

Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti ai sensi dell'art. 16 della legge 109/94 (legge Merloni), come modificato dalla legge 216/95



1. Premesse Giuridico/ Amministrative

A - OPERE PUBBLICHE

L'art. 16, 5° comma, della L. 216/95, nello stabilire che "la progettazione si articola (nel rispetto dei vincoli esistenti, preventivamente accertati, e dei limiti di spesa prestabiliti) secondo tre livelli di successivi approfondimenti tecnici, in preliminare, definitiva ed esecutiva, prevede che il progetto esecutivo debba essere altresì corredato da **apposito piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti** da redigersi nei termini e con le modalità di cui all'art. 3 della L. 2.6.1995 n. 216".

Nelle more della emanazione del Regolamento di attuazione della citata legge, è opportuno esaminare e analizzare quali altre norme della Legge Merloni, unitamente ad altre derivanti da disposizioni legislative dettate anche per settori e ambiti diversi, siano da ritenersi, comunque, rebus sic stantibus, applicabili per la predisposizione del piano di manutenzione di cui il progetto deve essere corredato da parte dei tecnici dell'Amministrazione Comunale o da parte del professionista esterno incaricato dall'Amministrazione stessa.

Va peraltro precisato che la formulazione dell'art. 16 sembra rinviare esplicitamente al regolamento; infatti il piano di manutenzione, si precisa, deve appunto essere redatto nei termini e con le modalità che verranno fissati nel Regolamento, conseguentemente per i progetti che verranno approvati in assenza del Regolamento il predetto piano non dovrebbe ritenersi vincolante per l'Amministrazione Comunale.

Per restare comunque all'esame delle norme che possono interessare la predisposizione del piano di manutenzione, vanno considerati:

a) *l'art. 14 della L. n. 216/95*: in tema di programmazione dei lavori pubblici, visto alla luce di quanto disposto dall'art. 14 del Dec.leg.vo n° 77/95, come modificato dal Dec. Leg.vo n° 336/96; detto articolo stabilisce che i comuni approvano **il programma dei lavori pubblici da eseguire nel triennio**, che costituisce allegato al bilancio di previsione con l'indicazione dei mezzi stanziati nel proprio bilancio, del quale con decreto del Ministro dei Lavori Pubblici sarà definito lo schema tipo, che preveda:

- l'elenco dei lavori di settore;
- le priorità di intervento, che possono essere derogate solo per interventi imposti da eventi imprevedibili o calamità, nonché le modifiche dipendenti da nuove disposizioni di legge o regolamento ovvero da altri atti amministrativi adottati a livello statale o regionale;
- il piano finanziario complessivo e per settore;
- i tempi di attuazione degli interventi.

Con riferimento ai tempi e alle modalità di predisposizione, di inoltro e di aggiornamento dei programmi dei lavori pubblici di cui all'art. 14 citato, la legge Merloni fa rimando all'emanando Regolamento.

Ciò è confermato dal disposto del comma 9°, art. 1 del D.L. 101/94, come convertito nella legge n. 216/95, che espressamente stabilisce che "le disposizioni di cui agli articoli 4, commi da 1 a 9, e 14 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, si applicano a decorrere dalla data di entrata in vigore del regolamento di cui al comma 2 del presente articolo".

Tale norma va, peraltro, interpretata alla luce dell'entrata in vigore del **Decreto Legislativo n. 25 febbraio 1995, n. 77**, che ha approvato il nuovo ordinamento finanziario e contabile degli enti locali, secondo il quale, per gli enti locali, il programma dei lavori pubblici ha valenza di bilancio triennale a tutti gli effetti.

b) *l'art 43, comma 1°, del D. L.vo n. 77/95*: per quanto concerne gli investimenti; questo articolo dà la possibilità alle Amministrazioni Comunali di modificare il programma delle opere pubbliche; in effetti alla programmazione tecnica di cui alla legge 216/95, non è stato espressamente attribuito carattere autorizzatorio, come invece specificatamente previsto per il bilancio triennale dall'art. 13, 4° comma, del D.L.vo n. 77/95, in sintonia con l'art. 6, 2° comma dello stesso D.L.vo n. 77/95 riferito al bilancio annuale, laddove prevede che **“per tutti gli investimenti degli enti locali, comunque finanziati, l'organo deliberante, nell'approvare il progetto o il piano esecutivo dell'investimento, dà atto della copertura delle maggiori spese derivanti dallo stesso bilancio pluriennale originale, eventualmente modificato dall'organo consiliare, ed assume l'impegno di inserire nei bilanci pluriennali successivi le ulteriori o maggiori previsioni di spesa relative ad esercizi futuri, delle quali è redatto apposito elenco.** Sembra comunque ormai definitivamente stabilito che il Programma delle Opere Pubbliche sia da ritenersi a tutti gli effetti parte integrante del bilancio dell'Ente che lo approva con propria delibera di Consiglio, ed in quanto tale quindi anche il Programma delle Opere Pubbliche debba ritenersi, una volta approvato ed esecutivo, assolutamente autorizzatorio nel triennio.

A ciò si aggiunga che l'investimento previsto deve necessariamente comportare la quantificazione delle ulteriori maggiori previsioni di spesa da inserire in bilancio per gli esercizi futuri, successivi al triennio di riferimento.

Tale dato deve essere ovviamente preso in considerazione nella redazione del piano di manutenzione dell'opera.

c) *l'art. 43, comma 3°, del D. L.vo n. 77/95*, secondo il quale **“la deliberazione consiliare che approva il piano economico finanziario costituisce presupposto di legittimità delle**

deliberazioni di approvazione dei progetti esecutivi, dell'investimento e delle deliberazioni di assunzione dei relativi mutui.” A questo proposito appare chiaro che il Piano di Manutenzione dell'Opera, in quanto parte integrante del progetto esecutivo, venga non solo recepito, ma costituisca addirittura essenza, almeno per alcuni aspetti, del citato piano economico-finanziario.

Dal coacervo e dall'esame delle norme soprarichiamate si può argomentare quanto segue:

■ **Al fine dell'inserimento di un intervento nel piano delle opere pubbliche si deve tenere conto dei seguenti elementi:**

■ priorità alle opere di manutenzione, al recupero del patrimonio pubblico, al completamento dei lavori già iniziati, alle opere suscettibili di produzione di reddito;

■ tempi di attuazione dell'intervento;

■ previsioni di spesa di manutenzione e gestione, ulteriori o maggiori, relative ad esercizi futuri, delle quali deve essere redatto apposito elenco, e quindi piano di manutenzione dell'opera;

■ la deliberazione che approva il piano economico finanziario costituisce presupposto di legittimità delle deliberazioni di approvazione dei progetti esecutivi, dell'investimento e delle deliberazioni di assunzione dei relativi mutui;

■ i contratti di appalto sono stipulati “a corpo”, od “in parte a corpo in parte a misura”, così come previsto dall'art. 19 della L. n° 216/95, solo in casi particolari può essere stipulato “a misura”; il prezzo dell'opera è chiuso;

■ affidamento deve avvenire con procedura di evidenza pubblica;

■ **Coincidenza del piano economico - finanziario con il piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti:**

Quando l'art. 16, comma 5° della L. 216/95 prevede che il progetto esecutivo debba essere “corredato” da appo-

sito piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti, significa che tale piano debba considerarsi parte del progetto esecutivo stesso.

Se l'opera oggetto di investimento infatti, da realizzare in un arco temporale certo e definito, deve produrre, ove possibile, reddito, e prevedere, elencate appositamente in modo analitico, le previsioni di spesa, ulteriori o maggiori, relative agli esercizi futuri, e, in caso di destinazione dell'opera medesima a servizio pubblico, gli introiti previsti anche al fine della determinazione delle tariffe, è evidente che il piano di manutenzione, all'interno di un piano economico - finanziario di ammortamento, fornisce alcuni elementi costitutivi del piano medesimo.

B - OPERE PUBBLICHE DESTINATE ALL'ESERCIZIO DEI SERVIZI PUBBLICI

L'art. 46 del D.L.vo n. 504/1992: (in tema di “Riordino della finanza degli enti territoriali, a norma dell'art. 4 della legge 23 ottobre 1992, n. 421”), concernente l'autofinanziamento di opere pubbliche destinate all'esercizio di servizi pubblici; secondo tale articolo:

comma 1. I Comuni sono autorizzati ad assumere mutui, anche se assistiti da contributi dello Stato o delle regioni, per il finanziamento di opere pubbliche destinate all'esercizio di servizi pubblici, solo se i contratti di appalto sono realizzati sulla base di progetti “chiavi in mano” ed a prezzo non modificabile in aumento, con procedura di evidenza pubblica e con esclusione della trattativa privata.

comma 2. Il piano finanziario previsto dall'art. 4 del D.L. 2.3.1989, n. 65, convertito, con modificazioni, dalla legge 26 aprile 1989, n. 155, deve essere integrato con un ulteriore piano economico - finanziario diretto ad accettare l'equilibrio economico finanziario dell'investimento e

della connessa gestione, anche in relazione agli introiti previsti ed al fine della determinazione delle tariffe.

comma 3. Il piano economico - finanziario deve essere preventivamente assentito da un istituto di credito mobiliare scelto tra gli istituti indicati con decreto emanato dal Ministro del tesoro.

La redazione del piano economico finanziario riguarda esclusivamente le nuove opere, il cui progetto generale comporti una spesa superiore al miliardo.

comma 6. Le opere che superano l'importo di un miliardo di lire dovranno essere sottoposte a monitoraggio economico e gestionale a cura di una società specializzata, scelta nell'elenco che sarà predisposto dal Ministro dell'interno di concerto con il Ministro del tesoro, con riparto dei costi relativi in parti uguali fra l'ente mutuatario e l'istituto di credito finanziatore.

comma 7. Per le opere finanziate dalla Cassa depositi e prestiti, l'esame del piano economico - finanziario e l'attività di monitoraggio potranno essere effettuate dalla Cassa stessa."

Quanto sopra è tuttavia applicabile solo ed esclusivamente nel caso evidenziato, cioè:

■ nuove opere pubbliche destinate all'esercizio di servizi pubblici con importo superiore al miliardo;

■ esclusivamente per le nuove opere pubbliche *destinate all'esercizio di servizi pubblici*, il cui progetto generale comporti una spesa superiore al miliardo è necessaria:

1. la redazione di un ulteriore piano economico - finanziario diretto ad accertare l'equilibrio economico finanziario dell'investimento e della connessa gestione, anche in relazione agli introiti previsti ed al fine della determinazione delle tariffe;
2. un monitoraggio economico e gestionale a cura di una società spe-

cializzata, scelta nell'elenco che sarà predisposto dal Ministro dell'interno di concerto con il Ministro del Tesoro, con riparto dei costi relativi in parti uguali fra l'ente mutuatario e l'istituto di credito finanziatore, ovvero, per le opere finanziate dalla Cassa depositi e prestiti, l'esame del piano economico - finanziario e l'attività di monitoraggio potranno essere effettuate dalla Cassa stessa.

■ **Differenziazione del contenuto del piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti in relazione all'importanza e alla specificità dell'opera**

Ciò posto, va rilevato che il piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti, deve avere necessariamente contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità dell'opera medesima; ciò è confermato, peraltro, seppure in via analogica, anche per il piano economico - finanziario come appunto prevede l'art. 46 del D.L.vo n. 504/1992 sopra citato.

La stessa legge Merloni, in più punti rinvia al Regolamento per progetti di importo superiore alla soglia europea, con ciò, di fatto ammettendo implicitamente un diverso regime normativo e non solo in base al valore - economico, ma anche in relazione ad alcune specifiche peculiarità dell'opera.

Ne discende che il piano sarà diverso a seconda del settore d'intervento e degli importi del progetto, anche se avrà delle voci comuni, quali:

- canoni manutentivi (vigilanza locali, assicurazioni, interventi programmati di ripristino, verifiche, collaudi ecc.);
- voci relative ai consumi (acqua, elettricità, gas, metano ecc.);
- costi di gestione del personale;
- parametri di ammortamento del bene.



2. L'aspetto progettuale

Il piano manutentivo dell'opera e delle sue parti deve per le opere di fognatura, ancor più che per qualsiasi altra struttura od opera da realizzarsi, essere assolutamente ancorato e riferito alle scelte progettuali che sono state adottate; è quindi indispensabile che fin dalle previsioni progettuali debbano essere tenute in debito conto alcune fondamentali considerazioni che qui di seguito vengono riportate.

Le reti di fognatura svolgono la loro funzione come parte fondamentale delle infrastrutture urbane non per pochi decenni ma per generazioni, oltretutto nel complesso di strutture destinate al risanamento idraulico di un territorio, le reti fognarie rappresentano la voce economicamente più consistente; inoltre essendo completamente interrato, a volte anche a profondità di diversi metri; sono di difficile e costoso controllo e manutenzione.

Si aggiunga che spesso i condotti fognari hanno diametri notevoli con conseguenti gravissimi pericoli in caso di improvvisi cedimenti soprattutto quando, come avviene nella maggior parte dei casi, sono posati in sede stradale.

Si tenga inoltre conto che a differenza di altri servizi, ad esempio acquedottistici, che possono essere sospesi in caso di inconveniente o di necessità manutentiva, per quanto riguarda le fognature tutto ciò risulta in genere difficile e complicato se non addirittura impossibile.

In considerazione di quanto sopra riportato risulta quindi evidente che riveste massima importanza l'**accuratezza della progettazione**, la **professionalità nella realizzazione** e **posa in opera**, ma anche che i **criteri di scelta** dei vari tipi di **tubazione** diano la **massima garanzia di durata**, di **tenuta idraulica**

nel tempo e di **convenienza economica** a parità di validità tecnica.

La **durata** necessaria comporta evidentemente **elevati costi di investimento**.

È chiaro quindi che in fase di pianificazione e successivamente di progettazione è importante approfondire tutti gli aspetti, sia tecnici che economici, per garantire una attiva protezione dell'ambiente con il minimo onere economico a carico della collettività.

Purtroppo in Italia tale criterio non è stato fino a tutt'oggi seguito - salvo lodevoli eccezioni - probabilmente perché i concetti di costruzione e gestione non sono ancora **strettamente collegati**; molto spesso quindi le scelte progettuali si limitano a criteri di puro risparmio sui costi iniziali, senza tener conto degli ingenti oneri che si dovranno successivamente sostenere per le manutenzioni e per il precoce rifacimento delle opere.

Si tenga però presente che in conseguenza dell'introduzione dei dettati di legge richiamati nel primo paragrafo del presente documento l'interconnessione delle fasi di realizzazione e gestione dell'opera pubblica è ormai destinata ad un matrimonio duraturo e dal quale dovrebbe trarre sicuro giovamento l'interesse pubblico, soprattutto in funzione del maggiore approfondimento che ne deriva a partire fino dalle fasi di progettazione preliminare, per ripercuotersi assai vantaggiosamente in tutte le successive fasi di progettazione e realizzazione dell'opera pubblica.

La definizione della vita di esercizio di un'opera di fognatura è sempre strettamente collegata a un giudizio complessivo sulla rete.

I principali **criteri da considerare per la costruzione e la gestione di una rete di fognatura** sono:

- 1) **La qualità del materiale dei tubi.**
- 2) **La qualità della costruzione.**
- 3) **Le caratteristiche del suolo, inclusa l'eventuale presenza di falda freatica.**
- 4) **I carichi statici e dinamici che gravano sulla condotta.**
- 5) **La composizione chimica del liquame e del suolo.**
- 6) **La affidabilità di eventuali trattamenti protettivi dei tubi.**
- 7) **Le modifiche dei parametri idraulici nel tempo.**
- 8) **Situazioni particolari di pericolo che possono verificarsi a causa di scavi successivi.**

Le **caratteristiche tecniche dei materiali di fognatura** possono essere valutate obiettivamente in funzione delle seguenti proprietà:

- 1) **Resistenza chimica, biologica, meccanica.**
- 2) **Stabilità strutturale nel tempo.**
- 3) **Efficienza idraulica.**
- 4) **Condizioni di posa.**
- 5) **Gamma di diametri e pezzi speciali disponibili.**
- 6) **Compatibilità con l'ambiente.**
- 7) **Possibilità di riciclaggio.**

La **combinazione** fra i criteri strutturali di costruzione e gestione con le sopraelencate caratteristiche dei materiali, comporta come risultano **differenti durate di esercizio**.

Svariate esperienze internazionali attribuiscono le seguenti durate medie ai vari tipi di materiali impiegati:

Gres ceramico	80 - 100 anni
Cemento e cemento + fibre	40 - 50 anni
Materiali plastici	30 - 40 anni

Tali valori sono da attribuirsi a materiali di prima qualità, in tutto conformi alle più severe **normative tecniche e posti in opera a regola d'arte**.

È quindi **fondamentale** per il progettista dell'opera non solo **la scelta di una certa tipologia di materiale**, ma anche la **garanzia di serietà da parte del produttore** e che le **modalità di installazione** siano particolarmente curate; in **caso contrario la durata di vita media si può ridurre sensibilmente**.

In linea generale si può affermare che i **materiali** che garantiscono una **maggiore durata** sono normalmente **più costosi di altri**, ciò comporta la necessità di un **investimento maggiore**; d'altra parte è però indispensabile sottolineare che la maggior durata del prodotto contiene la riproposizione dei costi nel tempo, quali ad esempio quelli diretti di rifacimento, nonché quelli indiretti derivanti dai reiterati disagi da sopportare durante i nuovi lavori di rifacimento.

Risulta perciò necessario al fine della valutazione della maggiore economicità dei lavori da realizzarsi, già in fase progettuale, determinare il giusto equilibrio tra la durata del prodotto ed il costo dell'opera attraverso l'utilizzo di una serie di parametri mutuati anche dalla matematica finanziaria che tengono conto dei vari tassi di interesse reale o di incremento dei prezzi di costruzione e dei materiali e dei conseguenti calcoli di redditività.



3. Piano di manutenzione dell'opera di fognatura e delle sue parti

Il sistema di smaltimento e canalizzazione delle acque reflue urbane nell'ambito di un territorio Comunale in genere è gestito e mantenuto dai vari Enti Pubblici e/o Privati ognuno nell'ambito delle proprie competenze in quanto compiti propri di istituto od in virtù di mansioni assegnate mediante convenzione.

Per ogni nuova opera di fognatura è bene quindi predisporre alcuni elaborati ora indispensabili e finalizzati in futuro a consentirne un uso corretto, una agevole manutenzione ed un efficace controllo dello stato di conservazione del collettore stesso; di conseguenza devono anche essere definiti i costi di manutenzione che si rendono necessari nell'arco temporale di durata dell'opera.

Gli elaborati da predisporre per la compilazione del piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti possono essere così sintetizzati: il manuale d'uso, il manuale di manutenzione ed il programma di manutenzione.



3.1. Manuale d'uso

Il manuale d'uso deve contenere e descrivere tutte le informazioni necessarie all'utente per conoscere le modalità di fruizione dell'opera per una gestione corretta che ne eviti il degrado anticipato.

Pertanto nel manuale d'uso si dovrà descrivere l'ubicazione dell'opera, la rappresentazione grafica e fotografica dei manufatti che costituiscono l'opera, ovvero rappresentazione planimetrica del tracciato fognario e del profilo altimetrico, nonché i particolari costruttivi di: camerette d'ispezione, innesti degli allacciamenti delle utenze, caditoie stradali per la raccolta delle acque meteoriche, manufatti di sfioro, manufatti di decantazione, stazioni di

pompaggio. Il manuale d'uso sarà anche corredato dalla descrizione dei materiali con cui vengono realizzati tutti i manufatti nonché dall'indicazione dell'uso specifico cui viene destinata l'opera (esempio fognatura per acque nere, miste, bianche industriali); in relazione all'uso cui è destinata l'opera si dovrà indicare la tipologia degli scarichi che in essa si possono recapitare. A tale proposito si veda la tabella sotto riportata.



3.2. Programma di manutenzione

Per quanto concerne le indicazioni riferite alla manutenzione è necessario premettere che per la maggior parte e

DESTINAZIONE D'USO DELLA FOGNATURA	TIPOLOGIA DI SCARICO AMMESSA	DIVIETI
Fognatura acque nere	acque nere civili, scarichi di insediamenti produttivi artigianali e o industriali assimilabili al civile con scarico entro i limiti fissati dalla tabella "C" della legge Merli	materiali solidi, materiali liquidi soggetti alla solidificazione nel tempo, acque meteoriche, acque di origine industriale con parametri oltre i limiti fissati dalla tabella "C" della Legge Merli
fognatura di acque miste	acque nere civili, scarichi di insediamenti produttivi artigianali e o industriali assimilabili al civile con scarico entro i limiti fissati dalla tabella "C" della legge Merli, acque meteoriche limitatamente alla portata indicata dai regolamenti e/o da indicare nel presente manuale	materiali solidi, materiali liquidi soggetti alla solidificazione nel tempo, acque di origine industriale con parametri oltre i limiti fissati dalla tabella "C" della Legge Merli
Fognatura acque bianche	acque meteoriche limitatamente alla portata indicata dai regolamenti e/o da indicare nel presente manuale	acque nere civili, scarichi di insediamenti produttivi artigianali e o industriali assimilabili al civile con scarico entro e oltre i limiti fissati dalla tabella "C" della legge Merli materiali solidi, materiali liquidi soggetti alla solidificazione nel tempo
fognature acque industriali	solo acque di origine industriale con particolari caratteristiche chimico fisiche che devono essere depurate attraverso appositi impianti	tutte le acque non compatibili con lo scarico a cui è destinata la realizzazione della fognatura

• Tabella 1

TIPO DI FOGNATURA	ESPURGHİ	ISPEZIONI
COSTO ANNUO PER Km		
Fognatura acque nere	4.300.000	700.000
Fognatura acque miste	3.500.000	450.000
Fognatura acque bianche	2.000.000	200.000

TIPOLOGIA FOGNATURA	COSTO ANNUO PER MANUTENZIONE EDILIZIA AL km
Fognature con tubazioni in gres	4.000.000
Fognature con tubazioni in P.V.C.	4.000.000
Fognature con tubi in C.A.	6.000.000

• **Tabella 2**

per ovvie ragioni la rete fognaria di un centro urbano si sviluppa nel sottosuolo delle strade cittadine, che lo stato di conservazione dei collettori a servizio delle fognature ha una durata nel tempo, come già evidenziato in altra sezione del presente documento, direttamente proporzionale alla tipologia progettuale, alla bontà dei materiali utilizzati, nonché al fatto che la posa in opera sia stata eseguita secondo le buone regole dell'arte.

Per mantenere in buono stato di conservazione ed efficienza il patrimonio dei manufatti idraulici è necessario provvedere alle seguenti attività: verifiche e controlli dello stato di manutenzione delle opere, tali operazioni sono svolte in genere da personale salariato in economia diretta dall'Amministrazione oppure in casi particolari da ditte appositamente attrezzate con sonde televisive; espurgo dei condotti principali e secondari e manutenzione edile degli stessi, tali servizi e lavori in genere sono eseguiti da ditte specializzate nel settore mediante affidamento in appalto delle opere relative.

Il sistema di controlli e di interventi di manutenzione da eseguire secondo le cadenze temporali da fissarsi in relazione ai parametri sopra accennati, diversi ovviamente per ogni opera realizzata, si assommano e vengono ri-

portati nel programma di manutenzione; quest'ultimo dovrà anche contenere le indicazioni relative al costo di tali operazioni che si può, ad esempio, esplicitare per ogni categoria di lavoro manutentivo sotto forma di costo per ogni chilometro di condotto.

A tale proposito si allegano le tabelle esplicative dei costi medi degli interventi: di espurgo e ispezione in relazione all'uso del manufatto; delle manutenzioni edili in relazione al materiale costitutivo della tubazione, questo com-

preensivo anche degli oneri manutentivi di manufatti quali camerette di ispezione, caditoie, chiusini in ghisa, ecc.

Per ogni opera di fognatura dovrà essere descritto nel dettaglio quanti e quali controlli sono necessari, quali sono le operazioni da svolgersi ed i mezzi da utilizzare per ogni intervento di manutenzione.

Le verifiche e i controlli dello stato di manutenzione delle opere devono essere svolte preferibilmente da personale salariato in economia diretta dall'Amministrazione che gestisce e mantiene i condotti in parola; tali opere consistono:

- nell'ispezionare, accedendo al condotto attraverso le apposite camerette di ispezione, la tubazione e verificare l'eventuale presenza di materiale di rifiuto depositatisi sul fondo;
- nel controllo della parte strutturale della tubazione ed individuazione di eventuali lesioni o deformazioni della sezione geometrica originaria;
- nel controllo lungo il tracciato di eventuali deterioramenti dei giunti che pregiudicano la buona tenuta idraulica della condotta;
- nella verifica del funzionamento delle caditoie stradali per la raccolta acque meteoriche;

TIPOLOGIA E USO DEL MANUFATTO	FREQUENZA ISPEZIONI ESPRESSA IN GIORNI
Condotti di acque nere con pendenza minore del 2 %	120
Condotti di acque nere con pendenza maggiore del 2 %	240
Condotti di acque miste con pendenza compresa fra 0,2 % - 1,5 %	180
Condotti di acque miste con pendenza compresa fra 1,5 % - 3%	365
Condotti di acque miste con pendenza maggiore del 3%	1096
Condotti di acque bianche	1096
Caditoie per la raccolta acque meteoriche	180 e ad ogni evento meteorico particolare
Vasche di decantazione e sfioratori di piena	180 e ad ogni evento meteorico particolare
Sifoni	90
Manufatti in ghisa posti in sede stradale	365
Stazioni di sollevamento acque	15

• **Tabella 3**

- nelle verifiche del buon funzionamento degli sfioratori di piena e degli eventuali sistemi di pompaggio;
- nel controllo dei manufatti di chiusura e coronamento di ghisa posti sulla carreggiata stradale che non siano sconnessi dalla loro sede e/o lesionati.

Ogni operazione effettuata all'interno dei condotti di fognatura deve essere svolta nel rigoroso rispetto di fondamentali norme atte a tutelare l'incolumità degli operatori; per questo dovranno essere adottate tutte le precauzioni idonee ad evitare incidenti sia in superficie che nei condotti interrati.

In particolare dovrà essere predisposta la segnaletica stradale per evidenziare le limitazioni od i divieti che si ren-

dessero necessari, dovrà essere prevista l'areazione preventiva del cunicolo attraverso l'apertura dei chiusini oppure addirittura l'insufflazione forzata d'aria, inoltre la discesa nel condotto dovrà essere preceduta da accertamenti di pericolo da effettuarsi con l'ausilio di strumenti di rilevazione di gas che comunque dovranno essere tenuti in funzione durante tutta la durata del controllo o dell'eventuale lavoro da svolgere.

Non si dimentichi poi che il personale sia in superficie che all'interno dei condotti dovrà essere in possesso della dotazione personale di sicurezza, come previsto dalle vigenti norme in materia, e di pronto soccorso.

Per quanto concerne l'ispezione all'in-

terno delle tubazioni, soprattutto quelle di piccolo diametro, l'attuale tecnologia permette di fare uso di sonde televisive che vengono poste all'interno della tubazione su appositi carrelli che manovrati via cavo da una strumentazione collocata su di un elemento mobile di superficie restituiscono le immagini sempre via cavo al monitor presente appunto nella stazione di comando stessa; è inoltre possibile effettuare le registrazioni di quanto ripreso. Si riporta la seguente tabella ad indicare la frequenza delle verifiche per ogni tipo di manufatto

Espurgo e pulizia delle tubazioni fognarie sono necessarie al fine di mantenerne sgombra la sezione idraulica dal deposito di rifiuti e materiale, soprattutto sul fondo; risulta così garantito un deflusso di portata sempre ottimale e comunque pari a quello di calcolo progettuale, perseguendo inoltre l'obiettivo di evitare il formarsi di inconvenienti igienico sanitari dovuti al deposito dei materiali sopra ricordati a causa della scarsa pendenza e della scabrezza superficiale del condotto.

La tabella a fianco definisce la frequenza con cui devono essere eseguiti gli interventi di espurgo in funzione di alcune variabili:

TIPOLOGIA E USO DEL MANUFATTO	FREQUENZA ESPURGH ESPRESSA IN GIORNI
Condotti di acque nere con pendenza minore del 2 % e diametro compreso fra 300-500 mm	180
Condotti di acque nere con pendenza maggiore del 2 % e diametro compreso fra 300-500 mm	365
Condotti di acque nere con pendenza minore del 2 % e diametro compreso fra 600-800 mm	365
Condotti di acque nere con pendenza maggiore del 2 % e diametro compreso fra 600-800 mm	600
Condotti di acque miste con pendenza compresa fra 0,2 % - 1,5 % e diametro compreso fra 300-600 mm	750
Condotti di acque miste con pendenza compresa fra 0,2 % - 1,5 % e diametro compreso fra 700-1000 mm	600
Condotti di acque miste con pendenza compresa fra 0,2 % - 1,5 % e diametro superiore a 1000 mm	750
Condotti di acque miste con pendenza maggiore di- 1,5 % e diametro compreso fra 300-600 mm	600
Condotti di acque miste con pendenza maggiore di- 1,5 % e diametro compreso fra 700-1000 mm	750
Condotti di acque miste con pendenza maggiore di- 1,5 % e diametro superiore a 1000 mm	1096
Condotti di acque bianche	1096
Caditoie per la raccolta acque meteoriche	365 e ad ogni evento meteorico di particolare eccezionalità
Sifoni	180



3.3. Manuale di manutenzione

L'espurgo dei condotti di fognatura deve essere effettuato da ditte in possesso delle richieste autorizzazioni regionali per l'espurgo, il trasporto ed il conferimento presso le discariche dei reflui prelevati, catalogati in speciali o tossico-nocivi in funzione della loro composizione.

Le operazioni di espurgo vengono eseguite mediate l'impiego di apparecchiatura combinata montata su un autocarro provvisto di pompa, cisterna divisa in 2 scomparti, impianto oleodi-

namico e aspirante combinato, con attrezzatura per rifornimento idrico, nastro girevole con tubazione ad alta resistenza ed ugelli piatti e radioli per getti d'acqua ad alta pressione.

L'effettuazione dei lavori di espurgo si attua, in modo corretto, su ogni campagna di fognatura iniziando da valle e risalendo il condotto con la sonda spinta da acqua in pressione (pertanto in senso contrario al flusso di scorrimento dei liquami), ritirando poi la tubazione di alimentazione della sonda; l'eventuale materiale presente nella condotta viene accumulato prima e poi aspirato dalla cameretta di ispezione utilizzata come stazione.

Per ogni autocarro attrezzato alle operazioni di espurgo dovranno essere previsti non meno di 2 operatori, di cui almeno uno specializzato alla manovra delle apparecchiature, ed entrambi attrezzati secondo quanto previsto dalle norme antinfortunistiche per eventuali lavori manuali di espurgo che si rendessero necessari all'interno del condotto di fognatura.

Tutti i rifiuti asportati durante le operazioni di espurgo dovranno essere conferiti presso impianti e/o discariche autorizzate nel completo rispetto delle normative nazionali e regionali vigenti in materia.

La pulizia dei punti di sfioro di fognature in corsi d'acqua superficiali e delle vasche di decantazione collocate in genere sui collettori fognari di acque miste deve essere assicurata dopo ogni precipitazione meteorica di elevata intensità; in queste situazioni infatti viene vecciato nei condotti anche materiale anomalo pesante, che in genere poi decanta in apposite vasche di sedimentazione o in prossimità dei manufatti di sfioro laddove a causa del previsto restringimento della sezione è naturale si depositino i materiali.

La pulizia dei pozzetti di sedimentazione e delle caditoie per la raccolta delle acque meteoriche lungo le strade devono essere effettuate almeno una volta all'anno e comunque sempre dopo eventi meteorici intensi che generalmente causano un consistente depo-

sito di sabbie, polveri e comunque materiale pesante che se in eccesso potrebbe ostruire il sifone ed impedire lo scarico. Anche questa operazione viene eseguita con apparecchiatura combinata montata su autocarro provvisto di pompa, cisterna divisa in 2 scomparti, impianto oleodinamico e aspirante, ed il rifiuto prelevato conferito presso gli impianti di smaltimento autorizzati. La frequenza di pulizia dei pozzetti stradali è stabilita nella tabella soprariportata.

Laddove l'Amministrazione non sia dotata di propri mezzi ed apparecchiature per l'espurgo, al fine di assicurare una pulizia delle condutture fognarie efficace sull'intero patrimonio dei collettori di fognatura di una città, è bene provvedere mediante affidamento in appalto del servizio. È opportuno che la durata del contratto di appalto sia pluriennale in modo tale da assicurare continuità al servizio.

La manutenzione edile dei condotti di fognatura consiste nella riparazione e/o sostituzione parziale di tubazioni, riparazione di pozzetti di ispezione alle fognature, riparazione di pozzetti per la raccolta acque meteoriche e del relativo allacciamento al collettore, riparazione degli allacciamenti alla fognatura delle utenze private, il tutto ogni qualvolta si riscontri il loro cattivo stato di conservazione, o il loro mancato funzionamento.

Inoltre una manutenzione costante deve essere eseguita per i manufatti in ghisa ovvero chiusini per le camerette di ispezione e relativi telai, griglie per caditoie stradali; infatti l'eccessivo carico e la frequenza di transito del traffico veicolare possono inficiarne la stabilità. Essendo inoltre manufatti compresi nel piano stradale è indispensabile vengono riposizionati in quota ogni qualvolta si provveda al rifacimento dello strato bitulitico di usura della pavimentazione stradale al fine di evitare pericolose sporgenze od avvallamenti nella pavimentazione stessa.

Le manutenzioni dei collettori fognari lungo le strade cittadine per la com-

piessità delle operazioni che comportano aggravate dalla presenza di numerosi altri sottoservizi determina oltre che ai costi diretti anche una lunga serie di evidenti costi indiretti; per tale motivo tutte le scelte, anche progettuali, devono essere concepite con il preciso intento di rendere minimi tutti gli interventi che seguiranno la collaudazione dell'opera di fognatura.

A tale proposito si insiste particolarmente sulla accuratezza della progettazione, sulla necessità di scelta di materiali che abbiano una lunga durata nel tempo, sulla professionalità e l'alta qualificazione che debbono possedere le maestranze cui è demandata la realizzazione e la posa in opera dei collettori; più che mai nel caso di realizzazione di un'opera di fognatura la qualità totale del prodotto finale deve essere assicurata dal sinergico espletamento al massimo livello di tutte le singole componenti di processo.

Dott. Ing. Diego Finazzi
Ingegnere capo - Comune di Bergamo

Geom. Natale Bettinaglio
*Responsabile Manutenzione Fognature
Comune di Bergamo*

Dott. Giorgio Vavassori
*Esperto Amministrativo
Comune di Bergamo*

Analisi di una rete fognaria strumentata

1. Introduzione

Il comprensorio Valli Piovese oggetto dello studio è situato in provincia di Padova e si estende per circa 130 Km² in quella parte della pianura veneta compresa tra i Colli Euganei e la città di Venezia. La rete idraulica esaminata sversa quindi i suoi reflui in prossimità del bacino scolante della Laguna di Venezia ed è perciò soggetta a delle norme molto restrittive imposte dalla Regione Veneto in materia di qualità delle acque.

I comuni, consorziati per la gestione dei servizi di acquedotto e fognatura, si sono da qualche anno dotati di un sistema di convogliamento dei liquami verso un impianto di depurazione centralizzato situato nel comune di Codevigo: tale manufatto ha il compito di sversare i reflui trattati nel fiume Brenta mediante un sollevamento ter-

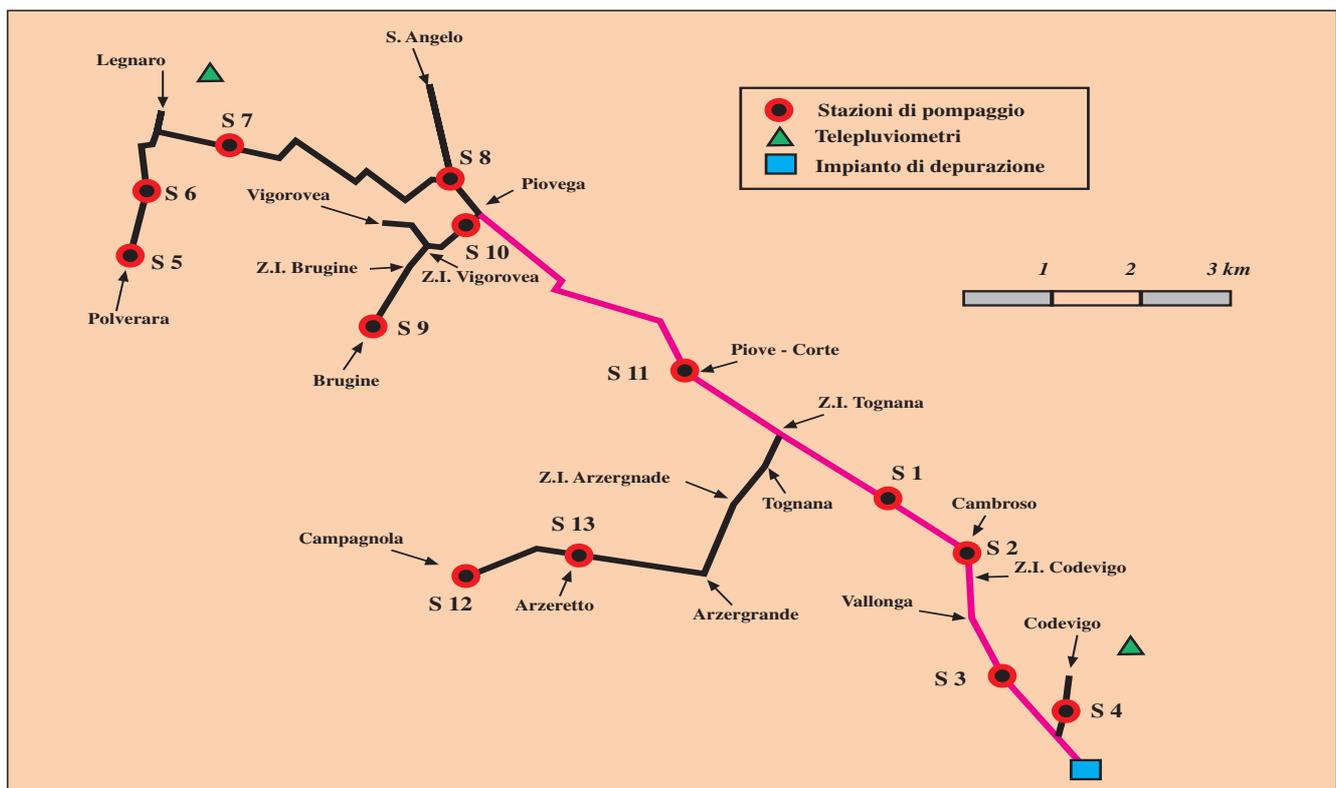
La costruzione del sistema di collettamento consortile ha consentito di abbandonare progressivamente i piccoli depuratori precedentemente a servizio del comune di Piove di Sacco (con potenzialità di circa 10000 abitanti equivalenti) e dell'area industriale di Tognana (con potenzialità di circa 7000 abitanti equivalenti). Fino alla metà degli anni ottanta i liquami provenienti dagli altri centri venivano scaricati senza alcun trattamento nella rete idrografica superficiale.

Le reti fognarie sono di tipo separato, ad eccezione di quella di Codevigo e di altri piccoli agglomerati che sono di tipo unitario. Gli unici dispositivi di sfioro presenti in rete sono posizionati in corrispondenza delle poche reti unitarie, e sono stati dimensionati per allontanare le portate eccedenti il coefficiente di diluizione di progetto. In realtà il sistema di raccolta non riesce a garantire la perfetta separazione delle portate nere da quel-

le meteoriche: in occasione degli eventi piovosi si assiste quindi ad un forte incremento delle portate convogliate verso il depuratore tale da creare notevoli problemi alla gestione dello stesso. Non è raro il caso in cui il collettore, progettato per funzionare interamente a pelo libero, vada in alcuni tratti in pressione in seguito a precipitazioni particolarmente intense.

Il numero delle persone attualmente servite dalla rete consortile non è noto, ma ad esso si può risalire approssimativamente grazie alla relazione che lega i dati dei volumi giornalieri trattati dal depuratore alle corrispondenti concentrazioni di BOD₅ (cioè il *biological oxygen demand* relativo a cinque giorni) misurate in ingresso all'impianto. In base a tale analisi si ricava un valore di circa 36000 abitanti equivalenti.

Uno schema dell'intera rete è rappresentato nella figura 1.



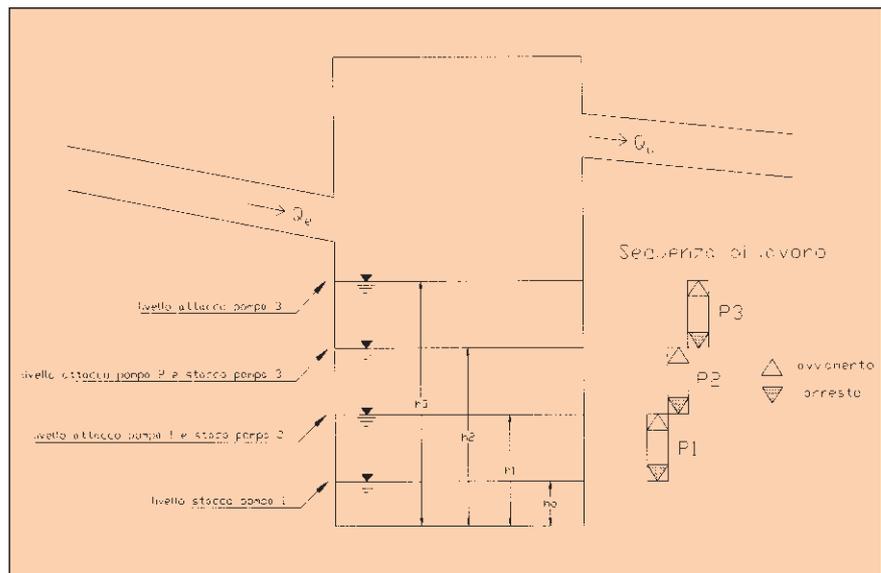
minale. • Figura 1 - Planimetria della rete fognaria consortile.

Il collettore consortile è costituito da una dorsale principale lunga quasi 19 km e da alcuni rami secondari. Le condotte hanno un diametro che varia dai 30 ai 100 cm e sono in gres (quelle fino a 35 cm) o in fibrocemento. Il collettore consortile presenta inoltre delle stazioni di sollevamento o di rilancio: otto sono disposte lungo la dorsale principale e cinque lungo i rami secondari. La dislocazione di tali impianti è anch'essa indicata nella figura 1. Le pompe hanno un funzionamento di tipo on-off e sono comandate da algoritmi di controllo locale che prevedono un'attivazione sequenziale al crescere del livello nella vasca di carico e la fermata in sequenza inversa al suo diminuire: il livello di stacco di una pompa quindi corrisponde a quello di attacco della successiva. Le soglie di attacco e stacco sono impostate come set-points degli algoritmi di controllo e possono essere modificate in ogni momento agendo dalla centrale operativa di telecontrollo. Uno schema di funzionamento è rappresentato in figura 2. Nel comprensorio sono attualmente presenti due telepluviometri-registratori (a Legnaro e a Codevigo) disposti alle estremità opposte della direttrice principale di sviluppo dell'area consortile. I due strumenti forniscono l'altezza di precipitazione ogni cinque minuti. Il comprensorio esaminato è posto inoltre in prossimità del Centro Sperimentale per l'idrologia e la Meteorologia di Teolo: tale struttura oltre a gestire e rilevare i dati dei due telepluviometri fornisce un servizio di allarme radar meteorologico che consente di prevedere l'arrivo di una perturbazione con un anticipo di almeno 24 ore.



2. Il sistema SCADA

La rete è stata recentemente dotata di un sistema di telecomando e telecontrollo (definito in termini tecnici SCADA, cioè "System Control And Data Acquisition"). Tale sistema permette



• Figura 2 - Schema di funzionamento di una pompa.

di avere una visione globale centralizzata del funzionamento dell'intera rete mediante una idonea strumentazione di rilievo, trasmissione e ricezione dati. La possibilità di avere un quadro generale istante per istante della situazione degli strumenti consente di intervenire in tempo reale per far fronte a qualsiasi evento. Nel caso ad esempio di rottura di tubazioni, avarie al motore delle pompe o altri tipi di anomalie le segnalazioni tempestive che pervengono al centro di controllo dalle stazioni periferiche possono essere seguite da altrettanti rapidi interventi atti a ridurre al minimo i possibili danni. Gli elementi fondamentali che costituiscono il sistema di telecontrollo nel comprensorio in esame sono:

- sistema centrale (installato presso la palazzina uffici dell'impianto di depurazione di Codevigo) costituito da una workstation Digital VAXstation 300 che gestisce numerose funzioni di archivio, diagnostica, gestione allarmi, visualizzazione dello stato delle periferiche, automatizzazione centralizzata. Fra le numerose funzionalità si segnalano in particolare:
 - la visualizzazione delle condizioni operative di ciascuna periferica mediante finestre grafiche;

- la possibilità di comandare ciascuna singola pompa ovvero di modificare i set-points (livello di attacco e stacco) dei regolatori delle stazioni periferiche;
- l'archiviazione di tutti i dati raccolti a campo minuto per minuto e il calcolo dei valori orari e giornalieri medi, minimi e massimi per tutte le grandezze misurate;
- la segnalazione di allarmi e anomalie;
- la possibilità di automatizzare tutte le operazioni effettuabili dall'operatore mediante programmi operativi sviluppati con linguaggi ad alto livello.

Il collegamento tra la centrale operativa e le periferiche è realizzato mediante linea telefonica dedicata multipunto in parte su supporto noleggiato dalla società Telecom e in parte su cavo privato di proprietà del Consorzio: ciò consente di interrogare ogni periferica una volta al minuto.

- stazioni periferiche di sollevamento dotate di misuratori di livello, misuratori di portata e sistemi di monitoraggio della qualità dei liquami. In ogni stazione periferica è presente una centralina di telecontrollo costituita da:

- alimentatore dotato di un gruppo di batterie che garantiscono un'autonomia di funzionamento di almeno cinque ore;
- C.P.U. per l'elaborazione locale dei dati;
- modem per il collegamento con l'elaboratore centrale dotato di protezione contro le sovratensioni, le sovracorrenti, le scariche atmosferiche e altri disturbi generici.

Tutti i dati a disposizione vengono raccolti dall'elaboratore centrale e rielaborati in elenchi sequenziali in cui sono indicati i livelli raggiunti dal liquame nelle stazioni di sollevamento, gli istanti di attacco e stacco delle pompe, il valore della portata transiente in tre diverse posizioni della rete, il valore del pH e le eventuali anomalie degli strumenti di registrazione. Ulteriori rilievi del funzionamento dell'impianto vengono effettuati presso il depuratore consortile di Codevigo presso il quale sono presenti i seguenti strumenti:

- campionatore automatico (consente di prelevare e conservare 24 campioni di 1000 ml ad intervalli di tempo programmabili);
- analizzatore TOC - "Total Organic Carbon" - (in seguito a una serie di reazioni chimiche si ricava la percentuale di anidride carbonica presente nel campione, proporzionale al contenuto di carbonio organico);
- misuratore di livello;
- misuratore di temperatura;
- misuratore di concentrazione dei fanghi;
- misuratore di portata ad ultrasuoni;
- misuratore di conducibilità;
- misuratore di torbidità;
- misuratore di livello dei fanghi.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche tecniche di alcuni degli strumenti sopra indicati:

- la misura dei livelli viene effettuata tramite uno strumento ad ultrasuoni: il sensore emette impulsi di onde ultrasonore aventi una frequenza di 46 KHz. Tali onde vengono riflesse dalla superficie del liquido e

ricevute dallo stesso sensore. Il tempo necessario alle onde per percorrere la distanza tra sensore e superficie riflettente viene elaborato elettronicamente dalla centralina in un segnale di uscita proporzionale al livello rilevato.

I campi di misura variano da:

0 ÷ 0,14 m (minimo)

0 ÷ 5,00 m (massimo)

Questa fascia di valori racchiude tutte le possibili situazioni che si possono presentare nelle tredici stazioni di sollevamento strumentate.

Lo strumento funziona tra i -20 e i 60 °C; in ogni caso il sensore è dotato di una sonda per la compensazione della temperatura in modo tale da non influenzare la misura della velocità di propagazione dell'onda ultrasonica. La rilevazione è inoltre indipendente dalla densità del liquido e dalle eventuali ondulazioni della superficie e assolutamente insensibile ad ogni agente atmosferico.

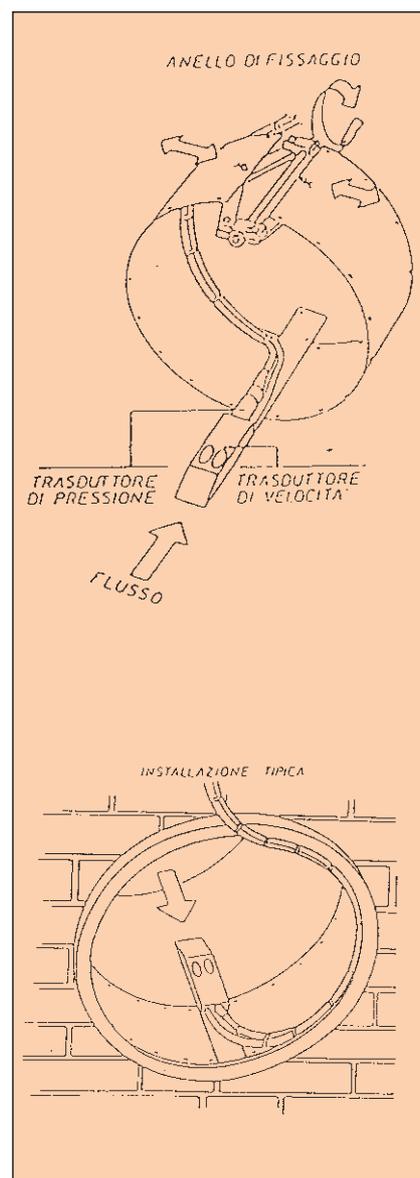
L'impostazione attuale del sistema di acquisizione dei dati consente di registrare i valori di livello con scansione pari al minuto: in un giorno quindi dovrebbero venire acquisite per ogni strumento 1440 informazioni.

- il misuratore di portate è in grado di rilevare:

- la velocità media presente nel punto di misura tramite una sonda Doppler ad ultrasuoni. Tale strumento, di forma cuneiforme, è montato su un anello in acciaio inox inserito nella tubazione ed espanso fino ad aderire perfettamente alla parete della tubazione;
- la misura del livello dell'acqua tramite un trasduttore di pressione montato di norma integralmente al trasduttore di velocità.

Nella figura 3 è rappresentato un particolare dello strumento.

I parametri misurati vengono integrati con le caratteristiche della condotta in esame, fornendo un segnale 4-20 mA



● Figura 3 - Particolare dello strumento misuratore di portata

proporzionale alla portata istantanea misurata. La rilevazione, essendo una grandezza derivata, è affetta da una probabilità di errore ben superiore a quella di livello: in funzione delle caratteristiche del liquame lo scarto fra valore stimato e valore reale può raggiungere il 20%.

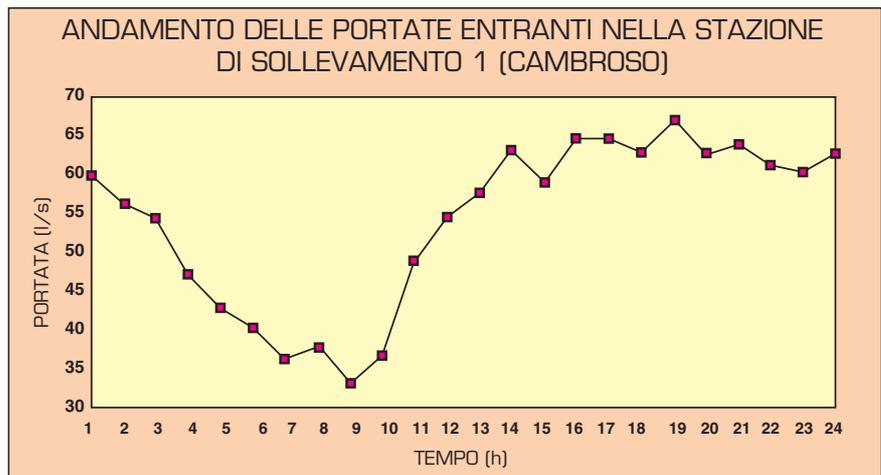
- il sistema di analisi della qualità dei liquidi consente di rilevare, tramite una serie di sensori e dispositivi,

dati relativi al pH, alla conduttività e al potenziale redox. L'accuratezza delle misure è garantita da apparecchiature che permettono il lavaggio, il risciacquo della strumentazione di analisi ad intervalli prefissati e la taratura con soluzioni a titolo noto. Anche in questo caso la sonda è dotata di un sensore di compensazione della temperatura in modo tale da non influenzare le misure.



3. Analisi della rete nelle diverse condizioni di funzionamento

Dal momento che non sono disponibili con sufficiente continuità i valori relativi ai misuratori di portata (dato che il sistema è ancora in fase di messa a punto), gli unici dati utilizzabili per una precisa simulazione sono i livelli del liquido nelle tredici stazioni di pompaggio. Per poter conoscere i valori delle portate presenti nei diversi punti di immissione della rete è quindi necessario trasformare i dati di livello in dati di portata. Il calcolo della portata entrante in ogni impianto di pompaggio viene effettuato tramite un programma di calcolo che tiene in considerazione i livelli del fluido misurati ogni minuto rispetto al fondo del pozzetto, la sezione orizzontale della vasca di sollevamento e i coefficienti delle curve caratteristiche delle pompe. L'algoritmo analizza i valori del livello relativi a due minuti successivi e prevede due possibili alternative a seconda che il fluido all'interno della vasca aumenti o diminuisca. Inserendo i valori delle portate medie orarie entranti nelle stazioni di sollevamento in un grafico si può notare come l'andamento delle portate nella fognatura segue la variazione dei fabbisogni idrici della popolazione nell'arco dell'intera giornata: nel grafico relativo alla pompa 1 (Cambroso) (vedi figura 4) si evidenzia un calo dei valori nelle prime ore della giornata fino alle ore 9 e poi un incremento nelle



• Figura 4 - Portata entrante nella stazione di pompaggio 1 (Cambroso).

rimanenti ore con due picchi in corrispondenza delle ore 14 e delle ore 19. Da questi dati si può risalire, sfruttando la proporzionalità tra le aree e le portate circolanti in rete e considerando i diversi tempi di propagazione del fluido all'interno della rete, alle portate provenienti da tutti i bacini scolanti. La validità dei risultati ricavati è confermata dal fatto che la portata media giornaliera calcolata affluita al depuratore è molto prossima a quella misurata dal centro di controllo di Codevigo. Le misure di portata per ogni immissione così ricavate sono state introdotte nel programma MOUSE (acronimo di Modelling Of Urban SEwers) sviluppato dal Danish Hydraulic Institute e utilizzato nell'ambito del programma di ricerca finanziato dalla CEE (denominato SPRINT) sul controllo in tempo reale delle reti fognarie. Il modello idrodinamico permette tra l'altro di ricavare istante per istante:

- le portate pompate dai vari impianti di sollevamento e il numero di attacchi-stacchi.
- le portate transitanti nei vari rami dell'impianto consortile.

- i valori delle velocità in ogni ramo della rete.
- il livello del liquido all'interno di ogni ramo.

Le elaborazioni rivestono un'importanza rilevante dal momento che per esempio dalle velocità in ogni condotta si possono ricavare i tempi di propagazione del fluido nei vari tratti dell'impianto consortile. Nella tabella 1 sono indicati i tempi minimi (ottenuti considerando che il fluido transiti nel tratto con velocità massima) e i tempi medi (ottenuti con la velocità media). Il liquido in condizioni di tempo asciutto impiega in media 1213 ore per percorrere il tratto lungo 19 Km che separa l'immissione più lontana del comune di Polverara dall'impianto di depurazione di Codevigo. Nel caso di condizioni di tempo piovoso (precipitazione media sull'intero comprensorio di 2030 mm in un giorno) l'inerzia della rete si mantiene comunque elevata ma si riduce a 10 ore. Dai dati indicanti i livelli del liquido in ogni ramo si può risalire invece al volume di fluido presente all'interno della condotta.

Giorno 1995	Pioggia caduta (mm)	Tempo medio (min)	Tempo minimo (min)
5 marzo	0	737	561
9 marzo	17,926	625	502
23 giugno	28,893	618	482

• Tabella 1 - Relazione tra altezza di pioggia e tempi di propagazione del fluido

Nella tabella 2 sono indicati i volumi occupati dal liquame nell'ultimo tratto della condotta principale lungo 11 km (avente diametro superiore a 70 cm e volume totale di 7382 m³ indicato in viola nella figura 1).

Giorno 1995	Pioggia caduta (mm)	Volume liquame (m ³)	Riempimento rete (%)
5 marzo	0	1843	24,97
9 marzo	17,926	2344	31,75
23 giugno	28,893	3135	42,47

• *Tabella 2 - Relazione tra la pioggia caduta e i volumi di liquame*



Dr. Ing. Marco Battisti



Dr. Ing. Andrea Peduzzi