



Finanziato
dall'UE



Mims

Ministero delle infrastrutture
e della mobilità sostenibili

Piano Nazionale per la Ripresa e Resilienza
M2C4 - I4.2

"Riduzione delle perdite nelle reti di distribuzione
dell'acqua, compresa la digitalizzazione e il monitoraggio delle reti"


consac gestioni idriche spa


ENTE IDRICO
CAMPANO

Missione M2 - Rivoluzione verde e transizione ecologica

Componente C4 - Tutela e valorizzazione del territorio e della risorsa idrica

Misura 4 - Garantire la gestione sostenibile delle risorse idriche lungo l'intero ciclo e il miglioramento della qualità ambientale delle acque interne e marittime

Investimento I4.2 - Riduzione delle perdite nelle reti di distribuzione dell'acqua, compresa la digitalizzazione e il monitoraggio delle reti

Risanamento e ammodernamento delle reti di distribuzione del Cilento e Vallo di Diano tramite digitalizzazione delle reti e implementazione di un sistema centralizzato di monitoraggio, controllo, gestione della rete e Asset Management

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

R.U.P.

ing. Rossella Femiano

Consac gestioni idriche spa

DIRETTORE GENERALE

ing. Maurizio Desiderio

Consac gestioni idriche spa

MARZO 2024

via valiante 30
84078 vallo della lucania

tel 0974 75 616 / 622
fax 0974 75 623

info@consac.it
www.consac.it

codice fiscale e partita iva
00182790659

capitale sociale
9.387.351,00

registro imprese
00182790659

conto corrente postale
9845

segnalazione guasti

800 830 500

autolettura contatori

800 831 288

Sommario

1. PREMESSA E DISPOSIZIONI GENERALI	3
1.1 OGGETTO E FINALITÀ DEL PROGETTO	3
1.2 CONOSCENZE PRELIMINARI E SUPPORTO FORNITO	5
2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'	6
2.1 ANALISI DI DETTAGLIO DELLA RETE E DEI MANUFATTI ACQUEDOTTISTICI	7
2.2 ANALISI DELLE UTENZE	7
2.3 CAMPAGNA DI MONITORAGGIO PORTATE, PRESSIONI E LIVELLI SERBATOI	8
2.4 MODELLAZIONE IDRAULICA DELLA RETE IDRICA.....	11
2.5 COSTRUZIONE DEL MODELLO MATEMATICO	13
2.5.1 FASI DI MODELLAZIONE.....	13
2.5.2 SCHELETRIZZAZIONE DELLA RETE	15
2.5.3 PORTATE E CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO	16
2.5.4 CALIBRAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO	16
2.6 DISTRETTUALIZZAZIONE DELLA RETE (DMA).....	17
2.7 VALIDAZIONE DEI DISTRETTI ED ESECUZIONE DELLO STEP-TEST NOTTURNO	18
2.8 METODI PER LA GESTIONE DELLE PERDITE	19
2.8.1 CONTROLLO ATTIVO DELLE PERDITE	19
2.8.2 GESTIONE DELLE PRESSIONI	19
2.8.3 DIAGNOSI FENOMENI DI MOTO VARIO E PROGETTAZIONE DISTRETTI	20
2.9 MONITORAGGIO E CONTROLLO DELLA RETE IDRICA CON IMPLEMENTAZIONE DI UN PLUG-IN DSS....	26
2.10 PIATTAFORMA WEB DI INTEGRAZIONE DEI SISTEMI SOFTWARE PER LA GESTIONE DELLE PERDITE .30	
2.10.1 PERSONALIZZAZIONE DEGLI APPLICATIVI SOFTWARE.....	31
2.11 MATERIALE DA PRODURRE.....	31
2.11.1 ANALISI DELLE UTENZE	32
2.11.2 CAMPAGNA DI MONITORAGGIO PORTATA, PRESSIONE E LIVELLO SERBATOI	32
2.11.3 COSTRUZIONE E CALIBRAZIONE DI MODELLI MATEMATICI DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE	32
2.11.4 DISTRETTUALIZZAZIONE DELLA RETE (DMA)	32
2.11.5 MODELLO DI SUPPORTO ALLE DECISIONI DSS	33
2.11.6 ATTIVITÀ DI SINTESI	33

1. PREMESSA E DISPOSIZIONI GENERALI

1.1 OGGETTO E FINALITÀ DEL PROGETTO

La soluzione progettuale proposta è finalizzata all'ammodernamento e al miglioramento della gestione dell'infrastruttura idropotabile condotta dalla società "Consac gestioni idriche S.p.A." ai fini del miglioramento degli indicatori di qualità tecnica M1, M2 e M3, attraverso un approccio metodologico sostanzialmente basato sulla distrettualizzazione della rete, la gestione delle pressioni di rete, il controllo attivo delle perdite e la creazione di un sistema intelligente di digitalizzazione dell'infrastruttura idrica, compreso il monitoraggio dei parametri idraulici e operativi, nell'ambito di un performance measurement system.

Il progetto si concretizza con interventi sulle reti di distribuzione della risorsa idrica al fine di ridurre le perdite e implementando una completa digitalizzazione delle stesse, tale da permetterne un monitoraggio quanto più capillare e continuo.

La società "Consac gestioni idriche S.p.A." è Gestore del Servizio Idrico Integrato nell'Ex Ambito Territoriale Ottimale n. 4 denominato "Sele" della Regione Campania per due macro-aree: una coincidente in larga misura con quella del Parco Nazionale del Cilento e del Vallo di Diano e l'altra comprendente la restante parte del territorio d'ambito.

La proposta progettuale si prefigge di concretizzare un'azione coordinata, su tutto il territorio gestito, che contempli il conseguimento di un approfondito livello di conoscenza e monitoraggio delle reti di distribuzione idrica, associato a lavorazioni di carattere infrastrutturale guidate dall'azione conoscitiva.

L'attività di conoscenza, associabile ad un servizio di ingegneria, è finalizzata alla raccolta ed alla sistematizzazione degli elementi geometrici e localizzativi delle reti, alla costruzione dei modelli di simulazione idraulica, nonché alla selezione degli interventi infrastrutturali (distrettualizzazione, gestione delle pressioni, ristrutturazione e/o manutenzione straordinaria) che nell'immediato consentono di massimizzare il risultato in termini di miglioramento degli indicatori di qualità tecnica M1, M2 e M3.

Il progetto riguarda la totalità della rete acquedottistica gestita da "Consac gestioni idriche S.p.A.", consistente in 1.636 km di condotte di distribuzione che servono una popolazione di circa 144.000 abitanti, con una metodica di intervento omogenea, che consiste nella realizzazione delle seguenti attività:

- Rilievo e digitalizzazione GIS della rete, dei manufatti e delle utenze
- Installazione di strumenti di monitoraggio delle portate, delle pressioni, dei livelli dei serbatoi e di qualità dell'acqua
- Installazione di contatori di utenza di tipo smart meter nelle utenze a maggior consumo
- Mitigazione dei fenomeni di moto vario
- Installazione di un software di monitoraggio della rete e di gestione dei distretti
- Ricerca attiva delle perdite
- Implementazione di uno strumento di supporto alla decisione per l'identificazione di tratti di rete da sostituire o riabilitare
- Diagnosi strutturali di campioni rappresentativi di condotte
- Sostituzione mirata di tratti di rete ammalorati per la riduzione delle perdite di sottofondo

Si ritiene che la metodica proposta rifletta un'azione mirata a massimizzare l'efficienza del sistema idrico di distribuzione, con il minimo impegno economico e con caratteri di sostenibilità economico-finanziaria, tendendo ad assumere decisioni guidate da rigorose valutazioni tecniche.

Il primo obiettivo del progetto è quello di realizzare un dettagliato stato di fatto sia fisico che idraulico che costituisce il punto di partenza per la definizione dell'azione infrastrutturale necessario a guidare nel tempo il risanamento delle reti di distribuzione. A questo scopo si

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

prevedono sia attività di rilievo che l'implementazione di un sistema di monitoraggio dei parametri idraulici e operativi.

Il secondo obiettivo è quello di recuperare volumi idrici riducendo le perdite sia amministrative, mediante installazione di contatori di utenza di tipo smart meter nelle utenze a maggior consumo, che di rete, attraverso la ricerca attiva delle perdite e sostituzione mirata di alcuni tratti di condotta. Particolare attenzione è conferita alla mitigazione dei fenomeni di moto vario, con lo scopo di massimizzare i benefici in termini di recupero della risorsa e di conservazione delle infrastrutture esistenti.

Con la ricerca attiva delle perdite si otterranno molteplici benefici: il recupero della risorsa; il conseguente alleggerimento delle attività di manutenzione ordinaria; il miglioramento del macro-indicatore M2 mediante la riduzione delle interruzioni del servizio ottenute grazie alla riduzione dell'insufficienza idrica. Il sistema di monitoraggio prospettato permetterà di indirizzare al meglio le campagne di ricerca perdite, che non saranno realizzate genericamente in maniera sistematica ma, al contrario, guidate da analisi delle criticità e del livello di perdite per distretto e del relativo recupero idrico atteso.

La sostituzione mirata delle reti, eseguita a valle del percorso metodologico qui esposto e combinata con la gestione ottimale delle pressioni, permetterà di ridurre le perdite di sottofondo nei tronchi di rete più ammalorati, producendo un effetto continuativo nel tempo.

Infine, il sistema unitario di monitoraggio e controllo permanente delle perdite fisiche fornirà al gestore del Servizio Idrico Integrato uno strumento efficace per orientare le azioni di gestione future mirate a migliorare ulteriormente il servizio ai cittadini.

Come risultato della realizzazione della presente proposta progettuale si prevede di ottenere, al 30 novembre 2025, i seguenti risultati:

- Riduzione delle perdite idriche per un valore di circa 1,5 Mm3/anno
- Riduzione del 10% dell'indicatore M1a (perdite idriche lineari) rispetto al valore registrato nell'anno 2020.

Si presenta nel seguito una sintesi dell'intervento.

Attività	Unità	Quantità
Progettazione		
Verifica cartografie	km	48,0
Rilievo e digitalizzazione delle reti	km	1.483,0
Rilievo e digitalizzazione contatori	n	98.632,0
Rilievo e digitalizzazione manufatti e opere civili	n	272,0
Analisi funzionale con modello idraulico delle reti	km	48,0
Diagnosi fenomeni di moto vario e progettazione interventi di mitigazione	km	1.636,0
Sistema integrato di gestione; monitoraggio e controllo della rete idrica con implementazione di un plug-in DSS	n	1,0
Forniture e Lavori		
Fornitura e posa in opera misuratori Smart-Meter	n	20.000,0
Fornitura misuratori di portata	n	4,0
Lavori di costruzione camerette	n	160,0
Fornitura e posa misuratori pressione e moto vario	n	160,0

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

Fornitura; posa e manutenzione stazioni di analisi multiparametriche della qualità dell'acqua; compresa alimentazione elettrica; data logger e sistema di telecomunicazione	n	134,0
Ricerca perdite	km	2.000,0
Interventi di riparazione	n	2.000,0
Diagnosi strutturali condotte; compresi i lavori di prelievo dei campioni e le analisi di laboratorio	n	80,0
Interventi di mitigazione dei fenomeni di moto vario	n	10,0
Sostituzione reti	m	35.000,0

Nell'ambito del presente appalto è prevista la fornitura delle licenze per anni 3 di tutti i servizi correlati di implementazione e predisposizione delle seguenti piattaforme:

- Piattaforma per la modellazione idraulica avanzata delle reti e per la gestione attiva delle perdite (tipo InfoWorks WS o MIKE+ o equivalente);
- Piattaforma per la gestione del telecontrollo, in cui far confluire i dati del monitoraggio dei parametri di rete (livelli, pressioni, portata, cloro residuo etc.);
- Piattaforma WEBGIS su 4Business per la consultazione della cartografia con i diversi tematismi;
- Piattaforma WMS per la gestione delle reti e dei distretti, con funzioni avanzate per lo sviluppo dei bilanci idrici, del calcolo degli indicatori ARERA, della gestione delle manutenzioni e delle interruzioni idriche etc.

I servizi correlati riguardano il caricamento dei dati, il completamento delle connessioni con i segnali di campo e tra i vari SW, le personalizzazioni delle interfacce e degli archivi, l'avviamento dei processi di gestione, l'affiancamento per un periodo di 6 mesi a valle del collaudo e la formazione degli operatori per un monte ore di 80 ore di lezioni frontali.

1.2 CONOSCENZE PRELIMINARI E SUPPORTO FORNITO

La CONSAC S.p.A. renderà disponibile tutta la documentazione in suo possesso relativamente alle reti e alle infrastrutture idrauliche presenti nei Comuni interessati.

I dati disponibili sono, tuttavia, carenti e non certificabili; per cui si ritiene di grande importanza, prima dell'avvio dello studio idraulico della rete, l'accurata e scrupolosa esecuzione di sopralluoghi e rilievi preliminari.

I tecnici di CONSAC forniranno supporto operativo e conoscitivo all'Appaltatore, durante l'esecuzione delle attività richieste.

In particolare, se disponibili, verranno forniti:

- La cartografia aggiornata e schematizzazione idraulica delle reti idriche;
- Le monografie;
- I dati caratteristici degli impianti (dati serbatoi, tarature, pozzi, ecc.);
- I dati delle utenze: n. contatori alimentati dall'acquedotto e relativi consumi;

In merito alla qualità della documentazione, anche per quelle relative ai dati storici disponibili digitalizzati, si precisa che CONSAC non può fornire garanzie e l'Appaltatore resta quindi

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

obbligato a garantire il raggiungimento del risultato richiesto, risolvendo con ogni mezzo a sua disposizione eventuali casi non immediatamente noti o dubbi.

Al fine di identificare al meglio i sistemi idrici oggetto di studio, il contraente è tenuto, prima di procedere alle attività di campo, ad eseguire tutte le attività preliminari di acquisizione e verifica della documentazione fornita (cartografia, schemi rete, planimetrie e schemi impianti, ecc.).

Tutte le informazioni raccolte durante i sopralluoghi dovranno essere annotate direttamente su planimetria e informatizzate per essere trasmesse a CONSAC Spa.

2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'

In questo capitolo viene disciplinato il servizio di modellazione idraulica e l'implementazione dei distretti idrici finalizzato alla definizione di un piano di riabilitazione idraulica della rete, al controllo e riduzione delle perdite e, in generale, all'ottimizzazione del sistema.

L'attività di modellazione e distrettualizzazione delle reti riveste importanza fondamentale per la riduzione ed il controllo delle perdite, pertanto dovrà essere condotta in maniera rigorosa attraverso le seguenti fasi di studio:

- analisi della rete esistente con tutte le sue componenti (saracinesche, valvole, accessori, ecc.). L'analisi includerà anche i partitori, i serbatoi di accumulo a servizio dell'abitato, il tracciato delle eventuali condotte di avvicinamento ed ogni altro elemento della rete idrica.
- analisi delle utenze con elaborazione critica dei dati relativi alle letture dei contatori di utenza forniti dal gestore con evidenziazione delle "grandi utenze" e mantenendo la differenziazione della tipologia di utilizzo, allo scopo di determinare per l'intera rete e per i sottobacini di distribuzione esistenti (distretti), il consumo totale medio giornaliero e notturno, necessario per la definizione del grado di perdita e per la costruzione del modello matematico;
- campagna di monitoraggio temporaneo di pressione e diagnosi di eventuali fenomeni di moto vario, portata e livello dei serbatoi;
- costruzione e calibrazione del modello matematico della rete nello stato di fatto;
- analisi delle rotture nelle reti idriche mediante la georeferenziazione e successiva analisi statistica dei tassi di fallanza (rotture/anno/km);
- analisi probabilistica per caratterizzare la "casualità" del tempo intercorrente tra due rotture successive (Time To Failure, TTF);
- interventi di step test nelle ore notturne, finalizzate all'accertamento delle condizioni di flusso, all'eventuale individuazione di condotte ridondanti, alla verifica dell'effettiva indipendenza idraulica di settori e/o distretti di rete;
- ricerca perdite attraverso l'analisi dei dati di campo (distribuzione idrica continua/discontinua, regime delle pressioni in rete, materiale delle tubazioni, ecc.) per individuare la metodologia ottimale da utilizzare;
- distrettualizzazione (DMA) della rete per il controllo ed il contenimento delle perdite;
- individuazione dei punti di monitoraggio acustico da inserire nelle reti per il controllo attivo delle perdite (Noise Logger);

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

- individuazione dei punti di misura e regolazione di pressione e portata nelle reti (Monitoraggio dei livelli di pressione (PMZ), postazioni di misura delle pressioni (PR), postazioni di misura delle pressioni e portate (PQ), postazioni di misura di pressioni e portate e di regolazione della pressione (PVR), stazioni di misura e regolazione delle portate (PFR);
- progettazione esecutiva degli interventi di riabilitazione (ad esempio sostituzione di tratti di condotte vetuste e/o realizzazione di nuove condotte per la chiusura dei distretti idrici);
- ottimizzazione energetica (modifiche tarature, sostituzione pompe, ecc.) degli impianti e della rete di distribuzione (es. eliminazione delle riduzioni di diametro delle condotte);
- restituzione di elaborati tecnici (modello idraulico, relazioni, misure, monografie, ecc.) in formato digitale.

Per l'esecuzione delle suddette attività CONSAC renderà disponibile tutta la documentazione in suo possesso relativamente alla rete e alle infrastrutture idrauliche presenti, in particolare:

- dati sulle reti idriche e sulle adduttrici, per come note e per come derivate dal PdA EIC;
- dati caratteristici degli impianti (dati pompe, schemi idraulici, P&I, pozzi, ecc.);
- dati delle utenze, anagrafica, consumi, tipologia fornitura (civile, industriale, altri usi, ecc.).

2.1 ANALISI DI DETTAGLIO DELLA RETE E DEI MANUFATTI ACQUEDOTTISTICI

Le reti di distribuzione devono essere analizzate unitamente alle loro componenti.

Durante l'attività dovranno essere verificate eventuali incongruenze con le attività di rilievo e GIS, che fanno parte dei servizi tecnici da affidare, per i seguenti elementi:

1. tracciati e caratteristiche delle tubazioni (diametri, materiali, età), comprese le condotte di avvicinamento;
2. posizione e caratteristiche degli impianti (serbatoi, partitori a servizio dell'abitato, impianti di sollevamento, manufatti di regolazione o manovra, ecc.);
3. posizione di tutti i nodi delle reti e degli accessori della stessa come pozzetti, saracinesche, riduttori, sfiati, fontanelle pubbliche, idranti ecc.;
4. derivazioni per gli allacciamenti all'utenza, compresi i rispettivi contatori.

Ciascun punto notevole della rete ai fini della modellazione, deve essere dettagliatamente ispezionato, rilevato, fotografato e riportato su scheda monografica.

Il rilievo deve essere comunque funzionale ad ottenere un'informazione esaustiva ai fini del progetto.

2.2 ANALISI DELLE UTENZE

Ai fini delle attività di analisi delle utenze e della corrispondente modellazione matematica, nonché il monitoraggio iniziale, occorre procedere ad una individuazione preliminare delle supply zone (e, se necessario, dei distretti) da confermare o modificare nella successiva attività di distrettualizzazione della rete. Per ciascuna supply zone e per ciascun distretto preliminarmente individuati, devono essere definiti:

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

- a) fabbisogno medio annuo ed eventuale variazione stagionale del fabbisogno;
- b) dotazione desunta dai dati forniti da CONSAC, nonché eventuale diversa dotazione assunta e motivazioni dell'assunzione;
- c) quantificazione delle utenze con distinzione fra consumi domestici (individuali e condominiali, commerciali, ecc.) e collettivi e individuazione di utenti sensibili (ospedali, case circondariali, scuole, centri sportivi, caserme, ecc.);
- d) raffronto tra popolazione residente e fluttuante e utenze regolari.

I dati devono essere funzionali al conseguimento dei seguenti obiettivi:

- definizione del consumo da attribuire ai nodi del modello matematico;
- determinazione del consumo legittimo da utilizzare nei bilanci idrici per il calcolo della perdita.

2.3 CAMPAGNA DI MONITORAGGIO PORTATE, PRESSIONI E LIVELLI SERBATOI

Nella fase di indagine preliminare per la costruzione del modello, deve essere eseguita una campagna di monitoraggio di portate, pressioni e livelli dei serbatoi.

Le misure devono essere effettuate sia in condizioni normali, sia di punta, sia antincendio e, possibilmente, sia per singole condizioni di funzionamento, sia in continuo (Extended Period Simulation, EPS, monitoraggio continuo).

I cosiddetti modelli EPS serviranno a predire la variazione dei livelli nei serbatoi, ma anche i cicli delle stazioni di sollevamento, il funzionamento di valvole e i diagrammi di consumo.

La campagna di misure deve essere funzionale ad assolvere a diverse finalità:

- calibrazione del modello matematico;
- verifica iniziale delle prestazioni della rete e del bilancio idrico iniziale;
- ricerca perdite;
- ricerca anomalie e criticità, con particolare riferimento alle aree con erogazione discontinua.

In merito al numero di misure da effettuare, si può affermare che:

- al crescere delle misure in rete il miglioramento dei risultati è dapprima molto sensibile, quindi diventa trascurabile;
- è opportuno avere a disposizione misure contemporanee di portata e pressione;
- è preferibile aumentare il numero di misuratori durante una prefissata condizione di funzionamento piuttosto che il numero di dati derivanti da diverse condizioni di funzionamento.

In merito alla localizzazione dei punti di misura, in linea generale questi devono essere lontani dai punti a quota fissa (serbatoi), e non in condotte rimosse dalla eventuale scheletrizzazione. Inoltre, sono necessarie condotte con portate e velocità non piccole perché le conseguenti perdite di carico siano apprezzabili.

In merito alla localizzazione dei punti, una volta importati tutti i dati di base disponibili all'interno del modello idraulico, è necessario condurre una fase di analisi di sensitività, al fine di individuare

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

le aree della rete in cui risulta massima l'influenza dei parametri di input, come la scabrezza delle tubazioni o le portate erogate ai nodi, sui parametri di output del modello, come le pressioni ai nodi o le portate circolanti nei tratti.

L'importanza di questa fase è legata alla possibilità di determinare i punti nei quali installare i sensori per la misura della pressione e della portata ai fini della calibrazione del modello.

Il monitoraggio delle portate e delle pressioni nei punti individuati attraverso la fase di analisi di sensitività, consente, in via preliminare, di effettuare alcune valutazioni sul sistema analizzato.

Per i punti di misura ottimali individuati attraverso l'analisi di sensitività e per quelli definiti di estremità sono di seguito elencate le misure da eseguire in continuo con archiviazione dati per un periodo sufficientemente esteso con strumentazione mobile, comprendente comunque un periodo di almeno 10 giorni consecutivi, che comprenda un fine settimana, con registrazione ad intervalli di 5 minuti:

- a) portata/volume in ingresso ai serbatoi;
- b) portata/volume in uscita dai serbatoi, con particolare riferimento alle ore di minimo consumo notturno;
- c) portata/volume in ingresso dai punti di consegna;
- d) livello dei serbatoi;
- e) portata/volume in ingresso in ciascun distretto preliminarmente individuato;
- f) pressione nei punti idraulicamente significativi di ciascun distretto preliminarmente individuato.

Per le misure delle pressioni dovranno essere impiegati trasduttori dotati di data logger per la registrazione dei dati.

Per le misure di portata si prevede invece anche l'utilizzo di strumenti con tecnologia ad ultrasuoni, tipo tempo di transito, con installazione dei sensori di tipo non invasivo per tutte le tipologie di tubazioni ad esclusione del cemento amianto.

Particolare cura dovrà essere posta al posizionamento dei trasduttori nella tubazione al fine di ottenere misure attendibili e accurate. A tale scopo si dovranno utilizzare spessimetri digitali ad ultrasuoni in grado di rilevare lo spessore del materiale con il semplice appoggio della sonda sulla superficie e con liquido di accoppiamento per il corretto esercizio dei trasduttori piezoelettrici.

Potranno essere eventualmente utilizzati i dati di postazioni di monitoraggio permanente esistenti sulla rete, previa esecuzione di una verifica di affidabilità da comprovare con una apposita misura in serie con strumentazione propria, senza che eventuali errori di misura possano essere attribuiti al malfunzionamento della strumentazione permanente.

Il risultato delle attività dovrà produrre i seguenti elaborati:

- mappa descrittiva della campagna di misure con restituzione dei punti di misura;
- rapporto misure contenente per ciascun punto di misura:
 - via e prossimità del numero civico;
 - codice identificativo;
 - quota altimetrica della strumentazione installata e, nel caso di punti di misura della pressione, posizione geodetica rispetto al piano dei carichi totali;

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

- ripresa fotografica;
- caratteristiche dello strumento di misura tipo, marca, modello, numero di matricola, campo di lavoro e precisione, certificato di taratura più recente;
- grafico temporale di portata (espressa in l/s) o pressione (in metri di colonna d'acqua), sia in formato editabile che pdf con indicati i valori minimi, medi e massimi rilevati. Per le misure di portata dovrà essere esplicitato sia il MNF (minimum night flow, anche detto consumo minimo notturno) sia l'ora di MNF individuata;
- file di registrazione dati in formato CSV, compatibile con qualsiasi foglio di calcolo o programma di elaborazione numerica, con indicazione di data e ora, valore della grandezza fisica misurata (con visualizzazione di n. 2 cifre della parte decimale) ed eventuali altri parametri rilevati dal misuratore (es. velocità del flusso).
- rapporto delle criticità rilevate durante la campagna di misure e contenente:
 - descrizione del funzionamento del sistema di distribuzione, corredata dallo schema funzionale verificato;
 - determinazione delle performance di rete e del livello di dispersione idrica per il sistema di distribuzione nel suo complesso ovvero dei distretti individuati;
 - descrizione puntuale delle criticità riscontrate con elaborazione di una mappa delle zone critiche.

L'appaltatore prende atto che le operazioni di monitoraggio dovranno svolgersi su opere ed impianti in esercizio o in manutenzione e pertanto tutte le attività dovranno essere condotte con particolare cautela e mediante l'adozione di tutti gli accorgimenti ed i presidi tecnici idonei a garantire, con la sicurezza e l'igiene sul lavoro, l'integrità delle opere e degli impianti interessati dagli interventi, oltre che la continuità del loro esercizio.

L'Appaltatore prende inoltre atto che le operazioni interessanti le reti di distribuzione si svolgono all'interno di centri urbani in cui auto in sosta, mercati rionali, ecc., possono rappresentare un ostacolo/rallentamento alla campagna di misure.

Pertanto, il Contraente dovrà tenerne conto senza per questo pretendere compensi maggiori o indennizzi di sorta.

In ogni operazione di campo dovranno essere rispettate le norme previste per la sicurezza degli addetti ai lavori e dei terzi secondo le prescrizioni di legge, con particolare riguardo alle operazioni di accesso a luoghi confinati o manufatti nei quali si possono determinare situazioni di pericolo per le persone.

Le operazioni di misurazione potranno eseguirsi, se necessario, anche in orario notturno o festivo.

Tali prestazioni non daranno titolo all'Appaltatore di richiedere o pretendere riconoscimenti aggiuntivi od integrazioni del prezzo d'appalto.

Si precisa che CONSAC Spa non si assume la responsabilità derivanti dal danneggiamento (o furto) degli strumenti installati e dalle conseguenti difficoltà di acquisizione dei dati.

La campagna di misure dovrà essere svolta con continuità e con l'impiego di personale qualificato, con mezzi, attrezzature e strumentazioni idonee.

L'Appaltatore dovrà disporre di tecnici di adeguata qualifica ed esperienza.

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

Durante la campagna di misure, il personale dell'Appaltatore potrà effettuare verifiche e controlli sulle condotte in esercizio, limitandosi all'apertura di chiusini stradali contenenti organi di manovra e impianti di acquedotto per il posizionamento di sensori e/o strumentazione.

Sono VIETATE tassativamente manovre di apertura e chiusura delle saracinesche, valvole sottosuolo di derivazione, idranti sottosuolo/soprasuolo, senza la preventiva autorizzazione di CONSAC Spa. Qualora si rendesse necessario eseguire tali manovre è **INDISPENSABILE** preavvisare con congruo anticipo CONSAC Spa che provvederà ad autorizzare, vigilare e coordinare le operazioni, nonché pubblicare eventuali avvisi agli utenti qualora le manovre possano creare dei disservizi.

Qualora l'Appaltatore provveda ad effettuare manovre senza la preventiva autorizzazione sarà costretto ad assumersi eventuali responsabilità sia in sede civile, sia in sede penale per eventuali danni arrecati.

2.4 MODELLAZIONE IDRAULICA DELLA RETE IDRICA

La modellazione matematica della rete acquedotto è a supporto delle attività di progettazione dei distretti e delle zone di pressione, della riduzione delle perdite idriche e dell'identificazioni dei punti di monitoraggio permanenti.

Lo scopo finale dell'attività di modellazione matematica è quindi quello di definire un successivo programma degli interventi nel quale siano elencati, secondo un criterio di priorità, gli interventi di ottimizzazione di reti e impianti. I criteri di importazione dei dati necessari alla costruzione del modello dovranno essere concordati con CONSAC Spa.

La modellazione idraulica dovrà seguire le seguenti fasi:

- raccolta dati;
- costruzione del modello;
- calibrazione;
- simulazione.

Nel modello dovranno essere inseriti tutti i parametri caratteristici necessari per ricostruire correttamente il funzionamento idraulico della rete idrica e pertanto, oltre ai dati di rilievo geometrici e topografici delle reti, dovranno essere inseriti tutti i manufatti particolari presenti come, ad esempio:

- caratteristiche dei serbatoi;
- impianti di sollevamento e/o pozzi;
- saracinesche;
- riduttori di pressione.

Lo sviluppo del modello idraulico dovrà essere condotta attraverso software "tipo" InfoWorks WS o MIKE+ o prodotto equivalente (di cui ne è prevista anche la fornitura delle licenze e di tutti i servizi correlati di implementazione per la durata di anni 3), ovvero prodotti specificatamente studiati per la compilazione e simulazione di reti in pressione di qualunque estensione e complessità, in grado di integrare un calcolo idraulico rapido ed efficiente in un ambiente di lavoro e un'interfaccia agili ed intuitivi.

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

Tutti i modelli potranno comunque essere consegnati al Committente, in formato compatibile con il software fornito, completi di tutte le informazioni utili per rielaborare il modello.

I principali elementi che devono caratterizzare il Software utilizzato sono:

- possibilità di compilare il file con le caratteristiche della rete (file di input) al fine di disporre di diverse visualizzazioni, planimetriche, grafiche e tabulari, oltre che dei profili longitudinali delle reti;
- possibilità di visualizzare i risultati in modalità dinamica e di immediata interpretazione;
- possibilità di utilizzare, importare ed esportare files nei formati di uso comune quali, per es.: AutoCAD, ArcView / ArcGIS / QGIS, MapInfo, Access, XLS, ecc. (interfacciamento con altri software come ad esempio il WEBGIS della Committenza);
- rappresentazione di un ciclo giornaliero o multi-giornaliero della distribuzione delle pressioni, delle portate e dei volumi accumulati nei serbatoi della rete; tutti gli andamenti possono essere analizzati in regime gradualmente variato;
- rappresentazione delle singole utenze con i rispettivi consumi per categoria (domestica, commerciale, industriale ecc.);
- possibilità di rappresentare la domanda come dipendente (totalmente o in parte) dalla pressione in rete; tale funzione è indispensabile per rappresentare correttamente le perdite in rete o eseguire verifiche antincendio;
- ampia possibilità di rappresentare impianti e controlli anche molto articolati (valvole riduttrici o sostenitrici di pressione, sollevamenti a pompe multiple regolate da inverter, regolazione sui livelli, altri organi complessi, ecc.);
- calcolo numerico stabile e con tempi di simulazione rapidissimi;
- capacità di calcolo anche per sistemi molto estesi;
- procedura automatica di taratura della modellazione sulla base di dati rilevati in campo.

Oltre alla verifica della distribuzione delle portate e delle pressioni in rete, del grado di utilizzo dei serbatoi, il SW deve consentire, tra l'altro, di valutare ed analizzare i seguenti aspetti:

- tempo di permanenza e qualità dell'acqua distribuita;
- individuazione dell'estensione delle zone soggette a contaminazione in caso di inquinamento di uno o più punti di approvvigionamento;
- verifica e ottimizzazione degli impianti di sollevamento presenti;
- progettazione di nuove reti in estensione e/o sostituzione di quelle esistenti;
- pre-localizzazione delle perdite sulla base di analisi statistiche degli scostamenti con misure eseguite direttamente sul campo;
- implementazione di distretti per una gestione controllata delle pressioni;
- possibilità di analizzare fenomeni di moto vario, con time step estremamente ridotti, causati, per esempio, da aperture/chiusure valvole, start/stop pompe, ecc.;
- elaborazione di piani di gestione in caso di emergenze (quali per esempio: rotture, black-out, ecc.) o attività di manutenzione (quali per esempio: rifacimenti reti, potenziamenti, ecc.);
- programmazione di eventuali attività di spurgo sulla rete per il ricambio d'acqua periodico

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

e/o il lavaggio delle tubazioni;

- possibilità di pianificare gli investimenti infrastrutturali;
- possibilità di verificare gli aspetti conseguenti all'interconnessione/separazione di diverse reti;
- possibilità di eseguire molteplici verifiche in varie condizioni (es. verifiche antincendio, emergenza ecc).

2.5 COSTRUZIONE DEL MODELLO MATEMATICO

I dati relativi al rilievo plani-altimetrico della rete dovranno essere compilabili e/o importati in automatico nel suddetto software di calcolo per la simulazione della rete (ad esempio importato dall'ambiente WEBGIS della Committenza). Nell'ambiente di calcolo, sul modello geometrico della rete, dovranno essere effettuate le seguenti attività:

- verifiche topologiche: connettività della rete;
- inserimento dei dati relativi a fonti e serbatoi;
- inserimento delle logiche di automazione;
- inserimento dati consumi e assegnazione domanda media;
- analisi del comportamento idraulico e funzionale della rete;
- individuazione dei distretti idraulici;
- inserimento tarature degli impianti;
- inserimento dati di consumo;
- inserimento coefficienti di scabrezza;
- individuazione delle zone con presunta presenza di perdita;
- individuazione dei punti per l'inserimento dei dispositivi per la gestione della pressione e della portata;
- verificare le criticità sulla rete di distribuzione.

2.5.1 FASI DI MODELLAZIONE

La modellazione matematica, come l'analisi delle utenze, deve essere eseguita separatamente per ciascuna supply zone.

La modellazione matematica deve inoltre essere eseguita in tre fasi:

- 🚧 **Fase 1: configurazione attuale**, ovvero **“modello di prima taratura dello stato di fatto”**, come supporto all'individuazione delle criticità (con particolare riferimento alle zone con erogazione discontinua) ed all'attuale suddivisione in supply zone, distretti e sub-distretti, se esistente.
- 🚧 **Fase 2: configurazione futura prevista**, ovvero **“modello calibrato dello stato di fatto”**, con simulazione di scenari di suddivisione della rete e di condizioni di esercizio, con eventuali confronti fra diverse ipotesi progettuali, da sottoporre a specifiche valutazioni tecniche ed economiche e comprensive degli interventi strutturali;
- 🚧 **Fase 3: a conclusione degli interventi**, ovvero **“modello dello stato di progetto”** quale verifica della nuova configurazione di esercizio, con riferimento alla **“distrettualizzazione”** finale della

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

rete.

Durante la prima macro-fase, verrà costruito un modello matematico descrittivo dello scenario attuale (stato di fatto) in base alle informazioni geometriche fornite dal Gestore e integrate con quelle acquisite durante i sopralluoghi preliminari. Durante questa macro-fase si prevede di raccogliere dati di campo attraverso una campagna di misura semplificata. I dati così raccolti serviranno a fornire le prime indicazioni per il modello matematico iniziale (“modello di prima taratura”).

La costruzione del modello di prima taratura si prevede suddivisa in due ulteriori fasi, nella prima verrà costruita una prima versione, nel seguito detta “modello grezzo”, basata solo sui dati forniti dal Gestore e raccolti nella campagna di sopralluoghi; successivamente, tramite una campagna di monitoraggio semplificata, i dati di campo raccolti verranno utilizzati per affinare il modello e ottenere quindi un “modello di prima taratura”.

Lo scopo del modello in questa macro-fase è di supportare la progettazione per quanto riguarda la progettazione dei distretti, la collocazione delle valvole di regolazione delle pressioni e il loro dimensionamento.

Nella seconda macro-fase, si effettuerà la calibrazione del modello andando quindi ad affinare i parametri idraulici di quest’ultimo al fine di aumentare l’affidabilità del modello matematico nel ricostruire il funzionamento attuale delle reti. Questo sarà possibile solo una volta che saranno stati installati e disponibili i dati di tutti i misuratori permanenti previsti nell’ambito del presente progetto.

Lo scopo del modello in questa seconda macro-fase è di ricostruire in maniera affidabile il funzionamento idraulico delle reti di distribuzione allo stato di fatto. Il modello calibrato sarà la base di partenza per la costruzione del modello dello stato di progetto.

Nell’ultima macro-fase, verrà costruito un modello matematico rappresentativo del funzionamento del sistema di distribuzione a valle degli interventi sulle reti previsti nell’ambito del presente progetto; quindi, il modello di progetto terrà conto delle distrettualizzazioni, delle eventuali valvole chiuse/aperte, dell’effetto delle valvole di regolazione della pressione, delle geometrie delle condotte oggetto di sostituzione.

Al termine di ciascuna fase, il modello matematico verrà fornito al cliente in formato Epanet.

Nella Fase 1, la modellazione assume la geometria del sistema nella configurazione attuale, eventualmente opportunamente scheletrizzata.

Nella Fase 2, la configurazione attuale viene modificata per tener conto di interventi strutturali o manovre idrauliche determinati dalle ipotesi progettuali formulate.

Nella Fase 3, la modellazione deve essere eseguita con riferimento alla geometria della rete effettivamente realizzata.

Fra le ipotesi progettuali, deve essere valutata:

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

- la possibilità e la convenienza della riduzione delle pressioni in rete, introducendo nel calcolo di moto permanente un opportuno legame pressione-perdita, in relazione al materiale e alla geometria tipica della lesione;
- la possibilità di mantenere, modificare o introdurre un'alimentazione discontinua della rete di distribuzione.

2.5.2 SCHELETRIZZAZIONE DELLA RETE

Se ritenuto opportuno, nella schematizzazione delle reti idriche, per una maggiore snellezza di calcolo si potrà fare riferimento a schemi semplificati, ottenuti attraverso procedure di scheletrizzazione che si basano sull'eliminazione delle condotte aventi diametro inferiore a un dato valore da fissare in funzione delle dimensioni della rete idrica analizzata (Eggner et al. 1976), oppure sull'eliminazione di condotte longitudinali o trasversali secondo criteri empirici suggeriti dalle varie circostanze.

La porzione di rete non analizzata va tenuta in conto mediante opportune variazioni di alcuni parametri della restante parte di rete analizzata.

La rete a maglie deve essere schematizzata contemplando almeno due ordini gerarchici di condotte (anelli principali e secondari) e comunque tutte le condotte minori necessarie ad una modellazione sufficientemente accurata.

Per la scheletrizzazione della rete bisogna osservare le seguenti regole:

- eliminare i tratti ad albero negli schemi a maglia;
- eliminare i punti di cui non si hanno informazioni precise e attendibili;
- non eliminare le condotte caratterizzate da una rilevante domanda;
- non eliminare le condotte di grande diametro ovvero di chiusura di anelli importanti della rete;
- non eliminare gli elementi speciali quali impianti di sollevamento, valvole o serbatoi.

È consigliabile eliminare le condotte trasversali rispetto allo sviluppo altimetrico della rete. In tal caso la portata in rete va ricalcolata attraverso il programma di verifica (Veltri et al. 2000,2001). Nel caso di condotte in serie bisogna distinguere due casi:

- condotte con eguali caratteristiche;
- condotte con caratteristiche diverse.

Nel primo caso l'eliminazione comporta la creazione di un'unica condotta di caratteristiche uguali a quelle precedenti e ripartizione della portata del nodo intermedio sui nodi estremi.

Nel secondo caso, indicando con L la lunghezza della condotta, con D il diametro e con C il valore della scabrezza nella formula di Hazen-Williams, si dovrà procedere considerando una condotta equivalente con diametro o scabrezza pari a una delle due condotte e calcolare il diametro o il coefficiente di scabrezza dall'equazione del moto.

Per ciascun punto di erogazione nella scheletrizzazione eseguita, deve essere individuata anche la massima quota dell'utenza servita (quota dell'estradosso del solaio di copertura), ai sensi del DPCM 4-3-1996.

Per i serbatoi, deve essere contemplata la capacità di compenso e di riserva, anche in

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

considerazione di eventuali periodi di interruzione dell'erogazione, se non evitabili.

Per i pozzi deve essere valutata la possibilità di utilizzo di motori a inverter, relazionando l'effettivo beneficio in termini di risparmio energetico.

La modellazione deve quindi comprendere anche il funzionamento:

- di eventuali impianti di sollevamento e/o pozzi, individuando le modalità di esercizio funzionali all'efficienza economica e gestionale;
- di organi di regolazione automatici o manuali.

2.5.3 PORTATE E CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO

Le portate ai nodi possono essere determinate facendo riferimento ai dati di consumo storico associati alle utenze attive:

- georeferenziate (allo stato attuale il dato non è affidabile) e comunque si dovrebbe procedere per associazione automatica di una nuvola di punti alla condotta più vicina;
- associate ad un punto di consegna "virtuale" che identifica ogni via a cui sono automaticamente associati uno-a-molti gli utenti che sono serviti dalla condotta che passa per quella via.

Nelle elaborazioni devono essere chiaramente distinte ed evidenziate le portate effettivamente disponibili per l'utenza e le portate non disponibili (sinteticamente "perdite").

La modellazione matematica deve essere eseguita in moto permanente nelle condizioni di funzionamento corrispondenti alla portata minima, media e massima e in tutte le condizioni di erogazione intermedie funzionali alla definizione della variazione di livello dei serbatoi, previa formulazione di ipotesi di legge di variazione del consumo giornaliero.

2.5.4 CALIBRAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO

La realizzazione di un modello di simulazione di reti idriche incontra una difficoltà nella taratura dei parametri utilizzati nel modello stesso.

Questi sono costituiti da parametri geometrici (lunghezze, diametri, connessioni), o idraulici (scabrezze, celerità, leggi di efflusso di valvole o curve di potenza delle pompe, emungimenti ai nodi) e non comprendono le variabili decisionali, cioè quelle particolari variabili che sono regolabili dal gestore e che definiscono le condizioni di esercizio della rete.

Questa operazione di assegnazione dei parametri prende comunemente il nome di calibrazione del modello.

Obiettivo della calibrazione è quello di ottenere dal modello di simulazione variabili di stato, cioè pressioni ai nodi e velocità medie nei lati che rappresentano le condotte, quanto più simili possibile ai valori che effettivamente verrebbero misurati in pieno campo nelle condizioni di esercizio previste nel modello.

Ovviamente la classificazione delle variabili in parametri, variabili di stato e variabili di controllo dipende dal caso particolare.

Alcuni spillamenti ai nodi possono essere considerati variabili di controllo, qualora siano regolabili, ed alcuni parametri, come la lunghezza delle condotte e le quote topografiche, qualora

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

conosciuti con relativa accuratezza, possono essere considerati come dati certi del modello e quindi parte integrante di esso.

In base alla precedente classificazione è possibile quindi definire la calibrazione come la stima dei parametri incogniti del modello di simulazione.

Qualora esistesse una misura diretta di tutti i parametri del modello, si potrebbe stimare la qualità della calibrazione in base alla similitudine fra i parametri calcolati e quelli “veri”.

Poiché ciò non è vero, almeno per i parametri idraulici quali la scabrezza, la qualità della calibrazione deve essere stimata in base alla capacità del modello calibrato di riprodurre variabili di stato simili a quelle reali.

Il modello quindi, prima del suo utilizzo per l’analisi funzionale, dovrà essere calibrato, ossia si dovrà verificare che lo stesso riproduca il funzionamento reale della rete. La fase di calibrazione prevede quindi la traduzione dei dati dinamici raccolti precedentemente sulla rete (registrazioni contemporanee di pressione e portata) e l’imposizione che il modello, nelle stesse configurazioni di funzionamento, fornisca come risultati quelli registrati direttamente su campo.

Per la calibrazione del modello saranno adottati metodi impliciti, che tengono conto dei dati misurati, tramite funzioni in cui compaiono come parametri gli scarti fra i valori misurati e quelli ottenuti dall’output del modello di simulazione. Scopo del calcolo è quello di minimizzare gli scarti utilizzando procedure di ottimizzazione che ricercano il minimo di funzioni obiettivo, generalmente non lineare, soggette a vincoli.

La calibrazione deve essere eseguita:

- nella Fase 1, sulla base degli esiti della campagna di monitoraggio portate, pressioni e livelli serbatoi e misura del grado di perdita;
- nella Fase 3, sulla base degli esiti della campagna di monitoraggio conclusiva di portate, pressioni e livelli serbatoi.

Il processo di calibrazione deve utilizzare misure contemporanee di portata e pressione in condizioni di esercizio differenti.

La calibrazione del modello si intenderà raggiunta, quando i risultati del modello risulteranno allineati con i valori registrati in campo, entro i margini di errore di seguito definiti, salvo casi particolari che verranno di volta in volta valutati dalla Stazione Appaltante:

Misura	Tolleranza
Portata	±5% sul valore registrato
Pressione	± 0,3 bar sul valore registrato/± 5% sul valore registrato superati gli 0,2 bar
Sviluppo della curva di portata	Coerente con l’andamento dei consumi
Sviluppo della curva di pressioni	Coerentemente con l’andamento delle pressioni misurate

2.6 DISTRETTUALIZZAZIONE DELLA RETE (DMA)

L’individuazione della migliore disposizione dei distretti all’interno di una rete di distribuzione idrica è una operazione complessa, che dipende da numerosi fattori, legati sia agli obiettivi della distrettualizzazione del sistema idrico, che alla definizione della dimensione, della morfologia e

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

della struttura (permanente o temporanea) dei distretti.

Nel presente paragrafo viene delineata la metodologia razionale da utilizzare nell'ambito del modello per la scelta della più opportuna distrettualizzazione.

Nella fase di studio si dovranno formulare diverse ipotesi di distrettualizzazione, basate su tre differenti criteri:

- distrettualizzazione empirica per Zone Urbanistiche Omogenee (ZUO);
- distrettualizzazione empirica del tipo District Meter Area (DMA);
- distrettualizzazione empirica del tipo Waste Metering (WM).

La distrettualizzazione per Zone Urbanistiche Omogenee (ZUO) dovrà tenere conto della omogeneità della destinazione urbanistica e delle tipologie edilizie presenti sul territorio che consentono – nei casi di valutazione e eventuale gestione delle pressioni – di avere distretti uniformi dal punto di vista delle pressioni di progetto.

Il secondo criterio (DMA) è basato sulla definizione di distretti di pari estensione e con una popolazione servita di circa 3000 abitanti per distretto.

Il terzo criterio (WM) individua il numero minimo di distretti tali da garantire maggiori informazioni sulle perdite idriche.

Per tutte le ipotesi di distrettualizzazione formulate saranno analizzate, con l'ausilio del software, i comportamenti della rete con distretti connessi in due soli punti con il resto della rete (2 I/O), ovvero con tre nodi di connessione (3 I/O).

La prima fase dell'analisi riguarda la simulazione del funzionamento della rete, per tutti gli schemi considerati, in condizioni di punta e di portata media.

L'obiettivo delle simulazioni è quello di evidenziare le scelte di distrettualizzazione che compromettono irrimediabilmente il corretto funzionamento idraulico della rete.

Per agevolare il confronto tra i risultati delle varie simulazioni, vengono definiti gli indici prestazionali di natura statistica e idraulica, da valutare per ciascun distretto.

Gli indici statistici di prestazione considerati sono la media, la varianza e il minimo dell'altezza piezometrica nei nodi del distretto.

Nell'operare la distrettualizzazione si dovrà porre l'attenzione nel suddividere la rete in modo tale che ciascun distretto abbia il minor numero possibile di punti di ingresso così da poter ottenere il suo isolamento con la chiusura del minor numero di saracinesche.

I distretti permanenti saranno caratterizzati da un'estensione di rete compresa tra 5 e 30 Km (range di valori condiviso in letteratura).

2.7 VALIDAZIONE DEI DISTRETTI ED ESECUZIONE DELLO STEP-TEST NOTTURNO

I distretti individuati saranno sottoposti a collaudo idraulico, secondo le specifiche tecniche raccomandate da organismi europei riconosciuti.

Si procederà quindi con l'esecuzione dello step-test notturno, chiudendo progressivamente i distretti progettati.

Dai risultati dello step test sarà possibile pre-localizzare i distretti critici soggetti a perdite idriche.

2.8 METODI PER LA GESTIONE DELLE PERDITE

L'invecchiamento del sistema idrico comporta un naturale conseguente aumento delle perdite reali a causa del generarsi di nuove perdite e rotture, alcune delle quali non riportate al gestore.

Questa tendenza all'aumento delle perdite reali può essere contrastata e gestita con un uso integrato delle quattro componenti della gestione delle perdite reali e specificatamente:

- controllo attivo delle perdite;
- gestione della pressione;
- rapidità e qualità delle riparazioni;
- gestione di tubazioni e assets.

Il livello delle perdite reali annue varierà in funzione dell'impegno e delle modalità di applicazione delle suddette componenti.

2.8.1 CONTROLLO ATTIVO DELLE PERDITE

Il controllo attivo delle perdite che si intende realizzare comprende diverse tecnologie, che è possibile applicare in alternativa o in combinazione a seconda delle condizioni specifiche della singola rete comunale oggetto di studio:

- monitoraggio delle pressioni per zone (PMZ);
- creazione di distretti con misura della portata in ingresso;
- misura in continuo o in modo periodico delle portate notturne;
- utilizzo in modo continuo di loggers o noise loggers.

In particolare con i noise-loggers rappresentano una buona alternativa agli step test tradizionali, per effettuare una verifica preliminare sulla presenza di perdite occulte e per la loro localizzazione.

2.8.2 GESTIONE DELLE PRESSIONI

Il controllo e il mantenimento delle pressioni in rete a valori necessari per garantire un servizio efficiente, costituisce uno strumento strategico finalizzato alla riduzione degli sprechi di risorsa idrica. È prevedibile infatti, dalla relazione tra perdite idriche reali e pressione, che riducendo gli eccessi di pressione nell'arco della giornata si possano ridurre i volumi d'acqua persi.

L'attività consiste pertanto nella redazione di adeguati studi idraulici per la gestione ottimale delle pressioni caratterizzati da programmi di riduzione del carico idraulico notturno (23,00 – 06,00) e da sistemi di protezioni attive e permanenti contro i colpi di ariete, con contestuali proposte di installazioni di apparecchiature adeguate allo scopo, di norma idrovalvole di regolazione di pressione (PRV Pressare Reducing Valves) localizzate e regolate in maniera opportuna e asservite a comando orario o sistemi alternativi equivalenti.

Lo studio dovrà essere redatto per ciascun distretto e dovrà riportare dettagliatamente anche le specifiche tecniche degli eventuali interventi e apparecchiature proposti al fine di ottimizzare la

gestione delle pressioni.

2.8.3 DIAGNOSI FENOMENI DI MOTO VARIO E PROGETTAZIONE DISTRETTI

La campagna di misura delle pressioni con misuratori di pressione temporenei, ha la principale finalità di determinare le effettive pressioni nei nodi critici e nei nodi baricentrici delle reti soggette a progetto di gestione delle pressioni, per completare la progettazione degli interventi di distrettualizzazione e di gestione delle pressioni e per il corretto dimensionamento delle valvole di regolazione di pressione.

La campagna di misura sarà anche propedeutica a definire una prima calibrazione di massima del modello idraulico, che verrà successivamente affinata una volta finalizzate le installazioni degli strumenti di misura permanenti delle portate previste a progetto.

L'analisi per la localizzazione dei punti critici ai fini del monitoraggio delle pressioni e la diagnosi del moto vario, sarà realizzata specificatamente in base alle particolari caratteristiche di ogni rete idriche, anche sulla base di una prima analisi realizzata con il modello idraulico "grezzo".

Gli strumenti di misura utilizzati durante la prima campagna di monitoraggio saranno portatili, autoalimentati, dotati di datalogger per la memorizzazione dei dati acquisiti e non comporteranno interruzioni al regolare funzionamento della rete. Si utilizzeranno i dispositivi di misura di pressione ad Alta Frequenza (128 misure al secondo) dotati di datalogger e modem di comunicazione, alimentati da una batteria di lunga durata (tipo Inflowmatix). Gli strumenti dovranno avere una frequenza di campionamento di 128 Hz in grado di rilevare i fenomeni transitori di pressione. Questa caratteristica, permetterà di realizzare una mappatura molto precisa dei fenomeni transitori sia a livello delle grandi utenze e degli impianti, che nelle reti d'adduzione e di distribuzione. Inoltre, grazie ad algoritmi dedicati ed all'esperienza del team di progetto, per ogni fenomeno transitorio di pressione sarà possibile determinare la criticità, risalire alle cause e proporre adeguate soluzioni. Questi strumenti sono di taglia ridotta e possono essere installati in maniera semplice anche all'interno di un idrante, oppure in appositi pozzetti realizzati sulla rete di distribuzione.

Tabella riassuntiva delle caratteristiche tecniche dello strumento portatile:

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

<u>Elemento Tecnico</u>	<u>Caratteristiche</u>
Tipologia Trasduttore	A Membrana Ceramica in Al ₂ O ₃ al 96% Minimo
Range di Temperatura	Da 0 ° a +50°C
Compensazione Termica del Sensore	Compensata tramite processo laser settabile PTC per aumento della precisione lineare alle variazioni di temperatura.
Misura della Pressione	Relativa e Assoluta
Tipo di Fluido	Acqua Potabile
Custodia	Interna, in acciaio inox AISI 316L
Alimentazione	Ammissibile da 2 a 30 Vdc. Alimentazione interna utilizzata a 7,2V per minor consumo energetico
Comunicazione	Interna, su circuito stampato, tecnologia di comunicazione in mV per minor consumo energetico
Range di Misura	Sensore con resistenza ammissibile fino a 20 bar per rilevazione fenomeni transitori (colpi d'ariete), range di misura settabile su piattaforma analitica
Resistenza al vuoto (depressione)	Fino a -1 bar
Precisione	±0,1% del fondo scala (=0,2 metri)
Comportamento dinamico	(T90) < 10 ms. Un valore di risposta così accurato risulta necessario per individuare eventi anomali quali i transitori di pressione e posizionare il medesimo evento anomalo in correlazione tra più punti di misura
Stabilità della misura	0,2% URL/anno
Attacco al processo	Filettatura esterna ½" in AISI 316L + raccordo quick-fit

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

<u>Elemento Tecnico</u>	<u>Caratteristiche</u>
Collegamento Elettrico	Nessuna necessità di connettore esterni soggetti a deterioramento, utilizzo di circuito stampato interno al datalogger con protezione IP68 (fino a 2 metri)
Guarnizione	EPDM
Certificato	Per uso acqua potabile.
Accessori	Completo di accessori per il montaggio
Corpo a Tenuta Stagna	IP68 fino a 2 metri
Dimensioni ridotte	Dimensioni compatte 20x12x6 cm
Range di Temperatura	Da 0 ° a +50°C
Modem e Antenna	Antenna GPS integrata. Modem ed antenna GPRS/GSM integrati con possibilità di prolunga sul connettore integrato posto sulla parte superiore per aumentare la ricezione.
Ingressi e Alimentazione	Tele-alimentazione del sensore integrato a 7,2V per minor consumo energetico. Comunicazione Interna, su circuito stampato, tecnologia di comunicazione in mV per minor consumo energetico
Batteria	Litio ad elevata capacità da 37 Ah
Archiviazione dati	Ad intervalli di tempo configurabili, export dati configurabile (standard 3 misure al secondo: minima / media / massima), e trasmissione dati configurabile (massima ogni 15 minuti)
Sincronizzazione ora	Automatica con ora legale/solare grazie all'antenna GPS integrata
Memorizzazione Dati	Archiviazione fino ad un anno di dati, 11.059.200 misure giornaliere (3 misure al secondo) comprensive di elaborazione di pressione minima, media, massima. Misure massima archivibili 4.036.608.000
Comunicazione Remota	In tempo reale di anomalie, soglie programmabili e guasti datalogger. Soglie settabili da remoto, senza necessità di accesso al pozzetto
Diagnostica interna	Diagnostica interna per calcolo della batteria residua, default e anomalie e algoritmo elaborazione dati a 3 misure al secondo
Comunicazione Locale	Senza necessità di accesso al pozzetto, attraverso connessione remota alla piattaforma o device mobile
Frequenza di campionamento	128 campionamenti al secondo in continuo
Protezione Dati	Autenticazione a 2 fattori, integrazione con Active Directory o LDAP

La suddivisione della rete in distretti (DMA: District Metered Areas) è un metodo che consente di analizzare facilmente una rete idrica ai fini del controllo delle perdite e delle prestazioni di gestione. La realizzazione dei distretti è utile per consentire di monitorare i volumi globali annui entranti e uscenti (Bilanci Idrici) e/o per effettuare l'Analisi di Consumo Minimo Notturmo, evidenziando eventuali anomalie su aree ristrette dove poter concentrare efficacemente le attività di prelocalizzazione e localizzazione delle perdite.

Il distretto, sia esso alimentato direttamente da un serbatoio o da altri distretti, viene individuato

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

per contenere al suo interno un numero di utenze non troppo elevato e con il minimo numero possibile di punti di immissione, in modo da consentire una rapida lettura dei contatori. In generale, in termini dimensionali, la definizione dei DMA è abbastanza condivisa sia in letteratura che in ambito tecnico. Secondo Butler (2000), il DMA ha dimensione compresa tra 1.000 e 5.000 utenze, che corrisponde ad una popolazione compresa tra 2.500 e 12.500 abitanti, e un'estensione di rete compresa tra 5 e 30 km. Studi compiuti dal WRC (2001), indicano una dimensione del DMA più ristretta, compresa tra 1.000 e 2.000 utenze.

Nella realizzazione dei distretti idrici un ruolo fondamentale è svolto dalle saracinesche di sezionamento. Deve essere prestata attenzione nella scelta delle saracinesche, in quanto se vecchie, o non utilizzate da tanto tempo, hanno la tendenza a bloccarsi o a rimanere chiuse. La progettazione dei distretti comporta quindi spesso la necessità di installazione di nuove saracinesche di confine e la sostituzione o riparazione di saracinesche esistenti non più funzionanti.

Per la progettazione dei distretti si prendono in considerazione i seguenti criteri di base:

- *omogeneità altimetrica e di carico*: le zone delimitate dal distretto sono contraddistinte da dislivelli altimetrici poco significativi e range di pressione non troppo elevati. Tale scelta deriva dal fatto che, se nel distretto ci sono livelli di pressione eterogenei, la regolazione delle pressioni diventa più complessa e con minori benefici;
- *omogeneità di tipologia d'utenza*: le utenze sono caratterizzate anche dalla tipologia di residenza ed attività (abitazioni, villette, botteghe, hotel, case vacanza, etc.) che ne determina variabilità di consumi significativi che devono essere adeguatamente rappresentati nel modello. Considerazioni specifiche devono essere inoltre effettuate per il caso di Pantelleria, caratterizzata da forte variabilità di consumi stagionali e da situazioni di diffusa presenza di riserve idriche dei privati, che influenzano il consumo minimo notturno;
- *topologia e geometria della rete*: in condizioni tipiche la morfologia del territorio ed i relativi confini naturali suggerisce di fatto una primordiale distrettualizzazione;
- *numero limitato di connessioni tra i distretti*: ciò, oltre a rendere meno complesso il procedimento stesso di distrettualizzazione, evita l'inserimento di un numero troppo elevato di valvole di intercettazione e/o di riduzione di pressione, con un risparmio economico per l'Ente Gestore e un numero più contenuto di alcuni "stravolgimenti" cui è soggetta la rete a seguito della distrettualizzazione (inversione dei flussi, problemi di controllo delle valvole riduttrici di pressione, ecc.);
- *stato della rete esistente*: un'analisi della rete esistente è indispensabile per evitare che la chiusura di organi di regolazione possa produrre incrementi di pressione che potrebbero danneggiare porzioni di rete vulnerabili o, viceversa possano causare un decadimento delle pressioni con conseguente riduzione del livello di servizio fornito alle utenze;
- *controllo delle pressioni*: un'attenta analisi idraulica della rete esistente, assistita dalla disponibilità del modello tarato in fase ANTE, verifica che le pressioni, a seguito del sezionamento della rete, rientrino nei vincoli di servizio in rete nelle diverse ore di erogazione, quali ad esempio verifica delle portate antincendio ed il tempo di permanenza dell'acqua nelle condotte per scongiurare decadimenti dell'azione disinfettante del cloro. Tale considerazione determina l'esigenza di analizzare il comportamento dinamico dell'acqua al variare del tempo per periodi di 24 ore e le

conseguenti analisi sull'età dell'acqua.

Il fenomeno delle perdite idriche nei sistemi acquedottistici è ad oggi un problema di importanza primaria; la riduzione di tali fenomeni a valori fisiologici o quanto meno ragionevoli consentirebbe un notevole ovvio risparmio idrico, con benefici economici ed ambientali.

Risulta, dunque, utile esaminare da un lato le modalità che consentono di provvedere al contenimento diretto delle perdite in rete e dall'altro le metodologie che, mirando ad un controllo più efficace sulla rete idrica, conseguono, tra vari obiettivi, anche quelli relativi alla riduzione delle perdite.

I metodi comunemente praticati per il contenimento diretto delle perdite idriche sono i seguenti:

1. controllo del "cielo piezometrico" nella rete di distribuzione;
2. ispezione periodica dei pozzetti in cui sono installate le apparecchiature;
3. ricerca dei punti in cui si verificano le perdite;
4. periodica riabilitazione e rifacimento dei tratti di tubazione deteriorati.

Ponendo l'attenzione al punto a) del precedente elenco, ossia il controllo e il mantenimento delle pressioni in rete a valori necessari per garantire un servizio efficiente, esso costituisce uno strumento economico ed attuabile in tempi brevi, nell'ambito di una strategia di riduzione degli sprechi di risorsa idrica, essendo le une direttamente correlate agli altri.

La rete di distribuzione è progettata al fine di assicurare i valori minimi di pressione durante tutto l'arco della giornata; tali minimi sono, però, raggiunti solo per brevi periodi di tempo, in corrispondenza dei momenti di maggior consumo, in funzione della variabilità della domanda idropotabile. Di conseguenza durante gran parte della giornata la rete risulta sottoposta ad un eccesso di pressione rispetto a quanto necessario. È prevedibile, dalla relazione tra perdite idriche reali e pressione, che riducendo gli eccessi di pressione nell'arco della giornata si possano ridurre i volumi d'acqua persi.

Il fenomeno delle perdite è regolato, quindi, dalla relazione intercorrente tra esse e la pressione di esercizio locale in rete e tra questa ultima e la frequenza del verificarsi di nuovi eventi di rottura, quindi di nuove perdite associate. La prima relazione descrive l'aspetto quantitativo del fenomeno, mentre la seconda ne descrive l'aspetto di formazione.

Come noto da esperienze internazionali la pressione oltre ad influenzare i valori di perdita è causa anche di aumento dei tassi di rottura per cui è strategico mantenerne il valore più basso possibile rispetto al livello di servizio obiettivo.

Il principio alla base del controllo dei distretti è quello di usare il monitoraggio delle portate e pressioni, per determinare il livello di perdita all'interno di un'area ben definita della rete idrica. Una volta identificato il distretto di misura, esso sarà lo strumento per generare i bilanci e controllare il livello di perdita in maniera continuativa, ovvero sarà lo strumento per implementare una politica di gestione delle perdite.

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

L'ammontare delle perdite reali di acqua dipende dalle caratteristiche dell'infrastruttura del sistema ed in special modo dei materiali, dall'età delle reti, dalla pressione media di esercizio, dalle variazioni della pressione di esercizio, dal tipo di terreno, dagli effetti del traffico e dalle caratteristiche costruttive delle reti. Al tempo stesso però le perdite occulte nei sistemi di distribuzione idrica sono molto più sensibili alle variazioni di pressione che alle altre cause, essendo la pressione stessa uno dei parametri più importanti per le perdite e per la frequenza con cui esse si manifestano.

Il controllo delle pressioni consiste non solo nelle tecniche di riduzione della pressione ma anche nelle tecniche di sostegno della pressione o controllo dell'alimentazione in modo da garantire una distribuzione di acqua regolare in termini di pressione e di volumi richiesti dai consumatori.

La gestione della pressione nei punti di alimentazione dei distretti idrici può essere effettuata utilizzando tre diversi criteri di controllo:

- a regolazione fissa – unico set-point;
- a regolazione giorno-notte – due set-point in base alle fasce orarie;
- a regolazione al “punto critico”.

La regolazione fissa è attuata dall'idrovalvola in base ad un valor fisso, unico e costante per l'intero arco della giornata, del nodo di valle della valvola stessa indipendentemente dalla pressione che si registra a monte.

La regolazione giorno-notte consente di definire due valori di pressione del nodo di valle della valvola in base a fasce orarie stabilite, solitamente coincidenti con la fascia “giorno” (ovvero, la fascia legata ai consumi maggiori) e la fascia “notte” (ovvero la fascia legata ai consumi minori).

La regolazione al “punto critico”, notevolmente differente dalle precedenti, consente di avere una regolazione variabile durante l'arco della giornata in funzione di un valore prestabilito che si deve ottenere in un punto interno della rete indicato come “punto critico”, che non necessariamente coincide con il punto della rete ubicato a quota più elevata.

Considerata l'eterogeneità e l'estensione significativa dell'area di progetto, oltre che il numero elevato di distretti identificati, è stato realizzato uno studio per l'identificazione del posizionamento delle valvole di regolazione, da approfondire successivamente tramite modellazione idraulica, col seguente approccio:

- ▶ Nelle reti dei **centri urbani**, la modalità di gestione più adatta ad ogni porzione di rete è stata analizzata in base ai seguenti parametri:
 - potenziale di riduzione della pressione per fascia oraria;
 - regolarità ed entità della variazione delle perdite di carico durante la giornata;
 - configurazione della rete;

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

- presenza di grandi utenti e il loro pattern di consumo;
 - specifiche esigenze di sicurezza d'alimentazione e di conformità alle norme antincendio.
- Per le **reti periferiche**, che costituiscono la gran parte dell'infrastruttura in gestione al Consac, si sono privilegiate soluzioni semplici a regolazione fissa, che permettano di ottenere la maggior parte del beneficio rispettando le esigenze di costo e, soprattutto, di manutenzione tipiche delle zone isolate. L'utilizzo di valvole di regolazione a membrana con circuito pilota interamente idraulico permetterà di minimizzare i costi di manutenzione e gestione.

Un caso particolare, tipico delle reti periferiche, è quello in cui i distretti sono disposti in cascata. In questo caso si presenta il rischio di risonanza idraulica tra l'idrovalvola di valle e quella di monte. Questi casi saranno studiati con particolare attenzione, anche grazie a specifiche simulazioni idrauliche, per garantire la stabilità idraulica degli organi di regolazione. A seconda dei casi, si dovranno adottare le seguenti soluzioni:

1. prevedere la possibilità di inserire tra i distretti una valvola di sostegno della pressione di monte (mantiene stabile la pressione di monte al valore prefissato, indipendentemente dalle richieste di valle)
2. utilizzare per l'organo a valle un regolatore di pressione differenziale (mantiene sempre una pressione differenziale tra i due distretti, escludendo il rischio di instabilità).



2.9 MONITORAGGIO E CONTROLLO DELLA RETE IDRICA CON IMPLEMENTAZIONE DI UN PLUG-IN DSS

I modelli previsionali di rottura nascono con lo scopo di supportare i gestori delle reti nella pianificazione delle azioni di riabilitazione e potenziamento delle infrastrutture.

In particolare, due progetti, si inseriscono nel più ampio scenario dei Decision Support System: il CARE-W, progetto di ricerca sviluppato nell'ambito del quinto Framework Programme della Commissione Europea, dal 2001 al 2004 e il SINTEF (in Norvegia) che hanno prodotto sistemi di supporto alle decisioni di asset management, che i numerosi ed approfonditi test condotti hanno dimostrato essere in grado di indirizzare efficacemente le strategie di riabilitazione.

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

Il DSS CARE-W è costituito da una suite di software per la valutazione delle condizioni presenti e future delle reti idriche, inclusi tools di valutazione degli indicatori di performance (PI tool), di previsione delle rotture (FAIL tool), di calcolo dell'affidabilità del servizio di distribuzione (RELtool). Sulla base dei risultati di questi tools, vengono stimate le necessità di investimento a lungo termine (LTP tool) e si procede al ranking ed alla selezione dei progetti di riabilitazione (ARP tool).

Il Pi tool fornisce indicazioni statistiche sulle performance generali della rete, il FAIL tool permette di calcolare le probabilità di rottura dei singoli tubi, ed il REL tool combina queste informazioni con l'importanza idraulica dei tubi, per valutare l'affidabilità del servizio di distribuzione.

I risultati ottenuti dai tools precedenti vengono elaborati dall'ARP (Annual Rehabilitation Planning tool) che usa una procedura multicriterio di ranking e selezione delle opzioni di riabilitazione.

Le valutazioni delle future necessità di investimento sono invece generate dall'LTP (long term rehabilitation planning tool).

I tools operano sinergicamente nella cornice del CARE-W tramite il Water Network Rehabilitation Manager, che gestisce il flusso delle reti, di sistemi informativi territoriali (GIS) e procedure guidate di input/output. Infine, i risultati delle elaborazioni sono visualizzabili in forma grafica (di diagramma e cartografica) e tabellare.

Le presenti note forniscono un inquadramento generale, ma sintetico degli strumenti di stima delle performances delle reti e delle condotte.

Più in particolare, invece, i criteri decisionali dell'Annual Rehabilitation Programme (ARP) richiedono la conoscenza del tasso di rottura, stimato per tutti i tubi, allo scopo di classificarli e fare delle comparazioni fra essi. Altri parametri importanti per il CARE-W_ARP sono:

- l'Hydraulic criticality, criterio che combina i tassi di rottura e l'importanza del tubo (dipendente dalla sua collocazione nella rete);
- le perdite idriche;
- l'influenza delle condizioni dei tubi sulla qualità dell'acqua.

Gli ultimi due indicatori nell'ambito dell'ARP, sono valutati per gruppo di tubi o per zona. Sono due le tipologie implementate nella suite:

- tool finalizzati alla previsione dei disservizi causati da un tubo o da un gruppo di tubi;
- tool finalizzati alla valutazione dell'hydraulic reliability (affidabilità idraulica) di un tubo o gruppo di tubi.

Nell'ambito dei modelli di previsione delle rotture, i Failure Forecasting tool, CARE-W_PHM (Cemagref) e CARE-W_POISSON (INSA-Lyon) sono modelli di previsione basati sulle rotture e sulle perdite individuate e registrate in passato; richiedono pertanto l'esistenza di un database sufficientemente accurato, caratterizzante la rete e comprendente tutte le rotture e le perdite riparate, nonché la data in cui si sono verificate. I due tools differiscono per l'approccio statistico adottato.

CARE-W_PHM usa dati di rotture pregresse per sviluppare un modello di previsione, basato sull'analisi delle sopravvivenze (metodo adoperato in epidemiologia), in particolare sul tempo intercorrente tra due rotture. Definite le variabili significative, il modello consente la previsione del numero e dei tassi di rottura di ciascun tubo, per un orizzonte temporale di 5 o 10 anni.

CARE-W_POISSON calcola il tasso medio di rottura per gruppo di tubi di caratteristiche omogenee. Se un tubo che è stato riparato presenta un tasso di rottura più alto di quello degli altri tubi del suo gruppo, il suo tasso di rottura viene conservato nei risultati.

I parametri possono essere suddivisi in quattro categorie:

- ▶ condizioni strutturali o fisico-idrauliche delle condotte (diametro, età, materiale, pressione);
- ▶ condizioni esterne o del terreno (terreno, altezza di pioggia, temperatura dell'aria, indice

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

- di congelamento, traffico, umidità),
- ▶ tipologia dell'acqua fluente (indice di aggressività, alcalinità, contenuto in solfati, durezza),
- ▶ tipologia di posa delle condotte (profondità di posa, letto di posa).

Questi parametri, stante la loro natura, sono stati chiamati anche "variabili predittive".

1. tasso di rottura : espresso in rotture/km·anno. $\Lambda \in [0 : 2950]$;
2. diametro: espresso in mm. $D \in [20 : 1350]$;
3. età: espressa in anni. $A \in [0 : 147,5]$;
4. materiale: sono presenti nove tipologie di materiale M (acciaio, ghisa grigia, ghisa sferoidale, pvc, polietilene, pead, calcestruzzo armato precompresso, fibrocemento, piombo). È, altresì, presente la tipologia di materiali aggregati tra loro, (ghisa grigia-ghisa sferoidale, etc.) nonché la tipologia ignoto;
5. pressione: espressa in metri. $P \in [12,5 : 95]$;
6. terreno: sono presenti dieci tipologie/definizioni di terreno T (argilla e sabbia, argilloso, espansivo, leggermente espansivo, limo e argilla, molto espansivo, sabbia ghiaia e argilla, sabbioso-limoso, stabile, terreno urbano);
7. DIPRA: è un raggruppamento di 4 variabili: pH terreno, potenziale redox (mV), resistività ($\Omega \cdot \text{cm}$), solfidi (mV). I 4 parametri vengono tradotti in punteggio secondo uno schema internazionale di cui si dirà meglio nel paragrafo dedicato del capitolo 7. I punteggi variano nell'intervallo DIPRA $\in [5 : 13,5]$;
8. altezza di pioggia: espressa in mm. $h \in [0 : 270]$;
9. temperatura dell'aria: espressa in °C. $t_a \in [0,5 : 27]$;
10. temperatura del terreno $\leq -1^\circ\text{C}$ (indice di congelamento): rappresenta il numero di giorni in un mese in cui la temperatura del terreno è inferiore o uguale a -1°C . $IF2 \in [0 : 28]$;
11. traffico: sono presenti due descrizioni del traffico che conducono a 6 tipologie di Tr: (low load, high load, nullo, moderato, ordinario, intenso);
12. umidità: espressa in mm. Rappresenta un bilancio di pioggia che vuole essere un surrogato dell'umidità. $U \in [-20 : 325]$;
13. freezing index: è la temperatura media giornaliera cumulata sotto 0°C per cinque mesi (da novembre fino a marzo) ed è espressa in °C. $IF1 \in [1100 : 2200]$;
14. indice di aggressività dell'acqua: $IA \in [8,3 : 12,6]$;
15. sulphate content: espresso in mg/l. $SCE \in [0 : 255]$;
16. durezza: espressa in mg/l. $H \in [5 : 295]$;
17. alcalinità: espressa in mg/l. $Alc. \in [5 : 138]$;
18. profondità di posa: espressa in m. $d \in [0,54 : 2,37]$;
19. letto di posa: sono presenti due tipologie del letto di posa (sabbia e sabbia gialla).

A partire da questi “Modelli completi” si possono e infatti sono stati sviluppati modelli semplificati “Modello per l’utente” che consentono una operatività anche in condizioni di “scarsità di dati” quali spesso caratterizzano le condizioni gestionali dei nostri sistemi di distribuzione. A titolo di esempio:

- variabile predittiva “età di posa”: tasso di rottura in funzione dell'età delle condotte per tipologia di materiale;
- variabile predittiva “materiale”: ad ogni materiale è fatto corrispondere un relativo tasso di rottura;

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

- variabile predittiva “Pressione media di esercizio”: Reti che funzionano con pressioni di esercizio maggiori tendenzialmente sono destinate a rompersi di più rispetto a reti che a regime lavorano in intervalli di pressione più modesti;
- variabile predittiva “tipologia terreno”: il terreno è un mezzo corrosivo solido, a conducibilità ionica, il cui aspetto e le cui proprietà variano secondo la percentuale in cui sono presenti i costituenti fondamentali: sabbia-argilla-limo, oltre gli eventuali frammenti grossolani quali ciottoli, detriti, etc.;
- variabile predittiva “sorgente di fenomeni corrosivi”: Per innescare la corrosione, ci deve essere una differenza di potenziale tra due punti che sono collegati elettricamente in presenza di un elettrolita, in questo caso, il terreno circostante. Con queste condizioni soddisfatte, un flusso di corrente da una zona anodica, attraversa il terreno ad una zona catodica, e poi ritorna indietro attraverso la parete del tubo per chiudere il circuito. L’area anodica diventa corrosa dalla perdita di ioni metallici per l’elettrolita;
- variabile predittiva “traffico”: tutto il carico verticale dovuto al terreno e agli effetti dinamici, è pertanto sostenuto dal tubo, il che induce forti sollecitazioni di flessione nella parete. Tale fenomeno non si verifica nei tubi meno rigidi in ghisa, plastica e acciaio.

Un altro esempio di indicatore di “Possibile criticità” IPC.V (*da Servizi a Rete – Settembre-Ottobre 2023*, <https://www.ies.it/reti-tecnologiche/kpi-performance-reti-idriche/>) che può fornire un punto di partenza nella ricerca delle perdite è ottenuto incrociando due dei più comuni dati a disposizione dei gestori: l’anno di posa delle tubazioni (vetustà) ed il numero di derivazioni/allacciamenti di una tubazione.

Di recente si sente molto parlare di Big Data, di Intelligenza Artificiale e di come sia fondamentale incrociare i dati per ottenere modelli previsionali o di supporto alle decisioni.

Tuttavia è noto che in molte situazioni i dati disponibili, sia cartacei che digitali, sono carenti, incompleti e non precisi come servirebbero per istruire un sistema basato sulle tecniche di intelligenza artificiale classiche, onde ottenere previsioni realistiche. Basandosi su indicazioni di esperti di settore, esposte in convegni e pubblicate su riviste specializzate, si è cercato, tramite l’indicatore IPC.V di tradurre in pratica “l’esperienza raccontata” realizzando un’analisi semplificata che, utilizzando i pochi e più frequenti dati disponibili organizzati in uno strumento GIS, possa fornire al gestore uno strumento di analisi preliminare ma oggettiva ed ottenere così un supporto decisionale quantitativo.

Alcuni dei **fattori che influenzano la rottura di una tubazione e quindi generano perdite idriche** sono:

1. L’anno di posa delle tubazioni (vetustà)
2. Numero di derivazioni/allacciamenti (in altre parole il numero di giunzioni)
3. Il materiale delle tubazioni
4. La pressione media di esercizio elevata
5. Il tipo di terreno in cui la tubazione si trova
6. La presenza o meno di transitori (colpi d’ariete)
7. Sollecitazioni ordinarie (traffico, passaggio di mezzi pesanti)
8. Sollecitazioni straordinarie (allacciamenti abusivi, etc)

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

Non tutti questi fattori però sono sempre noti ai Gestori idrici che devono iniziare una attività di manutenzione e/o ricerca perdite. Individuare le tubazioni che presentano la combinazione di due fattori quali la vetustà della tubazione ed il numero di allacci sulla stessa, sicuramente rappresenta una prima indicazione su dove focalizzare l'attenzione.

Questi due fattori combinati, a meno di indagini o ispezioni particolari, sono i primi ad essere facilmente disponibili ed elaborabili sfruttando tecniche GIS, purché sia disponibile almeno la rete digitalizzata su cui posizionare le informazioni.

Un fattore di base è sicuramente la **vetustà** che può essere recuperabile nel seguente ordine:

1. documentazione di progetto a disponibilità dell'Ente Gestore o del Comune di riferimento
2. dati catastali (es. anno di costruzione degli edifici circostanti)
3. consultazione di mappe storiche
4. memoria storica dei dipendenti o dei cittadini

Il numero degli allacci invece può derivare dalla georeferenziazione dei contatori.

Tramite una campagna di Ricognizione Digitale oppure tramite il processo di Geocoding a partire dai dati anagrafici delle utenze estratti dal billing, è possibile georeferire le utenze e associare per vicinanza l'utenza/contatore alla tubazione. In questo modo si ottiene una prima stima del numero di allacciamenti presenti su una tubazione. Stima che può essere aggiornata e migliorata nel tempo dalle squadre operanti in campo.

Si è pensato dunque ad un **indicatore battezzato IPC.V (Indicatore di Possibile Criticità in base alla Vetustà delle tubazioni) che incrocia gli anni di posa delle tubazioni e il numero di allacciamenti** presenti per metro lineare secondo la relazione seguente:

$$(Kv \times \text{Classe Vetustà}) \times \text{Classe Contatori} = \text{IPC.V}$$

Il parametro Kv rappresenta il peso attribuito alla Vetustà al fine di poter valutare diversi scenari oppure conferire maggior importanza al dato relativo all'anno di posa. Le Classi sono range di valori sia per gli anni di posa che per il numero di contatori/utenze per metro lineare.

Dal prodotto tra le classi si genera una matrice che contiene i diversi IPC.V da un minimo di 1 (criticità assente) ad un massimo di 16 (criticità molto elevata).

Il sistema permette successivamente l'estrazione degli elenchi delle condotte associate a ciascun valore di criticità.

2.10 PIATTAFORMA WEB DI INTEGRAZIONE DEI SISTEMI SOFTWARE PER LA GESTIONE DELLE PERDITE

Il Committente ha esigenza di una piattaforma web che monitori le perdite d'acqua nei distretti idrici monitorati (DMA), che attraverso un pannello di controllo di immediata ed efficace interpretazione e utilizzo, serva da supporto alle operazioni di localizzazione e riparazione delle perdite di rete.

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

Il software dovrà raccogliere ed integrare i dati di portata che arrivano da diverse fonti, per esempio i sistemi SCADA o data logger e smart meter esistenti e di prossima realizzazione, e combinandoli ed integrandoli, attraverso opportuni algoritmi statistici, elabori una valutazione sull'andamento nel tempo del livello della perdita stimata in ogni distretto.

I risultati di queste analisi devono essere presentate con visualizzazioni chiare e informative, come mappe o grafici di serie temporali, in particolare per consentirne l'utilizzo alle squadre di controllo delle perdite.

Il software dovrà essere accessibile tramite browser web da desktop o dispositivi mobili, nonché intuitivo, facile da usare e permettere al personale di controllo e agli operatori sul campo (anche con un'esperienza informatica basilare) di gestire il sistema, valutare le priorità di intervento e allocare al meglio le risorse operative sul campo.

In maniera anche sequenziale si ipotizza:

Il **modulo 1**: analizza i dati di portata e quantifica i tassi di perdita nei distretti di distribuzione.

Il **modulo 2** si basa sui risultati elaborati dal modulo 1 e avvia una ricerca geografica della perdita con lo scopo di individuare la porzione di rete in cui è più probabile che sia avvenuta la nuova rottura e su cui si suggerisce dunque di concentrare la ricerca attiva in campo.

Il **modulo 3** fornisce invece un ambiente in cui creare scenari ipotetici in tempo reale (ad esempio per valutare le conseguenze di potenziali operazioni sulla rete idrica come la chiusura di valvole, l'apertura di idranti, la riparazione di tubi, la manutenzione di pompe e così via).

2.10.1 PERSONALIZZAZIONE DEGLI APPLICATIVI SOFTWARE

Gli applicativi software precedentemente illustrati, di natura commerciale acquisiti con licenza d'uso o sviluppati ad hoc, hanno comunque l'esigenza di scambiare dati (in ingresso o in uscita).

Pertanto occorre prevedere una congrua attività di "collegamento" tra i diversi sistemi software predisposti nell'ambito del presente progetto.

Ciò significa che gli stessi dati potranno anche essere visualizzati su piattaforme diverse oppure utilizzati indirettamente nelle differenti elaborazioni.

A titolo puramente esemplificativo, i dati di livello e di portata in uscita dal serbatoio idrico saranno collettati e visualizzati sul server tramite lo SCADA e/o piattaforma di monitoraggio. Gli stessi dati potranno essere visualizzati anche sul WEBGIS.

Parallelamente serviranno per tenere sotto controllo il bilancio idrico che presumibilmente si avvarrà di un altro software o modulo specifico.

La simulazione del comportamento della rete attraverso il modello matematico necessita ugualmente di conoscere i valori reali (misurati), da confrontare con i risultati del calcolo del modello.

Infine tutto il patrimonio di dati acquisito, con le opportune elaborazioni, sarà utilizzato nel software di sintesi che fornirà il "Supporto alle decisioni" (gestire il sistema, valutare le priorità di intervento e allocare al meglio le risorse operative sul campo).

2.11 MATERIALE DA PRODURRE

Per ciascuna attività, sono di seguito indicati i corrispondenti prodotti.

Tutti gli elaborati dovranno essere consegnati in formato cartaceo e digitale riproducibile (sia nel formato sorgente originario, sia in quello pdf) e consultabili nel WEBGIS di Consac sulla piattaforma 4business.

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

2.11.1 ANALISI DELLE UTENZE

1. **Mapa dei consumi idrici:** rappresentazione cartografica in scala 1:5000 dei consumi idrici pro-capite rilevati, distinti per distretto/sub-distretto, con evidenziazione delle zone con carenza di dati e con diverso grado di scostamento dai fabbisogni ordinari;
2. **Relazione sulle utenze:** descrizione delle attività di rilievo e di analisi delle utenze distinti per supply zone/distretto, con raffronto fra volumi misurati e popolazione desunta dalle singole celle censuarie, stima dei consumi non sottoposti a tariffazione, classificazione per tipologia (domestica, collettiva, condominiale, forfettaria, ecc.).

2.11.2 CAMPAGNA DI MONITORAGGIO PORTATA, PRESSIONE E LIVELLO SERBATOI

1. **Mapa descrittiva delle attività di monitoraggio:** rappresentazione cartografica dei siti oggetto di monitoraggio, con distinzione per tipologia di monitoraggio (pressione, portata, livello) (formato shp, dwg);
2. **Relazione sugli interventi propedeutici alla esecuzione della campagna di monitoraggio:** descrizione dettagliata degli interventi necessari per l'esecuzione delle misure;
3. **Relazione descrittiva delle attività di monitoraggio:** relazione sulle attività di monitoraggio distinte per tipologia, con motivazioni delle scelte eseguite sui siti e sulla durata delle misurazioni e con discussione delle informazioni desunte (dati in formato csv, shp, pdf).

Lo studio dovrà essere redatto per ciascun distretto e dovrà riportare dettagliatamente anche le specifiche tecniche degli eventuali interventi e apparecchiature proposti al fine di ottimizzare la gestione delle pressioni.

2.11.3 COSTRUZIONE E CALIBRAZIONE DI MODELLI MATEMATICI DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE

1. **Modello matematico completo:** software e documentazione descrittiva del modello matematico per la simulazione della rete con relativi file di input e quant'altro necessario per la riproduzione delle simulazioni eseguite o per l'esecuzione di nuove simulazioni – in formato tipo InfoWorks e in altri formati compatibili (ad esempio xxx.inp).
2. **Mapa della rete scheletrizzata:** rappresentazione cartografica della rete nella schematizzazione utilizzata per la modellazione matematica (formato shp, dwg);
3. **Relazione sulla modellazione matematica:** relazione sulla modellazione matematica eseguita, con dettaglio dei dati in input ed output, delle schematizzazioni, delle assunzioni, della calibrazione;
4. **Mapa piezometrica della rete:** rappresentazione cartografica del cielo piezometrico in diverse condizioni di esercizio, anche in rapporto alla quota piezometrica minima da garantire (formato shp, dwg).

2.11.4 DISTRETTUALIZZAZIONE DELLA RETE (DMA)

1. **Mapa dei distretti e delle supply zone:** rappresentazione cartografica in scala 1:5000 della rete di distribuzione distinta in supply zone, distretti ed eventuali sub-distretti, con indicazione dei punti di immissione di portata e di misurazione (formato shp, dwg);

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

2. **Mappa degli interventi per la distrettualizzazione della rete:** rappresentazione cartografica riepilogativa degli interventi strutturali funzionali alla creazione di supply zone, distretti e sub- distretti (nuove condotte, organi di sezionamento) (formato shp, dwg);
3. **Relazione sulla distrettualizzazione della rete:** descrizione della suddivisione della rete realizzata, coerentemente con la modellazione matematica, comprensiva delle motivazioni idrauliche delle scelte operate e dei dati caratteristici di ciascun distretto o supply zone (n. di utenze domestiche e collettive, dotazioni, popolazione, ecc.).
4. **Mappa delle zone di controllo della pressione:** rappresentazione cartografica delle eventuali aree soggette a controllo della pressione, con indicazione del regime piezometrico atteso pre e post-intervento nelle diverse condizioni di funzionamento (formato shp, dwg).
5. **Relazione sulle zone di controllo della pressione:** descrizione degli interventi per il controllo della pressione, della corrispondente riduzione delle perdite attesa e dei dispositivi per il conseguimento della riduzione.

2.11.5 MODELLO DI SUPPORTO ALLE DECISIONI DSS

La Relazione sulle criticità della rete di distribuzione dovrà indicare nel caso specifico di CONSAC quei fattori che influenzano la rottura di una tubazione e quindi generano perdite idriche.

Il Modello DSS integrato dinamicamente con i dati degli altri modelli (mappatura reti su WEBGIS, piattaforma OVERLAND per il monitoraggio delle portate immesse in rete e delle pressioni ai distretti, monitoraggio dei consumi idrici degli smart meter, modello idraulico per il calcolo delle pressioni e portate ai vari nodi della rete) dovrà individuare le tubazioni che presentano la combinazione di fattori di criticità che rappresentano una prima indicazione su dove focalizzare l'attenzione della "sostituzione reti".

1. **Mappa degli interventi per la sostituzione di tratti di rete:** rappresentazione cartografica riepilogativa degli interventi strutturali funzionali alla sostituzione delle condotte (formato shp, dwg);
2. **Elenco delle reti da sostituire** con indicazione dei livelli di priorità (csv, shp, pdf) con indicazione dei diametri, materiali e costi di intervento.

2.11.6 ATTIVITÀ DI SINTESI

- **Relazione sulle criticità della rete di distribuzione:** rappresentazione cartografica in scala 1:5000 della rete di distribuzione distinta in supply zone, distretti ed eventuali sub-distretti, con indicazione dei punti di immissione di portata e di misurazione (formato shp, dwg);
- **Mappa degli interventi per la distrettualizzazione della rete:** rappresentazione cartografica riepilogativa degli interventi strutturali funzionali alla creazione di supply zone, distretti e sub- distretti (nuove condotte, organi di sezionamento) (formato shp, dwg);
- **Relazione sulla distrettualizzazione della rete:** descrizione della suddivisione della rete realizzata, coerentemente con la modellazione matematica, comprensiva

ED 07 - DISCIPLINARE TECNICO DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

delle motivazioni idrauliche delle scelte operate e dei dati caratteristici di ciascun distretto o supply zone utenze domestiche e collettive, dotazioni, popolazione, ecc.);

- **Mappa degli interventi per la sostituzione di tratti di rete:** rappresentazione cartografica riepilogativa degli interventi strutturali funzionali alla sostituzione delle condotte (formato shp, dwg), con indicazione dei livelli di priorità (csv, shp, pdf) con indicazione dei diametri, materiali e costi di intervento.