



**S.I.I. Servizio Idrico Integrato**

0	01/20	EMISSIONE			
Rev.	Data	Descrizione			Disegn. Contr. Approv.
Campi di tolleranza mm		da 0 a 200	da 200 a 1000	da 1000 a 2000	da 2000 a 4000 da 4000 a 10000
Tolleranze sulle misure		±0.5	±2	±3	±6 ±15
Tolleranze meccaniche generali		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
Tolleranze civili					
Scala/Scale		<b>SERVIZI DI INGEGNERIA FINALIZZATI ALLA RICERCA ED AL CONTENIMENTO DELLE PERDITE IN RETE</b>  <b>PROVINCIA DI TERNI - 2° STRALCIO</b> <b>2° LOTTO - NARNI, AMELIA, TERNI FONTANA DI POLO</b>			
Data/Date					
GENNAIO 2020					
File/Path		<b>RELAZIONE GENERALE</b>			
Prog./Project N°					
Dis./Drawing N°					
A01					



**Servizio Idrico Integrato**

**AURI**

**LAVORI PER OPERE FINALIZZATE ALLA RICERCA ED AL  
CONTENIMENTO DELLE PERDITE IN RETE**

**Progetto ricerca perdite Provincia di Terni – 2° Stralcio**

**NARNI – AMELIA – TERNI FONTANA DI POLO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE TECNICA GENERALE**

**MARZO 2020**

## Sommario

1	APPROCCIO GENERALE .....	- 5 -
2	VERIFICA DELLE MAPPATURA .....	- 7 -
2.1	Procedura di verifica .....	- 7 -
2.2	Scheda di campo .....	- 8 -
2.3	Simbologia tipica .....	- 9 -
2.4	Rilievo strumentale .....	- 10 -
2.4.1	Localizzazione strumentale elettromagnetica .....	- 10 -
2.4.2	Localizzazione strumentale acustica .....	- 11 -
2.4.3	Localizzazione strumentale georadar .....	- 11 -
2.5	Rilievo topografico.....	- 12 -
2.6	Controllo del lavoro .....	- 12 -
2.7	Aggiornamento del GIS .....	- 13 -
2.8	Struttura ottimale del GIS .....	- 13 -
2.9	Relazione Finale .....	- 15 -
3	ANALISI DEI CONSUMI .....	- 16 -
3.1	Estrazione dei consumi storici.....	- 16 -
3.2	Quantificazione della perdita.....	18
3.3	Profilo di consumo .....	18
4	MONITORAGGIO .....	19
4.1	Monitoraggio in rete.....	19
4.2	Strumentazione mobile.....	20
4.2.1	Misuratore di portata mobile.....	20
4.2.2	Misuratore di portata ad inserzione elettromagnetico .....	22
4.2.3	Trasduttore di pressione .....	23
4.2.4	Registratori dati mobili .....	24
4.3	Relazione Finale .....	25
5	STUDIO IDRAULICO E MODELLO MATEMATICO .....	26
5.1	Struttura modello matematico .....	27
5.2	Assegnazione dei consumi .....	28
5.3	Distribuzione della perdita .....	28
5.4	Calibrazione del modello .....	29
5.5	Relazione Finale.....	30
6	SISTEMA PERMANENTE DI CONTROLLO DELLE PERDITE .....	31
6.1	Progettazione dei distretti.....	34
6.1.1	Controllo della pressione .....	35
6.2	Strumenti permanenti .....	36
6.2.1	Misuratori di portata volumetrici permanenti .....	36
6.2.2	Valvola regolatrice di pressione.....	36
6.2.3	Registratore dati permanente .....	38
6.3	Cameretta di controllo.....	39
6.4	Elaborati .....	40
7	RICERCA PERDITE.....	41
7.1	Prova Step Test .....	42
7.2	Strumentazione di localizzazione.....	42
7.2.1	Asta di ascolto.....	43
7.2.2	Noise logger .....	43
7.2.3	Correlatore .....	44
7.2.4	Geofono .....	45
7.3	Riparazione delle perdite.....	45
7.4	Quantificazione del recupero.....	46
7.5	Relazione finale.....	47

SII TERNI  
RICERCA E MONITORAGGIO DELLE PERDITE IDRICHE – 2° STRALCIO  
PROGETTO ESECUTIVO – NARNI – AMELIA - TERNI FONTANA DI POLO

8	ORGANIZZAZIONE .....	48
9	QUADRO ECONOMICO .....	49
9.1	Costo Impiego personale – Ingegneria e sviluppo.....	49
9.2	Costo Forniture strumenti.....	49
9.3	Quadro economico complessivo .....	49

## **PREMESSA**

Una perdita d'acqua rappresenta uno spreco di risorsa naturale preziosa ed un danno economico notevole. In Italia, dove le reti idriche perdono mediamente quasi la metà dell'acqua immessa in rete, si stima che un terzo della popolazione è già soggetta ad una disponibilità idrica insufficiente. L'aumento del consumo previsto nei prossimi anni, associato ad una disponibilità sempre più limitata della risorsa naturale, rende l'applicazione di un sistema efficiente per il controllo delle perdite una necessità fondamentale di costante prevenzione per evitare una futura crisi idrica.

Il problema dell'approvvigionamento idrico si è presentato in molte realtà con crescente importanza ed urgenza, in particolare nelle situazioni dove la risorsa idrica di buona qualità risulta di sempre più difficile e costoso reperimento. La necessità di chiudere le saracinesche in uscita dai serbatoi nelle ore notturne per riempire il livello del serbatoio è diventata in numerosi comuni italiani ormai più una manovra di prassi che di emergenza. In passato la soluzione adottata era quella di potenziare con opere aggiuntive gli schemi idrici di adduzione, cercando di attingere a fonti nuove per cercare di rimediare al problema. Ciò ha causato spesso un generale eccesso di sfruttamento delle risorse più facilmente accessibili (prelievo da falde sempre più profonde o sempre più lontane dai centri abitati) con un conseguente aumento dei costi non sempre proporzionale all'aumento di quantità e di qualità ottenuto. E' evidente che tale approccio non può essere praticabile all'infinito, in quanto le fonti di approvvigionamento di qualità accettabile per l'impiego idropotabile non possono essere più considerate inesauribili.

L'approccio alternativo per raggiungere lo stesso obiettivo è intervenire direttamente sulle reti di distribuzione interne, dove a volte la quantità di risorsa sprecata è di un ordine di grandezza confrontabile o addirittura superiore a quella effettivamente consumata.

Il livello elevato di perdita è una conseguenza della condizione deteriorata delle reti e della protratta mancanza di un'adeguata manutenzione, aggravata ulteriormente da una disponibilità economica sempre più limitata per il rinnovamento delle condotte. Senza un controllo efficiente, è quasi inevitabile la formazione di perdita in rete.

Tradizionalmente è stato adottato un approccio passivo alla ricerca delle perdite, dove si svolge l'intervento solo quando sorge l'acqua in superficie. Tale approccio non si è rivelato comunque particolarmente efficiente, in quanto non consente di individuare anche le numerose perdite invisibili. L'esperienza internazionale ha dimostrato che il metodo migliore per abbassare e successivamente mantenere un livello basso di perdita è la divisione della rete in distretti alimentati da una condotta principale sulla quale è installato un misuratore di portata. In questa maniera, è possibile individuare non solo la presenza di una nuova perdita ma capire in che parte della rete essa è collocata.

La divisione di una rete idrica in distretti permanenti tramite la chiusura di saracinesche di linea, è un intervento delicato che, se non svolto con attenzione, potrebbe abbassare notevolmente la qualità del servizio attuale. La soluzione si trova nell'applicazione di un modello matematico di simulazione per individuare la configurazione ottimale. Tale approccio è già stato sperimentato con molto successo nella rete idrica di Terni

SII TERNI  
RICERCA E MONITORAGGIO DELLE PERDITE IDRICHE - 2° STRALCIO  
PROGETTO ESECUTIVO - NARNI - AMELIA - TERNI FONTANA DI POLO

durante un progetto pilota negli anni novanta. Il presente documento è il progetto definitivo per estendere l'applicazione nelle reti di Terni NORD, Narni e Amelia. L'area di intervento è evidenziata sulla cartografia d'insieme riportata negli elaborati grafici.

## 1 APPROCCIO GENERALE

I problemi associati oggi alla gestione delle reti idriche derivano principalmente dalla mancanza di conoscenza dettagliata del sistema che in particolare riguarda:

- la struttura della rete riportata su cartografie aggiornate;
- l'incompleto monitoraggio dell'acqua immessa in rete;
- il funzionamento idraulico della rete con modello;
- la quantificazione approssimativa del consumo delle utenze.

Di conseguenza, è quasi impossibile quantificare con precisione il grado di perdita in rete. Il fatto che le reti oggi perdano circa la metà dell'acqua prodotta e nei casi estremi l'erogazione venga sospesa per una parte del giorno proprio per mancanza di acqua, è un'indicazione diretta della gravità della situazione in numerose parti del mondo.

Se la causa principale dei problemi che affliggono oggi gli acquedotti è il livello elevato di perdita, trovare la soluzione non è così immediata. E' necessario acquisire la conoscenza delle reti e del loro funzionamento, persa nel tempo.

La logica del processo da applicare è riassunta di seguito in Figura 1.1

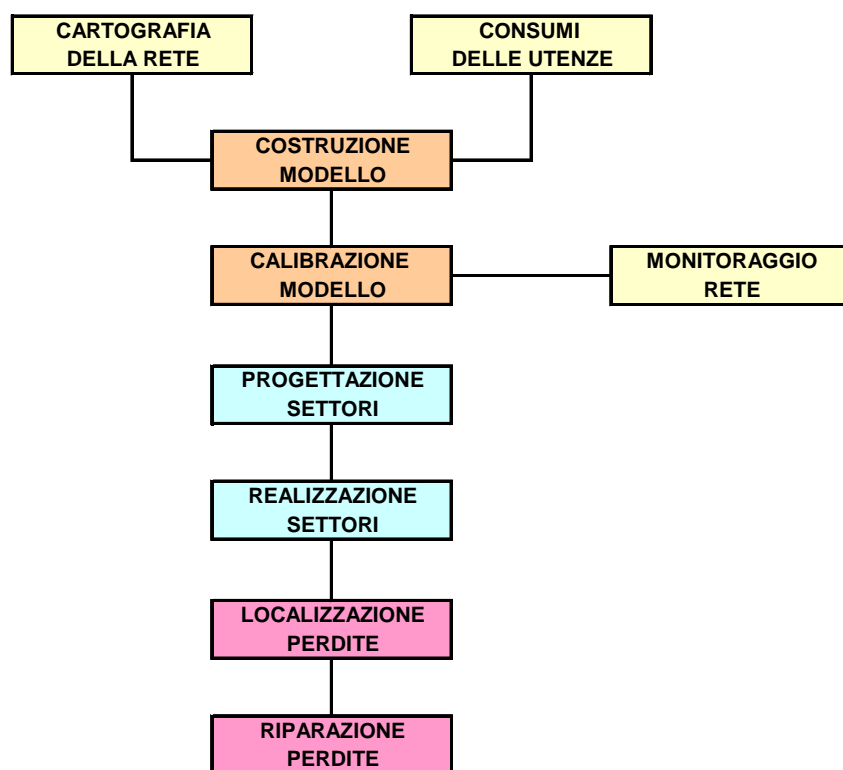


Figura 1.1: Schema delle attività

Questa logica evidenzia l'importanza di realizzare una cartografia aggiornata e quantificare con precisione il consumo delle utenze tale da poter costruire un modello matematico che è calibrato monitorando le portate e

pressioni reali in campo. Con l'applicazione del modello calibrato è possibile progettare un sistema permanente di controllo delle perdite e individuare le condotte con maggiori perdite.

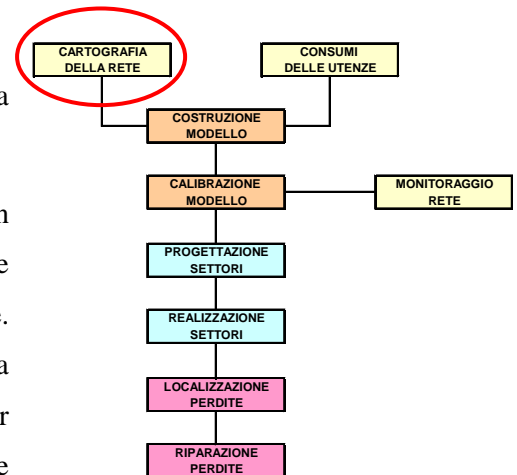
La realizzazione di queste attività nella realtà dell'AURI sub-ambito di Terni è descritta in dettaglio nei capitoli successivi.



## 2 VERIFICA DELLE MAPPATURA

La cartografia di rete è la rappresentazione grafica della struttura fisica della rete.

E' necessario quindi verificare e ricostruire la rete eseguendo un rilievo in campo che riguarda principalmente le condotte primarie e secondarie (esclusi gli allacciamenti) e tutti gli elementi della rete. Ciò si svolge ispezionando tutti i pozzetti. In certi casi dove la cartografia è abbastanza completa, è sufficiente un controllo per verificarne la precisione e riportare gli aggiornamenti. L'esecuzione di questo progetto di distrettualizzazione della rete l'APPALTATORE si vedrà consegnato il rilievo e la mappatura delle reti idriche, delle quali lo stesso dovrà verificarne la correttezza topologica finalizzata alla costruzione del modello matematico che simuli il funzionamento dell'acquedotto.



### 2.1 Procedura di verifica

La procedura da eseguire è riassunta sinteticamente di seguito, sia essa per la rete che per gli impianti.

Qualora da una verifica documentale, la restituzione cartografica evidenzi un necessario approfondimento in campo, si dovrà procedere come nel seguito:

- Posizionare la segnalazione di sicurezza per proteggere l'area di lavoro.
- Aprire il chiusino del pozzetto della rete idrica.
- Controllare la presenza di gas ed il livello di ossigeno collocando il gas detector all'interno del pozzetto o cameretta.
- Compilare i dati relativi alla data, ora, componenti della squadra di rilievo e Comune di appartenenza.
- Verificare o assegnare un codice univoco al pozzetto.
- Riportare la posizione e codice sulla cartografia di base.
- Determinare l'ubicazione precisa rispetto a due punti fissi (angolo edificio ecc.).
- Preparare un disegno dettagliato del pozzetto, prestando attenzione ad orientarlo come nel disegno dell'ubicazione.
- Misurare le dimensioni del pozzetto.
- Codificare tutte le tratte nel pozzetto (A,B,C,D ecc.).
- Codificare le saracinesche (S1, S2, S3 ecc.) per ogni condotta (N.B: S1 sarà la prima saracinesca per ogni condotta).

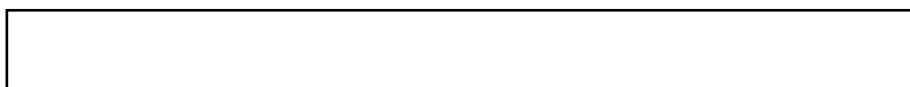
- Determinare le caratteristiche delle condotte, compilando la tabella (diametro esterno, verificato se possibile con un calibro, materiale e profondità).

I materiali tipici sono:

- GH – ghisa
  - AC – acciaio
  - AZ – acciaio zincato
  - PEAD – polietilene
  - PVC – pvc
  - VTR – vetro resina
  - NV – non verificato
- Determinare lo stato delle saracinesche (solo con la presenza del personale dell'acquedotto):
    - A – aperta
    - CH – chiusa
    - P – parzializzata
    - B - bloccata
    - NV – non verificata
  - Segnalare la presenza di una perdita nel pozzetto.
  - Verificare con l'asta d'ascolto la presenza di rumore di una perdita.
  - Fotografare il pozzetto, segnalando il numero di foto sulla scheda.
  - Commenti vari.
  - Note relative alle situazioni anomale.
  - Per i serbatoi e stazioni di pompaggio, saranno rilevate le dimensioni della camera di manovra, diametro, materiale delle condotte, posizione degli elementi di manovra, la posizione e stato operativo delle apparecchiature, i collegamenti con la rete di distribuzione, presenza e stato di funzionamento dei misuratori di portata, caratteristiche e funzionalità delle pompe, delle apparecchiature elettriche e degli strumenti di controllo.

## **2.2 Scheda di campo**

La scheda tipica per il rilievo del pozzetto è riportata di seguito in Figura 2.1. La scheda deve essere impostata per facilitare il più possibile la raccolta dei dati in campo seguendo la logica del rilievo tale da



SII TERNI  
RICERCA E MONITORAGGIO DELLE PERDITE IDRICHE – 2° STRALCIO  
PROGETTO ESECUTIVO – NARNI – AMELIA - TERNI FONTANA DI POLO

evitare gli errori inerenti alle condizioni operative non sempre ottimali per svolgere il lavoro (clima, traffico ecc.).

Data / Ora: \_\_\_\_\_

Squadra: \_\_\_\_\_

Comune: \_\_\_\_\_

n° scheda

Comune	Quadrante	Pozzetto

**Ubicazione**

**Dettaglio pozzetto**

\*\*Attenzione all'orientamento del pozzetto\*\*

**Simbologia**

lappo di fine condotta

serbatoio

misuratore di portata

pompa

valvola di regolazione (riduttore di pressione, valvola di ritegno, galleggianti)

idrante

sfiato

scarico

saracinesca

allacciamento (con numero di allacci)

riduttore

**Materiale tubo**

GH - ghisa

AC - acciaio

AZ - acciaio zincato

PEAD - polietilene

PVC - pvc

VTR - vetro resina

NV - non verificato

**Stato saracinesche**

A: aperta

C: chiusa

P: parzialmente aperta

B: bloccata

NV: non verificata

Condotta	Diametro mm	Verificato si / no	Materiale	Profondità m	Stato saracinesca				Perdita si / no	Rumore si / no	Commenti
					S1	S2	S3	S4			
A											
B											
C											
D											
E											
F											
G											

NOTA: \_\_\_\_\_

**Coordinate**

X: \_\_\_\_\_

Y: \_\_\_\_\_



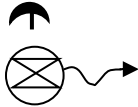




Z: \_\_\_\_\_

Figura 2.1: Scheda di rilievo pozzetto

### 2.3 Simbologia tipica

La simbologia tipica per gli elementi di rete è riportata di seguito.

- Fine condotta
- serbatoi
- misuratori di portata
- pompe

valvole di regolazione		Riduttore di pressione Valvola di ritegno Galleggiante
idrante		
sfiato		
scarico		
saracinesca		
intervento di riparazione		
allacciamento		Con numero di allacci
riduzione		

## 2.4 Rilievo strumentale

Dove non è noto il tracciato della condotta, sarà necessario interpellare il personale operativo dell'acquedotto per verificare la posizione. In caso di esito negativo, sarà necessario procedere all'applicazione di uno dei due tipi di cerca tubi a seconda della tipologia di condotta (metallica o non metallica), segnalando la posizione relativa ai punti fissi (es. angolo di un edificio ecc.).

La principale tecnologia di localizzazione strumentale delle condotte metalliche si basa sul principio elettromagnetico. Altre tecnologie si basano sul principio acustico o su onde radio a riflessione (georadar), principalmente per localizzare le condotte non metalliche.

### 2.4.1 Localizzazione strumentale elettromagnetica

La strumentazione elettromagnetica è tipicamente composta dai seguenti elementi:

- generatore con alta potenza di uscita almeno 3 Watt;
- generatore/antenna con batterie di alimentazione ricaricabili;
- ricevitore/antenna con batterie di alimentazione ricaricabili;
- valigia di trasporto dello strumento.

Il campo di applicazione del principio elettromagnetico copre le condotte metalliche: acciaio, ghisa, ferro ecc. Le condotte di questo tipo, per induzione con i cavi elettrici presenti nel sottosuolo, hanno una propria corrente che ha frequenza di 50 Hz. La localizzazione può perciò avvenire facendo buon uso di questa corrente sempre presente nel sottosuolo. L'antenna/ricevitore capta il campo elettromagnetico generato dalla corrente della condotta. Quando l'operatore si trova esattamente sopra la condotta il segnale ha il valore massimo. La modalità operativa descritta è di tipo passivo. Consente, in condizioni ottimali, di percorrere tratte di 200 metri.

In tratti più lunghi o in presenza di altri servizi, si fa uso di corrente indotta da un trasmettitore di adeguata potenza che, per induzione oppure per accoppiamento galvanico, crea una corrente di alta frequenza maggiormente distinguibile dall'antenna di ricezione. Nel caso di accoppiamento galvanico sono utilizzabili i dispositivi di rete (saracinesche, sfiati, idranti, scarichi ecc.) ai quali è attaccato il trasmettitore con una apposita pinza. Questa modalità è nota come localizzazione attiva. Essa migliora la definizione della posizione della condotta metallica e allunga la tratta localizzabile fino a 800 metri.

### **2.4.2 Localizzazione strumentale acustica**

La strumentazione elettromagnetica è tipicamente composta dai seguenti elementi:

- generatore di rumore con alta potenza di uscita;
- generatore o martelletto con intervalli di rumore impostabili;
- generatore con alimentazione a batterie ricaricabili;
- geofono con microfono piezoceramico;
- connettori di accoppiamento di elevata qualità;
- palmare con memorizzazione grafica e numerica del rumore;
- cuffie;
- alimentazione con batterie ricaricabili.

Il campo di applicazione del principio acustico copre le condotte non metalliche: plastiche, amianto cemento, altro. Un trasmettitore genera un rumore o una vibrazione da colpo d'ariete per ritmiche chiusure ed aperture. Nel primo caso si tratta di un martelletto, accoppiato meccanicamente al contatore di utenza. Nel secondo caso si tratta di una elettro-valvola accoppiata meccanicamente ad un idrante o altro punto di contatto con l'acqua. Il rumore è rilevato mediante geofono. Trattandosi di onde acustiche che si dissipano, il rilevamento è adatto a tratte piuttosto brevi.

### **2.4.3 Localizzazione strumentale georadar**

Il campo di applicazione di questa tecnologia di rilevazione comprende le condotte di tutti i materiali, ma essendo molto più laborioso interpretare il risultato, si utilizza più per condotte non-metalliche che sono più difficili da localizzare con i metodi tradizionali. Le onde trasmesse dal georadar sono riflesse dalle discontinuità costituite dalle condotte del sottosuolo e ricomposte in immagini elaborate. E' possibile stabilire per posizione e per profondità le tubazioni, i collettori ed i cavi presenti.

Durante il rilevamento il georadar colleziona una serie completa di riflessioni di linee adiacenti che costituiscono l'immagine della sezione radar. La qualità delle immagini è migliorata mediante tecnologie multifrequenza che consentono un'elevata qualità ed affidabilità dei risultati.

Come risultato della ricognizione si ottiene una documentazione esaustiva della profondità e posizione reciproca dei collettori e della presenza di situazioni anomale come cavità o terreni con presenza di acqua.

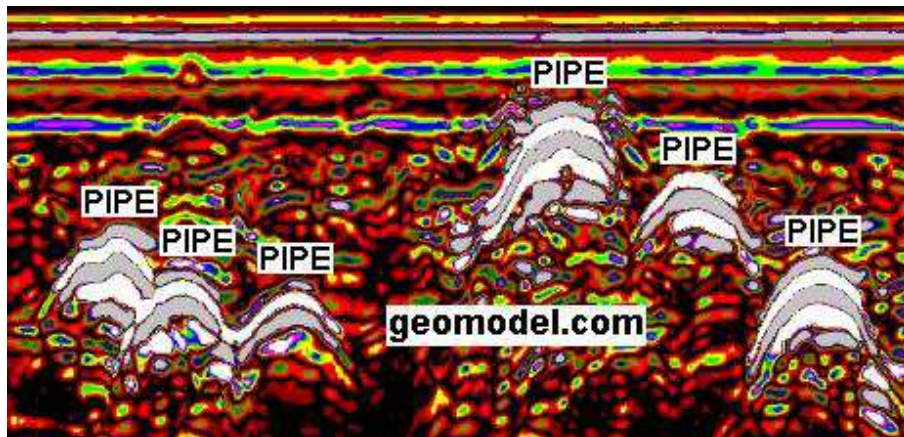


Figura 2.2 Output Georadar

## 2.5 Rilievo topografico

Le coordinate topografiche di ogni nodo rilevato (pozzetto, saracinesca, idrante, serbatoio ecc.) saranno misurate applicando lo strumento GPS di alta precisione agganciato ad un minimo di n° 5 satelliti. L'obiettivo è ottenere una tolleranza entro i seguenti valori:

- x, y – 10 cm
- z – 5 cm

Inoltre, per i serbatoi, sarà anche misurato il livello di fondo e di sfioro, qualora non riportato nella cartografia di base.

## 2.6 Controllo del lavoro

Per la modellazione della rete, è necessario conoscere i collegamenti tra le condotte, i cambiamenti di materiale e diametro, la presenza di condotte di by-pass e la presenza di dispositivi particolari di rete (per esempio valvole di non ritorno, valvole di riduzione di pressione ecc.). Analogamente l'utilizzo della tecnologia di cross-correlazione in fase di localizzazione finale di una perdita richiede la conoscenza del tratto di rete controllato. Senza un lavoro preciso e di qualità si rischierebbe quindi di compromettere il successo finale del progetto.

Il controllo del lavoro consisterà in tre fasi precise:

- definizione delle procedure e delle schede ottimali per svolgere il lavoro tale da evitare il più possibile gli errori;
- controllo attento e dettagliato dei dati raccolti durante il rilievo per individuare situazioni di incongruità come per esempio un diametro differente nel pozzetto di partenza rispetto al pozzetto di arrivo. Tutte le anomalie così individuate devono essere controllate e verificate in campo;

- controllo spot tramite un rilievo ripetuto di alcuni pozzetti a campione.

## **2.7 *Aggiornamento del GIS***

Le eventuali modifiche da apportare alla topologia della rete verranno successivamente caricate sul modello GIS che Consegnerà la STAZIONE APPALTANTE in QGIS. Con lo sviluppo recente dei sistemi territoriali computerizzati o SIT, è diventato possibile non solo collegare la cartografia ad altri archivi computerizzati, ma anche fare delle analisi incrociate e visualizzare graficamente i risultati. In questo modo, la cartografia diventa un supporto dinamico alla gestione della rete.

## **2.8 *Struttura ottimale del GIS***

Il GIS è composto da NODI e TRONCHI. I nodi rappresentano i punti di immissione e di fine condotta ed i collegamenti tra le condotte. I tronchi invece sono le condotte che collegano i due nodi.

I nodi comprendono i seguenti elementi di rete:

- tappo di fine condotta;
- serbatoio;
- misuratori di portata;
- pompe;
- valvole di regolazione;
- altro

I nodi possono avere un pozzetto associato. Le caratteristiche dei nodi sono:

- tappi di fine condotta – id\_tappo, coordinate;
- serbatoi – id\_serbatoio, coordinate, capacità, livello di sfioro, profondità, data di costruzione;
- misuratori di portata – id\_misuratore, coordinate, diametro, marca, data di installazione, valore massimo, valore minimo;
- pompe – id\_pompa, coordinate, marca, data di installazione, prevalenza, portata;
- valvole – id\_valvola, coordinate, marca, valore di funzionamento, data di installazione;

L'attributo del nodo è il pozzetto che avrà le seguenti caratteristiche:

- id\_pozzetto;
- coordinate;
- data rilievo;

- dimensioni interne;
- dimensioni chiusino;
- stato di conservazione;
- presenza di rumore di perdita durante il rilievo;
- scheda di campo associata.

Le condotte devono sempre collegare due nodi. Possono avere associati numerosi attributi; per esempio:

- idrante;
- sfiato;
- scarico;
- saracinesca;
- intervento di riparazione;
- allacciamento.

I tronchi avranno le seguenti caratteristiche:

- diametro;
- materiale;
- profondità;
- data di posa;
- stato di abbandono.

Le caratteristiche degli attributi dei tronchi sono riassunte di seguito:

- idrante – id\_idrante, coordinate, data di installazione;
- sfiato – id\_sfiato, coordinate, data di installazione;
- scarico – id\_scarico, coordinate, data di installazione;
- saracinesca – id\_saracinesca, coordinate, data di installazione, stato (aperta, chiusa, non verificabile)
- intervento di riparazione – id\_intervento; coordinate, data segnalazione, data verifica, data riparazione, tipologia intervento, Id\_elemento\_rete, Note, costo
- allacciamento – id\_allaccio, numero di allacciamenti, data di costruzione.

E' evidente che non tutti i dati possono essere raccolti dal rilievo della rete per riempire l'archivio. Per esempio, difficilmente si può risalire alla data di posa. Però il campo sarà inserito principalmente per poter cominciare a raccogliere i dati per le nuove opere.



## **2.9 *Relazione Finale***

Alla fine dell'attività, sarà preparato un rapporto finale con i seguenti elaborati prodotti:

- specifica tecnica del lavoro;
- procedura adottata per lo svolgimento del rilievo, laddove eseguito;
- schede di campo classificate e relative a ciascun elemento rilevato;
- dati topografici e relative quote;
- restituzione su mappa finale delle reti rilevate, in supporto shapefile e QGIS.

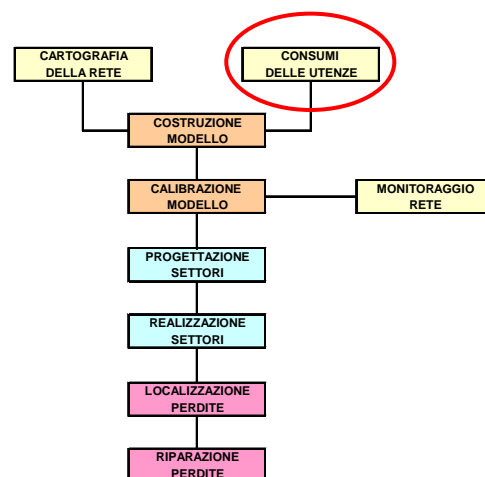
### 3 ANALISI DEI CONSUMI

#### 3.1 Estrazione dei consumi storici

La quantificazione del livello di perdita dipende dalla misura dell'acqua immessa in rete e dal consumo delle utenze letto dai contatori.

Il consumo storico verrà consegnato all'appaltatore dopo la consegna dei lavori. Un esempio del formato dei dati estratti dal sistema è riportato in Tabella 3.1.

I dati di consumo per la zona di intervento saranno estratti in m<sup>3</sup>/giorno per categoria per via nel formato riportato in Tabella 3.2, per l'ultimo anno intero di lettura.



Comune	Via	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3	
		n°	m3/g	n°	m3/g	n°	m3/g

Tabella 3.2: Estrazione dei consumi storici

SII TERNI  
RICERCA E MONITORAGGIO DELLE PERDITE IDRICHE – 2° STRALCIO  
PROGETTO ESECUTIVO – NARNI – AMELIA - TERNI FONTANA DI POLO

COMUNE	TIPOLOGIA_U TENZA	Numero Utenti	Mc fascia 1	Numero Utenti	Mc fascia 2	Numero Utenti	Mc fascia 3	Numero Utenti	Mc fascia 4	Numero Utenti	Mc Fascia 5	Mc. Acqua	Mc. Fognatura
ACQUASPARTA	Altri Usi	303	25,080	133	5,605	86	7,687	0	0	0	0	38,372	21,454
ACQUASPARTA	Altri usi straordinari	5	140	2	30	1	17	0	0	0	0	187	0
ACQUASPARTA	Domestico non residente	808	40,441	261	7,082	144	7,517	30	323	5	255	55,618	38,230
ACQUASPARTA	Domestico residente	1,434	85,740	1,072	26,818	740	20,479	373	8,463	187	8,087	149,587	115,656
ACQUASPARTA	Usi Zootecnici	13	2,410	0	0	0	0	0	0	0	0	2,410	0
ACQUASPARTA	Uso pubblico	20	5,100	0	0	0	0	0	0	0	0	5,100	2,906
<b>ACQUASPARTA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>2,583</b>	<b>158,911</b>	<b>1,468</b>	<b>39,535</b>	<b>971</b>	<b>35,700</b>	<b>403</b>	<b>8,786</b>	<b>192</b>	<b>8,342</b>	<b>251,274</b>	<b>178,246</b>

Tabella 3.1: Esempio dei dati disponibili nel sistema utenza

### 3.2 Quantificazione della perdita

Il modo più preciso per quantificare il livello di perdita è in base alla portata notturna quando il consumo delle utenze è minimo. In questo modo si riesce ad eliminare maggiormente l'errore nei dati storici (precisione contatori, affidabilità lettura, mancanza di letture ecc.). Per quantificare la perdita notturna è necessario applicare la seguente formula

$$P_n = I_n - C \times F_n$$

Dove:

- $P_n$  Perdita notturna in l/s
- $I_n$  Immessa notturna l/s
- $C$  Consumo storico delle utenze
- $F_n$  – Fattore notturno

### 3.3 Profilo di consumo

Durante il progetto pilota svolto a Terni, è stato monitorato un campione di 50 utenze per quantificare la sotto-registrazione dei contatori esistenti e derivare un profilo tipico di consumo. La sotto-registrazione stimata è stata fissata pari a 6.00%, mentre il profilo domestico è riportato in Figura 3.1. Questi risultati saranno applicati durante il presente progetto. Si potranno assumere anche altre tipologie di profili, purchè giustificati da apposito studio.



Figura 3.1: Profilo domestico

## 4 MONITORAGGIO

### 4.1 Monitoraggio in rete

L'obiettivo dell'attività di monitoraggio della rete è misurare i seguenti parametri:

- quantità di acqua immessa in rete;
- variazione della portata durante il giorno;
- variazione della pressione in rete.

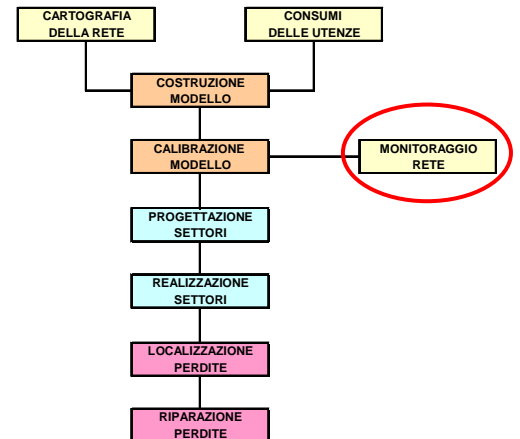
I dati così raccolti servono per quantificare il livello di perdita e per calibrare il modello matematico.

Il monitoraggio della portata e della pressione in campo sarà svolto contemporaneamente per una durata di almeno 2 giorni. Dove sono disponibili i misuratori di portata esistenti, il registratore o data logger sarà collegato direttamente all'uscita impulsi. Dove invece il misuratore è inesistente o non adatto alla registrazione (es. mancanza di uscita lancia-impulsi), saranno definiti i punti dove realizzare prese per l'installazione di misuratori mobili tipo ad ultrasuoni o ad inserzione. Tramite una semplice presa in carico da 2" è possibile misurare la velocità dell'acqua. La definizione del punto preciso dove realizzare la presa ha un'importanza fondamentale per la precisione della successiva misura. Conoscendo il diametro interno della condotta e il rapporto tra la velocità media e la velocità dei punti di misura (tipicamente la velocità massima al centro della condotta) è possibile calcolare la portata.

Il data logger da utilizzare dovrà essere di robusta costruzione, avrà una batteria di lunga durata, almeno 5 anni, e dovrà soddisfare i requisiti della protezione IP68. Tramite il software di configurazione sarà possibile programmare il data logger con intervalli variabili da 1 minuto ad oltre 1 ora, e collegarlo al SUPERVISORE RICERCA PERDITE, anche nella fase di MONITORAGGIO mobile, con trasmissione dati GSM o GPRS. Il data logger dovrà possedere un trasduttore di pressione incorporato di alta precisione che si può collegare alle prese di pressione tramite un tubo flessibile o diversamente un ingresso 4-20mA per collegare un Trasduttore di pressione esterno.

Si prevede di installare i registratori nei seguenti punti principali della rete idrica:

- portata e pressione in ingresso alla rete;
- portata in uscita dalla rete;
- pressione ai nodi principali della rete.



## 4.2 *Strumentazione mobile*

### 4.2.1 Misuratore di portata mobile

I misuratori di portata mobili possono essere ad ultrasuoni o ad inserzione tipo quadrina. La Quadrina consiste in una turbina inserita mediante uno stelo attraverso una presa in carico da 2". L'inserimento non richiede la chiusura della condotta. In questa maniera la misurazione è svolta senza procedere a laboriose preparazioni. Lo strumento è inserito al centro della condotta dove misura la velocità massima. La configurazione tipica è riportata in Figura 4.1

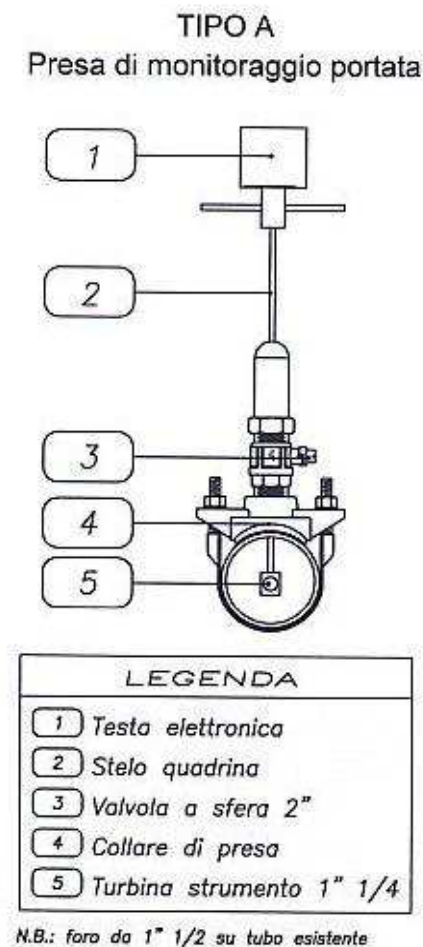


Figura 4.1 Installazione tipica della Quadrina Standard

Un calibro, che adotta lo stesso principio d'inserimento, misura il diametro interno della condotta. La portata è calcolata con la seguente formula:

$$Q = \frac{P A F_b}{K} \quad (l/s)$$

dove:

- P = frequenza di impulsi misurata (Hz)
- Fb = fattore di bloccaggio

- $K$  = conversione frequenza in velocità (impulsi/metro)
- $A$  = area bagnata misurata ( $m^2$ )

Lo strumento ha una prolungata autonomia di funzionamento a batterie. Le pale della turbina hanno un ottimo bilanciamento, funzionano su cuscinetti di alta precisione ed interferiscono minimamente con il flusso. In questa maniera, la precisione di misura è molto alta anche per le velocità minime. Le principali caratteristiche sono:

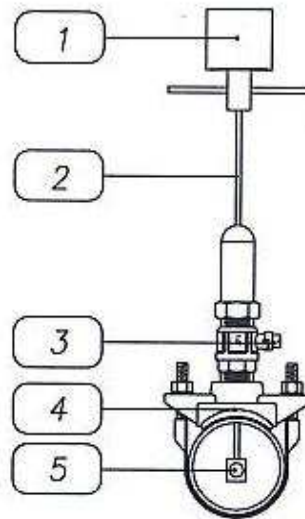
- semplicità di installazione;
- autonomia prolungata;
- campo di misura 100:1;
- linearità di misura migliore di 2% a fondo scala in condizioni normali;
- ripetibilità migliore di 0.1%;
- pressione fino a 20 bar;
- bidirezionalità;
- diametri maggiori di 100 mm.

Lo strumento richiede il posizionamento preciso e misura al meglio su un tratto rettilineo di almeno 20 D a monte e 10 D a valle. E' necessaria una regolare manutenzione dei cuscinetti.

Per diametri più piccoli è adottata la versione mini Quadrina che copre diametri superiori a 75 mm. Il dettaglio dell'installazione è riportato in Figura 4.2.

***Laddove la misura verrà mantenuta per il monitoraggio permanente, sarà da preferire installazione di misuratori meccanici con predisposizione uscita lanciainpulsi possibilmente remotizzabile.***

TIPO B  
Presa di monitoraggio portata



LEGENDA	
1	Testa elettronica
2	Stelo quadrina
3	Valvola a sfera 1 1/2"
4	Collare di presa
5	Turbina strumento 3/4"

N.B.: foro da 1" su tubo esistente

Figura 4.2. Installazione tipica di una mini Quadrina

#### 4.2.2 Misuratore di portata ad inserzione elettromagnetico

La tipologia di inserimento del misuratore elettromagnetico è identica al misuratore Quadrina. Una presa in carico da 2" su un tratto rettilineo di almeno 20 D a monte e 10 D a valle serve all'inserimento della sonda che avviene tramite uno stelo.

La misurazione si basa sulla proprietà di conduzione elettrica dell'acqua. Quando un elemento conduttore si muove in un campo magnetico si genera un voltaggio nel conduttore. Il sensore riceve il segnale dal flusso e un amplificatore converte il segnale in una corrente normalizzata o in impulsi per unità:

$$U \propto B \cdot v$$

dove:

- U= voltaggio
- B= intensità del campo magnetico
- v= velocità del conduttore (velocità del flusso).



Come nel caso precedente della Quadrina, lo strumento è alimentato a batterie. Differisce dalla Quadrina la sonda che non ha parti mobili e che perciò non ha necessità di manutenzioni particolari. Questa caratteristica migliora la precisione e consente allo strumento di trovare un'applicazione sia nel monitoraggio mobile che nel permanente.

Le principali caratteristiche sono:

- installazione senza tagliare la condotta;
- autonomia prolungata;
- minima manutenzione;
- linearità di misura migliore di 5% a fondo scala in condizioni normali;
- pressioni inferiori a 20 bar;
- diametri a partire da 200 mm.

Anche lo strumento ad inserzione elettromagnetico deve essere installato in posizioni rettilinee che abbiano condizioni di moto regolare.

### 4.2.3 Trasduttore di pressione

L'attacco è realizzato avvitando l'apposita presa sulla derivazione della tubazione principale appena al di sotto della cornice del pozzetto. L'installazione tipica è riportata in Figura 4.3.

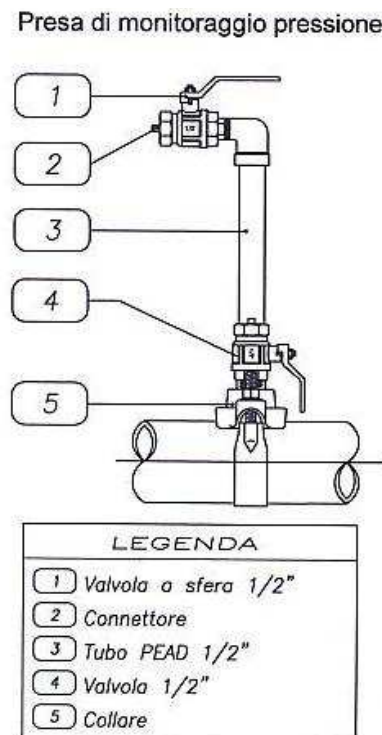


Figura 4.3 Installazione punto di monitoraggio pressione

Due sono i tipi di trasduttore: interno o esterno al logger. La scelta è di ordine pratico. Infatti nel caso del trasduttore esterno, il canale analogico del logger, utilizzato per la pressione, è disponibile anche per altri tipi di misura, per esempio la misurazione di uscita dei segnali 4-20mA di misuratori di portata elettromagnetici. La presenza di un trasduttore interno preclude invece questa possibilità. Il trasduttore interno è però maggiormente protetto dentro il contenitore del logger ed ha una maggiore durata e ha un costo inferiore.

Ogni trasduttore ha un campo di applicazione espresso in banda di pressione misurabile. Ad essa corrisponde un'intensità di corrente, tipicamente in mV. Ogni trasduttore ha poi un valore di offset che è il valore a pressione atmosferica.

Le caratteristiche principali di un trasduttore sono:

- campo di misura: 0-10 bar (salvo casi particolari dove è 0-20 bar);
- sovra pressione 2 x fondo scala;
- linearità migliore di 1 % fondo scala;
- stabilità di lungo periodo migliore di 0.5% per anno.

Per le misure di livello nei serbatoi sono utilizzati trasduttori ad immersione che sono calati nel serbatoio e che misurano le differenze di battente di acqua. In questo caso il campo di misura è tipicamente 0-1 bar. L'uscita cavo del traduttore deve essere di lunghezza tale da posizionare il logger alla sommità del serbatoio.

#### **4.2.4 Registratori dati mobili**

La registrazione dei dati della campagna di monitoraggio mobile avviene con registratori mobili o data logger. I primi data logger utilizzati in ambito civile risalgono alla fine degli anni 80. Non sono strumenti di telecontrollo poiché nascono per essere amovibili e alimentati in modo autonomo. Da allora lo sviluppo è stato costante come la loro applicazione nel settore dei sistemi idrici di distribuzione. Oggi hanno dimensioni compatte, autonomia molto lunga, capacità di campionamento assai ridotta ed una affidabilità di funzionamento anche in ambiente difficile.

Le principali caratteristiche sono:

- protezione IP68;
- alimentazione a batteria per almeno 5 anni, con predisposizione per pacco batteria esterno o alimentazione esterna;
- 3 canali, almeno due canali di cui uno analogico e l'altro digitale;
- comunicazione diretta o a infrarossi con personal computer via RS432 o USB;
- memoria adeguata per registrare 2 canali con intervallo di registrazione di 5 minuti per almeno 6 mesi (3456 letture) ;
- intervallo di campionamento minimo di 1 minuto;

- software di programmazione in ambiente Windows;
- Trasmissione dati GSM e GPRS con predisposizione eventuale;
- esportazione dati in formato CSV o XLS.

Inoltre è possibile disporre di una unità da campo (pocket display unit o PDA) per leggere i dati in corso di registrazione.

***Gli stessi dovranno essere concepiti con una logica di utilizzo sul sistema di supervisione permanente, ed alimentati da sorgenti esterne o con batteria intercambiabili.***

### ***4.3 Relazione Finale***

Alla fine dell'attività, sarà preparato un rapporto finale che comprenderà i seguenti elementi:

- procedura adottata per lo svolgimento del lavoro;
- note relative alle misure effettuate;
- risultati ottenuti compresi i grafici;
- valutazione dei risultati.

## 5 STUDIO IDRAULICO E MODELLO MATEMATICO

Le reti idriche sono composte da tanti elementi interconnessi tra cui la piezometrica delle fonti e dei serbatoi, il funzionamento delle pompe, le caratteristiche delle condotte, il consumo delle utenze ed il livello di perdita. Per migliorarne l'efficienza è essenziale studiare in dettaglio il funzionamento della rete che, nei casi più complessi ed estesi, può rappresentare un'attività molto impegnativa.

Il modo più efficace per fare ciò è tramite la costruzione di un modello matematico che simuli la rete in tutte le sue caratteristiche principali. In questa maniera è possibile individuare tutti i problemi presenti e futuri della rete e progettare la soluzione ottimale senza la necessità di effettuare manovre e cambi di funzionamento sulla rete reale. Infatti, per questo motivo, il modello matematico di simulazione idraulica rappresenta il cuore della metodologia ottimale per il efficientamento della rete idrica.

La validità di un modello matematico di simulazione dipende direttamente dalla precisione e stato di aggiornamento dei dati storici utilizzati per costruirlo. Tipicamente questi riguardano la cartografia, i consumi delle utenze e la portata e pressione in rete.

Le attività principali nella costruzione di un modello matematico sono riportate in Figura 5.1.

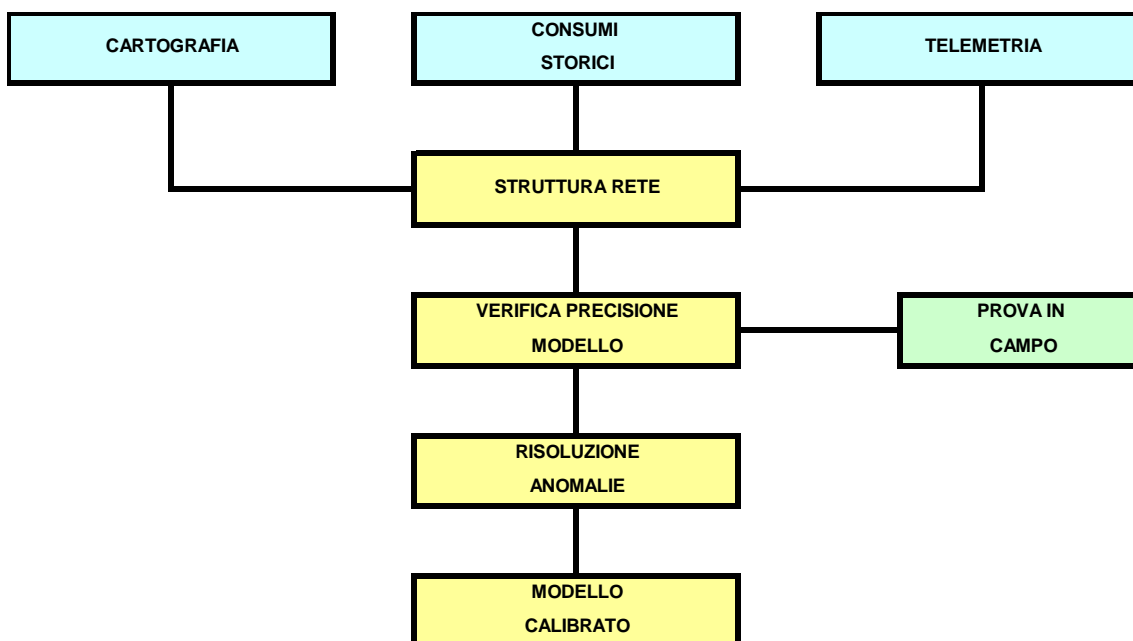
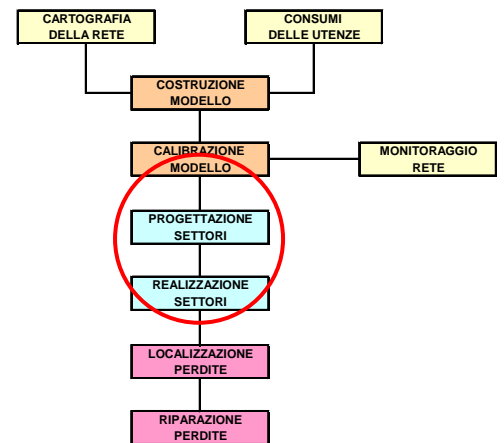


Figura 5.1: Costruzione del modello matematico

## 5.1 *Struttura modello matematico*

La struttura del modello deriva dalla cartografia ed è formata essenzialmente da:

- caratteristiche delle condotte, in particolare:
  - materiale - dalla cartografia di rete;
  - diametro - dalla cartografia di rete;
  - lunghezza - dalla cartografia di rete;
  - scabrezza, stima in base al materiale e data di posa se disponibile che sarà controllato durante la fase di calibrazione;
- nodi, che rappresentano il collegamento tra le condotte, per i quali è necessario conoscere:
  - coordinate X e Y - dalla cartografia;
  - coordinata Z - dalla cartografia;
  - zona di appartenenza – dalla cartografia di rete;
- serbatoi, per i quali è necessario conoscere:
  - quota di fondo – dal rilievo topografico;
  - quota di sfioro – dal rilievo topografico;
  - quota di alimentazione – dal rilievo topografico;
  - capacità – dai dati storici;
- pompe, per le quali è necessario conoscere:
  - nodo iniziale – dalla cartografia di rete;
  - nodo finale – dalla cartografia di rete;
  - curva caratteristica portata/prevalenza – dai dati di monitoraggio;
- elementi di regolazione (per esempio riduttori di pressione e valvole motorizzate), per i quali è necessario conoscere:
  - nodo iniziale – dalla cartografia di rete;
  - nodo finale – dalla cartografia di rete;
  - diametro – dalla cartografia di rete;
  - coefficiente di perdite di carico – dal monitoraggio;
  - stato delle saracinesche (aperte/chiuso) – dal rilievo della rete.

Riportata in Figura 5.2 è la struttura tipica di un modello matematico, con nodi, archi e tutti gli elementi associati, tipo pozzo e pompa.

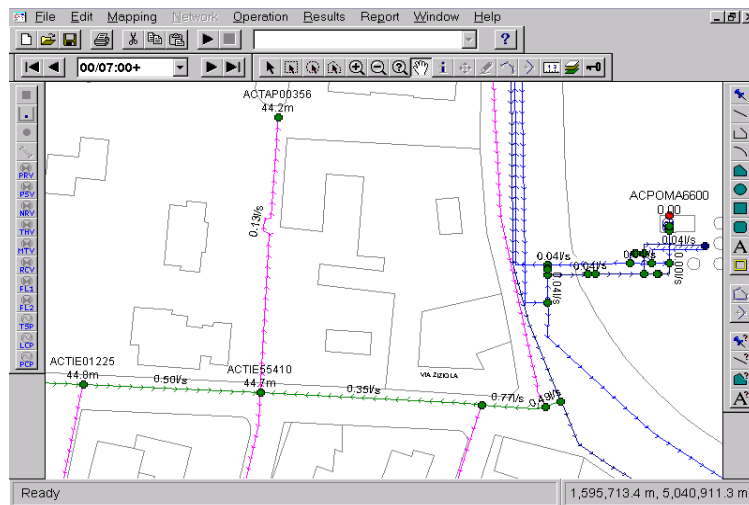


Figura 5.2: Esempio della struttura di un modello matematico

Il programma di calcolo dovrà essere in grado di simulare tutti gli elementi presenti nelle reti idriche e sarà basato sul motore di calcolo INFOWORKS o equivalente. .

## 5.2 Assegnazione dei consumi

Il consumo delle utenze rappresenta una parte fondamentale nella simulazione della rete idrica con modello matematico. Questa attività riveste dunque una notevole importanza e andrà condotta con estrema accuratezza. Il consumo registrato dai contatori di utenza è soggetto ad un errore di misura alle basse portate. E' quindi necessario applicare un fattore di correzione per ottenere il consumo reale.

*Il database utenza riporta coordinate geolocalizzate e le stesse dovranno essere collegate alla condotta idraulicamente interferente.* Per ogni tipologia sarà applicata una curva di domanda tipica anche essa derivata direttamente dallo studio dei contatori svolto a Terni nell'ambito del progetto pilota della Regione Umbria (Capitolo 3) o diversamente un pattern da letteratura.

## 5.3 Distribuzione della perdita

Un elemento molto importante per la precisione finale del modello matematico è la distribuzione della perdita. L'esperienza maturata in numerose realtà internazionali ha dimostrato che l'approccio migliore per assegnare le perdite è il seguente:

- quantificazione del livello di perdita per zone idrauliche;

- assegnazione della perdita in proporzione alla lunghezza di tubazione associata ad ogni nodo.

## 5.4 Calibrazione del modello

La calibrazione del modello comporta principalmente la verifica idraulica di tutti i dati inseriti nel modello. Confrontando le portate e le pressioni calcolate dal modello con quelle registrate in campo si possono individuare delle differenze che indicano errori nel modello legati ad un valore di scabrezza errato o alla presenza di una saracinesca chiusa sconosciuta. L'obiettivo è quello di ottenere per l'85% dei valori di pressione uno scarto minore di 1.5 m di colonna d'acqua e per il 95% minore di 2.5 m, secondo le indicazioni del documento più importante a livello internazionale per la realizzazione dei modelli "Network Analysis Code of Practice" Gran Bretagna. Il modello sarà calibrato in particolare per le condizioni di portata massima, portata minima e portata media. In questa maniera, sarà possibile individuare tutte le anomalie principali che una singola valutazione non consentirebbe.

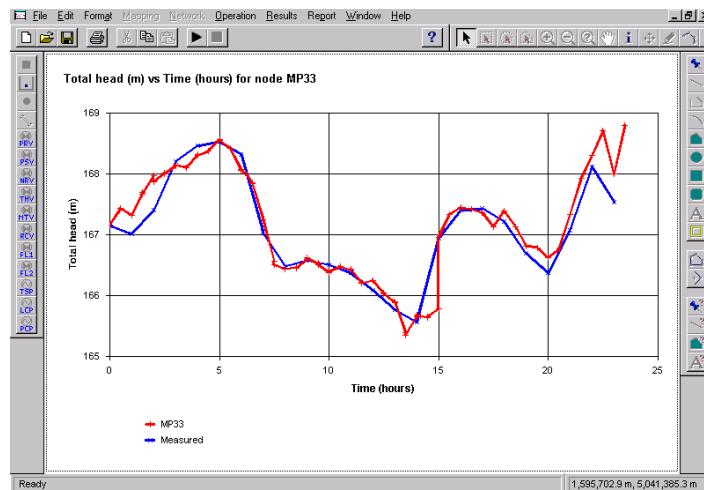


Figura 5.3: Confronto

modello ed i valori registrati in campo

tipico tra i risultati del

La fase di verifica e di calibrazione del modello rappresenta probabilmente la più importante in quanto fornisce precise indicazioni sulla qualità complessiva del modello. E' una fase dove l'esperienza e capacità del modellista sono di estrema importanza per la qualità ed affidabilità del modello finale. Un modello non calibrato, o calibrato male, può creare problemi successivi notevoli. Infatti, solo dopo l'esito positivo di questa fase, si può procedere con fiducia all'applicazione del modello per la progettazione e l'ottimizzazione della rete.

La calibrazione del modello rappresenta anche un controllo sulla precisione e stato di aggiornamento di tutti gli archivi storici utilizzati per la costruzione in un modo dinamico che non sarebbe possibile con lo svolgimento di un semplice rilievo statico delle tubazioni.

Si chiamano “anomalie” le differenze tra i valori calcolati dal modello con quelli misurati in campo e rappresentano situazioni diverse rispetto alla conoscenza precedente. Con il modello è possibile individuare la possibile causa di queste anomalie per poi svolgere le verifiche in campo.

### ***5.5 Relazione Finale***

Alla fine dell'attività dovrà essere preparato un manuale che comprenderà i seguenti elementi:

- procedura adottata per lo svolgimento del lavoro;
- dati di input al modello;
- interventi necessari per calibrare il modello;
- analisi del funzionamento idraulico della rete;
- risultati ottenuti;
- valutazione dei risultati.



## 6 SISTEMA PERMANENTE DI CONTROLLO DELLE PERDITE

La probabilità di trovare un oggetto personale prezioso è maggiore quando la ricerca è indirizzata in una stanza particolare di una casa, invece di un'indagine generale in tutta la città. Lo stesso principio vale anche per localizzare le perdite. L'approccio si chiama distrettualizzazione e rappresenta il metodo ottimale per ridurre e controllare le perdite nelle reti idriche.

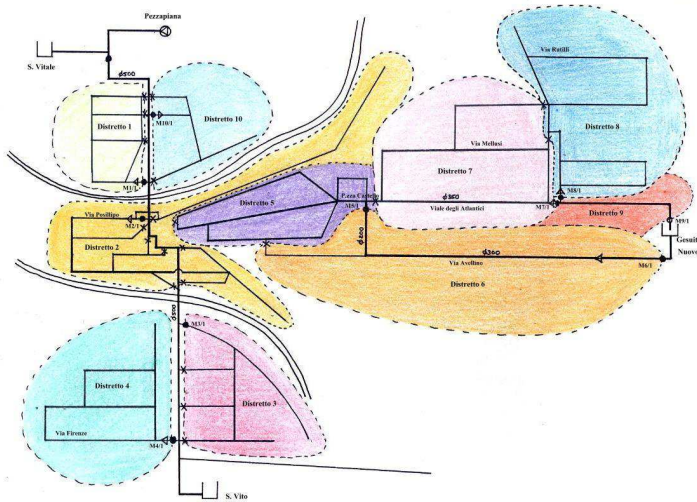
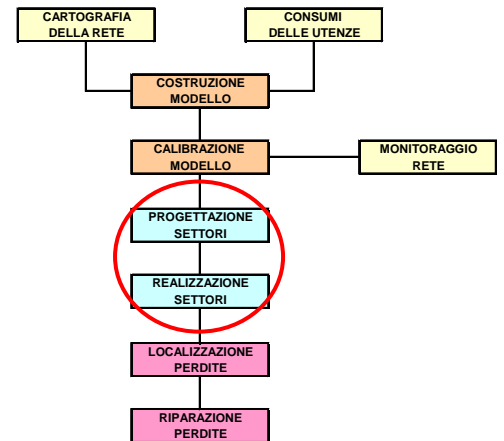


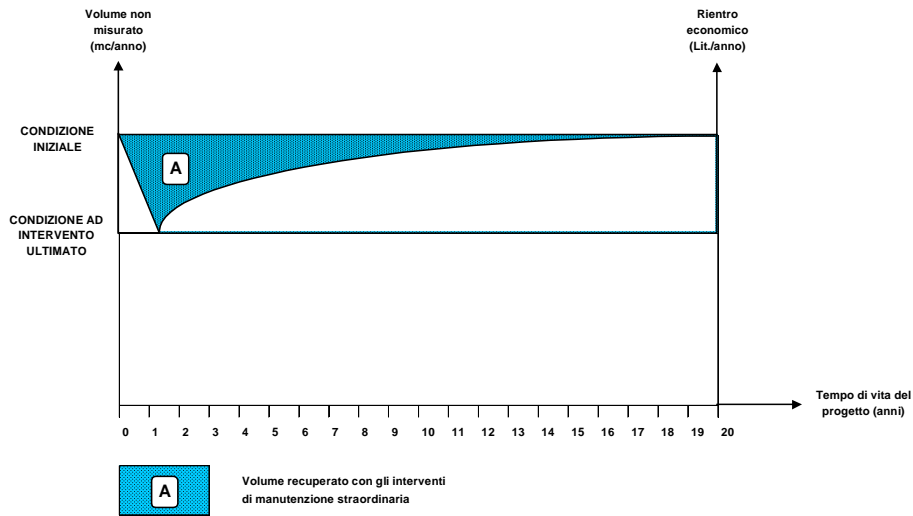
Figura 6.1: Divisione della rete idrica in distretti

La realizzazione dei distretti richiede la chiusura permanente delle saracinesche di confine e l'installazione dei misuratori di portata e dei data logger. In questo modo è possibile individuare immediatamente non solo la presenza di una nuova perdita, ma anche sapere in che parte della rete è localizzata.

Se non eseguita con attenzione, la divisione di una rete in distretti potrebbe creare problemi di pressione e di qualità dell'acqua. Per questo motivo, è necessaria nelle reti più grandi e complesse la costruzione di un modello matematico che simuli con precisione tutte le caratteristiche principali della rete e che permetta l'ottimizzazione della configurazione dei distretti. La realizzazione dei distretti consente di monitorare di continuo il livello di perdita in rete e di individuare non solo la presenza di una nuova perdita ma anche la parte della rete dove è localizzata. In questo modo l'attività di ricerca è sempre indirizzata nel momento più opportuno alla rete con maggiori perdite, consentendo così di mantenere nel tempo il livello basso di perdita ottenuto immediatamente a seguito dell'attività di ricerca perdita. Il beneficio ottenuto dalla realizzazione dei distretti è riportato graficamente in Figura 6.2 dove l'area evidenziata in giallo rappresenta il maggiore recupero possibile rispetto alla più tradizionale ricerca a tappeto.

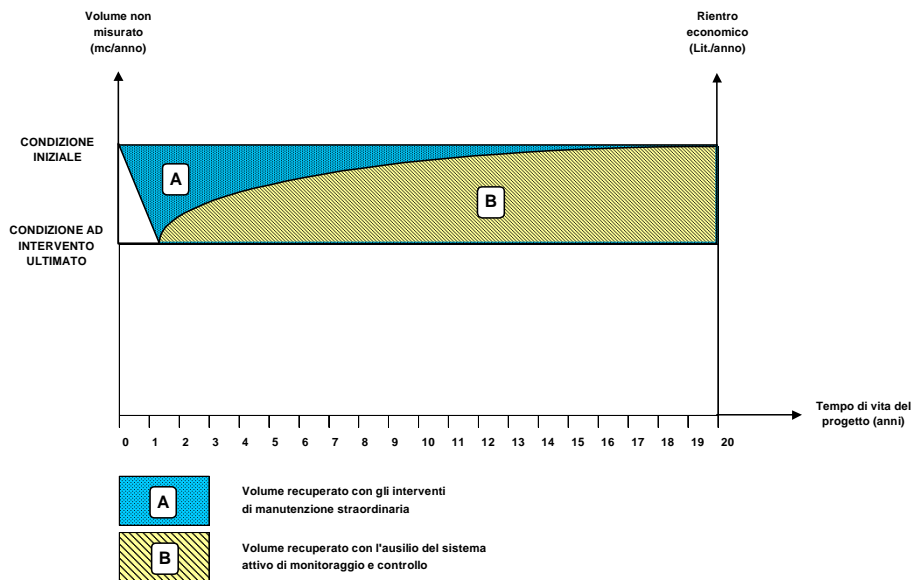


SII TERNI  
RICERCA E MONITORAGGIO DELLE PERDITE IDRICHE – 2° STRALCIO  
PROGETTO ESECUTIVO – NARNI – AMELIA - TERNI FONTANA DI POLO



**Grafico 1 : RICERCA FUGHE CONVENZIONALE**

$$\text{Volume recuperato} = \boxed{A}$$



**Grafico 2 : SISTEMA ATTIVO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO**

$$\text{Volume recuperato} = \boxed{A} + \boxed{B}$$

Figura 6.2: Beneficio del controllo permanente delle perdite

Le perdite, se non controllate, aumentano nel tempo. Per questo motivo è necessario un sistema permanente di controllo. Questo si fa collegando un registratore o data logger al misuratore di settore. Tramite il sistema GSM o GPRS o radio, questi dati sono trasmessi e scaricati automaticamente nel computer centrale con la frequenza desiderata, preferibilmente almeno una volta al giorno.

Il SII Terni si è dotato della piattaforma ECTOSS che raccoglie dati provenienti dal campo mediante stazioni di TLC e datalogger, registrando dati di livelli, portate e pressioni interpretando i segnali che transitano dai programmi di automazione controllo dei sistemi MOVICON ed IFIX.

La differenza tra l'acqua immessa in rete e quella erogata è l'acqua non contabilizzata. Per migliorare la precisione della stima della perdita reale è necessario quantificare la perdita basandosi sulla portata minima notturna quando il consumo delle utenze è minimo e quindi l'errore di misura dei contatori utenze è insignificante. Un aumento significativo della portata notturna registrata dal misuratore di distretti evidenzia la presenza di nuove perdite.

Una volta eseguite le riparazioni delle perdite localizzate, si potrà valutare la quantità di risorsa effettivamente recuperata. Questa attività è molto importante in quanto fornisce la conferma che la perdita sia stata riparata, che non ci siano altre perdite da localizzare e che il conseguente aumento di pressione in rete non abbia provocato altre perdite.

Il valore di perdita in rete a seguito della riparazione diventa poi il dato di riferimento per il successivo controllo del livello di perdita.

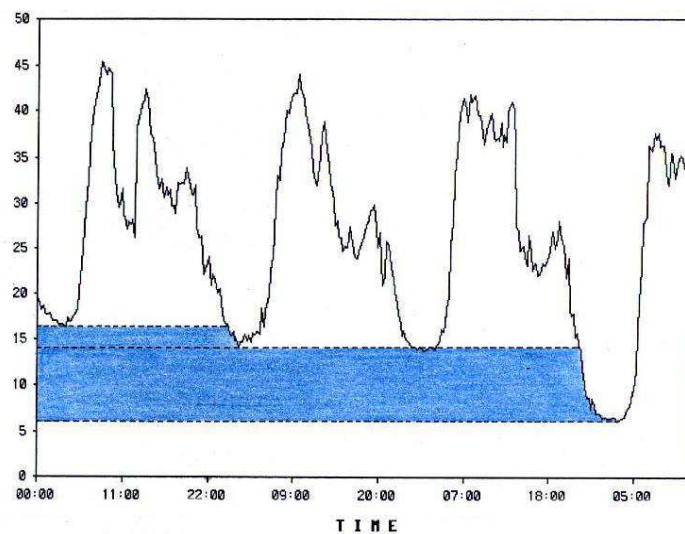


Figura 6.3: Recupero di una perdita

Un elemento importante per mantenere nel tempo un livello basso di perdita è il controllo della pressione. E' necessario, dove possibile, installare i riduttori di pressione, tali da garantire una pressione adeguata durante i periodi di massimo consumo quando la perdita di carico nella rete è maggiore, senza poi sottoporre la rete di notte ad una pressione molto elevata quando il consumo è minimo. Intervenedo così, si può ulteriormente ridurre non solo il livello di perdita ma evitare che si formino nuove perdite a causa dello sbalzo eccessivo di pressione tra giorno e notte. Per ottenere tale controllo è necessario installare dei riduttori di pressione di alta qualità e precisione accoppiati a strumenti elettronici sofisticati che consente di variare la pressione in funzione del tempo.

*Si dovrà integrare il sistema di datalogger mobili con l'attuale sistema di SUPERVISIONE ECTOSS, installato su piattaforma proprietaria SII Scpa. ( i DATALOGGER utilizzati dovranno essere concepiti con protocolli di trasmissione standard aperti alla piattaforma citata)*

## **6.1 Progettazione dei distretti**

Gli obiettivi durante la progettazione di un sistema permanente di controllo delle perdite sono i seguenti:

- mantenere il livello del servizio esistente;
- limitare il numero di saracinesche da chiudere;
- alimentare il settore da una condotta principale per migliorare la precisione di misura;
- evitare la realizzazione di distretti troppo piccoli.

La progettazione a modello è eseguita nella condizione di massima portata che corrisponde alla pressione minima. I passi più importanti sono:

- individuare le condotte di minima importanza idraulica che possono essere chiuse senza modificare il funzionamento idraulico della rete;
- analizzare la pressione nei punti critici dei distretti;
- dimensionare il misuratore di portata per assicurare la necessaria precisione alle basse portate, pur evitando perdite di carico eccessive;
- verificare la precisione del dispositivo durante la portata minima notturna.

Nella progettazione, il confine è realizzato chiudendo le condotte che hanno un basso flusso. La simulazione consente di verificare l'effetto prima della realizzazione in campo del distretto. Se la chiusura non modifica in modo rilevante il funzionamento della rete è attuabile il confine di controllo.

A completamento della progettazione è necessario verificare in campo la fattibilità delle chiusure previste. Infatti nel caso di difficoltà di realizzazione andranno previste la sostituzione delle saracinesche bloccate o l'installazione di nuove saracinesche. Per la gestione del sistema, sarà particolarmente importante che le informazioni relative alla posizione e alle caratteristiche del dispositivo di controllo così come alla posizione dei singoli punti di confine siano riportate in aggiornamento sulla cartografia ufficiale.

### 6.1.1 Controllo della pressione

La pressione in una rete idrica varia secondo la portata. Nella stessa maniera, la perdita è proporzionale alla pressione. Segue quindi che più bassa la portata, più alta la pressione e di conseguenza più alto il rischio di perdita e viceversa. La soluzione è la realizzazione di un sistema permanente di controllo delle perdite.



Figura 6.4: Valvola riduttrice di pressione del distretto via Ippocrate a Terni

## **6.2 Strumenti permanenti**

### **6.2.1 Misuratori di portata volumetrici permanenti**

Il livello di perdita di un settore è misurato in modo permanente analizzando la portata immessa nel settore, in particolare la portata notturna. L'obiettivo quindi è:

- massimizzare la precisione alle basse portate;
- minimizzare la perdita di carico alle massime portate.

Tipicamente si adotta un misuratore del tipo Woltmann abbinato ad un filtro a cestello di protezione che ha le seguenti caratteristiche:

- meccanico senza alimentazione;
- linearità di funzionamento elevata;
- alta precisione alle basse portate;
- uscita ad impulsi fino a 1 impulso per 10 litri;
- optolettura opzionale;
- orologeria rimovibile senza interruzione di servizio;
- pressione nominale fino a 16 bar;
- dimensioni compatte.

Diversamente, qualora ci fosse la possibilità di alimentazione elettrica, si potrà optare per misuratore elettromagnetico o digitale.

### **6.2.2 Valvola regolatrice di pressione**

La pressione di un settore è una variabile da mantenere sotto controllo per abbassare il livello di perdita e ridurre la frequenza della formazione di nuove perdite. La presenza di una valvola stabilizzatrice evita le escursioni di pressione e garantisce condizioni di servizio più regolari. Indipendentemente dalla pressione di monte, la pressione di valle è mantenuta idraulicamente al valore stabilito malgrado la variazione di portata. Il dispositivo si apre completamente nel caso la pressione di monte scenda sotto il valore impostato a valle.

La valvola deve essere dimensionata per due esigenze:

- avere una minima perdita di carico in condizioni di otturatore completamente aperto,
- avere una elevata stabilità di funzionamento in condizioni di bassa portata.

Le caratteristiche migliori si ottengono con la valvola tipo Bermad 720 che ha le seguenti caratteristiche:

- corpo a Y per una ridotta perdita di carico in condizioni di valvola aperta;

- dispositivo idraulico pilota con filtri;
- elevata stabilità dovuta alla sagomatura a U dell'otturatore;
- parti meccaniche in acciaio inox e tenute di lunga durata;
- possibilità di doppio pilota per regolazioni differenziate;
- pressione massima di 16 bar.

**La regolazione della pressione di valle è ottenibile anche con controllore elettronico sul pilota della valvola in maniera idraulica, ad apertura variata giorno/notte o in funzione del punto critico di pressione.**

### **6.2.3 Registratore dati permanente**

Non è necessaria una trasmissione dei dati in tempo reale per il controllo delle perdite in quanto la valutazione è svolta in base alla portata notturna. E' possibile quindi registrare i dati e trasmetterli giornalmente alla sala di controllo tramite la comunicazione GSM o GPRS. Il data logger GSM ha tipicamente un'alimentazione autonoma. I dati sono trasmessi ad una ora prestabilita e la durata di comunicazione è pari al tempo necessario per scaricare le misure, normalmente non oltre 2 minuti.

Le principali caratteristiche di un Logger sono:

- software in ambiente Windows XP;
- configurazione e scarico dati via cavo;
- data logger IP68;
- batterie con durata di 5 anni;
- antenna GSM esterna o interna se con armadietto fuori pozzetto;
- contratto di fornitura telefonica SIM card Machine to Machine.



### 6.3 Cameretta di controllo

La configurazione tipica della cameretta di controllo è riportata di seguito in Figura 6.5. Le dimensioni saranno variabili in funzione della strumentazione da installare.

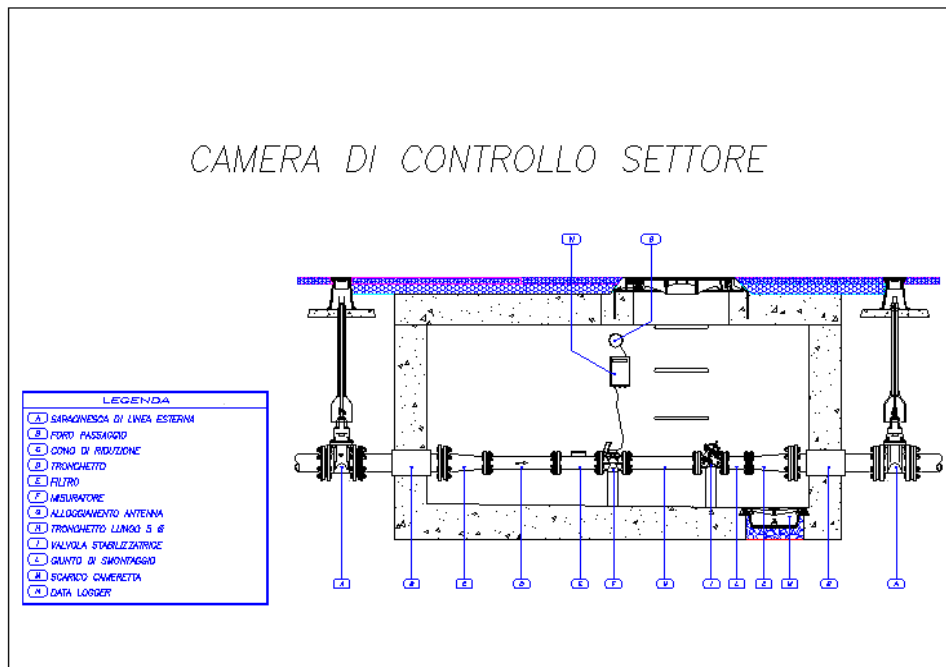


Figura 6.5 Cameretta di controllo e regolazione via BREDA Terni

## **6.4 Elaborati**

Il risultato delle attività si sostanzia nei seguenti elementi:

- definizione della posizione di controllo;
- dimensionamento del misuratore di portata;
- definizione delle modalità di registrazione e comunicazione;
- definizione del registratore dati;
- definizione delle pressioni operative di regolazione delle pressioni;
- dimensionamento e caratteristiche della valvola stabilizzatrice di pressione;
- caratteristiche dei dispositivi di controllo della valvola;
- definizione dei pezzi speciali;
- cartografia di rappresentazione del settore;
- disegno esecutivo del gruppo di controllo;
- documentazione manualistica dei dispositivi installati.
- Pannello di controllo degli indicatori di perdite, integrato all'attuale sistema di TLC

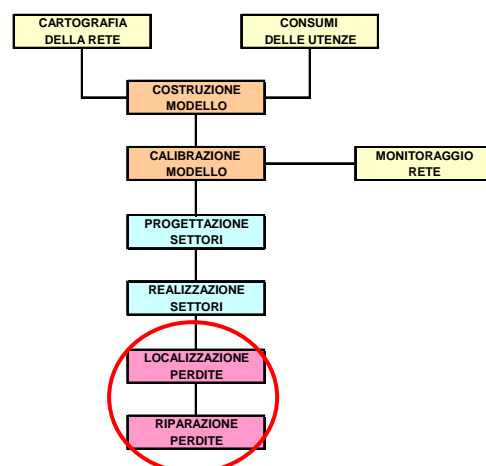
## 7 RICERCA PERDITE

Il livello elevato di perdita è una conseguenza della condizione deteriorata delle reti e della mancanza di un'adeguata manutenzione, aggravata ulteriormente da una disponibilità economica sempre più limitata per il rinnovamento delle condotte. Senza un controllo attivo ed efficiente, è quasi inevitabile la formazione di perdita in rete.

Tradizionalmente è stato adottato un approccio passivo alla ricerca delle perdite come nella maggior parte dei comuni dell'AURI Terni, dove si svolge l'intervento solo quando l'acqua sorge in superficie. Tale approccio non è adeguato, in quanto non consente di individuare anche le numerose perdite non visibili. Con l'applicazione di un controllo attivo delle perdite è possibile migliorare notevolmente la gestione in quanto:

- parte da una valutazione pesata dei dati minimi notturni di portata immessa;
- valuta il consumo minimo notturno e definisce con precisione il livello di perdita del settore;
- stabilisce il settore prioritario mirando la ricerca su un'estensione più ridotta;
- misura l'impegno temporale nelle attività di ricerca del settore;
- misura l'effetto delle riparazioni e l'efficacia della localizzazione.

L'approccio ottimale è riassunto in Figura 7.1 dove il controllo permanente consente l'individuazione del momento più opportuno di intervenire. Le perdite sono localizzate tramite lo svolgimento di una prova notturna di step test e l'applicazione della strumentazione acustica. In questa maniera è mantenuto lo stato di efficienza della rete ed è progressivamente migliorato il livello del servizio poiché le nuove perdite sono subito evidenziate dal sistema velocizzando la capacità di risposta, riducendo i tempi di spreco di risorsa ed i costi di intervento di localizzazione.



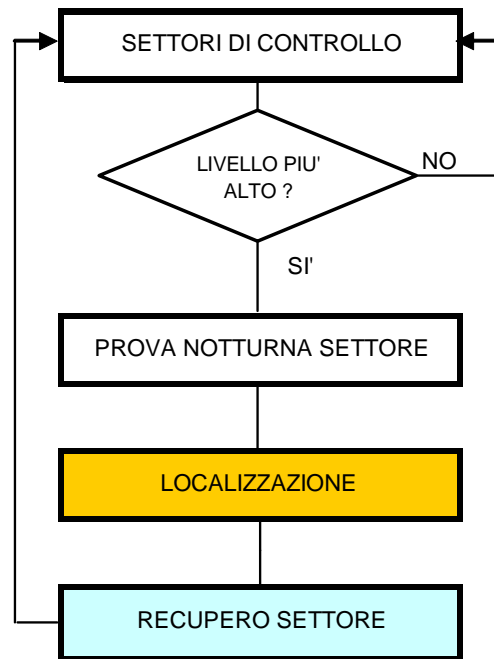
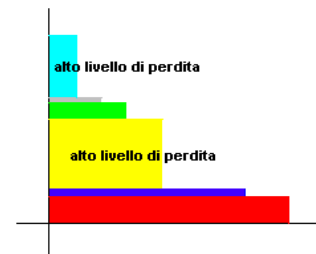
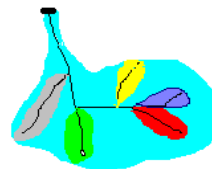


Figura 7.1 Controllo attivo dei distretti

### 7.1 Prova Step Test

Lo svolgimento delle prove notturne di isolamento della rete (step test) rappresenta l'approccio migliore per individuare le condotte con maggiori perdite. Consente la quantificazione delle perdite ed i probabili benefici prima di cominciare la ricerca. Consiste nella chiusura delle saracinesche principali per isolare progressivamente la rete. Considerando che il consumo notturno delle utenze è minimo, la riduzione della portata a seguito di ogni chiusura corrisponde quasi direttamente alla quantità di perdita. Richiede però la perfetta tenuta delle saracinesche.



E' perciò necessario preparare con attenzione lo step test, verificando il funzionamento delle saracinesche che dovranno essere usate e prevedendo la sostituzione delle saracinesche inefficienti. In questa maniera il monitoraggio del settore individua gli steps nei quali applicare la tecnologia acustica.

*L'avvio dello step test dovrà essere valutato con i conduttori reti e impianti e con la DL valutando l'impatto delle fasi transitorie, in funzione dello stato delle condotte e degli utenti interessati.*

### 7.2 Strumentazione di localizzazione

L'importanza di abbassare e successivamente mantenere un livello basso di perdita in rete è stata apprezzata per prima in Gran Bretagna negli anni ottanta. Di conseguenza è stata sviluppata una vasta gamma di tecnologia, attrezzatura e strumentazione specializzata per questa applicazione. Una perdita d'acqua in una

rete idrica ha come conseguenza lo sviluppo di rumore. Questo è il principio di funzionamento degli strumenti acustici realizzati appositamente per localizzare in particolare le perdite occulte.

### **7.2.1 Asta di ascolto**

E' possibile ascoltare il rumore prodotto dalla perdita appoggiando una semplice asta metallica sulla condotta. Negli anni sono state sviluppate aste sempre più sofisticate con amplificazione elettronica. Tuttavia questo strumento è ancora molto usato per:

- l'estrema facilità d'utilizzo;
- l'affidabilità;
- costo contenuto;
- assenza di costi di manutenzione.

Tipicamente lo stelo è di acciaio inox e ha una lunghezza da 1.2 a 1.5 metri. La cuffia di estremità è in materiale plastico policarbonato. E' caricabile sui furgoni e mezzi di lavoro senza particolari avvertenze. Funziona per accoppiamento meccanico alla testa della saracinesca. Il rumore è propagato lungo l'asta metallica e, per eccitazione della membrana incorporata dentro la cuffia, amplificato di intensità. Consente di ridurre l'effetto mascheramento e di aumentare il campo d'udibilità specie per le frequenze inferiori agli 800 Hz. La versione elettronica offre in particolare:

- una sensibilità elevata;
- un ampio range di amplificazione, in particolare alle basse frequenze;
- amplificatore molto piccolo e leggero;
- numerosi filtri automatici;
- una batteria di lunga durata;
- costruzione robusta.

Il puntale è impiegato tipicamente nella fase di pre-localizzazione perdite della rete.

### **7.2.2 Noise logger**

L'intensità del rumore generato dalla perdita dipende dalla pressione di esercizio. Segue quindi che il rumore è massimo durante le ore notturne che corrisponde tipicamente al livello minimo del rumore di fondo. Per questo motivo il lavoro di ricerca perdite è spesso svolto di notte. Per ridurre il costo e migliorare la sicurezza del personale sono stati prodotti degli strumenti acustici chiamati noise logger o registratori di rumore. Questo strumento consente la registrazione del rumore prodotto nel periodo notturno senza alcun intervento del personale operativo.



Figura 7.2: Registratori di rumore

Nelle versioni più evolute, è possibile anche correlare il rumore registrato per individuare con più precisione la posizione della perdita.

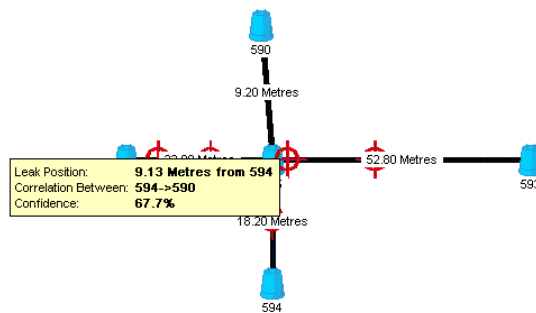


Figura 7.3: Correlazione con sensori multipli

### 7.2.3 Correlatore

Lo strumento migliore per individuare la posizione precisa della perdita è il correlatore. E' composto da un calcolatore potente e due sensori collegati a trasmettitori radio. E' capace di analizzare lo spettro del rumore prodotto dalla perdita tale da permettere la localizzazione con una precisione dell'ordine di +/- 1 metro quando tutte le caratteristiche della condotta stessa sono conosciute perfettamente.

Il correlatore è utilizzabile in tutti i tipi di tubazioni, non solo metalliche ma anche di plastica, amianto cemento e di grande diametro.



Figura 7.3: Correlatore

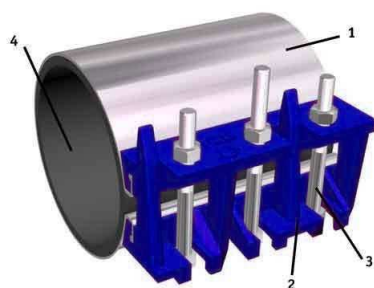
#### 7.2.4 Geofono

Per verificare l'esistenza della perdita nel punto individuato dal correlatore, si utilizza il geofono. Con la sua campana di ascolto, si può rilevare il rumore della perdita che raggiunge il piano stradale. Il geofono ha tipicamente un sensore piezoceramico ad alta sensibilità inglobato in un sistema isolante e sospeso che annulla i rumori esterni dovuti al traffico. L'unità di amplificazione ha una progettazione fatta per ascoltare le basse frequenze, potenziata da una selezione di filtri di frequenza, compresa l'eliminazione delle frequenze 50/60 Hz. L'indicazione visiva del rumore relativa all'ultima posizione ascoltata consente di raffrontare le condizioni di diversi punti o momenti della localizzazione. Lo schermo è retroilluminato e di pronta lettura. Il controllo dell'amplificazione alle cuffie è mediante visualizzazione a barra e relativa scala che permette la veloce impostazione dell'uscita. L'alimentazione è a batterie di lunga durata.



#### 7.3 Riparazione delle perdite

La tecnica da applicare per riparare le perdite individuate dipende dalla tipologia di rottura. Fori o tagli saranno riparati con una fascia inox:



1. Fascia acciaio inox
2. Morsetti
3. Tirantatura
4. Guarnizione quadrettata

Sarà sostituito l'intero tratto nel caso di fratture complete o dove la condizione della condotta è talmente deteriorata da non garantire una riparazione adeguata.

Di norma il nuovo tratto è dello stesso materiale del tratto sostituito per evitare dispersioni elettriche (ghisa sferoidale con ghisa sferoidale, acciaio con acciaio) fatto salvo condotte di amianto cemento sostituite con polietilene ad alta densità. Il taglio della condotta deve seguire le disposizioni del Piano di Sicurezza. Ciò vale anche per gli allacciamenti, dove è la condizione del tubo che determina l'approccio migliore da adottare, tendendo in considerazione che l'obiettivo è non solo recuperare la perdita ma mantenere il recupero nel tempo.

Per condotte a profondità usuale – di norma non più di 1.6 m – la scoperta della perdita è svolta nel seguente modo:

- impronta regolare, a forma rettangolare, mediante tagliasuolo a lama circolare;
- scavo con mezzo meccanico e/o scavo a mano a seconda delle condizioni incontrate da effettuare fino alla scoperta completa della condotta e piano sottostante la condotta da preparare orizzontale;
- pulizia esterna e riparazione della condotta con fascia riparatrice o taglio e sostituzione del tratto;
- fotografia e rilievo a scavo aperto della riparazione;
- rivestimento esterno del nuovo tratto con fasciatura bituminosa;
- smaltimento materiale di scavo in discarica;
- riempimento di sabbia fino al ricoprimento della condotta ( $h > 1\Phi$  condotta), riempimento scavo con misto granulometrico stabilizzato, abbondante bagnatura del riempimento dello scavo e compattazione scavo con piastra meccanica;
- misto granulometrico bitumato a ricoprimento dell'impronta rettangolare;
- in proprietà privata ripristino della pavimentazione esistente.
- nel caso non sia possibile effettuare nell'immediato il ricoprimento con misto granulometrico bitumato si provvede provvisoriamente a versare uno strato di asfalto a freddo.

Per profondità maggiori sono da adottare tutte le opere provvisionali idonee per il sostegno dello scavo così come previsto dal Piano di Sicurezza.

#### ***7.4 Quantificazione del recupero***

Alla fine della localizzazione e riparazione delle perdite sarà svolta una successiva campagna di monitoraggio per determinare il recupero. L'obiettivo è mantenere tale livello nel tempo tramite il controllo continuo della portata minima notturna per individuare subito la presenza di una nuova rottura ed il controllo della pressione che evita sbalzi dannosi che possono creare nuove perdite.



## **7.5 *Relazione finale***

Alla fine dell'attività sarà preparato un elaborato nel quale sarà riportata per ciascun comune la descrizione del lavoro svolto, la metodologia applicata, un riassunto delle perdite localizzate, l'esito della riparazione e la quantificazione del recupero compreso, in allegato, le schede e foto originali di localizzazione.

## 8 ORGANIZZAZIONE

Il progetto è in capo al **direttore dell'esecuzione** che gestisce la programmazione delle fasi, l'impostazione, il controllo, la realizzazione e verifica la documentazione delle attività e dei risultati. Sarà un ingegnere idraulico con minimo 5 anni di esperienza nell'analisi delle reti idriche incaricato dal SII Scpa, e che verrà incaricato di Programmare e coordinare le attività tra i soci conduttori di reti e impianti e l'appaltatore, nonché la verifica delle corrette procedure di gestione delle interruzioni idriche. SI occuperà di verificare l'interfaccia dei monitoraggi in atto con il sistema di telecontrollo gestito da SII Scpa e Soci ASM ed AMAN. Tale costo trova copertura nelle somme a disposizione della stazione appaltante, per la voce Direzione Lavori.

A seconda della fase è previsto l'inserimento di un **Project Engineer (PE)**, che cura lo svolgimento tecnico/operativo del servizio e che è affiancato da un **Tecnico (Tec)** con mansioni operative e dalle squadre delle imprese, **Squadra**, per l'esecuzione di lavori di installazioni strumenti mobili o fissi.

Il rilievo è svolto da un **PE**, specialista in rilevamento con oltre 5 anni di esperienza, mentre la parte di restituzione è svolta da un **Tecnico** digitalizzatore che avrà il compito principale di aggiornare il GIS.

La campagna di monitoraggio mobile è svolta da un **PE** specialista in misurazioni idrauliche e dalla squadra di installazione.

Lo studio idraulico preliminare e La realizzazione del modello matematico, la calibrazione e la progettazione dei distretti è svolta da un **PE** specialista, esperto di idraulica. Sarà assistito da un Tecnico per l'elaborazione dei consumi e da un topografo per il rilevamento delle quote.

La realizzazione dei distretti è seguita da un **PE** specialista nel controllo e localizzazione delle perdite con oltre 5 anni di esperienza specifica che controlla il corretto svolgimento dei lavori di messa in opera della strumentazione permanente.

La ricerca delle perdite è svolta da un **PE** specialista in localizzazione perdite con oltre 5 anni di esperienza specifica affiancato dalla squadra operativa.

Il **Topografo** avrà la responsabilità di misurare la quota di tutti i punti di monitoraggio.

## 9 QUADRO ECONOMICO

Il computo lavori ( elaborato B03 ) è stato calcolato definendo un elenco prezzi (B02), derivante da un'analisi dei prezzi, per l'impiego di personale specializzato e qualificato a svolgere le attività precedentemente descritte.

In tutte le fasi progettuali si possono identificare tre voci di spesa rispettivamente:

- **Ingegneria e sviluppo** ( afferente al costo delle figure professionali impiegate per le attività legate alla ricerca, individuazione e recupero diretto delle perdite)

### ***9.1 Costo Impiego personale – Ingegneria e sviluppo***

Sono stati applicati gli importi riassunti, al personale secondo il ruolo, esperienza e responsabilità da svolgere secondo la definizione in Capitolo 8 del presente documento, riassunti nell'allegato B02 – ELENCO PREZZI.

Va notato che la squadra è composta da due persone e mezzo attrezzato per svolgere il lavoro in campo.

#### **9.1 Spese per attività di campo**

Le spese sostenute da ciascuna figura sono state stimate in base alle attività delle singole fasi. Queste spese sono state applicate solo alle attività di campo e non a quelle di ufficio.

### ***9.2 Costo Forniture strumenti***

I costi che sono stati applicati per l'acquisto o noleggio della strumentazione per localizzazione delle perdite è basato su prezzi tipici di mercato.

### ***9.3 Quadro economico complessivo***

Il quadro economico complessivo per applicare l'approccio definito nel presente documento nei Comuni di Narni, Amelia, Terni Fontana di Polo è riassunto nell'elaborato B01