a 1): anche quando non si conosce la natura dell'elemento è previsto un codice numerico che dettaglia la causa della mancanza di conoscenza del valore di questo attributo. Viceversa, non vi è la certezza che tutti i tipi abbiano associata almeno una tratta (valore della cardinalità minima pari a 0): potrebbero non essere presenti tratte di una certa tipologia.

- Definizione Manufatto, tra Tipo Manufatto e Manufatto della rete: relazione che permette di definire un'associazione tra i manufatti della rete dei sottoservizi e il dizionario contenente le descrizioni testuali delle tipologie di manufatti. Questa relazione è del tutto analoga alla precedente, anche nelle cardinalità e, pertanto, non sarà ulteriormente descritta.

### ❖ Relazioni di proprietà

Sono le relazioni che definiscono il collegamento tra gli elementi della rete dei sottoservizi e i proprietari di tali oggetti (figura 3.11).

- Proprietà Tratta, tra Proprietario e Tratta della rete: relazione che definisce l'appartenenza di una certa tratta di una rete dei sottoservizi ad un Ente pubblico o un'Azienda privata. La relazione è di tipo "uno a molti" (1:N): una tratta avrà uno ed un solo proprietario, il quale potrebbe però possedere anche altre tratte. Inoltre, poiché il soggetto titolare potrebbe non essere proprietario di alcuna tratta, ma solamente di infrastrutture o manufatti e poiché non sempre si ha l'informazione relativa al proprietario, i valori di cardinalità minima sono pari a 0.
- Proprietà Infrastruttura, tra Proprietario e Infrastruttura di Alloggiamento: relazione che definisce l'appartenenza di una certa infrastruttura sotterranea ad

un Ente pubblico o ad un'Azienda privata. Valgono le stesse considerazioni fatte per la relazione precedente.

- Proprietà Manufatto, tra Proprietario e Manufatto della rete: relazione che definisce l'appartenenza di un certo manufatto ad un Ente pubblico o ad un'Azienda privata. Valgono le stesse considerazioni fatte per le relazioni precedenti.

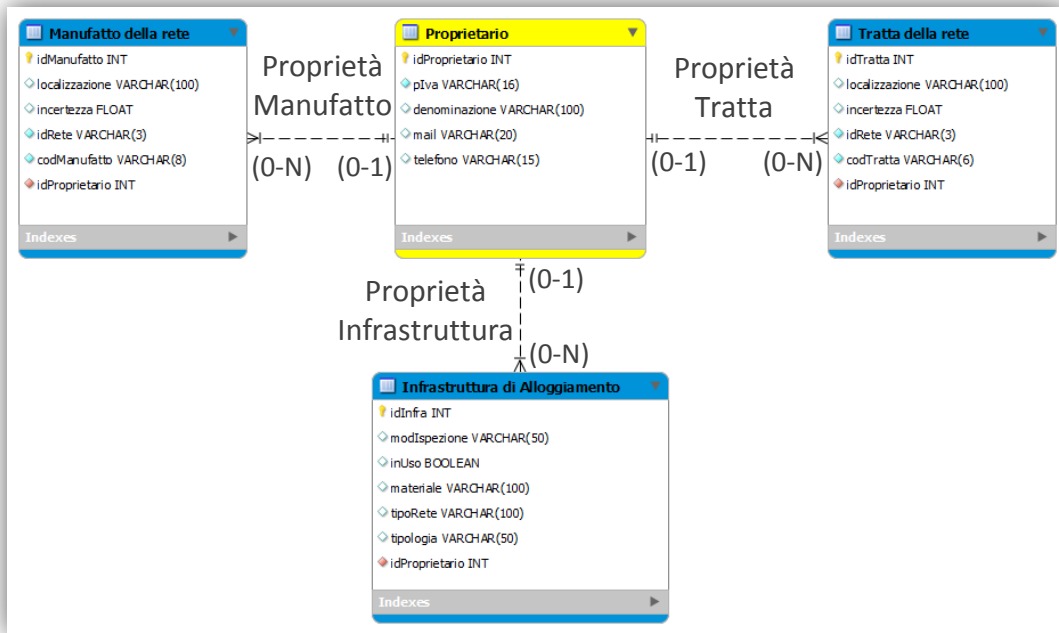


Figura 3.11 - Particolare dello schema ER riguardante le relazioni di proprietà

## ❖ Relazioni di alloggiamento

Sono le relazioni che determinano la possibilità di disporre tratte e manufatti della rete di sottoservizi all'interno di un'infrastruttura di alloggiamento (figura 3.12).

- Alloggiamento/Equivalenza Tratta, fra Infrastruttura di Alloggiamento e Tratta della rete: stabilisce un'associazione tra l'infrastruttura e la tratta di rete ospitata al suo interno. La tubazione, in alcuni casi particolari, è in grado di alloggiare un elemento di una rete di tipologia diversa da quella per cui è stata propriamente realizzata: si tratta, ad esempio, delle condotte fognarie che possono alloggiare al

loro interno, nella parte non bagnata, anche cavi di fibra ottica. Questa relazione, quindi, ha la peculiarità di presentare un attributo booleano, tipoAE, il quale permette di distinguere tra l'alloggiamento di una tratta in un'infrastruttura (valore dell'attributo pari ad 1) e l'equivalenza tra una tratta e l'infrastruttura stessa (valore dell'attributo pari a 0).

La relazione è del tipo "uno a molti" (1:N): un'infrastruttura può contenere più tratte, ma una tratta può essere alloggiata in una sola infrastruttura. Alcune infrastrutture, come quelle molto vecchie, potrebbero non alloggiare più nessun tratto di rete, perciò occorre fissare il valore di cardinalità minima pari a 0; analogamente, non vi è nessuna obbligatorietà nell'utilizzo delle infrastrutture sotterranee: alcune tratte potrebbero semplicemente essere posate direttamente nel sottosuolo. Si parla, quindi, di relazione opzionale.

- Alloggiamento Manufatto, tra Infrastruttura di Alloggiamento e Manufatto della rete: stabilisce l'associazione tra l'infrastruttura e il manufatto ospitato al suo interno. La relazione è del tutto analoga alla precedente, considerando il solo caso di alloggiamento (tipoAE pari a 1).

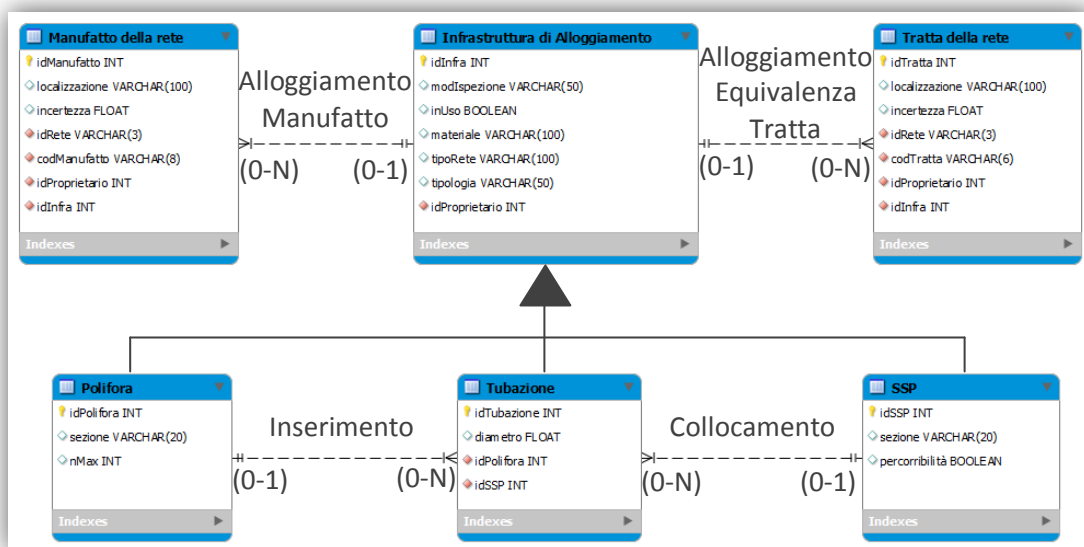


Figura 3.12 - Particolare dello schema ER riguardante le relazioni di alloggiamento

## ❖ Relazioni di accesso

Le relazioni di accesso regolano il rapporto tra i punti di accesso alle infrastrutture (o alle reti) e le infrastrutture (o le reti) stesse.

- Accessibilità Infrastruttura, tra Accesso e Infrastruttura di Alloggiamento: stabilisce l'associazione tra l'infrastruttura e i relativi punti di accesso. Ogni accesso può consentire l'ispezione di più infrastrutture e, viceversa, ciascuna infrastruttura potrebbe avere più punti di accesso lungo la propria estensione: si tratta quindi di una relazione di tipo "molti a molti" (N:N). Poiché tutte le infrastrutture devono sempre disporre di appositi punti di accesso, il valore della cardinalità minima sarà pari a 1.
- Accessibilità Tratta, tra Accesso e Tratta della rete: relazione analoga alla precedente, con la differenza che una tratta (tipicamente quelle direttamente interrato nel sottosuolo) potrebbe non avere alcun punto di accesso, quindi la cardinalità minima è posta pari a 0.
- Accessibilità Manufatto, tra Accesso e Manufatto della rete: relazione analoga alla precedente.

## ❖ Relazioni tra infrastrutture

Alcune particolari infrastrutture sono atte ad un alloggiamento multiplo di servizi e, quindi, anche delle relative infrastrutture: occorre, pertanto, definire delle apposite relazioni tra le entità figlie dell'infrastruttura di alloggiamento (figura 3.12).

- Inserimento, tra Polifora e Tubazione: definisce la relazione tra le due specificazioni dell'infrastruttura di alloggiamento. Una tubatura può essere inserita in una sola Polifora, mentre le Polifore possono contenere diverse Tubazioni, tipicamente una per ogni foro, ma per mantenere un carattere generale anche questa relazione è stata definita "uno a molti" (1:N), senza specificare quale

sia il valore massimo N. Non vi è obbligatorietà per questa relazione: i valori di cardinalità minima sono stati impostati entrambi pari a 0.

- Collocamento, tra SSP e Tubazione: definisce la relazione tra le due specificazioni dell'infrastruttura di alloggiamento. Le SSP sono in grado di alloggiare al loro interno diverse ulteriori infrastrutture, in particolare tubazioni, le quali invece possono essere collocate in una sola galleria: la relazione così definita è del tipo "uno a molti" (1:N). Come per la precedente relazione non vi è obbligatorietà, quindi i valori di cardinalità minima sono stati impostati entrambi pari a 0.

### ❖ **Relazione di approssimazione della tratta in arco**

La relazione Approssimazione Arco, tra Arco della rete e Tratta della rete, è una relazione che consente di collegare ciascuna tratta della rete al relativo arco del grafo. Come già detto in precedenza, le tratte, lungo il proprio asse principale, in posizione baricentrica rispetto alla sezione trasversale, corrisponderanno sempre agli archi dei grafi. Questa relazione, quindi, è di tipo "uno a uno" (1:1), dove, per ogni tratta, è definito uno ed un solo arco e viceversa (valori di cardinalità minima pari a 1 in entrambe le direzioni): si tratta, dunque, di una relazione obbligatoria.

Non vi sono, invece, relazioni tra i nodi del grafo e i manufatti della rete, come già spiegato precedentemente. Allo stesso modo, non esiste nessun collegamento tra grafo e rete dei sottoservizi. Queste coppie di entità potrebbero, comunque, essere messe in relazione, passando attraverso la relazione Approssimazione Arco.

Occorre, infine, definire un vincolo: il numero minimo di nodi presenti nel grafo deve essere almeno pari a due, poiché per valori inferiori non si potrebbe definire nessun arco e, quindi, il grafo non avrebbe alcun significato.



# 4

## SCHEMA DI DB RELAZIONALE DELLE RETI DEI SOTTOSERVIZI

Il terzo livello di progettazione dell'architettura ANSI-SPARC consiste nel definire il modello logico dei dati, un livello meno astratto del precedente e grazie al quale è realizzabile l'implementazione del database. A differenza dello schema concettuale, quello logico dipende strettamente dal modello logico di rappresentazione dei dati utilizzato dal DBMS (gerarchico, reticolare, relazionale). Un modello logico dei dati è, quindi, la tecnica di organizzazione e di accesso ai dati utilizzata da specifiche categorie di DBMS; in particolare, poiché in questo lavoro di tesi si è adottato un modello relazionale, si farà riferimento allo schema logico relazionale.

La fase di progettazione logica del database ha lo scopo di tradurre lo schema concettuale, espresso dal diagramma entità-relazioni, in una rappresentazione mediante un modello logico dei dati, descritto dalle tabelle relazionali. Nel modello logico verranno definiti gli attributi relativi alle entità e le chiavi interne (o primarie) ed esterne per l'implementazione delle relazioni emerse dal diagramma entità-relazioni.

### 4.1. Caratteristiche delle tabelle relazionali

Il concetto fondamentale per l'archiviazione dei dati nel modello relazionale è quello della relazione (in inglese *relation*), intesa in termini algebrici, da non confondere con

le relazioni (in inglese *relationship*) tra i dati del modello concettuale. Il concetto di relazione algebrica è basato sulla teoria degli insiemi, è cioè un sottoinsieme del prodotto cartesiano di una lista di domini. Concretamente, le relazioni sono contenitori di dati e vengono chiamate anche tabelle: corrispondono alle entità del modello concettuale. In questa organizzazione dei dati in forma tabellare, ogni riga, o record, rappresenta un'istanza dell'entità, mentre ogni colonna, o campo, rappresenta un attributo. I dati che appartengono a una stessa tabella sono caratterizzati dalle stesse proprietà: tutti i record, o tuple, della tabella hanno lo stesso formato e quindi contengono lo stesso numero di campi, o componenti.

Per ogni campo definito nel modello logico devono essere specificati:

- Dominio, l'insieme di valori che può assumere un certo attributo;
- Formato, la tipologia del valore che un attributo può assumere, come stringhe di caratteri, numeri interi o reali;
- Unità di misura, eventualmente presente.

Dalla definizione di relazione come insieme seguono due osservazioni fondamentali: in una tabella non possono esistere due righe uguali e l'ordine tra le righe di una tabella non è significativo. Da tali osservazioni deriva che è possibile individuare in ciascuna tabella un campo, o un insieme di campi, in base al quale identificare le singole righe, che rappresentano quindi una chiave di accesso univoca alle informazioni contenute nella tabella stessa. Questo insieme di colonne, che va definito in fase di creazione dello schema logico, è detto chiave primaria (PK, Primary Key) della tabella. La chiave primaria, i cui valori devono rispettare le caratteristiche di univocità, brevità e possibilità di attribuzione continua, assume un valore diverso per ogni tupla della tabella e serve per identificare univocamente la posizione (record) di un'entità all'interno della tabella relazionale.

Oltre alla chiave primaria, una tabella può contenere anche un'altra chiave di identificazione, detta chiave esterna (FK, Foreign Key). Essa corrisponde alla chiave primaria di un'altra tabella, consentendo di individuare le istanze delle entità in



relazione, quando la cardinalità è del tipo 1:1 o 1:N. Per definire una relazione con cardinalità N:N è, invece, necessario realizzare una nuova tabella (“tabella ponte”) che contenga i campi delle chiavi primarie delle entità da relazionare; questo perché le relazioni non sono univoche, ma in entrambe le tabelle fanno riferimento a più record.

La chiave primaria è l’unico meccanismo di indirizzamento nel modello di DB di tipo relazionale: le chiavi sono concetti fondamentali in un database relazionale, perché le relazioni tra le istanze di tabelle diverse non sono memorizzate, ma vengono ricostruite quando occorre grazie al meccanismo delle chiavi.

## **4.2. Traduzione dello schema E-R in modello logico relazionale**

Lo schema logico relazionale ha una struttura simile al diagramma entità-relazioni, ma ne differisce per l’esplicita dichiarazione delle chiavi primarie, l’inserimento delle chiavi esterne e l’aggiunta di, eventuali, opportune tabelle per rappresentare relazioni del tipo “molti a molti”. Dal modello concettuale dei dati è possibile ottenere il modello logico dei dati, applicando alcune semplici regole:

- Le entità dello schema concettuale diventano tabelle dello schema logico.
- Ogni attributo di un’entità diventa un campo della relazione.
- Ogni campo del record eredita le caratteristiche dell’attributo dell’entità da cui deriva.
- L’identificatore univoco di un’entità diventa la chiave primaria nel record della tabella derivata.
- Le relazioni tra entità dello schema concettuale sono rappresentate nello schema logico facendo uso delle chiavi esterne.
- Nell’associazione “uno ad uno”, ai campi della prima tabella viene aggiunta, come chiave esterna, la chiave primaria della seconda o viceversa.

- Nell'associazione "uno a molti", il campo corrispondente alla chiave primaria nella tabella dell'entità con cardinalità minore diventa chiave esterna per la tabella corrispondente all'entità con cardinalità maggiore.
- L'associazione con cardinalità "molti a molti" diventa una nuova tabella, in aggiunta a quelle derivate dalle entità, contenente come chiavi esterne gli identificatori univoci delle due tabelle in relazione e gli eventuali attributi dell'associazione.
- Gli eventuali attributi della relazione sono inclusi come attributi della tabella contenente le chiavi esterne.
- Le gerarchie vanno eliminate, ristrutturando le entità (eliminazione entità padre o entità figlie) e le relazioni (aggiunta di relazioni corrispettive), perché il modello logico relazionale non permette la gestione del costrutto di generalizzazione.

L'insieme dei nomi dei campi di una relazione si chiama schema di relazione: se denotiamo con REL una relazione e il suo schema di relazione ha gli attributi  $A_1, A_2, \dots, A_K$ , si può scrivere lo schema di relazione REL ( $A_1, A_2, \dots, A_K$ ). L'insieme degli schemi di relazione usati per rappresentare informazioni è chiamato schema di database relazionale e i valori correnti delle corrispondenti relazioni formano un'istanza del database.

### **4.3. Schema logico della rete dei sottoservizi**

Si trasformerà, adesso, lo schema concettuale del database, sviluppato nel capitolo 3, nel corrispondente schema logico secondo il modello relazionale, seguendo le regole sopra descritte.

Innanzitutto, per ciascuna entità dello schema concettuale, è definita la corrispondente tabella nello schema logico, descritta dagli attributi convertiti in campi della tabella. Si è cercato di mantenere gli stessi nomi delle entità e degli attributi

utilizzati nello schema entità-relazioni o, quantomeno, un nome che fosse il più simile possibile. Un campo di ciascuna tabella, per comodità sempre in prima posizione, è utilizzato come chiave primaria, mentre sono da aggiungere i campi necessari per la definizione delle relazioni, attraverso l'uso di chiavi esterne. Dalla figura 3.5 del capitolo precedente, si può notare come queste operazioni fossero già previste dal software MySQL Workbench, il quale ha così permesso di realizzare uno schema *ibrido* tra il livello concettuale e quello logico. Questo ha facilitato la realizzazione dello schema logico relazionale.

Il nome del campo adibito a chiave primaria sarà sottolineato per renderlo maggiormente evidente, mentre le celle dei campi relativi alle chiavi esterne saranno riempite con un colore viola. Le celle degli attributi che si sono dovuti aggiungere per risolvere i casi di generalizzazione e quelle degli attributi delle relazioni, invece, sono state colorate in verde.

### ❖ Rete\_Sottoservizi

Relazione rappresentante l'entità Rete Sottoservizi. Questa tabella presenta i campi:

- **idRete**, chiave primaria dell'entità, serve per identificare univocamente gli elementi tra di loro; si presenta in formato di stringa di tre caratteri, rappresentante la sigla specificante la rete; i valori che questo campo può assumere sono limitati all'insieme del dominio [AAC, SAC, ELE, GAS, TLR, OLE, COM]: AAC per la rete di approvvigionamento idrico, SAC per la rete di smaltimento delle acque, ELE per la rete elettrica, GAS per la rete di distribuzione del gas, TLR per la rete di teleriscaldamento, OLE per la rete di oleodotti, COM per la rete di telecomunicazioni e cablaggi;
- **codRete**, codice numerico distintivo delle reti identificate nei sette temi dello strato dei sottoservizi all'interno dell'allegato 1 del DPCM 10 novembre 2011; teoricamente, è possibile utilizzare anche questo campo come chiave primaria, in sostituzione del precedente; i valori che può assumere sono dei numeri interi

limitati all'insieme del dominio [0701, 0702, 0703, 0704, 0705, 0706, 0707]:  
 0701 per la rete di approvvigionamento idrico, 0702 per la rete di smaltimento delle acque, 0703 per la rete elettrica, 0704 per la rete di distribuzione del gas, 0705 per la rete di teleriscaldamento, 0706 per la rete di oleodotti, 0707 per la rete di telecomunicazioni e cablaggi;

- denominazione, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a cento, contenente la descrizione testuale dei codici del precedente attributo, ossia il nominativo per esteso della rete; questo campo può assumere solamente i seguenti valori: rete di approvvigionamento idrico, rete di smaltimento delle acque, rete elettrica, rete di distribuzione del gas, rete di teleriscaldamento, rete di oleodotti, rete di telecomunicazioni e cablaggi;
- intTerr, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a venti, specificante l'ambito di interesse territoriale della rete; questo campo può assumere un solo valore scelto tra quelli presenti nel dominio [comunale, sovracomunale, provinciale, regionale, nazionale].

La tabella si presenta, pertanto, come nella figura 4.1.

**Rete\_Sottoservizi**

<i>idRete</i>	<i>codRete</i>	<i>denominazione</i>	<i>intTerr</i>

*Figura 4.1 - Relation Rete\_Sottoservizi*

Si può scrivere lo schema di relazione come:

Rete\_Sottoservizi (idRete, codRete, denominazione, intTerr)

### ❖ Proprietario

Relazione rappresentante l'entità Proprietario. Questa tabella presenta i campi:

- *idProprietario*, chiave primaria dell'entità, serve per identificare univocamente gli elementi tra di loro, adottando un numero intero progressivo partente da 1;
- *plva*, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a sedici, contenente la partita IVA del soggetto proprietario o, in sua mancanza, il codice fiscale della persona fisica o della società proprietaria; nel caso si utilizzasse la partita IVA, gli ultimi cinque caratteri risulteranno vuoti, poiché la sua lunghezza massima è di undici caratteri; questo campo ha l'obbligo di non essere vuoto, così che sia sempre possibile individuare il soggetto proprietario;
- *denominazione*, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a cento, contenente il nominativo per esteso del proprietario;
- *mail*, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a venti, contenente l'indirizzo di posta elettronica utilizzato dal proprietario;
- *telefono*, stringa numerica di lunghezza massima pari a quindici, contenente il recapito telefonico del proprietario.

La tabella si presenta, pertanto, come nella figura 4.2.

**Proprietario**

<i>idProprietario</i>	<i>plva</i>	<i>denominazione</i>	<i>mail</i>	<i>telefono</i>

*Figura 4.2 - Relation Proprietario*

Si può scrivere lo schema di relazione come:

Proprietario (*idProprietario*, *plva*, *denominazione*, *mail*, *telefono*)

### ❖ **Tratta\_Rete**

Relazione rappresentante l'entità Tratta della rete. Questa tabella presenta i campi:

- *idTratta*, chiave primaria dell'entità, serve per identificare univocamente gli oggetti tra di loro, attraverso un numero intero progressivo partente da 1;
- *localizzazione*, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a cento, contenente il nome della via o piazza al di sotto della quale è posata la tratta;
- *incertezza*, numero reale positivo rappresentante lo scarto quadratico medio relativo alla posizione della tratta, ossia l'errore di georeferenziazione;
- *idRete*, chiave esterna corrispondente alla chiave primaria della tabella *Rete\_Sottoservizi* precedentemente descritta; consente di realizzare il collegamento *Appartenenza Tratta*, di tipo 1:N;
- *codTratta*, chiave esterna corrispondente alla chiave primaria della tabella *Tipo\_Tratta* descritta in seguito; consente di realizzare il collegamento *Definizione Tratta*, di tipo 1:N;
- *idPropr*, chiave esterna corrispondente alla chiave primaria della tabella *Proprietario* precedentemente descritta; consente di realizzare il collegamento *Proprietà Tratta*, di tipo 1:N;
- *idInfra*, chiave esterna corrispondente alla chiave primaria della tabella *Infrastruttura\_Alloggiamento* descritta in seguito; consente di realizzare il collegamento *Alloggiamento / Equivalenza Tratta*, di tipo 1:N;
- *tipoAE*, campo aggiuntivo della relazione *Alloggiamento / Equivalenza Tratta*; attributo booleano che può assumere solamente due valori, 0 e 1, e permette di distinguere la tipologia di relazione tra infrastruttura e tratta della rete.

La tabella si presenta, pertanto, come nella figura 4.3.

#### **Tratta\_Rete**

<i><u>idTratta</u></i>	<i>localizzazione</i>	<i>incertezza</i>	<i>idRete</i>	<i>codTratta</i>	<i>idPropr</i>	<i>idInfra</i>	<i>tipoAE</i>

*Figura 4.3 - Relation Tratta\_Rete*

Si può scrivere lo schema di relazione come:

Tratta\_Rete (idTratta, localizzazione, incertezza, idRete, codTratta, idPropr, idInfra, tipoAE)

### ❖ Tipo\_Tratta

Relazione rappresentante l'entità Tipo Tratta. Questa tabella presenta i campi:

- *codTratta*, chiave primaria dell'entità, codice alfanumerico che serve per identificare univocamente gli oggetti tra di loro; contiene tutti i valori dei possibili codici definenti le tratte di rete; la stringa è formata da una prima parte, rappresentante la sigla di tre caratteri della relativa rete, e da una seconda, contenente il codice numerico di due cifre relativo alla tipologia della tratta, ottenendo una sequenza del tipo [XXX\_NN], dove X è un carattere e N è un numero intero da 0 a 9;
- *descrizione*, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a cento, contenente la spiegazione in linguaggio naturale del relativo codice.

La tabella si presenta, pertanto, come nella figura 4.4.

**Tipo\_Tratta**

<i><u>codTratta</u></i>	<i>descrizione</i>

*Figura 4.4 - Relation Tipo\_Tratta*

Si può scrivere lo schema di relazione come:

Tipo\_Tratta (codTratta, descrizione)

Per un elenco completo dei valori contenuti nella tabella, si rimanda all'appendice.

## ❖ **Manufatto\_Rete**

Relazione rappresentante l'entità Manufatto della rete. Questa tabella presenta i campi:

- *idManufatto*, chiave primaria dell'entità, serve per identificare univocamente gli elementi tra di loro, attraverso un numero intero progressivo, partente da 1;
- *localizzazione*, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a cento, contenente il nome della via o piazza al di sotto della quale è ubicato il manufatto;
- *incertezza*, numero reale positivo rappresentante lo scarto quadratico medio relativo alla posizione del manufatto, ossia l'errore di georeferenziazione;
- *idRete*, chiave esterna corrispondente alla chiave primaria della tabella *Rete\_Sottoservizi* precedentemente descritta; consente di realizzare il collegamento *Appartenenza Manufatto*, di tipo 1:N;
- *codMnf*, chiave esterna corrispondente alla chiave primaria della tabella *Tipo\_Manufatto* descritta in seguito; consente di realizzare il collegamento *Definizione Manufatto*, di tipo 1:N;
- *idPropr*, chiave esterna corrispondente alla chiave primaria della tabella *Proprietario* precedentemente descritta; consente di realizzare il collegamento *Proprietà Manufatto*, di tipo 1:N;
- *idInfra*, chiave esterna corrispondente alla chiave primaria della tabella *Infrastruttura\_Alloggiamento* descritta in seguito; consente di realizzare il collegamento *Alloggiamento Manufatto*, di tipo 1:N.

La tabella si presenta, pertanto, come nella figura 4.5.

### **Manufatto\_Rete**

<i><u>idManufatto</u></i>	<i>localizzazione</i>	<i>incertezza</i>	<i>idRete</i>	<i>codMnf</i>	<i>idPropr</i>	<i>idInfra</i>

*Figura 4.5 - Relation Manufatto\_Rete*



Si può scrivere lo schema di relazione come:

Manufatto\_Rete (idManufatto, localizzazione, incertezza, idRete, codMnf, idPropr,  
idInfra)

### ❖ Tipo\_Manufatto

Relazione rappresentante l'entità Tipo Manufatto. Questa tabella presenta i campi:

- *codManufatto*, chiave primaria dell'entità, codice alfanumerico che serve per identificare univocamente gli oggetti tra di loro, contiene tutti i valori dei possibili codici definenti i manufatti della rete; la stringa è formata da una prima parte, rappresentante la sigla di tre caratteri della relativa rete, e da una seconda, contenente il codice numerico di quattro cifre relativo alla tipologia del manufatto, ottenendo una sequenza del tipo [XXX\_NNNN], dove X è un carattere e N è un numero intero da 0 a 9;
- *descrizione*, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a cento, contenente la spiegazione in linguaggio naturale del relativo codice.

La tabella si presenta, pertanto, come nella figura 4.6.

**Tipo\_Manufatto**

<i><u>codManufatto</u></i>	<i>descrizione</i>

*Figura 4.6 - Relation Tipo\_Manufatto*

Si può scrivere lo schema di relazione come:

Tipo\_Manufatto (codManufatto, descrizione)

Per un elenco completo dei valori contenuti nella tabella, si rimanda all'appendice.

## ❖ Infrastruttura\_Alloggiamento

Relazione rappresentante l'entità Infrastruttura di Alloggiamento. Questa tabella presenta i campi:

- idInfra, chiave primaria dell'entità, serve per identificare univocamente gli elementi tra di loro, attraverso un numero intero progressivo partente da 1;
- modIspezione, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a quindici, indicante la modalità di ispezione dell'infrastruttura: può assumere un valore tra quelli del dominio [con personale, con telecamera, con robot, altro];
- inUso, attributo booleano indicante se l'infrastruttura in oggetto è attualmente utilizzata (valore pari a 1) oppure no (valore pari a 0);
- materiale, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a cento, contenente l'elencazione dei componenti principali con i quali è realizzata l'infrastruttura; questo campo può contenere uno o più valori tra quelli presenti nel dominio [acciaio, calcestruzzo, cemento armato, ceramica, ghisa, materiali plastici, muratura, piombo, rame, vetroresina, altri materiali];
- tipoRete, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a cento, contenente la tipologia, anche più di una, di rete che l'infrastruttura è in grado di alloggiare in sicurezza al suo interno;
- tipologia, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a cinquanta, contenente la specificazione della gamma di infrastrutture [polifora, tubazione, SSP]; poiché è necessario eliminare il costrutto di generalizzazione, questo attributo serve per distinguere le varie tipologie di infrastrutture, mantenendo tutti gli attributi nell'entità padre;
- idPropr, chiave esterna corrispondente alla chiave primaria della tabella Proprietario precedentemente descritta; consente di realizzare il collegamento Proprietà Infrastruttura, di tipo 1:N.

Inoltre, per implementare il costrutto di generalizzazione, sono stati aggiunti all'entità padre anche tutti gli attributi (presi una sola volta) delle entità figlie, andando a formare un'unica entità di livello superiore.

- sezione, attributo aggiuntivo relativo alle entità figlie Polifora e SSP; stringa di caratteri di lunghezza massima pari a venti, indicante la forma della sezione dell'infrastruttura [quadrata, rettangolare, circolare, altro];
- nMax, attributo aggiuntivo dell'entità figlia Polifora; numero intero positivo rappresentante la quantità di fori presenti nel manufatto, serve per dare un'indicazione sulla capacità dell'infrastruttura;
- diametro, attributo aggiuntivo dell'entità figlia Tubazione; numero reale positivo che rappresenta il valore del diametro espresso in mm;
- percorribilità, attributo aggiuntivo dell'entità figlia SSP; campo booleano che può assumere due soli valori: 0 quando la struttura non è percorribile (è il caso di cunicoli tecnologici e canalette), 1 quando la struttura è percorribile (galleria tecnologica).

La tabella si presenta, pertanto, come nella figura 4.7.

#### **Infrastruttura\_Alloggiamento**

<u>idInfra</u>	modlspezione	inUso	materiale	tipoRete	tipologia	idPropr	sezione	nMax	diametro	percorribilità

*Figura 4.7 - Relation Infrastruttura\_Alloggiamento*

Si può scrivere lo schema di relazione come:

Infrastruttura\_Alloggiamento (idInfra, modlspezione, inUso, materiale, tipoRete, tipologia, idPropr, sezione, nMax, diametro, percorribilità)

#### **❖ Accesso**

Relazione rappresentante l'entità Accesso. Questa tabella presenta i campi:

- *idAccesso*, chiave primaria dell'entità, serve per identificare univocamente gli elementi tra di loro, attraverso un numero intero progressivo partente da 1;
- *materiale*, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a cento, contenente l'elencazione dei componenti principali con i quali è realizzato il manufatto di accesso all'infrastruttura; questo campo può contenere uno o più valori tra quelli presenti nel dominio [calcestruzzo, ceramica, ghisa, materiali plastici, muratura, vetroresina, altri materiali];
- *tipologia*, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a cinquanta, contenente una descrizione della classificazione del manufatto, scelta tra le possibili, contenute nel dominio [cameretta di accesso, pozzetto, altro];
- *localizzazione*, stringa di caratteri di lunghezza massima pari a cento, indicante la via o la piazza al di sotto della quale è ubicato il manufatto di accesso.

La tabella si presenta, pertanto, come nella figura 4.8.

#### **Accesso**

<i><u>idAccesso</u></i>	<i>materiale</i>	<i>tipologia</i>	<i>localizzazione</i>

*Figura 4.8 - Relation Accesso*

Si può scrivere lo schema di relazione come:

Accesso (*idAccesso*, *materiale*, *tipologia*, *localizzazione*)

#### ❖ **Tabelle ponte per l'accessibilità**

Le relazioni di accesso (Accessibilità Infrastruttura, Accessibilità Tratta, Accessibilità Manufatto), descritte nel paragrafo 3.6.5, hanno tutte cardinalità "molti a molti",

quindi occorre definire le tabelle ponte contenenti solamente le chiavi primarie delle entità associate.

#### Accessibilità\_Infra

<u>idAccesso</u>	<u>idInfra</u>

#### Accessibilità\_Tratta

<u>idAccesso</u>	<u>idTratta</u>

#### Accessibilità\_Manufatto

<u>idAccesso</u>	<u>idManufatto</u>

Figura 4.9 - Tabelle ponte per le relazioni di accessibilità

Si possono scrivere gli schemi di relazione come:

Accessibilità\_Infra (idAccesso, idInfra)

Accessibilità\_Tratta (idAccesso, idTratta)

Accessibilità\_Manufatto (idAccesso, idManufatto)

#### ❖ Arco\_Rete, Nodo\_Rete, Grafo\_Rete

Queste tre relazioni sono molto semplici, ma l'entità Grafo rete sottoservizi è stata definita mediante costruito di aggregazione, non implementabile a livello logico: occorre, pertanto, modificare le tabelle coinvolte, trasformando il costruito in associazioni con cardinalità "uno a molti". Le chiavi primarie delle tre tabelle sono definite da un valore numerico intero progressivo partente da 1.

La relazione Arco\_Rete (figura 4.10) avrà come campi, oltre a idArco, le chiavi esterne idTratta e idGrafo che consentono di effettuare, rispettivamente, l'associazione con Tratta\_Rete e quella sostitutiva del costruito di aggregazione.

### Arco\_Rete

<u>idArco</u>	idTratta	idGrafo

Figura 4.10 - Relation Arco\_Rete

La relazione Nodo\_Rete (figura 4.11) avrà come campi, oltre a idNodo, la chiave esterna idGrafo che consente di realizzare il collegamento di tipo 1:N, sostituzione del costruito di aggregazione.

### Nodo\_Rete

<u>idNodo</u>	idGrafo

Figura 4.11 - Relation Nodo\_Rete

La relazione Grafo\_Rete (figura 4.12), infine, presenterà un campo relativo alla propria chiave primaria, idGrafo, e uno contenente la descrizione della tipologia di rete.

### Grafo\_Rete

<u>idGrafo</u>	descrizione

Figura 4.12 - Relation Grafo\_Rete

Si possono, quindi, scrivere gli schemi di relazione come:

Arco\_Rete (idArco, idTratta, idGrafo)

Nodo\_Rete (idNodo, idGrafo)

Grafo\_Rete (idGrafo, descrizione)

#### 4.4. Schema di database relazionale della rete dei sottoservizi

L'insieme degli schemi di relazione usati per rappresentare informazioni viene chiamato schema di database relazionale e i valori correnti delle corrispondenti relazioni formano un'istanza del database. Per il presente lavoro di tesi si ha:

Rete\_Sottoservizi (idRete, codRete, denominazione, intTerr)

Proprietario (idProprietario, plva, denominazione, mail, telefono)

Tratta\_Rete (idTratta, localizzazione, incertezza, idRete, codTratta, idPropr, idInfra, tipoAE)

Tipo\_Tratta (codTratta, descrizione)

Manufatto\_Rete (idManufatto, localizzazione, incertezza, idRete, codMnf, idPropr, idInfra)

Tipo\_Manufatto (codManufatto, descrizione)

Infrastruttura\_Alloggiamento (idInfra, modIspezione, inUso, materiale, tipoRete, tipologia, idPropr, sezione, nMax, diametro, percorribilità)

Accesso (idAccesso, materiale, tipologia, localizzazione)

Accessibilità\_Infra (idAccesso, idInfra)

Accessibilità\_Tratta (idAccesso, idTratta)

Accessibilità\_Manufatto (idAccesso, idManufatto)

Arco\_Rete (idArco, idTratta, idGrafo)

Nodo\_Rete (idNodo, idGrafo)

Grafo\_Rete (idGrafo, descrizione)

## 4.5. Vincoli di integrità

Le strutture del modello relazionale permettono di organizzare le informazioni di interesse per le applicazioni. In molti casi, però, non è vero che qualsiasi insieme di tuple nello schema rappresenti informazioni corrette per l'applicazione. A tale scopo è stato introdotto il concetto di vincolo di integrità, come proprietà che deve essere soddisfatta dalle istanze che rappresentano informazioni corrette per l'applicazione.

Un vincolo di integrità è detto interrelazionale se coinvolge più relazioni. Fanno parte di questa categoria i vincoli di integrità referenziale: stabiliscono delle regole da seguire per salvaguardare le relazioni definite tra tabelle durante l'immissione o l'eliminazione di record. Quando si applica l'integrità referenziale non è possibile aggiungere un record a una tabella correlata, se nella tabella primaria non esistono record associati, modificare valori contenuti nella tabella primaria che genererebbero record isolati in una tabella correlata e, infine, eliminare record della tabella primaria, se in una tabella correlata sono inclusi dei record correlati corrispondenti.

Un vincolo di integrità è detto intrarelazionale se il suo soddisfacimento è definito rispetto a singole relazioni della base di dati: quando il vincolo è definito con riferimento a singoli valori, imponendo una restrizione sul dominio degli attributi, è chiamato vincolo su valori o vincolo di dominio. Questo tipo di vincolo è già stato definito, precisando i domini nelle descrizioni dei singoli campi delle relazioni.

I vincoli di chiave sono i più importanti vincoli intrarelazionali. Nel modello relazionale ogni relazione deve possedere una chiave primaria, atta a identificare univocamente tutte le tuple della relazione cui afferisce. Anche se è permesso che delle tuple possano contenere valori nulli (NULL) che indicano l'assenza o la non conoscenza



dell'informazione per il corrispondente componente, sulle chiavi primarie è vietata la presenza dei valori nulli pena l'identificazione stessa delle tuple.

Le istanze delle entità `Nodo_Rete` e `Arco_Rete` devono, inoltre, rispettare precisi vincoli topologici: ogni nodo deve giacere sul grafo della rete e ogni arco deve avere due nodi posizionati nei vertici; questo comporta la presenza minima di due nodi per poter definire un arco. Inoltre, due o più archi si definiscono connessi solo se hanno un nodo terminale in comune, mentre due nodi si dicono connessi solo se sono le terminazioni di un arco. Questi vincoli sono fondamentali per poter definire il modello del grafo della rete dei sottoservizi. I vincoli topologici potranno essere implementati quando si andrà a tradurre il modello nel linguaggio GeoUML che verrà presentato nel prossimo capitolo.



# 5

## MODELLO GEOUML DEL DB DELLE RETI DEI SOTTOSERVIZI

Il DPCM 10 novembre 2011 dispone che “le amministrazioni che producono, acquisiscono o validano una o più classi degli strati informativi che costituiscono il contenuto dei database geotopografici adottano le specifiche di contenuto e le regole di interpretazione” (*articolo 3, comma 1*) riportate negli allegati 1 e 2.

Per definire la parte strutturata delle specifiche di contenuto, detta schema concettuale, la normativa impone l’uso del linguaggio GeoUML (Geographic Unified Modeling Language). Allo scopo di definire in modo completo il modello GeoUML, è stato predisposto uno specifico documento cui far riferimento: “Il Modello GeoUML: Regole di Interpretazione delle Specifiche di Contenuto per i Database Topografici”, riportato nell’allegato 2 del DPCM 10 novembre 2011.

### 5.1. Introduzione al linguaggio GeoUML

Il GeoUML è una specializzazione, applicata all’informazione geografica, dell’UML (Unified Modeling Language), un linguaggio di modellazione usato per descrivere soluzioni analitiche e progettuali, in particolare nell’ambito della progettazione del software.

Il GeoUML permette di rappresentare il modello concettuale per la definizione del contenuto del database topografico e si fonda su una serie di costrutti di base e derivati. Il GeoUML non serve a descrivere il contenuto informativo di un database topografico, ma a descrivere le proprietà di tale contenuto informativo; è, quindi, una formalizzazione della scrittura e della strutturazione dei database topografici (*Biasion, 2007*).

I costrutti che consentono di definire formalmente lo schema concettuale di una specifica GeoUML sono suddivisi in due categorie:

- Elementi Informativi: costituiscono tutti i componenti utilizzabili per definire la struttura dei contenuti informativi della specifica;
- Vincoli di Integrità: si applicano agli elementi informativi e definiscono le proprietà che i dati dovranno soddisfare.

La sintassi principale del linguaggio GeoUML è in forma testuale e si basa sull'impiego di parole chiave in una forma non estremamente sintetica al fine di migliorare la leggibilità della specifica.

Da un punto di vista geometrico, GeoUML distingue primitive geometriche e oggetti geometrici. In prima approssimazione, le primitive geometriche coincidono con le geometrie di base dei modelli GIS tradizionali (punti, polilinee, poligoni), mentre gli oggetti geometrici sono costituiti da aggregazioni di primitive geometriche. Le primitive geometriche del GeoUML sono state definite tenendo conto della necessità di rappresentare punti e linee sia in 2D sia in 3D, mentre le superfici sono rappresentate solo in 2D.

## **5.2. Elementi Informativi di base del GeoUML**

Gli elementi informativi di base del linguaggio GeoUML sono i costrutti di: classe, attributo (non geometrico), cardinalità, dominio enumerato, dominio gerarchico,

associazione, ereditarietà, attributo geometrico, attributo di attributo geometrico, chiave primaria, strato topologico.

Tutti i costrutti di base del modello GeoUML possiedono le seguenti proprietà:

- Nome applicativo, la parola (o insieme di parole) che identifica il costrutto nel contesto applicativo cui la specifica si riferisce;
- Codice, codice univoco alfanumerico che identifica il costrutto;
- Codice alfanumerico, abbreviazione del nome applicativo.

Nel seguito saranno descritti i costrutti utili al presente lavoro di tesi.

### **5.2.1. Classe, Tema, Strato**

Nel modello a oggetti GeoUML proposto dalle Specifiche (“Il modello GeoUML – Regole di interpretazione delle specifiche di contenuto per i database geotopografici”, allegato 2 al DPCM 10 novembre 2011 “Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici”), i dati spaziali sono suddivisi gerarchicamente in strati, temi e classi. Ogni entità geografica è un’istanza di una classe e possiede una componente geografica e una alfanumerica: una stessa entità può avere più componenti geometriche.

La classe è l’insieme degli oggetti che condividono la struttura del dato, le regole di acquisizione e di strutturazione e di relazione con gli altri oggetti: una classe definisce le proprietà comuni a un insieme di oggetti omogenei. Tali proprietà possono essere attributi, operazioni o ruoli in associazioni con altre classi. Con oggetto (o entità), si definisce un elemento della realtà al quale è possibile relazionare attributi in forma alfanumerica e/o associazioni con altri oggetti. Una classe possiede un nome applicativo, un codice e un codice alfanumerico (obbligatori e univoci nella specifica); la definizione testuale si basa sulla parola chiave classe seguita dal nome della classe e, tra parentesi, dal codice alfanumerico e dal codice.

classe <nome classe> (<nome abbreviato> - <codice>)

Ad esempio, la rappresentazione formale in linguaggio GeoUML della classe rappresentante gli edifici è la seguente: classe Edificio (EDIFC - 020102).

Una classe può essere astratta: in questo caso non può avere istanze dirette, le sue uniche istanze sono quelle appartenenti alle sue sottoclassi e, pertanto, può essere definita solo come superclasse di una gerarchia di classi, al fine di aggregare la rappresentazione di proprietà comuni a più sottoclassi. Sintatticamente una classe astratta si indica con la parola chiave classe astratta invece di classe.

Le classi possono essere raggruppate per comodità in strati e temi, formando una gerarchia nella quale diverse classi appartengono a un unico tema e diversi temi appartengono a un unico strato. Questa organizzazione è utile per la leggibilità della specifica, ma non ha nessuna rilevanza sul suo significato.

### 5.2.2. Attributo

La nozione di attributo fa riferimento a una proprietà di una classe, esprimibile attraverso un valore scelto in un dominio. I domini degli attributi non geometrici possono essere: di base, enumerato, enumerato gerarchico, DataType.

I domini di base sono:

- *String*, rappresenta una sequenza di caratteri di lunghezza finita;
- *NumericString*, rappresenta una sequenza di cifre di lunghezza finita;
- *Integer*, rappresenta i numeri interi;
- *Real*, rappresenta i numeri reali in virgola mobile;
- *Boolean*, rappresenta i valori di verità vero e falso;
- *Date*, raccoglie i valori di tipo data nel formato gg/mm/aaaa;
- *Time*, raccoglie i valori di tipo ora nel formato hh:mm:ss;
- *DateTime*, individua valori formati da una data e un'ora nel formato gg/mm/aaaa hh:mm:ss.

Un dominio enumerato è un dominio finito, i cui valori sono predefiniti ed elencati nello schema. La definizione di un attributo enumerato ha due forme: i valori possono essere elencati direttamente nella definizione dell'attributo, in tal caso si parla di *dominio embedded* e tale dominio è strettamente legato all'attributo, tanto da essere cancellato quando si elimina l'attributo, oppure essere elencati in una definizione separata del dominio.

In alcuni casi è necessario rappresentare attributi i cui valori enumerati sono definiti attraverso una classificazione gerarchica. Si ottiene ciò tramite una versione arricchita dell'attributo enumerato, detta attributo enumerato gerarchico, nella quale, dopo ogni valore della lista, è possibile inserire un attributo di dominio enumerato (che rappresenta un livello aggiuntivo della gerarchia) e uno o più attributi aggiuntivi di tipo base.

Il dominio `DataType` consente di arricchire l'insieme dei domini disponibili per gli attributi con un dominio strutturato, i cui valori sono record di valori. I componenti (attributi) di tale record possono contenere valori appartenenti ai domini di base, enumerati ed enumerati gerarchici, ma non ai `DataType` e ai tipi geometrici. I `DataType` si differenziano dalle classi per il fatto di non avere un'identità: possono essere utilizzati solo come dominio (tipo) di un attributo.

Ogni attributo ha un nome univoco nell'ambito della classe (ad eccezione delle gerarchie), un codice univoco nella specifica, può avere un codice alfanumerico (opzionale) ed è sempre associato al nome del dominio, di base o altri, che caratterizza i valori ammissibili. Per motivi legati all'implementazione e all'interoperabilità, è necessario indicare, nei tipi *String* e *NumericString*, un parametro *N* indicante la lunghezza massima delle stringhe rappresentate: quindi, nella specifica, tali tipi assumono la forma *String(N)* e *NumericString(N)*.

La definizione testuale si basa sulla parola chiave attributi seguita dal codice, dal nome e dal tipo degli attributi: gli attributi non geometrici della classe sono distinti dagli altri attributi dalle parole chiave attributi della classe.

classe <nome classe> (<nome abbreviato> - <codice>)

attributi:

attributi della classe:

<nome attributo 1> (<nome abbreviato 1> - <codice 1>): <dominio 1>;

...

<nome attributo n> (<nome abbreviato n> - <codice n>): <dominio n>.

Un attributo geometrico, detto anche componente spaziale, è un'informazione i cui valori appartengono a uno dei tipi geometrici che costituiscono i domini di tale attributo. Gli attributi geometrici sono distinti dagli altri attraverso la parola chiave componenti spaziali della classe. Una classe può possedere più di un attributo geometrico.

classe <nome classe> (<nome abbreviato> - <codice>)

attributi:

attributi della classe:

...

componenti spaziali della classe:

<nome attributo> <cardinalità> : <dominio geo>

I domini possibili per gli attributi geometrici sono costituiti dalle classi di seguito definite:

- oggetti zero-dimensionali, chiamati punti, rappresentanti posizioni in uno spazio di coordinate 2D o 3D: *GU\_Point2D*, *GU\_Point3D*;
- oggetto monodimensionale che corrisponde al concetto intuitivo di curva elementare continua, dove non sono ammesse biforcazioni, punti di rottura e autointersezioni su infiniti insiemi di punti: *GU\_CPSimpleCurve2D* (caso a della figura 5.1), *GU\_CPCurve2D*, *GU\_CPCurve3D*, *GU\_CPSimpleCurve3D*;
- curva semplice e chiusa su se stessa, corrispondente al concetto intuitivo di anello: *GU\_CPRing2D* (caso c della figura 5.1), *GU\_CPRing3D*;



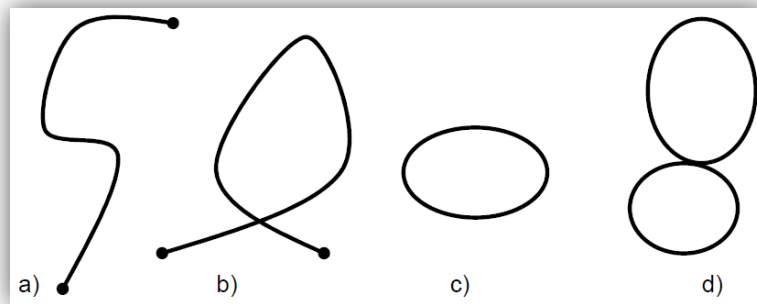


Figura 5.1 - Esempi di curve elementari (GU\_CPCurve2D)

- superficie bidimensionale elementare definita nello spazio 2D da un insieme di anelli di tipo *GU\_CPRing2D*, dove un anello rappresenta la frontiera esterna della superficie e un insieme di zero o più anelli rappresenta le frontiere interne che delimitano gli eventuali buchi della superficie: *GU\_CPSurface2D*;

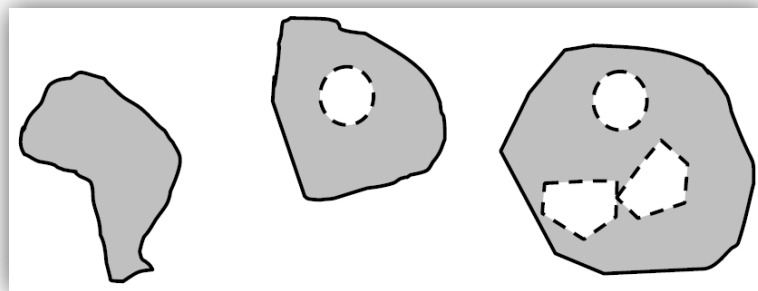


Figura 5.2 - Esempi di superfici (GU\_CPSurface2D). Le curve tratteggiate rappresentano frontiere interne.

- aggregato nello spazio 2D o 3D, composto da una collezione di zero o più oggetti geometrici primitivi (anche di tipi diversi) che condividono lo stesso sistema di riferimento dell'aggregato: *GU\_Aggregate2D*, *GU\_Aggregate3D*.

Nel GeoUML sono stati definiti dei sottotipi dell'aggregato generico, allo scopo di restringere i tipi di componenti in base alla dimensione: solo punti nei tipi *GU\_CXPoint2D* e *GU\_CXPoint3D*, solo curve nei tipi *GU\_CXCurve2D*, *GU\_CXCurve3D*, *GU\_CXRing2D*, *GU\_CXRing3D*, *GU\_CNCurve2D* e *GU\_CNCurve3D* e infine solo superfici nel tipo *GU\_CXSurface2D*.

Il GeoUML modella le superfici nello spazio 3D attraverso il concetto di superficie con frontiera in 3D (tipi *GU\_CPSurfaceB3D* e *GU\_CXSurfaceB3D*). La frontiera può essere

composta da più anelli ed è definita tramite un aggregato di anelli del tipo *GU\_CXRing3D*. Le superfici B3D trovano molte possibili applicazioni, perché permettono di vedere gli oggetti areali considerandoli nello spazio tridimensionale come semplici anelli (cioè senza la determinazione esatta della superficie tridimensionale delimitata dall'anello stesso), ma permettono allo stesso tempo di definire molte proprietà aggiuntive, che richiedono il riferimento a superfici, quali la copertura di un'area, l'adiacenza, il contenimento di altri oggetti geometrici, riferendosi alle superfici 2D delimitate dalle proiezioni di tali anelli.

Gli attributi geometrici possono essere ulteriormente descritti da attributi che precisano alcune caratteristiche della geometria rappresentata nell'attributo geometrico. Un attributo di attributo geometrico può essere definito su qualsiasi tipo di attributo geometrico, ha un nome univoco nell'ambito degli attributi della componente spaziale sulla quale è definito, un codice, un codice alfanumerico opzionale e può avere la cardinalità come gli attributi normali; infine, il suo dominio può essere qualsiasi dominio applicabile agli attributi normali della classe.

### **5.2.3. Cardinalità degli attributi**

Un attributo prevede che ogni oggetto, istanza di una classe, abbia un valore che sia unico: tale caratteristica dell'attributo può essere modificata, specificando esplicitamente la cardinalità dell'attributo, la quale definisce il numero minimo e massimo di valori che l'attributo può assumere.

Si indica sintatticamente nel seguente modo: [min..max], dove min e max indicano la cardinalità minima dell'attributo e quella massima. La cardinalità può essere applicata a tutti i tipi di attributi e i valori ammessi sono [0..1], [1..1], [0..\*] e [1..\*]: nel caso in cui sia omessa, è assunto il valore di default [1..1]; la cardinalità "\*" ammette che sia associato ad un attributo un insieme di valori senza duplicati. L'opzionalità del valore dell'attributo (cardinalità minima pari a zero) significa che è possibile assegnare a tale attributo il valore nullo. La cardinalità di un attributo geometrico può essere solamente [1..1] o [0..1].

La definizione testuale prevede l'inserimento, eventuale, della cardinalità subito dopo il nome dell'attributo.

#### 5.2.4. Associazione

Un'associazione rappresenta un legame logico tra due classi. Le istanze di un'associazione rappresentano le coppie di oggetti appartenenti alle classi coinvolte nell'associazione stessa. Per ogni classe partecipante a un'associazione si indicano il ruolo che essa svolge nell'associazione e i vincoli di cardinalità rappresentanti il numero di istanze di associazione che possono esistere. La notazione testuale per la definizione di associazioni consiste nel dichiarare, dopo la parola chiave *ruoli*, il ruolo della classe collegata, indicando il codice univoco, il codice alfanumerico e il nome, e, eventualmente, dopo la parola chiave *inverso*, il ruolo opposto.

classe <nome classe> (<nome abbreviato> - <codice>)

attributi:

ruoli:

<ruolo classe associata> <cardinalità> : <classe associata>

inverso <ruolo inverso> <cardinalità>

Ad esempio, la rappresentazione formale in linguaggio GeoUML della relazione tra civico e toponimo stradale sarà:

classe Numero civico (CIVICO - 030102)

attributi della classe:

Numero: String(50);

ruoli:

Tpdicv [1..1] : TP\_STR

inverso Cvditp [0..\*]

classe Toponimo stradale (TP\_STR - 030101)

attributi della classe:

Codice: *String*(50); Nome: *String*(50);

ruoli:

Cvditp [0..\*] : CIVICO

inverso Tpdicv [1..1]

Nella forma testuale è presente ridondanza perché, in questo esempio, l'associazione e i ruoli sono stati definiti in ambedue le classi interessate, in forma simmetrica; questa ridondanza può essere evitata rinunciando alla dichiarazione dell'associazione in una delle due classi, a fronte di una maggiore difficoltà per il lettore di capire in quali associazioni è coinvolta una classe.

Talvolta un'associazione può possedere attributi propri; in tal caso, è necessario aggiungere la specifica di tali attributi in modo simile a quanto avviene per le classi. La forma testuale richiede di dichiarare, in maniera indipendente rispetto alle dichiarazioni dei ruoli all'interno delle classi interessate, anche un'associazione, utilizzando la parola chiave associazione. I ruoli coinvolti nell'associazione devono avere entrambi cardinalità massima "\*". La definizione testuale prevede, all'interno della dichiarazione dei ruoli, l'aggiunta di:

associazione:

<associazione> (<nome abbreviato>)

attributi dell'associazione:

<lista attributi associazione>

ruoli dell'associazione:

<ruolo classe associata> <cardinalità> : <classe associata>

inverso <ruolo inverso> <cardinalità>

### **5.2.5. Ereditarietà tra classi**

Una gerarchia di ereditarietà rappresenta una relazione supertipo/sottotipo tra due classi, dove una classe (figlia) è sottotipo dell'altra classe (padre). La classe figlia eredita tutte le proprietà, gli attributi, i ruoli (associazioni), le cardinalità e i vincoli,

della classe padre; la sottoclasse può, inoltre, aggiungere alle proprietà ereditate, propri attributi, ruoli e vincoli, con l'accortezza che il nome loro assegnato sia univoco nella classe, considerando anche le proprietà ereditate. Le istanze della sottoclasse sono istanze anche della superclasse, ma non il viceversa. Infatti si rappresenta solo il legame tra classe figlia e classe padre, mentre non si rappresenta il legame inverso. Una gerarchia di ereditarietà in generale può coinvolgere più di una sottoclasse; in tal caso la forma testuale è la seguente:

classe <nome classe> (<nome abbreviato> - <codice>)

superclasse (<lista sottoclassi>)

attributi: ...;

classe <nome classe 1> (<nome abbreviato 1> - <codice 1>) sottoclasse di <nome classe>

...

classe <nome classe n> (<nome abbreviato n> - <codice n>) sottoclasse di <nome classe>

Con questa forma, in generale, si vuole definire una gerarchia completa, nella quale ogni oggetto della superclasse appartiene ad almeno una sottoclasse. Inoltre la gerarchia può essere disgiunta, se un oggetto della superclasse non può appartenere contemporaneamente a più sottoclassi, altrimenti la gerarchia è detta sovrapposta. Le proprietà di completezza e disgiunzione sono definite dopo la parola chiave superclasse, utilizzando le parole chiave dello standard UML: incomplete (se omessa, la gerarchia è considerata complete) e overlapping (se omessa, la gerarchia è considerata disjoint).

### 5.2.6. Chiave primaria

Tutte le classi definite in GeoUML sono dotate di un identificatore automatico interno o chiave surrogata, chiamato OID (Object Identifier), non visibile all'esterno della classe. Tuttavia, in molti casi è opportuno definire un identificatore esterno visibile detto, secondo la terminologia del modello relazionale, chiave primaria.

Una chiave primaria è un identificatore definito all'interno di una classe ed è costituita da un insieme di attributi e/o ruoli di associazioni (senza attributi) che hanno la proprietà di identificare in modo univoco un oggetto istanza di una classe e che permettono di mantenere in modo persistente il legame con dati esterni. Il dominio degli attributi deve essere uno di quelli di base, un dominio enumerato o un dominio gerarchico, ma senza attributi aggiuntivi. Per quanto riguarda i ruoli, viene richiesto che i vincoli di cardinalità siano [1..1]: da un oggetto della classe, attraverso il ruolo, si deve raggiungere uno ed un solo oggetto dell'altra classe associata.

classe <nome classe> (<nome abbreviato> - <codice>)

attributi:

attributi della classe:

PK <nome attributo 1> [1..1]: <dominio 1>

ruoli:

PK <ruolo classe associata> [1..1] : <classe associata>

Nel caso delle gerarchie di ereditarietà, se una classe definisce il vincolo di chiave primaria, esso è ereditato da tutte le classi della sottogerarchia di cui è la radice; nessuna delle classi appartenenti a tale sottogerarchia può definire un ulteriore vincolo di chiave primaria.

### **5.3. Vincoli di integrità spaziale**

Sia sulle classi sia sulle associazioni di GeoUML è possibile definire vincoli di integrità che stabiliscono l'insieme degli stati consistenti per le istanze delle classi o delle associazioni a cui sono legati. La specifica di schemi concettuali richiede frequentemente di indicare vincoli di integrità di natura spaziale, condizioni che devono essere soddisfatte dalle componenti spaziali delle istanze delle classi alle quali fanno riferimento. Si tratta, in particolare, di vincoli topologici e vincoli di composizione.

Le relazioni topologiche costituiscono la formalizzazione delle relazioni spaziali intuitive che sono comunemente usate nell'analisi di una carta geografica da parte dell'utente umano. Le tipologie di tutte le geometrie coinvolte in un vincolo devono appartenere allo stesso spazio (2D o 3D), in quanto le relazioni topologiche non sono definite tra oggetti appartenenti a spazi differenti. In presenza di gerarchie di ereditarietà, la definizione di un vincolo tra due classi implica che sia implicitamente applicato anche a tutte le sottoclassi della classe vincolata e che, per ogni loro oggetto, siano coinvolti per la verifica gli oggetti della classe vincolante e quelli di tutte le sue sottoclassi.

La categoria dei vincoli di composizione è costituita da un vincolo fondamentale, il vincolo di composizione (*compostoDa*) e da un vincolo derivato, il vincolo di partizione. Il vincolo di composizione stabilisce che *f*, attributo geometrico di ogni istanza di *Y*, si ottenga dall'unione degli attributi geometrici *g* di una o più istanze di *X*. Nella sintassi GeoUML si può scrivere: *vincolo Y.f compostoDa X.g*

Il vincolo di appartenenza (contenimento geometrico) della componente spaziale *g* di un'istanza della classe vincolata *X* alla componente spaziale *f* di un'istanza della classe vincolante *Y*, si ottiene semplicemente usando un vincolo topologico dove si richiede la relazione "IN" tra *g* e *f*. Non sarebbe necessario definire quindi nessun vincolo specifico per esprimere tale proprietà, tuttavia spesso interessa indicare quali relazioni topologiche sono ammesse tra le istanze della classe vincolata che appartengono alla stessa istanza della classe vincolante.

## 5.4. Il software GeoUML Catalogue

GeoUML Catalogue è un programma sviluppato dal gruppo di ricerca SpatialDBgroup, formato da personale del DEIB (Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria) del Politecnico di Milano e del Dipartimento di Informatica dell'Università degli Studi di Verona, nell'ambito di un progetto co-finanziato col

Centro Interregionale per i Sistemi Informatici, Geografici e Statistici (CISIS). GeoUML Catalogue è interamente scritto in linguaggio Java e può essere, quindi, utilizzato su qualsiasi piattaforma.

GeoUML Catalogue permette di gestire una specifica di contenuto a livello concettuale e, tramite opportune estensioni integrabili nello strumento base, di associare a tale specifica uno o più schemi fisici. In questo modo GeoUML Catalogue supporta il principio della separazione tra gli aspetti di puro contenuto (livello concettuale) e gli aspetti legati alla tecnologia (livello fisico). Il software mette a disposizione funzionalità di visualizzazione, creazione e modifica di una specifica di contenuto definite, usando il modello GeoUML, arricchite con testi, immagini e diagrammi descrittivi. Inoltre, il programma permette di tradurre una specifica di contenuto in strutture fisiche basate sui modelli implementativi disponibili. In particolare, l'applicativo rende disponibili funzioni di:

- Importazione ed esportazione di una specifica di contenuto;
- Creazione e modifica dei contenuti;
- Visualizzazione e ricerca dei contenuti
- Preparazione, modifica e produzione della documentazione standard;
- Definizione delle DPS (Data Product Specifications), per la generazione del mapping e degli schemi fisici e la relativa documentazione.

GeoUML Catalogue è distribuito in due versioni. La prima, GeoUML Catalogue Editor, è completa di tutte le funzioni e permette sia la stesura di specifiche di contenuto sia la configurazione degli schemi fisici (DPS e mapping) per i modelli implementativi selezionati. Il file di specifica che viene generato ed esportato può contenere solo la specifica concettuale oppure anche la configurazione del mapping verso le strutture fisiche che permette al Catalogue Editor e anche al Catalogue Viewer di generare gli schemi fisici. Questo applicativo è riservato alla pubblica amministrazione.

La seconda versione, GeoUML Catalogue Viewer, costituisce una versione ridotta che possiede solamente le funzioni di visualizzazione delle specifiche di contenuto e la



produzione, se abilitata dal Catalogue Editor, degli schemi fisici. Rispetto alla versione completa sono state disattivate le funzioni di modifica delle specifiche e di configurazione del mapping verso le strutture fisiche. Questo applicativo è di libero accesso ad utenti generici.

Per quanto riguarda il presente lavoro di tesi, non possedendo le credenziali di accesso riservate alla pubblica amministrazione, non è stato possibile utilizzare questo software per generare il modello GeoUML del database proposto per la rete dei sottoservizi. Tuttavia, nei prossimi mesi dovrebbe essere rilasciata la versione dell'applicativo GeoUML Catalogue Editor anche per il libero accesso ad utenti generici, aprendo la porta a possibili sviluppi futuri nell'ambito della progettazione del DB delle reti dei sottoservizi.

Peraltro, dal momento che il già citato DPCM 10 novembre 2011 impone la definizione del modello di un geodatabase attraverso l'uso di GeoUML, si è almeno impostato il lavoro di codifica attraverso tale linguaggio.

## **5.5. Il modello GeoUML per la rete dei sottoservizi**

Nel seguito viene presentato un primo tentativo di definire il modello del geodatabase delle reti dei sottoservizi, attraverso la codifica GeoUML.

La porzione di codice è relativa alla definizione di alcune classi, considerate rappresentative dei costrutti precedentemente descritti. Non avendo a disposizione alcun software per la verifica delle istruzioni, non è stato possibile eseguire controlli che garantissero l'assenza di errori.

### **5.5.1. Codifica della classe Tipo Tratta**

Questa entità non georeferenziata fornisce un esempio per tutte le classi prive di attributi geometrici: Tipo Tratta, Tipo Manufatto, Proprietario.

classe Tipo Tratta (TP\_TR)

attributi:

attributi della classe:

PK codTratta: String (5)

descrizione: String (100)

ruoli:

TipologiaTratta [0..\*]: TRT inverso DefinizioneTratta [1..1].

### 5.5.2. Codifica della classe Tratta della rete

Questa entità georeferenziata è tradotta attraverso una classe contenente anche attributi geometrici che definiscono la componente spaziale dell'oggetto in questione. Inoltre, presenta la particolarità di avere un'associazione con attributi.

La normativa nazionale, nell'allegato 1 al DPCM 10 novembre 2011, rappresenta le tratte delle reti dei sottoservizi semplicemente tramite elementi lineari tridimensionali (*GU\_CXCurve3D*). Come illustrato nel capitolo 3, in questo lavoro di tesi è, invece, richiesto un livello di dettaglio più elevato per poter rispondere adeguatamente alle esigenze delle amministrazioni pubbliche locali. Per poter descrivere questi elementi a grande scala ed avere, quindi, anche un'informazione sul relativo ingombro volumetrico, occorre pertanto un tipo geometrico più complesso. L'analisi di quale potrebbe essere il tipo geometrico (o la combinazione di tipi) più adatto all'archiviazione richiederebbe uno studio approfondito che esula dalle finalità della tesi. A titolo di esempio, si è deciso di rappresentare le tratte delle reti attraverso l'attributo geometrico *GU\_CPSurfaceB3D*. Questa scelta è dettata principalmente dall'utilizzo dello stesso tipo geometrico all'interno della suddetta normativa per rappresentare le istanze della classe modellante le condutture non interrato delle reti energetiche ed acquedottistiche.

classe Tratta (TRT)

attributi:

attributi della classe:

PK idTratta: Integer

componenti spaziali della classe:

tracciato: GU\_CPSurfaceB3D

attributi di questa componente spaziale:

localizzazione: String (100); incertezza: Real

ruoli:

DefinizioneTratta [1..1]: TP\_TR      inverso TipologiaTratta [0..\*]

AppartenenzaTratta [0..1]: RT\_SS      inverso ComposizioneRete [1..\*]

Proprietario [0..1]: PRO              inverso PropTratta [0..\*]

Approssimazione [1..1]: ARC        inverso ApprossimaTratta [1..1]

TrattaAccessibileDa [0..\*]: ACC      inverso AccessoTratta [1..\*]

associazione:

AlloggiamentoEquival (AE)

attributi dell'associazione:

tipoAE: Boolean

ruoli dell'associazione:

AlloggiamentoEquivalInfra [0..\*]: INF      inverso TrattaAllog [0..\*]

### 5.5.3. Codifica della classe Infrastruttura di Alloggiamento

Questa entità è stata scelta perché rappresentante dell'ereditarietà tra classi: gli oggetti delle sottoclassi Polifora, Tubazione, SSP ereditano tutte le proprietà della superclasse Infrastruttura di Alloggiamento. Inoltre, questa struttura gerarchica può essere definita completa e disgiunta: infatti ogni oggetto della superclasse appartiene a una ed una sola sottoclasse. La classe che traduce l'entità Infrastruttura di Alloggiamento è definita come classe astratta, in quanto semplice generalizzazione delle sottoclassi, utile al fine di fattorizzare la rappresentazione di proprietà comuni delle entità figlie. Ogni entità figlia sarà poi tradotta in una sottoclasse rappresentante

le diverse componenti spaziali. Per mantenere una rappresentazione tridimensionale di dettaglio e conservare quindi l'informazione relativa al volume occupato dalle infrastrutture, una possibilità consiste nello specificare, oltre alla rappresentazione della proiezione della superficie di base, anche quota e tipologia di estrusione: ciò permette una completa rappresentazione tridimensionale basata sull'estrusione delle superfici. Come già anticipato nel paragrafo 5.5.2, comunque, non è stata approfondita l'analisi di questo aspetto che esula dalle finalità della tesi.

classe astratta Infrastruttura\_Alloggiamento (INF)

superclasse complete disjoint (POL, TUB, SSP)

attributi:

attributi della classe:

PK idInfra: Integer

modlspezione: String (50); inUso: Boolean;

materiale: String (100); tipoRete: String (50); tipologia: String (50)

ruoli:

InfraAccessibileDa [1..\*]: ACC

inverso AccessoInfra [1..1]

ManuAllog [0..\*]: MNF

inverso Alloggiamento [0..1]

TrattaAllog [0..\*]: TRT

inverso AllogEquivInfra [0..1]

Proprietario [0..1]: PRO

inverso PropInfra [0..\*]

classe Polifora (POL) sottoclasse di INF

classe Tubazione (TUB) sottoclasse di INF

classe SSP (SSP) sottoclasse di INF

#### 5.5.4. Codifica delle classi Arco, nodo, grafo

Le entità Arco della rete e Nodo della rete, insieme con Grafo rete sottoservizi, sono un esempio interessante del vincolo di integrità spaziale, con particolare riferimento al vincolo topologico: la posizione di ogni punto notevole o nodo, deve essere contenuta nel tracciato della rete di pertinenza, formata dagli archi. Inoltre, il costrutto di aggregazione può essere tradotto in GeoUML attraverso il vincolo di composizione.

Per queste entità non è importante tanto la descrizione dell'ingombro volumetrico, quanto la costruzione del grafo connesso: la classe Arco\_Rete sarà, pertanto, modellata attraverso il tipo geometrico *GU\_CPSimpleCurve3D*, mentre per la classe Nodo\_Rete sarà memorizzata la localizzazione tridimensionale attraverso il tipo *GU\_Point3D*. Infine, Grafo\_Rete sarà descritto dal tipo geometrico *GU\_Aggregate3D*.

classe Arco\_Rete (ARC)

attributi:

attributi della classe:

PK idArco: Integer

componenti spaziali della classe:

tracciato: *GU\_CPSimpleCurve3D*

ruoli:

ApprossimaTratta [1..1]: TRT

inverso Approssimazione [1..1]

classe Nodo\_Rete (NOD)

attributi:

attributi della classe:

PK idNodo: Integer

componenti spaziali della classe:

posizione: *GU\_Point3D*

vincolo NOD.posizione (IN) esiste ARC.tracciato

classe Grafo\_Rete (GRF)

attributi:

attributi della classe:

PK idGrafo: Integer

descrizione: String (100)

componenti spaziali della classe:

grafo: *GU\_Aggregate3D*

vincolo GRF.grafo compostoDa NOD.posizione

vincolo GRF.grafo compostoDa ARC.tracciato

# 6

## POPOLAMENTO DEL DATABASE DELLE RETI DEI SOTTOSERVIZI

Nell'ambito del progetto di una base di dati, secondo l'architettura ANSI-SPARC, la fase finale è costituita dalla progettazione fisica o interna, che, ricevendo in ingresso lo schema logico del database e le caratteristiche del sistema scelto, produce in uscita lo schema fisico del database, costituito dalle effettive definizioni delle relazioni e, soprattutto, delle strutture fisiche utilizzate, con i relativi parametri.

In questa fase, si determina come attuare la memorizzazione fisica dei dati del database del sistema informativo territoriale (directory, file, ...) e, eventualmente, si applicano schemi di partizionamento, indicizzazione e compressione dei dati.

L'attività di progettazione fisica di una base di dati relazionale può risultare molto complessa perché, oltre alle scelte riguardanti le strutture fisiche, può essere necessario definire molti altri parametri, dalle dimensioni iniziali dei file alle possibilità di espansione, dalla contiguità di allocazione alla quantità e alle dimensioni delle aree di transito per scambio di informazioni tra memoria principale e secondaria. La maggior parte delle scelte da effettuare nel corso della progettazione fisica dipende, infatti, dallo specifico sistema di gestione utilizzato.

In questo capitolo si affrontano in breve alcuni aspetti relativi al popolamento del database: come si ipotizza che saranno acquisiti i dati, da quali fonti e in che formato.

## 6.1. Formato di scambio dei dati georiferiti

La Direttiva Micheli, DPCM 3 marzo 1999, stabiliva che “i comuni e gli altri enti dovranno dotarsi di adeguati sistemi informativi, compatibili ed interoperabili, per la raccolta e l’archiviazione dei dati cartografici relativi all’occupazione del sottosuolo da parte dei sottoservizi” (*articolo 15, comma 3*). Inizialmente era ammesso che lo scambio di informazioni tra aziende e comuni potesse avvenire anche “utilizzando idonee cartografie su supporto cartaceo (in scala 1:500, 1:1000 o 1:2000 e contenenti almeno il reticolo stradale, il contorno degli edifici e gli elementi topografici più significativi) sulle quali le aziende dovranno riportare le indicazioni relative all’ubicazione dei propri impianti sotterranei e dei nuovi interventi” (*articolo 15, comma 2*).

Con il progredire degli anni e delle tecnologie, però, “per facilitare lo scambio di informazioni, le cartografie dovranno essere gradualmente informatizzate” (*articolo 16, comma 1*), presupponendo “il ricorso ad uno specifico formato neutro di interscambio ovvero conformato a standard internazionali nei suoi vari livelli di strutturazione che consente il trasferimento di tutte le informazioni di tipo geometrico, alfanumerico e topologico” (*articolo 16, comma 8*).

A livello internazionale il formato di scambio dei dati maggiormente diffuso ed utilizzato è lo *shapefile*: nonostante sia un formato proprietario di ESRI (Environmental Systems Research Institute) è accettato come standard per lo scambio e la memorizzazione dei dati geografici, tanto che ormai anche altri software proprietari sono in grado di gestire questo formato, accrescendo l’interoperabilità fra i GIS.

Gli *shapefile* descrivono spazialmente punti, polilinee e poligoni, utilizzabili per rappresentare oggetti geograficamente riferiti, all’interno di Sistemi Informativi Territoriali; a ciascun elemento possono essere associati ulteriori attributi che ne specificano le caratteristiche. Il formato *shapefile* non supporta la registrazione di informazioni topologiche.



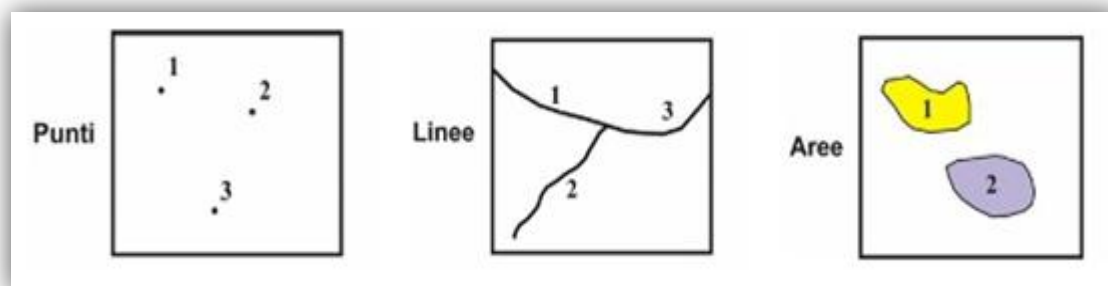


Figura 6.1 – Esempi di primitive geometriche vettoriali registrate negli shapefile

Gli shapefile registrano semplicemente i dati geometrici primitivi: punti, linee, poligoni e testi. Da sole, queste primitive (dette *feature*) non sono utili, mancando gli attributi che specificano cosa esse rappresentino; perciò una tabella di record registra proprietà e attributi per ogni primitiva *shape* dello shapefile. Le *shape*, insieme ai dati attributivi, possono creare infinite rappresentazioni di dati geografici, da cui a loro volta dipendono la potenza e l'accuratezza delle analisi geospaziali, che sono il fine dei GIS.

Si noti che con il termine shapefile si indica un insieme di più file e non un unico file: tre sono obbligatori (senza di essi uno shapefile non è tale), mentre si possono aggiungere altri nove file facoltativi che archiviano indici e dati accessori. I file obbligatori sono:

- .shp file che archivia le geometrie;
- .shx file che archivia l'indice delle geometrie;
- .dbf file relativo al database degli attributi.

## 6.2. Formato delle coordinate e sistema di riferimento

Secondo il DGR 8/5900, che definisce determinazioni in merito alle specifiche tecniche per il rilievo e la mappatura georeferenziata delle reti tecnologiche, "le coordinate dei punti che costituiscono i nodi (elementi puntiformi) e le linee (elementi lineari) dovranno essere fornite in un formato che permetta il collegamento ai file di

contenuto". Per questi elementi lineari, puntuali e areali "è previsto sia eseguito un rilievo 3D e quindi sia prodotto un file 3D (coordinate Est, Nord, quota)".

La modellazione 3D consente di determinare la reale lunghezza degli elementi, la quale, spesso, è molto maggiore rispetto al corrispondente valore planimetrico, con significative conseguenze su aspetti di gestione della rete.

Secondo quanto prescritto dal DPCM 10 novembre 2011 "Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale", il sistema di riferimento geodetico nazionale che consente la documentazione, la fruibilità e lo scambio di dati territoriali fra le Pubbliche Amministrazioni centrali, regionali e locali "è costituito dalla realizzazione ETRF2000 - all'epoca 2008.0 - del sistema di riferimento geodetico europeo ETRS89, ottenuta nell'anno 2009 dall'Istituto Geografico Militare, mediante l'individuazione delle stazioni permanenti l'acquisizione dei dati ed il calcolo della rete dinamica nazionale" (*articolo 2, comma 1*).

### **6.3. Software per la gestione e l'implementazione del DB**

Per quanto riguarda le componenti hardware e software, la normativa nazionale e regionale lascia ampia libertà di scelta, presupponendo "la necessità di garantire la libertà di ogni ente o società di scegliere gli strumenti hardware e software più idonei alle proprie esigenze operative e strutturali" (*DPCM 3 marzo 1999, articolo 16, comma 8*).

Esistono diversi software che permettono l'implementazione dei database, consentendone la gestione, supportando l'utilizzo dei formati shapefile. Si può affermare che uno degli applicativi che soddisfano maggiormente i requisiti indispensabili di gestione della cartografia e delle relazioni tra entità, con la possibilità di posizionamento in tempo reale e di trasformazione tra diversi sistemi di riferimento,

sia la famiglia di prodotti ArcGIS della ESRI. Di contro, questa gamma di prodotti ha un costo estremamente alto, anche per le versioni basilari.

ArcGIS è una raccolta integrata di prodotti software, sviluppata per la creazione, la gestione e la condivisione delle informazioni e degli strumenti geografici di un sistema informativo territoriale.

ArcGIS Desktop è il prodotto software ESRI che rende disponibili una vasta gamma di strumenti GIS evoluti, i quali consentono di individuare i modelli, le relazioni e le tendenze che caratterizzano i dati geospaziali, evidenziando ciò che spesso non è facilmente deducibile da un semplice database, foglio di calcolo o strumento di analisi statistica. Oltre alla visualizzazione dei dati come elementi geometrici su una mappa, ArcGIS Desktop permette la loro gestione e integrazione, l'analisi spaziale avanzata, la possibilità di creare modelli e procedure di elaborazione automatizzata dei dati, script e strumenti per la gestione di flussi di lavoro completi.

ArcGIS Desktop è disponibile con tre livelli progressivi di licenza che permettono l'utilizzo crescente di molteplici funzionalità: Basic, Standard e Advanced, conosciuti precedentemente, rispettivamente, come ArcView, ArcEditor e ArcInfo.

Questo applicativo inoltre è in grado di gestire più di settanta diversi formati di dati (tra i quali *shapefile*, *dwg*, *dbf*), utilizzando strumenti per la visualizzazione e l'analisi che permettono di ricavare informazioni altrimenti non disponibili con dati in forma cartacea. ArcGIS Desktop è dotato di una vasta quantità di strumenti per la gestione di dati geografici, tabelle e metadati, consentendo la gestione completa del database.

#### **6.4. Acquisizione dei dati**

Secondo quanto previsto dalla LR 7/12, i comuni lombardi devono istituire "il catasto del sottosuolo, costituito dall'insieme delle tavole, mappe, planimetrie e altri documenti, anche in formato elettronico, idonei a rappresentare la stratigrafia del

suolo e del sottosuolo delle strade pubbliche, nonché il posizionamento ed il dimensionamento delle infrastrutture per la distribuzione dei servizi pubblici a rete e delle altre infrastrutture presenti nel sottosuolo” (*titolo V, capo II, articolo 42, comma 1*).

Le possibili vie di reperimento dei dati geografici inerenti alle reti dei sottoservizi, da parte dei comuni, sono principalmente due: attraverso apposito rilievo delle reti presenti nel sottosuolo oppure mediante un procedimento di scambio di informazioni con le aziende che gestiscono o che sono proprietarie di tali reti.

#### **6.4.1. Rilievo GPR**

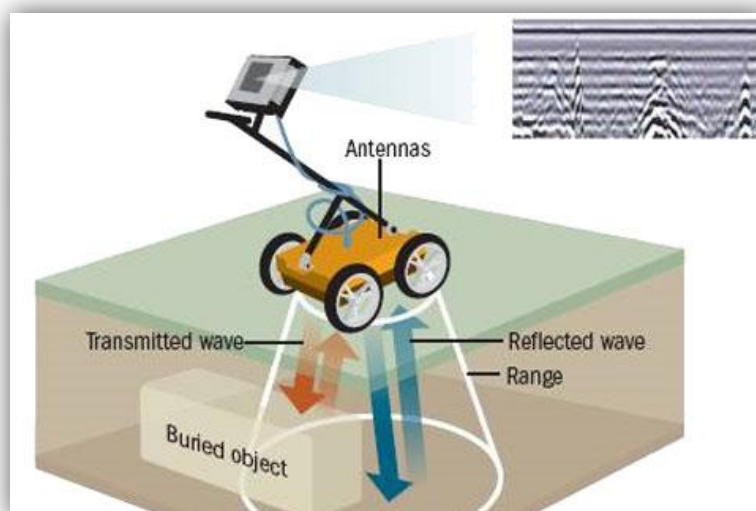
Ogni volta che un’azienda deve posare un nuovo servizio nel sottosuolo, deve condurre un’accurata campagna conoscitiva sulle possibili interferenze con i servizi già esistenti e sullo stato della canalizzazione eventualmente da riabilitare. La conoscenza della reale collocazione dei sottoservizi costituisce una fase fondamentale della gestione del sottosuolo, poiché permette rapidità di esecuzione dei lavori da parte dei gestori e conseguentemente minori costi sociali per la collettività.

A questo proposito, la DPCM 3 marzo 1999 richiama l’attenzione verso l’uso di tecniche innovative di diagnostica che puntano a limitare al massimo gli scavi a cielo aperto, evitando intralci e ostacoli alla mobilità. In particolare la Direttiva dispone che “qualora sussistano dubbi sulla effettiva localizzazione degli impianti tecnologici, deve essere valutata [...] la possibilità di impiego di sistemi tecnici innovativi che consentano interventi nel sottosuolo senza l’effrazione della superficie, sia per la conoscenza di quanto sottostante (indagine geognostica), sia per la posa di cavi (perforazione orizzontale controllata)” (*articolo 5, comma 4*).

Le tecniche richieste dovranno poter individuare l’esatta ubicazione dei sottoservizi, di qualunque materiale essi siano costruiti, funzionanti o non, oltre agli eventuali ostacoli presenti nel sottosuolo: vecchie fondazioni, murature di box auto interrati, ...

In particolare, la localizzazione e la mappatura dei servizi interrati preesistenti, incluse le canalizzazioni da riabilitare, costituisce un'attività propedeutica nel caso di impiego di tecnologie NO-DIG o trenchless (senza scavi). I principali sistemi oggi impiegati per identificare e localizzare i sottoservizi prevedono l'uso di: telecamere, radar, cercatubi e cercaperdite.

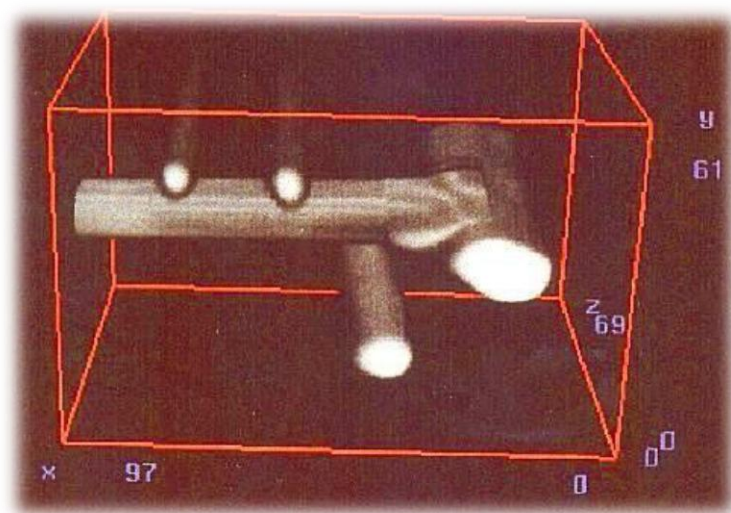
L'indagine georadar (Ground Penetrating Radar, GPR) sfrutta una tecnologia di derivazione militare che consente di compiere una tomografia del sottosuolo fino a diversi metri di profondità (variabile secondo il tipo di terreno) ed è particolarmente efficace per il rintracciamento di manufatti siti nel sottosuolo, comprese quindi le tubazioni. Il georadar sfrutta le proprietà elettromagnetiche dei corpi presenti sottoterra, i quali, investiti dal segnale emesso dall'antenna trasmittente, rispondono con un segnale variabile in funzione del materiale di cui sono costituiti. Tra tutte le tecnologie di indagine NO-DIG, la strumentazione georadar è l'unica in grado di restituire un dato con risoluzione geometrica massima pari a 40 cm. Questo rappresenta l'errore geometrico massimo perché l'informazione possa essere correttamente inserita in una cartografia 1:1000, come precisato nel BURL (Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia) del 3 dicembre 2004, 4° supplemento straordinario.



*Figura 6.2 - Principio di funzionamento della strumentazione GPR*

L'indagine GPR consente di individuare elementi presenti nel sottosuolo, tra cui anche le tubazioni, senza però dare indicazioni sulla tipologia del servizio erogato. In generale però diversi materiali forniranno risposte diverse all'impulso: i tubi in metallo daranno contrasti molto forti, mentre quelli in cemento daranno segnali riflessi meno intensi. Ancora più deboli saranno le risposte da tubazioni in plastica, PVC, ceramica, soprattutto se vuote al loro interno. Tuttavia, anche l'eventuale conoscenza del materiale della tubazione non è condizione sufficiente alla determinazione della tipologia di rete presente nel sottosuolo.

I dati raccolti vengono interpretati ed elaborati attraverso opportuni software che restituiscono elaborati grafici, cartacei o elettronici, bi/tri-dimensionali, in pianta o in sezione.



*Figura 6.3 - Esempio di ricostruzione tridimensionale di una tubazione*

*(fonte: [www.ors.regione.lombardia.it](http://www.ors.regione.lombardia.it))*

I dati raccolti sul campo attraverso campagne di ricognizione dovranno poi essere georiferiti su base cartografica; durante l'indagine, spesso, il georadar è accompagnato da strumentazione GPS in grado di localizzare geograficamente la posizione dello strumento radar.

Tutte le informazioni geometriche ottenute dall'indagine GPR vanno, infine, inserite in cartografia e digitalizzate nelle basi di dati dei Sistemi Informativi Territoriali,

rispettando le specifiche tecniche per il rilievo e la mappatura georeferenziata delle reti tecnologiche previste dal DGR 8/5900 del 21 novembre 2007.

Non soltanto le aziende operanti nel settore dei sottoservizi, ma anche “i comuni [...] devono organizzarsi per dare corso ad una ricognizione, d’intesa con le aziende, per il monitoraggio delle strutture esistenti nel proprio territorio valutando inoltre, ove necessario, le opportune iniziative ai fini della loro bonifica per un successivo migliore impiego” (*DPCM 3 marzo 1999, articolo 14, comma 1*).

I comuni dovranno, pertanto, provvedere “alla mappatura ed alla georeferenziazione dei tracciati delle infrastrutture sotterranee, con annesse caratteristiche costruttive” (*LR 26/03, titolo IV, articolo 35, comma 1*). Infatti, costituiscono attività degli uffici comunali anche “la ricognizione delle infrastrutture esistenti e la verifica della loro utilizzabilità; la ricognizione delle reti di sottoservizi esistenti” (*RR 06/10, articolo 7, comma 2*).

#### **6.4.2. Scambio di informazioni fra aziende ed enti pubblici**

In alcuni casi le geometrie di una rete tecnologica potranno essere ottenute non da rilievo sul terreno, ma da digitalizzazione di supporti cartografici esistenti; tale operazione non è ottimale dal punto di vista della precisione metrica, ma viene comunque spesso accettata.

Nel processo di scambio delle informazioni e dei dati tra amministrazioni e aziende operanti nel settore dei sottoservizi, entrambi gli attori dovranno sottostare a precisi oneri in modo da “realizzare [...] un sistema informativo territoriale nel quale le diverse esigenze di progettazione, pianificazione e documentazione trovino un'unica base di riferimento e di utilizzo dei dati necessari provenienti da diversi enti o società” (*DPCM 3 marzo 1999, articolo 16, comma 5*). Infatti, “la disponibilità della cartografia [...] è finalizzata alla conoscenza degli impianti dei pubblici servizi esistenti nel sottosuolo, per migliorare il coordinamento delle aziende [...] attraverso i rapporti tra le stesse e i comuni e gli enti” (*DPCM 3 marzo 1999, articolo 15, comma 1*).

I Comuni dovranno “provvedere a fornire alle aziende [...] le nuove carte numeriche aggiornate” (*DPCM 3 marzo 1999, articolo 16, comma 2*), così che tutti i nuovi interventi siano documentati sul nuovo supporto. I dati delle aziende sugli interventi alle reti dei sottoservizi “dovranno essere forniti al comune o a società da esso delegata di volta in volta, su richiesta motivata e relativamente alla zona interessata dai lavori previsti nei progetti” (*DPCM 3 marzo 1999, articolo 16, comma 3*).

Le aziende hanno l’ulteriore obbligo di “mantenere costantemente aggiornati i dati cartografici relativi ai propri impianti e dovranno renderli disponibili, su richiesta motivata del comune o degli altri enti interessati” (*DPCM 3 marzo 1999, articolo 15, comma 4*), “almeno con cadenza annuale” (*RR 06/10, articolo 9, comma 3*).

In questo modo, si tenta di generare un circolo virtuoso che consentirà di “disporre di cartografia numerica del territorio come base comune per tutti gli utenti che interagiscono nella medesima attività, dando luogo ad un sistema unitario da condividere quale mezzo indispensabile per lo scambio delle diverse informazioni tra gli utenti stessi” (*DPCM 3 marzo 1999, articolo 16, comma 4*).



# CONCLUSIONI

Questo lavoro di Tesi di Laurea Magistrale aveva come obiettivo la modellazione di un opportuno database in grado di archiviare e gestire in modo condiviso dati territoriali georeferenziati relativi alle reti dei sottoservizi.

Il database realizzato doveva soddisfare due requisiti fondamentali: essere uno strumento utile alle Pubbliche Amministrazioni nel campo della pianificazione e della gestione delle reti dei sottoservizi urbani e, di conseguenza, rispettare i vincoli normativi vigenti.

Per le Pubbliche Amministrazioni, soprattutto a livello locale, è fondamentale conoscere la collocazione delle reti nel sottosuolo: nella pianificazione degli interventi di scavo non è sufficiente sapere quale tipologia di servizio viene erogato, ma occorre conoscere la localizzazione tridimensionale delle opere interrato e il loro ingombro volumetrico, così da poter effettuare scavi più mirati e in condizione di maggiore sicurezza.

Dapprima è stata svolta un'analisi critica sulle disposizioni normative in materia di reti dei sottoservizi sia a livello nazionale sia regionale, considerando il caso lombardo, poiché la Regione Lombardia è una delle poche in Italia ad aver affrontato il problema della gestione dei dati delle reti dei sottoservizi.

La prima normativa esaminata a livello nazionale è la Direttiva Micheli che pone i fondamenti e le linee guida per un impiego razionale del sottosuolo, in modo da favorire il coordinamento degli interventi per la realizzazione delle opere. La Direttiva

introduce già la necessità di mappare i sottosistemi a rete, avvalendosi di un Sistema Informativo Territoriale. La Regione Lombardia recepisce i principi della Direttiva Micheli attraverso la LR 26/03 e i successivi regolamenti attuativi, istituendo, unica regione in Italia, l'utilizzo per i propri Comuni del PUGSS. La LR 26/03 fornisce, inoltre, le linee guida per l'implementazione di un DB delle reti di sottoservizi e definisce, oltre ai contenuti delle classi di oggetti che costituiscono le reti dei sottoservizi, gli aspetti di strutturazione, di geometria e le regole topologiche. Le linee guida della LR 26/03 sono state riprese e riproposte a livello nazionale con il DPCM 10 novembre 2011, come specifiche di contenuto per lo strato 07, inerente le reti dei sottoservizi all'interno dei database geotopografici. Questo documento è stato il cardine di tutto il lavoro di tesi e base di partenza per la progettazione del database delle reti dei sottoservizi.

L'analisi si è focalizzata principalmente sullo strato 07 ed ha evidenziato delle incongruenze sulle classi. Innanzitutto, lo strato 07 pur essendo definito "Reti di sottoservizi", quindi sotterranee, contiene anche elementi che possono trovarsi in superficie, come tralicci, condutture esterne, centrali di produzione di energia. Estendendo l'analisi a tutti gli undici strati presenti nel documento, inoltre, si può notare come alcuni manufatti (serbatoi, pozzi di captazione, punti di presa, idranti in sottosuolo, ...) compaiano contemporaneamente in classi di strati differenti, senza che ci sia un esplicito collegamento o rimando tra essi. Invece, altri manufatti delle reti dei sottoservizi vengono definiti solamente all'interno dello strato 02 "Immobili ed Antropizzazioni", nel tema "Manufatti". Inoltre, il livello di dettaglio utilizzato a scala nazionale per le tratte e i manufatti non è ritenuto adeguato alle esigenze del pianificatore comunale, il quale deve avere conoscenza non solamente della localizzazione degli elementi delle reti, ma anche delle volumetrie delle opere che compongono tali reti.

Pertanto, poiché si era interessati solo alle infrastrutture presenti nel sottosuolo, pur rispettando in linea generale le prescrizioni della normativa, si è deciso di progettare un nuovo database per l'archiviazione e la condivisione dei dati delle reti dei sottoservizi. Ciò è stato fatto seguendo i livelli definiti dall'architettura ANSI-SPARC:

livello esterno, concettuale, logico, fisico (o interno). Ogni livello ha consentito di entrare progressivamente nel dettaglio del problema, permettendo di affrontare tutte le criticità che un'Amministrazione Pubblica incontra nella progettazione del database delle reti dei sottoservizi. Il disegno del DB è stato pensato in modo tale che sia facilmente possibile la sua integrazione all'interno del Sistema Informativo Territoriale del Comune, così da archiviare le informazioni del sottosuolo con tutti gli altri strati informativi.

Dall'analisi dei requisiti del Sistema è emersa la necessità di includere nel DB, oltre agli elementi costituenti le reti dei sottoservizi (tratte e manufatti), anche le infrastrutture di alloggiamento di tali reti e i relativi punti di accesso, i proprietari delle reti e delle infrastrutture, il grafo delle reti dei sottoservizi. Quest'ultima entità, composta da archi e nodi, è fondamentale per poter svolgere le analisi di rete, mentre la localizzazione nello spazio tridimensionale delle reti e la conoscenza degli ingombri volumetrici sono associate alle entità rappresentanti le tratte e i manufatti.

Al livello concettuale è stato realizzato uno schema entità-relazioni mantenuto appositamente di carattere generale: il livello di dettaglio spaziale delle entità non viene specificato, in modo che lo stesso schema concettuale possa essere utilizzato per scale differenti, secondo le esigenze e le possibilità degli utenti e dei dati a loro disposizione. Infatti, non sempre le informazioni sono disponibili al livello di dettaglio desiderato: si è consapevoli che i dati possono risultare frammentati e, pertanto, non si è considerato conveniente forzare il livello di dettaglio. Tuttavia, per un utilizzo da parte delle amministrazioni pubbliche locali si ritiene plausibile la necessità di avere un livello di dettaglio più elevato, in modo da permettere la memorizzazione della localizzazione tridimensionale delle opere interrato e del loro ingombro volumetrico, con finalità pianificatorie e gestionali del sottosuolo. Unitamente c'è l'esigenza da parte delle amministrazioni di poter svolgere analisi di rete, anche ad un livello di dettaglio ridotto, per cui è necessaria la correttezza dei collegamenti tra archi e nodi. Il DB proposto è in grado di rispondere ad entrambe le esigenze dell'amministrazione,

separando e creando delle entità specifiche sia per le descrizioni volumetriche sia per il grafo della rete dei sottoservizi.

Lo schema relazionale, descritto dal diagramma entità-relazioni, è stato successivamente tradotto nello schema logico relazionale, descritto dalle tabelle relazionali. L'utilizzo del software MySQL Workbench ha consentito di generare uno schema entità-relazioni *ibrido*, a metà tra il livello concettuale e quello logico: questo ha facilitato la realizzazione dello schema logico relazionale. Lo schema logico relazionale è il prodotto del modello logico dei dati, un livello meno astratto del precedente e grazie al quale è realizzabile l'implementazione del database. Anche per il modello logico si è tenuto un carattere di generalità per quanto riguarda il livello di dettaglio, così da essere il più flessibile possibile per meglio adattarsi alle esigenze dell'utente durante la memorizzazione fisica dei dati.

Come previsto dalla normativa nazionale il modello concettuale è stato anche tradotto in linguaggio GeoUML, seguendo le regole di interpretazione dettate dall'allegato 2 al DPCM 10 novembre 2011. Il GeoUML consente di definire le proprietà del contenuto informativo di un database topografico, attraverso l'utilizzo di classi di entità e l'introduzione di appositi vincoli di integrità spaziale. In questo lavoro di tesi è fondamentale che l'informazione spaziale sia inquadrata in un sistema di riferimento tridimensionale. Gli archi e i nodi del grafo possono essere adeguatamente rappresentati con le primitive geometriche 3D del GeoUML (curve e punti). Le volumetrie, invece, richiedono una strutturazione più complessa, attraverso l'estrusione con la quota delle superfici di base. Un caso particolare è rappresentato dalle tubazioni e dalle tratte che, come definito nell'allegato 1 al DPCM 10 novembre 2011, si è proposto di rappresentare attraverso l'attributo geometrico *GU\_CPSurfaceB3D*, nonostante permangano dubbi sulla sua reale efficacia di rappresentazione del volume. D'altro canto, decidere quale potrebbe essere il tipo geometrico (o la combinazione di più tipi) maggiormente adatto all'archiviazione dei dati avrebbe richiesto uno studio approfondito che esula dalle finalità di questa tesi. Inoltre, non è stato possibile usare il software specifico GeoUML Catalogue Editor per

implementare il livello GeoUML e, quindi, non è stato possibile eseguire controlli sul codice proposto. Tuttavia, nei prossimi mesi tale software (attualmente disponibile solamente per la Pubblica Amministrazione) dovrebbe essere reso disponibile in versione ad accesso libero, consentendo un'eventuale futura verifica del codice e, di conseguenza, lo sviluppo in linguaggio GeoUML di tutte le classi di entità.

L'ultimo livello dell'architettura ANSI-SPARC coincide con la fase di memorizzazione fisica dei dati del database del Sistema Informativo Territoriale. In questa sede sono stati presentati solamente alcuni aspetti inerenti il popolamento del database: come si ipotizza che saranno acquisiti i dati, da quali fonti e in che formato.

Un possibile sviluppo futuro, pertanto, potrebbe riguardare la realizzazione del livello fisico per l'archiviazione di dati reali. Ovviamente, per poter applicare questo database in un caso concreto, provando a gestire dati relativi alle reti dei sottoservizi, si dovrà svolgere preliminarmente un'analisi per poter scegliere la scala di dettaglio ottimale la Pubblica Amministrazione, sempre secondo le indicazioni precedentemente illustrate e in accordo con le caratteristiche dei dati a disposizione, in particolare quando si utilizza un sistema di rilevamento GPR.



# BIBLIOGRAFIA

Amerio C., Alasia U., Pugno M., *Progettazione Costruzioni Impianti*, Torino, SEI Editrice, 2012

ANSI/X3/SPARC Study Group on Data Base Management Systems, *Interim Report. FDT*, ACM SIGMOD bulletin, volume 7, numero 2, 1975

Atzeni P., Ceri S., Paraboschi S., Torlone R., *Basi di Dati – Modelli e Linguaggi di Interrogazione*, Milano, McGraw-Hill, 2009

Barzagli R., Cazzaniga N., *Un database aziendale per la tracciabilità dell'aggiornamento dei sottoservizi*, Atti della 14<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA, pp. 193-197, Brescia, 2010

Biasion A., *L'informazione territoriale di base nei sistemi informativi geografici*, Premio AUTeC, 2007

Chen P.P., *The entity-relationship model: toward a unified view of data*, ACM Transactions on Database Systems, 1976

Chirulli R., *PUGSS - Un nuovo e potente strumento di gestione del territorio*, Milano, 2003

Codd E.F., *A relational model of data for large shared data banks*, Communications of the ACM, volume 13, numero 6, pp. 377-387, 1970

Guadagni A., *Prontuario dell'ingegnere*, Milano, Hoepli, 2003

Laboratorio del Sottosuolo (a cura di), *Manuale per la posa razionale delle reti tecnologiche del sottosuolo*, Milano, BURL n. 45, 2007

Laboratorio del Sottosuolo (a cura di), *Pianificazione, governo e gestione del sottosuolo urbano*, Milano, BURL n. 35, 2009

Lucchesi F., *La descrizione dell'identità territoriale e le tecnologie dell'informazione geografica*, Atti della 9<sup>a</sup> Conferenza SIU, Terre d'Europa e fronti mediterranei, pp. 64-81, Palermo, 2005

Migliaccio F., *Sistemi Informativi Territoriali e Cartografia*, Rimini, Maggioli Editore, 2007

Pedercini L., *Servizi a rete*, numero 2 marzo-aprile, 2013

Pelagatti G., Belussi A., Marca J., Negri M., *Guida all'uso del GeoUML Catalogue*, SpatialDBgroup, 2013

Pelagatti G., Belussi A., Negri M., *Il modello concettuale GeoUML*, Intesa GIS / WG 01, 2004

Raffaldi M., Recchia C., Lanzetta D., Bolis R., *Il Sottosuolo. Realizzare una politica*, Milano, Tecnedit, 2009

Ramez A.E., Shamkant B.N., *Sistemi di basi di dati. Fondamenti*, Pearson Italia, 2007

Rossicone C., *Reti di accesso di nuova generazione (NGAN)*, Milano, ANFOV, 2010

Rosti F., *Il progetto di un GIS per il rilievo del sottosuolo con metodologia GPR*, tesi di laurea magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Politecnico di Milano, A.A. 2009-10

Russo N., *Progettazione database relazionali*, Roma, I&T Informatica e Telecomunicazioni, 1998



Salvemini M., *La Direttiva INSPIRE*, Roma, AMFM, 2007

Tiscar R., *Rapporto sulle infrastrutture*, Milano, 2008

Tsichritzis D., Klug A., *The ANSI/X3/SPARC DBMS framework: report of the study group on database management systems*, Information systems, 1978



# RIFERIMENTI NORMATIVI

L.R. 4 giugno 1979, n. 29, *“Norme per la realizzazione di un sistema di informazioni territoriali e della cartografia regionale”*, Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia n. 23, 1° supplemento ordinario, 8 giugno 1979

D.P.C.M. 3 marzo 1999, *“Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici”*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 58, 11 marzo 1999

L.R. 12 dicembre 2003, n. 26, *“Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche”*, Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia n. 51, 1° supplemento ordinario, 16 dicembre 2003

R.R. 28 febbraio 2005, n. 3, *“Criteri guida per la redazione del PUGSS comunale, in attuazione dell’articolo 37, comma 1, lettera a), della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26”*, Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia n. 9, 1° supplemento ordinario, 1 marzo 2005

L.R. 11 marzo 2005, n. 12, *“Legge per il governo del territorio”*, Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia n. 11, 1° supplemento ordinario, 16 marzo 2005

D.G.R. 21 novembre 2007, n. 8/5900, *“Determinazioni in merito alle specifiche tecniche per il rilievo e la mappatura georeferenziata delle reti tecnologiche”*, Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia n. 51, 1° supplemento straordinario, 18 dicembre 2007

R.R. 15 febbraio 2010, n. 6, *“Criteri guida per la redazione dei piani urbani generali dei servizi nel sottosuolo (PUGSS) e criteri per la mappatura e la georeferenziazione delle infrastrutture”*, Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia n. 8, 22 febbraio 2010

D.D.G. 19 luglio 2011, n. 6630, *“Indirizzi per l’uso e la manomissione del sottosuolo”*, Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia n. 30, 25 luglio 2011

D.P.C.M. 10 novembre 2011, *“Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici”*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 48, 37° supplemento ordinario, 27 febbraio 2012

L.R. 18 aprile 2012, n. 7, *“Misure per la crescita, lo sviluppo e l’occupazione”*, Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia n. 16, supplemento ordinario, 20 Aprile 2012

# SITOGRAFIA

[www.anfov.it](http://www.anfov.it) – indirizzo del sito internet dell'ANFoV, associazione per la convergenza nei servizi di comunicazione.

[www.coprem.it](http://www.coprem.it) – indirizzo del sito internet dell'azienda COPREM S.r.l. produttrice di manufatti prefabbricati in cemento armato vibro compresso.

[www.digitpa.gov.it](http://www.digitpa.gov.it) – indirizzo del sito internet dell'ente di diritto pubblico DigitPA, ente nazionale per la digitalizzazione della Pubblica Amministrazione, ora trasformato in Agenzia per l'Italia Digitale.

[www.esriitalia.it](http://www.esriitalia.it) – indirizzo del sito internet dell'azienda Esri Italia, attività di riferimento in Italia nelle soluzioni GIS per la Pubblica Amministrazione e per le imprese.

[www.intesagis.it](http://www.intesagis.it) – indirizzo del sito internet dell'Intesa GIS, accordo tra Stato, Regioni ed Enti Locali per la realizzazione dei sistemi informativi geografici.

[www.minambiente.it](http://www.minambiente.it) – indirizzo del sito internet del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare.

[www.mysql.it](http://www.mysql.it) – indirizzo del sito internet di Oracle MySQL, strumento di gestione di database (RDBMS, Relational database management system) open source.

[www.ors.regione.lombardia.it](http://www.ors.regione.lombardia.it) – indirizzo del sito internet dell'Osservatorio regionale Risorse e Servizi di pubblica utilità della Regione Lombardia.

[www.regione.lombardia.it](http://www.regione.lombardia.it) – indirizzo del sito internet della Regione Lombardia.

[spatialdbgroup.polimi.it](http://spatialdbgroup.polimi.it) – indirizzo del sito internet di SpatialDBgroup, gruppo di ricercatori appoggiato al Dipartimento di Elettronica e Informazione (DEI) del Politecnico di Milano e al Dipartimento di Informatica dell'Università degli Studi di Verona.

# APPENDICE

## DIZIONARI DEI DATI

In questa appendice sono stati inseriti i dizionari necessari a descrivere le tipologie di tratte e manufatti della rete dei sottoservizi. Codici e relative descrizioni sono stati ricavati dalle tabelle presenti all'interno dello strato 07 dell'allegato 1 del DPCM 10 novembre 2011. Sono trattate insieme tutte le sette tipologie di rete di sottoservizi ed è chiarito, per ognuna di esse, il significato dei codici numerici adottati.

Per poter inserire tutte le tipologie di tratte e di manufatti nelle medesime tabelle e, allo stesso tempo, poterle distinguere tra loro, si è pensato di realizzare i codici componendoli in due parti: la prima differenzia le varie reti attraverso una sigla di tre caratteri, mentre la seconda è un numero di due, nel caso delle tratte, o quattro cifre, nel caso dei manufatti, che discrimina la tipologia degli elementi.

Tabella A1 - Tabella dei codici e loro descrizione per ogni tipologia di tratta

Tipo Tratta	
<i>codTratta</i>	<i>descrizione</i>
AAC_01	Tratta principale della rete di approvvigionamento idrico
AAC_02	Tratta collettrice della rete di approvvigionamento idrico
AAC_03	Tratta di allacciamento domestico alla rete di approvvigionamento idrico
AAC_04	Tratta di dispersione delle cariche elettriche della rete di approvvigionamento idrico
AAC_05	Tratta principale di distribuzione della rete di approvvigionamento idrico
AAC_95	Altro. Valore assunto dall'istanza ma non previsto dalla specifica
SAC_01	Tratta principale della rete di smaltimento delle acque
SAC_02	Tratta collettrice della rete di smaltimento delle acque
SAC_03	Tratta di allacciamento domestico alla rete di smaltimento delle acque
SAC_95	Altro. Valore assunto dall'istanza ma non previsto dalla specifica
ELE_01	Tratta principale della rete elettrica ad alta tensione
ELE_02	Tratta principale della rete elettrica a media tensione
ELE_03	Tratta principale della rete elettrica a bassa tensione
ELE_04	Tratta della rete elettrica destinata all'illuminazione pubblica
ELE_05	Tratta della rete elettrica destinata alla semaforizzazione e similari
ELE_06	Tratta di allacciamento domestico alla rete elettrica
ELE_95	Altro. Valore assunto dall'istanza ma non previsto dalla specifica
GAS_01	Tratta della rete di distribuzione del gas ad alta pressione
GAS_02	Tratta della rete di distribuzione del gas a media pressione
GAS_03	Tratta della rete di distribuzione del gas a bassa pressione
GAS_04	Tratta di allacciamento utenza alla rete di distribuzione del gas a media pressione
GAS_05	Tratta di allacciamento utenza alla rete di distribuzione del gas a bassa pressione
GAS_95	Altro. Valore assunto dall'istanza ma non previsto dalla specifica



<b>Tipo Tratta</b>	
<i>codTratta</i>	<i>descrizione</i>
TLR_01	Tratta normale della rete di teleriscaldamento
TLR_02	Tratta collettrice della rete di teleriscaldamento
TLR_03	Tratta di adduzione alla rete di teleriscaldamento
TLR_04	Tratta di distribuzione della rete di teleriscaldamento
TLR_95	Altro. Valore assunto dall'istanza ma non previsto dalla specifica
OLE_01	Tratta di linea principale di oleodotto
OLE_02	Tratta di linea secondaria di oleodotto
OLE_03	Tratta di linea di raccordo di oleodotto
OLE_95	Altro. Valore assunto dall'istanza ma non previsto dalla specifica
COM_01	Tratta dorsale di telefonia su cavo
COM_02	Tratta dorsale di telecomunicazione
COM_03	Tratta di raccordo di telefonia su cavo
COM_04	Tratta di raccordo telecomunicazione
COM_05	Tratta di distribuzione di telefonia su cavo
COM_06	Tratta di distribuzione di telecomunicazione
COM_95	Altro. Valore assunto dall'istanza ma non previsto dalla specifica
NNN_91	Non conosciuto. Valore supposto esistente ma non conosciuto in fase di raccolta dati

Tabella A2 - Tabella dei codici e loro descrizione per ogni tipologia di manufatto

Tipo Manufatto	
<i>codManufatto</i>	<i>descrizione</i>
AAC_01	Sorgente della rete di approvvigionamento idrico
AAC_02	Pozzo della rete di approvvigionamento idrico
AAC_03	Serbatoio della rete di approvvigionamento idrico
AAC_04	Punto di prelievo della rete di approvvigionamento idrico
AAC_05	Stacco per allacciamento domestico della rete di approvvigionamento idrico
AAC_06	Impianto di separazione e lavorazione acque
AAC_07	Pompa della rete di approvvigionamento idrico
AAC_08	Riduttore della rete di approvvigionamento idrico
AAC_0801	Riduttore a t della rete di approvvigionamento idrico
AAC_0802	Riduttore di pressione della rete di approvvigionamento idrico
AAC_09	Giunto della rete di approvvigionamento idrico
AAC_10	Connessione a t della rete di approvvigionamento idrico
AAC_11	Idrante
AAC_12	Fontana
AAC_13	Sfiato della rete di approvvigionamento idrico
AAC_14	Saracinesca della rete di approvvigionamento idrico
AAC_15	Valvola della rete di approvvigionamento idrico
AAC_16	Contatore della rete di approvvigionamento idrico
AAC_17	Tappo della rete di approvvigionamento idrico
AAC_18	Contatto della rete di approvvigionamento idrico con reticolo idrografico
AAC_95	Altro. Valore assunto dall'istanza ma non previsto dalla specifica
SAC_01	Attacco per allacciamento domestico alla rete di smaltimento delle acque
SAC_02	Impianto di depurazione

Tipo Manufatto	
<i>codManufatto</i>	<i>descrizione</i>
SAC_03	Fossa biologica
SAC_04	Vasca di decantazione
SAC_05	Vasca di troppopieno della rete di smaltimento delle acque
SAC_06	Bacino artificiale della rete di smaltimento delle acque
SAC_07	Pozzetto della rete di smaltimento delle acque
SAC_0701	Pozzetto di drenaggio della rete di smaltimento delle acque
SAC_0702	Pozzetto di ispezione della rete di smaltimento delle acque
SAC_0703	Pozzetto di ispezione privato della rete di smaltimento delle acque
SAC_08	Disoleatore
SAC_09	Caditoia della rete di smaltimento delle acque
SAC_10	Pompa della rete di smaltimento delle acque
SAC_11	Griglia della rete di smaltimento delle acque
SAC_12	Saracinesca della rete di smaltimento delle acque
SAC_13	Valvola della rete di smaltimento delle acque
SAC_14	Giunto della rete di smaltimento delle acque
SAC_15	Riduttore della rete di smaltimento delle acque
SAC_16	Connettore della rete di smaltimento delle acque
SAC_1601	Connettore a t della rete di smaltimento delle acque
SAC_1602	Connettore a x della rete di smaltimento delle acque
SAC_18	Contatto della rete di smaltimento delle acque con reticolo idrografico
SAC_19	Riduttore a t della rete di smaltimento delle acque
SAC_20	Sfioratoio della rete di smaltimento delle acque
SAC_21	Sifone della rete di smaltimento delle acque
SAC_22	Pozzetto di ispezione privato della rete di smaltimento delle acque

Tipo Manufatto	
<i>codManufatto</i>	<i>descrizione</i>
SAC_23	Contatore della rete di smaltimento delle acque
SAC_24	Pozzetto di drenaggio della rete di smaltimento delle acque
SAC_25	Nodo di immissione/affluenza della rete di smaltimento delle acque
SAC_26	Scaricatore di piena della rete di smaltimento delle acque
SAC_95	Altro. Valore assunto dall'istanza ma non previsto dalla specifica
ELE_01	Punto di misurazione del valore dell'illuminazione
ELE_02	Punto luce
ELE_03	Allacciamento utenza privata alla rete elettrica
ELE_04	Semaforo - cartello stradale o similare
ELE_05	Interruttore/sezionatore della rete elettrica
ELE_06	Sottostazione elettrica
ELE_07	Palo dell'illuminazione
ELE_08	Apparecchio di comando della rete elettrica
ELE_09	Pozzetto d'ispezione per punto/i luce
ELE_10	Pozzetto d'ispezione generico della rete elettrica
ELE_11	Cabina di trasformazione della rete elettrica
ELE_12	Trasformatore media/bassa tensione
ELE_13	Traliccio della rete elettrica
ELE_14	Palo di sostegno della rete elettrica
ELE_15	Quadro elettrico
ELE_16	Punto di inizio bassa tensione
ELE_17	Centrale elettrica generica
ELE_18	Centrale idroelettrica
ELE_19	Centrale termoelettrica
ELE_20	Centrale a carbone
ELE_21	Centrale eolica

Tipo Manufatto	
<i>codManufatto</i>	<i>descrizione</i>
ELE_22	Centrale nucleare
ELE_23	Trasformatore media/alta tensione
ELE_24	Unità di derivazione/trasformazione - cabina primaria
ELE_25	Unità di derivazione/trasformazione - stazione ad alta corrente
ELE_26	Unità di derivazione/trasformazione - stazione ad altissima corrente
ELE_27	Termovalorizzatore
ELE_28	Biomassa
ELE_29	Geotermica
ELE_30	Cogenerazione
ELE_95	Altro. Valore assunto dall'istanza ma non previsto dalla specifica
GAS_01	Punto di riconsegna della rete di distribuzione del gas
GAS_02	Sfiato della rete di distribuzione del gas
GAS_03	Punti di controllo/valvola della rete di distribuzione del gas
GAS_04	Giunto/saldatura della rete di distribuzione del gas
GAS_05	Connessione della rete di distribuzione del gas
GAS_06	Punto di controllo protezione catodica della rete di distribuzione del gas
GAS_07	Punto di misura portata della rete di distribuzione del gas
GAS_08	Cabina 1° salto della rete di distribuzione del gas
GAS_09	Punto ripresa di pressione della rete di distribuzione del gas
GAS_10	Gruppo riduzione finale della rete di distribuzione del gas
GAS_11	Punto allacciamento alla rete di distribuzione del gas
GAS_12	Serbatoio della rete di distribuzione del gas
GAS_95	Altro. Valore assunto dall'istanza ma non previsto dalla specifica
TLR_01	Punto di controllo perdite della rete di teleriscaldamento
TLR_02	Punto di misura temperatura e pressione della rete di

Tipo Manufatto	
<i>codManufatto</i>	<i>descrizione</i>
	teleriscaldamento
TLR_03	Scambiatore della rete di teleriscaldamento
TLR_04	Valvola della rete di teleriscaldamento
TLR_05	Contatore della rete di teleriscaldamento
TLR_06	Punto di saldatura della rete di teleriscaldamento
TLR_07	Stazione di pompaggio della rete di teleriscaldamento
TLR_08	Centrale termica
TLR_95	Altro. Valore assunto dall'istanza ma non previsto dalla specifica
OLE_01	Contatore della rete degli oleodotti
OLE_02	Sfiato della rete degli oleodotti
OLE_03	Punti di controllo / valvola della rete degli oleodotti
OLE_04	Giunto/saldatura della rete degli oleodotti
OLE_05	Connessione della rete degli oleodotti
OLE_06	Punto di controllo protezione catodica della rete degli oleodotti
OLE_07	Punto misura portata della rete degli oleodotti
OLE_08	Cabina della rete degli oleodotti
OLE_09	Punto ripresa pressione della rete degli oleodotti
OLE_10	Serbatoio della rete degli oleodotti
OLE_95	Altro. Valore assunto dall'istanza ma non previsto dalla specifica
COM_01	Pozzetto della rete di telecomunicazione e cablaggi
COM_02	Punto di comando gestione della rete di telecomunicazione e cablaggi
COM_03	Giunto della rete di telecomunicazione e cablaggi
COM_04	Contatore della rete di telecomunicazione e cablaggi
COM_05	Punto di distribuzione/allacciamento della rete di telecomunicazione e cablaggi
COM_06	Centrale telefonica

<b>Tipo Manufatto</b>	
<i>codManufatto</i>	<i>descrizione</i>
COM_07	Centrale telecomunicazioni
COM_08	Cabina telefonica
COM_09	Stazione di controllo segnale della rete di telecomunicazione e cablaggi
COM_10	Antenna
COM_95	Altro. Valore assunto dall'istanza ma non previsto dalla specifica
NNN_91	Non conosciuto. Valore supposto esistente ma non conosciuto in fase di raccolta dati