



UNIVERSITÀ DI PISA

Master Degree in Artificial Intelligence and Data Engineering

Basi di Dati

Progetto Basi di Dati

A.A. 2021 - 2022

Candidato: Carmine Tranfa

Indice

1. Introduzione	4
2. Progettazione Concettuale (diagramma ER)	5
2.1 Entità	5
2.1.1 Area generale	5
2.1.2 Area costruzione	7
2.1.3 Area monitoraggio.....	10
2.2 Relazioni.....	11
2.2.1 Area generale	11
2.2.2 Area costruzione	11
2.2.3 Area monitoraggio.....	12
3. Ristrutturazione (diagramma ER)	13
3.1 Eliminazione generalizzazioni	13
3.1.1 Apertura.....	13
3.1.2 Lavoro.....	14
3.1.3 Materiale	15
3.1.4 Misura.....	16
3.1.5 Risorsa.....	18
3.1.6 Vano	19
3.2 Eliminazione attributi multivalore.....	20
3.3 Eliminazione attributi composti	20
4. Operazioni sui Dati.....	21
4.1 Tavola dei volumi.....	21
4.1.1 Area generale	21
4.1.2 Area costruzione	22
4.1.3 Area monitoraggio.....	23
4.2 Operazioni significative e analisi delle performance	25
4.2.1 Op 1 – InserimentoMisura	25
4.2.2 Op 2 – InserimentoTurnoOperaio.....	27

4.2.3	Op 3 – InstallazioneSensore	30
4.2.4	Op 3 – CostoSAL	31
4.2.5	Op 5 – InserimentoAltroMateriale.....	33
4.2.6	Op 6 – ListaProgettiInCorso	34
4.2.7	Op 7 – Impegno2SettimaneOperaio	36
4.2.8	Op 8 – DatiEdificio	37
4.3	Introduzione di ridondanze.....	38
4.3.1	CostoSAL.....	38
4.3.2	ListaProgettiInCorso.....	41
5.	Progettazione Logica	44
5.1	Traduzione.....	44
5.1.1	Area generale	44
5.1.2	Area costruzione	44
5.1.3	Area monitoraggio.....	45
5.2	Vincoli.....	46
5.2.1	Vincoli di tupla.....	46
5.2.2	Vincoli di integrità referenziale	48
5.2.3	Vincoli di integrità generici	50
6.	Dipendenze funzionali e normalizzazione	51
7.	Implementazione delle Data Analytics	55
7.1	Stato dell’edificio	55
7.2	Consigli di intervento	57

1. Introduzione

Si desidera progettare un database relazionale su DBMS Oracle MySQL che permetta di memorizzare i dati a supporto delle funzionalità del sistema informativo di Smart Building, un sistema che si occupa di memorizzare e gestire i dati di un'azienda che si occupa di costruzione, ristrutturazione, e monitoraggio di edifici tramite sensori, per il miglioramento della sicurezza tramite una sempre più efficiente valutazione del rischio e manutenzione predittiva.

Oltre a ospitare i dati, il database sarà dotato di alcune operazioni e funzionalità di data analytics che permettono di analizzare i dati alla ricerca di informazioni utili a migliorare il monitoraggio dinamico dell'edificio.

Le aree tematiche individuate nel progetto, sono caratterizzate da colori specifici secondo la seguente rappresentazione:

- Area generale
- Area costruzione
- Area monitoraggio

2. Progettazione Concettuale (diagramma ER)

Nel seguito del paragrafo si fornisce l'elenco delle entità e delle relazioni contenute nel progetto.

Nel seguito saranno descritti maggiormente solamente i dettagli delle entità e delle relazioni più significative, relative alle scelte progettuali assunte in questa fase.

2.1 Entità

2.1.1 Area generale

Nome Entità	Descrizione	Chiave	Attributi
Apertura	Un'apertura all'interno di un muro dell'edificio, posizionata alla "distanza_spigolo" dal punto inferiore sinistro del muro che la contiene.	Muro.id_muro, n_apertura	(larghezza, altezza), orientazione, distanza_spigolo
Area	Area geografica dove è (o sarà) ubicato l'edificio.	id_area	nome_area
Edificio	Un edificio gestito nel sistema di Smart Building.	id_edificio	tipo_edificio
Esterno	Generalizzazione di Vano che descrive un vano interno dell'edificio, come una stanza.	Vano.id_vano	
Finestra	Generalizzazione di Apertura che descrive un accesso che parte da una certa altezza dal pavimento.	Muro.id_muro, Apertura.n_apertura	altezza_terra
Interno	Generalizzazione di Vano che descrive un ambiente esterno dell'edificio, come un balcone.	Vano.id_vano	altezza
Muro	Un muro di una stanza dell'edificio.	id_muro	(xi, yi, xf, yf)
Piano	Il piano di un dato edificio.	Edificio.id_edificio, piano	
Portafinestra	Generalizzazione di Apertura che descrive un accesso che parte dalla base del pavimento.	Muro.id_muro, Apertura.n_apertura	
Rischio	Un tipo di rischio che può appartenere ad un'area geografica.	Area.id_area, rischio, dataora	coeff_rischio
Vano	Un ambiente interno oppure esterno di un edificio.	id_vano	funzione, (larghezza, lunghezza)

Muro

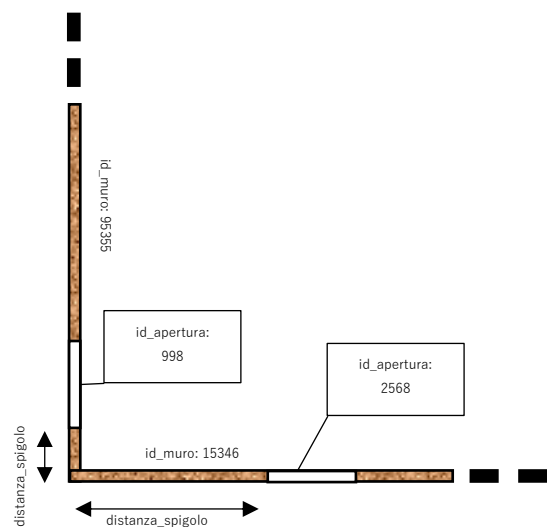
Poiché il perimetro di un vano non è necessariamente quadrato oppure rettangolare, è stata definita l'entità Muro utile per gestire le possibili differenti forme di ogni vano con esattezza. In questo modo ogni singolo vano potrà essere rappresentato con l'effettiva forma poligonale posseduta, semplicemente creando singoli elementi di parete (id_muro) all'interno della presente entità. Tali elementi sono rappresentati nello spazio attraverso l'attributo composto

“Coordinate”, che contiene i punti di origine e di fine del segmento che rappresenta la specifica parete nel piano orizzontale dell’edificio. Il sistema di riferimento di queste coordinate è di tipo relativo e specifico per edificio.

Per l’altezza della parete si fa implicito riferimento all’altezza del vano dove essa è contenuta.

Apertura

Per gestire correttamente la posizione delle aperture all’interno dell’edificio, prima di tutto è stata inserita all’interno della chiave dell’entità anche l’id_muro corrispondente alla parete dove queste sono poste. Oltre a ciò, e per evitare ridondanze fra le coordinate e le caratteristiche geometriche dell’apertura, e quelle del muro, è stato aggiunto l’attributo distanza_spigolo piuttosto che una tupla di coordinate dell’accesso. La convenzione per l’utilizzo di questo campo è la seguente: data una parete (id_muro) con le sue coordinate dei punti di inizio e fine del muro, l’apertura specifica (id_apertura) è posta ad una distanza pari alla distanza_spigolo a partire dal punto della parete corrispondente allo spigolo sinistro inferiore del singolo muro.



Rischio

Per gestire l’evoluzione nel tempo dei coefficienti di rischio insieme all’appartenenza di ogni possibile rischio ad un’area geografica, è stato scelto di aggiungere il campo dataora all’interno della chiave dell’entità. In questo modo potrà essere registrato ogni singolo cambiamento dei coefficienti di rischio registrando nuovi record ogni volta che ci sarà un cambiamento, registrando la data dell’avvenuto cambio di coefficiente.

2.1.2 Area costruzione

Nome Entità	Descrizione	Chiave	Attributi
AltroMateriale	Generalizzazione di Materiale che descrive le caratteristiche di tutti gli altri tipi di materiali non appartenenti alle generalizzazioni già presenti.	Materiale.codice_lotto, Materiale.fornitore	tipo_materiale, peso_medio, disegno, (spessore, larghezza, lunghezza)
ImpiegoRisorsa	Elenco dei turni di lavoro relativi ad ogni risorsa e lavorazione.	Risorsa.id_risorsa, dataora	ore_lavoro
Intonaco	Generalizzazione di Materiale che descrive le caratteristiche dell'intonaco.	Materiale.codice_lotto, Materiale.fornitore	tipo_intonaco, colore
Lavoro	Una delle attività eseguite all'interno dello stadio dei lavori.	id_lavoro	tipo_lavoro, max_operai
LavoroGenerale	Generalizzazione di Lavoro che permette di associare l'attività svolta all'edificio oggetto del lavoro. Esempi di lavoro generale possono essere le fondazioni di un edificio, la copertura, ecc.	Lavoro.id_lavoro	
LavoroImpalcato	Generalizzazione di Lavoro che permette di associare l'attività svolta al vano oggetto del lavoro. Esempi di lavoro su impalcato possono essere il getto dei solai, la posa dei pavimenti, ecc.	Lavoro.id_lavoro	
LavoroMuro	Generalizzazione di Lavoro che permette di associare l'attività svolta alla parete (muro) oggetto del lavoro. Esempio di lavoro su parete possono essere la realizzazione di una tramezzatura oppure una parete in muratura, la realizzazione di uno strato di intonaco, ecc.	Lavoro.id_lavoro	lato_applicazione, spessore, n_strato
Materiale	Uno dei materiali impiegati nei lavori.	codice_lotto, fornitore	(costo_unitario, unita_misura), nome_materiale, data_acquisto
Mattone	Generalizzazione di Materiale che descrive le caratteristiche dei mattoni da costruzione.	Materiale.codice_lotto, Materiale.fornitore	tipo_materiale, alveolatura, (altezza, larghezza, lunghezza)
Operaio	Generalizzazione di Risorsa che descrive la risorsa operaio.	Risorsa.id_risorsa	
Pietra	Generalizzazione di Materiale che descrive le caratteristiche delle pietre per il rivestimento di superfici orizzontali oppure verticali.	Materiale.codice_lotto, Materiale.fornitore	tipo_pietra, superficie_medio, peso_medio, disposizione

Progetto	Un progetto relativo alla costruzione oppure modifica di un singolo edificio.	id_progetto	tipo_progetto, (data_presentazione, data_approvazione, data_inizio, data_fine_stimata)
Risorsa	Una delle risorse impiegata durante il lavoro.	id_risorsa	costo_orario
Rivestimento	Generalizzazione di Materiale che descrive le caratteristiche dei materiali da rivestimento con forme regolari (piastrelle, parquet, ecc.).	Materiale.codice_lotto, Materiale.fornitore	tipo_materiale, disegno, spessore_fuga, (spessore, larghezza, lunghezza)
StatoAvanzamento	Uno degli stadi di avanzamento dei lavori relativi ad un progetto.	id_sal	(data_inizio, data_fine_stimata)
Supervisore	Generalizzazione di Risorsa che descrive la risorsa supervisore.	Risorsa.id_risorsa	max_operai

Progetto

Si può assumere che non si possa considerare il primo progetto esistente su un edificio come progetto di costruzione, in modo da evitare di definire la tipologia di progetto. Questo perché vogliamo ammettere che esistano degli edifici costruiti con un progetto del quale non si conosce più nulla, poiché storici. Tale assunzione deriva dal fatto che vogliamo utilizzare i sistemi di monitoraggio della piattaforma di Smart Building anche per tutti gli edifici storici di interesse. A seguito di tutte queste considerazioni si è aggiunto il campo tipo_progetto che potrà avere il seguente dominio:

- Nuova costruzione;
- Ristrutturazione;
- Ampliamento.

Tale classificazione ci potrà aiutare anche per le analisi di influenza delle opere sul cambiamento dei coefficienti di rischio.

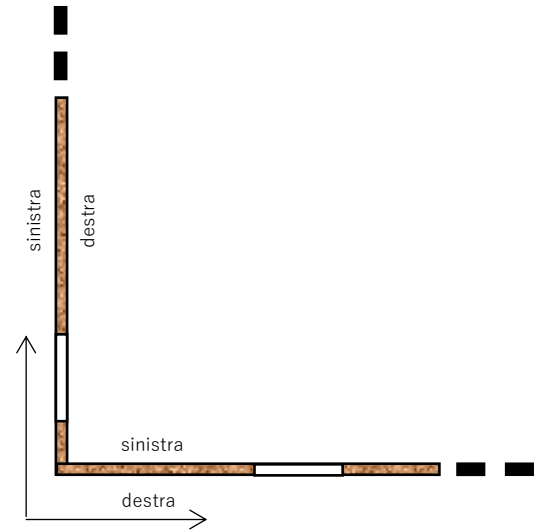
Lavoro

All'interno dell'entità lavoro è stato definito l'attributo max_operai che definisce il numero massimo di lavoratori contestuali in ogni ora della giornata, definibile per ogni attività.

LavoroMuro

All'interno della generalizzazione LavoroMuro sono stati inseriti gli attributi opzionali che permettono di specificare le caratteristiche di applicazione dell'intonaco attraverso:

- lato_applicazione, preso come riferimento ed origine il punto inferiore sinistro della parete, il valore del campo viene posto pari a "destra" o "sinistra" in base al lato oggetto di intervento rispetto al riferimento fissato;
- spessore, il valore in mm dello spessore dello strato di intonaco applicato;
- n_strato, il numero di strato di intonaco applicato compreso fra 1 e 3.



Gli attributi "n_strato" e "spessore" presenti sulla generalizzazione sono opzionali perché, nel caso in cui il materiale utilizzato per la lavorazione non sia intonaco (p.e. la posa di pietre sulla parete come rivestimento) tali attributi perdono di senso.

Risorsa

L'entità Risorsa è caratterizzata dalla chiave id_risorsa che corrisponde al codice fiscale di ognuna delle persone coinvolte nel progetto.

Supervisore

All'interno della generalizzazione Supervisore è stato inserito l'attributo "max_operai" che definisce il numero massimo di lavoratori coordinabili in base all'esperienza della risorsa.

2.1.3 Area monitoraggio

Nome Entità	Descrizione	Chiave	Attributi
Alert	Registrazione dei superamenti di una specifica soglia di sicurezza.	id_sensore, dataora	valore
Misura	La registrazione fatta ad un certo istante da un sensore.	Sensore.id_sensore, dataora	
Sensore	Un sensore di misura installato su una parte dell'edificio.	id_sensore	(x, y, z), valore_soglia, tipo_sensore
ValoreAssiale	Generalizzazione di Misura che permette di definire le misure relative a sensori che registrano valori lungo 3 assi di riferimento.	Sensore.id_sensore, dataora	valore_x, valore_y, valore_z
ValoreSingolo	Generalizzazione di Misura che permette di definire le misure relative a sensori che registrano un solo parametri/valore.	Sensore.id_sensore, dataora	valore

Sensore

Un sensore viene descritto attraverso diversi attributi:

- id_sensore, il codice univoco del sensore nella base dati;
- Coordinate, le coordinate orizzontali (x, y) sono relative al sistema di riferimento dell'edificio utilizzato anche per la rappresentazione delle tuple dell'entità Muro. La coordinata z fa riferimento al sistema di riferimento dello specifico vano/piano, permettendo di individuare l'altezza di applicazione del sensore sulla parete oppure la sua installazione sul solaio (z=0 installazione sul pavimento del vano oppure z= Vano.Interno.altezza installazione sul soffitto della stanza);
- valore_soglia, è il valore numerico che individua il limite alla grandezza misurata dal sensore per l'attivazione dell>alert;
- tipo_sensore, caratterizza la tipologia del sensore.

2.2 Relazioni

2.2.1 Area generale

Nome Relazione	Entità 1	Entità 2	Attributi
Accesso	Muro (0,N) Ogni muro può avere una o più aperture.	Apertura (1,1) Ogni apertura appartiene ad un solo muro.	
Pericolo	Rischio (1,1) Ogni rischio appartiene ad una sola area.	Area (0,N) Ad ogni area può appartenere uno o più rischi.	
Perimetro	Vano (1,N) Ogni vano ha uno o più muri.	Muro (1,2) Uno stesso muro appartiene ad un vano (muro esterno) oppure a due (muro interno).	
Pianta	Piano (1,N) Ogni piano ha uno o più vani.	Vano (1,1) Ogni vano appartiene ad un solo edificio.	
Sede	Area (0,N) Ad ogni area può appartenere uno o più edifici.	Edificio (1,1) Ogni edificio appartiene ad una sola area.	
Topologia	Edificio (1,N) Ogni edificio ha uno o più piani.	Piano (1,1) Ogni piano appartiene ad un solo edificio.	

2.2.2 Area costruzione

Nome Relazione	Entità 1	Entità 2	Attributi
Coordinamento	Lavoro (1,1) Ogni lavoro è coordinato da un solo supervisore.	Supervisore (0,N) Ogni supervisore può coordinare uno o più lavori.	
Lavorazione	StatoAvanzamento (1,N) Ogni stadio di avanzamento è composto da una o più lavorazioni relative.	Lavoro (1,1) Ogni lavorazione appartiene ad un solo stadio di avanzamento.	
OperaGenerale	LavoroGenerale (1,1) Ogni lavoro generale appartiene ad un solo edificio.	Edificio (0,N) Ogni edificio può avere una o più lavorazioni relative.	
Operalmpalcato	LavoroImpalcato (1,1) Ogni lavoro su impalcato appartiene ad un solo vano.	Vano (0,N) Ogni vano può avere una o più lavorazioni relative.	
OperaMuraria	LavoroMuro (1,1) Ogni lavoro su parete appartiene ad un solo muro.	Muro (0,N) Ogni muro può avere una o più lavorazioni relative.	
Partecipazione	Lavoro (1,N)	ImpiegoRisorsa (1,1)	

	Ogni lavoro viene svolto da una o più risorse assegnate.	Ogni risorsa impegnata nel periodo specifico indicato partecipa ad una sola attività.	
Progettazione	Edificio (0,N) Ad ogni edificio può appartenere uno o più progetti.	Progetto (1,1) Ogni progetto appartiene ad un solo edificio.	
Sequenza	Progetto (0,N) Ad ogni progetto può appartenere uno o più stadi di avanzamento.	StatoAvanzamento (1,1) Ogni stadio di avanzamento appartiene ad un solo progetto.	
Turno	ImpiegoRisorsa (1,1) Ogni turno registrato è relativo ad una sola risorsa.	Risorsa (0,N) Ogni risorsa può svolgere una o più turni di lavoro.	
UtilizzoMateriale	Lavoro (0,N) Ogni lavorazione può utilizzare uno o più materiali.	Materiale (0,N) Ogni materiale può essere adoperato in una o più lavorazioni.	quantita

2.2.3 Area monitoraggio

Nome Relazione	Entità 1	Entità 2	Attributi
Installazione	Sensore (1,1) Ogni sensore è installato in un solo vano dell'edificio.	Vano (0,N) Ogni vano può avere uno o più sensori installati.	
Registrazione	Misura (1,1) Ogni misura registrata appartiene ad un solo sensore.	Sensore (0,N) Ad ogni edificio può appartenere uno o più misure.	
Soglia	Misura (0,1) Per ogni misura può appartenere un alert relativo al superamento della soglia imposta al sensore.	Alert (1,1) Ogni alert generato ha una sola misurazione corrispondente.	

3. Ristrutturazione (diagramma ER)

3.1 Eliminazione generalizzazioni

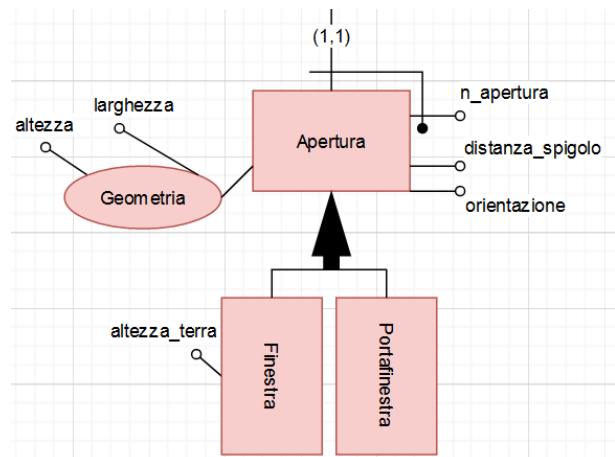
3.1.1 Apertura

Tipo generalizzazione: Totale esclusiva

Tipo ristrutturazione: Accorpamento figlie nel genitore

Un'apertura può essere una porta (o portafinestra) oppure una finestra. Le due alternative si distinguono per la presenza o meno dell'attributo "altezza_terra". La soluzione dell'accorpamento delle figlie nel genitore si basa sulle seguenti considerazioni:

- In ogni abitazioni porte (o portefinestre) e finestre hanno all'incirca la stessa numerosità. Ogni stanza (a meno dei locali tecnici) deve avere una superficie vetrata minima per legge per fare entrare la luce e per l'aerazione (principalmente finestre), ma allo stesso modo ogni vano ha una porta che ne permette l'accesso. Perciò il numero di valori "null" (si preferirà inserire 0 come valore) dell'attributo sarà circa il 50% delle tuple totali.
- Si può evitare la creazione di un attributo "tipo" poiché se l'oggetto è una porta, il valore di "altezza_terra" può essere posto pari a "0". In questo modo si evita una ridondanza;
- Il numero di accessi a queste entità può essere assunto come molto sporadico, non costituendo il "core" dell'applicazione;
- Anche se il numero di valori null sul singolo attributo risulta pari al 50% delle tuple, si preferisce comunque raggruppare le entità poiché, rispetto al totale di tutti i campi della tabella, le valorizzazioni nulle sarebbero comunque trascurabili evitando di dividere entità e relazioni.



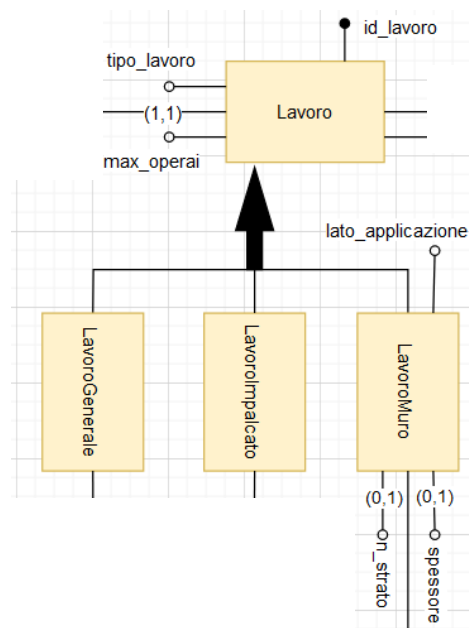
Nome Entità	Descrizione	Chiave	Attributi
Apertura	[...]	Muro.id_muro, n_apertura	larghezza, altezza, orientazione, distanza_spigolo, altezza_terra
Finestra	{...}	Muro.id_muro, Apertura.n_apertura	altezza_terra
Portafinestra	{...}	Muro.id_muro, Apertura.n_apertura	

3.1.2 Lavoro

Tipo generalizzazione: Totale esclusiva

Tipo ristrutturazione: Accorpamento figlie nel genitore

Un lavoro può interessare diverse parti dell'edificio e per riuscire a distinguere su quali parti sono svolti i lavori, è necessario avere diverse relazioni fra lavoro e parti della struttura. Per tale ragione sono state definite le diverse generalizzazioni che permettono di dettagliare l'oggetto della lavorazione. Se si spostano gli attributi della generalizzazione LavoroMuro sulla relazione OperaMuraria, le tre generalizzazioni non hanno più attributi propri ed è possibile accorparle nel padre mentendo però il vincolo che ad ogni lavorazione corrisponda una sola parte di edificio coinvolta.



Nome Entità	Descrizione	Chiave	Attributi
Lavoro	Una delle attività eseguite all'interno dello stadio dei lavori.	id_lavoro	tipo_lavoro, max_operai
LavoroGenerale	[...]	Lavoro.id_lavoro	
LavoroImpalcato	[...]	Lavoro.id_lavoro	
LavoroMuro	[...]	Lavoro.id_lavoro	lato_applicazione, spessore, n_strato

Nome Relazione	Entità 1	Entità 2	Attributi
OperaGenerale	Lavoro (0,1) Ogni lavoro generale può appartenere ad un solo edificio.	Edificio (0,N) Ogni edificio può avere una o più lavorazioni relative.	
OperaImpalcato	Lavoro (0,1) Ogni lavoro su impalcato può appartenere ad un solo vano.	Vano (0,N) Ogni vano può avere una o più lavorazioni relative.	
OperaMuraria	Lavoro (0,1) Ogni lavoro su parete può appartenere ad un solo muro.	Muro (0,N) Ogni muro può avere una o più lavorazioni relative.	lato_applicazione, spessore, n_strato

3.1.3 Materiale

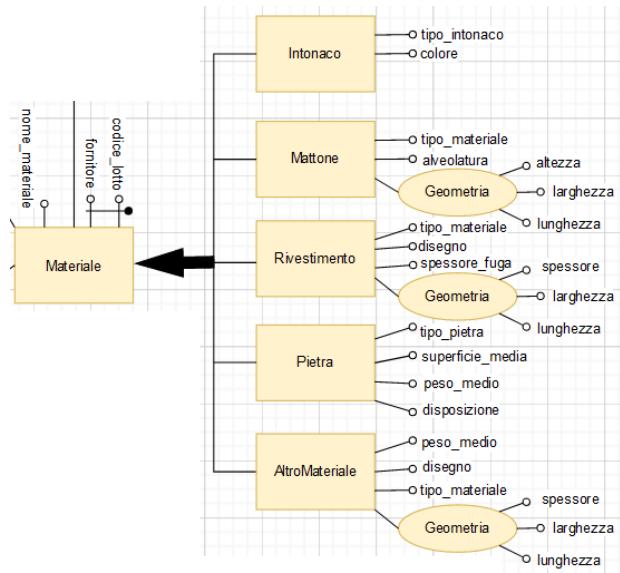
Tipo generalizzazione: Totale esclusiva

Tipo ristrutturazione: Sostituzione generalizzazione con relazioni

I materiali hanno caratteristiche differenti fra loro, per questo motivo sono state definite le diverse generalizzazioni caratterizzanti i principali materiali da costruzione: Intonaco, Mattone, Rivestimento, Pietra, AltroMateriale.

La soluzione della sostituzione della generalizzazione con specifiche relazioni si basa sulle seguenti considerazioni:

- Le quantità di tuple di materiali specifici nelle diverse categorie, può essere considerata confrontabile fra le varie categorie;
- Gli attributi caratteristici di ciascuna generalizzazione risultano essere eterogenei fra le diverse categorie;
- L'interrogazione di queste informazioni (le proprietà di ciascun materiale) può essere considerata un'operazione abbastanza rara considerando che la finalità principale della banca dati progettata è quella di monitoraggio dinamico degli edifici;



Nome Entità	Descrizione	Chiave	Attributi
AltroMateriale	[...]	[...]	[...]
Intonaco	[...]	[...]	[...]
Materiale	[...]	[...]	[...]
Mattone	[...]	[...]	[...]
Pietra	[...]	[...]	[...]
Rivestimento	[...]	[...]	[...]

Nome Relazione	Entità 1	Entità 2	Attributi
SpecAltro	Materiale (0,1) Ogni materiale può essere di tipo AltroMateriale con le relative specifiche.	AltroMateriale (1,1) Ad ogni materiale di tipo AltroMateriale corrisponde solamente un materiale.	
SpecIntonaco	Materiale (0,1)	Intonaco (1,1)	

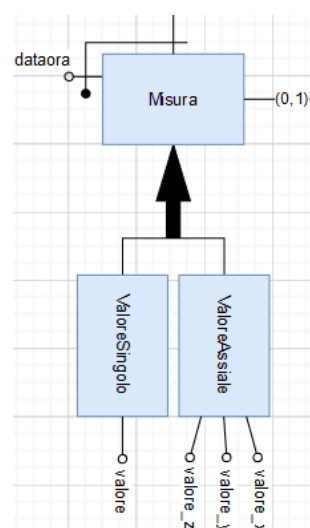
	Ogni materiale può essere di tipo Intonaco con le relative specifiche.	Ad ogni materiale di tipo Intonaco corrisponde solamente un materiale.	
SpecMattone	Materiale (0,1) Ogni materiale può essere di tipo Mattone con le relative specifiche.	Mattone (1,1) Ad ogni materiale di tipo Mattone corrisponde solamente un materiale.	
SpecPietra	Materiale (0,1) Ogni materiale può essere di tipo Pietra con le relative specifiche.	Pietra (1,1) Ad ogni materiale di tipo Pietra corrisponde solamente un materiale.	
SpecRivestimento	Materiale (0,1) Ogni materiale può essere di tipo Rivestimento con le relative specifiche.	Rivestimento (1,1) Ad ogni materiale di tipo Rivestimento corrisponde solamente un materiale.	

3.1.4 Misura

Tipo generalizzazione: Totale esclusiva

Tipo ristrutturazione: Accorpamento figlie nel genitore

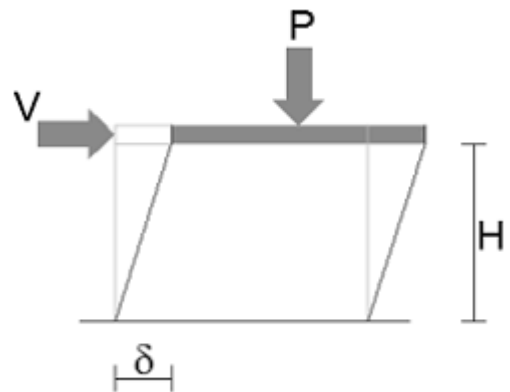
Le registrazioni di un sensore possono essere eseguite ad intervalli regolari oppure in continuo (basse frequenze di campionamento). A seconda del tipo di sensore e delle grandezze che questo misura, possiamo definire a priori la frequenza delle sue registrazioni in modo che queste abbiano un significato per le successive analisi. Per esempio, se si vuole monitorare la temperatura di un edificio, in modo da prevedere analisi di efficientamento energetico sulla climatizzazione dello stesso, è necessario che un sensore di temperatura campioni un dato ogni quindici minuti. Se anche volessimo abbassare la frequenza di campionamento per provare ad analizzare più dettagliatamente il fenomeno, potremmo arrivare a campionare la temperatura ogni minuto, probabilmente senza riuscire ad ottenere nessun tipo di vantaggio nell'analisi. Se si pensa invece ad un'analisi che permetta di studiare la risposta sismica di un edificio a seguito di un sisma, dovremmo adoperare un sensore di accelerazione triassiale. Considerando però la durata di un evento sismico, generalmente compresa fra pochi secondi a più di un minuto, e la sua caratteristica impulsiva, è necessario che le registrazioni di questi strumenti abbiano frequenze estremamente basse poiché altrimenti non riusciremmo ad avere la quantità di dati corretta per studiare il fenomeno. Gli accelerometri triassiali usati per il monitoraggio degli edifici arrivano normalmente a misurare frequenze fino a 200 Hz, cioè 200 misure al secondo (<https://webapi.ingenio-web.it/immagini/file/byname?name=L16.pdf>),



poiché per ricostruire la storia temporale di un segnale, la frequenza di campionamento deve essere almeno 10 volte la massima frequenza di interesse, che per un sisma è posta pari a 20 Hz.

Fatta tutta questa premessa, la soluzione dell'accorpamento delle figlie nel genitore si basa sulle seguenti considerazioni:

- Anche se per ogni edificio fosse installato solamente un solo accelerometro triassiale quale sensore a bassa frequenza di campionamento, questo da solo produrrebbe 200 registrazioni al secondo, che sono di gran lunga superiori al numero di registrazioni che possono essere raccolte dai sensori che campionano a intervalli regolari, normalmente con frequenza massima pari a 10 min;
- All'interno di un edificio sottoposto a monitoraggio per la sicurezza, è buona prassi installare un accelerometro almeno in ogni piano, così da poter valutare i cosiddetti drift di interpiano della struttura, cioè gli spostamenti differenziali massimi occorsi fra un piano e l'altro rispetto all'orizzontale. Ovviamente l'installazione di più accelerometri sullo stesso piano consente di migliorare l'efficacia della misura riuscendo a considerare anche l'eventuale errore dello strumento.



La necessità di installare diversi accelerometri per piano, unita all'alto numero di registrazioni fatte per ogni accelerometro, giustificano la scelta della ristrutturazione fatta. I campi uniti all'Entità padre sono valore_x, valore_y, valore_z. Nel caso di sensori mono parametrici verrà valorizzato il campo valore_x e compilati a "null" i restanti.

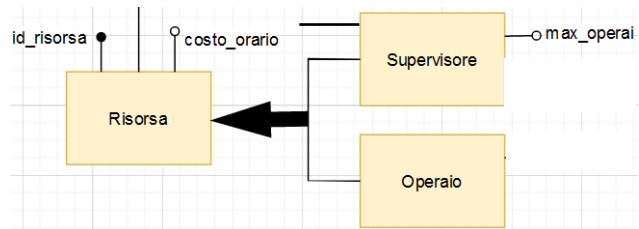
Nome Entità	Descrizione	Chiave	Attributi
Misura	La registrazione fatta ad un certo istante da un sensore.	Sensore.id_sensore, dataora	valore_x, valore_y, valore_z
ValoreAssiale	[...]	Sensore.id_sensore, dataora	valore_x, — valore_y, valore_z
ValoreSingolo	[...]	Sensore.id_sensore, dataora	valore

3.1.5 Risorsa

Tipo generalizzazione: Totale esclusiva

Tipo ristrutturazione: Accorpamento genitore nelle figlie

Una risorsa può avere il ruolo di operaio oppure di supervisore, come per esempio i direttori lavori oppure i capo cantiere.



Ricordiamo che deve essere previsto un controllo automatico che verifichi la corretta imputazione dei turni di lavoro degli operai in modo che il cantiere non sia mai troppo affollato, ogni volta che avviene un nuovo inserimento di un turno. In questo caso la soluzione più efficiente è quella di mantenere due entità separate poiché gli accessi alle entità sono distinti.

Al contrario, durante il calcolo del costo di un'attività oppure di un progetto, è necessario accedere a tutte le risorse coinvolte e una ristrutturazione con accorpamento in un'unica entità sarebbe più vantaggiosa.

La soluzione dell'accorpamento del genitore nelle figlie si basa sulle seguenti considerazioni:

- Il numero massimo di lavoratori contestuali in ogni ora della giornata viene calcolato considerando solamente le risorse operative e non quelle con ruolo di coordinamento accedendo alla sola entità Operaio;
- Il numero massimo di lavoratori coordinabili dal loro responsabile viene controllato interrogando l'attributo max_operai del supervisore (nell'entità Supervisore) assegnato al lavoro specifico, e conteggiato il numero delle risorse presenti durante quel turno di lavorazione;
- Il numero di operazioni di aggiunta e cambiamento di turni all'interno della banca dati (perciò il contestuale controllo di congruità) è molto maggiore rispetto al calcolo del costo dello stato di avanzamento.

In queste condizioni, gli accessi alle entità avvengono in maniera distinta solamente sulle entità figlie e gli attributi di interesse sono solamente quelli delle rispettive specializzazioni.

Nome Entità	Descrizione	Chiave	Attributi
Operaio	Risorsa di tipo operaio.	id_risorsa	costo_orario
Risorsa	[...]	id_risorsa	costo_orario
Supervisore	Risorsa di tipo supervisore.	id_risorsa	max_operai, costo_orario

Nome Relazione	Entità 1	Entità 2	Attributi
Coordinamento	Lavoro (1,1) Ogni lavoro è coordinato da un solo supervisore.	Supervisore (0,N) Ogni supervisore può coordinare uno o più lavori.	
TurnoOperaio	ImpiegoOperaio (1,1) Ogni turno di un operaio specifico è svolto da un solo operaio.	Operaio (0,N) Ogni operaio può svolgere uno o più turni.	
TurnoSupervisore	ImpiegoSupervisore(1,1) Ogni turno di un supervisore specifico è coordinato da un solo supervisore.	Supervisore (0,N) Un supervisore può coordinare ogni lavorazione con uno o più turni.	

Andando a separare le due entità vengono create due relazioni specifiche

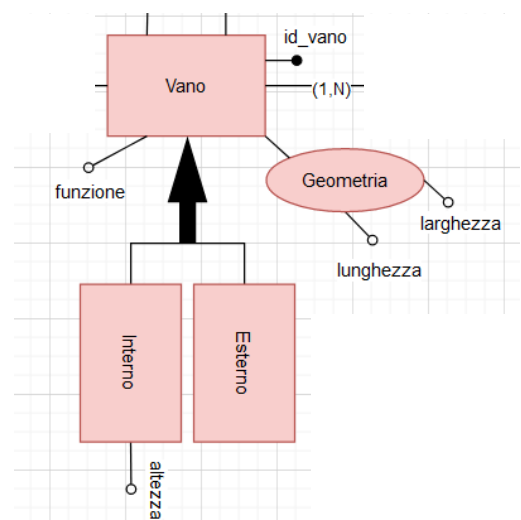
3.1.6 Vano

Tipo generalizzazione: Totale esclusiva

Tipo ristrutturazione: Accorpamento figlie nel genitore

Un vano può essere di tipo interno, come per esempio una stanza, oppure di tipo esterno, come un balcone. Le due alternative si distinguono per la presenza o meno dell'attributo "altezza" relativo all'altezza massima dell'ambiente. La soluzione dell'accorpamento delle figlie nel genitore si basa sulle seguenti considerazioni:

- Nelle maggior parte delle abitazioni esistono più ambienti interni che ambienti esterni, perciò si avrebbero più record con l'attributo compilato rispetto ai valori "null".
- La ristrutturazione permette di evitare la creazione di un attributo "tipo" poiché questo sarebbe ridondante rispetto alla valorizzazione o meno dell'attributo "altezza".



Nome Entità	Descrizione	Chiave	Attributi
Esterno	[...]	Vano.id_vano	
Interno	[...]	Vano.id_vano	altezza
Vano	Un ambiente interno oppure esterno di un edificio.	id_vano	funzione, larghezza, lunghezza, altezza

3.2 Eliminazione attributi multivalore

Non sono presenti attributi multivalore.

3.3 Eliminazione attributi composti

Tutti gli attributi composti sono stati aggiunti all'entità alla quale erano riferiti perché, nello specifico, rappresentano caratteristiche con valori molto eterogenei (basti pensare alle coordinate e agli attributi geometrici).

4. Operazioni sui Dati

4.1 Tavola dei volumi

Il volume dei dati stimato per il progetto è calcolato ipotizzando un orizzonte temporale di 10 anni di utilizzo della base dati.

4.1.1 Area generale

Nome	Tipo	Volume	Nota
Accesso	Relazione	360	Cardinalità (1,1) con Apertura
Apertura	Entità	360	Si può stimare la presenza media di 2 aperture per vano, siano essere porte o finestre (ipotesi 6). Calcolo: $180 \cdot 2$
Area	Entità	3	Gli edifici sono situati nella stessa provincia (ipotesi 1)
Edificio	Entità	10	Si assume siano censiti a sistema 6 edifici storici, senza il progetto iniziale di costruzione, e 4 nuove costruzioni (ipotesi 0). Calcolo: $6 + 4$
Muro	Entità	450	Possiamo assumere che per ogni vano esistano 2.5 pareti dedicate (ipotesi 4). Calcolo: $180 \cdot 2.5$
Pericolo	Relazione	5	Cardinalità (1,1) con Rischio
Perimetro	Relazione	810	Si assume che il 20% del totale dei muri sono quelli che costituiscono il perimetro esterno (x1) mentre il restante 80% sono muri interni in condivisione fra due vani (x2) (ipotesi 5) Calcolo: $(0.2 \cdot 450) \cdot 1 + (0.8 \cdot 450) \cdot 2$
Piano	Entità	42	Le nuove costruzioni sono condomini da 6 piani ciascuno. Gli edifici storici sono costituiti da palazzi storici di 3 piani (ipotesi 2). Calcolo: $6 \cdot 3 + 4 \cdot 6$
Pianta	Relazione	180	Cardinalità (1,1) con Vano
Rischio	Entità	5	Siamo in Italia, ogni area definita appartiene ad una fascia diversa di pericolosità sismica (3 fasce di pericolosità sismica). Oltre ai terremoti, due delle area hanno anche un certo rischio idraulico (2 zone a rischio esondazione). Calcolo: $3 + 2$
Sede	Relazione	10	Cardinalità (1,1) con Edificio
Topologia	Relazione	42	Cardinalità (1,1) con Piano
Vano	Entità	180	Le nuove costruzioni sono condomini con 6 appartamenti per piano, ogni appartamento ha 5 vani, di cui 1 è un balcone. Gli edifici storici sono costituiti da palazzi storici con 10 vani per piano, di cui 1 è un balcone (ipotesi 3). Calcolo: $6 \cdot 10 + 4 \cdot 6 \cdot 5$

4.1.2 Area costruzione

Nome	Tipo	Volume	Nota
AltroMateriale	Entità	35	Vedi ipotesi 6.
Coordinamento	Relazione	6'656	Cardinalità (1,1) con Lavoro
ImpiegoOperaio	Entità	39'936	Si assume che ogni lavoro coinvolga mediamente 2 operai per 3 turni (ipotesi 3). Calcolo: $2 \cdot 3 \cdot 6'656$
ImpiegoSupervisore	Entità	19'968	Si assume che i lavori siano mediamente svolti in 3 turni (ipotesi 7). Calcolo: $3 \cdot 6'656$
Intonaco	Entità	10	Vedi ipotesi 6.
Lavorazione	Relazione	6'656	Cardinalità (1,1) con Lavoro
Lavoro	Entità	6'656	Si assume sussistano, mediamente in un progetto, 10 lavorazioni generali per ogni edificio, 5 lavorazioni per ogni piano e 5 lavorazioni per ogni muro (ipotesi 2). Calcolo: $[(10 \cdot 10 + 5 \cdot 42 + 5 \cdot 450) / 10] \cdot 26$
Materiale	Entità	90	Si assume l'utilizzo delle seguenti tipologie distinte di materiale (ipotesi 6): <ul style="list-style-type: none"> - 10x intonaco; - 15x mattone; - 25x rivestimento; - 5x pietra; - 35x altro. Calcolo: $10 + 15 + 25 + 5 + 35$
Mattone	Entità	15	Vedi ipotesi 6.
OperaGenerale	Relazione	260	Vedi ipotesi 2. Calcolo: $(10 \cdot 10 / 10) \cdot 26$
OperaImpalcato	Relazione	546	Vedi ipotesi 2. Calcolo: $(5 \cdot 42 / 10) \cdot 26$
OperaMuraria	Relazione	5'850	Vedi ipotesi 2. Calcolo: $(5 \cdot 450 / 10) \cdot 26$
Operaio	Entità	100	Si può considerare la presenza di 10 ditte diverse all'interno del progetto. Ogni ditta ha mediamente 10 operai in forza (ipotesi 4). Calcolo: $10 \cdot 10$
PartOperaio	Relazione	39'936	Cardinalità (1,1) con ImpiegoOperaio
PartSupervisore	Relazione	19'968	Cardinalità (1,1) con ImpiegoSupervisore
Pietra	Entità	5	Vedi ipotesi 6.
Progettazione	Relazione	26	Cardinalità (1,1) con Progetto
Progetto	Entità	26	Si assume siano presenti i progetti di costruzione dei nuovi edifici, i relativi progetti di ristrutturazione, e 3 progetti di ristrutturazione per ogni edificio storico (ipotesi 0). Calcolo: $6 \cdot 3 + 4 \cdot 2$
Rivestimento	Entità	25	Vedi ipotesi 6.
Sequenza	Relazione	260	Cardinalità (1,1) con StatoAvanzamento
SpecAltro	Relazione	35	Cardinalità (1,1) con AltroMateriale

SpecIntonaco	Relazione	10	Cardinalità (1,1) con Intonaco
SpecMattone	Relazione	15	Cardinalità (1,1) con Mattone
SpecRivestimento	Relazione	25	Cardinalità (1,1) con Rivestimento
SpecPietra	Relazione	5	Cardinalità (1,1) con Pietra
StatoAvanzamento	Entità	260	Si assume sussistano mediamente 10 stadi di avanzamento per ogni progetto (ipotesi 1). Calcolo: $26 \cdot 10$
Supervisore	Entità	20	Si assume che ogni supervisore possa coordinare mediamente 5 operai (ipotesi 8). Calcolo: $100/5$
TurnoOperaio	Relazione	39'936	Cardinalità (1,1) con ImpiegoOperaio
TurnoSupervisore	Relazione	19'968	Cardinalità (1,1) con ImpiegoSupervisore
UtilizzoMateriale	Relazione	26'624	Si assume che ogni lavoro coinvolga mediamente 2 ritiri di materiale distinti in 2 turni (ipotesi 5). Calcolo: $2 \cdot 2 \cdot 6'656$

4.1.3 Area monitoraggio

Nome	Tipo	Volume	Nota
Alert	Entità	5'089'757	Si assume che gli alert siano generati solamente da accelerometri, giroscopi ed estensimetri. Per gli accelerometri si considera 1 scossa di terremoto "percepibile" ogni due anni ed una sua durata media di 1 minuto. Per gli altri sensori si considera la generazione di un alert con una probabilità dello 0.1% (ipotesi 2). Calcolo: $200 \cdot 84 \cdot 60 \cdot 1 \cdot 10/2 + 0.001 \cdot (652-84) \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10$
Installazione	Relazione	652	Cardinalità (1,1) con Sensore
Misura	Entità	85'358'400	Si riprende il discorso fatto nel paragrafo 3.1.4 e si ipotizza di mantenere uno storico di dati pari a (ipotesi 1): <ul style="list-style-type: none"> - 1 ora per i sensori che campionano con cadenza inferiore a 15 min (bassa frequenza); - 5 anni per tutte le altre misure (alta frequenza). La frequenza di campionamento si assume pari a: <ul style="list-style-type: none"> - 200 misure/s per gli accelerometri (200 Hz); - 1 misura/h per tutte le altre misure. Calcolo: $200 \cdot 84 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 1 + 1 \cdot (652-84) \cdot 24 \cdot 365 \cdot 5$
Registrazione	Relazione	85'358'400	Cardinalità (1,1) con Misura
Sensore	Entità	652	Si assumere che tutti gli edifici censiti siano dotati di sensori. In particolare, si possono considerare mediamente (ipotesi 0): <ul style="list-style-type: none"> - 2 accelerometri/piano da installare sui solai degli edifici (monitoraggio drift di piano); - 6 giroscopi/piano da installare sui solai degli edifici storici (monitoraggio inclinazione/cedimento solai);

			<ul style="list-style-type: none"> - 5 estensimetri/piano da installare sulle murature portanti degli edifici storici (monitoraggio crepe/fessure); - 1 sensore di temperatura/vano; - 1 sensore di umidità/vano; - 1 sensore di precipitazioni/edificio. <p>Calcolo: $6 \cdot 3 \cdot (6+5) + 42 \cdot 2 + 10 + 180 + 180$</p>
Soglia	Relazione	5'089'757	Cardinalità (1,1) con Alert

4.2 Operazioni significative e analisi delle performance

Di seguito sono riportate le 8 operazioni significative (Op) sui dati.

Per il calcolo del costo totale dell'operazione si considera doppio il peso delle operazioni di scrittura rispetto a quelle di lettura (1 accesso scrittura = 2 accesso in lettura).

4.2.1 Op 1 – InserimentoMisura

Descrizione: Operazione che permette di inserire una nuova misura proveniente da un sensore all'interno dell'entità Misura e, se superiore alla soglia di sicurezza, generare l'alert corrispondente. Prima che l'operazione venga eseguita, viene controllato che l'id_sensore specificato esista nell'anagrafica.

Input: id_sensore, valore_x, valore_y, valore_z, dataora

Output: nessuno. Inserisce la misura (e l'eventuale alert) nel database se i controlli risultano soddisfatti oppure stampa un errore.

Frequenza: 60'480'568 volte l'ora (vedi paragrafo 4.1.3)

Tavola dei volumi:

Nome	Tipo	Volume
Alert	Entità	5'089'757
Misura	Entità	85'358'400
Registrazione	Relazione	85'358'400
Sensore	Entità	652
Soglia	Relazione	5'089'757

Porzione E-R:

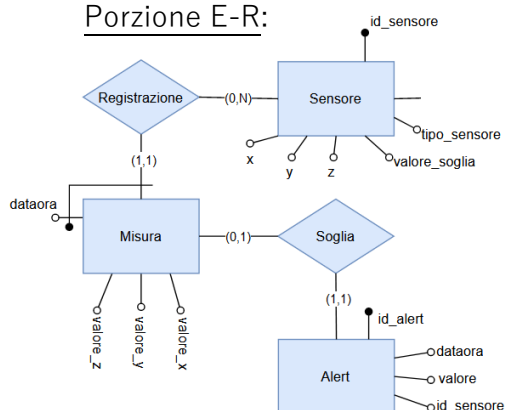


Tavola degli accessi:

Si riporta la tavola degli accessi dell'operazione "completa", ovvero l'inserimento di una misura con valore registrato superiore alla soglia di sicurezza.

Id	Concetto	Tipo Concetto	Tipo Accesso	Numero accessi	Nota
1	Misura	Entità	Scrittura	1	Si scrivono i dati della misura registrata nell'entità specifica.
2	Registrazione	Relazione	Scrittura	1	Si riporta la coppia Sensore-Misura nella relazione specifica.
3	Sensore	Entità	Lettura	1	Si esegue una lettura del valore della soglia di sicurezza relativa al sensore specifico.

4	Alert	Entità	Scrittura	1	Si scrivono i dati della misura che ha superato la soglia nell'entità specifica.
5	Soglia	Relazione	Scrittura	1	Si riporta la coppia Misura-Alert nella relazione specifica.

Per il calcolo dell'impatto generale dell'operazione, poiché l'evento che venga superata la soglia di sicurezza è molto raro (Alert contiene ~5 mln di record registrati in 10 anni, mediamente 1400 tuple al giorno, vedi paragrafo 4.1.3), si trascurano gli ultimi due Id (5-6).

Costo operazione: $60'480'568 \text{ operazioni/ora} * 24 \text{ ore} * [1 * (1+1) + 2 * (1+1)]$
 accessi/operazione = 5'806'134'528 accessi/giorno

4.2.2 Op 2 – InserimentoTurnoOperaio

Descrizione: Operazione che permette di inserire un nuovo turno di lavoro all'interno dell'entità specifica ImpiegoOperaio a seguito del superamento dei seguenti controlli:

- Operaio non sia assegnato ad un'altra lavorazione in quell'intervallo di tempo;
- Presenza del supervisore assegnato durante il turno di lavorazione;
- Numero massimo di operai che lavorano contemporaneamente allo stesso lavoro;
- Numero massimo di operai coordinati dallo stesso supervisore.

Input: id_lavoro, id_risorsa, dataora, ore_lavoro

Output: nessuno. Inserisce il turno nel database se i controlli risultano soddisfatti oppure stampa un errore.

Frequenza: ~16 volte al giorno (vedi paragrafo 4.1.2 – 39'936 lavori/10 anni/250 giorni lavorativi)

Porzione E-R:

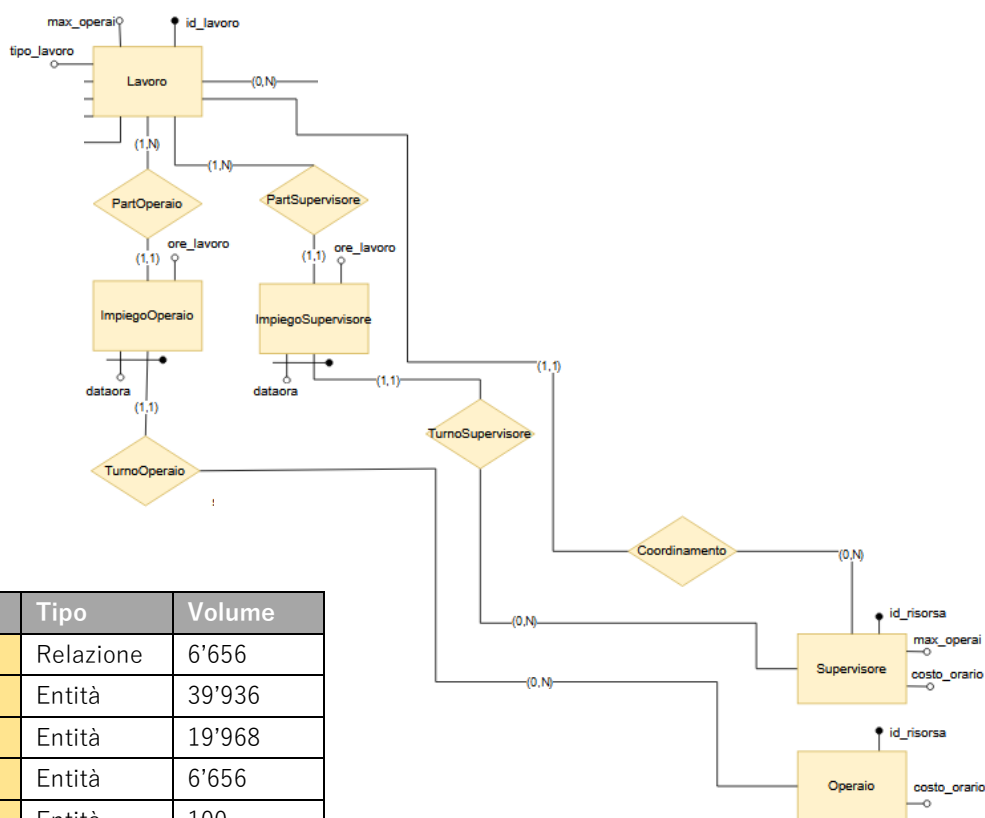


Tavola dei volumi:

Nome	Tipo	Volume
Coordinamento	Relazione	6'656
ImpiegoOperaio	Entità	39'936
ImpiegoSupervisore	Entità	19'968
Lavoro	Entità	6'656
Operaio	Entità	100
PartOperaio	Relazione	39'936
PartSupervisore	Relazione	19'968
Supervisore	Entità	20
TurnoOperaio	Relazione	39'936
TurnoSupervisore	Relazione	19'968

Tavola degli accessi:

Id	Concetto	Tipo Concetto	Tipo Accesso	Numero accessi	Nota
1	TurnoOperaio	Relazione	Lettura	~399 (39'936/100)	Recupero tutte le occorrenze relative alla risorsa operaio specifica (ricerca per id_risorsa),
2	ImpiegoOperaio	Entità	Lettura	~399	Leggo le tuple dell'entità specifica, relative alle occorrenze precedenti, per ottenere l'attributo ore_lavoro necessario a controllare che fra i vari turni dell'operaio, anche su lavori diversi, non vi siano sovrapposizioni con il nuovo turno che si vuole inserire.
3	PartSupervisore	Relazione	Lettura	3 (19'968/6'656)	Recupero tutte le occorrenze della relazione relativi al lavoro specifico (ricerca per id_lavoro),
4	ImpiegoSupervisore	Entità	Lettura	3	Leggo le tuple dell'identità specifica, relative alle occorrenze precedenti, per controllare che fra i vari turni del supervisore vi sia sovrapposizione con il nuovo turno che si vuole inserire (che il supervisore sia presente).
5	Coordinamento	Relazione	Lettura	1	Recupero la chiave del supervisore relativo al lavoro specifico (ricerca in base a id_lavoro).
6	Supervisore	Entità	Lettura	1	Recupero il numero massimo di operai che può coordinare quel supervisore (ricerca per id_risorsa).
7	PartOperaio	Relazione	Lettura	6 (39'936/6'656)	Recupero tutte le occorrenze relative al lavoro specifico (ricerca per id_lavoro). A questo punto conto il numero di operai distinti che stanno lavorando, anche NON CONTESTUALMENTE, allo stesso lavoro (check supervisore).
8	Lavoro	Entità	Lettura	1	Recupero il numero di lavoratori massimo contestuali, ammessi per quel lavoro, con una lettura attraverso l'id_lavoro.
9	PartOperaio	Relazione	Lettura	6 (39'936/6'656)	Recupero tutte le occorrenze della relazione relative al lavoro specifico (ricerca per id_lavoro),
10	ImpiegoOperaio	Entità	Lettura	6	Leggo gli attributi id_risorsa, dataora e ore_lavoro così da valutare la contemporaneità del lavoro. A questo punto conto il numero di operai distinti che stanno lavorando

					CONTESTUALMENTE allo stesso lavoro (check lavoro).
11	PartOperaio	Relazione	Scrittura	1	Si scrive il turno specificato nell'operazione nella relazione corrispondente.
12	ImpiegoOperaio	Entità	Scrittura	1	Si scrive il turno specificato e le ore di lavoro della risorsa all'interno dell'entità.
13	TurnoOperaio	Relazione	Scrittura	1	Si scrive il turno specificato nell'operazione nella relazione corrispondente.

Costo operazione: 16 operazioni/giorno * [1 * (399+399+3+3+1+1+6+1+6+6) + 2 * (1+1+1)] accessi/operazione = 13'296 accessi/giorno

4.2.3 Op 3 – InstallazioneSensore

Descrizione: Operazione che permette di inserire un nuovo sensore all'interno di un vano esistente. Prima che il sensore possa essere inserito, bisogna controllare che le coordinate inserite siano coerenti con quelle del vano ospitante.

Input: id_vano, tipo_sensore, valore_soglia, x, y, z

Output: nessuno. Inserisce il nuovo sensore nel database se i controlli risultano soddisfatti oppure stampa un errore.

Frequenza: 20 volte al mese (2 sensori al mese per edificio, 2 * 10 edifici).

Tavola dei volumi:

Nome	Tipo	Volume
Installazione	Relazione	652
Sensore	Entità	652
Muro	Entità	450
Perimetro	Relazione	810
Vano	Entità	180

Porzione E-R:

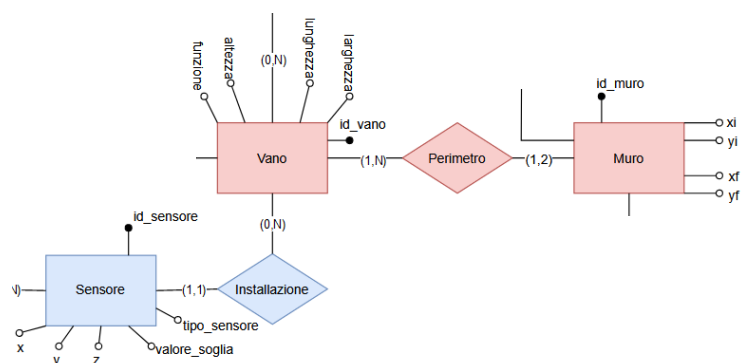


Tavola degli accessi:

Id	Concetto	Tipo Concetto	Tipo Accesso	Numero accessi	Nota
1	Perimetro	Relazione	Lettura	~5 (810/180)	Recupero tutti gli id_muro che appartengono al vano specificato nell'input (ricerca per id_vano).
2	Muro	Entità	Lettura	~5	Accedo alle tuple dei muri trovati così da leggere le coordinate degli stessi e controllare che il sensore sia contenuto nel poligono descritto dalle pareti del vano.
3	Sensore	Entità	Scrittura	1	Si scrivono i dati del sensore nell'entità specifica.
4	Installazione	Relazione	Scrittura	1	Si riporta la coppia Sensore-Installazione nella relazione specifica.

Costo operazione: $20 \text{ operazioni/mese} * [1 * (5+5) + 2 * (1+1)] \text{ accessi/operazione} = 280 \text{ accessi/mesi}$

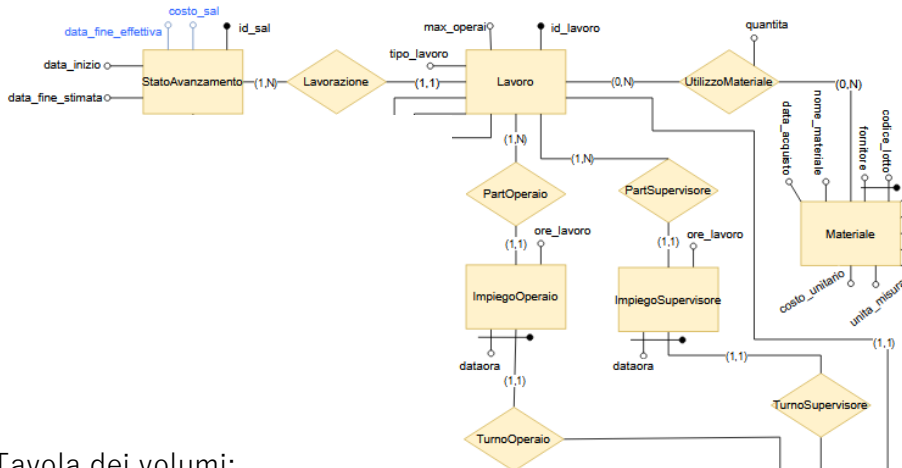
4.2.4 Op 3 – CostoSAL

Descrizione: Operazione che permette di calcolare il costo di un intero stadio di avanzamento lavori.

Input: id_sal

Output: costo.

Frequenza: 26 volte al giorno (circa 1 volta per ogni stadio di avanzamento in corso, $1 * 260/10$).



Porzione E-R:

Tavola dei volumi:

Nome	Tipo	Volume
Coordinamento	Relazione	6'656
ImpiegoOperaio	Entità	39'936
ImpiegoSupervisore	Entità	19'968
Lavorazione	Relazione	6'656
Lavoro	Entità	6'656
Materiale	Entità	90
Operaio	Entità	100
PartOperaio	Relazione	39'936
PartSupervisore	Relazione	19'968
StatoAvanzamento	Entità	260
Supervisore	Entità	20
TurnoOperaio	Relazione	39'936
TurnoSupervisore	Relazione	19'968
UtilizzoMateriale	Relazione	26'624

Tavola degli accessi:

Id	Concetto	Tipo Concetto	Tipo Accesso	Numero accessi	Nota
1	Lavorazione	Relazione	Lettura	~26 (6'656/260)	Recupero tutti gli id_lavoro che sono in relazione con il SAL specifico (ricerca per id_sal).

2	PartOperaio	Relazione	Lettura	~154 (39'936/260)	Recupero tutti i turni (id_risorsa, data_ora) degli operativi che hanno partecipato alle lavorazioni dalle occorrenze della relazione (ricerca per id_lavoro).
3	ImpiegoOperaio	Entità	Lettura	~154	Leggo tutte le tuple relative alla ricerca precedente per ottenere il numero di ore che gli operai hanno lavorato all'attività, (attributo ore_lavoro).
4	Operaio	Entità	Lettura	10	Recupero il costo orario, dall'attributo costo_orario, di ognuna delle risorse operative che hanno partecipato alle attività (ricerca per id_risorsa). Si ipotizza che per ogni stadio di avanzamento vengano impiegate mediamente 10 risorse operative diverse.
5	PartSupervisore	Relazione	Lettura	~77 (19'968/260)	Recupero tutti i turni (id_risorsa, data_ora) dei supervisori che hanno partecipato alle lavorazioni (ricerca per id_lavoro).
6	ImpiegoSupervisore	Entità	Lettura	~77	Leggo tutte le tuple relative alla ricerca precedente per ottenere il numero di ore che i supervisori hanno coordinato le attività (attributo ore_lavoro).
7	Supervisore	Entità	Lettura	2 (10/5)	Recupero il costo orario, dall'attributo costo_orario, dei supervisori che hanno coordinato le attività (ricerca per id_risorsa). Per il calcolo di veda l' ipotesi 7 all'interno della definizione della tavola dei volumi specifica.
8	UtilizzoMateriale	Relazione	Lettura	~102 (26'624/6'656)	Recupero tutte le tuple relative ai materiali utilizzati per la lavorazione specifica, per ottenere le quantità utilizzate (ricerca per id_lavoro).
9	Materiale	Entità	Lettura	~51 (~102/2)	Recupero il costo unitario, dall'attributo costo_unitario, di tutti i materiali utilizzati (ricerca per codice_lotto + fornitore). Per il calcolo si veda l' ipotesi 5 all'interno della definizione della tavola dei volumi specifica.

Costo operazione: 26 operazioni/giorno * [1 * (26+154+154+10+77+77+2+102+51) + 2 *(0)]
 accessi/operazione = 16'978 accessi/giorno

4.2.5 Op 5 – InserimentoAltroMateriale

Descrizione: Operazione che permette di inserire un nuovo materiale di tipo AltroMateriale all'interno della relativa anagrafica.

Input: codice_lotto, fornitore, nome_materiale, data_acquisto, costo_unitario, unita_misura, peso_medio, disegno, tipo_materiale, spessore, larghezza, lunghezza.

Output: nessuno. Inserisce il nuovo materiale nel database.

Frequenza: 5 volte l'anno.

Tavola dei volumi:

Nome	Tipo	Volume
AltroMateriale	Entità	35
Materiale	Entità	90
SpecAltro	Relazione	35

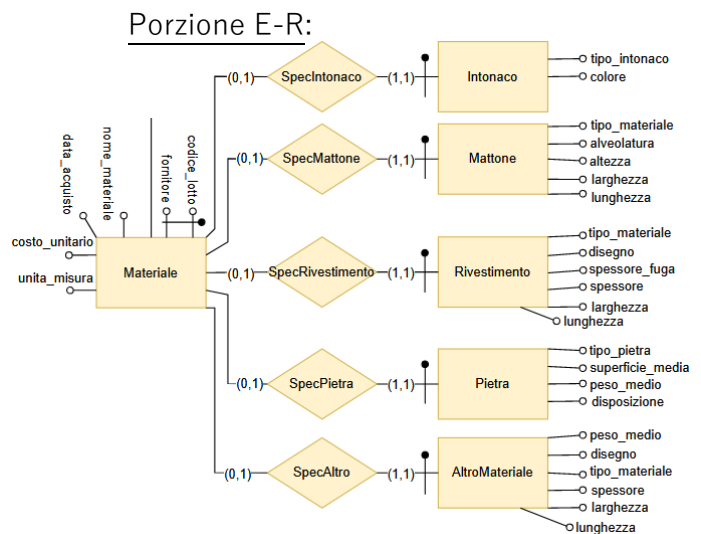


Tavola degli accessi:

Id	Concetto	Tipo Concetto	Tipo Accesso	Numero accessi	Nota
1	Materiale	Entità	Scrittura	1	Si inserisce la tupla (codice_lotto, fornitore, nome_materiale, data_acquisto, costo_unitario, unità di misura) all'interno dell'entità specifica.
2	AltroMateriale	Entità	Scrittura	1	Si inserisce la tupla (peso_medio, disegno, tipo_materiale, spessore, larghezza, lunghezza) all'interno dell'entità specifica.

Costo operazione: $5 \text{ operazioni/anno} * [1 * (0) + 2 * (1+1)] \text{ accessi/operazione} = 20 \text{ accessi/anno}$

4.2.6 Op 6 – ListaProgettiInCorso

Descrizione: Mostra l'elenco dei progetti per i quali sussistono ancora delle lavorazioni non svolte (attività che sono programmate con data e ora successive a quelle del momento dell'estrazione).

Input: nessuno.

Output: result set (id_progetto, tipo_progetto, data_inizio, data_fine_stimata, id_edificio, tipo_edificio, max(dataora) as nuova_fine_stimata).

Frequenza: 5 volte al giorno.

Porzione E-R:

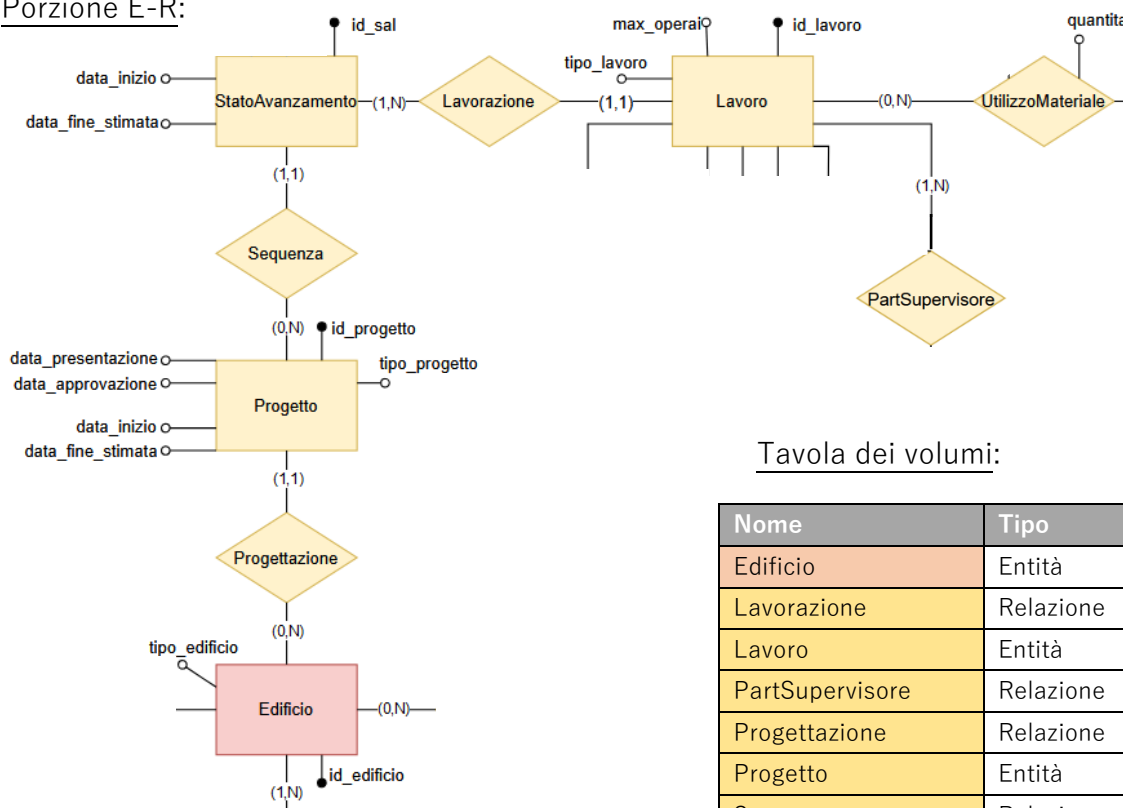


Tavola dei volumi:

Nome	Tipo	Volume
Edificio	Entità	10
Lavorazione	Relazione	6'656
Lavoro	Entità	6'656
PartSupervisore	Relazione	19'968
Progettazione	Relazione	26
Progetto	Entità	26
Sequenza	Relazione	260
StatoAvanzamento	Entità	260

Tavola degli accessi:

Poiché gli operai non possono lavorare se non supervisionati, e poiché il materiale non si “consuma” da solo, per estrarre le attività in corso basta limitarsi a cercare all'interno della relazione PartSupervisore.

Id	Concetto	Tipo Concetto	Tipo Accesso	Numero accessi	Nota
1	PartSupervisore	Relazione	Lettura	19'968	Leggo tutte le occorrenze (id_lavoro, dataora, id_risorsa) della relazione specifica per andare a cercare gli id_lavoro la cui data sia successiva

					all'istante dell'esecuzione della funzione (attività ancora programmate).
2	Lavorazione	Relazione	Lettura	~666 (6'656/10)	Per ogni id_lavoro trovato, ricerco l'id_sal corrispondente. Per il calcolo, si ipotizza di aver registrato nel database la programmazione delle attività annuali (ancora da svolgere) dei progetti. Il numero 10 sono gli anni totali di lavori registrati nel database.
3	Sequenza	Relazione	Lettura	26 (260/10)	Per ogni id_sal trovato, ricerco l'id_progetto corrispondente. Mediamente vengono rendicontati 2,6 progetti l'anno. Considero che le 3 lavorazioni differenti appartengano ognuna ad un progetto distinto.
4	Progetto	Entità	Lettura	~3 (26/10)	Leggo gli attributi di interesse all'interno dell'entità specifica per ogni id_progetto.
5	Progettazione	Relazione	Lettura	~3	Recupero l'id_edificio corrispondente ad ognuno degli id_progetto trovati.
6	Edificio	Entità	Lettura	~3	Leggo gli attributi di interesse all'interno dell'entità specifica per ogni id_edificio.

Costo totale: 5 operazioni/giorno * [1 * (19'968+666+26+3+3+3) + 2 * (0)] accessi/operazione
 = 103'345 accessi/giorno

4.2.7 Op 7 – Impegno2SettimaneOperaio

Descrizione: Mostra l'elenco delle attività e dei turni assegnati all'operaio dall'istante dell'esecuzione della funzione fino alle 2 settimane successive.

Input: id_risorsa.

Output: result set (id_risorsa, id_lavoro, tipo_lavoro, id_risorsa as supervisore, dataora as inizio, dataora+ore_lavoro as fine).

Frequenza: 16 volte al giorno.

Tavola dei volumi:

Nome	Tipo	Volume
Coordinamento	Relazione	6'656
ImpiegoOperaio	Relazione	39'936
Lavoro	Entità	6'656
Operaio	Entità	100
PartOperaio	Relazione	39'936
TurnoOperaio	Relazione	39'936

Porzione E-R:

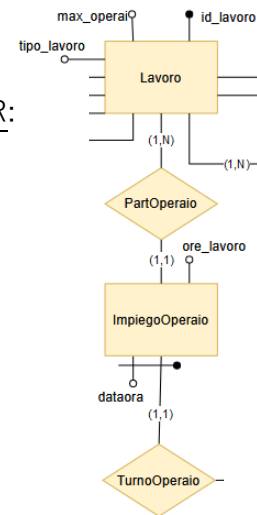


Tavola degli accessi:

Id	Concetto	Tipo Concetto	Tipo Accesso	Numero accessi	Nota
1	TurnoOperaio	Relazione	Lettura	~399 (39'936/100)	Recupero tutte le occorrenze/turni dell'operaio specifico (ricerca in base a id_risorsa). Fra le occorrenze trovate, vado a filtrare quelle con dataora compresa nelle 2 settimane dall'istante di esecuzione della funzione (399 turni in 10 anni, assumendo 50 settimane di lavoro all'anno).
2	Lavoro	Entità	Lettura	~2 (399/10/50*2)	Recupero le informazioni relative alle diverse lavorazioni programmate con una lettura attraverso gli id_lavoro trovati (ricerca per id_lavoro).
2	Coordinamento	Relazione	Lettura	1	Recupero la chiave del supervisore relativo ai lavori trovati (ricerca per id_lavoro).

Costo totale: 16 operazioni/giorno * [1 * (399+2+1) + 2 * (0)] accessi/ operazione = 6'432 accessi/giorno

4.2.8 Op 8 – DatiEdificio

Descrizione: Mostra l'elenco delle attività e dei turni assegnati all'operaio dall'istante dell'esecuzione della funzione fino alle 2 settimane successive.

Input: id_edificio.

Output: result set (id_edificio, tipo_edificio, piano, id_vano, funzione, lunghezza*larghezza as superficie_max).

Frequenza: 3 volte all'anno (ogni volta che bisogna predisporre un preventivo per un nuovo progetto).

Tavola dei volumi:

Nome	Tipo	Volume
Edificio	Entità	10
Piano	Entità	42
Pianta	Relazione	180
Topologia	Relazione	42
Vano	Entità	180

Porzione E-R:

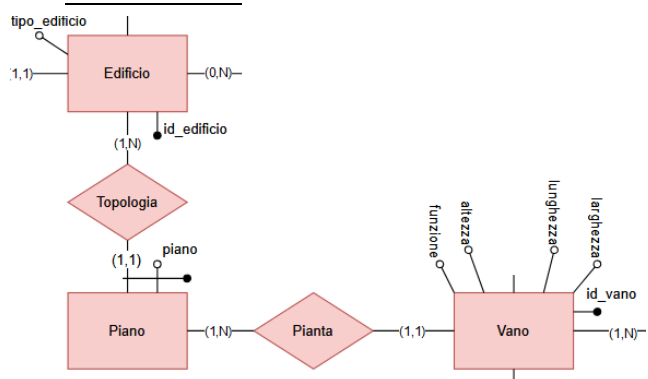


Tavola degli accessi:

Id	Concetto	Tipo Concetto	Tipo Accesso	Numero accessi	Nota
1	Edificio	Entità	Lettura	1	Leggo la tupla dell'id_edificio richiesto, così da estrarre l'attributo tipo_edificio.
2	Topologia	Relazione	Lettura	~4 (42/10)	Recupero i piani appartenenti all'edificio specifico (ricerca per id_edificio).
3	Pianta	Relazione	Lettura	18 (180/10)	Recupero i vani (id_vano) appartenenti ai piani specifici dell'edificio (ricerca per id_edificio+piano).
4	Vano	Entità	Lettura	18	Leggo le tuple dei vani trovati (ricerca per id_vano) così da estrarre gli attributi ricercati.

Costo totale: 3 operazioni/anno * [1 * (1+4+18+18) + 2 * (0)] accessi/ operazione = 123 accessi/anno

4.3 Introduzione di ridondanze

In questa sezione vengono analizzate alcune delle operazioni significative scelte per verificare se è possibile ridurre i costi degli accessi sul database introducendo una ridondanza.

A seguito di un'analisi generale sugli accessi sono state scelte le seguenti operazioni:

- CostoSAL;
- ListaProgettiInCorso.

4.3.1 CostoSAL

Viene aggiunto l'attributo *costo_sal* e *data_fine_effettiva* all'interno dell'entità *StatoAvanzamento*.

L'attributo *data_fine_effettiva* in realtà viene inserito come ridondanza per ridurre gli accessi dell'operazione *ListaProgettiInCorso* e i relativi calcoli saranno riportati nella sezione dedicata (paragrafo 4.3.2). L'introduzione di questo attributo permette anche un miglioramento delle performance dell'operazione di aggiornamento della ridondanza *costo_sal* per evitare di aggiornare i costi di stadi di avanzamento ormai terminati, motivo per cui si è deciso di introdurlo già in questo paragrafo.

4.3.1.1 Costo operazione considerando la ridondanza

Tavola degli accessi (con ridondanza):

Id	Concetto	Tipo Concetto	Tipo Accesso	Numero accessi	Nota
1	StatoAvanzamento	Entità	Lettura	1	Estraggo l'attributo <i>costo_sal</i> dalla tupla corrispondente all' <i>id_sal</i> specifico (ricerca per <i>id_sal</i>).

Costo operazione (CO): $26 \text{ operazioni/giorno} * [1 * (1) + 2 * (0)] \text{ accessi/operazione} = 26 \text{ accessi/giorno}$

4.3.1.2 Costo dell'aggiornamento della ridondanza

Il nuovo attributo viene aggiornato una volta al giorno durante il momento di minor carico del database (ipotizzato alle 2 di notte). L'aggiornamento viene effettuato solamente per gli stadi di avanzamento non ancora terminati sfruttando la presenza della seconda ridondanza *data_fine_effettiva*.

Tavola degli accessi (aggiornamento):

Id	Concetto	Tipo Concetto	Tipo Accesso	Numero accessi	Nota
1	StatoAvanzamento	Relazione	Lettura	260	Vado a leggere tutte le tuple dell'entità specifica per recuperare tutti gli id_sal la cui data_fine_effettiva (+25h) sia maggiore oppure uguale all'istante di esecuzione dell'aggiornamento (ricerca per l'attributo non chiave data_fine_effettiva).
2	Lavorazione	Relazione	Lettura	~666 (6'656/10)	Recupero tutti gli id_lavoro che sono in relazione con gli id_sal restituiti dalla ricerca precedente (ricerca per id_sal). Per il calcolo, si ipotizza di aver registrato nel database la programmazione delle attività annuali (ancora da svolgere) dei progetti. Il numero 10 sono gli anni totali di lavori registrati nel database.
3	PartOperaio	Relazione	Lettura	~3'994 (39'936/10)	Recupero tutte le occorrenze/turni (id_risorsa, data_ora) degli operativi che hanno partecipato alle lavorazioni (ricerca per id_lavoro).
4	ImpiegoOperaio	Entità	Lettura	~3'994	Leggo tutte le tuple relative alla ricerca precedente per ottenere il numero di ore che gli operai hanno lavorato alle attività, (attributo ore_lavoro).
5	Operaio	Entità	Lettura	100	Recupero il costo orario, dall'attributo costo_orario, di ognuna delle risorse operative che hanno partecipato alle attività (ricerca per id_risorsa). Si ipotizza che all'interno di un intero anno di lavori, tutti gli operai possano partecipare alle attività.
6	PartSupervisore	Relazione	Lettura	~1'997 (19'968/10)	Recupero tutte le occorrenze/turni (id_risorsa, data_ora) dei supervisori che hanno partecipato alle lavorazioni (ricerca per id_lavoro).
7	ImpiegoSupervisore	Entità	Lettura	~1'997	Leggo tutte le tuple relative alla ricerca precedente per ottenere il numero di ore che i supervisori hanno coordinato le attività (attributo ore_lavoro).
8	Supervisore	Entità	Lettura	20	Recupero il costo orario, dall'attributo costo_orario, del supervisore che ha coordinato l'attività (ricerca per id_risorsa).

					Si ipotizza che all'interno di un intero anno di lavori, tutti i supervisori possano coordinare le attività.
9	UtilizzoMateriale	Relazione	Lettura	~2'662 (26'624/10)	Recupero tutte le tuple relative ai materiali utilizzati per le lavorazioni specifiche, per ottenere le quantità utilizzate (ricerca per id_lavoro).
10	Materiale	Entità	Lettura	90	Recupero il costo unitario, dall'attributo costo_unitario, di tutti i materiali utilizzati (ricerca per codice_lotto + fornitore). Si ipotizza che all'interno di un intero anno di lavori, tutti i materiali possano essere utilizzati per le attività.
11	StatoAvanzamento	Entità	Scrittura	26 (260/10)	Per ognuno degli stadi di avanzamento ancora in corso vado ad aggiornare la ridondanza <i>costo_sal</i> .

Costo aggiornamento (CA): 1 operazioni/giorno * [1 * (260+666+3'994+3'994+100+1'997+1'997+20+2'662+90) + 2 * (26)] accessi/operazione = 15'832 accessi/giorno

Costo totale: 26 accessi/giorno + 15'832 accessi/giorno = 15'858 accessi/giorno

4.3.1.3 Analisi dei costi

Di seguito si riporta espressamente l'analisi dei costi dovuti all'introduzione della ridondanza:

- $f^T = 26$
- $o^T = 653$
- $n^T = f^T \cdot o^T = 16'978$
- $o^{T_{RID}} = 1$
- $n^{T_{RID}} = f^T \cdot o^{T_{RID}} = 26$
- $\Delta = n^T - n^{T_{RID}} = 16'952$
- $g^A = 1$
- $o^A = 15'832$
- $n^A = f^A \cdot o^A = 15'832$
- $n^{T_{RID}} + n^A = 15'858$

Il numero di operazioni elementari effettuate in presenza di ridondanza ($n^{T_{RID}} + n^A$) è inferiore al numero effettuato dall'operazione target T in assenza di ridondanza (n^T), perciò l'introduzione della ridondanza è stato conveniente.

4.3.2 ListaProgettiInCorso

Viene aggiunto l'attributo *data_fine_effettiva* all'interno dell'entità *StatoAvanzamento*.

4.3.2.1 Costo operazione considerando la ridondanza

Tavola degli accessi (con ridondanza):

Id	Concetto	Tipo Concetto	Tipo Accesso	Numero accessi	Nota
1	StatoAvanzamento	Relazione	Lettura	260	Leggo tutte le tuple dell'entità specifica cercando gli <i>id_sal</i> per i quali la <i>data_fine_effettiva</i> sia maggiore, oppure uguale, all'istante dell'esecuzione della funzione (ricerca per l'attributo non chiave <i>data_fine_effettiva</i>).
2	Sequenza	Relazione	Lettura	26 (260/10)	Per ogni <i>id_sal</i> trovato, ricerco l' <i>id_progetto</i> corrispondente. Per il calcolo, si ipotizza di aver registrato nel database la programmazione delle attività annuali (ancora da svolgere) dei progetti. Il numero 10 sono gli anni totali di lavori registrati nel database.
3	Progetto	Entità	Lettura	~3 (26/10)	Leggo gli attributi di interesse all'interno dell'entità specifica per ogni <i>id_progetto</i> .
4	Progettazione	Relazione	Lettura	~3	Recupero l' <i>id_edificio</i> corrispondente ad ognuno degli <i>id_progetto</i> trovati.
5	Edificio	Entità	Lettura	~3	Leggo gli attributi di interesse all'interno dell'entità specifica per ogni <i>id_edificio</i> .

Costo operazione (CO): 5 operazioni/giorno * [1 * (260+26+3+3+3) + 2 * (0)]
accessi/operazione = 1'475 accessi/giorno

4.3.2.2 Costo dell'aggiornamento della ridondanza

Il nuovo attributo viene aggiornato una volta ogni ora nella fascia oraria di lavoro d'ufficio 8-17 (10 volte al giorno). Se non ci sono nuovi inserimenti di turni e lavori non ha senso aggiornare la ridondanza. L'aggiornamento viene effettuato solamente per gli stadi di avanzamento non ancora terminati, sfruttando la ridondanza stessa.

Tavola degli accessi (aggiornamento):

Id	Concetto	Tipo Concetto	Tipo Accesso	Numero accessi	Nota
1	StatoAvanzamento	Relazione	Lettura	260	Voglio andare ad aggiornare solamente i SAL che non sono ancora terminati: vado

					a leggere tutte le tuple dell'entità specifica per recuperare tutti gli id_sal la cui data_fine_effettiva (+25h) sia maggiore, oppure uguale, all'istante di esecuzione dell'aggiornamento (ricerca per l'attributo non chiave data_fine_effettiva).
2	Lavorazione	Relazione	Lettura	~666 (6'656/10)	Recupero tutti gli id_lavoro che sono in relazione con gli id_sal restituiti dalla ricerca precedente (ricerca per id_sal). Per il calcolo, si ipotizza di aver registrato nel database la programmazione delle attività annuali (ancora da svolgere) dei progetti. Il numero 10 sono gli anni totali di lavori registrati nel database.
3	PartSupervisore	Relazione	Lettura	~1'997 (19'968/10)	Recupero tutte le occorrenze/turni (id_risorsa, dataora) dei supervisori che partecipano alle lavorazioni (ricerca per id_lavoro).
4	ImpiegoSupervisore	Entità	Lettura	~1'997	Recupero tutte le tuple relative ai turni a cui l'id_risorsa è assegnato per ottenere l'attributo ore_lavoro necessario al calcolo della data_fine_stimata.
5	StatoAvanzamento	Entità	Scrittura	26 (260/10)	Per ognuno degli stadi di avanzamento ancora in corso vado ad aggiornare la ridondanza data_fine_effettiva.

Costo aggiornamento (CA): 10 operazioni/giorno * [1 * (260+666+1'997+1'997) + 2 * (26)]
 accessi/operazione = 29'750 accessi/giorno

Costo totale: 1'475 accessi/giorno + 29'750 accessi/giorno = 31'225 accessi/giorno

4.3.2.3 Analisi dei costi

Di seguito si riporta espressamente l'analisi dei costi dovuti all'introduzione della ridondanza:

- $f^T = 5$
- $o^T = 20'669$
- $n^T = f^T \cdot o^T = 103'345$
- $o_{RID}^T = 295$
- $n_{RID}^T = f^T \cdot o_{RID}^T = 1'475$
- $\Delta = n^T - n_{RID}^T = 101'870$
- $g^A = 10$

- $o^A = 4'972$
- $n^A = f^A \cdot o^A = 49'720$
- $n^T_{RID} + n^A = 51'195$

Il numero di operazioni elementari effettuate in presenza di ridondanza ($n^T_{RID} + n^A$) è inferiore al numero effettuato dall'operazione target T in assenza di ridondanza (n^T), perciò l'introduzione della ridondanza è stato conveniente.

5. Progettazione Logica

In questo paragrafo viene descritta la traduzione in tabelle dello schema concettuale ristrutturato e vengono esplicitati i vincoli tra tabelle.

5.1 Traduzione

5.1.1 Area generale

Nome	Traduzione	Nota
Apertura	Apertura(<u>id_muro</u> , <u>n_apertura</u> , larghezza, altezza, orientazione, distanza_spigolo, altezza_terra)	
Area	Area(<u>id_area</u>)	
Edificio	Edificio(<u>id_edificio</u> , tipo_edificio, id_area)	Aggiungo la relazione Sede all'interno di Edificio.
Muro	Muro(<u>id_muro</u> , xi, yi, xf, yf)	
Perimetro	Perimetro(<u>id_vano</u> , <u>id_muro</u>)	
Piano	Piano(<u>id_edificio</u> , <u>piano</u>)	
Rischio	Rischio(<u>id_area</u> , <u>rischio</u> , <u>dataora</u> , coeff_rischio)	
Vano	Vano(<u>id_vano</u> , id_edificio, piano, funzione, larghezza, lunghezza, altezza)	Aggiungo la relazione Pianta all'interno di Vano.

5.1.2 Area costruzione

Nome	Traduzione	Nota
AltroMateriale	AltroMateriale(<u>codice_lotto</u> , <u>fornitore</u> , tipo_materiale, peso_medio, disegno, spessore, larghezza, lunghezza)	
ImpiegoOperaio	ImpiegoOperaio(<u>id_risorsa</u> , <u>dataora</u> , id_lavoro, ore_lavoro)	Aggiungo le relazioni PartOperaio e TurnoOperaio all'interno di ImpiegoOperaio.
ImpiegoSupervisore	ImpiegoSupervisore(<u>id_risorsa</u> , <u>dataora</u> , id_lavoro, ore_lavoro)	Aggiungo le relazioni PartSupervisore e TurnoSupervisore all'interno di ImpiegoSupervisore.
Intonaco	Intonaco(<u>codice_lotto</u> , <u>fornitore</u> , tipo_intonaco, colore)	
Lavoro	Lavoro(<u>id_lavoro</u> , tipo_lavoro, max_operai, id_sal, id_supervisore)	Aggiungo la relazione Lavorazione all'interno di Lavoro. (Potrei aggiungere all'interno di Lavoro anche la relazione Coordinamento, ma questa rappresenta una ridondanza che verrà espressa con un vincolo di integrità generico).
Materiale	Materiale(<u>codice_lotto</u> , <u>fornitore</u> , costo_unitario, unita_misura, nome_materiale, data_acquisto)	

Mattone	Mattone(<u>codice_lotto</u> , <u>fornitore</u> , <u>tipo_materiale</u> , alveolatura, altezza, larghezza, lunghezza)	
OperaGenerale	OperaGenerale(<u>id_lavoro</u> , id_edificio)	
OperaImpalcato	OperaImpalcato(<u>id_lavoro</u> , id_vano)	
Operaio	Operaio(<u>id_risorsa</u> , costo_orario)	
OperaMuraria	OperaMuro(<u>id_lavoro</u> , id_muro, lato_applicazione, spessore, n_strato)	
Pietra	Pietra(<u>codice_lotto</u> , <u>fornitore</u> , tipo_pietra, superficie_media, peso_medio, disposizione)	
Progetto	Progetto(<u>id_progetto</u> , tipo_progetto, data_presentazione, data_approvazione, data_inizio, data_fine_stimata, id_edificio)	Aggiungo la relazione Progettazione all'interno di Progetto.
Rivestimento	Rivestimento(<u>codice_lotto</u> , <u>fornitore</u> , <u>tipo_materiale</u> , disegno, spessore_fuga, spessore, larghezza, lunghezza)	
StatoAvanzamento	StatoAvanzamento(<u>id_sal</u> , data_inizio, data_fine_stimata, data_fine_effettiva, costo_sal, id_progetto)	Aggiungo la relazione Sequenza all'interno di StatoAvanzamento.
Supervisore	Supervisore(<u>id_risorsa</u> , costo_orario, max_operai)	
UtilizzoMateriale	UtilizzoMateriale(<u>id_lavoro</u> , <u>codice_lotto</u> , <u>fornitore</u> , quantita)	

5.1.3 Area monitoraggio

Nome	Traduzione	Nota
Alert	Alert(<u>id_sensore</u> , <u>dataora</u> , valore_x, valore_y, valore_z)	
Misura	Misura(<u>id_sensore</u> , <u>dataora</u> , valore_x, valore_y, valore_z)	
Sensore	Sensore(<u>id_sensore</u> , x, y, z, id_vano, valore_soglia, tipo_sensore)	Aggiungo la relazione Installazione all'interno di Sensore.

5.2 Vincoli

5.2.1 Vincoli di tupla

Di seguito si elencano i vincoli di tupla presenti nel database:

5.2.1.1 Area generale

Relazione	Vincolo di tupla
Apertura	<u>id_muro</u> , <u>n_apertura</u> : NOT NULL larghezza, altezza: > 0 distanza_spigolo, altezza_terra: >=0 orientazione: NULL or N, S, E, O, NE, SO, SE, SO
Area	<u>id_area</u> : NOT NULL
Edificio	<u>id_edificio</u> , <u>tipo_edificio</u> , <u>id_area</u> : NOT NULL
Muro	<u>id_muro</u> , <u>xi</u> , <u>yi</u> , <u>xf</u> , <u>yf</u> : NOT NULL
Perimetro	<u>id_vano</u> , <u>id_muro</u> : NOT NULL
Piano	<u>id_edificio</u> , <u>piano</u> : NOT NULL
Rischio	<u>id_area</u> , <u>dataora</u> : NOT NULL <u>rischio</u> : SISMICO, IDRAULICO coeff_rischio: > 0
Vano	<u>id_vano</u> , <u>id_edificio</u> , <u>piano</u> , <u>funzione</u> : NOT NULL larghezza, lunghezza: > 0 altezza: NULL or > 0

5.2.1.2 Area costruzione

Relazione	Vincolo di tupla
AltroMateriale	<u>codice_lotto</u> , <u>fornitore</u> , <u>tipo_materiale</u> , <u>disegno</u> : NOT NULL peso_medio, spessore, larghezza, lunghezza: > 0
ImpiegoOperaio	<u>id_risorsa</u> , <u>dataora</u> , <u>id_lavoro</u> : NOT NULL ore_lavoro: > 0
ImpiegoSupervisore	<u>id_risorsa</u> , <u>dataora</u> , <u>id_lavoro</u> : NOT NULL ore_lavoro: > 0
Intonaco	<u>codice_lotto</u> , <u>fornitore</u> , <u>tipo_intonaco</u> , <u>colore</u> : NOT NULL
Lavoro	<u>id_lavoro</u> , <u>tipo_lavoro</u> , <u>id_sal</u> : NOT NULL max_operai > 0
Materiale	<u>codice_lotto</u> , <u>fornitore</u> , <u>nome_materiale</u> : NOT NULL <u>data_acquisto</u> : NOT NULL and <= NOW() <u>unita_misura</u> : MQ, Q, KG <u>costo_unitario</u> : > 0
Mattone	<u>codice_lotto</u> , <u>fornitore</u> , <u>tipo_materiale</u> : NOT NULL alveolatura, altezza, larghezza, lunghezza: > 0
OperaGenerale	<u>id_lavoro</u> , <u>id_edificio</u> : NOT NULL
OperaiImpalcato	<u>id_lavoro</u> , <u>id_vano</u> : NOT NULL
Operaio	<u>id_risorsa</u> : NOT NULL costo_orario: > 0
OperaMuraria	<u>id_lavoro</u> , <u>id_muro</u> : NOT NULL <u>lato_applicazione</u> : NULL or DX, SX

	spessore: NULL or > 0 n_strato: NULL or (1-3)
Pietra	<u>codice_lotto</u> , <u>fornitore</u> , tipo_pietra, disposizione: NOT NULL superficie_media, peso_medio: > 0
Progetto	<u>id_progetto</u> , tipo_progetto, id_edificio: NOT NULL data_presentazione: NOT NULL and <= CURRENT_DATE data_approvazione: NOT NULL and > data_presentazione data_inizio: NOT NULL and > data_approvazione data_fine_stimata: NOT NULL and > data_inizio
Rivestimento	<u>codice_lotto</u> , <u>fornitore</u> , tipo_materiale, disegno: NOT NULL spessore_fuga, spessore, larghezza, lunghezza: > 0
StatoAvanzamento	<u>id_sal</u> , id_progetto, costo_sal: NOT NULL data_inizio: NOT NULL data_fine_stimata: NOT NULL and > data_inizio data_fine_effettiva: NULL or > data_inizio
Supervisore	<u>id_risorsa</u> : NOT NULL costo_orario, max_operai: > 0
UtilizzoMateriale	<u>id_lavoro</u> , <u>codice_lotto</u> , <u>fornitore</u> : NOT NULL quantita: > 0

5.2.1.3 Area monitoraggio

Relazione	Vincolo di tupla
Alert	<u>id_sensore</u> , <u>dataora</u> , valore_x: NOT NULL valore_y, valore_z: NULL
Misura	<u>id_sensore</u> , <u>dataora</u> , valore_x: NOT NULL valore_y, valore_z: NULL
Sensore	<u>id_sensore</u> , id_vano, x, y, z: NOT NULL tipo_sensore: ACCELEROMETRO, TEMPERATURA, ESTENSIMETRO valore_soglia: NULL or > 0

5.2.2 Vincoli di integrità referenziale

Di seguito si elencano i vincoli di integrità referenziale presenti nel database:

5.2.2.1 Area generale

Relazione	Vincolo di integrità referenziale
Apertura	id_muro -> Muro(id_muro)
Area	
Edificio	id_area -> Area(id_area)
Muro	
Perimetro	id_vano -> Vano(id_vano) id_muro -> Muro(id_muro)
Piano	id_edificio -> Edificio(id_edificio)
Rischio	id_area -> Area(id_area)
Vano	id_edificio, piano -> Piano(id_edificio, piano)

5.2.2.2 Area costruzione

Relazione	Vincolo di integrità referenziale
AltroMateriale	codice_lotto, fornitore -> Materiale(codice_lotto, fornitore)
ImpiegoOperaio	id_risorsa -> Operaio(id_risorsa) id_lavoro -> Lavoro(id_lavoro)
ImpiegoSupervisore	id_lavoro, id_risorsa -> Lavoro(id_lavoro, id_supervisore)
Intonaco	codice_lotto, fornitore -> Materiale(codice_lotto, fornitore)
Lavoro	id_sal -> StatoAvanzamento(id_sal) id_supervisore -> Supervisore(id_risorsa)
Materiale	
Mattone	codice_lotto, fornitore -> Materiale(codice_lotto, fornitore)
OperaGenerale	id_lavoro -> Lavoro(id_lavoro) id_edificio -> Edificio(id_edificio)
Operalmpalcato	id_lavoro -> Lavoro(id_lavoro) id_vano -> Vano(id_vano)
Operaio	
OperaMuraria	id_lavoro -> Lavoro(id_lavoro) id_muro -> Muro(id_muro)
Pietra	codice_lotto, fornitore -> Materiale(codice_lotto, fornitore)
Progetto	id_edificio -> Edificio(id_edificio)
Rivestimento	codice_lotto, fornitore -> Materiale(codice_lotto, fornitore)
StatoAvanzamento	id_progetto -> Progetto(id_progetto)
Supervisore	
UtilizzoMateriale	id_lavoro -> Lavoro(id_lavoro) codice_lotto, fornitore -> Materiale(codice_lotto, fornitore)

5.2.2.3 Area monitoraggio

Relazione	Vincolo di integrità referenziale
Alert	id_sensore, dataora -> Misura(id_sensore, dataora)

Misura	id_sensore -> Sensore(id_sensore)
Sensore	id_vano -> Vano(id_vano)

5.2.3 Vincoli di integrità generici

Di seguito si elencano i vincoli di integrità generici individuati nel progetto:

- Un lavoro deve essere eseguito solamente su un singolo oggetto, sia esso un muro, un intero edificio oppure un solaio;
- Un muro deve avere una lunghezza > 0 , non deve intersecare altri muri e deve essere condiviso, al più, da due vani distinti;
- Un'apertura non può superare l'altezza del Vano ($\text{Apertura.altezza_terra} + \text{Apertura.altezza} < \text{Vano.altezza}$);
- L'attributo distanza_spigolo non può superare la lunghezza del muro che ospita l'apertura;
- *Ogni lavoro deve avere un solo supervisore assegnato al suo coordinamento;*
- Tutti i lavori relativi ad uno stesso progetto devono essere eseguiti sullo stesso edificio, oppure su elementi dello stesso;
- Gli strati di un muro devono essere eseguiti in successione;
- Non si può inserire lo stesso id_risorsa all'interno di entrambe le relazioni Supervisore e Operaio;
- *Gli operai non possono eseguire più lavori contemporaneamente durante la durata dello stesso turno;*
- *I supervisori non possono coordinare più lavori contemporaneamente durante la durata dello stesso turno;*
- *Il numero totale di operai diversi che lavorano allo stesso lavoro è limitato al valore dell'attributo Lavoro(max_operai);*
- *Il numero totale di operai diversi che possono essere coordinati contemporaneamente allo stesso lavoro è limitato al valore dell'attributo Supervisore(max_operai);*
- *Ogni sensore deve essere installato all'interno di un vano ($z=0$ or $z=\text{altezza}$) oppure sul suo perimetro (installazione su muro).*

All'interno del database sono stati implementati tutti i vincoli di integrità generici riportati in grassetto all'interno dell'elenco precedente. La scelta è stata fatta in base ai vincoli che hanno in impatto con le operazioni fondamentali individuate.

6. Dipendenze funzionali e normalizzazione

Per la maggior parte delle relazioni del database, dato il ridottissimo numero di attributi, è facile verificare che non esistano dipendenze funzionali (non banali) che non contengano la chiave, queste sono quindi in BCNF.

Le uniche eccezioni sono: Apertura, Materiale, Muro, Progetto, Sensore, StatoAvanzamento, Vano.

Apertura

Apertura(id_muro, n_apertura, larghezza, altezza, orientazione, distanza_spigolo, altezza_terra)

- *id_muro, n_apertura -> intera tupla*

Tale dipendenza funzionale è la chiave primaria della relazione.

- *distanza_spigolo, id_muro -> intera tupla*

L'implicante costituisce un'altra chiave della relazione Sensore. In uno stesso vano, nella stessa posizione e di una specifica tipologia può esistere solamente un sensore.

Poiché per tutte le dipendenze funzionali non banali l'implicante è una chiave, Apertura è in BCNF.

Materiale

Materiale(codice_lotto, fornitore, costo_unitario, unita_misura, nome_materiale, data_acquisto)

- *codice_lotto, fornitore -> intera tupla*

Tale dipendenza funzionale è la chiave primaria della relazione.

- *nome_materiale, data_acquisto -> costo_unitario*

L'implicante **non** è una dipendenza funzionale perché, dato uno specifico materiale e la sua data di acquisto, non posso conoscere univocamente il prezzo poiché potrei aver comprato il materiale da più fornitori nello stesso giorno a prezzi diversi.

- *nome_materiale -> unita_misura*

L'implicante **non** è una dipendenza funzionale perché, a seconda della grandezza del lavoro potrei aver acquistato lo stesso materiale, p.e. dell'intonaco, al kg (magari per fare una

piccola riparazione di una crepa) oppure al quintale (per intonacare tutti i muri di una nuova costruzione).

Poiché non vi sono dipendenze funzionali non banali che permettano l'esistenza di più tuple fra loro uguali sugli stessi attributi, anche Materiale è in BCNF.

Muro

Muro(id_muro, xi, yi, xf, yf)

- *id_muro -> intera tupla*

Tale dipendenza funzionale è la chiave primaria della relazione.

- *xi, yi, xf -> yf*

L'implicante **non** è una dipendenza funzionale perché, avendo scelto di rappresentare gli edifici con un sistema di coordinate locale, possono avere id_muro diversi con le stesse coordinate (punto di origine e una determinata coordinata di fine) in edifici diversi.

Poiché non vi sono dipendenze funzionali non banali che permettano l'esistenza di più tuple fra loro uguali sugli stessi attributi, anche Muro è in BCNF.

Progetto

Progetto(id_progetto, tipo_progetto, data_presentazione, data_approvazione, data_inizio, data_fine_stimata, id_edificio)

- *id_progetto -> intera tupla*

Tale dipendenza funzionale è la chiave primaria della relazione.

tipo_progetto, id_edificio, data_presentazione -> intera tupla

L'implicante costituisce un'altra chiave della relazione Progetto. Per uno stesso edificio può sussistere solamente una tupla di dati di progetto presentato lo stesso giorno.

Poiché per tutte le dipendenze funzionali non banali l'implicante è una chiave, Progetto è in BCNF.

Sensore

Sensore(id_sensore, x, y, z, id_vano, valore_soglia, tipo_sensore)

- *id_sensore -> intera tupla*

Tale dipendenza funzionale è la chiave primaria della relazione.

- *x, y, z, id_vano, tipo_sensore -> intera tupla*

L'implicante costituisce un'altra chiave della relazione Sensore. In uno stesso vano, nella stessa posizione e di una specifica tipologia, può esistere solamente un sensore.

Poiché per tutte le dipendenze funzionali non banali l'implicante è una chiave, Sensore è in BCNF.

StatoAvanzamento

StatoAvanzamento(id_sal, data_inizio, data_fine_stimata, **data_fine_effettiva**, **costo_sal**, id_progetto)

- *id_sal -> intera tupla*

Tale dipendenza funzionale è la chiave primaria della relazione.

- *data_inizio, data_fine_stimata, id_progetto -> intera tupla*

L'implicante costituisce un'altra chiave della relazione StatoAvanzamento. Per uno stesso progetto può esistere solamente uno stadio di avanzamento che inizi e finisca nello stesso periodo.

Poiché per tutte le dipendenze funzionali non banali l'implicante è una chiave, StatoAvanzamento è in BCNF.

Vano

Vano(id_vano, id_edificio, piano, funzione, larghezza, lunghezza, altezza)

- *id_muro -> intera tupla*

Tale dipendenza funzionale è la chiave primaria della relazione.

- *id_edificio, piano -> altezza*

L'implicante **non** è una dipendenza funzionale perché, per esempio, nel piano sottotetto l'altezza può essere variabile a seconda del vano in cui ci si trova.

- *id_edificio, piano, funzione -> altezza*

L'implicante **non** è una dipendenza funzionale perché, per esempio, nel piano sottotetto posso avere più vani con funzione di camera e con altezze variabili.

Poiché non vi sono dipendenze funzionali non banali che permettano l'esistenza di più tuple fra loro uguali sugli stessi attributi, anche Vano è in BCNF.

7. Implementazione delle Data Analytics

7.1 Stato dell'edificio

Per quanto riguarda lo stato dell'edificio, si ipotizza che tale caratteristica possa influire solamente sul rischio sismico degli edifici. Se si pensa ad eventi calamitosi quali esondazioni o frane, si può immaginare come difficilmente tali eventi siano legati allo stato di salute di una costruzione. Al contrario, nel caso di eventi sismici, lo stato di un edificio influenza direttamente le conseguenze dell'evento sulla costruzione.

Riprendendo ancora una volta il discorso fatto all'interno del paragrafo 3.1.4, possiamo considerare di valutare lo stato di un edificio considerando le misurazioni di:

- accelerometri triassiali;
- estensimetri.

In particolare, gli accelerometri installati sui solai ci permettono di valutare lo stato di salute generale della struttura e, in particolare, del piano specifico. Attraverso le misurazioni sotto-soglia (con un valore inferiore a quello della soglia di alert) si può capire quale sia la "risposta" ordinaria della struttura. Per esempio, se durante il normale utilizzo gli accelerometri misurano spostamenti verticali diversi da quelli di altre strutture monitorate, potrebbe essere un segnale della scarsa rigidità del solaio specifico che potrebbe necessitare di un suo rinforzo. Alla stessa maniera, spostamenti orizzontali anomali (superiori rispetto alle medie registrate) potrebbe indicare un cattivo stato di salute degli elementi portanti verticali della struttura. Per questa analisi, la procedura calcola le accelerazioni relative dei vari piani andando a sottrarre all'accelerazione registrata al piano i -esimo, l'accelerazione del piano sottostante ($i-1$).

Il livello di soglia indicato come limite alle accelerazioni corrisponde al valore oltre il quale un edificio smette di reagire in campo elastico alle sollecitazioni. Tutti i valori sopra-soglia registrati dagli accelerometri permettono invece di valutare il numero di eventi per i quali la struttura entra in campo plastico. Sollecitazioni di una certa entità non permettono all'edificio di rispondere in maniera elastica allo sforzo, lasciando "segni" indelebili sulla struttura. La procedura implementata calcola il numero di eventi di superamento accorsi sugli elementi dell'edificio e utilizza tale parametro come indice che amplifica il decadimento del materiale.

Gli estensimetri favoriscono il monitoraggio di problematiche locali e permettono di studiare l'evoluzione temporale dell'anomalia fino al superamento di una soglia critica.

Attraverso questi tre tipi di misurazioni è possibile valutare lo stato di salute dei vari elementi che costituiscono l'edificio (murature/pilastri e solai).

$$\left(\sum_{i=0}^n \Delta_{anomia} * E_{domino} \right) * (1 + n_{superamenti})$$

Δ_{anomia} è lo scostamento medio delle misure rispetto alle medie di riferimento dell'elemento interessato;

E_{domino} , è il coefficiente che tiene conto della posizione dell'elemento all'interno dell'edificio e del suo danno potenziale in caso di collasso;

$n_{superamenti}$, è il numero di eventi di superamento del valore di soglia registrati dal sensore.

7.2 Consigli di intervento

Andando a valutare lo stato di salute di ogni elemento della struttura, la sua posizione nell'edificio, ed il rischio associato alla zona dove l'edificio è situato; è possibile andare a definire gli interventi richiesti e le priorità di ognuno, per mettere in sicurezza l'edificio.

Per il calcolo dello stato di salute degli elementi della struttura valgono tutte le considerazioni fatte nel paragrafo precedente.

La posizione dell'elemento all'interno dell'edificio è fondamentale per definire la priorità dell'intervento poiché, nel caso degli elementi verticali di una costruzione (murature oppure pilastri) quanto più l'ammaloramento è "in basso", tanto più le conseguenze di un loro cedimento saranno disastrose (terremoto di Taiwan del 06/02/2018).



Viceversa, nel caso dei solai il rischio del loro cedimento è tanto più amplificato quando questo è "in alto", con conseguente effetto domino sui piani sottostanti (teatro Politeama a Carrara).



Il tempo di ritorno di ogni evento calamitoso può essere stimata facendo l'inverso della sua probabilità di accadimento, assunta pari al coefficiente di rischio dell'area presso la quale è stata edificata la struttura.