COMUNE DI CALVIZZANO

OGGETTO:

PROGETTO RIDUZIONE DELLE PERDITEED EFFICIENTAMENTO DELLA RETEIDRICA A SERVIZIO DEL COMUNE DI CALVIZZANO

CUP B51D24000360005

FASE:

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

IL PROGETTISTA:

UTC
CALVIZZANO

LORENZO
TAMMARO
06.03.2026
08:56:39
GMT+00:00

ELABORATO:

EL.03

TITOLO:

DISCIPLINARE DEI SERVIZI DI MODELLAZIONE E DISTRETTUALIZZAZIONE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO	DATA	SCALA
ID COMMESSA / FASE / PROG ELAB / PROG SUBELAB / TIPO DOC / REVISIONE	Febbraio 2026	
ARCHIVIO FILE:		

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

ART. 1 PREMESSA 2

ART. 2 CONOSCENZE PRELIMINARI E SUPPORTO FORNITO 3

ART. 3 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' 3

ART. 4 ANALISI DI DETTAGLIO DELLA RETE E DEI MANUFATTI ACQUEDOTTISTICI 4

ART. 5 ANALISI DELLE UTENZE 4

ART. 6 CAMPAGNA DI MONITORAGGIO PORTATE, PRESSIONI E LIVELLI SERBATOI 5

ART. 7 COSTRUZIONE DEL MODELLO MATEMATICO 8

ART. 8 CALIBRAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO 10

ART. 9 DISTRETTUALIZZAZIONE 12

ART. 10 DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE 17

ART. 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce il Disciplinare per l'esecuzione dei Servizi di Modellazione e Distrettualizzazione della rete idrica del Comune di Calvizzano.

Si ritiene utile fornire alcune brevi definizioni di alcuni termini tecnici per poter condividere un "working agreement" utile a migliorare la comunicazione tra le parti.

- Modello di Simulazione di una Rete Idrica: si intende il modello numerico della rete, opportunamente implementato in ambiente compatibile con EPANET. Il modello non è skeletonizzato. I nodi del modello devono corrispondere ai nodi della rappresentazione sul GIS, senza inserimento o eliminazione di nodi, a meno di correzioni effettuate sul GIS stesso.

- Calibrazione: si intende il processo di "aggiustamento" dei parametri del modello, volto a conseguire una buona aderenza tra i risultati dello stesso e le misure di portata e di pressione effettuate sulla rete in punti opportuni al fine di creare degli scenari di funzionamento idraulico il più simile alla realtà.

- Distretto: si definisce come una parte della rete, separata dal resto, alimentata da uno o più punti strumentati e sulla quale, pertanto, è possibile effettuare bilanci idrici. I punti di alimentazione del distretto devono essere forniti di misuratori di portata e pressione con lettura in continuo su una piattaforma web che permetta di valutarne l'andamento in real-time. Il distretto può essere fisico, se la separazione dal resto della rete è ottenuta a mezzo di organi di sezionamento, oppure virtuale, se la separazione è realizzata a mezzo di sezioni provviste di misuratori di portata. I distretti fisici possono avere, a seconda delle dimensioni degli stessi, uno o più distretti virtuali. Inoltre, i distretti fisici hanno sempre uno o più punti della rete identificati come "nodi sensibili".

- Nodi sensibili: si definiscono nodi sensibili quei punti della rete dove è necessario installare un misuratore di pressione e, in caso di fuori range dei valori di portata in ingresso alla rete del distretto fisico, un misuratore di portata che permettono di monitorare il buono o cattivo funzionamento del distretto fisico.

- Calibrazione del modello di domanda: la modellazione idraulica di una rete idrica prevede, come dato di input, l'assegnazione delle portate costanti ai nodi derivanti dai consumi delle utenze e l'assegnazione ai nodi delle portate di perdita come portate in uscita. Calibrare un modello di domanda significa stimare, mediante le misurazioni di portata eseguite a valle dei serbatoi e/o pozzi, le quote parti di portata di domanda e di perdita erogate ai distretti e il pattern di domanda da applicare ai consumi costanti fatturati assegnati come portata in uscita ai nodi.

- Modello Demand Driven (DDA): è un modello idraulico nel quale le perdite vengono rappresentate come valori fissi, indipendenti dalla pressione.

- Modello Pressure Driven (PDA): è un modello idraulico nel quale le perdite vengono rappresentate come una funzione della pressione (in genere con una legge del tipo di quelle della foronomia), pertanto le perdite nei nodi variano durante la giornata, in funzione delle variazioni di pressione.

• Calibrazione dei coefficienti di scabrezza: la modellazione idraulica di una rete idrica prevede, come dato di input, l'assegnazione dei coefficienti di scabrezza per ogni tratto. Calibrare le scabrezze significa assegnare tali valori in base alle caratteristiche delle condotte (materiale, età, etc.) ed eventualmente ai valori di pressione misurati.

ART. 2 CONOSCENZE PRELIMINARI E SUPPORTO FORNITO

Il Comune di Calvizzano metterà a disposizione dell'Appaltatore tutta la documentazione disponibile.

Inoltre si precisa che, indipendentemente dalla documentazione fornita, è esclusivo onere dell'Appaltatore quello di verificare in campo la rispondenza degli schemi alla realtà degli impianti.

Tutte le attività descritte nell'ambito del presente Disciplinare potranno essere svolte solo a valle dell'idonea fase di rilievo e restituzione delle reti, come descritta negli appositi elaborati.

ART. 3 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, 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). L'analisi includerà anche i serbatoi di accumulo, i partitori a servizio dell'abitato, il tracciato delle eventuali condotte di avvicinamento.

- Analisi delle utenze con elaborazione critica dei dati relativi alle letture dei contatori di utenza con evidenziazione delle "grandi utenze" e mantenendo la differenziazione 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, 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);

- Individuazione dei punti di misura e regolazione di pressione e portata nelle reti (PMZ, PR, PQ, PRV, 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.

ART. 4 ANALISI DI DETTAGLIO DELLA RETE E DEI MANUFATTI ACQUEDOTTISTICI

Le reti di distribuzione devono essere analizzate unitamente alle loro componenti. Durante la attività dovranno essere verificate eventuali incongruenze con quanto ritrovato nella fase di rilievo per i seguenti elementi:

1. Tracciati e caratteristiche delle tubazioni (diametri, materiali), 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.

ART. 5 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:

1. Popolazione residente, desunta dalle celle censuarie (unità territoriali minime di rilevamento dei dati di censimento ISTAT più recenti);

2. Fabbisogno medio annuo ed eventuale variazione stagionale del fabbisogno;

3. Dotazione assunta e motivazioni dell'assunzione;

4. 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.);

5. 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.

ART. 6 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 vanno 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 a 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). 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 all'interno del modello idraulico tutti i dati di base disponibili, è necessario condurre una fase di analisi di sensitività, al fine di individuare 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 almeno un periodo di 14 giorni consecutivi con registrazione ad intervalli di 5 minuti:

1. Portata/volume in ingresso ai serbatoi;

2. Portata/volume in uscita dai serbatoi, con particolare riferimento alle ore di minimo consumo notturno;

3. Livello dei serbatoi;

4. Portata/volume in ingresso in 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 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 installare 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.

Il risultato delle attività dovrà produrre i seguenti elaborati:

1. Mappa descrittiva della campagna di misure con restituzione dei punti di misura;

2. 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;
- 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).

3. 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 alla campagna di misure. Pertanto, l'Appaltatore 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 ailavori 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 SORICAL non si assume le 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. 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 del Gestore.

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.

ART. 7 COSTRUZIONE DEL MODELLO MATEMATICO

I dati relativi al rilievo planoaltimetrico della rete dovranno essere importati in automatico nel software di calcolo per la simulazione della rete. Tutto quanto prodotto dovrà essere compatibile con il formato EPANET.

In ogni caso non è ammessa alcuna scheletrizzazione della rete.

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.

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, come supporto all'individuazione delle criticità (con particolare riferimento alle zone con erogazione discontinua) ed alla attuale suddivisione in supply zone, distretti e sub-distretti, se esistente.

- Fase 2: configurazione futura prevista, con simulazione di scenari di suddivisione della rete e di condizioni di esercizio, con eventuali confronti fa diverse ipotesi progettuali, da sottoporre a specifiche valutazioni tecniche ed economiche e comprensive degli interventi strutturali;

- Fase 3: a conclusione degli interventi, quale verifica della nuova configurazione di esercizio, con riferimento alla "distrettualizzazione" finale della rete.

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

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:

- 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. A tal fine **si precisa che la modellazione delle perdite deve essere sempre effettuata in "pressure driven", vale a dire che non sarà ammesso rappresentare la perdita come una costante indipendentemente dalla pressione**;

- la possibilità di mantenere, modificare o introdurre un'alimentazione discontinua della rete di distribuzione.

Le portate ai nodi devono essere determinate, coerentemente con quanto indicato in precedenza:

- sulla base della popolazione effettivamente gravante sui tronchi corrispondenti, desunta dalle celle censuarie (unità territoriali minime di rilevamento dei dati del censimento ISTAT);

- stimando la popolazione eventualmente fluttuante, sia per pervenire alla popolazione totale media annua, sia alla popolazione totale nel giorno di massima presenza.

Nelle elaborazioni devono essere chiaramente distinte ed evidenziate le portata 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.

ART. 8 CALIBRAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO

I parametri che possono essere oggetto di calibrazione nel modello idraulico sono:

- Modello di domanda
- Scabrezze

La calibrazione deve essere effettuata con il confronto con un numero adeguato di misure di portata e di pressione (dovrà essere dimostrata la congruità di tale numero) registrate sulla base di quanto descritto all'art.6 e comunque su un periodo temporale di almeno 14 giorni e con una frequenza temporale di almeno 5'. È utile un confronto almeno bi-settimanale per evitare, soprattutto nel periodo estivo, di rilevare condizioni al contorno particolari come feste patronali o sagre, ecc.

Preliminarmente al processo di calibrazione, appare importante che l'Appaltatore:

- Verifichi completamente la topologia della rete non solo tramite gli strumenti informatici (GIS), ma anche tramite attività di campo specifiche in punti della rete con particolari potenziali anomalie (ad es. in punti dove la rete non è ammagliata per pochi metri, ovvero in punti dove la variazione del diametro della condotta sia superiore a 2 volte la classe di diametro disponibile, ad es. da un dn 100 a un dn 200, ovvero ovunque l'Appaltatore ritenga necessaria una indagine anche con sondaggi specifici per chiarirsi delle situazioni puntuali di dubbio), con particolare riferimento alle condizioni al contorno della stessa (nodi di ingresso e di uscita).
- Verifichi le connessioni tra la rete comunale oggetto di modellazione e quelle confinanti.
- Verifichi i consumi medi delle utenze caricati in MIKE+ ed effettui un controllo delle posizioni delle utenze. In merito al controllo dei consumi, risulterebbe utile confrontare i consumi medi delle utenze caricati in MIKE+ e il consumo totale annuale della rete oggetto di studio, poiché, eventuali errori di caricamento dei consumi medi delle utenze comprometterebbero i risultati della modellazione. Allo stesso modo, eventuali errori delle posizioni delle utenze, dovuti ad errori di estrazione della rete dal GIS (problema ricorrente delle allocazioni fittizie delle utenze sul centroide comunale) potrebbero compromettere i risultati della modellazione. Ponga particolare attenzione anche alle tipologie di utenze nella definizione del pattern di domanda e per identificare le aree a maggiore richiesta idrica e identifichi le utenze sensibili per le quali è fondamentale garantire sempre il servizio con regolarità e specifici standard tecnici.
- Ponga particolare attenzione all'analisi delle reti sotto il profilo del consumo energetico (ad es. acqua sollevata, ecc.) anche in ottica di rispetto del principio del DNSH.
- Assegni le informazioni gestionali della rete (condizioni al contorno di tipo idraulico) che consentono di eseguire una corretta simulazione (livelli iniziali dei serbatoi, modalità di funzionamento delle pompe, livelli dei pozzi, condizioni di apertura/chiusura delle saracinesche, ecc).

Modello di domanda

Al fine di rappresentare la domanda occorre condividere un modello di suddivisione delle portate richieste dalle utenze nei vari nodi della rete e definire un modello di erogazione delle perdite.

Il modello di erogazione dovrà essere suffragato dalla letteratura tecnica di settore al fine di scegliere il metodo più consistente e robusto che permetta di valutare la rete in maniera il più realistica possibile.

Un possibile metodo è quello di assegnare le portate costanti ai nodi derivanti dai consumi delle utenze nonché assegnare ai nodi delle portate di perdita come portate in uscita. Si ritiene che il modello da utilizzare sia sempre di tipo Pressure Driven (PDA). Un modello Demand Driven potrà essere utilizzato solo in fase di premodellazione, ma il modello consegnato dovrà sempre essere di tipo PDA.

È utile, in fase di approccio al distretto, riuscire a fare un bilancio del distretto tramite l'analisi della portata minima notturna che è indice del livello di perdita fisica del distretto.

L'evidenza numerica del livello di perdita di ogni distretto risulta utile per poter valutare lo stato di partenza dello stesso e definire il livello potenziale di recupero in funzione delle azioni che la distrettualizzazione delle reti proporrà a valle della modellazione, nella fase di ottimizzazione del distretto stesso (ad es. dall'analisi delle pressioni in rete potrebbe essere utile posizionare valvole di controllo della pressione che, settate opportunamente, potrebbero portare un beneficio in termini di riduzione delle perdite fisiche a pari livello di servizio alle utenze).

Nella distribuzione delle perdite sulla rete si dovrà, tra l'altro, tenere conto dello storico dei guasti registrati sulla rete, che può essere reperito dalla Stazione Appaltante.

La qualità della calibrazione della domanda, che è fondamentale per la corretta riproduzione del funzionamento della rete, andrà dimostrata, tra l'altro, mostrando che viene soddisfatto il vincolo del rispetto dei volumi totali immessi e fatturati. Difficoltà nel rispetto di tale vincolo possono evidenziare l'imperfetta conoscenza della topologia della rete, e pertanto la necessità di ulteriori verifiche di campo volte a controllare i nodi di ingresso e di uscita del sistema considerato. Se la rete presenta zone con tubazioni di caratteristiche assai diverse, è buona norma ipotizzare differenti modelli di perdita per queste zone. Infatti, in tali situazioni il modello di perdita uniforme non può rappresentare correttamente il sistema.

Scabrezze

In linea di principio i valori di scabrezza utilizzati nel modello idraulico dovrebbero avere valori aventi significato fisico e comunque omogenei per gruppi di tubazioni aventi le stesse caratteristiche (di materiale e di epoca di posa).

In nessun caso potranno essere ritenuti ammissibili valori di scabrezza significativamente differenti da quelli di letteratura, anche se valori lievemente maggiori (in termini di resistenza) potranno essere ritenuti imputabili a perdite di carico localizzate non identificate.

Se, in seguito alla calibrazione delle scabrezze, entro limiti ragionevoli, il modello non dovesse riprodurre in maniera soddisfacente (differenze di pressione superiori ai cinque metri di colonna d'acqua) le misure di pressione, si ritiene che la procedura migliore sia quella di ritornare alla calibrazione della domanda, modificando opportunamente in primo luogo il modello di perdita e/o di ricontrollare la topologia della rete.

Si ritiene, pertanto, ottimale una calibrazione effettuata con un processo iterativo, che porti a una contemporanea calibrazione del modello di domanda e delle scabrezze.

La formula di resistenza utilizzata dovrà essere quella di Darcy-Weisbach. Eventuali scelte differenti dovranno essere opportunamente motivate e comunque approvate dalla Stazione Appaltante.

ART. 9 DISTRETTUALIZZAZIONE

La distrettualizzazione consiste nella suddivisione di una rete di distribuzione idrica in porzioni più piccole o distretti, denominati aree distrettualizzate (DMA), che si ottengono posizionando e chiudendo valvole di intercettazione lungo determinate tubazioni di collegamento al DMA e posizionando un misuratore di portata nelle restanti tubazioni di collegamento. La riprogettazione di una rete attraverso la sua distrettualizzazione richiede l'adozione di una serie di regole di base che tengano conto sia della dimensione massima del distretto, sia dell'indipendenza di ogni DMA da quelli adiacenti.

I distretti idrici rispondono all'esigenza sempre più forte dell'Ente gestore di controllo delle perdite ed elevato standard di servizio. Al fine di poter rispondere a queste due necessità, si riportano alcune regole di buona pratica tecnica nella realizzazione dei distretti che sono condivise e adottate a livello internazionale, e che dovranno essere di norma seguite dall'Appaltatore. Eventuali diversi approcci dovranno essere preliminarmente condivisi e approvati dalla Stazione Appaltante:

- Preliminarmente si osserva che, se si ritiene che i DMA possano essere utilizzati per la riduzione delle perdite attraverso strategie di controllo della pressione, allora risulta preferibile realizzare DMA fisici, attraverso separazioni ottenute con la chiusura, o l'inserimento di nuove, saracinesche. Se invece si ritiene, per la conformazione orografica del comune, che il controllo della pressione non sia realizzabile, o che comunque possa dare scarsi benefici, allora risulta preferibile una distrettualizzazione virtuale, che presenta il vantaggio di non ridurre l'affidabilità idraulica della rete.

- I DMA sono caratterizzati da un numero di utenze compreso tra 500 e 2000 (considerando un coefficiente abitante per utenza pari a 3) e una lunghezza della rete di distribuzione variabile ma con un limite massimo pari a 6-8 km. Questo è particolarmente importante perché in DMA troppo estesi risulta più complessa la fase di individuazione delle perdite idriche durante le ore di minimo notturno e gli interventi futuri a valle del settaggio delle soglie di allarme non avrebbero l'effetto della riduzione del tempo tra causa e risoluzione che, invece, una rete distrettualizzata deve avere (all'aumentare dei tempi di identificazione della perdita, aumenta il volume perso). Qualora i distretti non fossero di tali dimensioni, per particolari

condizioni al contorno da valutare con la Stazione Appaltante, sarà necessario prevedere dei distretti virtuali interni che permettano di suddividere virtualmente il distretto in almeno 2 o 3 distretti rientranti nei range sopra descritti.

- Ogni DMA è preferibilmente indipendente e non collegato ad altri DMA. Queste caratteristiche garantiscono una maggiore sicurezza igienica dell'acqua. Infatti, uno degli obiettivi dell'introduzione delle DMA è nel caso di un incidente di contaminazione, l'esposizione a inquinanti nocivi è confinata e l'estensione delle tubazioni da decontaminare è ridotta al minimo.
- Ogni DMA è preferibilmente collegato direttamente al sistema di trasmissione principale (adduzione). Secondo l'usuale approccio, la rete di adduzione può essere considerata come la serie di tubazioni collegate aventi un diametro uguale o superiore a una soglia di circa 300–350 mm.
- Ogni DMA deve essere caratterizzato da un dislivello altimetrico ridotto che risulta più appropriato per implementare la gestione della pressione nei punti di ingresso dello stesso. È possibile fissare una opportuna soglia al di sotto della quale deve essere contenuto il dislivello dei nodi appartenenti alla stessa DMA.
- È possibile considerare degli ulteriori vincoli che riducono l'espansione del DMA in una determinata direzione. Infatti, alcune tubazioni possono essere definite esplicitamente come confine del DMA (ad esempio per evitare di attraversare fiumi, confini comunali, autostrade etc.).
- La Sezione di alimentazione deve essere sempre corredata di da misura di portata e di pressione. Laddove possibile occorre implementare anche la gestione della pressione.

Oltre a quanto riportato sopra, è utile considerare una serie di condizioni al contorno che potrebbero far variare il numero di utenze servite (anche fino a 5.000) o dimensioni del distretto (anche fino a 10 km):

- Particolari differenze di quote geodetiche all'interno del Distretto
- Elevata escursione della pressione giorno / notte al nodo di ingresso del Distretto
- Presenza di attività differenti dalla civile abitazione
- Omogeneità della tipologia di tubazioni presenti nel distretto (materiale, età, etc.)
- Topologia della rete (una rete più o meno ammagliata ha un elevato livello di flessibilità alle richieste dell'utenza ma produce una maggiore difficoltà nell'identificazione di perdite fisiche)

Per meglio comprendere e condividere le scelte progettuali dei distretti, sarà cura dell'Appaltatore fornire indicazioni tecniche specifiche alla Stazione Appaltante e, nel caso di distretti a particolari condizioni al contorno, condividere la scelta progettuale favorendo sempre le indicazioni del DNSH e della riduzione del tempo di identificazione delle perdite fisiche.

Poiché, assegnata la dimensione desiderata del distretto, vi è un numero assai elevato di partizioni di una rete che soddisfano tale vincolo l'Appaltatore dovrà chiaramente illustrare la metodologia seguita per scegliere i distretti, dimostrando che la soluzione proposta è "ottima" almeno in un approccio euristico.

In ogni caso il Distretto dovrà essere disegnato con il vincolo di contenere le differenze di pressione fra le diverse zone, onde poter progettare un adeguato controllo della pressione a mezzo dell'installazione di valvole del tipo PRV.

La qualità del Distretto disegnato dovrà essere dimostrata dall'Appaltatore in termini di potenziale di riduzione delle perdite. Al fine di valutare in maniera oggettiva la qualità della distrettualizzazione, si dovranno stimare gli indici quantitativi di seguito descritti, proposti nella letteratura scientifica recente. Tali indici dovranno essere calcolati dall'Appaltatore, e riportati chiaramente nelle Relazioni da fornire a supporto del processo di Verifica e Validazione (si veda anche il paragrafo successivo).

In particolare, gli indici 1 e 2 sono puramente topologici, laddove gli indici 3, 4, 5 e 6 fanno riferimento anche al funzionamento idraulico della rete. L'indice 7, infine, considera l'impatto della Distrettualizzazione sulla qualità dell'acqua. Tali indici dovranno essere calcolati dall'Appaltatore con riferimento all'ora media, di minimo e di picco del giorno medio, e riportati chiaramente nelle Relazioni da fornire a supporto del processo di Verifica e Validazione.

Indice 1: Costo

Il costo è calcolato come la spesa per la creazione dei confini dei DMA. Poiché il distretto è realizzato attraverso l'installazione di valvole di chiusura e misuratori, il costo della sua creazione può essere stimato indirettamente attraverso il costo della fornitura e dell'installazione delle valvole. Essendo queste ultime proporzionali al numero di condotte che devono essere chiuse per realizzare i distretti, tale numero può essere utilizzato in prima approssimazione come indicatore del costo di reazione del DMA:

$$c = n_{p,b}$$

dove $n_{p,b}$ è il numero di tubazioni facenti parte del contorno del DMA.

Indice 2: Indice di Magliatura

Utilizzando la formula di Eulero, il numero di maglie M associate a un grafico planare è:

$$m = N_p - N_n + 1$$

dove N_p è il numero di tratti (tubazioni) e N_n il numero di nodi nella rete. Poiché il numero di tubazioni N_p di un grafo planare con N_n nodi è limitato da $3N_n - 6$, il numero di maglie è limitato da $2N_n - 5$.

Il coefficiente di magliatura R_m rappresenta il rapporto tra il numero totale e il numero massimo di maglie indipendenti in un grafo planare:

$$R_m = (N_p - N_n + 1) / (2\,N_n - 5)$$

Tale valore può variare tra zero (struttura della rete ad albero) e uno (grafo planare completo, che è una triangolazione).

Indice 3: Indice di Resilienza (Todini)

L'Indice di Resilienza misura l'affidabilità e la sua espressione è data dall'Equazione seguente:

$$I_r = \frac{\sum_{i=1}^{n_n} q_i^* \left(h_i - h_i^*\right)}{\sum_{k=1}^{n_r} Q_k H_k + \sum_{j=1}^{n_P} P_j / \gamma - \sum_{i=1}^{n_n} q_i^* h_i^*}$$

dove γ è il peso specifico dell'acqua, q_i e h_i sono rispettivamente la portata e il carico ad ogni nodo i, n_n il numero di nodi, Q_k e H_k sono rispettivamente la portata e il carico relativi a ciascun serbatoio k, n_k è il numero di serbatoi, P_j è la potenza immessa in rete dalla j-esima pompa e n_P il numero di pompe.

Esso rappresenta la resilienza come surplus di energia disponibile in un sistema di distribuzione idrica: una rete con un elevato surplus energetico è altamente resiliente perché tale surplus può essere dissipato internamente in caso di guasti. Il carico minimo richiesto h* deve essere fissato in base all'altezza media degli edifici.

Indice 4: Ird

L'Indice Ird è definito dalla seguente equazione:

$$Ird = \left(1 - \frac{Ir}{Ir_0}\right) \cdot 100$$

dove Ir è l'indice di resilienza del distretto considerato e Ir_0 è l'indice di resilienza dell'intera rete in assenza di distrettualizzazione.

Indice 5: Indice di Entropia

Awumah et al (1991) hanno definito un indice di performance direttamente correlato al grado di magliatura del sistema, ovvero il numero di percorsi di flusso dal punto di alimentazione ai nodi di domanda. Se una tubazione viene interrotta, i nodi possono essere alimentati attraverso un altro percorso, consentendo il mantenimento del servizio agli utenti. Viene valutata la ridondanza di rete S_{tot} come segue:

$$S_{\text{tot}} = \sum_{j=1}^{N_n} \left(\sum_{i=1}^{n(j)} \frac{q_{ij}}{Q_0} \cdot \ln \frac{q_{ij}}{Q_0} \right)$$

dove N_n = numero di nodi nella rete; q_{ij} = portata dal tratto i-esimo verso i tratti incidenti sul nodo j-esimo; e Q_0 = somma delle portate in tutti i collegamenti della rete.

Indice 6: Indice idraulico di Performance correlato alla Pressione (HP)

Introdotto da Coelho (1997), si basa sull'affermazione che, affinché una rete funzioni bene dal punto di vista idraulico, la pressione nodale deve essere compresa all'interno di un prefissato range. In particolare, un HP di rete è alto se le pressioni nodali sono vicine al limite di pressione inferiore, in quanto ciò significa che c'è meno spreco di energia mentre si soddisfa la richiesta dell'utenza.

$$\text{HP} = \sum_{j=1}^{N_n} \frac{d_j}{d_0} \cdot i_{p_j}$$

dove ip_j = grado attribuito al j-esimo nodo in funzione della sua pressione.

Siano p_{min} e p_{max} rispettivamente la pressione minima richiesta e la pressione massima consentita.

Il grado è stabilito da una curva di penalità che vale: 4 se caratterizza un servizio ottimale (pressione pari a p_{min}); 3 denota servizio adeguato (p_{max}); 2 denota un servizio accettabile (1,25 p_{max}); 1 denota un servizio inaccettabile ($\geq 1.5p_{max}$); e 0 indica nessun servizio ($\leq 0.75p_{min}$). Per ottenere un valore globale delle prestazioni idrauliche, ogni nodo viene pesato in termini di quanta domanda influisce, utilizzando il rapporto tra la domanda del j-esimo nodo, d_j, e la domanda totale della rete, d_0.

Indice 7: Età dell'Acqua (Water Age)

Un ulteriore indice da calcolare è l'età dell'acqua (Water Age), che rappresenta il tempo medio impiegato dall'acqua per raggiungere gli utenti. Un'età media dell'acqua elevata può essere indice di deterioramento delle caratteristiche organolettiche e quindi di peggioramento della qualità del servizio.

Gli indici dal n.2 al n.7 dovranno essere calcolati sia nella situazione di partenza (rete "As is") sia in quella di progetto distrettualizzata, al fine di valutarne la variazione. In particolare si ritiene importante che il processo di distrettualizzazione non vada a degradare significativamente l'affidabilità della rete, intesa come resilienza e/o ridondanza e che non vi siano eccessivi incrementi dell'età dell'acqua, che possono comportare l'insorgere di problematiche qualitative.

ART. 10 DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE

Al fine di facilitare il processo di Verifica e Validazione, l'Appaltatore dovrà fornire la seguente documentazione a corredo del modello calibrato in formato EPANET e della rappresentazione dei distretti (compresa la loro modellazione):

- Relazione sulla costruzione e sulla calibrazione del Modello Idraulico del Sistema "As is", nella quale vengano evidenziati con chiarezza tutti i passaggi effettuati per la calibrazione, come discusso in precedenza. I confronti fra misure e risultati del modello dovranno essere mostrati sia in formato grafico sia tabellare.

- Relazione sulla Distrettualizzazione, che evidenzi i criteri utilizzati per la realizzazione della stessa, e ne dimostri la qualità in base a quanto discusso in precedenza. In tale Relazione dovrà essere evidenziata e dimostrata la potenzialità di riduzione delle perdite nel distretto, anche a mezzo dell'utilizzo del modello InfoWorks. Tutti gli elementi evidenziati nei paragrafi precedenti andranno chiaramente evidenziati nella Relazione. In particolare, dovrà essere esplicitato il potenziale di riduzione delle perdite, stimato mediante l'applicazione del modello.

- Relazione sulla Modellazione e Calibrazione, che dovrà essere organizzata nei seguenti paragrafi:

o Descrizione della Rete, contenente tutti i dati fondamentali della stessa, e individuante in maniera chiara i punti di immissione della portata;

o Localizzazione delle misure effettuate, che spieghi anche come sono stati selezionati i punti di misura e dimostri che il numero e il tipo di misure effettuate sono sufficienti per la calibrazione del modello;

o Descrizione delle operazioni preliminari alla calibrazione effettuate (stima della domanda dell'utenza, verifiche topologiche, assegnazione delle regole gestionali della rete);

o Descrizione della Tecnica utilizzata per la Calibrazione del Modello, che rispetti quanto illustrato nei paragrafi precedenti;

o Illustrazione dei risultati della calibrazione, con confronto con tutte le misure effettuate atto a dimostrarne la qualità.

- Relazione sulla Distrettualizzazione, che dovrà essere organizzata nei seguenti paragrafi:

o Descrizione della Rete, contenente tutti i dati fondamentali della stessa, e individuante in maniera chiara i punti di immissione della portata;

o Descrizione della Tecnica utilizzata per la perimetrazione dei Distretti, che rispetti quanto illustrato nei paragrafi precedenti. Tale paragrafo dovrà contenere una dimostrazione, anche euristica, della qualità della Distrettualizzazione proposta;

o Dati sintetici dei distretti progettati: a. Differenza di quota geometrica all'interno del Distretto; b. Escursione della pressione giorno / notte al nodo di ingresso del Distretto; c. Numero di utenti presenti nel

Distretto; d. Presenza di attività differenti dalla civile abitazione; e. Omogeneità della tipologia di tubazioni presenti nel distretto (materiale, età, etc.);

o Valori degli indici sintetici calcolati in base a quanto indicato nel precedente paragrafo. Si precisa che i valori degli indici da 2 a 7 dovranno essere calcolati sia nella situazione attuale non distrettualizzata (rete "As is") sia nella situazione con la distrettualizzazione di progetto;

o Descrizione delle camere di misura e controllo da realizzare all'ingresso di ciascun distretto;

o Descrizione delle operazioni e delle lavorazioni necessarie alla creazione di ciascun distretto;

o Valutazione del potenziale di riduzione delle perdite per ogni distretto e per il comune complessivamente (sulla base delle distrettualizzazione progettata e delle regolazioni previste). In particolare il potenziale di riduzione delle perdite derivante dalla gestione della pressione dovrà essere valutato sulla scorta del modello PDA, senza ricorrere ad approcci semplificati.

Alle Relazioni dovranno essere allegati i seguenti documenti di sintesi, anche in formato file editabili:

- Misure di portata e di pressione effettuate per la calibrazione (file compatibili Microsoft Excel separati per ciascun punto di misura);
- Rappresentazione Tabellare della domanda e del modello di perdita calibrato (file compatibile Microsoft Excel);
- Rappresentazione Tabellare dei coefficienti di scabrezza calibrati (file compatibile Microsoft Excel);
- Implementazione in ambiente GIS dei coefficienti di scabrezza calibrati (mediante inserimento di un apposito campo);
- Rappresentazione grafica dei Distretti, anche in ambiente GIS;
- Misure di portata e di pressione all'ingresso di ciascun distretto (file compatibili Microsoft Excel separati per ciascun punto di misura);
- Rappresentazione Tabellare dei benefici attesi (stima della riduzione delle perdite, minimo notturno atteso per distretto; portata media immessa nel distretto, bilancio idrico comunale con indicazione dell'indicatore M1b%).