



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile

**Bilancio idrico e modellazione delle reti
acquedottistiche degli ATO 3-4-5**

**Water balance and modeling of water
networks of ATO 3-4-5**

Relatore

Prof. Ing. Soldini Luciano

Laureanda

Bonfigli Ilenia

A.A. 2020 / 2021

Ringraziamenti

Al termine di questo corso di studi, desidero ringraziare tutti coloro che, in questi anni, mi sono stati vicini, mi hanno sostenuto e hanno contribuito, in qualche modo, al conseguimento di questo risultato.

I miei ringraziamenti vanno, innanzi tutto, al relatore della presente tesi di laurea Dott. Ing. Luciano Soldini, per avermi guidato in questo lavoro in maniera impeccabile, dispensando insegnamenti e consigli preziosi, sempre disponibile a dirimere i miei dubbi con ammirevole pazienza e cordialità. Inoltre, ringrazio la Prof. Ing. Giovanna Darvini, che si è resa disponibile a offrire i suoi suggerimenti nell'ambito di questo lavoro, mettendo a disposizione un po' del suo tempo e della sua esperienza, con gentilezza e cortesia.

Vorrei esprimere, poi, la mia più sincera gratitudine ai miei compagni di corso, in particolare a Maria Chiara, Martina, Giovanni, Martina e Federica, che si sono dimostrati ottimi compagni di studi e amici, con i quale ho condiviso molte fatiche e paure ma anche molte soddisfazioni di questo percorso.

Un ringraziamento speciale va anche ai miei superiori e ai miei colleghi della Blupura SRL, che sono stati sempre disponibili nel venire incontro alle mie esigenze di studio.

Un pensiero e un grazie affettuoso vanno anche a Marco, che in questi anni è diventato anche mio marito, e mi ha sostenuto con amore e pazienza nell'affrontare ferie, fine settimana e nottate passati a studiare, incoraggiandomi sempre e prendendosi cura di me, e a Eleonora e Michela, per avere ascoltato, spesso e volentieri, le mie preoccupazioni con l'affetto e la pazienza che contraddistinguono le amicizie più autentiche.

Infine, ma non meno importante, desidero ringraziare di cuore i miei genitori e mia sorella Flavia per il loro sostegno, le loro esortazioni, i loro consigli

amorevoli e la loro infinita comprensione e per essermi stati vicini in ogni momento durante questi anni, credendo sempre in me e nelle mie capacità.

Indice dei contenuti

Titolo della tesi	1
Ringraziamenti	2
Indice dei contenuti	4
INTRODUZIONE	7
CAPITOLO 1 – La gestione dei servizi idrici integrati nei territori interessati dallo studio di fattibilità dell’”Anello Acquedottistico dei Sibillini	
1.1 Gli Ambiti Territoriali Ottimali e le Autorità d’ambito: quadro normativo, costituzione e funzioni principali	10
1.2 Gli Ambiti Territoriali Ottimali della Regione Marche	13
1.3 La gestione idrica negli ATO 3, 4 e 5	16
1.3.1 L’ATO 5	16
1.3.2 L’ATO 4	18
1.3.3 L’ATO 3	20
CAPITOLO 2 – La disponibilità idrica del territorio: il PRA della Regione Marche 2014, le conseguenze degli eventi sismici del 2016/2017 e la necessità di individuare risorse alternative	
2.1 Il PRA della Regione Marche 2014	22
2.2 Gli obiettivi individuati dal PRA per gli ATO 3, 4 e 5	24
2.2.1 Gli interventi prioritari per l’ATO 3	24
2.2.2 Gli interventi prioritari per l’ATO 4	26
2.2.3 Gli interventi prioritari per l’ATO 5	29
2.3 Le derivazioni esistenti e le concessioni a scopo idropotabile negli ATO 3, 4 e 5	31
2.3.1 Aspetti idrologici	31
2.3.2 Le grandi derivazioni d’acqua	32
2.3.3 Le piccole derivazioni d’acqua	32
2.3.4 Il quadro d’insieme desunto dal PRA	37

2.4	Gli sconvolgimenti provocati dagli eventi sismici del 2016/2017 sugli equilibri idrodinamici del territorio.....	39
2.4.1	I danni alle Sorgenti e alle Opere di captazione.....	39
2.5	La sistematicità degli eventi sismici e siccitosi: gli interrogativi e le proposte.....	47
CAPITOLO 3 – La domanda idrica presente e futura nei territori interessati dallo studio		
3.1	Previsione del fabbisogno idropotabile futuro.....	55
3.1.1	Fabbisogni idrici e consumi.....	55
3.1.2	La Dotazione idrica pro-capite.....	57
3.2	Le Portate di Progetto.....	60
3.3	Analisi della variabilità della popolazione.....	62
3.3.1	La popolazione residente attuale e stima della popolazione residente futura negli ATO 3,4 e 5.....	63
3.3.2	La popolazione fluttuante attuale e stima della popolazione fluttuante futura negli ATO 3, 4 e 5.....	68
CAPITOLO 4 – La modellazione della rete		
4.1	Ipotesi di modellazione della rete.....	73
4.2	L’implementazione del modello a valle dei partitori principali.....	80
4.2.1	I software utilizzati.....	80
4.2.2	Epanet 2.2.....	82
4.2.3	L’uso di Qgis per lo sviluppo del modello.....	92
4.2.4	I sistemi di telecontrollo.....	97
4.2.5	I consumi registrati e le informazioni del CIIP per l’ATO 5.....	100
4.2.6	La costruzione del modello.....	105
4.3	Analisi del modello.....	123
CAPITOLO 5 – Il bilancio idrico del territorio.....		
5.1	Scenari di Criticità.....	129
5.2	Scenario 1, portate di concessione.....	138
5.3	Scenario 2, portate “post-sisma” (agosto 2019).....	145

5.4 Scenario 3, portate “anno siccitoso” (agosto 2007).....	151
5.5 Confronto tra la domanda stimata e quella ricavata dai consumi.....	158
CONCLUSIONI.....	160
Riferimenti Bibliografici.....	163

INTRODUZIONE

La presente Tesi di Laurea si inserisce nell'ambito di uno studio che la Cici Integrati Impianti Primari S.p.A. ha affidato, con specifica Convenzione, al Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura dell'Università Politecnica delle Marche per la redazione del bilancio idrico del sistema idropotabile di interconnessione tra le reti affidate ai gestori degli ATO 3, 4 e 5 della Regione Marche.

La CIIP S.p.A. ha evidenziato infatti come, negli ultimi anni e in seguito, soprattutto, agli ultimi eventi sismici che nel 2016/2017 si sono verificati nel territorio, si è assistito a uno sconvolgimento degli equilibri idrici che ha inciso fortemente sulle portate idriche disponibili per gli usi idropotabili.

Lo studio intende valutare la fattibilità, dal punto di vista idraulico, di collegare le reti acquedottistiche degli ATO. 3, 4 e 5 mediante un sistema denominato "Anello acquedottistico dei Sibillini", garantendo il bilancio idrico in presenza di diversi scenari di disponibilità della risorsa idrica e di variabilità dei consumi.

Lo scopo principale è di sopperire, attraverso il collegamento, alle carenze di portate che potrebbero verificarsi nel territorio dei tre A.T.O. a causa di sisma o di periodi di siccità.

Il sistema idrico esistente è suddiviso, infatti, in tre grandi sistemi attualmente indipendenti tra loro e organizzati secondo l'articolazione presente all'interno degli Ambiti Territoriali Ottimali.

Un gruppo di studio interdisciplinare, composto da tecnici dell'azienda e docenti del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura dell'Università Politecnica delle Marche, ha redatto una "Relazione di prima fase" che mostra i primi risultati dello studio in riferimento all'analisi dello stato di fatto delle reti idriche esistenti, all'analisi della disponibilità idrica

allo stato attuale e alla variabilità della popolazione futura nei territori di interesse. Sono state inoltre individuate, in questa prima fase, eventuali risorse alternative e si è proceduto all'impostazione di una prima ipotesi di modellazione della rete, individuando anche tre possibili scenari di criticità ai quali sottoporre il modello per simulare il comportamento della rete in condizioni critiche e valutarne il bilancio idrico.

Un ulteriore studio è stato condotto, in occasione della Tesi di Laurea Magistrale della laureanda Beatrice Costantini (A.A. 2019-2020, Relatore: Prof. Ing. Mancinelli Alessandro; Correlatori: Prof. Ing. Soldini Luciano e Prof. Ing. Darvini Giovanna), al fine di valutare la previsione del fabbisogno idropotabile futuro e stimare, quindi, la domanda idropotabile nei prossimi 40 anni, periodo di tempo che rappresenta la durata tecnico-economica minima delle opere sottoposte a normale manutenzione.

La presente Tesi di Laurea intende redigere il Bilancio idrico della rete tramite la simulazione del suo comportamento per i tre scenari critici già individuati.

Il primo capitolo illustra come è organizzata la gestione del servizio idrico integrato nella Regione Marche e, in particolare, nei territori interessati dallo studio. Il secondo capitolo fornisce un quadro d'insieme per quanto concerne la disponibilità idrica del territorio. In particolare, sintetizza le linee programmatiche fornite dal Piano Regolatore degli Acquedotti della Regione Marche del 2014, e indirizzate ai vari Ambiti Territoriali Ottimali, riguardo l'impiego delle derivazioni esistenti, le acque da riservare, gli interventi da mettere in atto; prosegue mostrando l'impatto dei recenti eventi sismici del 2016/2017 sulla risorsa idrica, che hanno in qualche modo stabilito nuove necessità e posto nuove problematiche alle quali dare soluzioni. Il terzo capitolo pone al centro il tema della valutazione domanda idropotabile e, dopo aver definito i concetti di base, riassume lo studio, già citato, condotto dalla laureanda Beatrice Costantini al fine di prevedere il fabbisogno idrico

nei prossimi 40 anni. Il quarto e il quinto capitolo costruiscono il cuore del lavoro di tesi svolto.

In particolare, il quarto capitolo, si apre spiegando e articolando il lavoro di prima modellazione messo a punto dal gruppo interdisciplinare composto da alcuni tecnici del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura dell'Università Politecnica delle Marche e della CIIP SPA, per poi descrivere, in tutte le sue fasi, il lavoro progettuale di incrocio di dati, comprensione dello schema di rete, ideazione, sviluppo e validazione di un modello di seconda fase che, a partire precedente, giunge a rappresentare la rete di adduzione dell'ATO 5 a valle dei partitori principali fino al livello dei singoli serbatoi.

Nel quinto e ultimo capitolo si stila il bilancio del territorio, sulle ipotesi di tre differenti scenari di criticità che potrebbero verificarsi, in termini di disponibilità idrica e di soddisfacimento di domanda espressa, quest'ultima, in termini di consumi effettivi. Il capitolo si chiude con un interessante confronto, dati alla mano, tra i valori fabbisogno idropotabile stimati sulla base delle previsioni condotte e sui consumi effettivi registrati dal gestore.

CAPITOLO 1

La gestione dei servizi idrici integrati nei territori interessati dallo studio di fattibilità dell'”Anello Acquedottistico dei Sibillini

1.1 Gli Ambiti Territoriali Ottimali e le Autorità d’ambito: quadro normativo, costituzione e funzioni principali

L'Ambito Territoriale Ottimale (ATO) è un territorio su cui sono organizzati i servizi pubblici integrati, come quello idrico. Tali ambiti sono individuati dalle regioni con apposita legge regionale e su di essi agiscono le Autorità d'Ambito.

Le Autorità d’ambito per la gestione del ciclo idrico integrato sono strutture dotate di personalità giuridica che organizzano, affidano e controllano la gestione del ciclo integrato.

Gli Ambiti Territoriali Ottimali e le Autorità d’Ambito stati costituiti in applicazione della legge n. 36 del 5 gennaio 1994 "Disposizioni in materia di risorse idriche".

La suddetta Legge Galli (L. 36/94) prevede la riorganizzazione dei servizi idrici attraverso il raggiungimento di quattro obiettivi fondamentali:

- il superamento della frammentazione delle gestioni a livello territoriale: una delle principali innovazioni introdotte dalla legge è rappresentata dal tentativo di superare la frammentazione gestionale che caratterizza il settore dei servizi idrici in Italia; a questo scopo si richiede l'identificazione di ambiti territoriali ottimali (ATO), all'interno dei quali pervenire ad una gestione unitaria. L'ampliamento dei bacini d'utenza

comporta vantaggi sia dal lato dell'efficienza che da quello della qualità del servizio, come testimoniano studi di settore i quali hanno valutato nell'ordine delle 300.000 unità di utenza i bacini minimi affinché l'attività risulti redditizia; le aumentate dimensioni degli operatori dovrebbero, inoltre, consentire di affrontare quegli investimenti preclusi ai piccoli gestori, sia per l'entità della spesa, sia per l'assenza del livello di domanda tale da rendere conveniente l'investimento;

- l'integrazione funzionale delle attività del ciclo idrico: la legge impone una gestione unitaria ed integrata del ciclo idrico, inteso come l'insieme dei servizi di captazione, adduzione e distribuzione di acqua ad usi civili, di fognatura e depurazione delle acque reflue. Gli effetti dell'integrazione sono analoghi a quelli evidenziati in riferimento all'estensione degli ambiti territoriali; sono inoltre intuibili le ricadute positive di una visione globale del servizio, che permette di sfruttare tutte le possibili sinergie sia a livello generale, sia specifiche di settore;
- l'individuazione di una tariffa del Servizio Idrico Integrato che assicuri la copertura integrale dei costi di gestione: un terzo pilastro individuato dalla legge Galli per la riorganizzazione del settore idrico è rappresentato dalla disciplina tariffaria. Ispirandosi al principio della copertura dei costi, la riforma prevede che la tariffa sia calcolata sulla base della qualità della risorsa idrica e del servizio fornito, dei costi di gestione, delle opere e degli adeguamenti necessari, della remunerazione del capitale investito;
- separazione tra titolarità e gestione del servizio: si pone fine, in questo modo, alla coincidenza tra i "titolari" ed i "gestori" del servizio prevista dal sistema italiano, fonte di inevitabile confusione tra le funzioni di indirizzo, regolamentazione, controllo e la funzione di gestione. In base alla 36/94 la titolarità del servizio rimane a Province e Comuni, che,

devono affidarne la gestione operativa mediante una delle forme previste dal novellato art. 113 della Legge 267/2000.

Numerosi sono i soggetti protagonisti cui sono affidati specifici ruoli e competenze, in particolare spetta:

- allo Stato il compito di fissare i criteri generali;
- alle Regioni, approvando le leggi di applicazione, il compito di individuare i limiti territoriali degli ambiti e disciplinare i rapporti tra i soggetti gestori e gli Enti Locali;
- agli Enti locali, attraverso la costituzione di Autorità di Ambito, il delicato compito di organizzare il Servizio idrico Integrato nonché di svolgere la funzione di programmazione e controllo della gestione.

Più specificatamente le principali funzioni dell'Autorità di Ambito sono:

- la predisposizione della ricognizione tecnica e gestionale relativa ai servizi idrici verificando lo stato di strutture e impianti nonché il livello di efficienza ed efficacia gestionale;
- l'individuazione della forma di gestione, del soggetto gestore del servizio, nonché l'adozione della Convenzione per la gestione;
- l'approvazione del Piano d'Ambito, inteso come strumento di attuazione delle scelte strategiche dell'Autorità, in cui viene definita l'entità degli investimenti necessari (Piano degli interventi), individuato l'assetto gestionale (Modello gestionale) ed infine predisposto un piano economico e finanziario con l'individuazione della tariffa da applicare all'utenza;

- il controllo del Servizio e dell'attività del gestore affidatario al fine di verificare la corretta applicazione della tariffa, il raggiungimento degli obiettivi e dei livelli di qualità previsti dal Piano.

Le Autorità, nell'esercizio di tali funzioni, rappresentano sia i soggetti consorziati, quindi i Comuni dell'Ambito, sia l'utenza, quindi i consumatori del Servizio Idrico Integrato.

1.2 Gli Ambiti Territoriali Ottimali della Regione Marche

La gestione del servizio idrico per molti anni è stata svolta direttamente dai Comuni o da Aziende municipalizzate, prive di personalità giuridica, di autonomia gestionale e di propri bilanci.

La riforma delle autonomie locali, di cui alla Legge 142/1990, trasformò le municipalizzate in “aziende speciali”, classificate quali Enti strumentali delle amministrazioni comunali, dotate però sia di personalità giuridica sia di autonomia gestionale. Per la gestione associata di più Comuni la legge prevedeva la possibilità di costituire un consorzio con le medesime caratteristiche operative della prima.

Per superare la frammentazione ed ai fini del Conseguimento di adeguate dimensioni gestionali, venne emanata la Legge 5 gennaio 1994, n. 36 “Disposizioni in materia di risorse idriche” (Legge Galli).

La Regione Marche, in attuazione della già menzionata norma nazionale con L.R. 22 giugno 1998, n. 18, ha disciplinato l'organizzazione nel territorio regionale del servizio idrico integrato, articolato nei cinque ambiti territoriali ottimali (ATO) sottoindicati, in modo da garantire la sua gestione secondo criteri di efficienza, efficacia ed economicità:

- ATO n. 1 – Marche Nord – Pesaro e Urbino;
- ATO n. 2 – Marche Centro – Ancona;

- ATO n. 3 – Marche Centro – Macerata;
- ATO n. 4 – Marche Centro Sud – Fermo e Maceratese;
- ATO n. 5 – Marche Sud – Ascoli Piceno e Fermo.

La suddetta suddivisione del territorio regionale è illustrata nella seguente figura 1.2.1.

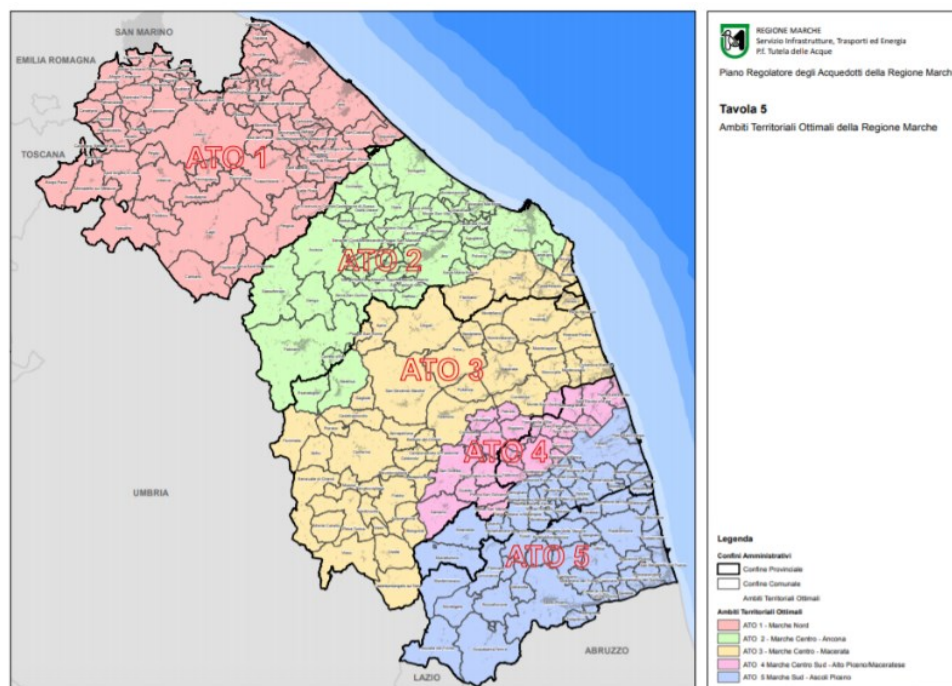


Fig. 1.2.1 –Ambiti Territoriali Ottimali della Regione Marche (PRA Regione Marche 2014, Tavola 5)

Essa è stata effettuata utilizzando sostanzialmente i seguenti criteri di delimitazione:

- conseguire dimensioni tali da favorire una sufficiente visione territoriale, lo sviluppo di professionalità adeguate e gli investimenti necessari;

- rispettare la continuità dei sistemi idrici esistenti (fisicamente connessi), quali gli acquedotti e i depuratori a valenza sovracomunale;
- rispettare per quanto possibile i bacini idrografici di alimentazione;
- abbinare realtà diverse tra loro e complementari (ad esempio, zone ricche di acqua e scarsamente popolate con zone densamente popolate e povere di acqua); data la morfologia delle Marche, questo criterio coincide piuttosto bene con il rispetto dei bacini idrografici;
- evitare, per quanto possibile, di smembrare le aggregazioni organizzative in atto (consorzi di Comuni, aziende operanti in più Comuni);
- attribuire tutto il territorio di ogni Comune ad un solo A.T.O. (anche nel caso di Comuni suddivisi in porzioni non connesse).

La norma ha previsto la costituzione dell'Autorità di Ambito, quale consorzio obbligatorio con le modalità previste dall'art. 25 della Legge 142/1990. A quasi venti anni dall'entrata in vigore della Legge 36/94, riscritta con il D. Lgs. 152/2006, la riforma del servizio idrico integrato è ormai una realtà consolidata per le Regioni italiane, con gradi e modalità di attuazione differenziate e con alcune criticità dovute soprattutto alle continue modifiche normative che hanno prodotto incertezza e complicazioni nell'effettiva attuazione dei principi base dettati dalla norma originaria.

La Regione Marche, a seguito delle modifiche intervenute nella normativa nazionale, ha emanato la L.R. 30/2011 che ha sostituito la precedente L.R. 18/98, confermando la suddivisione del territorio regionale nei cinque Ambiti Territoriali Ottimali.

1.3 La gestione idrica negli ATO 3, 4 e 5

I tre sistemi idrici principali attualmente presenti sono tra loro distinti, non c'è collegamento e al momento non ci può essere scambio di risorsa idrica. La caratteristica comune, tuttavia, è che attingono tutti da sorgenti montane alimentate dal grande bacino del massiccio orientale dei Monti Sibillini.

I tre grandi sistemi sono organizzati come segue, secondo l'articolazione presente all'interno dei relativi Ambiti Territoriali Ottimali.

1.3.1 L'ATO 5

Il territorio dell'ATO 5 – Marche Sud – Ascoli Piceno – si estende per una superficie di 1.812 Km², e comprende 59 Comuni della Provincia di Ascoli Piceno e Fermo.

La gestione del servizio idrico integrato è affidata in modo unitario per tutto l'Ambito dell'Azienda pubblica C.I.I.P. SPA.

Nell'ATO 5 sono presenti due acquedotti principali, quello del Pescara e quello dei Monti Sibillini, che sono interconnessi tra loro e servono il territorio compreso tra il mare e i Monti Sibillini, nella direzione Est-Ovest e tra i fiumi Tenna e Tronto della direzione Nord-Sud. È inoltre presente un terzo acquedotto, denominato “Acquedotto del Vettore”, che serve nove comuni situati nella parte nord-occidentale dell'ATO 5 al confine con l'ATO 4, ed è indipendente dai due acquedotti principali. A queste reti si aggiungono quattro impianti di soccorso in caso di emergenza idrica: i pozzi di Capodacqua nel Comune di Arquata del Tronto, i pozzi di Castel Trosino nel comune di Ascoli Piceno, i pozzi del Fosso dei Galli che attingono acqua dal subalveo del fiume Tronto nel Comune di S. Benedetto e i Pozzi di Santa Caterina che attingono acqua dal subalveo del fiume Tenna a Nord di Porto

S. Giorgio. Sono inoltre presenti ulteriori derivazioni e captazione secondarie che alimentano serbatoi locali.

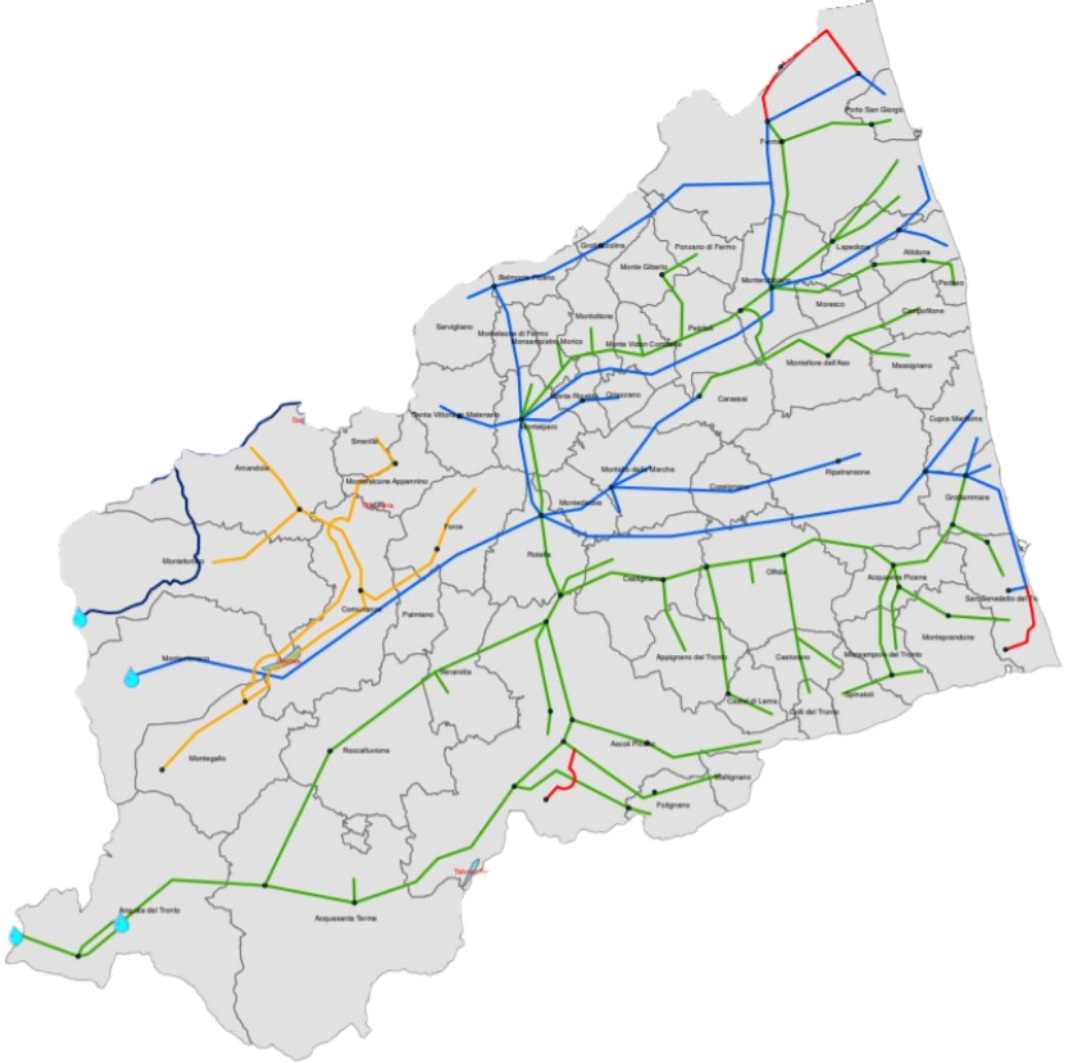


Figura 1.3.1.1 – I Sistemi idrici dell'ATO 5

1.3.2 L'ATO 4

Il territorio dell'ATO 4, Marche Centro-Sud Alto Piceno Maceratese, si estende per una superficie di 650 Km², e comprende 27 Comuni.

Il servizio idrico è affidato all'Azienda Tennacola SPA che gestisce l'omonimo acquedotto.

Infatti, l'ATO 4 è caratterizzato, essenzialmente, da un unico sistema idrico rappresentato dall'Acquedotto del Tennacola che serve il territorio compreso tra il mare, i Sibillini e il bacino del torrente Fiastra in direzione Est-Ovest e tra il fiume Chienti e il fiume Tenna nella direzione Nord-Sud.

Le sorgenti montane principali sono quelle di Capotenna e Giampiereto che rappresentano il 90% delle portate massime disponibili, anche per i noti motivi legati alla eccellente qualità dell'acqua ed alla protezione da fonti di inquinamento, assicurata dalla elevata quota di prelievo e dalla limitata accessibilità dei luoghi, che non consente l'insediamento di attività antropiche di rilievo. Sono inoltre presenti le sorgenti di Sarnano e del Fargno che sono a servizio, rispettivamente, solo dei comuni di Sarnano e San Ginesio. Inoltre, nel comune di Sarnano, l'approvvigionamento proviene anche da piccole sorgenti superficiali non collegate tra loro e, quindi, a fronte di una disponibilità teorica molto maggiore alle necessità, spesso in alcune zone del Comune ci si trova in crisi, nonostante in altre ci sia sovrabbondanza. Il Comune di Monte S. Martino è servito dalla Sorgente di Acquisanta sita nel Comune di Amandola e gestita dal CIIP.

Oltre alle sorgenti montane, l'approvvigionamento è garantito da sette impianti di captazione da subalveo a fondo valle, che sono "di soccorso", cioè sono attivati solo in caso di insufficienza delle portate disponibili dalle captazioni primarie. Il loro utilizzo è concentrato solo nei mesi estivi e corrisponde al periodo di magra delle sorgenti montane, ma sono da

considerare strategici, sia in termini di portata fornita che di efficacia nella distribuzione a più larga scala.

Il più importante è l'impianto di Piane di Rapagnano, sia per la sua portata significativa (concessione di 180 l/s), sia perché l'acqua proveniente da esso può essere immessa nella rete a servizio di tutti i Comuni della costa e della fascia collinare mentre gli altri impianti di soccorso sono a servizio di singole reti comunali.

Gli altri sono gli impianti di Sant'Elpidio a Mare località Lungo Chienti (concessione di 80 l/s) e di Sant'Elpidio a Mare località Settecamini (concessione di 50 l/s); altrettanto importanti ed indispensabili per l'affidabilità del sistema acquedottistico del Tennacola sono comunque anche gli impianti, seppur minori, di Montegranaro località Guazzetti (concessione di 50 l/s), Montegranaro località San Tommaso (concessione di 12 l/s), Porto Sant'Elpidio località Villa Trevisani (concessione di 35 l/s), Sant'Elpidio a Mare località Tenna-Molino (concessione di 50 l/s), i quali sopperiscono alle esigenze idriche di aree territoriali locali non altrimenti servibili.

L'Acquedotto del Tennacola garantisce anche una portata di 60 l/s al Comune di Civitanova Marche, appartenente all'ATO 3.



Figura 1.3.2.1 – Il Sistema idropotabile dell’ATO 4

1.3.3 L’A.T.O. 3

Il territorio dell’ATO 3 – Marche Centro Macerata – si estende per una superficie di 2.520 Km², e comprende 48 Comuni.

L’ATO 3 è caratterizzato da un’elevata frammentazione nella gestione dei servizi di distribuzione di acqua potabile e ciò si riflette anche sul livello scarso di interconnessione fra le reti e gli impianti acquedottistici.

Nel territorio si riscontra la presenza di sette Gestori:

- ASTEA Spa: gestisce i Comuni di Loreto, Montecassiano, Montefano, Montelupone, Porto Recanati, Potenza Picena, Recanati;
- ACQUAMBIENTE MARCHE Srl: gestisce i Comuni di Cingoli, Filottrano, Numana, Osimo e Sirolo;

- APM Spa: gestisce i Comuni di Apiro, Appignano, Castelfidardo, Corridonia, Macerata, Montecosaro, Morrovalle, Pollenza e Treia;
- ATAC CIVITANOVA Spa: gestisce il Comune di Civitanova Marche;
- ASSM Spa: gestisce i Comuni di Belforte del Chienti, Caldarola, Camerino, Camporotondo di Fiastrone, Castelsantangelo sul Nera, Cessapalombo, Serrapetrona e Tolentino;
- ASSEM Spa: gestisce i Comuni di Castelraimondo, Fiuminata, Gagliole, Pioraco e San Severino Marche;
- VALLI VARANESI Spa: gestisce i Comuni di Fiastra, Montecavallo, Muccia, Pieve Torina, Serravalle del Chienti, Ussita, Valfornace, Visso.

Le reti idriche più rilevanti sono sicuramente l'Acquedotto del Nera e l'Acquedotto di Castreccioni, gestito da Acquambiente Marche Srl. Il primo acquedotto ha come fonte di approvvigionamento la sorgente montana di San Chiodo, nel Comune di Castelsantangelo sul Nera. L'acquedotto, però, è ancora in fase di costruzione nella sua parte terminale della media e bassa valle del Chienti e del Potenza. Una volta ultimato, dovrebbe servire ventidue Comuni compresi tra la zona pedemontana e la Costa da Sirolo a Civitanova Marche. Non essendo l'acquedotto nel suo pieno esercizio, i gestori si approvvigionano da fonti alternative quali piccole sorgenti e pozzi si subalveo, con un importo significativo fornito dall'invaso di Castreccioni, sito nel Comune di Cingoli, a valle del quale si dirama l'omonimo acquedotto.

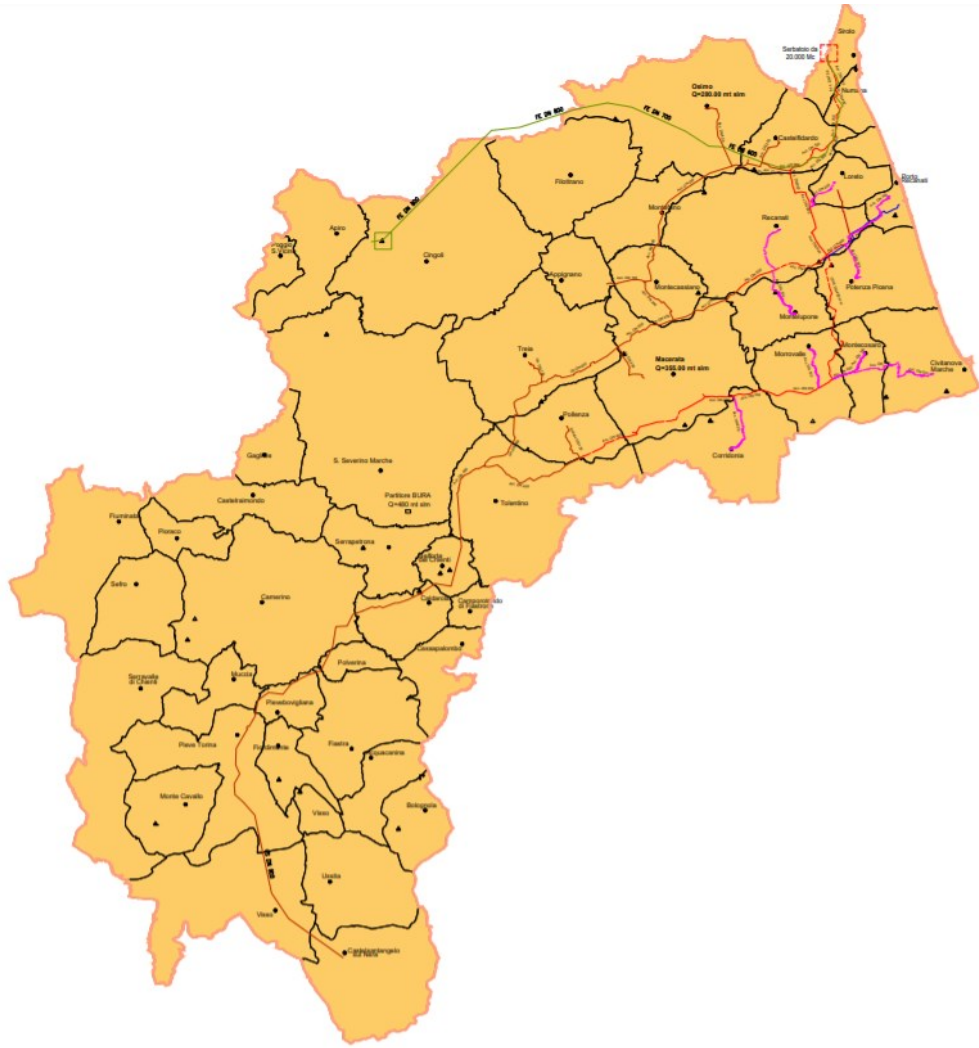


Figura 1.3.2.1 – I Sistemi idropotabili dell'ATO 3

CAPITOLO 2

La disponibilità idrica del territorio: il PRA della Regione Marche del 2014, le conseguenze degli eventi simici del 2016/2017 e la necessità di individuare risorse alternative

2.1 Il PRA della Regione Marche 2014

Il Piano Regolatore degli Acquedotti è uno strumento di programmazione regionale che predispone, in relazione alle attuali ed alle future prevedibili esigenze della popolazione, l'utilizzazione delle acque regionali a scopo idropotabile, accertando la consistenza delle risorse disponibili e riservandone l'uso a tale scopo, determinando gli schemi sommari delle opere occorrenti per i nuovi rami di acquedotto, dettando al contempo alcune linee di indirizzo per il risparmio della risorsa.

Il PRA attualmente vigente è stato adottato dalla Giunta Regionale con DGR 238 del 10 marzo 2014 - Pubblicato sul BUR n. 30 del 27/03/2014.

Nel PRA della Regione Marche (2014) in attuazione della Legge Regionale n.30 del 2011, è riportato il censimento delle numerose e diversificate derivazioni esistenti e delle concessioni a scopo idropotabile. È stata poi effettuata, con la fattiva collaborazione degli ATO e dei Gestori, un'attenta analisi e selezione degli attuali prelievi elaborando, le tabelle 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5 (le tabelle 6.3, 6.4 e 6.5 sono riportate nei paragrafi successivi, fig.2.3.3.1-2.3.3.4) che mostrano le derivazioni affidabili nel tempo dal punto di vista qualitativo e/o quantitativo per ciascun ATO della Regione Marche.

Per ogni derivazione è stato riportato il valore della portata massima e quello della portata minima che costituisce il dato essenziale per stimare il bilancio della risorsa nel periodo di massimo consumo.

La portata massima di ogni singola derivazione indica l'entità dell'acqua che si considera "riservata" e, ai fini amministrativi, indica il valore massimo del prelievo autorizzato con il relativo atto di concessione. Il totale di tutte le portate massime delle derivazioni ha un valore solo teorico, in quanto indica una sommatoria che di fatto non verrà mai utilizzata, poiché nel periodo di disponibilità della risorsa vengono effettuati i prelievi necessari per garantire il fabbisogno solo dalle captazioni che assicurano la gestione del servizio nel modo migliore dal punto di vista qualitativo, quantitativo ed economico. Di conseguenza, gli acquedotti principali sono alimentati da poche derivazioni primarie e da altre di integrazione e/o sussidiarie che vengono attivate parzialmente o totalmente per sopperire alle esigenze nei periodi di magra e di massimo consumo.

Il servizio idrico integrato nella Regione Marche (con l'eccezione del territorio dell'ATO 1) si basa su un sistema razionale dei prelievi, in rapporto all'assetto idrogeologico del territorio, in quanto utilizza, in modo sostenibile, nel periodo di abbondanza quasi esclusivamente derivazioni primarie di acque profonde dell'Appennino che sono di ottima qualità e vengono immesse in rete a "caduta" senza costi aggiuntivi (di potabilizzazione e/o di pompaggio) che verrebbero a gravare sulla tariffa a carico dei cittadini. Nei periodi di magra e di massimo consumo l'apporto delle captazioni principali si riduce e viene integrata da altri prelievi con acqua di qualità inferiore (campi pozzi, ecc.) che quasi sempre occorre potabilizzare.

In base ai già menzionati criteri è stato individuato per ogni ATO anche l'elenco delle "acque riservate" all'uso umano per l'anno 2025 e 2050. Gli elenchi comprendono le derivazioni esistenti ritenute affidabili nel tempo e quelle nuove da attivare per soddisfare le future esigenze previste nel Piano.

In relazione a queste tabelle, il PRA ha fissato per ciascun ATO, gli interventi prioritari da realizzare relativamente alle fonti di approvvigionamento della risorsa “riservata” per l’uso idropotabile con proiezione all’anno 2050 e gli “schemi” di acquedotti da interconnettere e/o integrare, al fine di superare lo stato di carenza strutturale del sistema e di ottimizzare la gestione delle fonti di approvvigionamento, prevenendo le situazioni di crisi idrica senza dover subire e/o rincorrere lo stato di emergenza.

Le scelte relative alla definizione degli interventi riguardanti le nuove opere da realizzare (derivazioni ed opere di rete) spettano alla fase progettuale.

2.2 Gli obiettivi individuati dal PRA per gli ATO 3, 4 e 5

2.2.1 Gli interventi prioritari per l’ATO 3

Per superare l’attuale situazione di vulnerabilità e ottimizzare la gestione dell’approvvigionamento idrico degli acquedotti per le esigenze future, il Piano ha indicato come prioritario, per l’ATO 3, l’intervento sull’Acquedotto del Nera.

L’importante infrastruttura, in gran parte già realizzata esclusivamente con fondi pubblici, dovrà essere completata con un’ottica di gestione unitaria della risorsa e di interconnessione della rete acquedottistica.

Quanto sopra, tenuto conto che durante le crisi idriche estive (sempre più frequenti negli ultimi anni), molti Comuni, attraversati e/o poco distanti dalla linea adduttrice dell’acquedotto del Nera, vengono riforniti di acqua potabile mediante autobotti. Con interventi minimali tali Comuni potranno essere allacciati all’Acquedotto del Nera, in modo da poter superare senza problemi future e prevedibili crisi idriche.

Le località dell’entroterra sono quelle più vulnerabili, in quanto l’approvvigionamento idropotabile avviene da fonti che all’epoca della

realizzazione degli acquedotti comunali, risultavano facilmente captabili e che, tuttavia, con le variazioni climatiche in atto, entrano facilmente in crisi quantitativa e/o qualitativa.

Il Piano conferma la previsione di aumentare il prelievo attuale di 150 l/sec per alimentare l'acquedotto di ulteriori 250 l/sec entro il 2025 e di ulteriori 150 l/sec entro il 2050, così come previsto dal precedente strumento di pianificazione. L'aumento del prelievo avverrà dalle esistenti opere di captazione di San Chiodo per il quantitativo sostenibile dal punto di vista ambientale, sulla base dei risultati del monitoraggio quali-quantitativo per la valutazione delle portate derivabili.

Altro intervento è l'Integrazione e/o riattivazione derivazioni esistenti.

Per far fronte alle esigenze stimate per completare il sistema acquedottistico dell'ATO 3 è stata prevista l'integrazione ed il potenziamento di alcune derivazioni esistenti sulla base di appositi studi idrogeologici di dettaglio e specifici progetti attuativi, oltre alla riattivazione del campo pozzi Centrale Albanacci (Castelfidardo) e all'ampliamento dei campi pozzi di Osimo, quali fonti integrative di soccorso all'approvvigionamento oggi garantito dall'adduttrice dell'invaso di Castreccioni.

In figura 2.2.1.1 si riporta la tabella 8.3 del PRA 2014 che riporta le captazioni affidabili individuate per l'ATO 3, computando, in via cautelativa, le portate minime delle stesse.

Tabella 8.3

ACQUE RISERVATE ATO 3		
DERIVAZIONI	RISERVA 2025 (l/sec)	RISERVA 2050 (l/sec)
- DERIVAZIONI ESISTENTI (vedi Tab. 6.3)	1.682	
- DERIVAZIONI DA ATTIVARE e/o POTENZIARE		
a) ACQUEDOTTO DEL NERA (incremento prelieve San Chiodo ed eventuali derivazioni integrative)	220	110
b) CREVALCORE (integrazione captazione con pozzi)	50	
c) CAMPO POZZI ALBANACCI Castelfidardo (riattivazione)	50	
d) SUB-ALVEO FIUMI POTENZA E MUSONE	10	
TOTALI	2.012 l/sec	2.122 l/sec

Piano Regolatore degli Acquedotti della Regione Marche – ELABORATO DI PIANO

Pagina 80 di 141

Fig. 2.2.1.1 – Le acque individuate, per l’ATO 3, come “riservate” per soddisfare le esigenze stimate per l’anno 2025 e 2050 (Tabella 8.3, PRA della Regione Marche 2014)

2.2.2 Gli interventi prioritari per l’ATO 4

Per l’ATO 4, tenuto conto della difficoltà di reperimento di nuove fonti di approvvigionamento, nonché della concreta fattibilità degli interventi, è possibile intervenire principalmente con la ristrutturazione ed il potenziamento delle derivazioni di soccorso esistenti, attraverso la manutenzione dei pozzi già in uso e la realizzazione di nuovi, la ristrutturazione delle stazioni di pompaggio, nonché l’attivazione di una nuova derivazione da subalveo che sarà di soccorso per i Comuni della fascia collinare e montana, che attualmente possono contare solo sulle sorgenti di alta quota.

In particolare, il Piano individua come prioritari i seguenti interventi:

- Captazione subalveo Tenna – Rapagnano: il potenziamento dell’impianto tramite la realizzazione di nuovi pozzi di emungimento,

ubicati in un'area lungo il paleo-alveo in sinistra idraulica del fiume Tenna ad ovest dell'impianto esistente, da collegare alla stazione di sollevamento di quest'ultimo mediante idonea condotta, oltre alla manutenzione dei pozzi già in uso a garanzia dell'attuale prelievo;

- Captazioni esistenti subalveo Chienti e Tenna: il potenziamento degli impianti di soccorso da subalveo esistenti nelle valli del Chienti e del Tenna, ubicati in Sant'Elpidio a Mare località Settecamini, Montegranaro località Guazzetti, Porto Sant'Elpidio località Villa Trevisani e Sant'Elpidio a Mare località Tenna Molino, mediante nuovi pozzi di emungimento nelle attuali aree di prelievo, da collegarsi alle stazioni di sollevamento esistenti, le quali dovranno essere ristrutturare mediante l'ampliamento delle vasche di sedimentazione e l'adeguamento dei gruppi di pompaggio;

- Captazione subalveo Chienti e affluente Fiastra: la realizzazione di un nuovo impianto di soccorso ubicato nella valle del Fiastra, per una portata di circa 50 l/s, in un'area che consenta un collegamento agevole con la rete idrica del Tennacola. Gli impianti di soccorso da subalveo sopra richiamati, infatti, sono tutti ubicati a valle di Montegiorgio e quindi i comuni a monte, in particolare quelli gravitanti sul bacino del Fiastra, affluente del Chienti, non sono in grado di beneficiare dell'apporto di tali impianti, ma possono contare solo sulle captazioni montane. In caso di forte crisi di queste ultime, come già avvenuto in passato, i suddetti Comuni non dispongono di nessun'altra fonte di approvvigionamento integrativa.

Contestualmente agli interventi sopra illustrati, riguardanti direttamente le fonti di approvvigionamento, il piano indica come prioritaria l'attivazione di un programma sistematico di ristrutturazione della rete idrica per la riduzione

delle perdite, anche ai fini del miglioramento generale del servizio, attraverso la realizzazione di nuove linee di adduzione, la sostituzione ed il potenziamento delle vecchie condotte, il miglioramento della funzionalità dei serbatoi esistenti per la parte edilizia ed impiantistica ed anche per l'ampliamento della capacità di accumulo.

In figura 2.2.2.1 si riporta la tabella 8.4 contenuta nel PRA della Regione Marche (2014) che riporta le captazioni affidabili individuate per l'ATO 4, computando, in via cautelativa, le portate minime delle stesse.

Tabella 8.4

ACQUE RISERVATE ATO 4		
DERIVAZIONI	RISERVA 2025 (l/sec)	RISERVA 2050 (l/sec)
- DERIVAZIONI ESISTENTI (vedi Tab. 6.4)	500	
- DERIVAZIONI DA ATTIVARE e/o POTENZIARE		
a) RAPAGNANO (integrazione pozzi)	45	
b) POTENZIAMENTO DERIVAZIONI ESISTENTI (subalveo Chienti e Tenna)	80	10
c) SUB-ALVEO FIUMI CHIEN TI e AFFLUENTE FIASTRA	50	
TOTALI	675 l/sec	685 l/sec

Fig. 2.2.2.1 - Le acque individuate, per l'ATO 4, come "riservate" per soddisfare le esigenze stimate per l'anno 2025 e 2050 (Tabella 8.4, PRA della Regione Marche 2014)

2.2.3 Gli interventi prioritari per l'ATO 5

Per soddisfare le esigenze future e ottimizzare la gestione degli acquedotti il Piano individua, per l'ATO 5, i seguenti interventi:

- Integrare, nel Comune di Monteprandone, le derivazioni principali per 120 l/sec. tramite il campo pozzi del sub-alveo del Fiume Tronto (Fosso dei Galli);
- Potenziare la derivazione di Capodacqua di Arquata del Tronto. L'attuale derivazione potrà essere potenziata mediante modeste opere di captazione per ulteriori 100 l/sec, stante la notevole disponibilità dell'acquifero;
- Prevedere derivazioni integrative e/o di soccorso per le funzionalità del servizio, in particolare:
 - sub-alveo Tenna, Sant'Elpidio a Mare, S. Caterina per 100 l/sec.
 - sub-alveo Aso, Petrioli, Carassai e Campofilone 30 l/sec.
 - Ascoli Piceno, Castel Trosino, Porta Romana 230 l/sec.
 - Montemonaco, Montefortino, Monte Ascensione e Monti della Laga 30 l/sec

In figura 2.2.3.1 si riporta la tabella 8.5 contenuta nel PRA della Regione Marche (2014) che riporta le captazioni affidabili individuate per l'ATO 5, computando, in via cautelativa, le portate minime delle stesse.

Nel piano degli interventi dell'ATO 5, inoltre si trova una specifica azione di studio, denominata "Studio idrogeologico per la valutazione delle disponibilità idrica a medio e lungo termine per l'intero ambito" (Importo € 450.000, anno di inizio 2008), che dovrà rispondere in modo più puntuale ed approfondito - mediante rilievi effettivi e campagne di misura – in ordine a:

- analisi della disponibilità e dell'affidabilità attuale e futura delle attuali fonti principali e di soccorso, e di eventuali nuove fonti di soccorso di ridondanza;
- localizzazione delle eventuali nuove fonti di soccorso;
- andamento delle portate istantanee;
- curva dei consumi istantanei;
- aggiornamento del modello di simulazione.

Nel suo complesso, lo studio dovrà pertanto dare risposte anche in ordine al grado di affidabilità che le attuali fonti hanno in riferimento agli aspetti qualitativi e quantitativi.

Tabella 8.5

ACQUE RISERVATE ATO 5		
DERIVAZIONI	RISERVA 2025 (l/sec)	RISERVA 2050 (l/sec)
- DERIVAZIONI ESISTENTI (vedi Tab. 6.5)	995	
- DERIVAZIONI DA ATTIVARE e/o POTENZIARE		
a) * SUB-ALVEO FIUME TRONTO (Fosso dei Galli)	130	
b) POTENZIAMENTO DERIVAZIONE (Capodacqua di Arquata del Tronto)	100	
c) DERIVAZIONI INTEGRATIVE E/O DI SOCCORSO:		
- subalveo Tenna, Sant'Elpidio a Mare, S. Caterina	110	
- subalveo Aso, Petritoli, Carassai e Campofilone	40	
- Castel Trosino, Porta Romana (Ascoli Piceno)	230	
- Montemonaco, Montefortino, Monte Ascensione e Monti della Laga	30	35
TOTALI	1.635 l/sec	1.670 l/sec

Fig. 2.2.2.1 - Le acque individuate, per l'ATO 5, come "riservate" per soddisfare le esigenze stimate per l'anno 2025 e 2050 (Tabella 8.5, PRA della Regione Marche 2014)

2.3 Le derivazioni esistenti e le concessioni a scopo idropotabile negli A.T.O. 3, 4 e 5 riportate nel PRA

2.3.1 Aspetti idrologici

Le caratteristiche idrogeologiche delle dorsali carbonatiche umbro marchigiane consentono di individuare la presenza di acquiferi, superficiali e profondi, caratterizzati da potenzialità idriche elevate.

L'elevata potenzialità idrica degli acquiferi carbonatici risulta dimostrata dagli approfonditi studi idrogeologici eseguiti negli ultimi anni e da recenti sondaggi profondi per ricerche idriche condotti nel versante orientale della dorsale marchigiana. È stato infatti individuato l'acquifero di base, a profondità di circa 600 metri, caratterizzato da elevata salienza, da acque di buona qualità e circuito idraulico indipendente da quelli degli acquiferi superficiali che alimentano le sorgenti di versante. L'assetto idrogeologico delle dorsali e le caratteristiche dei bacini di alimentazione delle sorgenti di versante permettono di ipotizzare un differente circuito di alimentazione di queste sorgenti rispetto a quello che alimenta gli acquiferi profondi. Ciò ovviamente non significa che non esistano contatti tra gli acquiferi superficiali e quelli profondi, ma non necessariamente comporterebbe una significativa alterazione dei circuiti idrogeologici superficiali. Captare le acque degli acquiferi profondi potrebbe invece portare ad una riduzione dei prelievi dalla sorgente di versante e di conseguenza ad una maggiore disponibilità idrica per la rete idrografica e quindi un incremento delle portate fluviali, con il rispetto del Deflusso Minimo Vitale (D.M.V.), in attuazione del Piano di Tutela delle Acque.

2.3.2 Le grandi derivazioni d'acqua

Le grandi derivazioni d'acqua sono quelle in cui il prelievo è maggiore di 100 l/s; quelle esistenti nella Regione Marche hanno una rilevanza strategica dal punto di vista quantitativo e qualitativo per il sistema acquedottistico regionale. Le grandi derivazioni presenti nel territorio oggetto di studio sono riportate nella seguente tabella (figura 2.3.2.1).

GRANDI DERIVAZIONI AD USO IDROPOTABILE					
N°	ATO	Concessionario	Località di presa	Comune	Quantità (l/s)
					concessa
1	3	ATO 3	Bacino di Castreccioni	Cingoli	300
2			Sorgente S.Chiodo Fiume Nera	Castelsantangelo sul Nera	150
Totale					450
3	4	Tennacola SpA	Sorgente Tennacola loc. Giampereto	Sarnano	250
4			Sorgente Tenna loc. Capotenna	Montefortino	200
5			Subalveo Tenna	Rapagnano	150
Totale					600
6	5	CIIP SpA	Sorgente Aso loc. Foce	Montemonaco	526
7			Loc. Capodacqua	Arquata del Tronto	430
8			Sorgente Pescara	Arquata del Tronto	200
Totale					1156
Totale					2206

Figura 2.3.2.1 – Grandi derivazioni d'acqua ad uso idropotabile nel A.T.O. 3,4 e 5

2.3.3 Le piccole derivazioni d'acqua

Nella Regione Marche esistono poi numerose piccole derivazioni per uso idropotabile, delegate alle Province, per le quali, sono state elaborate le Tabelle 6.3, 6.4 e 6.5 riportate nel Bollettino Ufficiale della Regione Marche (Figure ***)

Queste riportano, per ogni ATO, le captazioni più significative con l'indicazione del dato relativo al prelievo massimo fissato dalla concessione attuale e di quello minimo che effettivamente la sorgente riesce a garantire nei periodi di siccità. Per semplicità le numerose derivazioni con valori poco significativi sono state raggruppate per ogni ATO in un'unica voce denominata "derivazioni minori". Il censimento delle derivazioni e delle

concessioni a scopo idropotabile è stato eseguito nel PRA della Regione Marche (2014) in attuazione della Legge Regionale n.30 del 2011.

Tabella 6.3

ATO 3					
GRANDI DERIVAZIONI					
N.	Concessionario	Comune	Località di presa	Q max (l/s)	Q min (l/s)
1	A.T.O.3 (Acquambiente Marche)	Cingoli (MC)	Bacino di Castreccioni	300	300
2	A.T.O. 3	Castel S. Angelo sul Nera (acquedotto del Nera)	Sorgente San Chiodo sul Nera	150	150
TOTALE Gran.deriv. l/sec				450	450
PICCOLE DERIVAZIONI					
N.	Concessionario	Comune	Località di presa	Q max (l/s)	Q min (l/s)
1	Comune di Apiro	Apiro	Pozzi Cervara	14	10
2	ASSM spa	Belforte	campo pozzi campo sportivo Belforte	20	20
3	Comun. Montana di Camerino	Bolognola	Sorg.te Acquasanta	50	30
4	Consorzio del Fargnio	Bolognola	Sorgenti del Fargnio	33	10
5	Comune di Bolognola	Bolognola	Sorgente Laga	5	5
6	ASSM spa	Caldarola	Sorg.te Valcimarra	80	30
7	Comune di Castelsantangelo	Castelsantangelo sul Nera	Sorgente Fonte della Spugna	10	5
8	Comune di Castelsantangelo	Castelsantangelo sul Nera	Pozzo Rapegna	7	5
9	Comune di Camporotondo F.ne	Cessapalombo	Sorg. Madonna della Valle	6	3
10	(Acquambiente Marche) Apiro, Staffolo	Cingoli	Sorgente Crevalcore	90	50
11	Acquambiente Marche	Cingoli	Sorgente Pozzo	15	5
12	APM spa	Cingoli	campo pozzi Madonna dell'Ospedale	23	20
13	APM spa	Corridonia	campo pozzi via Pausula	45	45
14	ATAC Civitanova spa	Civitanova Marche	C.P. Centrale v.Lelli (basso Chienti)	250	160
15	Comune di Fiastra	Fiastra	Sorgente Peschiere 1 - 2	13	5
16	Comune di Fiastra	Fiastra	Sorgente Rio Bagno 1-2-3	21	5
17	Comune di Fiuminata	Fiuminata	Sorgente La Romitella	10	4
18	Comune di Fiuminata	Fiuminata	Sorgente La Rocca di Lori	15	15
19	Comune di Gagliole	Gagliole	Sorgente Caciorna	11	5
20	APM spa	Macerata	campo pozzi Acquevive	45	45
21	APM spa	Macerata	campo pozzi Rotacupa	100	80
22	ASTEA spa	Macerata	campo pozzi Acquesalate Montecassiano	32	20
23	Comune di Camerino	Monte Cavallo	Sorgente Le Vene	37	10
24	comune di Monte Cavallo	Monte Cavallo	Sorgenti Rio 1,2	5	5
25	comune di Monte Cavallo	Monte Cavallo	Sorgenti Sambuca 1,2,3	5	5

Figura 2.3.3.1 – Elenco delle concessioni autorizzate nell'ATO3 (da PRA della Regione Marche 2014)

26	ASTEa spa	Montelupone	campo pozzi San Firmano	24	10	
27	APM spa	Morrovalle	campo pozzi acquedotto Morrovalle	80	50	
28	ASTEa spa	Osimo	campo pozzi acquedotto Osimo	102	55	
29	comune Pievebovigliana	Pievebovigliana	Sorgente Le Vene	10	10	
30	Comune di Pievevitorina	Pievevitorina	Sorgente Centrale A e B	18	3	
31	Comune di Pievevitorina	Pievevitorina	Sorgente Salette	30	5	
32	Comune di Pioraco	Pioraco	Sorgente Crocifisso	18	10	
33	Comune di Castelraimondo	Pioraco	Sorgente Ponte Cannaro	30	15	
34	ASTEa spa	Porto Recanati	campo pozzi S.Maria in Potenza	38	25	
35	ASTEa spa	Potenza Picena	campo pozzi Marolino	83	55	
36	ASTEa spa	Recanati	campo pozzi Chiarino	83	55	
37	ASTEa spa	Recanati	C.P. Vallememoria	170	110	
38	A.S.SE.M. spa	San Severino Marche	Sorgente La Prece 2	10	5	
39	A.S.SE.M. spa	San Severino Marche	Pozzo Sant'Antonio	5	5	
40	APM spa	San Severino Marche	campo pozzi Rocchetta (3 pozzi)	20	15	
41	Comune di Sefro	Sefro	sorgente Metiti	5	5	
42	A.S.SE.M. - Comune Sefro	Sefro	Sorgente S.giovanni	90	40	
43	Comune di Macerata APM spa	Serrapetrona	Sorgente Niccolini	87	15	
44	Comune di Serravalle di Chienti	Serravalle di Chienti	Sorgenti La Rocca	11	5	
45	Comune di Serravalle di Chienti	Serravalle di Chienti	Pozzi Capoluogo	17	15	
46	Acquambiente Marche	Sirolo	Pozzo Sirolo	35	20	
47	ASSM spa	Tolentino	Lago delle Grazie	50	50	
48	ASSM spa	Tolentino	campo pozzi Pianibianchi	11	11	
49	APM spa	Treia	gruppo sorgenti S.Lorenzo	14	1	
50	Comune di Ussita	Ussita	Sorgenti Val di Panico 1,2,3	20	5	
51	Comune di Visso	Visso	Sorgente Le Vene	20	10	
52	Comune di Visso	Visso	Sorgente Faore	13	1	
53			Derivazioni minori	370	30	
TOTALE Picc.deriv. l/sec				2.406	1.233	
ATO 3				TOTALE COMPLESSIVO l/sec	2.856	1.683

Figura 2.3.3.2 – Segue elenco delle concessioni autorizzate nell'ATO3 (da PRA della Regione Marche 2014)

Tabella 6.4

ATO 4					
GRANDI DERIVAZIONI					
N.	Concessionario	Comune	Località di presa	Q max (l/s)	Q min (l/s)
1	Tennacola Spa Servizio idrico integrato	Sarnano (MC)	Sorgenti Tennacola Loc. Giampereto ValleTreSanti	250	60
2	Tennacola Spa Servizio idrico integrato	Montefortino (AP)	Sorgente Tenna - L. Capotenna	200	70
3	Tennacola Spa Servizio idrico integrato	Rapagnano (AP)	Subalveo f.Tenna loc.Piane - Osteria (imp.soccorso)	180	130
TOTALE Gran.deriv. l/sec				630	260
PICCOLE DERIVAZIONI					
N.	Concessionario	Comune	Località di presa	Q max (l/s)	Q min (l/s)
1	CIIP spa ATO 5	Amandola (AP)	Sorgente Acquasanta-Garulla	5	2
2	Cons.zio Interc.le del Farnio ATO 3	Bolognola (MC)	Sorgente Farnio	30	6
3	Comune di S.Ginesio (MC)	San Ginesio (MC)	Sorgente Rocca	5	1
4	Comune di S.Ginesio (MC)	San Ginesio (MC)	Sorgente Rio Fessa	15	2
5	Tennacola Spa	Montegranaro (FM)	Subalveo f.Chienti C.P. Torrione - loc. S.Tommaso	12	12
6	Tennacola Spa	Montegranaro (FM)	Subalveo f.Chienti C.P. Contrada Guazzetti	50	35
7	Tennacola Spa	Sant'Elpidio Mare (AP)	Subalveo f.Chienti C.P. Chienti L. lungo Chienti	80	80
8	Tennacola Spa	Sant'Elpidio Mare (AP)	Subalveo f.Chienti C.P. Contrada Settecimini	50	50
9	Tennacola Spa	Sant'Elpidio Mare (AP)	Subalveo f.Tenna C.P. Villa Trevisani	35	12
10	Tennacola Spa	Sant'Elpidio Mare (AP)	Subalveo f.Tenna loc.tà Molino Tenna	50	20
11	Comune di Sarnano (MC)	Sarnano (MC)	Sorgenti Prima,Seconda,Pisciarella	15	10
12			Derivazioni minori	15	10
TOTALE Picc.deriv. l/sec				362	240
ATO 4		TOTALE COMPLESSIVO l/sec		992	500

Figura 2.3.3.3 – Elenco delle concessioni autorizzate nell'ATO 4 (da PRA della Regione Marche 2014)

Tabella 6.5

ATO 5					
GRANDI DERIVAZIONI					
N.	Concessionario	Comune	Località di presa	Q max (l/s)	Q min (l/s)
1	C.I.I.P.	Arquata del Tronto	Capodacqua - Fosso Cavone	200	55
2	C.I.I.P.	Arquata del Tronto	Capodacqua	430	330
3	C.I.I.P.	Montemonaco	Opere captazione f.Aso loc. Foce	526	470
TOTALE Gran.deriv. l/sec				1.156	855
PICCOLE DERIVAZIONI					
N.	Concessionario	Comune	Località di presa	Q max (l/s)	Q min (l/s)
1	ATO/C.I.I.P.	Montegallo (AP)	gruppo sorgentizio Sasso Spaccato loc. Colleluce	63	49
2	ATO/C.I.I.P.	Arquata del T. (AP)	sorgente Forca Canapine Loc. Capodacqua	47	14
3	ATO/C.I.I.P.	Arquata del T. (AP)	sorgente fosso Rio loc. Capodacqua	10	4
4	ATO/C.I.I.P.	Ascoli Piceno	gruppo sorgentizio Maddalena loc. S.Marco	10	3
5	ATO/C.I.I.P.	Arquata del T. (AP)	Monti Azzurri loc. Pescara d'Arquata	12	0
6	ATO/C.I.I.P.	Montemonaco	Rocca	10	10
7	ATO/C.I.I.P.	S.Elpidio a Mare	S.Caterina	22	22
8	ATO/C.I.I.P.		Derivazioni minori varie	77	38
TOTALE Picc.deriv. l/sec				251	140
ATO 5		TOTALE COMPLESSIVO l/sec		1.407	995

Figura 2.3.3.4 – Elenco delle concessioni autorizzate nell'ATO5 (da PRA della Regione Marche 2014)

2.3.4 Il quadro d'insieme desunto dal PRA

Dal Piano Regolatore degli Acquedotti della Regione Marche è possibile evincere che:

- il complesso delle derivazioni per i tre ATO è pari a 5255 l/s;
- le derivazioni di acqua provenienti da fonti sorgentizie con portata maggiore di 50 l/s sono il 42% del totale;
- le derivazioni di acqua provenienti da acque superficiali e di subalveo con portata autorizzata maggiore di 50 l/s sono il 31% del totale;
- la maggiore sorgente utilizzata è costituita dall'opera di captazione sul Fiume Aso in località Foce di Montemonaco.

Si riporta lo schema dei principali acquedotti presenti attualmente negli ATO 3,4 e 5. La figura 2.3.4.1 mostra una rappresentazione schematica dei principali sistemi acquedottistici presenti o previsti in progetto del territorio degli A.T.O. 3,4 e 5.

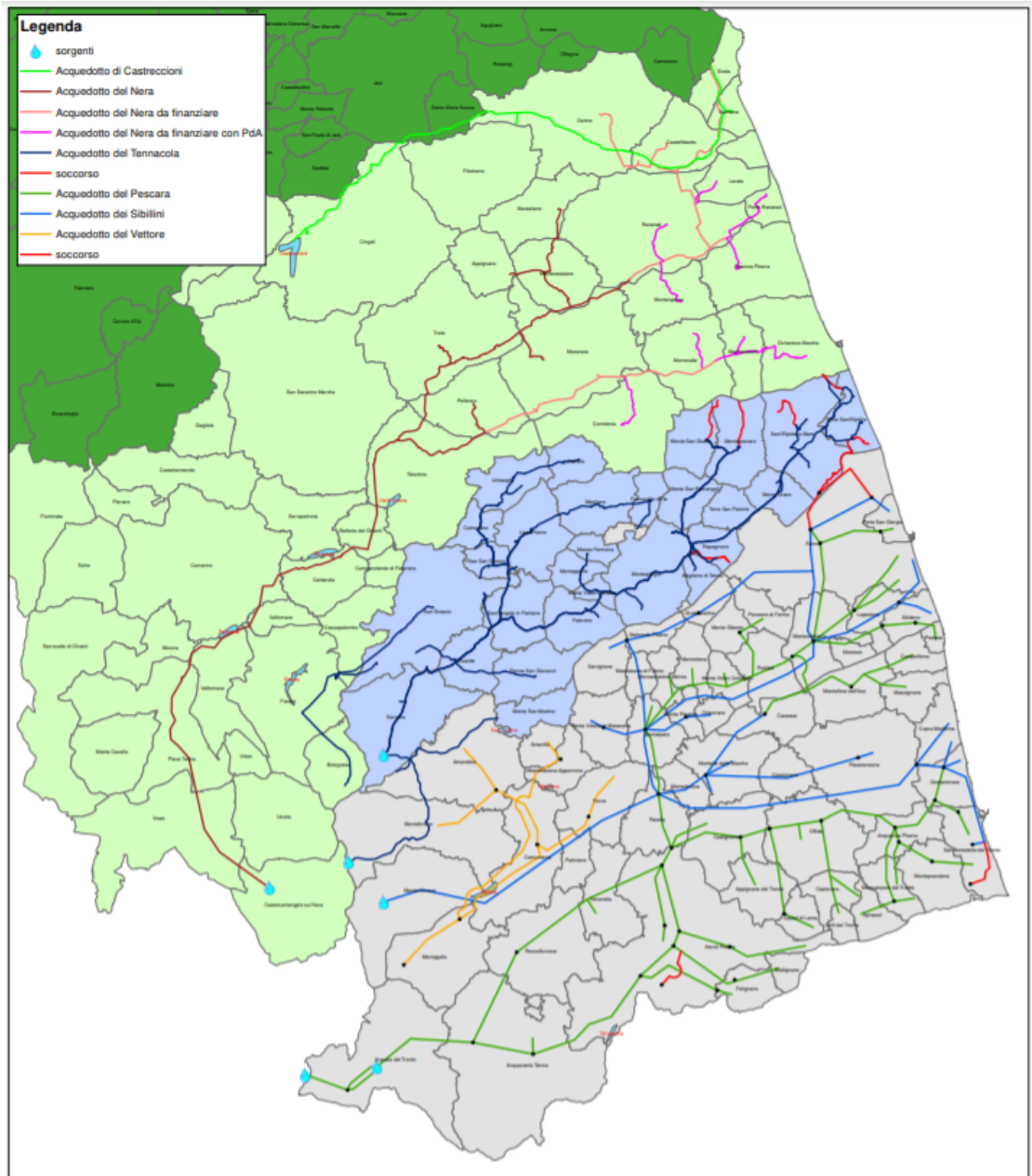


Figura 2.3.4.1 - Schema dei principali sistemi acquedottistici presenti negli ATO 3-4-5 (CIIP SpA)

2.4 Gli sconvolgimenti provocati dagli eventi sismici del 2016/2017 sugli equilibri idrodinamici del territorio

2.4.1 I danni alle Sorgenti e alle Opere di captazione

Gli eventi sismici del 2016/2017 hanno avuto un forte impatto sul quadro generale e gli assetti idrodinamici del territorio, incidendo pesantemente e negativamente sulle portate idriche disponibili per gli usi idropotabili, andando ad aggravare la tendenza negativa già in atto dovuta ai cambiamenti climatici globali e ai periodici eventi siccitosi.

A titolo di esempio, le Sorgenti di Forca Canepine e F.so Rio, nel Comune di Arquata del Tronto, risultano ad oggi esaurite. La figura 2.4.1.1 mostra le reti di adduzione gestite dal CIIP e le conseguenze causate dalla somma dei periodici eventi di crisi idrica con quelli dei recenti eventi sismici.

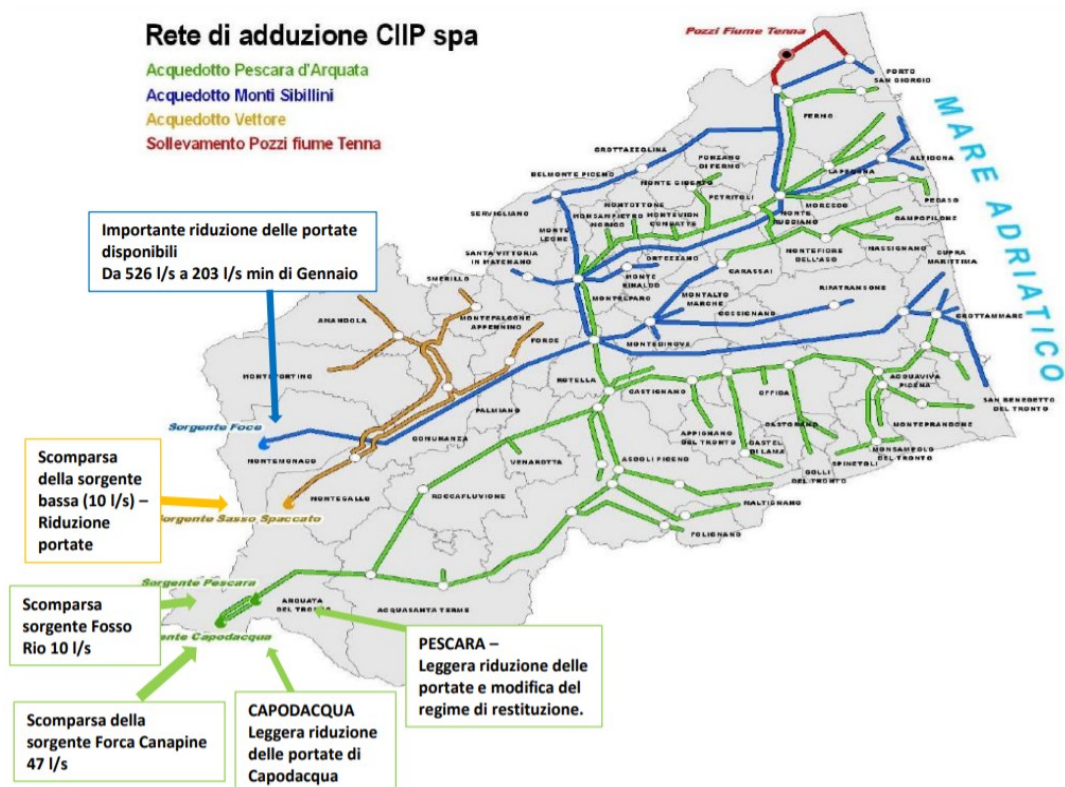


Figura 2.4.1.1 – Le conseguenze più evidenti causate dalla somma dei periodici eventi di crisi idrica con quelli dei recenti eventi sismici nelle reti di adduzione gestite dal CIIP (CIIP SpA)

Molto evidenti sono le conseguenze del sisma sulla sorgente di Foce di Montemonaco per la quale, da una portata potenziale pre-sisma di 600 l/s si è passati ad un valore attuale di 200 l/s, con una riduzione superiore a 2/3.

La figura 2.4.1.2 mostra il forte abbattimento dei valori di portata a seguito delle 3 sequenze sismiche del 2016/2017.

Nel breve periodo si è osservato un picco di portata, al quale è seguito una riduzione della disponibilità della risorsa.

In figura 2.4.1.3, invece, si può visualizzare la serie temporale delle portate disponibili e prelevate alla sorgente di Foce di Montemonaco.

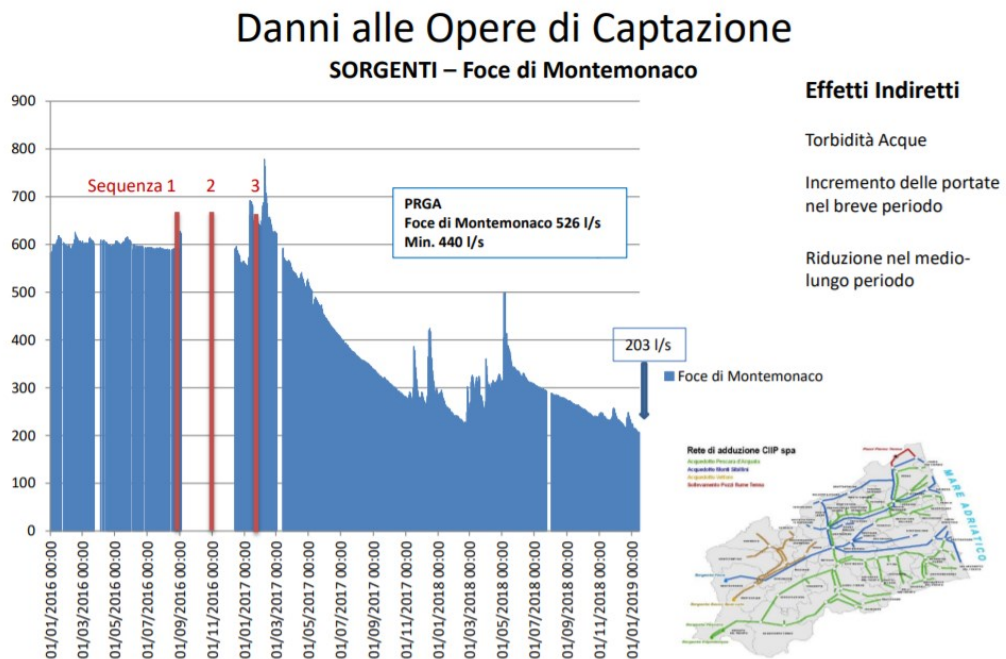


Figura 2.4.1.2 – Variazione della portata disponibile prima e dopo le sequenze sismiche del 2016/2017 (Presentazione “Convegno RESTART”)

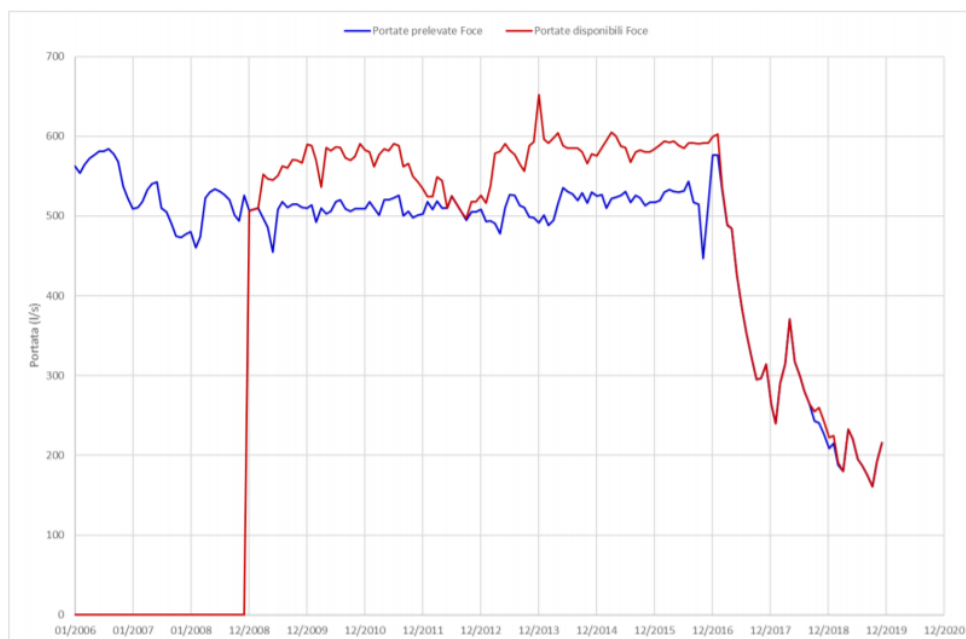


Figura 2.4.1.3 – Serie temporale delle portate disponibili e prelevate alla sorgente di Foce di Montemonaco (AP) (Relazione di Prima Fase)

Un discorso simile può essere fatto per la sorgente di Capotenna, per la quale la riduzione di portata osservata, rispetto ai valori pre-sisma, è di circa il 16%, come è possibile intuire visualizzando la serie temporale le portate disponibili, in figura 2.4.1.4.

In questo caso, essendo la sorgente più superficiale, non è possibile attribuire tale riduzione di portata direttamente agli effetti del sisma 2016/2017 ma si ritiene che essa si inserisca in un quadro più complesso nel quale ha contribuito dovuto ai periodici fenomeni siccitosi, sempre più frequenti, ha inciso in maniera importante.

A conferma di detta complessità del fenomeno, si può esaminare anche la figura 2.4.1.5, in cui sono riportati i valori della serie storica delle portate disponibili alla sorgente di Capodacqua ed i valori medi relativi rispettivamente ai periodi pre-sisma e post-sisma.

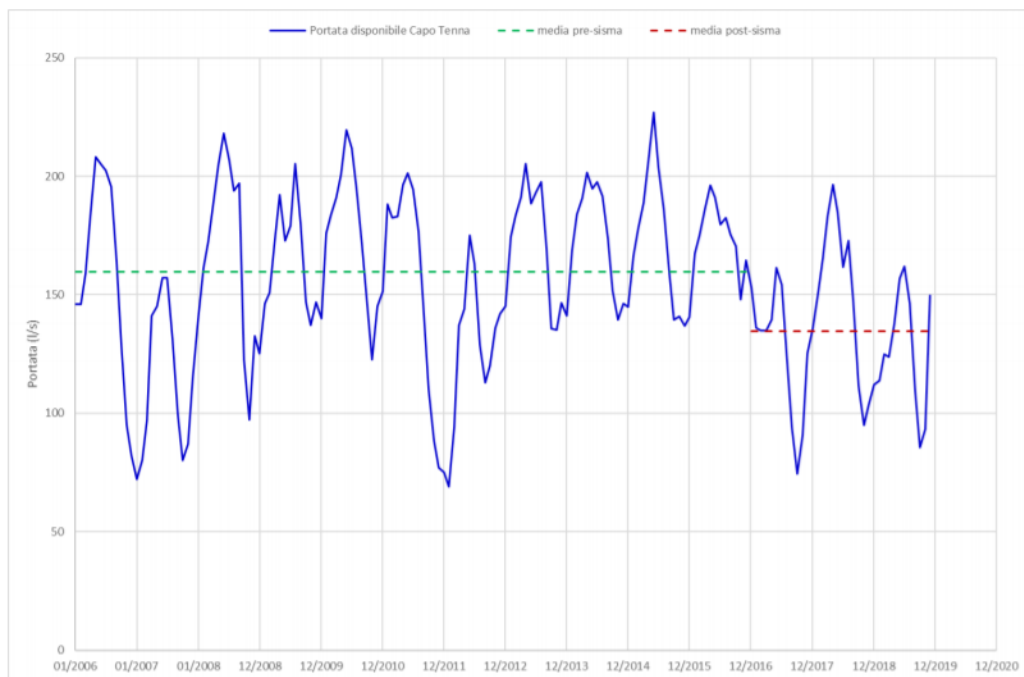


Figura 2.4.1.4 – Serie temporale delle portate disponibili alla sorgente di Capotenna (AP)
(Relazione di Prima Fase)

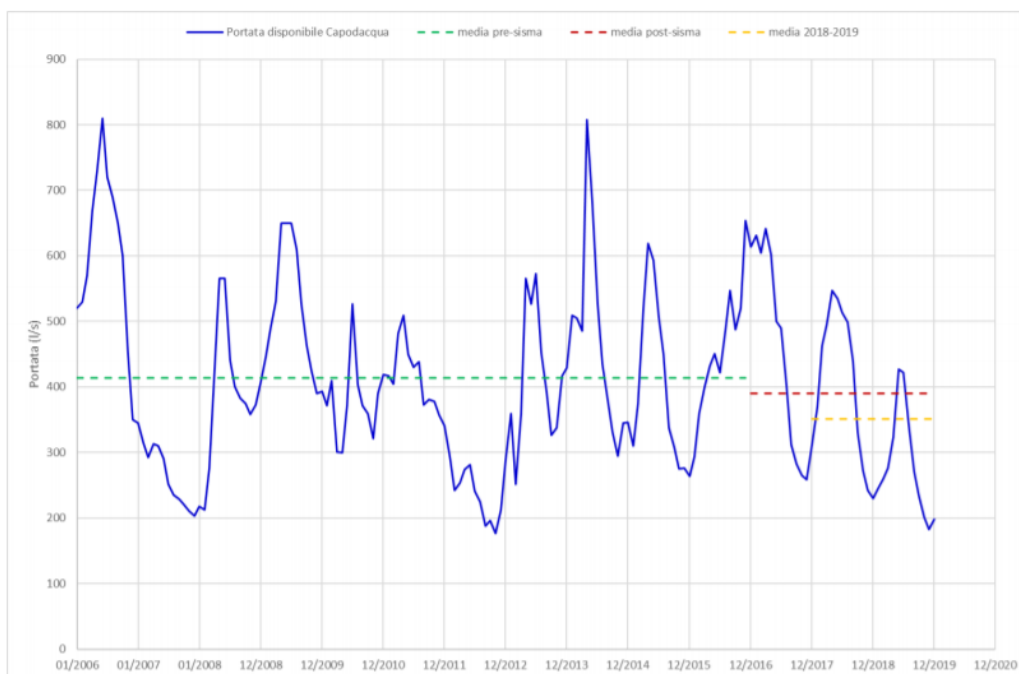


Figura 2.4.1.5 – Serie temporale delle portate disponibili alla sorgente di Capodacqua (AP)
(Relazione di Prima Fase)

Dall'esame della figura 2.4.1.5 si possono trarre le seguenti considerazioni:

- la sorgente ha grandi oscillazioni di portata e sembra risentire in maniera importante delle variazioni delle precipitazioni;
- i possibili effetti di riduzione della portata a causa del sisma sembrano più evidenti se analizzati nel periodo 2018-2019 (linea tratteggiata arancione);
- nell'immediato periodo post-sisma (novembre 2016 – maggio 2017) si sono osservati aumenti della portata.

Nello stesso sito si è osservato l'esaurimento delle sorgenti di Forca Canapine e di F.so Rio. Per quanto riguarda le altre sorgenti di Pescara del Tronto (AP) e di Giampiereto (FM), i cui valori della portata disponibile sono riportati nelle figure 2.4.1.6 e 2.4.1.7 rispettivamente, si può notare che l'andamento della portata media sembra rispecchiare quanto già evidenziato per le altre sorgenti con caratteristiche di spiccata variabilità stagionale.

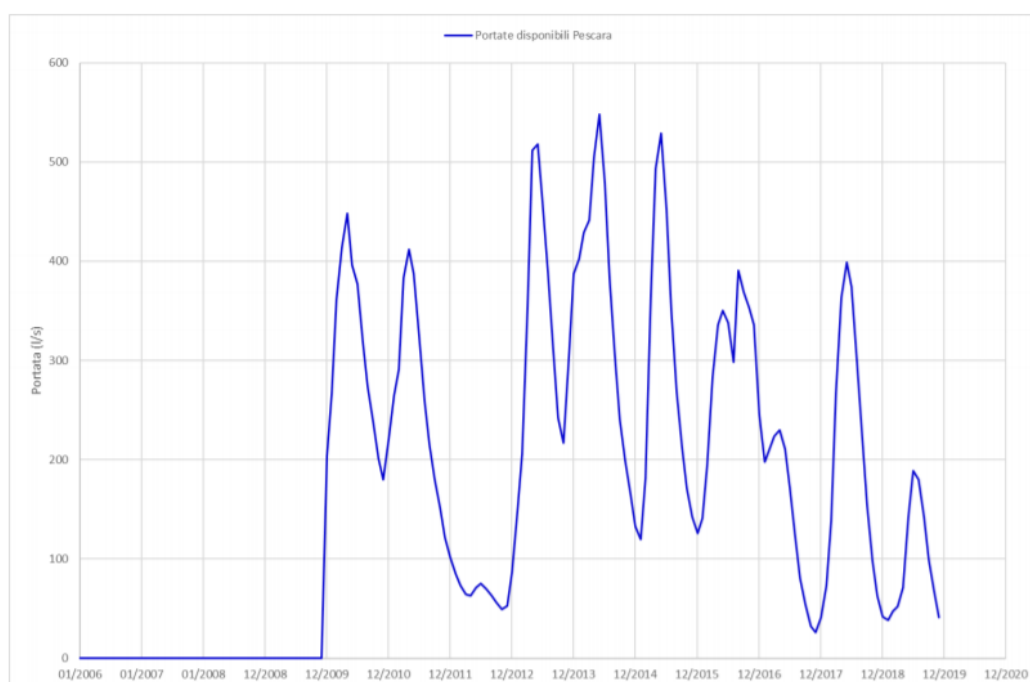


Figura 2.4.1.6 – Serie temporale delle portate disponibili alla sorgente di Pescara del Tronto (AP)
(Relazione di Prima Fase)

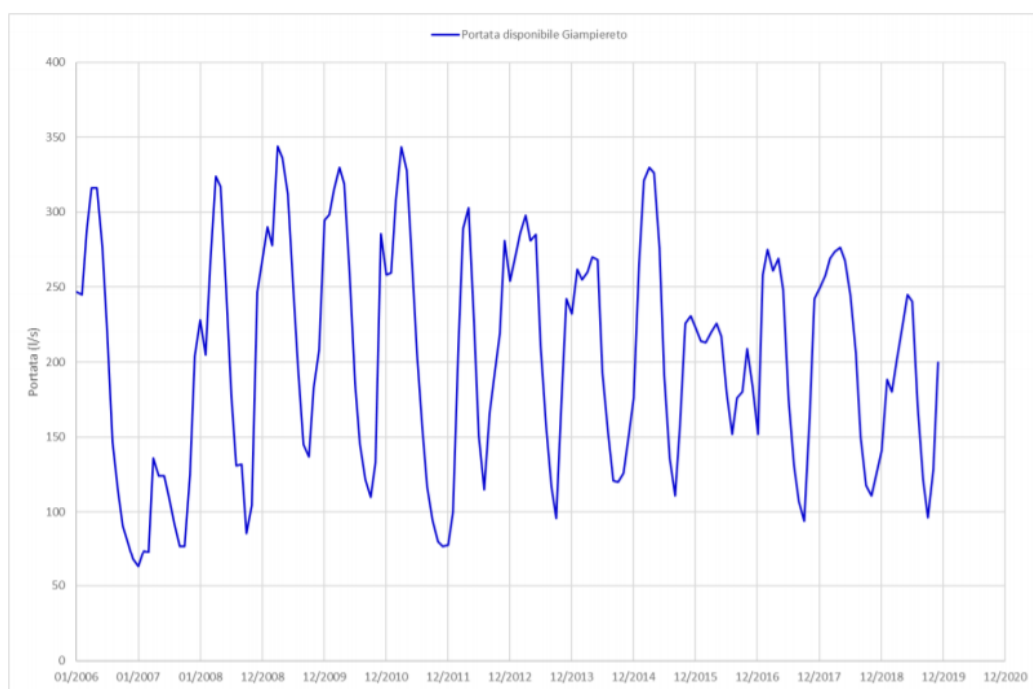


Figura 2.4.1.7 – Serie temporale delle portate disponibili alla sorgente di Giampiereto (FM)
(Relazione di Prima Fase)

In Figura 2.4.1.8, in analogia a quanto riportato in Figura 2.4.1.3, sono riportati i dati di portata prelevata e disponibile per la sorgente in servizio di San Chiodo di Castelsantangelo sul Nera nel periodo Gennaio 2011 - Giugno 2020, i quali evidenziano, per questa erogazione, due caratteristiche principali: una generale stabilità del valore medio della portata disponibile nel periodo di osservazione accompagnata ad una grande oscillazione intorno a tale valore ($660 \text{ l/s} \pm 160 \text{ l/s}$). Se si osservano, infatti, le linee tratteggiate riportate in Figura 2.4.1.8, si può osservare che i valori medi, calcolati rispettivamente nel periodo prima e dopo il sisma, presentano variazioni contenute o nulle, mentre i valori massimi e minimi variano tra 950 l/s e 400 l/s rispettivamente. Tuttavia, effettuando una regressione lineare dei dati nell'intervallo 2017-2020 si nota una marcata tendenza in diminuzione della portata disponibile.

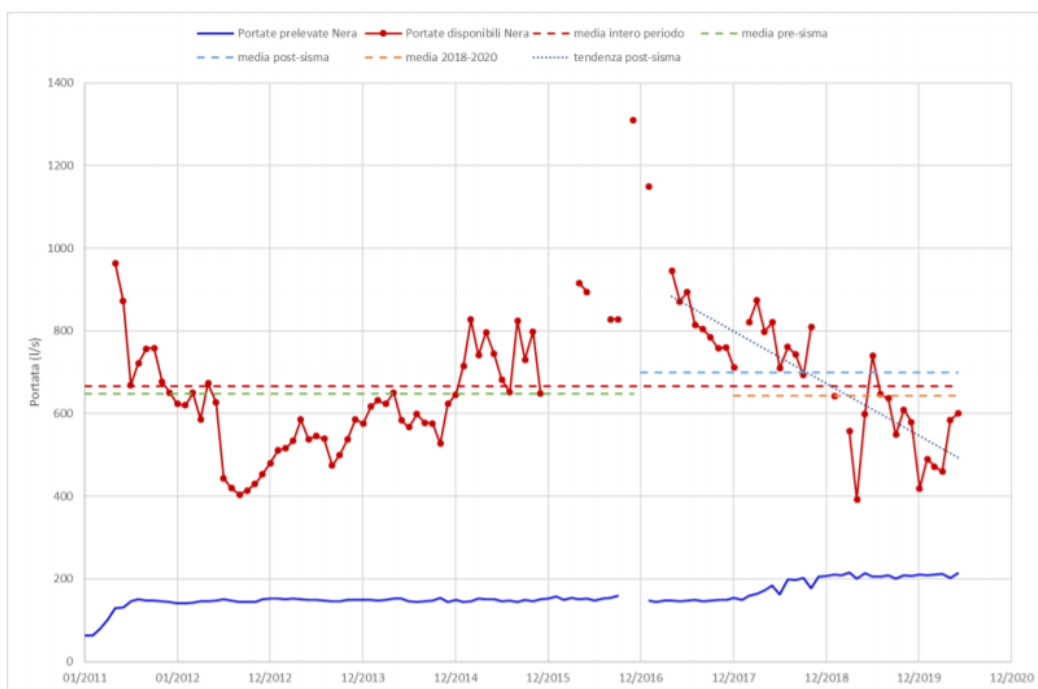


Figura 2.4.1.8 - Serie temporale delle portate disponibili e prelevate alla sorgente di San Chiodo sul Nera (MC) (Relazione di Prima Fase)

Da notare, inoltre, i picchi di portata maggiore di 1000 l/s che si sono registrati nella sorgente dopo le scosse di ottobre 2016 e gennaio 2017. Tali valori risultano maggiori rispettivamente del 36% e del 19% rispetto al massimo storico misurato nel maggio 2011 per la portata disponibile nella sorgente e confermano l'osservazione che lo scuotimento sismico provoca, nell'immediato, un maggior rilascio di acqua da parte degli ammassi rocciosi. Questo comportamento del prelievo attivo della sorgente di San Chiodo sul Nera sembra confermare la suscettibilità della portata agli eventi sismici del 2016/2017. L'analisi andrebbe approfondita sulla disponibilità dell'intera sorgente.

I dati delle serie storiche delle portate disponibili alle sorgenti evidenziano, come già detto, che le principali fra esse risentono in maniera più o meno significativa della variabilità delle precipitazioni. I suddetti territori, infatti, sono stati interessati nel recente passato da alcuni significativi periodi di siccità che hanno coinvolto le principali fonti di alimentazione delle reti

idropotabili a causa della ridotta profondità delle sorgenti. Le figure 2.4.1.4 e 2.4.1.5 mostrano che, nel periodo di osservazione gennaio 2006 – dicembre 2019, si possono evidenziare due annate siccitose riferite agli anni 2007 e 2012; nel caso di Capodacqua la portata media annua nel periodo di siccità è stata di circa 250 l/s con una diminuzione del 40% rispetto alla media dell'intero periodo. Un discorso analogo, ma in misura leggermente più contenuta, può essere fatto per la sorgente di Capotenna in cui la riduzione della portata media annua per la siccità è stata del 25%. La sorgente di Pescara del Tronto, nel periodo 2009-2019, è stata caratterizzata da una portata media disponibile di 235 l/s, mentre nel 2012 la portata media annua è stata di 68,5 l/s con una riduzione del 70% (figura 2.4.1.6). Anche la sorgente di Castelsantangelo sul Nera, per la parte in servizio, sembra risentire in maniera significativa della riduzione delle precipitazioni, come mostrato nella figura 2.4.1.8, in cui a settembre 2012 si è misurata una portata media disponibile di 400 l/s che risulta minore del 40% rispetto al valore medio dell'intero periodo. I dati osservati nell'intervallo 2013- 2015, mostrano anche che l'acquifero sembra caratterizzato da un lungo tempo di ricarica se sottoposto ad una crisi idrica per siccità.

A completamento del quadro conoscitivo delle grandi derivazioni degli ATO 3, 4 e 5, in Figura 2.4.1.9 è riportato il grafico della portata prelevata dall'invaso di Castreccioni nel periodo 2006- 2019, da cui è possibile osservare che il prelievo medio risulta praticamente costante negli anni con le tipiche oscillazioni legate alla stagionalità (minimo prelievo invernale, massimo prelievo estivo). Ciò permette di ipotizzare che la portata prelevabile, visto il grande volume d'invaso, non risente in maniera significativa della riduzione delle precipitazioni a causa della siccità.

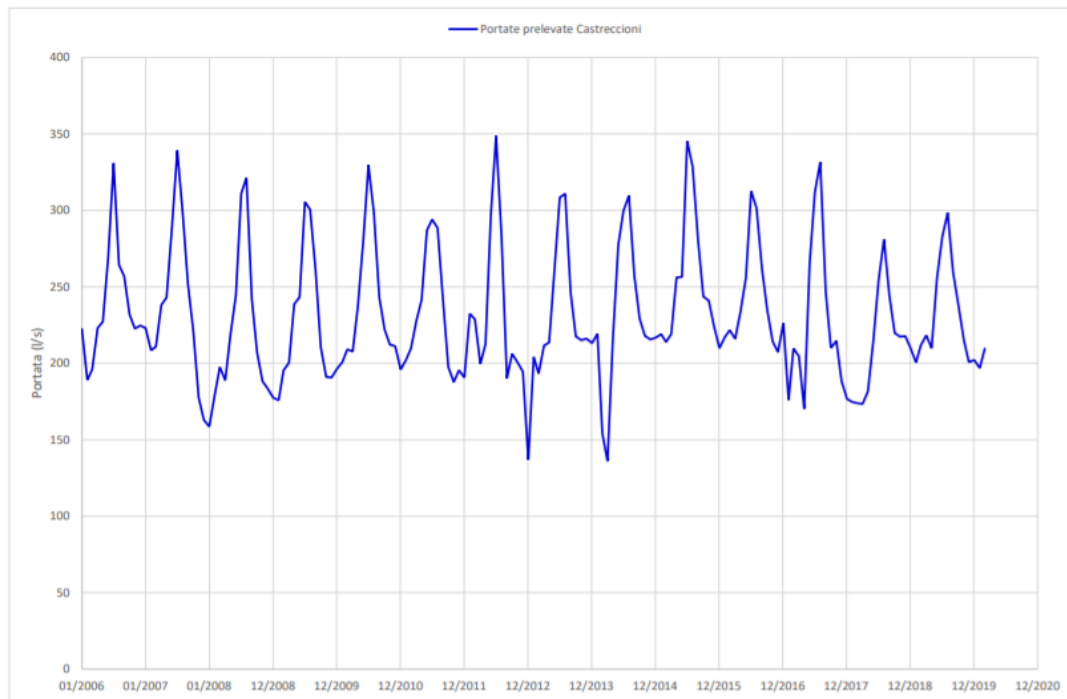


Figura 2.4.1.9 - Serie temporale delle portate prelevate dall'invaso di Castreccioni (MC)
(Relazione di Prima Fase)

2.5 La sistematicità degli eventi sismici e siccitosi: gli interrogativi e le soluzioni proposte

Si può affermare che il territorio è periodicamente sottoposto ad eventi di crisi idrica, con un tempo di ritorno prossimo ai cinque anni. A tali situazioni si sono aggiunti gli squilibri idrodinamici generati dagli effetti secondari del sisma del 2016/2017.

Appare evidente, quindi, che il quadro complessivo della disponibilità di portata alle sorgenti potrebbe risultare particolarmente critico se la mancanza di precipitazioni si dovesse sommare alla riduzione delle portate causata da eventi sismici, immaginando questo fenomeno come irreversibile.

Assicurare anche nelle condizioni di emergenza (periodi prolungati di siccità, abbassamento delle falde, fenomeni franosi, ecc.) le portate di soccorso sufficienti a garantire la dotazione idrica minima potabile nei territori degli

ATO 3, 4 e 5 e, quindi, le province di Ascoli Piceno, Fermo, Macerata e parte della provincia di Ancona (nello specifico i comuni di Castelfidardo, Filottrano, Numana, Osimo e Sirolo, alimentati dalla diga di Castreccioni e Loreto) è diventata un'esigenza fondamentale.

La sistematicità dei suddetti eventi ha posto il quesito di affrontare in modo strutturale il problema della sicurezza acquedottistica delle infrastrutture, lavorando sia sulle reti esistenti che sull'infrastrutturazione sistemica volta a generare "iperstaticità" acquedottistiche in grado di consentire una flessibilità gestionale tale da ridurre sensibilmente il rischio di interruzione di alimentazione delle utenze idropotabili.

In questo contesto, alla mancanza di portata si potrebbe sopperire o facendo ricorso agli impianti di soccorso già presenti nei diversi sistemi acquedottistici o individuando nuove fonti di approvvigionamento. Considerando che gli impianti di soccorso sono essenzialmente alimentati da pozzi di subalveo, anche questa risorsa potrebbe essere limitata nei periodi di siccità.

Il progetto propone di realizzare un "sistema idrico ausiliario" che si concretizza in due fasi strategiche:

- a) reperire nuove fonti utilizzando le sorgenti disponibili e non utilizzate, gli invasi esistenti attualmente ad uso idroelettrico o irriguo e gli impianti di soccorso puntuali, da realizzare in prossimità delle coste e/o delle vallate fluviali;
- b) interconnettere i diversi sistemi di adduzione del Pescara, dei Sibillini, del Tennacola e del Nera, inclusi negli Ambiti Territoriali della Regione Marche 3-4-5 ed integrarli attraverso reti di collegamento ed impianti infrastrutturali con le fonti idriche aggiuntive.

Le fonti aggiuntive presenti nel territorio e collegabili con i sistemi idrici prima descritti sono le seguenti:

- Sorgente di Boccafornace, nel Comune di Pievebovigliana, prevista come sorgente dal PGA (Piano di Gestione delle Acque) del 1967 nello schema idrico 13/C e confermata nel Piano generale degli Acquedotti della Regione Marche per una portata di 450 l/s;
- Invaso di Talvacchia con accumulo idrico di $12 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;
- Invaso di Gerosa con accumulo idrico di $12 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;
- Invaso di Polverina con accumulo idrico di $4,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;
- Invaso di Caccamo con accumulo idrico di $4,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;
- Invaso di Castreccioni con accumulo idrico di $18 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;
- Invaso di Fiastra con accumulo idrico di $19 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Lo studio del complesso sorgentizio di Boccafornace è stato affidato all'Università di Camerino ed i primi risultati sono incoraggianti. Per quanto riguarda la valutazione dell'approvvigionamento da serbatoi esistenti con volumi tali da consentire il prelievo di portate di $100 \div 150 \text{ l/s}$ ciascuno nel periodo di soccorso, si può affermare che il territorio oggetto dello studio è interessato dalla presenza di numerosi invasi a scopo idroelettrico e irriguo, anche di grandi capacità, che potrebbero essere utilizzati come fonte di prelievo nei periodi di emergenza idrica. I laghi presenti nel territorio degli ATO 3, 4 e 5 sono tutti gestiti da Terna ad eccezione del lago di Gerosa che è gestito dal Consorzio di Bonifica delle Marche.

È stato effettuato un censimento delle capacità utili degli invasi esistenti e ne sono stati individuati tre che possono essere interconnessi con le condotte dell'“Anello dei Sibillini”: sono i serbatoi di Talvacchia e Fiastra (nella valle del Chienti ci sono anche gli invasi di Polverina e Caccamo ma sono più piccoli e meno profondi, e pertanto le acque potrebbero richiedere potabilizzazioni più importanti), in concessione ad Enel, ed il serbatoio di Gerosa gestito dal Consorzio di Bonifica. Sono stati avviati i primi contatti con i tecnici di Enel e sono stati trovati i possibili punti di collegamento con l'anello acquedottistico rispettivamente in prossimità della centrale di Valcimarra, per il Fiastrone, ed in prossimità della Centrale di Capodiponte

per la derivazione dal serbatoio di Talvacchia. La tabella in figura 2.5.1 riporta i valori dei volumi utili disponibili per gli invasi dell'Enel stimati sulla base dell'interrimento e forniti dall'Enel Produzione. Per quanto riguarda il bacino formato dalla diga di Gerosa il dato al momento disponibile è il solo volume utile originario di 13.650.000 mc.

Le figure 2.5.2 e 2.5.3 riportano gli schemi idraulici degli invasi di Fiastra e di Talvacchia.

invaso	volume utile originario	volume utile libero residuo stimato (2019)	volume stimato sedimenti riferito al volume (2019)	interrimento sul volume utile
	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[%]
Fiastrone	19.200.000	17.731.250	1.468.750	8%
Polverina	4.820.000	3.910.000	910.000	19%
Borgiano Caccamo	4.550.000	4.203.434	346.566	8%
Talvacchia	12.550.000	10.624.151	1.925.849	15%
Gerosa	13.650.000	n.d.	n.d.	n.d.

Figura 2.5.1 - Volume utile originario e volume utile libero residuo per gli invasi presenti nel territorio (ENEL)

IMPIANTI IDROELETTRICI DEL CHIANTI

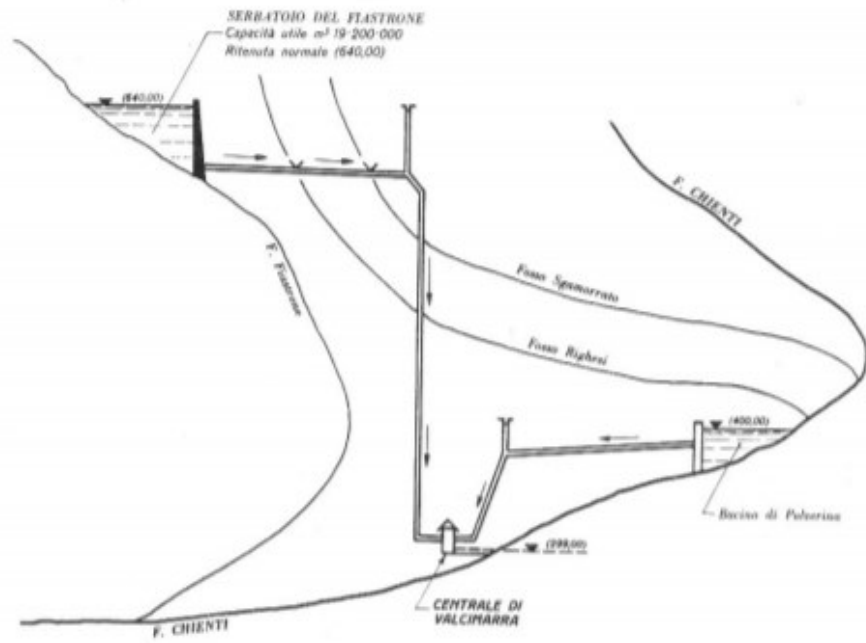
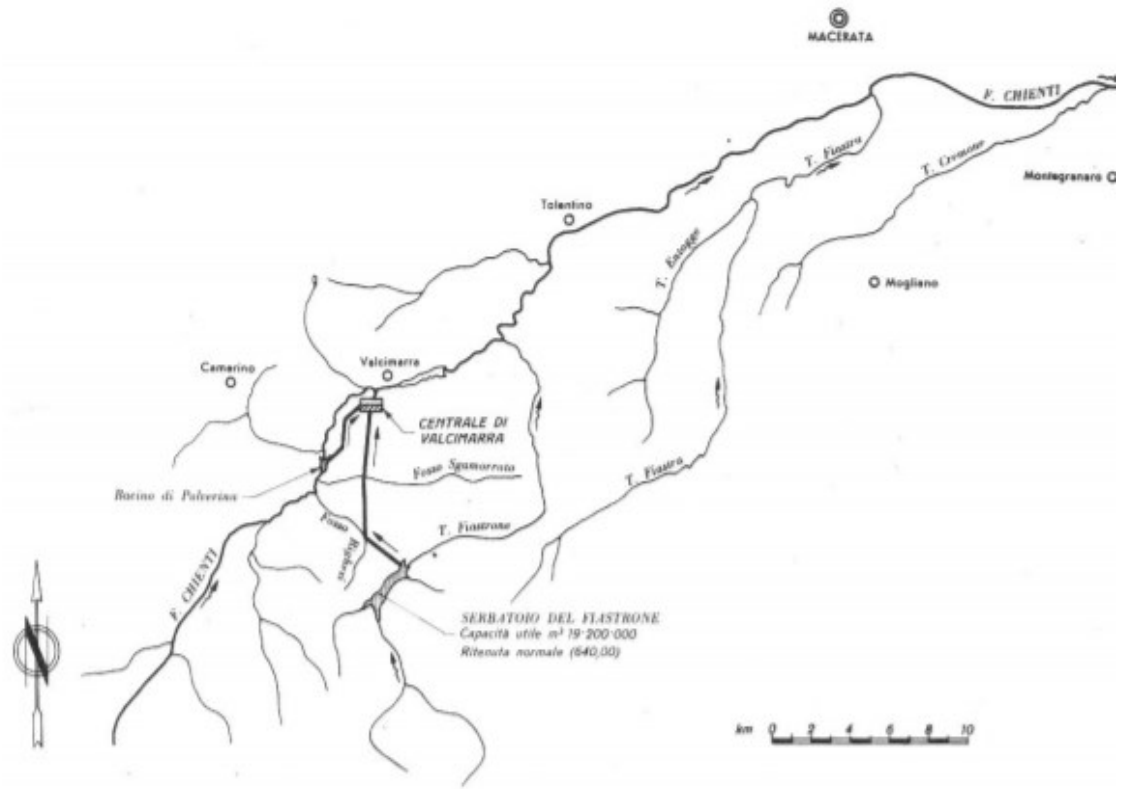


Figura 2.5.2 – Schema idraulico dell’invaso del Fiastrone (ENEL, 1980)

IMPIANTI IDROELETTRICI DEL TRONTO-CASTELLANO

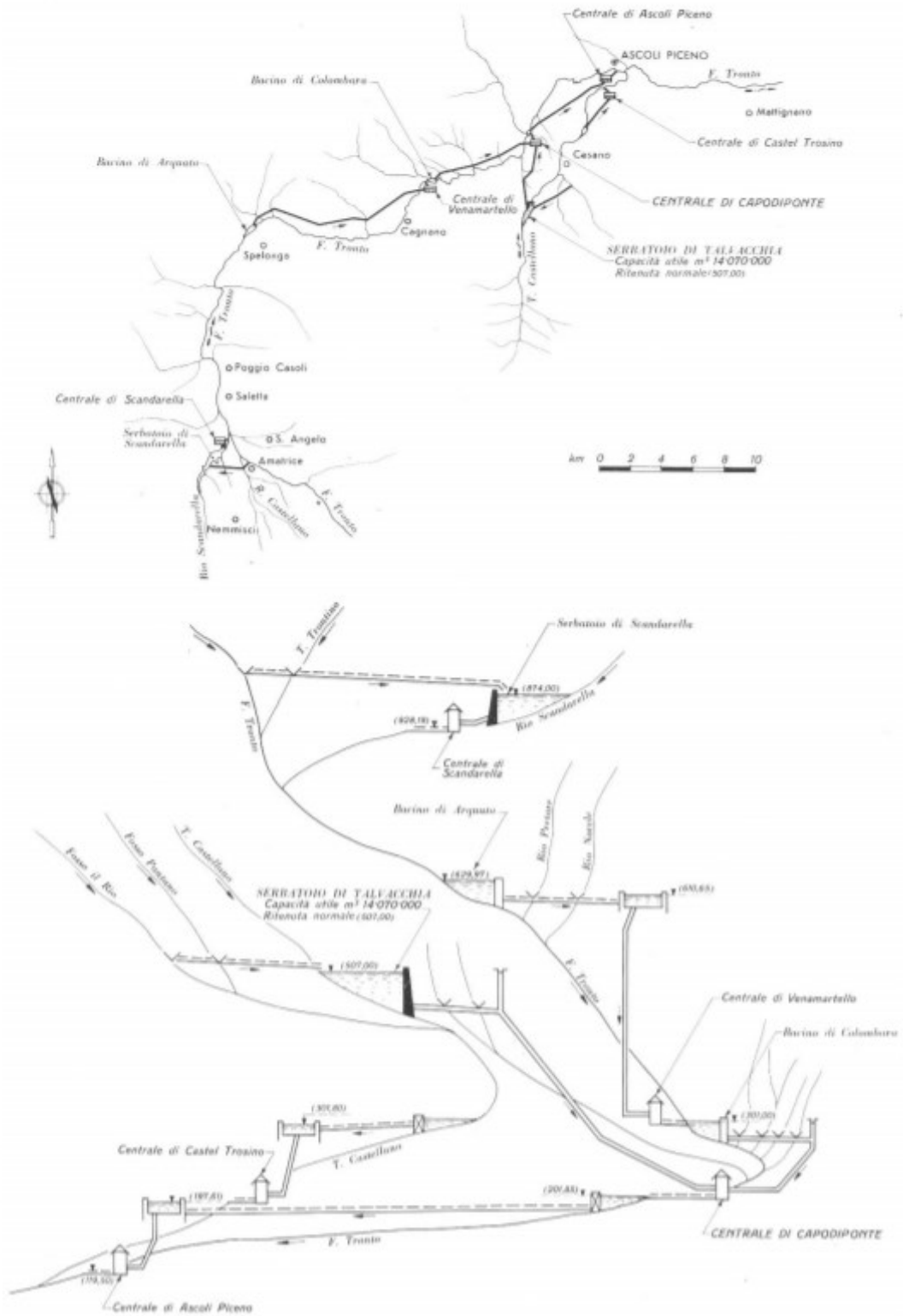


Figura 2.5.3 – Schema idraulico dell’invaso di Talvacchia (ENEL, 1980)

In particolare, il progetto prevede la realizzazione di alcuni collegamenti acquedottistici da realizzare con condotte in acciaio/ghisa DN400/600 con le quali interconnettere le varie reti fino a costruire un anello primario che dalla sorgente del Pescara, attraverso il territorio pedemontano, si colleghi a quella del Nera.

L'anello diventerebbe la dorsale idrica dalla quale gli acquedotti esistenti deriverebbero le portate da convogliare alle reti distributive locali.

Le portate derivate da Talvacchia potrebbero essere immesse a monte del nodo di Polesio dalla condotta esistente mentre le portate del Fiastrone andrebbero immesse nel nodo di Caccamo dove, secondo lo schema del sistema di interconnessione, dovrà essere installata una centrale di sollevamento per far funzionare la condotta di interconnessione con distribuzione delle portate in entrambe le direzioni: se da Capradosso al nodo Maddalena-Caccamo la condotta può funzionare a gravità, da Caccamo al partitore Maddalena-Montelparo sarà necessario un impianto di sollevamento. Nel nodo di Caccamo potrebbero essere immesse anche le portate eventualmente derivate dai laghi di Polverina e di Caccamo. L'interconnessione ha lo scopo principale di fornire portate di "soccorso" nei periodi di carenza d'acqua che potrebbero verificarsi per ogni area di distribuzione. Le portate derivate dal Serbatoio di Gerosa potrebbero essere immesse nella rete CIIP e quindi nella condotta in progetto. Lo studio condotto in questa fase preliminare è servito ad individuare la sola disponibilità della risorsa idrica.

Il risultato finale è rappresentato nella planimetria in figura 2.5.4 e comprenderebbe una rete primaria composta dall'anello dei Sibillini collegato con l'acquedotto di Castreccioni sulla quale si innesterebbero le reti distributive di CIIP, Tennacola, Nera e dei gestori dell'ATO 3, il tutto a servizio di 132 Comuni con un territorio di 4984 km² e una popolazione di 767254 abitanti pari all'incirca alla metà della Regione Marche.

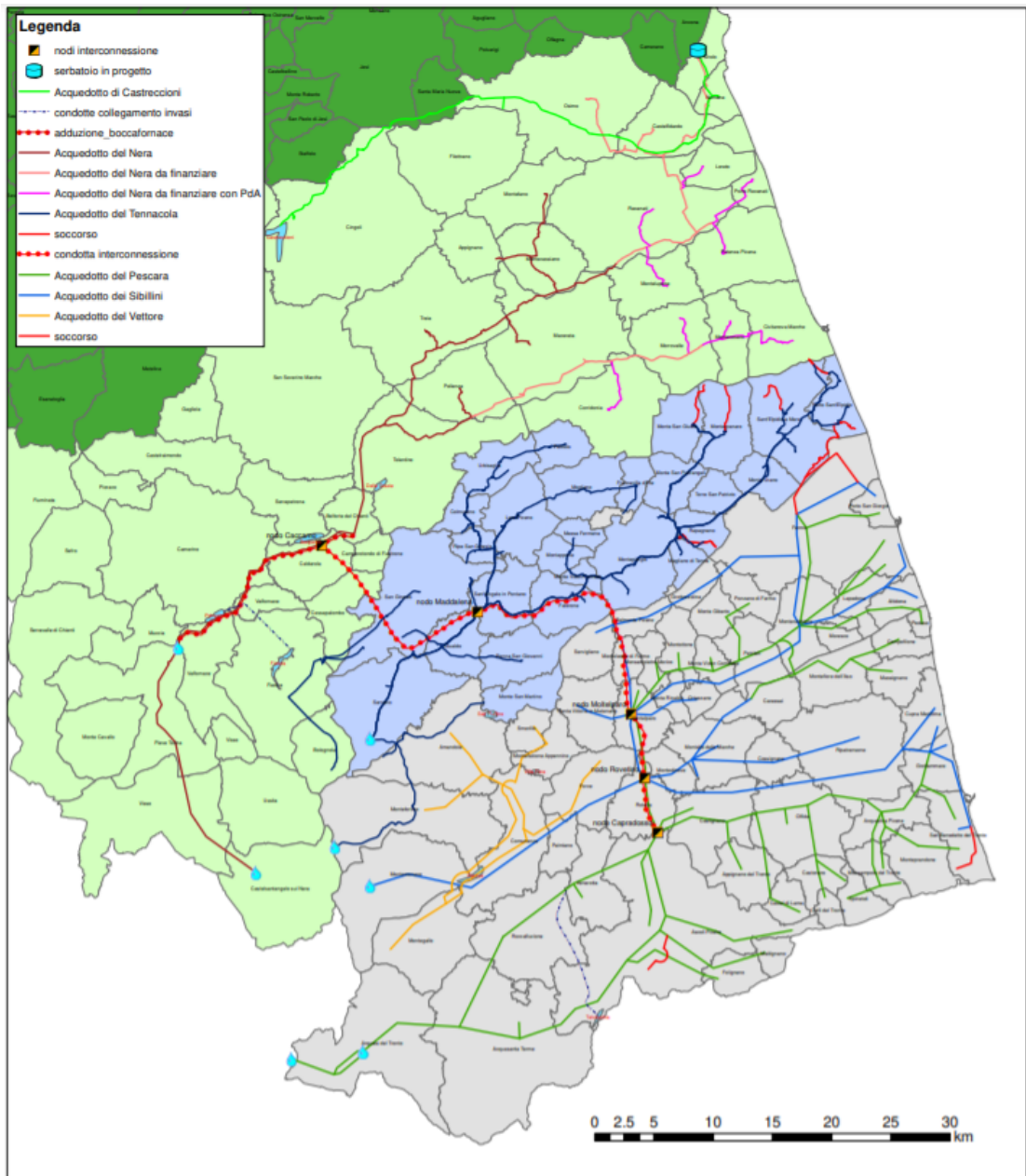


Figura 2.5.4 - Anello acquedottistico antisismico dei Sibillini, ipotesi di tracciato (CIIP SpA)

CAPITOLO 3

La domanda idrica presente e futura dei territori interessati dallo studio

3.1 Previsione del fabbisogno idropotabile futuro

Per poter effettuare un bilancio idrico, oltre a definire la risorsa disponibile, occorre valutare la domanda idrica presente e futura nel territorio interessato dallo studio; a questo scopo sono stati analizzati gli scenari demografici che caratterizzano e caratterizzeranno la suddetta area ad oggi e negli anni a seguire.

La previsione dei fabbisogni idrici comporta due fasi di lavoro: la prima relativa alla valutazione del fabbisogno medio annuo per persona, cioè la dotazione idrica pro capite e la seconda inerente alla stima della popolazione residente e fluttuante che dovrà essere servita in futuro.

3.1.1 Fabbisogni idrici e consumi

Mentre il fabbisogno idrico rappresenta il volume di acqua necessario al soddisfacimento del bisogno idrico di una singola utenza, il consumo idrico rappresenta il volume d'acqua effettivamente consumato da un determinato numero di persone in un preciso periodo di tempo e che viene restituito all'ambiente dopo aver subito una degradazione qualitativa.

La determinazione del consumo idrico può essere quantificata, in fase di verifica, direttamente a livello delle singole utenze (abitazioni private, fabbriche, impianti, ecc.) o macroscopicamente determinando la differenza del volume di acqua in arrivo al serbatoio a servizio dell'abitato e quello in uscita verso il centro urbano. Quindi si possono distinguere diverse scale di valutazione del consumo, ognuna delle quali, pur rappresentativa dello stesso consumo, evidenzia una specifica caratteristica.

Il termine in sé non specifica se si intenda il consumo effettivo della risorsa o la quantità effettivamente utilizzata, senza cioè comprendere le quantità andate perdute. È possibile distinguere il consumo “lordo” (comprensivo di perdite) dal consumo “netto” (al netto delle perdite) e dal consumo “fatturato” (effettivamente registrato dagli apparecchi all’utenza).

La determinazione del fabbisogno è, invece, molto più difficile da quantificare in fase di pianificazione. Può essere determinato sulla base degli effettivi consumi di una comunità, sebbene con alcune difficoltà. Infatti, nel caso in cui il sistema idrico sia sottodimensionato, si potrebbe verificare che il fabbisogno della comunità non sia realmente soddisfatto a causa dell’esaurimento delle scorte o di disservizi di altro genere; al contrario nel caso in cui il sistema sia sovradimensionato, si potrebbero registrare consumi superiori agli effettivi bisogni.

La stima del fabbisogno, basata sull’analisi dei consumi, è quindi influenzata da un’intrinseca incertezza dei dati, della quale bisogna inevitabilmente tener conto.

I fabbisogni idrici di un centro abitato dipendono dalle utenze servite dall’acquedotto civico (abitazioni private, edifici pubblici e di istituti collettivi pubblici e privati, servizi pubblici vari, utenze commerciali e turistiche, utenze artigianali e industriali, ecc.). Ai consumi idrici delle utenze, vanno aggiunti quelli dovuti alle perdite e agli sprechi d’acqua. Le perdite possono verificarsi nelle condotte della rete di distribuzione urbana per rotture, guasti e difetti di tenuta dei giunti e nelle varie utenze per guasti

e difetti degli apparecchi di erogazione. Gli sprechi sono dovuti, invece, a usi impropri dell'acqua da parte degli utenti e a una gestione non ottimale dell'acquedotto. Le perdite e gli sprechi, quando rientrano ancora entro limiti accettabili, oscillano, in genere, tra il 10% e il 25% dei fabbisogni totali, a seconda dello stato di conservazione delle condotte, della tempestività di rilevamento e di riparazione dei guasti, dell'efficienza della manutenzione delle condotte stesse. Per reti di distribuzione urbana molto vecchie le perdite possono risultare anche molto maggiori del 25%; quando si raggiungono perdite così elevate è senz'altro da prevedere la sostituzione delle condotte. La legge Galli fissa, infatti, il 20% come valore limite accettabile delle perdite nel sistema di distribuzione e ha spinto gli enti gestori a razionalizzare il funzionamento dell'acquedotto, riducendo quanto più possibile gli sprechi e le perdite amministrative dovute a mancata fatturazione e agli errori degli apparecchi di misura, ed effettuando ricerche più sistematiche delle perdite fisiche, al fine di contenerle entro limiti accettabili.

I fabbisogni idrici delle varie utenze dipendono anche da numerosi altri fattori, quali, per esempio, il clima, il livello sociale ed economico, gli usi e le abitudini della popolazione, il prezzo dell'acqua ecc.

La stima del fabbisogno idrico risulta perciò di difficile determinazione e incerta.

3.1.2 La Dotazione idrica pro-capite

Per superare le difficoltà della stima dei fabbisogni idrici globali dei centri abitati partendo dai fabbisogni delle varie tipologie di utenze (fabbisogni delle abitazioni private, fabbisogni degli edifici pubblici e degli istituti collettivi pubblici e privati, fabbisogni dei servizi pubblici vari, fabbisogni delle utenze commerciali, turistiche, industriali e artigianali, ecc.), è stato introdotto, dal Piano Regolatore Generale degli Acquedotti (PRGA) approvato con D.M. del 16.03.1967, il concetto di dotazione idrica media

annua per abitante, espressa in $l/d \cdot ab$, per superare le difficoltà connesse alla stima dei fabbisogni idrici globali dei centri abitati tenendo conto del fabbisogno complessivo d'acqua per tutti gli usi visti, compresi gli sprechi e le perdite, purché queste rientrino nei limiti fisiologici delle reti di distribuzione.

La dotazione idrica pro-capite è la quantità di acqua assegnata ad un abitante per soddisfare il suo fabbisogno idropotabile. Più in generale, la dotazione idrica media annua pro-capite comprende tutti i fabbisogni di un centro abitato (abitazioni private, edifici pubblici, esercizi commerciali e turistici, industrie) e si misura in $l/giorno/abitante$.

La dotazione idrica rappresenta la grandezza fondamentale in base alla quale vengono dimensionate tutte le opere idrauliche quali condotte di adduzione, reti di distribuzione urbane, capacità dei serbatoi, fognature, impianti di depurazione, ecc.

Le indicazioni presenti nella normativa di settore (DPCM 04.03.1996, Disposizioni in materia di risorse idriche) stabiliscono i livelli minimi dei servizi che devono essere erogati in ciascun Ambito Territoriale Ottimale e prevede che il gestore del Servizio Idrico Integrato assicuri alle utenze potabili domestiche una dotazione pro-capite giornaliera alla consegna, non inferiore a $150 l/ab \cdot d$, intesa come volume attingibile dall'utente nelle 24 ore. La stessa norma prevede che per i consumi civili non domestici, intesi come consumi pubblici (scuole, ospedali, caserme, edifici pubblici, centri sportivi, mercati, stazioni ferroviarie, aeroporti, ecc.) e consumi commerciali (uffici, negozi, supermercati, alberghi, ristoranti, lavanderie, autolavaggi, ecc.) devono essere assicurate una dotazione minima, una portata da definire nel contratto di utenza. Infine, le dotazioni unitarie giornaliere per gli usi potabili domestici potranno essere ridotte sino a $50 l/ab \cdot d$, nel caso all'utente sia assicurato, a condizioni di convenienza, l'approvvigionamento con reti separate anche di acqua non potabile per usi diversi, almeno nella misura occorrente al raggiungimento dei valori minimi fissati. Analoghe riduzioni

sono consentite per le utenze civili non domestiche, tenuto conto del tipo di utenza.

Esistono poi nella letteratura tecnica moltissimi approcci differenti e metodologie volti a stimare la dotazione idrica pro-capite, dall'analisi dei quali, insieme all'esperienza delle attuali gestioni dei servizi idrici che dimostrano che le dotazioni del DPCM sono piuttosto teoriche e che le dotazioni idriche reali variano considerevolmente a seconda delle aree servite, si ritiene consigliabile assumere le dotazioni riportate nella tabella di figura 3.1.2.1, valide sempre nell'ipotesi che le perdite fisiche della rete rientrino entro limiti accettabili. Nell'ambito di una data classe di popolazione, il valore andrebbe scelto entro i limiti indicati, tenendo conto del livello socioeconomico della popolazione, del livello dei servizi esistenti, degli insediamenti artigianali e industriali all'interno del tessuto urbano e serviti dall'acquedotto civico.

POPOLAZIONE	DOTAZIONE IDRICA in l/d*ab
Case sparse	120 - 150
<5000	150 - 180
da 5000 a 10000	170 - 200
da 10000 a 20000	200 - 240
da 20000 a 50000	220 - 280
da 50000 a 100000	250 - 350
da 100000 a 250000	300 - 400
da 250000 a 1000000	350 - 450
>1000000	400 - 550
Popolazione fluttuante settimanale o stagionale	80 - 100% della pop. res.
Popolazione fluttuante giornaliera (4-6 ore)	30 -120
Popolazione fluttuante giornaliera (intero giorno lavor.)	80 -120

Figura 3.1.2.2 -Fabbisogni medi annui futuri in l/d*ab consigliati (Tesi di Laurea di Beatrice Costantini)

Nel PRA della Regione Marche (2014) per la valutazione della dotazione idrica futura si è accettato il principio del maggiore fabbisogno unitario dei centri urbani più grandi dovuto non a un diverso tenore di vita ma alle maggiori esigenze per i servizi pubblici e sociali e per le maggiori attività

produttive inglobate nel tessuto urbano delle città. Le dotazioni assegnate sono quelle massime del giorno di massimo consumo e comprendono le perdite di rete stimate mediamente nell'ordine del 30% del prelevato.

Le dotazioni unitarie riportate nel citato Piano sono state desunte sia dalla precedente rielaborazione del PRGA della Regione Marche che da una ricerca fatta in collaborazione con gli ATO e gli Enti gestori. Le dotazioni unitarie adottate dal PRA sono riportate nella tabella di figura 3.2.1.2.

Ambito Territoriale Ottimale	Abitanti medi per comune	DOTAZIONE IDRICA in l/d*ab
ATO 1	6050	375
ATO 2	8992	400
ATO 3	7419	375
ATO 4	4453	350
ATO 5	5054	350

Figura 3.2.1.2 - Dotazioni idriche unitarie assunte dal PRGA della Regione Marche del 2014

3.2 Le Portate di Progetto

Dalla conoscenza del numero di abitanti N [ab] e della dotazione unitaria d [l/ab giorno], è immediato ricavare la portata media annua Q_a necessaria per la copertura dei fabbisogni di un centro urbano:

$$Q_a = N \cdot d / 86.400 \text{ [l/s]}$$

Il suo valore non può però essere utilizzato per il dimensionamento delle opere in quanto i consumi idrici non sono costanti durante l'anno, ma presentano valori più elevati della media in certi periodi e valori più bassi in altri periodi dell'anno. Poiché l'acquedotto deve essere in grado di alimentare il centro durante tutto l'anno, le condotte dovranno essere dimensionate per la massima portata richiesta.

In particolare, si tiene conto delle massime portate mensili, giornaliere e orarie. Tali valori si ottengono dalla portata media annua mediante dei coefficienti moltiplicativi.

La portata media mensile del mese di massimo consumo Q_m può essere valutata mediante il coefficiente di punta mensile c_m che rappresenta il rapporto statistico tra la portata media mensile del mese di massimo consumo e la portata media annua:

$$Q_m = c_m \cdot Q_a$$

Il valore di c_m è compreso tra 1.15 ed 1.30 circa ed aumenta al diminuire della popolazione del centro. Questo andamento, regolarmente riscontrato nei centri urbani, dipende dal fatto che ad una maggiore entità della popolazione corrisponde usualmente una più ampia diversificazione del tipo di attività lavorativa, degli orari di lavoro, dei periodi di ferie e, in generale, delle abitudini personali, il che comporta di regola una minore contemporaneità dei consumi idrici e quindi un andamento più uniforme nell'arco dell'anno.

La portata media giornaliera del giorno di massimo consumo Q_g è pari al prodotto tra la portata media mensile del mese di massimo consumo e il coefficiente di punta giornaliero c_g che rappresenta il rapporto statistico tra la portata media del giorno di punta e la portata media del mese di massimo consumo:

$$Q_g = c_g \cdot Q_m$$

Il valore del coefficiente di punta giornaliero c_g è dell'ordine di 1.1 – 1.15.

La portata media dell'ora di massimo consumo Q_o , pari al prodotto tra la portata media giornaliera del giorno di massimo consumo e il coefficiente di

punta orario c_o valutato come rapporto statistico tra la portata media oraria di punta e la portata media del giorno di massimo consumo:

$$Q_o = c_o \cdot Q_g$$

Il valore del coefficiente di punta orario è usualmente compreso tra 1.5 e 2, a seconda delle dimensioni del centro.

Tali valori di portata costituiscono la base di calcolo dei parametri di dimensionamento delle opere acquedottistiche; in particolare la condotta di avvicinamento e la rete di distribuzione, poste a valle del serbatoio cittadino, che devono essere in grado di svolgere un efficiente servizio anche nell'ora di massimo consumo, devono essere dimensionate per la portata media dell'ora di massimo consumo Q_o ; l'acquedotto esterno andrà dimensionato considerando la portata media del giorno di massimo consumo Q_g . Per valutare la portata media annua o il volume totale annuo occorre effettuare una stima della popolazione da servire con l'acquedotto per il periodo della vita utile.

3.3 Analisi della variabilità della popolazione

Il primo passo per la definizione della domanda idrica presente e futura nel territorio interessato dall'intervento è stato quello di definizione degli scenari demografici che caratterizzano e caratterizzeranno la suddetta area ad oggi e negli anni a seguire. A tal proposito sono stati raccolti e analizzati i dati disponibili sulla popolazione residente (Istat) e fluttuante (Regione Marche) di tutti i comuni interessati dal progetto al fine di formulare delle previsioni di entrambe le componenti di popolazione nel territorio oggetto di studio.

3.3.1 La popolazione residente attuale e stima della popolazione residente futura negli A.T.O. 3,4 e 5

Per quanto riguarda la popolazione residente i dati disponibili sono quelli convalidati e pubblicati dall'Istat per un arco temporale compreso tra il 1861 e il 2018. I dati relativi al periodo 1861 – 2011 sono riferiti ai censimenti generali effettuati con cadenza decennale ricavabili dalla sezione delle serie storiche del database dell'Istat.

In questo arco temporale, la popolazione residente ha subito un notevole incremento in tutti gli ATO di interesse. In particolare, nell'ATO 3 la popolazione rispetto al 1861 è aumentata di 120469 unità con un incremento medio annuo pari circa al 3%, nell'ATO 4 di 46501 unità con incremento medio annuo del 3,6% e nell'ATO 5 di 135152 unità con incremento medio annuo pari circa al 4,5

Analizzando i dati riportati, comune per comune, nella sezione del database delle serie storiche dell'Istat, si può notare che la popolazione residente è aumentata in tutti i comuni almeno fino al censimento del 1936 antecedente alla Seconda Guerra Mondiale. Dal dopoguerra, è possibile osservare come si sia attuato il fenomeno della migrazione della popolazione dalle aree montane a quelle costiere; in particolare si nota l'omogeneità di crescita demografica della fascia costiera, il calo nella fascia montana e il sostanziale equilibrio nella fascia mediana pur con Comuni che presentano linee di tendenze diversificate.

Dai dati relativi alle annate successive al 2011, che sono di seguito esposti, si può notare come il flusso migratorio regionale dalle aree interne montane a quelle litoranee e, alla pari, dai centri minori alle città, si sia arrestato; sulla base dei dati in possesso, risulta anzi un'inversione di tendenza, più accentuata soprattutto per quanto riguarda il fenomeno dello svuotamento dei piccoli centri a favore dei più grandi.

I dati relativi al periodo 2012 – 2018 sono riferiti ai censimenti permanenti effettuati con cadenza annuale. A differenza dei censimenti del passato, l'ultimo dei quali svolto nel 2011, con i censimenti permanenti ogni anno viene coinvolto solo un campione rappresentativo di comuni e, in questi comuni, solamente un campione di famiglie e di abitazioni. Ciò comporta un forte contenimento dei costi della rilevazione (circa il 50% in meno) e una riduzione del fastidio a carico delle famiglie, nonché una restituzione di informazioni sempre aggiornate e con forte dettaglio territoriale. Il nuovo censimento permanente interessa ogni anno in Italia un campione di circa un milione e 400 mila famiglie, per un totale di 3,5 milioni di persone residenti in 2.852 Comuni italiani. Nelle tabelle riportate nelle figure 3.3.1.1 e 3.3.1.2 sono riportati i dati relativi ai censimenti generali e permanenti rispettivamente, raggruppati per ATO.

L'esame della tabella riportata in figura 3.3.1.3 mostra che l'andamento della popolazione residente in ciascun ATO ha subito un'inversione di tendenza rispetto al passato a partire dal 2013. In particolare, nell'ATO 3 la popolazione residente al 2018 rispetto al 2011 è diminuita di circa 1.500 unità con un tasso di decrescita pari circa allo 0,4%, nell'ATO 4 è diminuita di circa 2.000 unità con decremento dell'1,6% e nell'ATO 5 di circa 4.000 unità con decremento pari all'1,4%. In figura 3.3.1.3 si riportano anche i tassi di decrescita della popolazione espressi in forma assoluta e percentuale.

Anno	ATO3	ATO4	ATO5
1861	235716	73679	163392
1871	246858	76506	174733
1881	246934	78446	176343
1901	262855	87897	207479
1911	264744	89840	221343
1921	276239	91921	232238
1931	278079	93292	245600
1936	283683	94636	255244
1951	299955	96161	278340
1961	297843	99664	276947
1971	300068	106206	270456
1981	312347	110192	276369
1991	319372	111459	282092
2001	329641	114036	288475
2011	356185	120180	298544

Figura 3.3.1.1 – Popolazione residente negli ATO dal 1861 al 2011 (Istat)

Anno	ATO3	ATO4	ATO5
2012	357909	120453	298741
2013	359574	120864	300629
2014	360412	120777	300037
2015	359227	120151	298455
2016	358176	119498	297297
2017	356217	119008	295819
2018	354647	118198	294409

Figura 3.3.1.2 – Popolazione residente negli ATO dal 2012 al 2018 (Istat)

Ambito	Popolazione residente		Variazione rispetto al 2011
	2011	2018	[%]
ATO3	356185	354647	-0,4
ATO4	120180	118198	-1,6
ATO5	298544	294409	-1,4

Figura 3.3.1.3 -Variazione percentuale della popolazione residente negli ATO tra il 2011 e il 2018
(Tesi di Laurea di Beatrice Costantini)

Riassumendo, si osserva che la popolazione residente ha avuto un continuo aumento dal 1861, anno del primo Censimento Generale della Popolazione, fino al 2013, con forti fenomeni di migrazione interna almeno fino al 1970. Attualmente si registra un'inversione di tendenza con un tasso medio di decrescita della popolazione intorno all'1,5% e destinato ad aumentare nel

periodo di previsione considerato. Tale dato deve essere proiettato su di un arco temporale di 40 anni al fine di definire la popolazione futura al termine della vita utile dell'opera.

La valutazione è stata effettuata sulla base delle previsioni demografiche regionali dell'Istat pubblicate il 3 maggio 2018 che stimano il futuro della popolazione residente al 2065 sulla base del dato consolidato al 1/1/2017. Le previsioni coprono il periodo compreso tra il 1° gennaio 2017 e il 1° gennaio 2066. Lo scopo principale è quello di fornire indicazioni sul futuro sviluppo della popolazione nel breve termine (2025), nel medio (2045) e nel lungo termine (2065), precisando che quest'ultime vanno utilizzate con cautela dal momento che i risultati diventano tanto più incerti quanto più ci si allontana dall'anno base (2017). Tale rischio è tanto più concreto quanto più si focalizza l'attenzione sulle unità territoriali più piccole, come nel caso di alcune regioni italiane.

Dalle previsioni demografiche effettuate dall'Istat, si stima che in Italia la popolazione residente attesa sia pari, secondo lo scenario mediano, a 59 milioni nel 2045 e a 54,1 milioni nel 2065 (vedi figura 3.3.4). La flessione rispetto al 2017 (60,6 milioni) sarebbe pari a 1,6 milioni di residenti nel 2045 e a 6,5 milioni nel 2065. Tenendo conto della variabilità associata agli eventi demografici, la stima della popolazione al 2065 oscilla da un minimo di 46,4 milioni a un massimo di 62. La probabilità che aumenti la popolazione tra il 2017 e il 2065 è pari al 9%.

Su base regionale, la popolazione residente attesa per la Regione Marche è stimata pari, secondo lo scenario mediano, a 1.432.997 individui nel 2045 ed a 1.277.611 nel 2065, con una perdita rispetto al 2019 (1.525.271 individui) di 92.274 residenti nel 2045 e di 247.660 nel 2065 (vedi Figura 3.3.1.4).

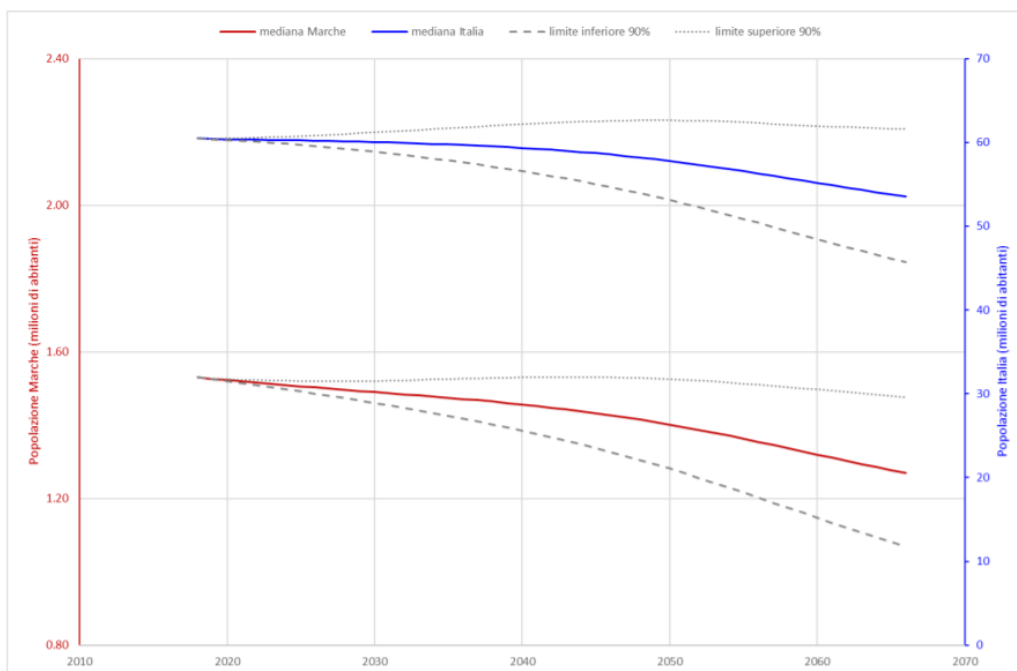


Figura 3.3.1.4 – Popolazione residente in Italia (linea blu) e nelle Marche (linea rossa) nell’intervallo 2018- 2066, scenario mediano e intervallo di confidenza al 90% (Istat, 2018)

Dal momento che le previsioni demografiche mostrano una tendenza in diminuzione per la popolazione, il calcolo del fabbisogno idrico futuro è stato effettuato considerando il dato più recente validato dall’Istat, ossia la popolazione residente al 2018. I dati utilizzati per calcolare il fabbisogno idropotabile futuro sono riportati nella tabella di figura 3.3.1.5.

AMBITO	COMUNI	SUPERFICIE (km^2)	POPOLAZIONE RESIDENTE AL 2018
ATO3	46	2520,64	354647
ATO4	27	650,89	118198
ATO5	59	1812,97	294409
Totale	132	4984,5	767254
Regione Marche	230	9387,51	1534285

Figura 3.3.1.5 -Popolazione residente negli ATO nel 2018 (Istat, 2018)

3.3.2 La popolazione fluttuante attuale e stima della popolazione fluttuante futura negli ATO 3,4 e 5

La popolazione fluttuante, o non residente, si può distinguere in giornaliera e stagionale. La peculiarità della popolazione fluttuante giornaliera è quella di rientrare nel proprio centro di residenza al termine del giorno lavorativo, di studio o vacanziero, cioè non pernottano nella città d'interesse. Sono interessati da questa tipologia di popolazione i grandi centri urbani e le città d'arte e tutti quegli abitati che risultano un'attrattiva a seguito di presenza di particolari servizi (negozi, uffici, università).

La popolazione fluttuante giornaliera può, a sua volta, suddividersi in occasionale o sistematica. Alla prima categoria appartiene la cosiddetta popolazione che si reca saltuariamente nel centro abitato per affari (es. fiere, mercati, negozi), vacanza non stanziale (senza pernottamento), per disbrigo pratiche ecc. La seconda categoria rappresenta i noti pendolari per motivi di lavoro o di studio che si differenziano dalla precedente per la loro periodicità e sistematicità. Questa popolazione è presente abitualmente nei giorni feriali della settimana (in media 250 giorni all'anno). Questo incremento di utenze è piuttosto variabile e viene in generale valutato stimando un consumo pro-capite per i fluttuanti, inferiore a quello dei residenti. Per lo standard di consumo per i fluttuanti giornalieri, il P.R.G.A. ha fissato un valore al netto delle perdite pari a 100 l/ab*giorno . Il più delle volte la popolazione fluttuante giornaliera può essere trascurata poiché il flusso giornaliero diretto dall'esterno verso il centro abitato e quello che da questo va verso l'esterno del nucleo urbano tendono a bilanciarsi.

Nel caso di centri abitati che presentano un'attrattiva a livello di servizi o attrezzature (università, scuole, uffici, attività industriali, artigianali e commerciali inserite nel contesto urbano, ecc.) il flusso non risulta invece bilanciato. In questo caso, con riferimento al livello dei servizi che offre il centro urbano di riferimento, questa popolazione viene calcolata come una

percentuale della popolazione residente, variabile in relazione all'importanza del centro stesso. Per l'intero Paese il D.M. 16.03.1967 riporta il 20% come valore medio.

Nel presente studio, per quanto riguarda la popolazione fluttuante, è stata considerata esclusivamente la componente fluttuante su base stagionale, cioè quella strettamente turistica, in quanto il territorio in esame non presenta grandi centri urbani o città d'arte, ad eccezione dei capoluoghi di Provincia come Macerata, Fermo e Ascoli Piceno. Per questi centri più grandi è stato considerato che il flusso giornaliero diretto dall'esterno verso il centro abitato e quello che da questo va verso l'esterno del nucleo urbano tendono a bilanciarsi.

Invece, nel territorio in esame, sono presenti diverse località balneari a forte vocazione turistica e non è, quindi, possibile trascurare i fabbisogni della popolazione fluttuante stagionale.

Il turismo è maggiormente concentrato nei mesi estivi e i dati a disposizione confermano che il mese di punta è agosto. Per questo è stato scelto agosto come mese di massimo consumo per stimare il fabbisogno idropotabile.

Per quanto riguarda i dati sulla popolazione fluttuante si è fatto riferimento al Sistema Informatico Statistico della Regione Marche. In questo sistema vengono pubblicati i dati relativi al movimento turistico (arrivi e presenze di turisti italiani e stranieri per paese o provincia di provenienza) e alla capacità ricettiva (numero di strutture per tipologia, numero di letti, numero di camere, numero di bagni, numero di piazzole) relativa al territorio marchigiano. I dati relativi agli arrivi e alle presenze sono forniti con cadenza annuale e mensile. Per arrivi turistici si intende il numero di persone, italiane e straniere, ospitate negli esercizi ricettivi (alberghieri o complementari) nel periodo di riferimento considerato (un anno o un mese). Mentre, per presenze turistiche si intende il numero delle notti trascorse dai clienti negli esercizi ricettivi (alberghieri o complementari). Il rapporto tra le presenze turistiche e gli arrivi turistici rappresenta la permanenza media.

I dati disponibili con cadenza annuale si riferiscono al periodo di tempo compreso tra il 1999 e il 2018 con la mancanza di 3 anni, dal 2010 al 2012 e sono relativi ai comuni della Regione Marche. Gli anni mancanti sono relativi ai dati non validati dall'Istat e non pubblicati dal SIS della Regione Marche. Quindi, in totale sono disponibili 17 anni. I dati con cadenza mensile sono invece disponibili per gli anni 2004, 2006 e per il periodo 2014 – 2018 e sono raggruppati per province. Nella tabella di figura 3.3.2.1 sono riportati gli arrivi totali nel mese di agosto considerato come il mese di massimo consumo suddivisi per province; questo dato è fondamentale per stimare i fabbisogni idropotabili nel mese di punta.

ANNO	ANCONA	MACERATA	FERMO	ASCOLI PICENO	TOTALE
2004	116484	50018	-	119312	285814
2006	114529	19805	-	117706	282040
2014	152950	73531	60032	85557	372070
2015	160130	74278	67124	95388	396920
2016	147243	68782	60762	87338	364125
2017	138963	55785	47053	73254	315055
2018	139356	59084	38596	73514	310550

Figura 3.3.2.1 - Arrivi totali nel mese di agosto suddivisi per province (la provincia di Fermo è divenuta operativa nel 2009) (Istat, 2018)

Dal momento che i dati sugli arrivi mensili sono disponibili solo per le province, è stata adottata una procedura per ottenere gli arrivi mensili nel mese di massimo consumo per ogni singolo comune e poi raggruppare i comuni negli ATO di appartenenza. In particolare, dagli arrivi mensili per provincia si è ricavata la percentuale di arrivi per il mese di punta, solitamente il mese di agosto, dividendo gli arrivi nel mese di punta per gli arrivi totali annui. Moltiplicando questa percentuale per gli arrivi totali annui di ogni comune appartenente alla stessa provincia è stato possibile calcolare gli arrivi nel mese di punta per comune e quindi gli arrivi totali nel mese di punta per ATO. I risultati ottenuti sono riportati nella tabella di figura 3.3.2.2.

ANNO	ATO3	ATO4	ATO5	TOTALE
2004	83255	14980	102541	200775
2006	83629	14500	100845	198973
2014	119072	19820	129735	268627
2015	115890	21484	138623	275997
2016	114359	19643	135752	269754
2017	97364	13092	111919	222375
2018	104022	12238	101507	217767

Figura 3.3.2.2 -Arrivi totali nel mese di agosto suddivisi per ATO (Tesi di Laurea di Beatrice Costantini)

È possibile osservare che i comuni con maggiore attrattiva turistica sono quelli costieri, in particolare Numana, Porto Recanati e Civitanova Marche nell' ATO 3, Porto Sant'Elpidio nell'ATO 4, Porto San Giorgio, Cupra Marittima, Grottammare e San Benedetto del Tronto nell'ATO 5. Nel comune di San Benedetto del Tronto la popolazione turistica nel mese di agosto 2015 supera addirittura la popolazione residente pari a circa 47000 abitanti (figura 3.3.2.3).

POPOLAZIONE FLUTTUANTE								
Arrivi totali mese di massimo consumo (agosto)								
Ambito Territoriale Ottimale	ATO 3			ATO 4	ATO 5			
Comune	Numana	Porto Recanati	Civitanova Marche	Porto Sant'Elpidio	Porto San Giorgio	Cupra Marittima	Grottammare	San Benedetto del Tronto
2004	13857	11057	8168	9643	12692	4452	9896	33564
2006	14306	10844	7697	8878	12523	4511	10351	33822
2014	17224	14944	13467	10891	11824	5776	13963	41160
2015	19524	15373	13497	13454	13233	6353	15197	48159
2016	17340	14147	13915	13353	11609	6090	13559	44879
2017	16821	11617	14147	7285	10493	6070	12784	36514
2018	17321	12665	13140	6327	10062	5848	11759	36582

Figura 3.3.2.3– Popolazione fluttuante nel mese di agosto nei comuni che richiamano il maggiore numero di turisti (Tesi di Laurea di Beatrice Costantini)

A differenza della popolazione residente, per la popolazione fluttuante non ci sono previsioni validate fornite dall'Istat, data l'estrema variabilità dei fattori in gioco. Dal momento che è molto difficile fare una stima della popolazione fluttuante futura, essendo questa affetta da troppe variabili

incerte, si è deciso di considerare per il calcolo del fabbisogno idrico futuro il dato disponibile maggiore, ossia gli arrivi nel mese di agosto 2015. Non è stato considerato il dato più recente disponibile (2018) poiché il sisma del 2016 ha condizionato profondamente il turismo del territorio negli anni successivi. Inoltre, questo dato va opportunamente integrato per tenere conto degli arrivi non denunciati. Infatti, è comune l'esistenza di posti letto non ufficiali, cioè non censiti, costituiti di norma da abitazioni di proprietà privata. Quindi il dato scelto è stato incrementato del 20% per tener conto di tutti gli arrivi non tracciati per varie ragioni.

L'insieme dei dati utilizzati per stimare il fabbisogno idropotabile futuro è riportato nella tabella di figura 3.3.2.4.

AMBITO	COMUNI	SUPERFICIE (<i>km</i> ²)	POPOLAZIONE RESIDENTE AL 2018	POPOLAZIONE FLUTTUANTE AL 2015	POPOLAZIONE FLUTTUANTE INCREMENTATA DEL 20%
ATO3	46	2520,64	354647	123062	147674
ATO4	27	650,89	118198	21484	25781
ATO5	59	1812,97	294409	138623	166348
Totale	132	4984,5	767254	283169	339803
Regione Marche	230	9387,51	1534285	369860	443832

Figura 3.3.2.4 – Popolazione residente e fluttuante utilizzata per la valutazione dei fabbisogni idropotabili futuri (Tesi di Laurea di Beatrice Costantini)

CAPITOLO 4

La Modellazione della rete

La costruzione del modello rappresenta la fase iniziale della progettazione e si concretizza nella realizzazione di un network che è in grado di descrivere, nel modo più corretto possibile, lo schema topologico della rete digitalizzando tutti gli elementi fisici propri del sistema e delineando tutte le condizioni operative di contorno.

4.1 Ipotesi di modellazione della rete

La prima fase della modellazione è stata condotta dal Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura dell'Università Politecnica delle Marche come parte dei primi risultati di studio sulla fattibilità idraulica dell'opera.

Il modello del sistema di interconnessione è stato realizzato mediante il software EPANET 2.2 (Rossman et al., 2000), sviluppato dalla United States Environmental Protection Agency.

In questa prima fase di modellazione, sono state ricostruite le reti idriche del Pescara, dei Sibillini, del Tennacola e del Nera e la loro interconnessione, compresa quella già esistente, tra la rete del Pescara e dei Sibillini, presso il partitore di Rovetino. Per quanto riguarda le grandi derivazioni, l'alimentazione della rete idrica avviene tramite le sorgenti principali dei tre sistemi esistenti: le sorgenti di Capodacqua e Foce, della rete idrica gestita dal CIIP, le sorgenti di Capotenna e Giampiereto facenti parte dell'acquedotto del Tennacola e la sorgente di San Chiodo, dell'acquedotto del Nera. La sorgente di Pescara del Tronto (rete idrica CIIP), considerando

la configurazione da realizzare con il posizionamento della nuova condotta, si immette in corrispondenza del nodo Borgo di Arquata. La sorgente del Tennacola è stata posizionata in corrispondenza del bottino di presa in località Giampiereto, dove la portata proveniente dalla Sorgente Capotenna si somma a quella della stessa Sorgente di Giampiereto (Valle Tre Santi).

Con riferimento alle sole grandi derivazioni, l'alimentazione della rete idrica è stata simulata mediante un nodo di immissione di portata. In tale modo è possibile fissare la portata prelevata dalle sorgenti ad un valore prestabilito ma, anche, valutare l'impatto sull'intero sistema della variabilità della portata, potendo considerare diversi scenari di funzionamento. Le sorgenti sono state simulate con nodi a portata fissata per i quali, però, non è possibile fissare anche il carico piezometrico alla sorgente. Poiché nelle condotte il carico piezometrico è invece fissato a valle e le condotte esistenti risultano sovradimensionate rispetto alle portate in gioco, il carico idraulico in corrispondenza delle sorgenti risulterebbe inferiore al valore reale. Tale criticità viene superata inserendo una valvola PSV (pressure sustaining valve) a monte del partitore. Per la valvola PSV è possibile fissare il valore della perdita di carico che assicuri il carico piezometrico noto in corrispondenza della sorgente.

Tra il partitore in pressione di Polesio e il partitore a pelo libero di Capradosso è stata inserita, invece, una valvola PBV (pressure breaker valve) per fissare il valore, noto, del pelo libero nel partitore di Capradosso.

Il contributo delle piccole derivazioni utilizzate per il soccorso, nei diversi scenari considerati, è stato modellato sottraendo la portata derivata da ciascun impianto alla domanda valutata nel nodo posto in prossimità della derivazione considerata. Nel modello idraulico sono stati presi in considerazione gli impianti di soccorso di Rapagnano, sottraendo la portata derivata alla domanda del nodo omonimo (18), l'impianto di soccorso di S. Caterina, il cui contributo è stato simulato nel nodo 15, l'impianto di Casteltrosino riducendo la portata richiesta nel nodo 6 ed il pozzo del Fosso

dei Galli mediante la riduzione della domanda nodale nel nodo 8. Il contributo dei pozzi di Capodacqua è stato, invece, tenuto in considerazione sommando la portata derivata dal campo pozzi al valore fissato per la sorgente. Il contributo delle derivazioni minori non è stato preso in considerazione nel modello. Allo stesso modo, in questa fase, non sono stati considerati i numerosi impianti di soccorso presenti nelle reti dell'ATO3. In figura 4.1.1 si riporta lo schema relativo al modello di prima fase appena descritto.

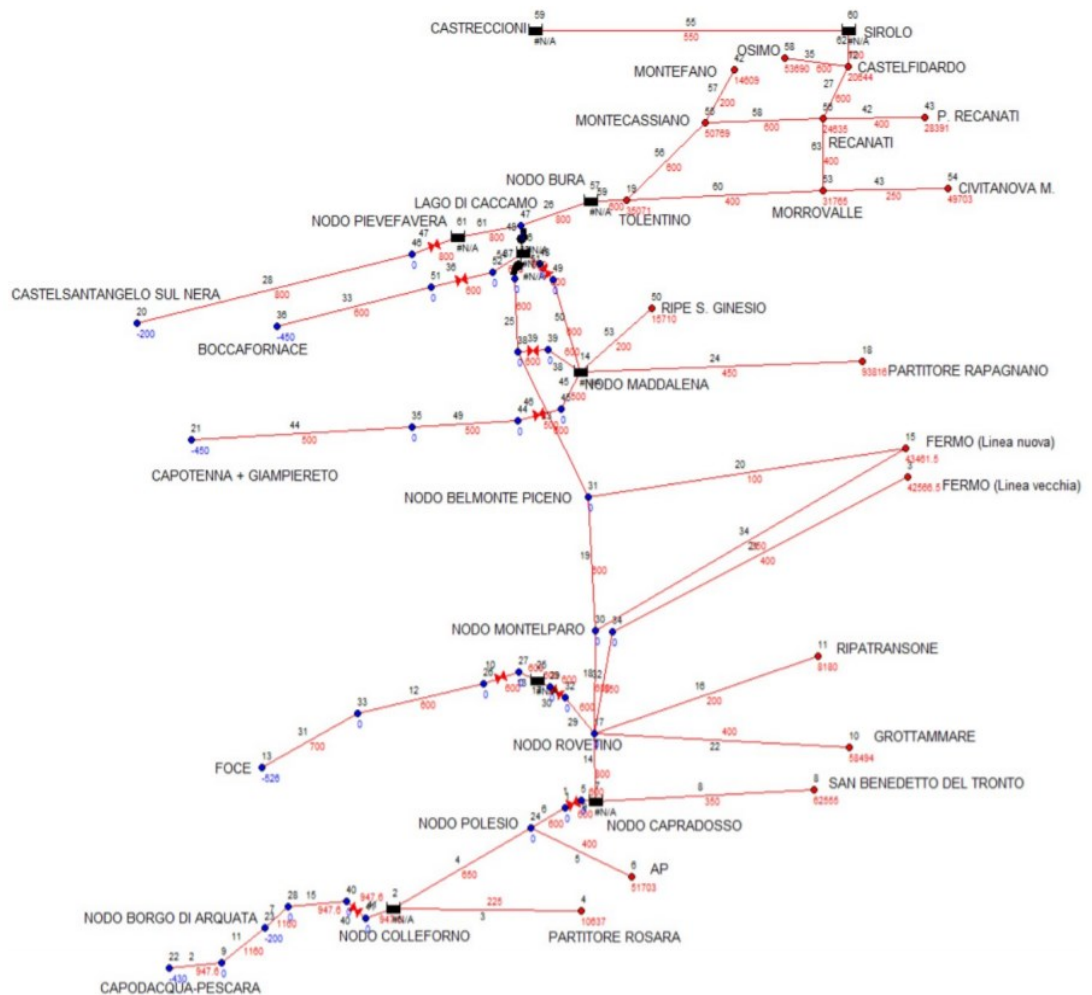


Figura 4.1.1 – Modello idraulico del sistema di interconnessione realizzato con EPANET
(Relazione di Prima Fase)

La rete compresa tra le sorgenti e i partitori principali è stata modellata utilizzando le informazioni fornite dai gestori.

Dalla sorgente di Capodacqua è stato modellato il nuovo tracciato dell'Acquedotto del Pescara mediante una condotta DN1000 per una lunghezza di 5852 m e DN1200 per altri 2854 m, fino al nodo di Borgo d'Arquata. Da qui, procedendo fino al nodo di Colleferno, la condotta è suddivisa in un primo tratto DN1200 di lunghezza 1207 m e un secondo tratto DN1000 di lunghezza 5439,1 m. Il nodo di Colleferno è collegato al nodo di Polesio mediante una condotta DN650 di lunghezza 24503,66 m. Dal nodo di Polesio al nodo di Capradosso la condotta presenta un DN600 ed è lunga 1678,51 m. Dal nodo di Capradosso al nodo di Rovetino la condotta attuale è caratterizzata da DN400 e una lunghezza di 5198 m circa. Dal nodo di Rovetino partono due condotte: una diretta a Fermo e l'altra diretta al nodo di Montelparo. Quest'ultima è una condotta DN450 lunga 5683 m. Da Montelparo a Belmonte Piceno la condotta attuale è DN125 ed è lunga 8423 m. La condotta che parte dalla sorgente di Foce è DN700 per una lunghezza di 9240 m circa, DN600 per altri 12.353 m circa fino allo sfiato libero di Foce. Quest'ultimo è posto a monte del partitore di Rovetino e determina un importante abbattimento di pressione, fissando la piezometrica a 774 m. A partire dallo sfiato prosegue una condotta DN600 di lunghezza 5185 m fino al nodo di Rovetino.

Dalla sorgente di Giampiereto partono due condotte affiancate caratterizzate da DN450 per una lunghezza di 11.182 m circa e DN500 per altri 4.479 m, fino al nodo Maddalena. Considerato che la situazione reale presenta delle ulteriori particolarità, nel modello è stata inserita un'unica condotta con un diametro equivalente DN500 per rappresentare l'adduzione da Giampiereto a Maddalena. Infine, dalla sorgente di Castelsantangelo sul Nera parte la condotta DN800 di lunghezza 40.031,5 m considerando il tratto fino al nodo previsto a Caccamo. Nel modello è stato considerato anche l'eventuale contributo al sistema di interconnessione della sorgente di Boccafornace, con

la realizzazione di un collegamento DN600 di lunghezza 20 km fino al nodo di Caccamo.

I contributi degli invasi sono stati modellati come serbatoi a livello costante (“Reservoirs”) in modo da simulare una capacità infinita. Un primo serbatoio è stato posizionato a Caccamo per rappresentare i contributi del Lago di Caccamo o della portata proveniente dal Lago di Fiastra e turbinata dalla centrale di Valcimarra. Anche il partitore di Capradosso è modellato mediante un serbatoio “Reservoir”, in modo da simulare la disponibilità di un volume d’acqua proveniente dal Lago di Talvacchia, il cui contributo, insieme a quello dell’invaso artificiale di Fiastra, può sopperire al “deficit” delle riserve che si crea in fase di emergenza. Sempre in quest’ottica, il Lago di Castreccioni è stato ipotizzato come alimentazione del serbatoio di riserva posto a Sirolo (AN).

I partitori presenti lungo la rete sono stati modellati distinguendo tra partitori in pressione (nodo a domanda nulla ed elevazione fissata) e partitori a pelo libero (serbatoio a livello costante fissato). Sono partitori in pressione il partitore di Rovetino, Montelparo e Belmonte Piceno, mentre i manufatti di Colleferno, Capradosso, Maddalena, Pievefavera e Bura sono a pelo libero. Lo sfiato libero a monte del partitore di Rovetino è rappresentato da un serbatoio a livello costante.

Per imporre il valore della portata prelevata dalla sorgente di Foce, tra lo sfiato e il partitore è stata inserita una valvola FCV (flow control valve) che permette di fissare la portata al valore immesso alla sorgente. Per quanto riguarda la porzione di rete a valle dell’interconnessione, sono state rappresentate le sole condotte principali in partenza dai partitori fino ai nodi ritenuti maggiormente significativi.

A causa della impossibilità, in questa fase, di rappresentare in dettaglio l’intero sistema di adduzione fino ai singoli serbatoi, alle condotte a valle dell’interconnessione è stata assegnata la lunghezza fornita dai gestori, o ricavata dalla cartografia disponibile, mentre per il diametro è stato utilizzato

un “diametro equivalente” calcolato in modo da garantire, a valle dell’interconnessione, il fabbisogno richiesto dall’utenza mantenendo nel nodo di estremità un carico piezometrico positivo riferito alla quota del terreno.

Partendo dalla rete del territorio dell’ATO 5 e procedendo da Sud verso Nord, le principali derivazioni modellate sono: dal partitore di Colleforno è stata considerata la condotta diretta al partitore di Rosara; dal nodo di Polesio è stata presa in considerazione la condotta diretta ad Ascoli Piceno; dal partitore di Capradosso parte la condotta diretta verso San Benedetto del Tronto; dal nodo di Rovetino partono le condotte dirette a Ripatransone e a Grottammare rispettivamente. Dal nodo di Rovetino, passando per il nodo di Montelparo, sono state modellate le due linee dirette a Fermo, denominate rispettivamente “linea vecchia” e “linea nuova”; dal nodo di Montelparo è stato considerato, infine, il collegamento Belmonte Piceno – Fermo sulla “linea nuova”.

Per la rete dell’ATO 4, dal nodo Maddalena partono due condotte, una diretta verso il partitore di Rapagnano e l’altra verso il nodo di Ripe San Ginesio.

Infine, per la rete dell’ATO 3, dal nodo previsto in corrispondenza dell’invaso di Caccamo parte la condotta diretta a Tolentino. Qui la rete si divide in due tratti, uno che si sviluppa lungo le valli del Potenza e del Musone fino a raggiungere il serbatoio in progetto a Sirolo e l’altro lungo la valle del Chienti fino a Civitanova Marche. Sono stati considerati anche un collegamento tra i due tratti previsto tra i nodi di Morrovalle e Recanati e le diramazioni principali per Civitanova Marche, Porto Recanati e Osimo.

Nelle reti a valle dell’interconnessione il valore della domanda nodale è stato calcolato in base alla dotazione idrica fissata per lo scenario ed alla popolazione (residente + fluttuante) servita lungo il ramo e a valle del nodo di estremità considerato.

In questa fase preliminare, l’interconnessione è stata ipotizzata con condotte DN600 sul tratto Rovetino – Montelparo – Belmonte Piceno –Maddalena –

Caccamo, mentre è stata prevista anche la sostituzione della condotta DN400 dal partitore di Capradosso a quello di Rovetino con un DN800.

L'analisi del profilo altimetrico dell'interconnessione, costruito sulla base del DTM della Regione Marche a passo 100 m, mette in evidenza la necessità di realizzare dei sollevamenti per permettere il collegamento delle reti in entrambe le direzioni. In particolare, è necessario prevedere un primo impianto di sollevamento per il collegamento tra il Lago di Caccamo, posto ad una quota di circa 300 m s.m.m. e la condotta dell'Acquedotto del Nera DN800 esistente, che in quella zona presenta un carico piezometrico elevato (partitore di Pievefavera 546 m s.m.m.). In questo modo sarà possibile rendere disponibile la portata di soccorso alla rete a valle del nodo di Tolentino. Inoltre, per rendere la risorsa presente nella riserva di Caccamo disponibile per la rete posta a Sud del lago stesso, il sistema di interconnessione dovrà essere dotato di un ulteriore impianto di sollevamento, da realizzare in prossimità del lago stesso, necessario per permettere il collegamento tra il lago e la condotta di interconnessione in corrispondenza del nodo Maddalena, dove il partitore in pressione è posto ad una quota di circa 584 m s.m.m. ed il carico piezometrico risulta piuttosto elevato.

Nello schema idraulico proposto, in corrispondenza del nodo Maddalena, la condotta di interconnessione è stata separata dal partitore a superficie libera e tra condotta e partitore Maddalena è stata inserita una valvola PSV. La regolazione della valvola permette il deflusso della portata lungo il sistema di interconnessione in entrambi i versi. Infine, è stato previsto un collegamento tra il partitore Maddalena e il Lago di Caccamo DN600 di lunghezza 18,5 km, per consentire il deflusso dal nodo Maddalena verso il lago quando il collegamento deve avvenire da Sud verso Nord. In questo schema il deflusso da Capradosso a Caccamo potrebbe avvenire, con le opportune regolazioni a Maddalena, senza impianti di sollevamento.

4.2 L'implementazione del modello a valle dei partitori principali

4.2.1 I software utilizzati

Nell'ambito del lavoro di modellazione svolto per la presente tesi di laurea, sono stati utilizzati operativamente due software: Epanet 2.2 e QGIS 3.10.

Epanet 2.2 è un software di simulazione idraulica che può essere utilizzato per diverse tipologie di applicazione nell'analisi dei sistemi di distribuzione idrica. Può essere utile, ad esempio, per progettare programmi di campionamento, calibrare un modello, analizzare la funzionalità di una rete sia dal punto di vista meramente idraulico sia della qualità dell'acqua all'interno del sistema.

Sviluppato dalla United States Environmental Protection Agency's (EPA), divisione Acquedotti e Risorse Idriche, è scaricabile gratuitamente dal sito www.epa.gov.

In Epanet, una rete può essere rappresentata mediante condotte, nodi di giunzione, pompe, valvole e serbatoi di stoccaggio o serbatoi. Il programma è in grado di calcolare il flusso d'acqua in ogni tubazione, la pressione ai nodi, l'altezza dell'acqua in ogni serbatoio e la concentrazione di una specie chimica in tutta la rete durante un periodo di simulazione composto da più fasi temporali. Oltre alle specie chimiche, è possibile simulare anche l'età dell'acqua e la tracciabilità della sorgente.

Funzionando in Windows, Epanet fornisce un ambiente integrato per la modifica dei dati di input di rete, l'esecuzione di simulazioni idrauliche e qualitative dell'acqua e la visualizzazione dei risultati in una varietà di formati. Questi includono mappe di rete codificate a colori, tabelle di dati, grafici di serie temporali e grafici di contorno.

Il programma contiene un motore di analisi idraulica all'avanguardia con le seguenti capacità:

- Non pone limiti al dimensionamento della rete che si vuole analizzare;

- calcola le perdite di carico distribuite utilizzando le formule di Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning;
- include le perdite di carico in prossimità di curve, raccordi, ecc.;
- dispone di modelli di pompe a velocità costante o variabile;
- calcola l'energia di pompaggio e il costo;
- modella vari tipi di valvole tra cui valvole di intercettazione, ritegno, regolazione della pressione e controllo del flusso;
- consente ai serbatoi di stoccaggio di avere qualsiasi forma (ad esempio il diametro può variare con l'altezza);
- considera più categorie di domanda ai nodi, ognuna con il proprio modello di variazione temporale;
- modella la pressione di flusso in uscita da erogatori;
- modella la domanda guidata dalla pressione ai nodi;
- può basare il funzionamento del sistema sia su semplici controlli del livello del serbatoio o del timer che su controlli basati su regole più complesse.

QGIS 3.10 è, invece, un software Open Source di gestione di dati geografici. È scaricabile gratuitamente dal sito ufficiale www.qgis.org dove, inoltre, è possibile trovare un'ampia documentazione e tutorial sul suo utilizzo.

Ad oggi l'ultima versione stabile di QGIS è la 3.10. Il software, gestito da un gruppo di sviluppatori volontari, presenta aggiornamenti con variabilità quadrimestrale, per cui l'aggettivo "stabile" sta ad indicare una versione che non viene modificata giornalmente o quasi oppure che non è previsto che venga rivoluzionata del tutto da un giorno all'altro, come invece accade nelle versioni di sviluppo. QGIS offre attualmente strumenti di analisi vettoriale, analisi raster, campionamento, geoprocessing, gestione della geometria e dei database.

Il programma non è altro che un plugin di GIS con un'interfaccia che ricorda molto quella di GIS stesso. Il software permette di far confluire, quindi, dati provenienti da diverse fonti in un unico file di analisi territoriale. I dati, divisi

in layers, possono essere analizzati e visualizzati sotto forma di immagine che può essere personalizzata dall'utente ed eventualmente rispondere alle analisi tipiche del GIS.

4.2.2 Epanet 2.2

Una rete di distribuzione idrica può essere vista, da un punto di vista topologico, come un grafo, cioè un insieme di elementi diversi tra loro come ad esempio condotte, valvole e pompe, ciascuno con le proprie caratteristiche, connessi da elementi di estremità che vengono chiamati nodi. Il sistema di equazioni che governano il moto permanente in una rete idrica in pressione costituita da "n" nodi e "l" tronchi si compone di:

- Equazioni di continuità dei carichi nei rami della rete, pari al numero di tronchi "l" e che legano le perdite di carico con la portata circolante nei tronchi stessi. Esse possono essere espresse attraverso la seguente equazione di tipo non lineare, funzione del ramo j-esimo considerato:

$$\Delta H_j = \beta * q_j^\alpha * D_j^{-\gamma} * L_j$$

dove L_j indica la lunghezza del tratto j-esimo, ΔH_j la perdita di carico nel tratto j-esimo, q_j la portata circolante, D_j il diametro, β il coefficiente di scabrezza della condotta e γ , α rappresentano gli esponenti funzione del tipo di formula monomia utilizzata;

- Equazioni di continuità nei nodi, pari al numero di nodi "n" e rappresentanti il principio di conservazione della massa ovvero che la portata entrante in un nodo è esattamente uguale a quella uscente; esse vengono scritte per ogni nodo:

$$|\sum q_i + Q_i|=0$$

dove q_i rappresenta la sommatoria delle portate entranti e uscenti dal nodo i -esimo e Q_i rappresenta le portate concentrate nel nodo i -esimo.

La simulazione del funzionamento della rete parte dall'ipotesi di conoscere, per ogni tratto del sistema e per ogni nodo, le seguenti grandezze:

- lunghezza;
- diametro;
- portate erogate in condotta, ricondotte a portate erogate ai nodi;
- scabrezza;
- quote piezometriche del serbatoio.

In tal modo le incognite del problema restano:

- portate effettivamente circolanti nelle condotte;
- carichi piezometrici ai nodi.

Di conseguenza si avranno $(n + 1)$ incognite e $(n + 1)$ equazioni che rendono il problema determinato. Esso, essendo un problema non lineare, viene risolto con un metodo iterativo. Il metodo utilizzato per la simulazione idraulica dal software EPANET 2.2 è stato ideato nel 1987 da Todini e Pilati.

Si analizzano ora i vari elementi presenti nel programma, che permettono di trasformare gli elementi fisici della rete in elementi virtuali definiti all'interno del programma di simulazione.

Da un punto di vista ingegneristico tale operazione prende il nome di modellazione. Con Epanet, infatti, si può schematizzare una rete reale rappresentando gli elementi che la costituiscono e caratterizzandoli con i rispettivi parametri.

In particolare, una rete di acquedottistica è rappresentata come un insieme di collegamenti (“links”) che sono tra loro connessi tramite dei nodi (“nodes”).

I collegamenti possono essere:

- tubazioni;
- pompe;
- valvole.

I nodi di giunzione (junctions) possono essere:

- punti di consumo di acqua (nodi di domanda, in cui l'acqua può lasciare il sistema di distribuzione vero e proprio per soddisfare la richiesta delle utenze);
- punti di entrata per l'acqua (nodi sorgente, in cui vi è una portata che entra nella rete, la quale è considerata come una domanda negativa);
- serbatoi o cisterne (nodi di immagazzinamento).

Tutti questi elementi sono definiti elementi fisici del sistema. Ad essi si aggiungono gli elementi detti non fisici che sono:

- curve;
- andamenti temporali (time patterns);
- controlli.

Per ciascun nodo di domanda o di sorgente, Epanet richiede l'inserimento della domanda d'acqua al nodo e della quota assoluta del terreno; in particolare, è possibile anche assegnare la variazione di portata erogata o entrante nel periodo della simulazione ("Demand Pattern"), che viene generata in EPANET grazie all'assegnazione dei cosiddetti "Time Patterns".

In figura 4.2.2.1 è riportata l'interfaccia grafica delle proprietà di un nodo di giunzione in Epanet2.2.

Junction 21	
Property	Value
*Junction ID	21
X-Coordinate	-5271.659
Y-Coordinate	10866.373
Description	
Tag	
*Elevation	740
Base Demand	-450
Demand Pattern	3
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Actual Demand	#N/A
Total Head	#N/A
Pressure	#N/A
Quality	#N/A

Figura 4.2.2.21- Interfaccia delle proprietà di un nodo (junction) in Epanet 2.2

Il programma, a simulazione completata, risale ai valori di carico idraulico e di pressione nel nodo considerato.

Un'altra tipologia di nodi di giunzione è data dai serbatoi o dalle cisterne. Questi sono punti del sistema in cui vi è un immagazzinamento di acqua, cioè punti in cui vi è una superficie libera e, di conseguenza, un valore fissato di carico piezometrico. Si distinguono in serbatoi ("Tanks") e cisterne ("Reservoirs"); la differenza consiste nel fatto che nel serbatoio il livello della risorsa varia in funzione della differenza fra portata entrante ed uscente nello stesso, mentre nelle cisterne il livello resta costante indipendentemente da tale differenza, come se fossero dei punti a disponibilità idrica infinita. Fondamentalmente l'entità Tanks viene usata nella modellazione di serbatoi di testata o d'estremità, cioè per quegli elementi in cui la variazione del livello piezometrico non può essere trascurata. I serbatoi a livello variabile sono definiti da parametri quali la quota del fondo, il diametro, il livello minimo della risorsa, il livello massimo ed il livello iniziale.

L'entità Reservoir viene, invece, utilizzata nella modellazione di elementi a capacità infinita e carico costante come, per esempio, le falde o gli invasi. Da un punto di vista degli attributi, tali elementi vengono definiti dal valore del carico totale. È altresì possibile assegnare ad essi un "Head Pattern" ovvero un andamento temporale dei carichi, in modo da non considerare per tutto il periodo della simulazione un singolo valore. È ovvio che per fare questa operazione è necessaria la conoscenza della pressione in quel nodo e questo può essere ottenuto solo tramite delle misurazioni.

In figura 4.2.2.2 si riporta l'interfaccia delle proprietà di un Reservoir in Epanet 2.2.

Property	Value
*Reservoir ID	2
X-Coordinate	-1497.797
Y-Coordinate	2540.382
Description	
Tag	
*Total Head	837.5
Head Pattern	
Initial Quality	
Source Quality	
Net Inflow	#N/A
Elevation	#N/A
Pressure	#N/A
Quality	#N/A

Figura 4.2.2.2 - Interfaccia delle proprietà di un Reservoir in Epanet 2.2

Le tubazioni sono modellate come entità "Pipes" ed hanno il compito di trasportare la risorsa tra due diverse giunzioni. In accordo con i principi idraulici, il flusso dipende dalla differenza di carico piezometrico tra i due nodi d'estremità della condotta ed è diretto nel senso decrescente del carico. I parametri richiesti per la loro definizione nel programma sono nodo iniziale

e nodo finale, diametro, lunghezza e coefficiente di scabrezza, oltre ovviamente al codice identificativo (figura 4.2.2.3).

Property	Value
*Pipe ID	4
*Start Node	2
*End Node	24
Description	
Tag	
*Length	24503.66
*Diameter	650
*Roughness	0.15
Loss Coeff.	0
Initial Status	Open
Bulk Coeff.	
Wall Coeff.	
Flow	#N/A
Velocity	#N/A
Unit Headloss	#N/A
Friction Factor	#N/A
Reaction Rate	#N/A
Quality	#N/A
Status	#N/A

Figura 4.2.2.3 - Interfaccia delle proprietà di una condotta (pipe) in Epanet 2.2

Per il calcolo delle perdite di carico distribuite lungo la condotta, Epanet propone tre leggi note dall'Idraulica delle correnti in pressione che possono essere selezionate di "default" all'inizio del progetto. Esse sono:

- Hazen-Williams, valida solamente in regime di moto turbolento di transizione e per l'acqua:

$$a = 4,72 \cdot C^{-1,85} \cdot d^{-4,87} \cdot L \qquad b = 1,85$$

- Chezy-Manning, valida solamente in regimi di moto assolutamente turbolento:

$$a = 4,66 \cdot n^2 \cdot d^{-5,33} \cdot L \qquad b = 2$$

- Darcy-Weisbach, adatta alle diverse condizioni del moto (moto laminare, regime di transizione, e puramente turbolento):

$$a = 0,0252 \cdot f(\varepsilon, d, q) \cdot d^{-5} \cdot L \qquad b = 2$$

In esse, L è la lunghezza del tubo, C è il coefficiente di rugosità di Hazen-Williams, n è il coefficiente di scabrezza di Manning, ε è il coefficiente di rugosità di Darcy-Weisbach, f è il fattore d'attrito (dipendente da: ε , d e q). In particolare, per il calcolo di f vengono utilizzate diverse relazioni, a seconda del valore assunto dal numero di Reynolds (Re).

Materiale	Hazen Williams C	Darcy-Weisbach ε (in millipiedi)	Chezy-Manning n
Calcestruzzo	120-140	1-10	0,012-0,015
Plastica	140-150	0,005	0,011-0,015
Acciaio	140-150	0,15	0,015-0,017

Figura 4.2.2.4 - Coefficienti di scabrezza per tubazioni nuove

A simulazione avvenuta, Epanet permette di visualizzare l'andamento temporale della portata in condotta, le perdite di carico e la velocità media dell'acqua.

Un'altra categoria di links è rappresentata dalle pompe o sollevamenti; questi in Epanet vengono modellati come "Pumps" e praticamente si realizzano collegando il link "Pump" alla condotta di aspirazione e a quella di mandata. Nel caso in cui queste pompe sono al servizio di opere di presa, esse vengono collegate direttamente alla vasca di captazione. Il parametro che definisce in toto tali elementi è rappresentato dalla curva caratteristica, cioè dalla

relazione che lega la portata transitante nella pompa al carico fornito al fluido.

Nella modellazione delle pompe il software usa l'ipotesi che l'acqua scorra solo lungo una direzione e questo rende importantissimo, nella loro definizione, la corretta indicazione del nodo finale e di quello iniziale. Essendo esse, infatti, modellate come links, per definirle occorre specificare un punto di partenza ed uno di arrivo. In definitiva, per modellare una pompa in Epanet, occorre definire il punto o nodo di partenza, quello di arrivo e la curva caratteristica. In esse, inoltre, si può specificare lo stato iniziale (acceso o spento) e far variare tale stato in funzione di due tipologie di controlli: uno dipendente dal tempo, cioè la pompa viene accesa o spenta in funzione di intervalli temporali, e uno dipendente da condizioni al contorno come il livello all'interno dei serbatoi o il superamento di una certa soglia di pressione in determinati nodi. Al termine della simulazione il programma restituisce la portata che fluisce nella pompa e la prevalenza che essa fornisce al fluido attraverso la differenza di carico dei nodi ai quali essa è collegata.

L'ultima tipologia di links è rappresentata dalle valvole, modellate dall'entità "valves". Con tale espressione si indica una molteplice varietà di elementi che è possibile trovare all'interno di una rete idrica a scopo di controllo o regolazione.

Tali valvole sono considerate come degli archi di lunghezza infinitesima e di conseguenza vengono definite da un nodo iniziale, uno finale, dal diametro e dalla tipologia (figura 4.2.2.6).

In relazione alla tipologia è possibile trovare:

- Valvole riduttrici di pressione (PRV): limitano la pressione in un punto specifico della rete;
- Valvole a pressione costante (PSV): mantengono una pressione assegnata in un punto specifico della rete;

- Valvole di perdita di pressione (PBV): forzano una perdita specifica di pressione nel punto. Non sono veri e propri elementi fisici ma servono per simulare una perdita di pressione di cui sia nota l'esistenza, ad esempio a causa della rottura di una tubazione;
- Valvole di controllo del flusso (FCV): limitano il flusso ad un valore specifico;
- Valvole di controllo dell'apertura (TCV): simulano la parziale chiusura della valvola operando sul coefficiente della perdita localizzata assegnato alla valvola stessa;
- Valvola a scopo generale (GPV) utilizzate per rappresentare richieste particolari da parte dell'utilizzatore.

Property	Value
*Valve ID	10
*Start Node	26
*End Node	27
Description	
Tag	
*Diameter	600
*Type	PSV
*Setting	836.12
Loss Coeff.	0
Fixed Status	None
Flow	#N/A
Velocity	#N/A
Headloss	#N/A
Quality	#N/A
Status	#N/A

Figura 4.2.2.6 - Interfaccia delle proprietà di una valvola (valve) in Epanet 2.2

Quanto descritto fino ad ora riguarda la rappresentazione della parte fisica del sistema idrico, cioè l'insieme di elementi che compongono la rete. Accanto ad essi, come già accennato all'inizio del paragrafo, vi sono tutti quegli elementi che sono considerati non fisici, cioè non fisicamente presenti

nella rete ma indispensabili per descrivere le condizioni operative dell'acquedotto.

A questo gruppo appartengono:

- Curves: funzioni che permettono il controllo, ad esempio, dell'efficienza di una pompa in funzione della portata e della prevalenza (curva caratteristica), oppure il controllo del volume e del livello idrico all'interno di un serbatoio;
- Time patterns: rappresenta un insieme di coefficienti moltiplicatori che variano negli intervalli di tempo prestabiliti e che vengono applicati a determinate grandezze per renderle variabili nel tempo (ad esempio la richiesta idrica nei nodi, il carico nei serbatoi, il numero di giri delle pompe);
- Controls: permettono di controllare il funzionamento della rete nel tempo; essi rappresentano delle indicazioni che specificano lo status di determinati collegamenti ad orari prestabiliti (ad esempio l'accensione o lo spegnimento delle pompe, lo stato aperto/chiuso delle tubazioni, la regolazione delle valvole) oppure del soddisfacimento di specifiche condizioni relative ai livelli idrici nei serbatoi o alle pressioni in determinati nodi della rete (ad esempio, è possibile fissare il carico massimo nei nodi).

Ad oggi Epanet è il software più utilizzato per la verifica e la progettazione di reti in pressione per la sua versatilità e la sua semplicità d'utilizzo. L'interfaccia grafica è, infatti, molto intuitiva e dà la possibilità di affrontare problemi diversi tra loro. A questo si aggiunge la possibilità di interazione con altri tipi di software, la possibilità di esportare i risultati ottenuti dalla simulazione e la possibilità di osservarli non solo numericamente ma anche graficamente con opportuni diagrammi nei quali la grandezza d'interesse viene messa in relazione con il tempo. Epanet è, inoltre, in grado di fornire interessanti informazioni circa la qualità e l'età dell'acqua tramite i comandi

Trace, Age e Chemical; tali aspetti non vengono però descritti perché non inerenti alle tematiche della presente tesi.

Ai fini del lavoro svolto, con Epanet 2.2 si è sviluppato il modello esistente completando la rete di adduzione, rappresentando la parte a valle dei partitori principali relativamente all'ATO 5 fino ai serbatoi comunali.

Lo scopo è stato, dapprima, quello di cercare di rappresentare il funzionamento della rete attuale, considerando, per la disponibilità idrica, la portata di concessione e, per la domanda, i consumi reali registrati a livello dei serbatoi comunali.

In questo modo è stato possibile redigere un primo bilancio del sistema idrico che ha permesso di valutare il corretto funzionamento del modello in termini di direzione dei flussi e di pressioni positive ai nodi.

Solo successivamente è stato possibile estendere il calcolo del bilancio idrico a condizioni di disponibilità diversa e trarre le corrette considerazioni per le ipotesi di scenari differenti.

4.2.3 L'uso di Qgis per lo sviluppo del modello

Per la costruzione del modello si è lavorato anche in ambiente QGIS, importando i dati forniti dalla CIIP Spa, in formato vettoriale per sistemi georeferenziati. Inizialmente prodotto dalla ditta ESRI, lo shapefile è oggi usato come formato di interscambio tra i vari applicativi GIS. Una qualsiasi mappa in formato shape contiene da un minimo di 3 ad un massimo di 6 files; di questi, 3 sono obbligatori e, affinché un software GIS possa lavorare con uno shapefile, è buona norma che siano sempre salvati tutti nella stessa cartella. Essi presentano la seguente estensione:

- shp;
- shx;
- dbf.

L'estensione shp conserva le geometrie della mappa, l'estensione dbf conserva gli attributi degli elementi, l'estensione shx conserva l'estensione della mappa nello spazio. A tali estensioni si aggiunge, anche se non obbligatoria, l'estensione prj che contiene al suo interno l'informazione circa il sistema di riferimento utilizzato.

In figura 4.2.3.1 si possono visualizzare i 6 file vettoriali, e le relative estensioni, che costituiscono lo shapefile delle condotte della rete, fornito dal CIIP.

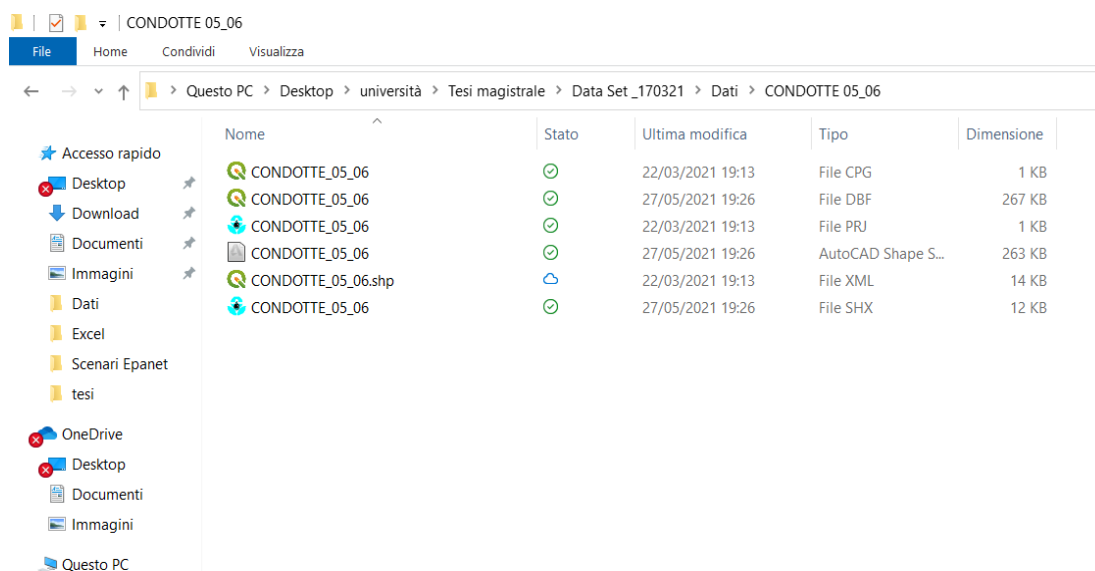


Figura 4.2.3.1 - I 6 file vettoriali forniti dal gestore che costituiscono lo shapefile “CONDOTTE_05_06”

In particolare, l’ente gestore ha fornito i dati relativi a:

- Condotte esistenti;
- Schematizzazione delle condotte;
- Manufatti;
- Nodi.

Oltre a questi, si è impiegato ulteriore shapefile relativo ai comuni delle Marche e aggiornato all'anno 2019. Questo è stato estratto dalle banche dati ed utilizzato per contestualizzare la rete.

Nome	Stato	Ultima modifica	Tipo
Comuni Marche 2019	☁	22/03/2021 19:16	Cartella di file
CONDOTTE 05_06	☁	27/05/2021 00:24	Cartella di file
Condotte_sc	☁	22/03/2021 19:16	Cartella di file
Manufatti	☁	22/03/2021 19:14	Cartella di file
Nodi	☁	22/03/2021 19:16	Cartella di file

Figura 4.2.3.2 - I dati vettoriali impiegati, suddivisi in cartelle contenenti i 6 file con le estensioni tipiche dei dati vettoriali

Ognuno di tali shapefiles (figura 4.2.3.2) è stato scaricato ed inserito in QGIS ed è rappresentato, ciascuno, da un layer differente che, anche se presente, può essere attivato o disattivato in base alle esigenze e che può essere personalizzato con etichette, colori, etc.

Si è proceduto anche con la scelta di utilizzare World Imagery di ESRI come mappa base di immagini aeree e satellitari ad alta risoluzione che è disponibile anche per Qgis (figura 4.2.3.3).

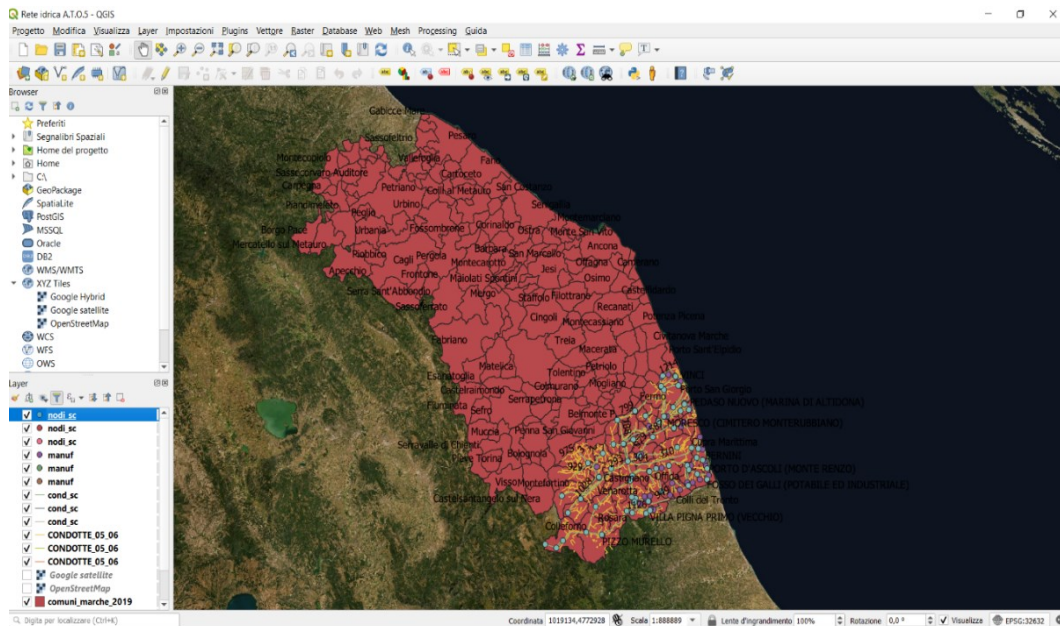


Figura 4.2.3.3 - Interfaccia grafica di Qgis dopo il caricamento degli shapefiles forniti dal gestore su base World Imagery di ESRI

Tramite Qgis e il caricamento degli shapefiles, che nell'immagine si possono vedere in basso a sinistra sotto forma di layers, è stato possibile visualizzare lo schema della rete idrica dell'ATO 5, dei territori comunali, dei manufatti presenti.

Ogni shapefile è caratterizzato anche da una serie di attributi che è possibile visualizzare in QGIS dalla "Tabella degli Attributi" dal menù che si apre posizionando il cursore sopra su ciascun layer e cliccando con il tasto destro del mouse. La figura 4.2.3.4 rappresenta la tabella degli attributi per lo shapefile delle condotte del sistema di rete dell'ATO 5. Come si nota, ogni condotta è definita da vari parametri ma i più importanti sono la classificazione, il tipo di materiale, la lunghezza, il diametro nominale, la provincia di appartenenza, la zona servita.

Per la lunghezza, in particolare, rispetto all'informazione presente nella colonna "Shape_Len" si è proceduto facendo ricalcolare al programma la geometria delle linee che rappresentano le condotte. Il valore ricalcolato è riportato nella colonna, denominata "Lunghezza", che è stata aggiunta alla

tabella Attributi. Tale operazione è necessaria perché spesso gli shapefiles sono oggetto di errori da parte dei tecnici o, semplicemente, non sono aggiornati.

OBJECTID	ID_SERVIZI	ID_ALIM	ID_ZONA	ENABLED	ID_SCH_AC	ID_CLASS_C	ID_PSE_CO	ID_SERV	ID_ZONA_CI	SHAPE_LEN	LUNGHEZZA	SCARTO	
1	0	NULL	ACCIAIO DN 500	NULL	0	NULL	NULL	NULL	NULL	1071.219915000000	822.451252988120455	-248.568662091879...	
2	0	NULL	ACCIAIO DN 500	NULL	0	NULL	NULL	NULL	NULL	691.568124000000	691.43963855779887	0.071511855746976	
3	0	AA	ACCIAIO DN 250	NULL	0	NULL	NULL	NULL	NULL	407.881900000000	519.447674451569242	111.5657744515692...	
4	0	NULL	ACCIAIO DN 500	NULL	0	NULL	NULL	NULL	NULL	220.832900000000	220.886625218487808	0.05335218487803	
5	0	NULL	ACCIAIO DN 500	NULL	0	NULL	NULL	NULL	NULL	231.271613500000	234.322950534460320	3.056815533460309	
6	0	NULL	ACCIAIO DN 500	NULL	0	NULL	NULL	NULL	NULL	9.841091000000	9.864469557460534	0.023378557460534	
7	0	NULL	ACCIAIO DN 500	NULL	0	NULL	NULL	NULL	NULL	94.129510000000	96.178286033517963	2.048776033517967	
8	0	NULL	NULL	NULL	0	NULL	NULL	NULL	NULL	0	0	NULL	
9	1	DD	ACCIAIO	CM	1	AC035	AL	DI	DD	CM	918.47274859900	918.61332189551209	0.140573206551153
10	10	DD	ACCIAIO	CM	1	AC035	AL	DI	DD	CM	577.48761476100	577.57577070303960	0.089962309303928
11	100	DD	ACCIAIO DN 100	AP	1	AC001	AD	SE	DD	AP	2016.83606890000	2017.070174181192442	0.234105281192342
12	1000	DD	PEAD DN 63	FR	1	AC001	AD	SE	DD	FR	190.57397637800	190.61715699268453	0.043139321268455
13	1000	AA	ACCIAIO DN 70	CM	1	AC035	AD	SE	AA	CM	1398.88699243000	1399.077058052581606	0.190065622581642
14	1001	DD	NON CONOSCIUTO	FR	1	AC001	AD	SE	DD	FR	450.77300409100	450.871184294403116	0.0981831584031298
15	1001	AA	PEAD DN 75	CM	1	AC035	AD	SE	AA	CM	3714.76360689000	3715.28495449040647	0.521327805040528
16	1002	DD	NON CONOSCIUTO	FR	1	AC001	AD	SE	DD	FR	768.80296390000	768.87329876256499	0.17029537625649
17	1002	AA	ACCIAIO DN 70	CM	1	AC035	AD	SE	AA	CM	1749.54706097000	1749.784978461372248	0.237917491372173
18	1003	AA	ACCIAIO DN 400	FR	1	AC001	AD	PR	AA	FR	120.69032410800	120.71896717043273	0.026243065043275
19	1003	AA	ACCIAIO DN 200	CM	1	AC035	AD	PR	AA	CM	3630.59732908000	3631.140222630260450	0.592893550260469
20	1004	AA	ACCIAIO DN 400	FR	1	AC001	AD	PR	AA	FR	93.79454230200	93.814593640467801	0.020051338487605
21	1005	DD	NON CONOSCIUTO	FR	1	AC001	AD	SE	DD	FR	352.70492217900	352.783884739355301	0.078962560355308
22	1006	DD	NON CONOSCIUTO	FR	1	AC001	AD	SE	DD	FR	991.15564547600	991.38332068042086	0.227706592042068
23	1007	AA	ACCIAIO DN 250	FR	1	AC001	AD	PR	AA	FR	3087.32515949000	3088.02563247186558	0.700703757186753
24	1007	AA	ACCIAIO DN 80	CM	1	AC035	AD	SE	AA	CM	275.69504272300	275.732577132791164	0.037534409791192
25	1008	AA	ACCIAIO DN 350	FR	1	AC001	AD	PR	AA	FR	1102.62027701000	1102.86644533933950	0.246168329333841

Figura 4.2.3.4 - Tabella attributi dello shapefile “CONDOTTE_05_06” che riporta le informazioni relative alle condotte della rete esistente

Allo stesso modo, con riferimento allo shapefile “manuf”, si può accedere alla Tabella degli Attributi riportata in figura 4.2.3.5. Da essa è possibile accedere alle informazioni relative ai manufatti esistenti, come l’anno di costruzione, il gestore, la quota del terreno, la denominazione, la zona servita. Tutte queste informazioni sono state utili per comprendere lo schema idrico da rappresentare nel modello e per definire tutti i parametri relativi alle condotte e ai nodi principali, rappresentativi dei singoli serbatoi comunali e dei manufatti principali.

A valle dei partitori principali, quindi, con l’aiuto della rappresentazione visiva del Gis e dei dati contenuti nelle Tabelle attributi, si è costruito lo schema della rete in Epanet 2.2.

manuf — Elementi Totali: 46, Filtrati: 46, Selezionati: 0

OBJECTID	ID_COM	ID_TIPOL	ID_MANUF	ID_STAT	ID_CSQ	DENOM	ID_SERV	ID_ZONA	DATA_COSTR	DATA_DEMOL	ID_GESTO	QUOTA
1	988 44066	SS	MANUF00596	DS	AP	MONTE DELLA CROCE (BACHETTI)	AA	SB	1975-01-01	NULL	01	90,00000000 B
2	377 44007	SS	MANUF00097	ES	AP	ANGELINI	AA	AP	1993-01-01	NULL	01	202,00000000 C
3	372 44007	SS	MANUF00093	ES	AP	CITERONI	AA	AP	1899-12-30	NULL	01	154,00000000 A
4	233 44012	PL	MANUF00193	ES	AP	COLLE ACUTO	AA	AP	1957-01-01	NULL	01	522,00000000 B
5	884 44020	SL	MANUF00984	ES	AP	CASE DI COCCIA	AA	AP	1967-01-01	NULL	01	239,00000000 A
6	1030 44071	SS	MANUF00619	ES	AP	PIERANTOZZI (VILLA EUSEBI)	AA	AP	1899-12-30	NULL	01	114,00000000 B
7	373 44007	SS	MANUF00094	ES	AP	PENNILE	DD	AP	1963-01-01	NULL	01	190,00000000 D
8	411 44011	SS	MANUF00180	ES	AP	SEGHETTI	AA	AP	1978-01-01	NULL	01	122,00000000 A
9	323 44032	SS	MANUF00333	ES	AP	SAN FRANCESCO	AA	SB	1960-01-01	NULL	01	577,00000000 A
10	240 44013	SS	MANUF00204	ES	AP	CASTORANO SERBATOIO (PARCO DELLA RIMEMBRANZA)	DD	AP	1990-01-01	NULL	01	302,00000000 A
11	693 44066	SS	MANUF00579	ES	AP	PORTO D'ASCOLI (MONTE RENZO)	AA	SB	1958-01-01	NULL	01	50,00000000 C
12	1022 44066	SS	MANUF00587	ES	AP	BERNINI	AA	SB	1958-01-01	NULL	01	47,00000000 A
13	304 44023	SS	MANUF00288	ES	AP	FERRIERA - SERBATOIO (VIA CILEA)	AA	SB	1982-01-01	NULL	01	53,00000000 B
14	892 44066	SL	MANUF00987	ES	AP	FOSCO DEI GALLI (POTABILE ED INDUSTRIALE)	AA	SB	1984-01-01	NULL	01	5,00000000 B
15	1149 44036	SS	MANUF00649	ES	AP	PIAZZA PIETRO NENNI (CAMPO SPORTIVO)	AA	SB	2000-01-01	NULL	01	395,00000000 B
16	370 44007	SS	MANUF00087	ES	AP	ANNUNZIATA NUOVO (ASCOLI 2)	AA	AP	1970-01-01	NULL	01	210,00000000 B
17	149 44001	PL	MANUF00002	ES	AP	PIZZO MURELLO	AA	AP	1957-01-01	NULL	01	797,00000000 B
18	375 44007	SS	MANUF00098	ES	AP	POGGIO DI BRETTA NUOVO	DD	AP	1997-01-01	NULL	01	254,00000000 B
19	989 44066	SS	MANUF00580	ES	AP	SAN BENEDETTO (VIA SARDEGNA)	AA	SB	1982-01-01	NULL	01	62,00000000 D
20	44 44020	SS	MANUF00790	ES	AP	VILLA PIGNA NUOVO (MIGNINI)	DD	AP	1899-12-30	NULL	NULL	207,00000000 D
21	376 44007	SS	MANUF00099	ES	AP	SAN GIORGETTO	DD	AP	1998-01-01	NULL	01	273,00000000 C
22	294 44020	SS	MANUF00277	ES	AP	VILLA PIGNA PRIMO (VECCHIO)	AA	AP	1957-01-01	NULL	01	267,00000000 C
23	964 44032	MM	MANUF01017	ES	AR	VALVOLA S. ALBERTO (STECO)	AA	FR	2008-01-01	NULL	01	0 A
24	75 44015	SS	MANUF00858	ES	CM	COLLE CHIARO (CENTRO STORICO)	AA	CM	1960-01-01	NULL	01	0 B

Mostra Tutti gli Elementi... sabato 26 giugno 2021

4.2.3.5 - Tabella attributi dello shapefile “manuf” che riporta le informazioni relative ai principali manufatti

4.2.4 I sistemi di telecontrollo

Agli impianti di telecontrollo introdotti in questi ultimi anni nella gestione dei sistemi acquedottistici, è affidato, il compito di effettuare automaticamente gran parte delle manovre e dei controlli un tempo eseguiti manualmente dal personale di servizio. Ciò è particolarmente utile nelle reti munite di apparecchiature elettriche o elettromeccaniche, disseminate in vasti territori, che richiederebbero la presenza fissa o saltuaria del personale di sorveglianza. Si ottiene una migliore esecuzione dei comandi e dei controlli dovuta all’impiego dei programmi applicativi del computer e alla centralizzazione di tutte le operazioni dell’esercizio. Anche la supervisione degli impianti, che in molti casi deve comunque essere effettuata dal personale di servizio, viene resa più agevole non solo a seguito della citata centralizzazione di tutti i segnali e dei comandi, ma anche per la possibilità

di avere a portata di mano molteplici dati di funzionamento e di verificare in tempo reale l'esito delle manovre, le conseguenze reali dei disservizi, ecc.

Per quanto riguarda l'impiego di personale si può dire che l'avvento del telecontrollo ha ridotto il numero degli addetti richiedendo però loro una maggiore specializzazione. In altri termini, nei moderni acquedotti poche persone qualificate possono tenere sotto controllo una vasta rete con buoni risultati sia in ordine alla qualità del controllo e del comando che alla rapidità di intervento in caso di bisogno. Per quanto riguarda le componenti delle reti, l'avvento dei sistemi di telecontrollo ha introdotto notevoli innovazioni, tra le quali:

- centrali di sollevamento: non più equipaggiate da molteplici pompe a prevalenza e portata fissa bensì da poche macchine a giri variabili con asservimento della velocità e, quindi, della portata e della pressione, alle esigenze reali dell'utenza definite in tempo reale e del tutto automaticamente dal sistema;
- compensazione delle portate: che non deve essere più effettuata, come un tempo, tramite serbatoi inseriti direttamente in rete ma tramite serbatoi a terra oppure interrati di più facile costruzione, automaticamente controllati e regolati dall'impianto di telecontrollo;
- rete di distribuzione a pressione variabile: asservita con continuità al fabbisogno istantaneo dell'utenza, che grazie alle nuove caratteristiche costitutive e di esercizio, garantisce risultati ottimali sia in termini di consumi energetici, di dimensionamento delle tubazioni e del contenimento delle perdite occulte che, come ben noto, sono in rapporto diretto con la pressione di esercizio.

Da rilevare la possibilità di collegamento del sistema di telecontrollo e telecomando con la rete internet che consente di effettuare controlli e manovre da un qualunque computer sia fisso e sia portatile o addirittura tramite palmari individuali. Entrambi i Gestori del Servizio Idrico Integrato degli ATO 4 e 5 dispongono di sistemi di telecontrollo e telecomando delle

principali componenti della rete che permettono di gestire al meglio gli impianti idrici.

Attraverso dei sensori installati nei nodi principali della rete, quali serbatoi, linee idriche e fognarie, depuratori, sollevamenti, si misurano: consumi, portate, livelli, pressioni, stato degli impianti ecc. Tutti i dati così rilevati vengono trasmessi alla centrale di controllo che li elabora e li registra. Dal centro di controllo è possibile interrogare le varie stazioni periferiche per conoscere in tempo reale tutti i dati necessari per una corretta e razionale gestione della rete idrica.

In particolare, la CIIP SpA, attraverso questi sistemi di telecontrollo installati nella rete e ai serbatoi, è stata in grado di misurare i consumi delle utenze dal 2006 al 2020.

Dall'elaborazione dei dati misurati, il gestore ha calcolato le principali portate consumate dalle utenze di ciascun comune dell'ATO 5.

Questi dati, che la CIIP SpA ha messo a disposizione ai fini del presente studio, sono stati utilizzati per ricavarne il valore di domanda idrica da inserire nel modello a livello di serbatoio.

In Figura 4.2.4.1 e Figura 4.2.4.2 si riportano l'interfaccia grafica dei sistemi di telecontrollo della CIIP e del Tennacola.

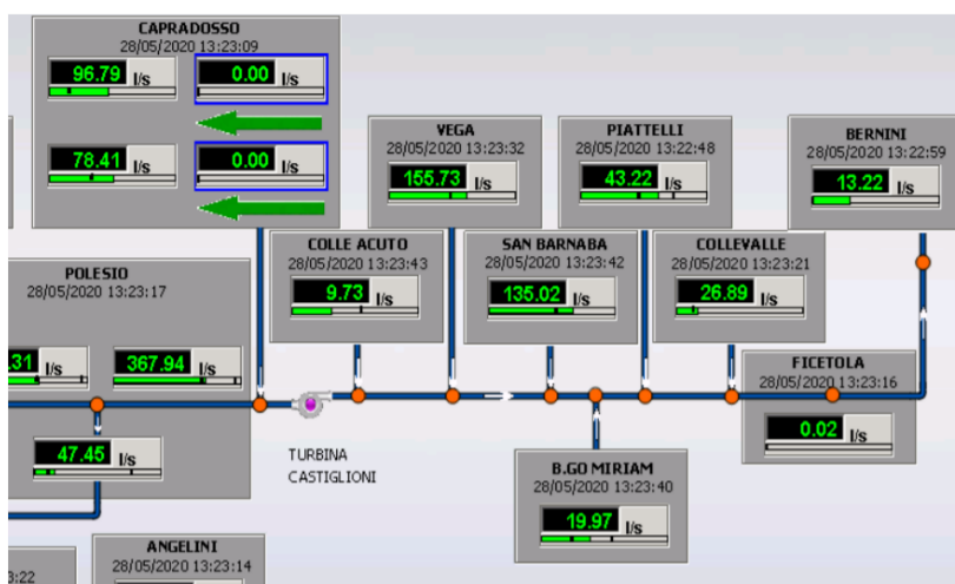


Figura 4.2.4.1 – Interfaccia grafica del sistema di telecontrollo della CIIP SpA (CIIP SPA)

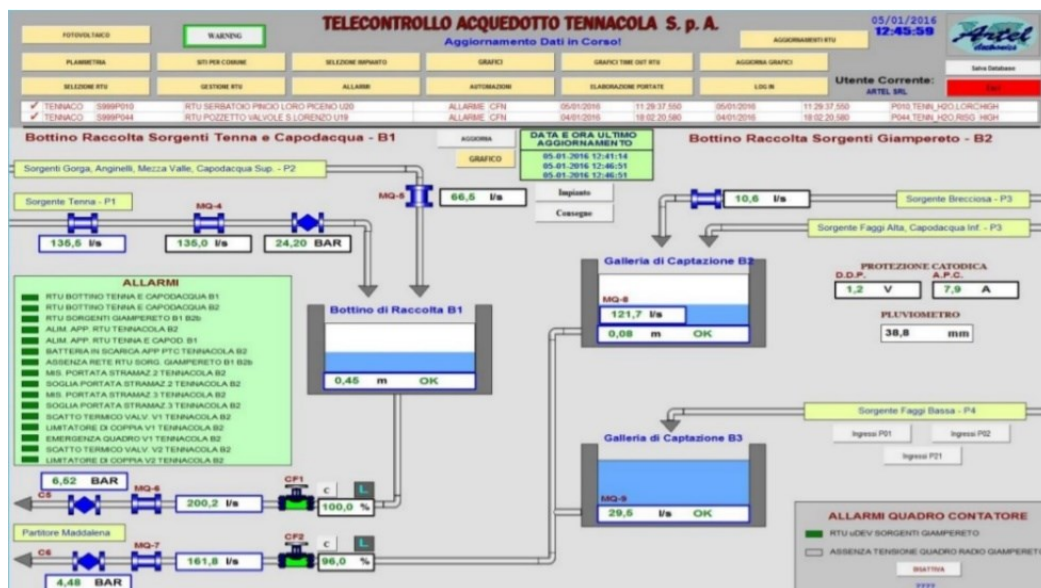


Figura 4.2.4.2 – Interfaccia grafica del sistema di telecontrollo del Tennacola SpA (Tennacola SPA)

4.2.5 I Consumi registrati e le informazioni del CIIP per l'ATO 5

Nella prima ipotesi di modellazione della rete acquedottistica la domanda è stata espressa in funzione della popolazione, residente e turistica, tramite due pattern denominati 1 e 2, in modo tale che attraverso questi il programma calcolasse, per ciascun nodo, la Base Demand.

In questa seconda fase di modellazione, per l'ATO 5, è stato possibile avere accesso ai dati relativi ai consumi reali registrati per ciascun comune, ed elaborati dalla CIIP SpA per mezzo dei sistemi di telecontrollo presenti a livello di quasi tutti i serbatoi comunali.

Questi dati sono sintetizzati in un file Excel che è riportato in figura 4.2.5.1 in cui sono riportati i seguenti valori di portate misurate per ciascun comune dell'ATO 5:

- Q media mediata (2006/2020) (l/s);
- Q media nel giorno di massimo consumo (2006/2020) (l/s);
- Q max istantanea mediata (2006/2020) (l/s);

- Q massima istantanea mediata /Qmedia nel giorno di massimo consumo;
- Q punta (massima istantanea assoluta) (2006/2020) (l/s).

Inoltre, il file descrive i serbatoi che sono a servizio di ciascun comune e il loro ID con il quale, nel GIS, sono identificati nello shapefile “manuf”.

COMUNI ATO5	2018	Q media mediata (2006-2020) (l/s)	Q media nel giorno di max consumo (2006-2020) (l/s)	Q max istantanea mediata (2006-2020) (l/s)	Rapporto (Q max istantanea mediata Q media nel giorno di max consumo)	Q punta (max istantanea assoluta) (2006-2020) (l/s)	Serbatoi	ID MANUFATTI
1 Ascoli Piceno	48169	135,1	192,5	284,4	1,5	449,6	Annunziata Nuovo, Annunziata Vecchio, Pennile, Angeli(Citeroni), Poggio di Bretta, San Giorgeto Ascoli Piceno Sud, San Salvatore, Cimaglio, Federici, Porta Romana, Pasqualini, Sacro Cuore.	MANUF0087, MANUF0094, MANUF0097, MANUF0093, MANUF0088, MANUF0099
2 San Benedetto del Tronto	47330	181,5	285,9	291,2	1,0	487,9	S. Lucia, Bernini, Fosso dei Galli, Ferriera, Monte Renzo, Monte della Croce, Piattelli, Serb. Piccoli e non teicontrollati, Colle in su.	MANUF0080, MANUF0087, MANUF0087, MANUF0088, MANUF00579, MANUF00566
3 Fermo	37119	67,8	102,7	188,0	1,8	350,0	Vecchio e Nuovo, Duomo, Capodarco, Part'Vecchio-San Marco, Lido di Fermo - Solla, S. Caterina, Torre di Palmie - Madonna Manu	MANUF00355, MANUF00242, MANUF00609, MANUF00302
4 Porto San Giorgio	16079	54,5	96,8	99,1	1,0	189,5	Vinci	MANUF00495
5 Grottomare	16073	20,2	32,4	37,7	1,2	84,6	Ferriera, Valesino	MANUF00288
6 Monteprandone	12708	21,4	30,4	40,3	1,3	90,0	Blossi, Collegioioso, Piazza Aquila e piccoli serbatoi rurali (Piazza Aquila e rurali non TLC)	MANUF00376, MANUF00705
7 Folignano	9138	11,7	21,6	26,5	1,2	57,3	Villa Pigna (Alta, Bassa e Case di Coccia) e soll. Case di Coccia (arrivo Piattelli e uscita piano di Morro)	MANUF00277, MANUF00790
8 Castel di Lama	8589	20,0	22,0	38,7	1,8	61,6	Citeroni e Seghetti (il TLC esiste solo per Citeroni)-Per Seghetti abbiamo 10 l/s	MANUF0093, MANUF00180
9 Spinetoli	7354	16,1	27,7	40,1	1,5	60,0	Villa Eusebi (sono stati aggiunti 8 l/s non rilevati da TLC)	MANUF00619
10 Cupra Marittima	5361	11,0	22,4	30,0	1,3	90,6	Cupra Marittima	MANUF00233
11 Offida	4927	8,7	19,6	22,5	1,1	26,0	San Barnaba ingresso (in più c'è una parte che non è TLC da 8 l/s)	MANUF00458
12 Monsampolo del Tronto	4591	10,5	13,6	33,9	2,5	63,6	Blossi e Monsampolo	MANUF00376, MANUF00318
13,43 Ripatransone e Cossignano	5124	21,5	29,2	30,4	1,0	60,0	Montello Stecò	MANUF01017
14 Acquariva Picena	3747	10,1	14,8	18,2	1,2	23,0	Piazza Castello (in più ci sono 3 l/s che non sono TLC)	MANUF00447
15 Colli del Tronto	3717	8,6	10,0	15,8	1,6	20,0	Adduzione per Colli del Tronto	MANUF00204

Figura 4.2.5.1 – File Excel fornito relativo ai consumi misurati tramite telecontrollo – parte 1(CIIP SpA)

16	Amandola	3513	9,3	13,3	17,2	1,3	30,0	Amandola Collicchiaro	MANUF00858
17	Alidona	3501	4,5	4,5	4,5	1,0	1,5	No TLC	
18	Grottazoletta	3521	8,0	8,0	8,0	1,0	8,0	No TLC	
19	Comunanza	3056	7,6	12,6	25,3	2,0	59,2	Comunanza (Tevevaccio-Collicchiaro)	MANUF00867 MANUF00858
20	Pedaso	2854	8,8	14,7	18,6	1,3	40,0	Pedaso Nuovo	MANUF00054
21	Castignano	2709	8,6	11,1	19,8	1,8	30,0	Colle Acuto (I dati sono i rurali di Collicchiaro più una stima di quello che arriva al paese)	MANUF00193
22	Acquasanta Terme	2696	12,5	16,7	18,1	1,1	24,0	Pizzo Murello (Sono stati aggiunti 4 1/5 per le utenze locali che non vengono TLC)	MANUF00002
23	Maltignano	2337	6,3	9,7	14,0	1,4	30,0	Sollevamento Case di Coccia	MANUF00984
24	Castorano	2315	8,8	10,0	16,3	1,6	28,9	Parco della Rimembranza (Sono stati aggiunti 3 1/5 per le utenze rurali che non vengono TLC)	MANUF00204
25	Petrioli	2280	4,0	7,5	11,0	1,5	30,0	Primo e Secondo rurale	MANUF00476
26	Servigliano	2270	3,5	3,5	3,5	1,0	3,5	No TLC	
27	Montebbellano	2167	4,0	1,6	4,2	2,6	10,0	Montebbellano	MANUF00403
28,32	Montale delle Marche e Montedivove	2547	10,0	12,9	13,8	1,1	25,0	Ingresso Serbatolo Montefiore	MANUF00933
29	Montefiore dell'Aso	2033	2,6	3,9	4,1	1,1	9,4	San Francesco (Sono stati aggiunti 3 1/5 per le utenze rurali che non vengono TLC)	MANUF00649
30	Venarotta	1997	4,0	6,5	7,0	1,3	9,0	Comuni mancanti	
31	Roccafluvione	1967	4,0	6,5	7,0	1,3	9,0	Comuni mancanti	
32	Campofione	1912	5,0	9,2	7,7	0,8	10,0	C.dei Cassignani	MANUF00643
33	Spagnuolo del Tronto	1738	4,0	8,5	6,0	1,3	8,0	Comuni mancanti	
34,45	Pranzano di Fermo e Montegiberto	2442	2,7	5,4	5,9	1,1	15,0	Partitore Petrioli Agelli	MANUF00476
35	Massignano	1651	4,0	9,3	10,4	1,1	20,0	Case Lauri	MANUF00652
36	Santa Vittoria in Matenano	1310	5,7	8,2	17,4	2,1	30,0	Partitore Monte Iaro (Adduzione)	MANUF00851
37	Force	1249	10,3	17,4	32,1	1,8	68,0	Forze Tevevaccio (Forze Palmiano e parte di Robella)	MANUF00867
38	Lapedona	1176	4,0	4,0	4,0	1,0	4,0	No TLC	

Figura 4.2.5.2 – Segue File Excel fornito relativo ai consumi misurati tramite telecontrollo – parte 2(CIIP SpA)

39	Montefortino	1123	7,0	7,0	1,0	7,0	No TIC
40	Arquata del Tronto	1087	9,3	13,3	1,3	30,0	Comuni mancanti (valori presi come Comune di Amatrice per simulare popolazione estiva pre-sinistra-3000ab)
41	Carassai	1018	2,5	5,5	1,3	7,0	Comuni mancanti
42	Montone	930	3,0	3,0	1,0	3,0	No TIC
44	Rosella	849	3,0	4,5	1,3	6,0	Comuni mancanti
46, 57	Ortezzano e Monte Rinaldo	1110	3,3	7,3	2,3	36,9	Partitore Monteparo uscita nuova e vecchia
47	Monteparo	749	1,8	3,4	2,1	14,0	Partitore Monteparo
48	Monsampietro Morico	634	1,0	1,0	1,0	1,0	No TIC
49	Belmonte Picano	626	2,0	2,0	1,0	2,0	No TIC
50	Moresco	559	0,6	1,0	2,9	10,0	Moresco ingresso
51	Montemonaco	551	5,0	5,0	1,0	5,0	No TIC
53	Montegallo	476	4,0	4,0	1,0	4,0	No TIC
54	Monte Vidon Combatte	426	0,5	0,5	1,0	0,5	No TIC
55	Montefalcone Appennino	407	4,5	5,9	2,4	13,7	Montefalcone Teveraccio
56	Montefalcone di Fermo	370	1,0	1,0	1,0	1,0	No TIC
58	Storubio	352	1,0	3,0	1,0	4,0	Comuni mancanti
59	Palmanova	185	1,0	3,0	1,0	4,0	Comuni mancanti
	TOI		785,5	1190,9			

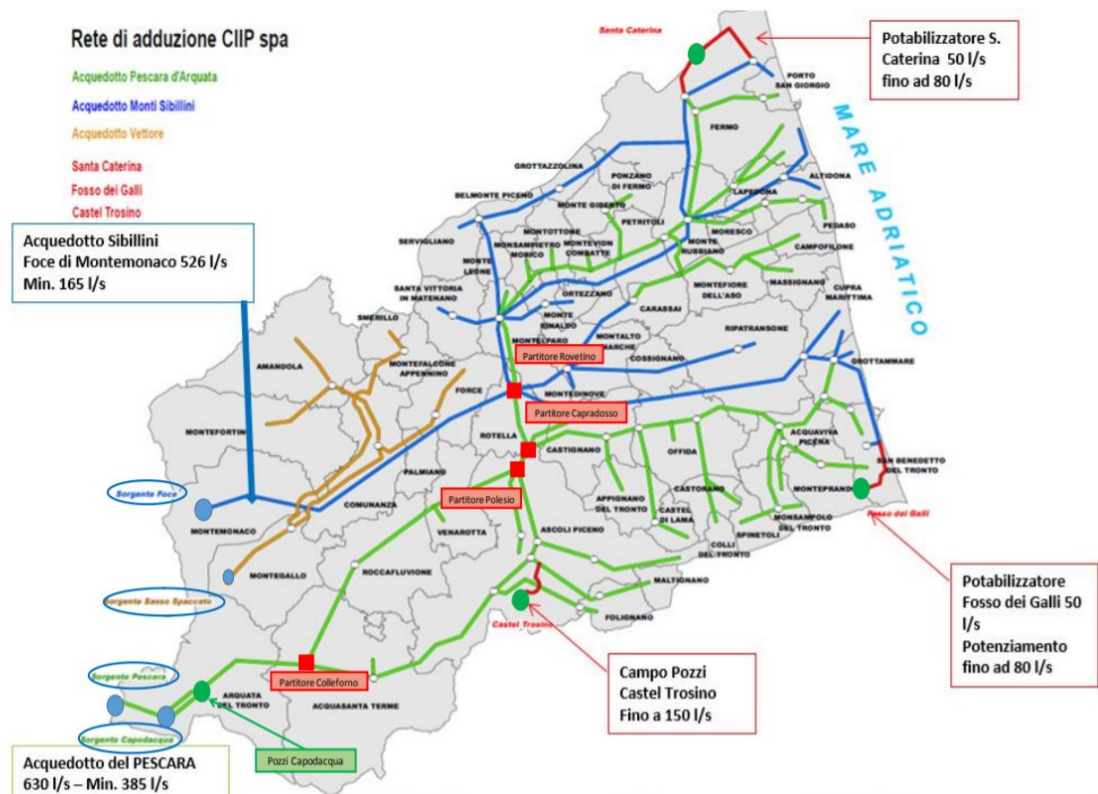
Figura 4.2.5.3 – Segue File Excel fornito relativo ai consumi misurati tramite telecontrollo – parte 3(CIIP SpA)

La CIIP SpA ha fornito inoltre le seguenti informazioni:

- i Comuni di Montefiore dell’Aso, Massignano e Campofilone sono serviti dall’Acquedotto dei Sibillini da uno stacco posizionato all’interno del partitore Montotto nel Comune di Monterubbiano; nello schema in Figura 55 lo stacco è rappresentato in verde (linea vecchia per Fermo alimentata dall’Acquedotto del Pescara) perché in realtà questa linea può essere alimentata da entrambi gli acquedotti ma usualmente viene utilizzata l’acqua proveniente dall’Acquedotto dei Sibillini;
- il serbatoio del Comune di Carassai riceve una doppia alimentazione sia dalla linea in uscita da Rovetino verso Ripatransone sia dallo stacco in corrispondenza del partitore Montotto; quindi, si considera la popolazione complessiva di Carassai servita per il 50% dalla linea verso Ripatransone e per il 50% dalla linea nuova verso Fermo;
- il Comune di San Benedetto è alimentato per la maggior parte dalla condotta in uscita da Rovetino che termina proprio nel serbatoio di estremità di via Sardegna, il più grande di tutta la rete CIIP; ci sono però diverse zone servite dall’Acquedotto del Pescara (ramo in uscita da Capradosso verso San Benedetto), fra cui il centro “storico” ed altre località con quote altimetriche più elevate (Porto d’Ascoli “alta”, Monte Renzo, Albula Alta, Colle Franchino, Santa Lucia, Monte Acquilino, etc.); si considera la popolazione complessiva di San Benedetto servita per il 20% dal ramo di Capradosso e per l’80% dal ramo di Rovetino;
- il Comune di Grottammare è alimentato per la maggior parte dal ramo di Rovetino; solo le zone collinari a sud dipendono dal ramo di Capradosso; si considera la popolazione complessiva di Grottammare

servita per il 5% dal ramo di Capradosso e per il 95% dal ramo di Rovetino;

- le zone collinari a sud del Comune di Ascoli Piceno e la parte alta del Comune di Folignano sono alimentate dal ramo in uscita da Colleferno verso il Comune di Acquasanta; in particolare, prima dell'avvio dell'impianto di soccorso di Castel Trosino, il Comune di Ascoli Piceno prendeva circa 10 l/s dal nodo di Colleferno e circa 180 l/s da Polesio; quindi si considera la popolazione complessiva di Ascoli Piceno servita per il 93% da Polesio e per il 7% da Colleferno e la popolazione di Folignano servita per il 50% da entrambe le linee;
- attualmente quasi tutta la popolazione dei Comuni di Ascoli Piceno, Folignano e Maltignano è servita dal campo pozzi di Castel Trosino con una portata di circa 150 l/s, con un apporto limitato e variabile da Polesio di circa 30 l/s; - il collegamento tra l'Acquedotto dei Sibillini e del Pescara nei Comuni di San Benedetto e Grottammare è attivo solo poche ore a settimana, quando, per la variabilità dei consumi a monte, è necessaria un'integrazione per la parte terminale del Pescara verso San Benedetto;
- esiste un'altra interconnessione tra l'Acquedotto dei Sibillini e del Pescara poco dopo Offida in grado di spostare fino a 50 l/s dal Pescara ai Sibillini.



4.2.5.1 Rete di adduzione del CIIP (CIIP SpA)

4.2.6 La costruzione del modello

La costruzione del modello non è altro che la realizzazione di un network che è in grado di descrivere, nel modo più corretto possibile, lo schema della rete e il suo funzionamento.

Nel caso specifico, il modello è stato costruito sulla base di quello già realizzato come ipotesi di prima fase. In particolare, si è sviluppato il modello esistente completando la rete di adduzione, rappresentando la parte valle dei partitori principali relativamente all'ATO 5 fino ai serbatoi comunali.

Lo scopo è stato, dapprima, quello di cercare di rappresentare il funzionamento della rete attuale, considerando, per la disponibilità idrica, la portata di concessione e, per la domanda, i consumi registrati a livello dei singoli serbatoi.

Nel modello, le condotte sono state rappresentate osservando lo schema di rete del GIS. Ognuna è stata definita da un ID numerico, un nodo iniziale e uno finale, e dai valori di lunghezza e diametro estratti dalla tabella attributi dello shapefile “Condotte_05_06”; a partire dall’informazione sul materiale della tubazione, invece, è stato possibile ipotizzare, per ciascuna tubazione, un valore di scabrezza a completamento delle proprietà da inserire nel modello.

Ciascun nodo (junction) è stato definito tramite un ID numerico o, nel caso dei serbatoi e dei partitori, in formato testo per consentire una lettura e una comprensione più agevole del modello.

I serbatoi comunali, schematizzati come nodi (junction) di consumo di acqua, sono stati caratterizzati, necessariamente, dall’informazione relativa alla quota del terreno (elevation, espressa in metri), ricavabile dalla tabella attributi relativa allo shapefile “Manuf” nel GIS, o, in assenza del dato, tramite i valori di quota estratti in particolare da un file Excel fornito dal CIIP dove è riportato lo schema degli Acquedotti di Pescara d’Arquata e dei Sibillini (cosiddetto “modello Calenda”).

Inoltre, è ovviamente indispensabile l’inserimento, tra le proprietà del nodo, del dato relativo alla portata (Base Demand, espressa in l/s) rappresentativa della domanda idrica a servizio di un comune o di una sua parte.

A differenza del modello di prima fase, in questo caso è stato necessario creare un nuovo Pattern identificato come “3”, al quale corrisponde un coefficiente moltiplicativo pari a 1, così da poter attribuire, nel campo “Base Demand” delle proprietà del nodo, direttamente il valore di portata (espressa in l/s) che si vuole assegnare come domanda al serbatoio stesso.

Nelle tabelle sottostanti si riportano i dati relativi alle condotte inserite nel modello, catalogati in un file Excel. Il rosso, con cui sono scritti alcuni valori, sta ad indicare che il dato è stato ipotizzato in quanto non disponibile.

Tabella 4.2.6.1 - Parametri delle condotte inserite nell'Acquedotto di Pescara d'Arquata

Condotta ID	Nodo iniziale	Nodo Finale	Lunghezza (m)	DN (mm)	Materiale	Scabrezza (mm) IPOTIZZATA
237	7	8	5500,0000	350	Acciaio	0,15
238	7	8	5500,0000	250	Acciaio	0,15
66	63	SERB. COLLE ACUTO	169,3706	40	Pead	0,02
22	8	PART. COLLE ACUTO	524,5257	400	Acciaio	0,15
214	63	133	1555,7080	40	Acciaio	0,15
225	133	269	477,0981	40	Acciaio	0,15
226	269	270	1668,4587	40	Acciaio	0,15
67	PART. COLLE ACUTO	65	385,2846	125	Fibroce mento	0,10
68	65	66	941,9639	150	Acciaio	0,15
69	66	SERB. APPIGNANO DEL TRONTO	4465,8400	125	Acciaio	0,15
212	PART. COLLE ACUTO	235	728,9595	63	Pead	0,02
248	235	235	2123,7490	63	Pead	0,02
249	236	237	1121,6519	110	Pead	0,02
250	237	238	1399,2380	80	Acciaio	0,15
251	238	74	958,4514	80	Acciaio	0,15
70	63	ROVECCIANO	3327,2890	450	Acciaio	0,15
74	ROVECCIANO	72	1205,6856	125	Fibroce mento	0,1
75	72	74	1690,3133	100	Acciaio	0,15
78	74	76	5249,7924	100	Acciaio	0,15
79	76	SEGHETTI	2953,3675	200	Ghisa sferoidale	0,1
252	SEGHETTI	240	7049,9681	400	Ghisa sferoidale	0,1
253	240	CITERONI	2235,4999	0,1	Ghisa sferoidale	0,1
71	68	69	1785,2848	400	Acciaio	0,15
80	69	SAN BARNABA	174,74	150	Acciaio	0,15
72	69	241	1140,7623	450	Acciaio	0,15
254	241	70	1577,1823	350	Acciaio	0,15
81	70	79	1599,4791	125	Acciaio	0,15
82	79	80	1627,1628	150	Acciaio	0,15

83	80	81	1338,3827	150	Fibroce mento	0,1
84	81	82	1182,5777	150	Acciaio	0,15
85	82	SERB. CASTORAN O	258,4328	100	Acciaio	0,15
86	82	CASTORAN O RURALI	3378,3814	100	Acciaio	0,15
236	82	SERB. COLLI DEL TRONTO	2459,7959	80	Fibroce mento	0,1
87	81	85	798,4962	100	Acciaio	0,15
88	85	SERB.SPINE TOLI	2833,6855	125	Fibroce mento	0,1
73	70	71	2443,3488	350	Acciaio	0,15
90	71	89	1609,6550	350	Acciaio	0,15
91	89	90	1080,7784	400	Acciaio	0,15
92	90	PIATTELLI	2345,2392	400	Acciaio	0,15
93	PIATTELLI	BOTT. ULPIANI	572,2265	100	Fibroce mento	0,1
130	PIATTELLI	MONSAMP OLO	2670,0665	200	Acciaio	0,15
94	BOTT. ULPIANI	93	3229,5289	100	Fibroce mento	0,1
95	93	MONSAMP OLO	1762,8721	125	Fibroce mento	0,1
129	MONSAMP OLO	TERRA VECCHIA	207,0208	125	Fibroce mento	0,1
96	MONSAMP OLO	PART.MERC ATILI	1097,1745	150	Acciaio	0,15
97	PART.MER CATILI	PIERANTOZ ZI	2999,1234	150	Acciaio	0,15
98	PART.MER CATILI	BITOSSI	3303,4251	100	Acciaio	0,15
99	BOTT. ULPIANI	96	4146,3035	225	Fibroce mento	0,1
100	96	PART.MON TEPRANDO NE	3676,1869	225	Acciaio	0,15
101	PART.MON TEPRANDO NE	PART. CRETACCIO	1789,9536	150	Acciaio	0,15
208	PART.MON TEPRANDO NE	78	203,4293	100	Acciaio	0,15
103	78	SERB. COLLE GIOCO	1580,8679	100	Acciaio	0,15
102	PART. CRETACCI O	MONTE RENZO	829,9832	175	Fibroce mento	0,1
255	PART. CRETACCI O	PICCOLI_R URALI	687,4908	50	Acciaio	0,15

8	91	101	1064,4463	350	Fibroce mento	0,1
76	75	PIAZZA CASTELLO	157,1627	225	Fibroce mento	0,1
77	75	101	510,8113	225	Fibroce mento	0,1
89	101	PART. COLLE VALLE	3000,0000	225	Fibroce mento	0,1
256	PART. COLLE VALLE	271	455,1971	150	Fibroce mento	0,1
286	271	272	899,2081	150	Acciaio	0,15
287	272	273	1809,6544	150	Acciaio	0,15
104	PARTE COLLE VALLE	PART. COLLE DELLA CHIESA	1033,4508	200	Fibroce mento	0,1
257	PART. COLLE DELLA CHIESA	ZONE IND.LE ARTIGIANA LE COLLE INSÙ	1713,5134	125	Acciaio	0,15
105	PART. COLLE DELLA CHIESA	PART. SGARIGLIA	1239,1339	200	Fibroce mento	0,1
109	PART. SGARIGLIA	BACHETTI	2078,0290	125	Acciaio	0,15
107	PART. SGARIGLIA	PART. BRUCICCHI O	441,3554	175	Fibroce mento	0,1
108	PART.BRUC ICCHIO	BERNINI	550,5457	175	Fibroce mento	0,1

**Tabella 4.2.6.2 -Parametri delle condotte inserite nell'Acquedotto Sibillini,
Ramo Rovetino - Grottammare/Cupra Nuovo**

Condotta ID	Nodo iniziale	Nodo Finale	Lunghezza (m)	DN (mm)	Materiale	Scabrezza (mm) I POTIZZATA
110	17	108	7480,7767	450	Acciaio	0,15
111	108	SFIATO S. ANDREA	560,9754	450	Acciaio	0,15
112	SFIATO S. ANDREA	110	3131,7751	450	Acciaio	0,15
113	110	SFIATO BRUTI	12964,5325	450	Acciaio	0,15
128	SFIATO BRUTI	PART.BRUTI	629,2938	450	Acciaio	0,15

118	PART. BRUTI	CUPRA NUOVO	4331,1178	200	Acciaio	0,15
114	111	110	2088,5000	400	Acciaio	0,15
288	PART. GROTTA MMARE	273	166,9202	90	Acciaio	0,15
172	273	73	17,7000	90	Acciaio	0,15
126	73	SERB. CUPRA ALTA	2107,8159	100	Acciaio	0,15
127	PART. GROTTA MMARE	SERB. GROTTAMMARE	683,1262	125	Acciaio	0,15
115	PART. GROTTA MMARE	113	2088,5000	400	Acciaio	0,15
125	113	FERRIERA	193,0553	200	Acciaio	0,15
258	113	SERB. S. LUCIA (VIA SARDEGNA)	3191,3577	700	Acciaio	0,15

**Tabella 4.2.6.3 - Parametri inseriti nelle condotte dell'Acquedotto Sibillini
Ramo Rovetino - Ripatransone/Campofilone/Massignano**

Condotta ID	Nodo iniziale	Nodo Finale	Lunghezza (m)	DN (mm)	Materiale	Scabrezza (mm) I POTIZZATA
120	17	PART.SACCONI	4514,4658	200	Acciaio	0,15
123	PART. SACCONI	SERB. S. FRANCESCO	202,5180	175	Acciaio	0,15
121	PART.SACCONI	NODO CARASSAI	1112,7769	200	Acciaio	0,15
122	NODO CARASSAI	246	4519,3006	175	Acciaio	0,15
259	246	117	1293,6769	175	Acciaio	0,15
116	117	SERB. COSSIGNANO	270,9072	100	Acciaio	0,15
16	117	11	6370,0216	175	Acciaio	0,15
124	NODO CARASSAI	84	6863,6878	125	Acciaio	0,15
243	NODO CARASSAI	87	3969,5757	80	Acciaio	0,15
244	87	84	4325,1969	70	Acciaio	0,15
119	134	140	2296,3898	200	Acciaio	0,15
142	140	SER.MONTE FIORE	333,7083	125	Acciaio	0,15

143	140	135	188,7881	125	Acciaio	0,15
139	135	136	1111,2482	125	Acciaio	0,15
260	136	248	2816,2809	125	Acciaio	0,15
261	248	SERB. COSSIGNA NI	137,6738	150	Acciaio	0,15
262	248	249	2081,2284	150	Acciaio	0,15
263	249	250	2301,4514	63	PVC	0,02
140	136	139	2291,8392	100	Acciaio	0,15
264	139	SERB. CASE LAURI	174,6687	100	Acciaio	0,15
266	252	253	3045,5392	80	Acciaio	0,15
268	254	255	1282,2859	80	Acciaio	0,15

**Tabella 4.2.6.4- Parametri inseriti nelle condotte dell'Acquedotto Sibillini
Ramo Nodo Rovetino - Moresco/Altidona/Pedaso/Fermo**

Condot ta ID	Nodo iniziale	Nodo Finale	Lunghezza (m)	DN (mm)	Materiale	Scabrezza (mm) IPOTIZZATA
32	17	34	5503,6694	350	Acciaio	0,15
21	138	159	5241,9667	400	Acciaio	0,15
271	159	163	2243,6266	400	Acciaio	0,15
272	163	259	2864,6376	400	Acciaio	0,15
274	259	260	3876,1429	400	Acciaio	0,15
276	260	261	556,3486	400	Acciaio	0,15
277	261	205	1126,7820	400	Acciaio	0,15
210	199	200	3328,4624	70	Acciaio	0,15
211	200	201	6602,8571	70	Acciaio	0,15
278	207	262	171,6556	350	Acciaio	0,15
279	262	263	747,8875	350	Acciaio	0,15
280	263	208	556,1637	350	Acciaio	0,15
224	208	15	206,1729	150	Acciaio	0,15
141	17	138	5684,1948	450	Acciaio	0,15
146	34	153	4431,5561	350	Acciaio	0,15
167	156	258	1622,7505	35	Acciaio	0,15
132	34	SERB. MONTELPAR O	636,2857	100	Acciaio	0,15
131	138	136	3347,7188	125	Acciaio	0,15
144	34	150	1166,6801	80	Acciaio	0,15
155	150	SERB. MONTE RINALDO	424,3655	80	Acciaio	0,15
156	150	152	932,5192	100	Acciaio	0,15
157	152	153	600,7432	100	Acciaio	0,15
157	153	154	939,6954	50	Acciaio	0,15
159	154	155	896,5798	50	Acciaio	0,15
161	155	157	1185,2771	250	Acciaio	0,15
162	157	SERB. ORTEZZANO	1038,3095	100	Acciaio	0,15

163	159	SER.S.ELPIDI O MORICO	226,0181	100	Acciaio	0,15
164	156	161	1828,4664	50	Acciaio	0,15
165	161	SERB.MONSA MPIETRO MORICO	1941,6690	50	Acciaio	0,15
166	159	163	1622,7505	350	Acciaio	0,15
269	163	258	158,8713	100	Acciaio	0,15
270	258	SERB.MONT OTTONE	793,4257	100	Acciaio	0,15
169	258	166	3967,0113	350	Acciaio	0,15
170	166	SERB. MONTE VIDON COMBATTE	180,2671	100	Acciaio	0,15
171	166	PART. PETRITOLI(A GNELLI)	1674,8261	350	Acciaio	0,15
172	PART. PETRITOLI (AGNELLI)	SERB.PETRIT OLI	507,6933	80	Acciaio	0,15
177	PART. PETRITOLI (AGNELLI)	173	3780,3521	100	Acciaio	0,15
178	173	SERB. MONTE GIBERTO	905,6944	80	Acciaio	0,15
179	173	SERB. PONZANO DI FERMO	2282,1760	60	Acciaio	0,15
173	PART. PETRITOLI (AGNELLI)	170	2304,7663	350	Acciaio	0,15
174	170	171	2182,4743	350	Acciaio	0,15
175	171	172	694,4238	350	Acciaio	0,15
106	134	120	3088,3252	250	Acciaio	0,15
117	120	172	891,1635	50	Acciaio	0,15
176	172	142	1102,8664	350	Acciaio	0,15
148	142	143	495,8784	350	Acciaio	0,15
281	143	264	547,1621	100	Acciaio	0,15
282	264	LARGO CALZECCHI (MONTERUB BIANO)	430,3645	100	Acciaio	0,15
283	264	MORESCO (CIMITERO MONTERUBB IANO)	219,5703	100	Acciaio	0,15
152	264	177	5400,1584	90	Acciaio	0,15
181	177	178	2436,6328	90	Acciaio	0,15
182	178	SERB. ALTIDONA	418,1994	70	Acciaio	0,15
183	178	SERB.RURAL E CONTRADA MONTI	3961,5168	70	Acciaio	0,15
153	143	187	4134,9036	100	Acciaio	0,15
191	187	147	5468,3143	100	Acciaio	0,15

192	187	188	2386,2077	100	Acciaio	0,15
193	188	189	4538,1329	100	Acciaio	0,15
149	142	182	2871,0853	200	Acciaio	0,15
186	182	184	1609,8517	150	Acciaio	0,15
189	180	SERB. LAPEDONA (PAZZAGLIA)	1080,8702	150	Acciaio	0,15
151	PART. MADONNA MANù	SERB. PEDASO NUOVO	2888,0464	200	Acciaio	0,15
150	PART. MADONNA MANù	145	3019,6612	150	Acciaio	0,15
190	145	SERB. MARINA PALMENSE	2121,0738	90	Pead	0,02
147	143	190	2465,6719	40	Acciaio	0,15
195	190	191	1993,7587	300	Acciaio	0,15
194	191	141	5416,6188	275	Acciaio	0,15
34	141	3	1280,0372	250	Acciaio	0,15
197	3	193	256,3187	250	Acciaio	0,15
196	193	165	238,4507	150	Acciaio	0,15
117	165	SERB. DUOMO	191,6355	150	Ghisa sferoidale	0,1

**Tabella 4.2.6.5 - Parametri inseriti nelle condotte dell'Acquedotto dei Sibillini
Fermo /Porto San Giorgio/Capodarco**

Condotta ID	Nodo iniziale	Nodo Finale	Lunghezza (m)	DN (mm)	Materiale	Scabrezza (mm) IPOTIZZATA
198	193	194	830,3883	175	Acciaio	0,15
230	194	219	1649,4406	150	Acciaio	0,15
231	219	221	530,0272	100	Acciaio	0,15
233	221	222	987,0780	60	Acciaio	0,15
232	219	220	384,6255	100	Acciaio	0,15
234	220	223	1691,4979	63	Pead	0,02
199	194	195	750,2703	175	Acciaio	0,15
200	195	196	3026,0151	150	Acciaio	0,15
201	196	197	412,7173	100	Acciaio	0,15
228	196	217	2104,2102	70	Acciaio	0,15
229	217	218	2205,0976	80	Acciaio	0,15
202	197	198	1942,5871	200	Acciaio	0,15
203	198	200	424,4381	175	Acciaio	0,15
205	200	201	655,0778	110	Acciaio	0,15
206	201	SERB. VINCI	1000	150	Acciaio	0,15

145	15	SERB.MON TAGNOLO NUOVO	1000	100	Acciaio	0,15
138	15	SERB. MONTAGN OLO VECCHIO	1000	100	Acciaio	0,15
223	207	201	9484,9073	250	Acciaio	0,15
219	208	213	6801,3443	200	Acciaio	0,15
222	213	SERB. CAPODAR CO	119,2741	25	Acciaio	0,15
218	212	201	5407,0214	350	Fibroce mento	0,1
217	211	212	5407,0214	350	Fibroce mento	0,1
215	209	210	390,3969	300	Acciaio	0,15
135	209	SOLL. S. CATERINA	100,0000	100	Acciaio	0,15
180	265	209	3371,8875	300	Acciaio	0,15
185	262	265	109,7277	250	Acciaio	0,15
187	265	15	245,6574	300	Acciaio	0,15
188	15	266	1191,2336	100	Acciaio	0,15
204	266	267	1658,4807	40	Acciaio	0,15
209	266	SERB. S.MARCO PALUDI	3579,1617	70	Acciaio	0,15
18	201	CASABIAN CA	2269,3710	175	Acciaio	0,15

Tabella 4.2.6.6 - Parametri inseriti nelle condotte dell'Acquedotto dei Sibillini

Ramo Belmonte Piceno – Fermo

Condotta ID	Nodo iniziale	Nodo Finale	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	Materiale	Scabrezza (mm) I POTIZZATA
246	31	233	7193,3912	100	Acciaio	0,15
20	31	131	2875,5846	100	Acciaio	0,15
247	131	SERB.BELMONTE	492,9010	100	Acciaio	0,15
134	233	132	4621,5039	65	Acciaio	0,15
137	132	SERB. GROTTAZZOLINA	223,0729	100	Acciaio	0,15
284	132	206	5065,1878	150	Acciaio	0,15
135	132	15	5961,4077	100	Acciaio	0,15

Tra i valori domanda disponibili, ai fini di redigere il Bilancio idrico della rete, si è scelto di calibrare il modello con la domanda Q media nel giorno di massimo consumo.

A partire dal file relativo ai consumi, per ricavare la domanda da inserire nel modello in corrispondenza di ciascun serbatoio, è stato opportuno suddividere il valore di Q media nel giorno di massimo consumo, disponibile per ciascun comune, tra i vari serbatoi a servizio dello stesso comune, in particolare per i centri più grandi.

Per questo lavoro sono risultate fondamentali tanto le informazioni contenute nel file dei consumi, quanto le ulteriori informazioni fornite dal gestore e descritte nel paragrafo precedente

Si riportano in fig. 4.2.6.1 le domande assegnate a ciascun serbatoio presente nel modello.

Domande ai serbatoi

Comune	Numero serbatoi comunali	Nome Serbatoio	Elevazione (mt)	Q media nel giorno di max consumo (2006/2020) (l/s) [file Consumi fornito da CIIP]	Qprogetto (l/s) nel serbatoio [modello [panet]
Castignano	2	SERB. COLLE ACUTO	480	9,2825	7,403
		Rurali (San Venanzo e Tesino)	345		1,8795
Appignano del Tronto	1	SERB. APPIGNANO DEL TRONTO	209	5,5	5,5
Castel di Lama	1	SEGHETTI	122	10	10
Offida	1	S. BARNABA	369	19,6	19,6
Castorano	2	SERB. CASTORANO	302	10	7
		CASTORANO RURALI	248		3
Colli del Tronto	1	SERB. COLLI DEL TRONTO	233,4	10	10
Spinetoli	2	PIERANTOZZI (Villa Eusebi)	114	27,7	19,7
		SERB. SPINETOLI	212		8
Monsampolo del Tronto	1	TERRAVECCHIA	195	9,6	9,56483333
Monteprandone	3	BITOSSI	103	30,4	13,4
		COLLE GIOIOSO SECONDO	75		17
Acquasviva Picena	1	PIAZZA CASTELLO	355	14,8	14,8
S. Benedetto del Tronto	7	SERB. S. LUCIA	62	285,9	216
		BERNINI	70,2		35
		FOSSO DEI GALLI	-		-
		FERRIERA	53		23,9
		MONTE RENZO	50		7
		BACHETTI (MONTE DELLA CROCE)	90		4
		SERB. ZONA IND. ARTIGIANALE COLLE INSU	127		0
Cupra marittima	1	CUPRA NUOVO	67	22,4	22,4
Grottammare	2	FERRIERA	53	32,4	30,4
		SERB. GROTTAMARE (VALTESINO)	50		2
Montalto delle Marche e Montedivovo	1	SERB. S. FRANCESCO	577	12,9	12,9
Cossignano	1	SERB. COSSIGNANO	400	29,2	6
Ripatransone	1	RIPATRANSONE	504		23,2
Carassai	1	SERB. CARASSAI	365	5,5	5,5
Montefiore dell'Aso	1	SERB. MONTEFIORE	395	3,9	3,9
Massignano	1	SERB. CASE LAURI	298	9,3	9,3
Campofilone	2	NODO 250	275	9,2	8
		SERB. COSSIGNANI			2
Montelparo	1	SERB. MONTEPARO	584	3,4	3,4
S. Vittoria in Matenano	1	SERB. S. VITTORIA IN MATENANO	640	8,2	8,2
Monte Rinaldo	1	SERB. MONTE RINALDO	485	7,3	2,4
Ortezzano	1	SERB. VALDASO DI ORTEZZANO	301		4,9
S. Elpidio Morico	1	SERB. S. ELPIDIO MORICO	310	-	-
Monsampietro Morico	1	SERB. MONSAMPIETRO MORICO	430	1	1
Montotone	1	SERB. MONTOTONE	400	3	3
Monte Vidon Combatte	1	SERB. MONTE VIDON COMBATTE	400	0,5	0,5
Petrilli	1	SERB. PETRILLI	370	7,5	7,5
Monte Giberto	1	SERB. MONTE GIBERTO	320	5,4	1,71
Ponzano di Fermo	1	SERB. PONZANO DI FERMO	250		3,69
Monterubbiano	1	SERB. LARGO CALZECCHI	462	1,6	1,6
Maresco	1	MORESCO (CIMITERO MONTERUBBIANO)	438	1	1
Altidona	2	SERB. ALTIDONA	250	1,5	1
		SERB. RURALE CONTRADA MONTI	100		0,5
Lapedona	1	SERB. LAPEDONA (PAZZAGLIA)	340	4	4
Pedaso	1	SERB. PEDASO NUOVO	49	14,7	14,7
Fermo	10	SERB. MARINA PALMENSE	50	102,7	8
		SERB. DUOMO	305		46
		NODO 223	300		1
		NODO 222	300		1
		MONTAGNOLA VECCHIO	279		5,7
		MONTAGNOLA NUOVO	318		20
		SERB. CAPODARCO	210		3
		SOLL. S. CATERINA	46		0
		SERB. S. MARCO PALLUDI	94		1
		FERMO BASSA_1	200		1
FERMO BASSA_2	200	1			
CASABIANCA	45	15			
Porto S. Giorgio	1	SERB. VINCI	59	96,8	96,8
Servigliano	1	SERB. SERVIGLIANO	440	3,5	3,5
Belmonte Piceno	1	SERB. BELMONTE	320	2	2
Grottazzolina	1	SERB. GROTTAZZOLINA	259	8	8

condotta chiusa

Il valore è stato suddiviso tra i due comuni in modo proporzionale alla popolazione di ciascuno

Il valore è stato suddiviso tra i due comuni in modo proporzionale alla popolazione di ciascuno

condotta chiusa

Figura 4.2.6.1 – Valori di domanda inseriti nel modello e livello di singolo serbatoio

Infine, nelle figure 4.2.6.2, si riporta il modello idraulico del sistema di interconnessione realizzato con Epanet e sviluppato fino al livello dei serbatoi comunali per l'A.T.O. 5; nelle figure 4.2.6.3, 4.2.6.4, 4.2.6.5 e 4.2.6.6 è possibile osservare due ingrandimenti di dettaglio, uno relativo all'Acquedotto di Pescara di Arquata a valle del partitore Capradosso e gli altri relativi all'Acquedotto dei Sibillini, a valle dei partitori di Rovetino, Montelparo e Belmonte Piceno.

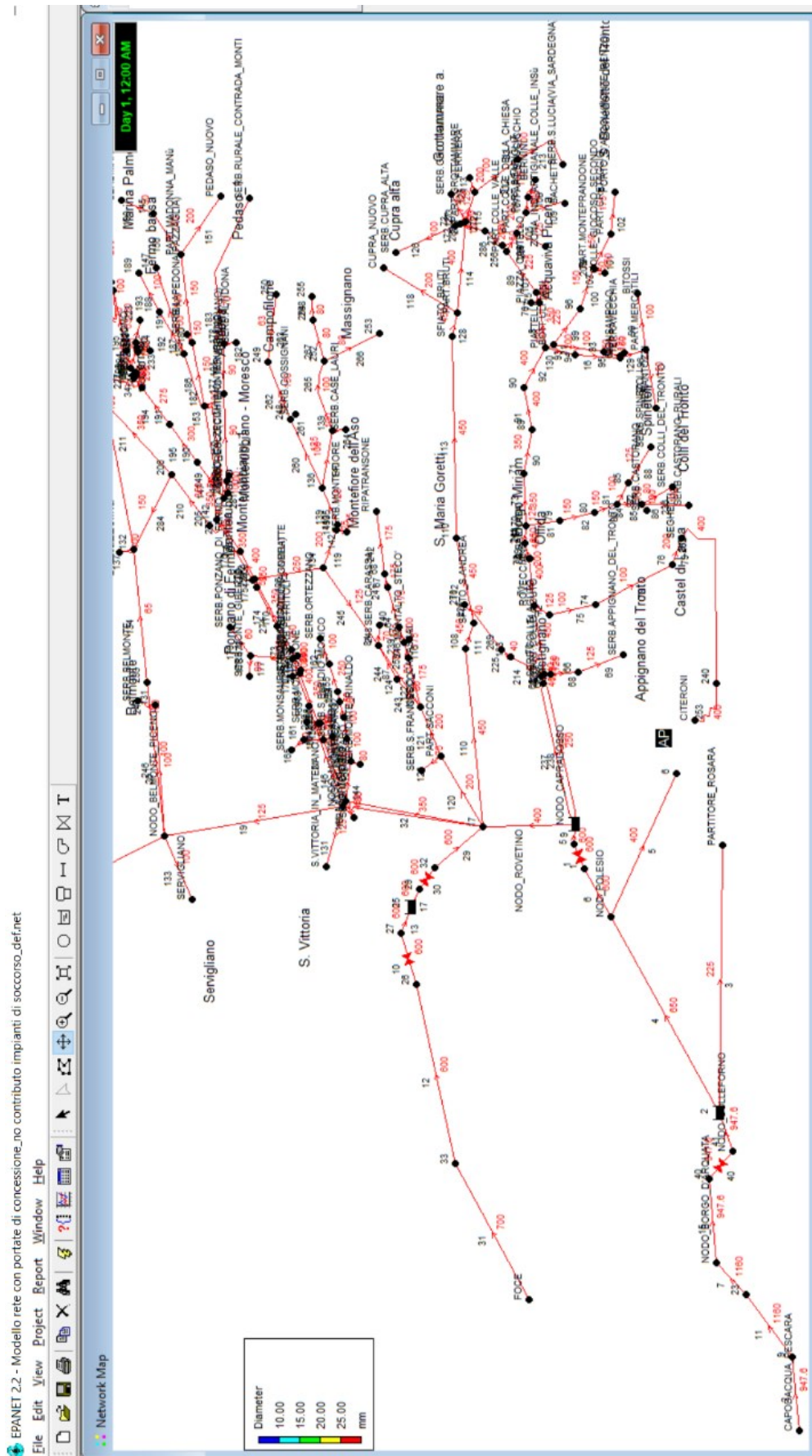


Figura 4.2.6.2 - Schermata relativa alla rappresentazione del modello per l'A.T.O. 5 in Epanet 2.2

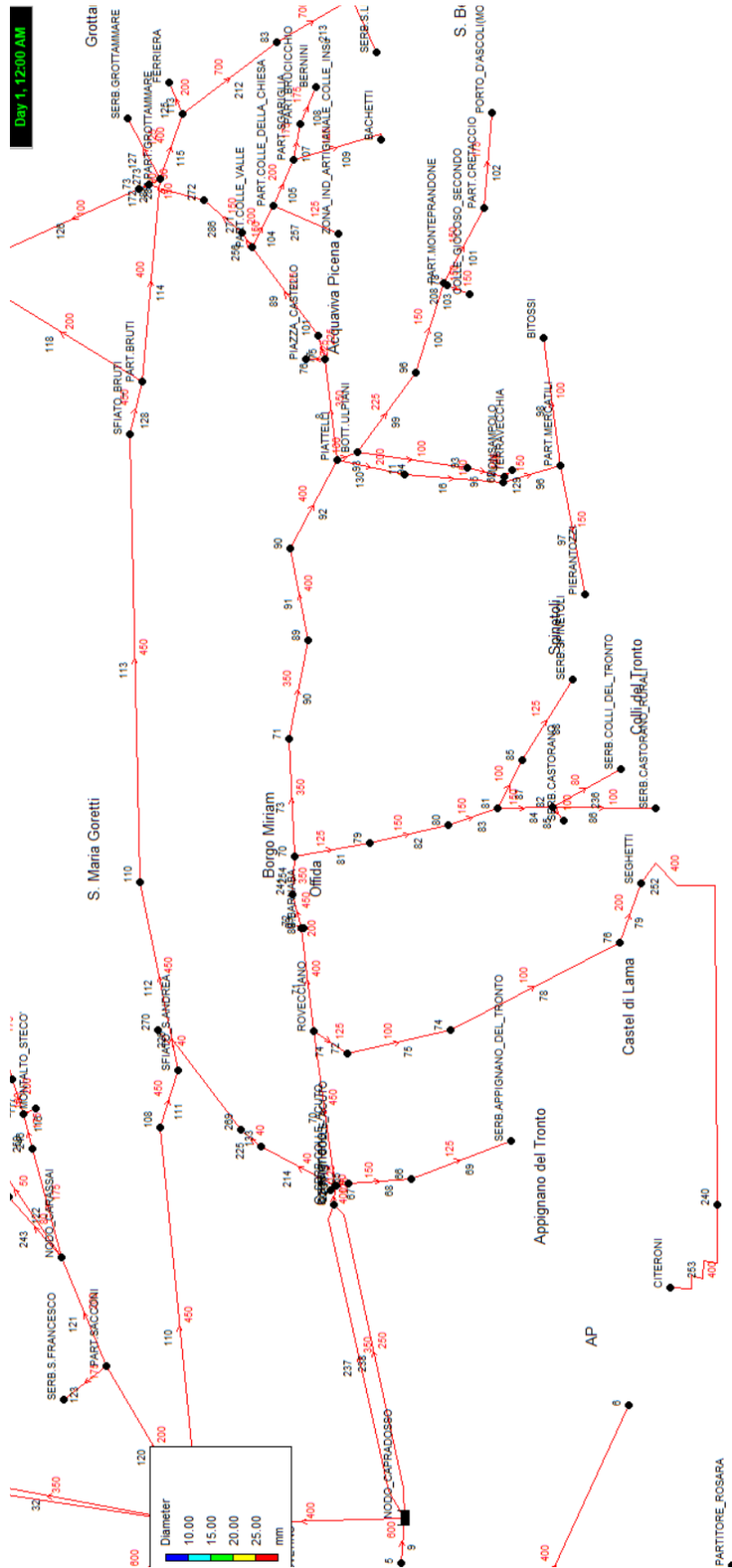


Figura 4.2.6.3 - Dettaglio del modello dell'Acquedotto del Pescara a Valle del Partitore Capradosso

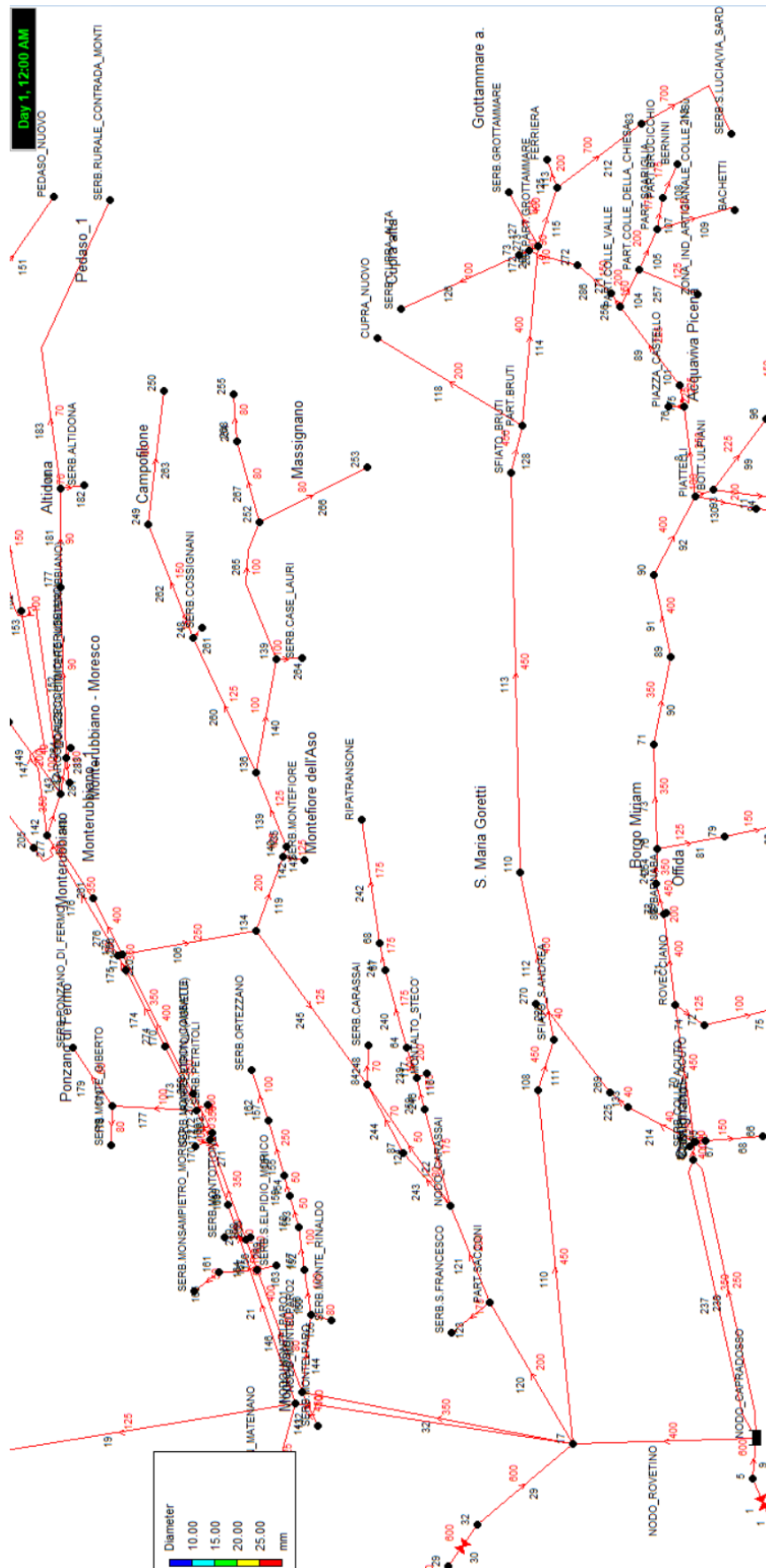


Figura 4.2.6.4 - Dettaglio del modello dell'Acquedotto dei Sibillini a valle del Partitore Rovetino

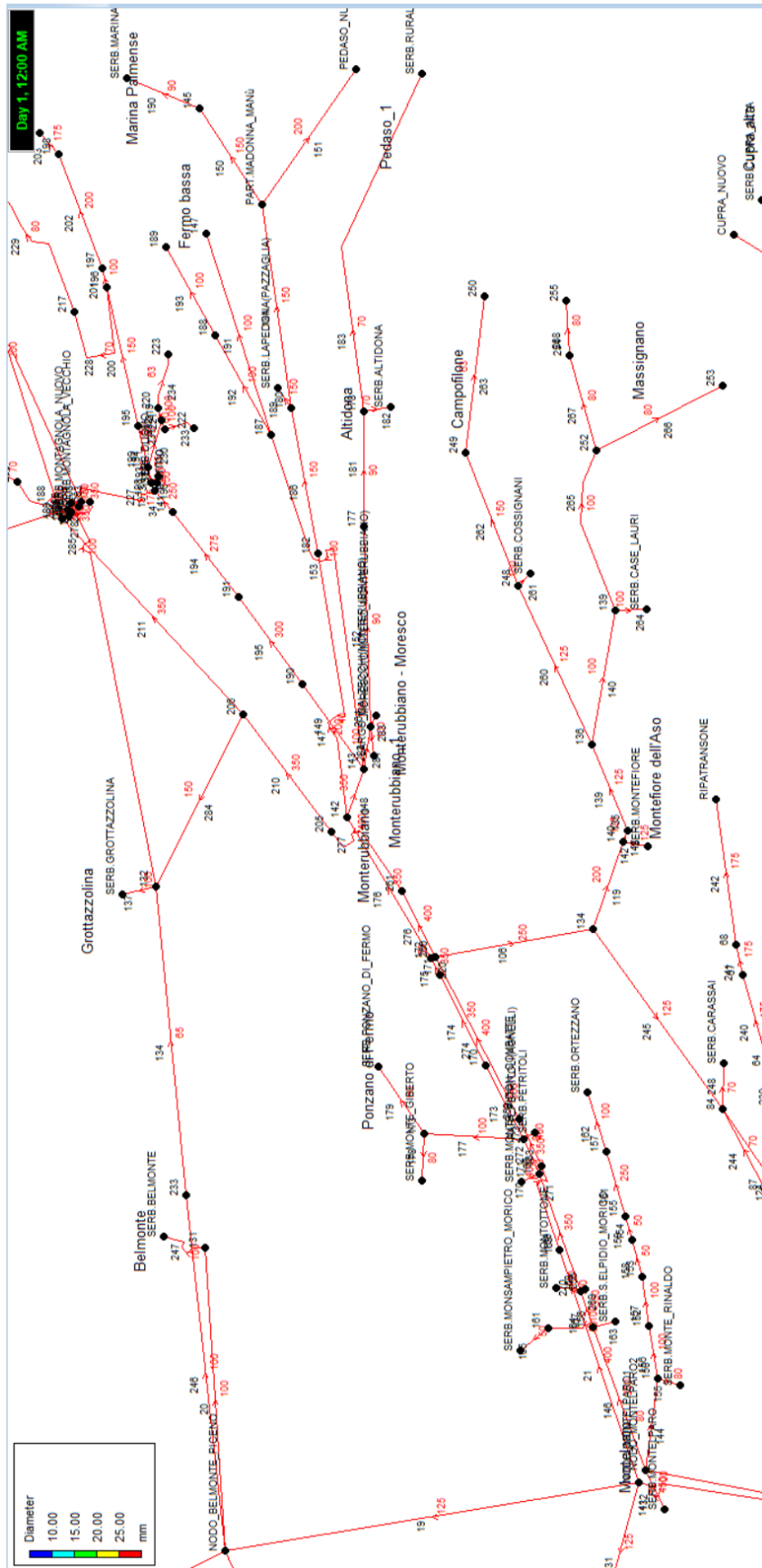


Figura 4.2.6.5 - Dettaglio del modello dell'Acquedotto dei Sibillini a valle del Partitore Montelparo

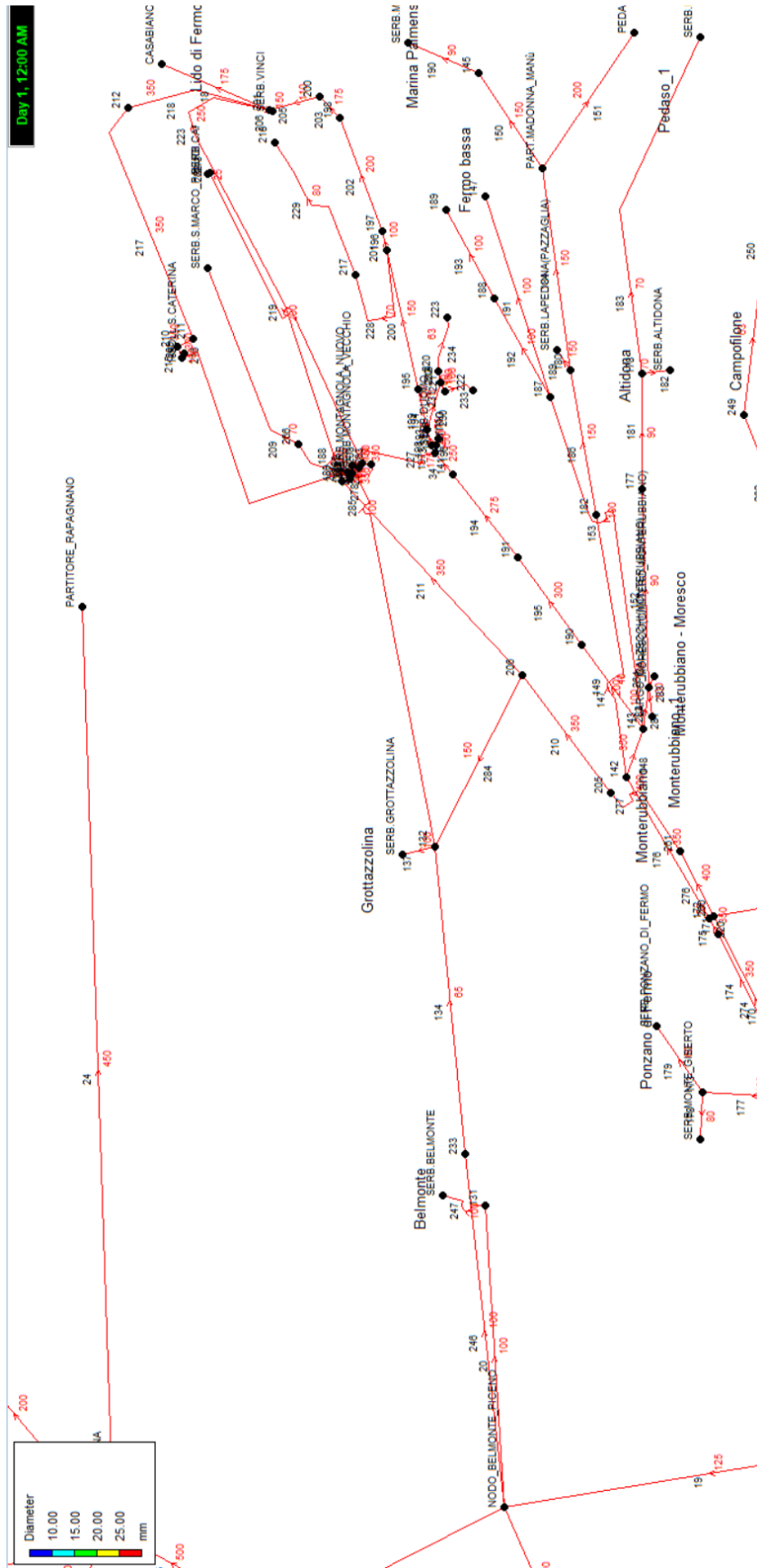


Figura 4.2.6.6 - Dettaglio del modello dell'Acquedotto dei Sibillini a valle del Partitore Belmonte

Piceno

4.3 Analisi del modello

Il lavoro di analisi svolto nella presente tesi si è articolato in varie fasi.

Nella prima fase si è verificata l'effettiva adeguatezza del modello tramite il tracciamento delle portate, operazione con cui si è verificato che la portata seguisse lo schema idrico di riferimento della rete. Oltre a questa prima analisi, è seguito uno studio della rete in termini di pressioni ai nodi.

Da ormai alcuni anni, fra i diversi approcci proposti da una vasta letteratura, particolarmente convincenti sono quelli che definiscono l'affidabilità di un sistema di distribuzione idrica dal soddisfacimento, per una durata prefissata, delle richieste idriche (in termini di volumi e portate) con le pressioni necessarie.

Questa definizione è ormai condivisa da molti autori e si presta ad essere implementata operativamente in indicatori di prestazione che, con diversi livelli di complessità, basano la loro quantificazione sul rapporto fra la portata effettivamente distribuita dal sistema (nelle diverse configurazioni di lavoro e condizioni di domanda che esso può assumere nell'arco di tempo per il quale l'analisi è effettuata) e la portata richiesta (domanda).

Per il calcolo corretto degli indici di affidabilità secondo l'impostazione sopra indicata, occorre però disporre di metodologie in grado di valutare l'effettiva portata erogata nei casi in cui la pressione in uno o più nodi risulti inferiore a quella necessaria per l'erogazione della portata richiesta. A tal fine, la quasi totalità dei modelli di calcolo attualmente utilizzati per la verifica idraulica delle reti (tra cui Epanet 2.2) fissa a priori la portata Q_j (dato del problema) erogata in ogni nodo (identificato con l'indice j), assumendola pari alla portata richiesta Q_{rj} , con l'ipotesi implicita che il carico piezometrico H_j (incognita del problema) sia sufficiente a soddisfarla.

Questi modelli, indicati in letteratura con la sigla DDA (Demand-Driven Analysis), danno risultati corretti solo nel caso in cui la verifica idraulica della rete sia positiva, ovvero nel caso in cui, per ogni nodo, il carico

piezometrico H_j risulti maggiore o uguale al valore H_{rj} richiesto per soddisfare la domanda. Se, invece, il calcolo mette in evidenza l'esistenza di nodi critici per i quali $H_j < H_{rj}$, i risultati forniti dal modello non sono corretti, giacché le portate Q_j assegnate come erogate dai nodi critici non sono compatibili con i valori dei carichi H_j risultanti dal calcolo.

L'approccio convenzionale di tipo DDA è stato fino ad ora ritenuto soddisfacente in quanto lo scopo del calcolo di verifica idraulica è sempre stato quello di validare il dimensionamento della rete e di evidenziare, in caso di verifica negativa, la necessità di interventi correttivi.

L'esigenza di calcolare, ai fini della valutazione degli indici di affidabilità, l'erogazione effettiva anche nelle situazioni di pressione insufficiente, richiede invece un approccio diverso, indicato in letteratura con la sigla PDA (Pressure-Driven Analysis), atto a identificare la soluzione che soddisfi non solo le consuete equazioni del moto e di continuità, ma anche le equazioni $Q_j=f(H_j)$ che in ogni nodo mettono in relazione la portata erogata e il carico effettivamente disponibile. Su questo nuovo approccio, la letteratura non ha presentato fino ad ora molti lavori, anche se a partire dagli anni più recenti l'interesse per l'argomento sembra essere crescente.

Essendo Epanet 2.2, come accennato, un software di calcolo basato su un approccio convenzionale di tipo DDA, l'analisi fornisce risultati validi solo nel caso in cui la verifica idraulica della rete sia positiva ovvero se le portate ai nodi risultano positive.

L'analisi condotta sul modello costruito nell'ambito della presente tesi ha fornito, in tutti i serbatoi, esito positivo e pertanto il modello può essere considerato affidabile.

In una fase successiva, occorrerà validare il modello e ottenere, quindi, risultati che riproducano il funzionamento della rete reale. Per farlo, sono necessarie misure di pressione e di portata nella rete che, attualmente, non sono disponibili.

CAPITOLO 5

Il Bilancio Idrico del territorio

La costruzione di un modello risultato affidabile ha consentito di poter simulare il funzionamento della rete a partire dalla definizione del bilancio idrico del territorio in termini di disponibilità della risorsa e soddisfacimento della domanda.

Un primo bilancio è stato effettuato anche sul modello di prima fase, non basato interamente su dati misurati né in termini di disponibilità (non sono disponibili i dati misurati delle portate alla sorgente dell'Acquedotto del Nera, San Chiodo, e all'Invaso di Castreccioni) né in termini di domanda, la quale era stata posta coincidente con la stima del fabbisogno idropotabile futuro della popolazione residente e fluttuante. Quest'ultimo è stato calcolato sia con la dotazione minima prevista dal DPCM 04.03.1996, pari a 150 l/ab*d per la popolazione residente, sia con la dotazione stimata in base agli studi presenti in letteratura e alle misure di portata fornite dai Gestori, pari a 250 l/ab*d per la popolazione residente. Per la popolazione fluttuante è stata considerata una dotazione minima di 100 l/ab*d e una massima di 200 l/ab*d. In questa seconda fase è stato possibile far corrispondere alla domanda idropotabile per l'ATO 5, i dati reali relativi ai costumi forniti dal Gestore CIIP.

L'analisi si è concentrata quindi sul territorio dell'ATO 5 ed è stata volta a valutare, innanzi tutto, la differenza tra la disponibilità idrica corrispondente alle portate di concessione e la domanda, considerando il contributo degli impianti di soccorso.

Si è esaminato poi, la differenza tra la domanda stimata sulla base della popolazione residente e fluttuante e la domanda fornita dal Gestore sulla base dei consumi registrati.

Il modello, infine, è stato analizzato anche per condizioni di disponibilità idriche diverse, per cercare di comprendere il funzionamento delle reti anche in condizioni critiche, con valori di portate prelevati alle sorgenti molto inferiori rispetto alle portate di concessione; anche in questi casi, si è tenuto in considerazione del contributo degli impianti di soccorso, considerati sulla base dei valori misurati.

Per gli scenari critici ipotizzati si è effettuato, quindi, il bilancio idrico.

Per la domanda, dal momento che le previsioni demografiche mostrano una tendenza in diminuzione per la popolazione nei prossimi 40 anni, si è ritenuto opportuno riferirsi al dato dei consumi forniti dal CIIP relativi agli anni 2006/2020 per tutti gli scenari.

I bilanci per gli scenari critici, confermando le aspettative, hanno fornito risultati negativi che giustificano la necessità di intervenire con l'opera di interconnessione.

5.1 Scenari di Criticità

Per il bilancio idrico sono stati ipotizzati tre scenari sulle portate disponibili:

- Scenario 1, portate di concessione;
- Scenario 2, portate “post – sisma” ed in particolare riferite ad agosto 2019;
- Scenario 3, portate “anno siccitoso” ed in particolare riferite ad agosto 2007.

In tutti e tre gli scenari, per redigere il bilancio si è tenuto conto del contributo degli impianti di soccorso.

I dati di domanda, infatti, essendo misurati, includono il contributo di questi impianti da cui si attinge in caso di necessità.

Per i nuovi impianti di soccorso, entrati in funzione negli anni 2018 e 2019, il valore di portata da considerare nello Scenario 3 è stato indicato dal gestore. Anche il dato da considerare per la sorgente di Foce di Montemonaco in condizioni di siccità è stato indicato dal gestore, poiché il dato misurato ad agosto 2007 non è rappresentativo delle condizioni attuali post-sisma.

Le misure di portata sono disponibili per le sorgenti di Pescara, Capodacqua, Foce di Montemonaco e Sasso Spaccato. Le sorgenti principali e fondamentali per la rete della CIIP sono quelle di Pescara, Capodacqua e Foce di Montemonaco sia perché servono la maggior parte dei Comuni sia perché gli acquedotti da esse alimentati sono già interconnessi tra loro in corrispondenza del partitore di Rovetino; la sorgente di Sasso Spaccato alimenta, invece, l'Acquedotto Vettore al servizio di 9 Comuni per una popolazione complessiva di circa 11000 abitanti. Nel bilancio si esclude la sorgente di Sasso Spaccato poiché è scollegata dal sistema principale esistente e non è prevista nel progetto di interconnessione degli ATO.

Inoltre, si ricorda l'esistenza di fonti di approvvigionamento minori come le sorgenti locali a servizio di molte frazioni dei Comuni di Arquata del Tronto e Acquisanta Terme e la sorgente locale della Maddalena che serve il Comune di Ascoli Piceno. In questo caso sia le portate prelevate che quelle di scarico delle sorgenti sono registrate con misuratori.

Nelle tabelle in figura 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3 si riportano le portate disponibili alle sorgenti principali dal 2006 al 2019, calcolate come la somma tra le portate prelevate e scaricate. Per la sorgente di Pescara non sono disponibili i dati sulle portate di scarico antecedenti al 2010. L'unità di misura di tutti i valori riportati è il l/s.

PORTATE COMPLESSIVE DALLA SORGENTE DI PESCARA (portate prelevate+scarico)													
Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	MEDIA
2010	204	266	361	414	448	396	377	318	274	239	201	180	307
2011	220	265	291	383	412	387	324	259	216	180	151	122	268
2012	101	85	73	64	63	71	75	70	63	56	49	53	69
2013	86	148	206	354	512	518	460	389	309	242	217	304	312
2014	387	402	429	441	505	548	479	383	303	241	199	165	374
2015	133	120	181	367	493	529	452	352	268	212	171	142	285
2016	126	141	194	283	336	350	338	298	391	369	353	336	293
2017	245	198	211	224	230	211	172	122	81	54	32	26	151
2018	41	73	138	267	363	399	374	299	221	154	98	63	208
2019	42	38	47	52	71	143	189	180	142	99	67	41	93
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Media 10/ 16	180	204	248	329	396	400	358	296	261	220	192	186	272
Media 17/ 19	82	77	99	136	166	188	184	150	111	77	49	33	113

Figura 5.1.1– Portate disponibili alla sorgente di Pescara dal 2010 al 2019 (CIIP SpA)

PORTATE COMPLESSIVE DALLA SORGENTE DI FOCE DI MONTEMONACO (portate prelevate+scaricate)													
Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	MEDIA
2006	563	554	564	572	576	581	581	584	578	568	537	523	565
2007	509	511	518	533	540	543	510	505	490	475	473	477	507
2008	480	460	474	523	530	534	531	527	520	501	494	526	508
2009	507	508	510	552	547	545	551	563	560	571	570	567	546
2010	590	588	570	536	586	582	587	586	573	570	575	591	578
2011	583	580	562	577	584	582	591	588	562	566	550	543	572
2012	534	524	524	549	544	510	525	515	504	497	518	518	522
2013	526	516	538	579	581	591	583	577	565	556	588	593	566
2014	652.31	596.02	591.67	597.9	604.43	588.3	585.31	584.68	584.75	579.96	565.67	578.21	592
2015	575.49	585.68	594.97	604.71	600.3	587.54	585.68	567.46	580.28	582.71	580.37	580.44	585
2016	584.32	589.16	594.07	591.95	593.6	587.91	585.22	591.09	591.24	590.86	591.16	591.02	590
2017	599.3	602.22	535.27	489.45	484.32	425.91	384.88	353	322.93	294.71	296.59	314.35	425
2018	264.77	239.59	290.58	315.27	370.54	317.62	299.46	280.48	264.78	255.41	259.94	242.38	283
2019	222.35	224.76	191.32	180.22	232.32	220.42	195.17	186.85	175	161	192	216	200
2020													
Media 06/ 16	555	547	549	565	571	567	565	563	555	551	549	553	557
Media 17/ 19	362	356	339	328	362	321	293	273	254	237	250	258	303

Figura 5.1.2 – Portate disponibili alla sorgente di Foce di Montemonaco dal 2006 al 2019 (CIIP SpA)

DISPONIBILITA' COMPLESSIVE SORGENTI: CAPODACQUA + PESCARA + FOCE DI MONTEMONACO													
Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	MEDIA
2006	1083	1084	1134	1242	1306	1391	1301	1274	1228	1168	987	873	1173
2007	854	825	810	846	850	833	761	740	719	696	683	680	775
2008	698	672	750	952	1096	1099	971	927	903	876	852	899	891
2009	917	953	999	1083	1197	1195	1201	1173	1086	1034	995	957	1066
2010	1187	1226	1341	1251	1334	1350	1490	1307	1219	1168	1097	1161	1261
2011	1222	1262	1257	1441	1505	1419	1345	1285	1151	1127	1079	1022	1260
2012	976	903	839	867	881	862	841	810	755	749	744	783	834
2013	900	1023	995	1291	1659	1636	1616	1419	1266	1124	1143	1314	1282
2014	1468.3	1507	1525.7	1523.9	1917.4	1817.3	1590.3	1402.7	1267.8	1153	1059.7	1088.2	1443
2015	1054.5	1015.7	1151	1490.7	1712.3	1709.5	1543.7	1369.5	1186.3	1102.7	1026.4	998.44	1280
2016	974.32	1024.2	1147.1	1274	1361.6	1388.9	1345.2	1374.1	1529.2	1446.9	1464.2	1581	1326
2017	1458.3	1431.2	1350.3	1354.5	1316.3	1136.9	1046.9	877	715.93	630.71	593.59	599.35	1043
2018	617.77	681.59	891.58	1078.3	1280.5	1251.6	1186.5	1078.5	924.78	739.41	629.94	547.38	909
2019	494.35	508.76	498.32	508.22	626.32	790.42	806.17	708.85	588	494	460	440	577
2020													
MEDIA 06-16	1030	1045	1086	1206	1347	1336	1273	1189	1119	1059	1012	1032	1145
MEDIA 17-19	857	874	913	980	1074	1060	1013	888	743	621	561	529	843

Figura 5.1.3 – Portate complessive disponibili alle sorgenti principali della CIIP dal 2006 al 2019 (CIIP SpA)

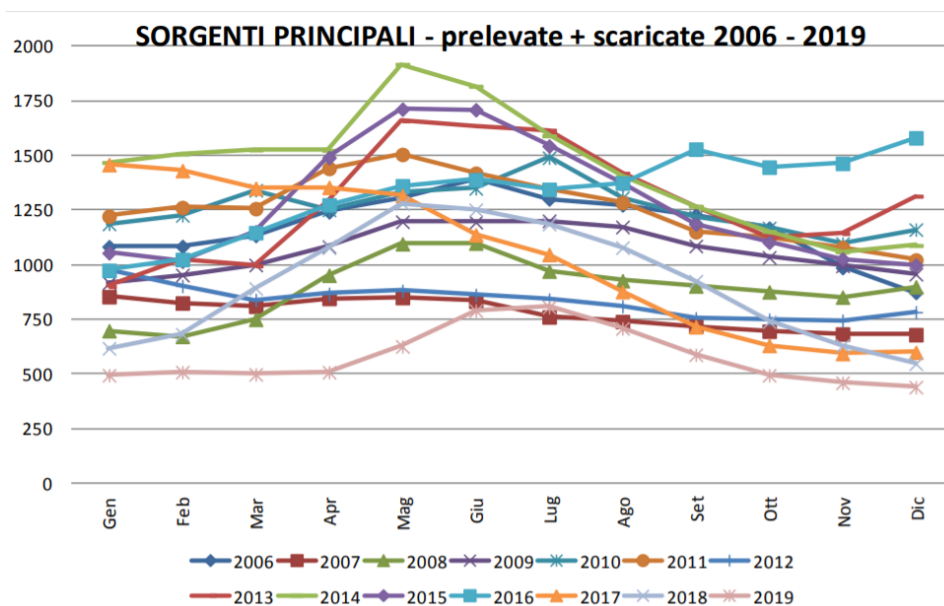


Figura 5.1.4 – Andamento delle portate complessive disponibili alle sorgenti principali della CIIP (CIIP SpA)

Come è possibile osservare in figura 5.1.4, anche per la CIIP gli anni più critici sono stati quelli delle crisi idriche dovute alla siccità (2007 e 2012) ma soprattutto il 2019, anno in cui la diminuzione della risorsa è da imputare al

sisma del 2016/2017. Come già illustrato nel paragrafo 2.4.1, la sorgente maggiormente colpita è stata quella di Foce di Montemonaco con una diminuzione della disponibilità media annua di circa 250 l/s (Figura 5.1.5).

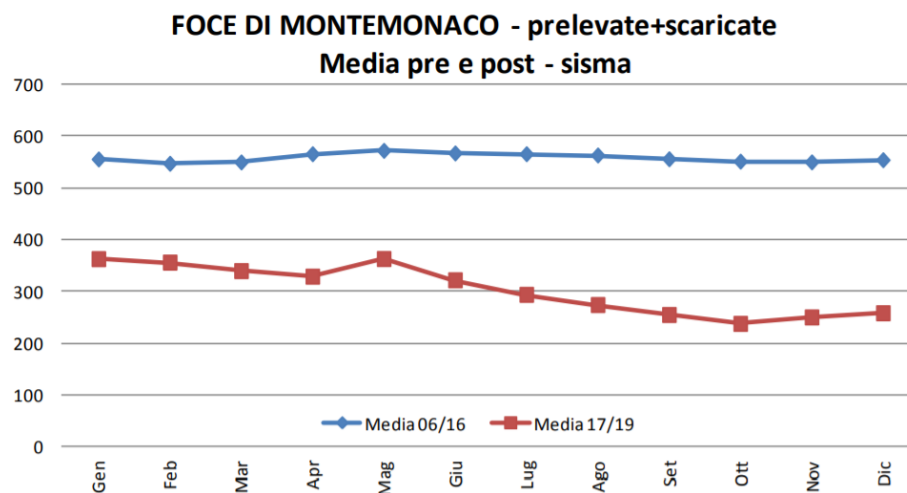


Figura 5.1.5 – Andamento delle portate medie disponibili alla sorgente di Foce di Montemonaco prima e dopo il sisma (CIIP SpA)

Per gli Acquedotti del Pescara e dei Sibillini, per la domanda si è fatto riferimento ai dati di consumo misurati tramite telecontrollo e forniti dal CIIP.

Il quadro complessivo delle portate disponibili nei tre Scenari è riportato in figura 5.1.6, mentre il valore totale della domanda idropotabile misurata in termini di consumi per l'ATO 5 è riportato in figura 5.1.7.

Sorgente	Scenario		
	1 - Concessione	2 - Post-sisma	3 - Siccità
	(l/s)	(l/s)	(l/s)
S. Chiodo	150	200	200
Castreccioni	300	300	300
Giampiereto	250	171	92
Capotenna	200	146	131
Capodacqua	430	342	235
Pescara	200	180	65
Foce	526	187	150
Impianto di soccorso	1 - Concessione	2 - Post-sisma	3 - Siccità
	(l/s)	(l/s)	(l/s)
Rapagnano	180	150	116
S. Caterina	22	50	80
Casteltrosino	50	50	150
F.so dei Galli	80	18	70
Capodacqua (pozzi)	-	128	90
<i>i valori riportati in corsivo sono stati indicati dal Gestore</i>			

Figura 5.1.6 –Portate considerate per il bilancio idrico (Relazione di Prima Fase)

Ambito	Domanda idropotabile misurata (Corrispondente a Q media nel giorno di max consumo (2006/2020) (l/s))
ATO 5	1190,85

Figura 5.1.7 – Domanda idropotabile misurata per il bilancio idrico per l’A.T.O. 5

Per quanto riguarda gli impianti di soccorso quelli attualmente in funzione, nell’ATO 5, sono quattro: i pozzi di Capodacqua, il campo pozzi di Casteltrosino, il potabilizzatore di Fosso dei Galli e il potabilizzatore di Santa Caterina. Il campo pozzi di Casteltrosino è entrato in funzione dal 2019 e attualmente serve quasi tutta la popolazione dei comuni di Ascoli Piceno, Folignano e Maltignano con una portata massima di 150 l/s. L’impianto di soccorso di Santa Caterina serve i comuni di Fermo e Porto San Giorgio nei periodi di punta con una portata massima di 80 l/s. Mentre l’impianto di Fosso dei Galli entra in funzione per il comune di San Benedetto del Tronto con una portata massima di 80 l/s. Nelle figure 5.1.8, 5.1.10, 5.1.12 e 5.1.14 si riportano le tabelle relative alle portate sollevate agli impianti di soccorso.

Nei grafici riportati nelle figure 5.1.9, 5.1.11, 5.1.13 e 5.1.15 è illustrato l'andamento delle portate sollevate agli impianti di soccorso della rete CIIP.

PORTATE POZZI CAPODACQUA													
Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	MEDIA
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
2007	0	0	20	14	20	51	93	90	82	74	82	79	50
2008	70	85	35	1	2	4	2	74	15	0	0	0	24
2009	0	28	12	0	0	0	8	3	16	0	0	8	6
2010	1	23	3	0	0	18	63	102	28	0	0	1	20
2011	0	0	0	0	12	44	65	59	67	13	0	0	22
2012	0	63	85	56	60	85	136	142	126	97	93	95	87
2013	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2014	0	0	0	0	0	29	4	0	1	1	1	2	3
2015	12	1	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	1
2016	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.13	0.06	0.06	0.01	0
2017	0.02	0	0	0	0	5.67	10.02	116.83	144.48	145.32	145.23	145.02	59
2018	144.71	97.94	33.16	0.04	0.2	0.08	0.2	5.34	13.33	120.85	144.98	144.75	59
2019	145.14	144.54	144.75	144.33	93.05	55.1	59	128.47	145	145	145	145	125
Media	29	32	24	15	13	21	31	52	46	43	44	44	33

Figura 5.1.8 – Portate sollevate ai pozzi di Capodacqua dal 2006 al 2019 (CIIP SpA)

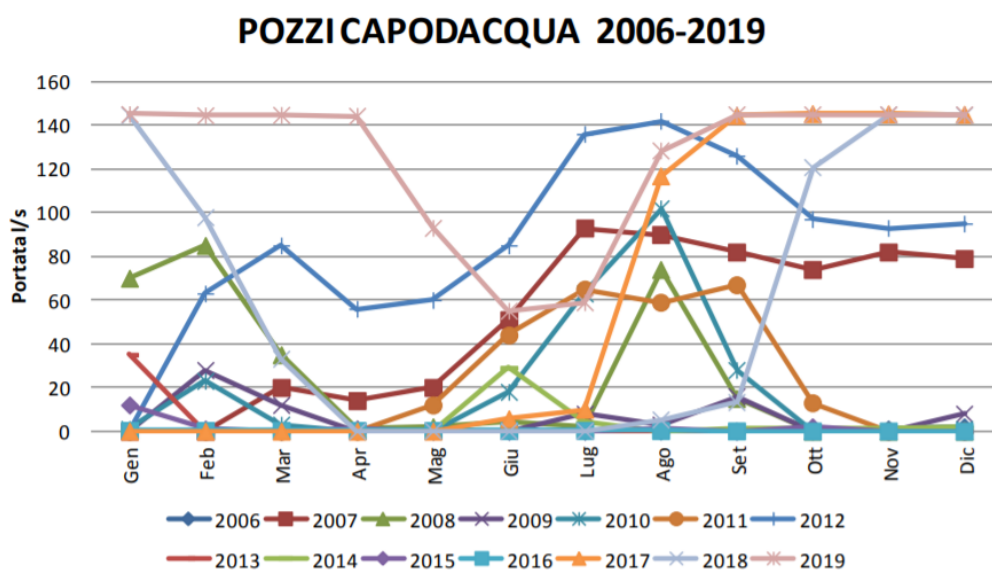


Figura 5.1.9 – Andamento delle portate prelevate ai pozzi di Capodacqua (CIIP SpA)

PORTATE POTABILIZZATORE FOSSO DEI GALLI													
Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	MEDIA
2017										23	45	41	36
2018	20	20	15	5	9	5	2	10	1	0	21	37	12
2019	43	41	40	38	12	0	2	18	18	29	32	24	25
Media	32	31	27	22	10	3	2	14	9	17	33	34	19

Figura 5.1.10 – Portate sollevate all’impianto di Fosso dei Galli dal 2017 al 2019 (CIIP SpA)

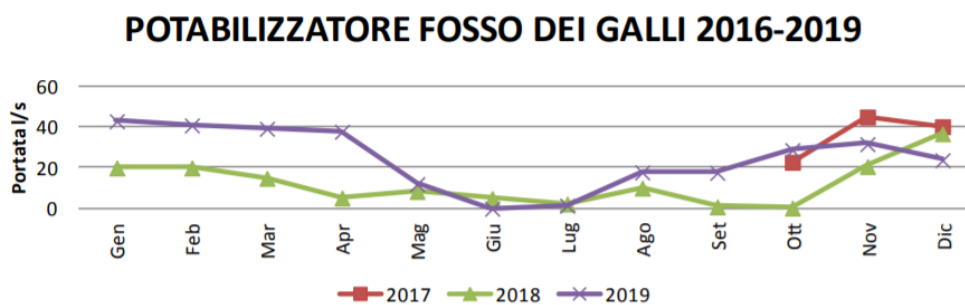


Figura 5.1.11 – Andamento delle portate prelevate all’impianto di Fosso dei Galli (CIIP SpA)

PORTATE SORGENTE DI SOCCORSO CASTEL TROSINO													
Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	MEDIA
2019				53	56	62	57	68	65	100	100	109	74
Media	0	0	0	53	56	62	57	68	65	100	100	109	56

Figura 5.1.12 – Portate sollevate al campo pozzi di Castel Trosino nel 2019 (CIIP SpA)

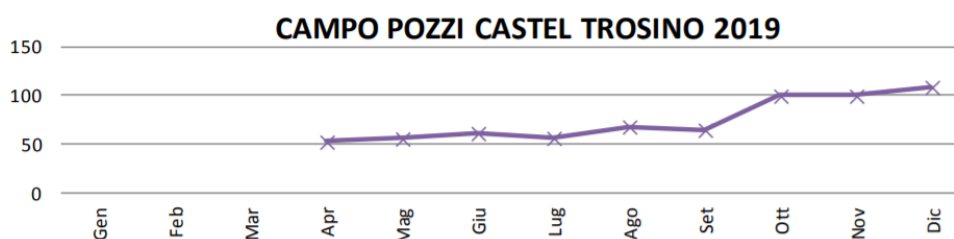


Figura 5.1.13 – Andamento delle portate prelevate al campo pozzi di Castel Trosino (CIIP SpA)

PORTATE SOLLEVAMENTO S.CATERINA													
Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	MEDIA
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	82	25	45	39	50	89	91	109	42	31	35	8	54
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	45	113	117	70	50	28	33	38
2008	70	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
2009	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	1
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	14	12	23	4	12	36	0	0	0	0	8
2012	0	25	0	0	0	29	60	90	5	0	0	0	17
2013	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	1
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	0	7	0	10	0	0	1
2016	0	0	0	0	0	0	0	12	2	13	2	8	3
2017	10	4	2	5	3	9	70	94	51	62	62	36	34
2018	28	31	18	4	7	5	16	35	3	2	44	76	22
2019	77	77	82	77	28	15	37	75	27	61	67	59	57
Media	13	8	8	7	6	10	20	30	10	11	12	11	12

Figura 5.1.14 – Portate sollevate all'impianto di Santa Caterina dal 2000 al 2019 (CIIP SpA)

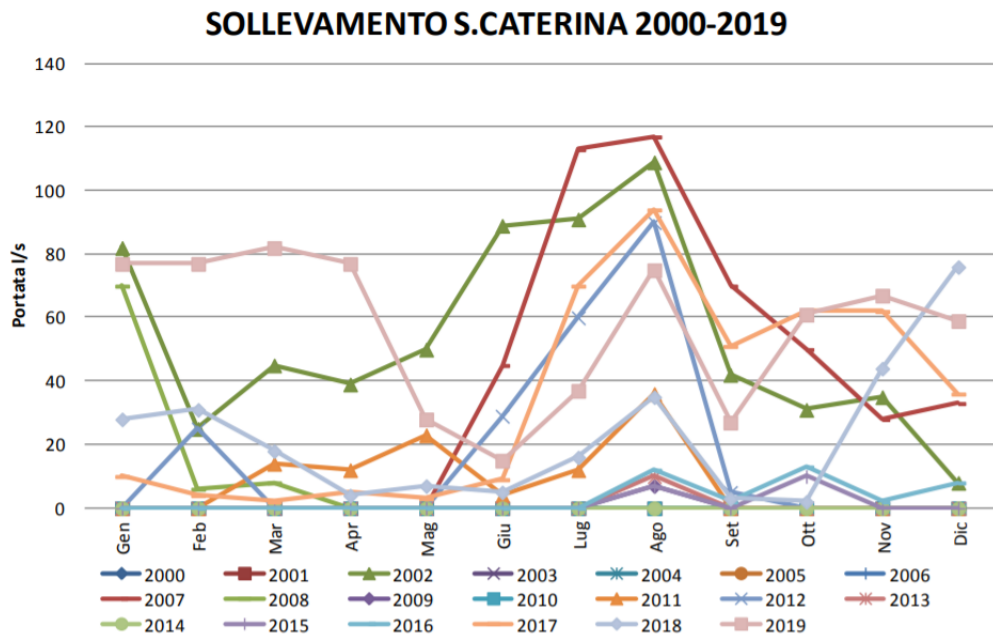


Figura 5.1.15 – Andamento delle portate prelevate all'impianto di Santa Caterina (CIIP SpA)

Come è possibile osservare dalle tabelle e dai grafici sopra riportati, gli impianti di soccorso di Capodacqua e Santa Caterina sono stati maggiormente utilizzati negli anni siccitosi, mentre quelli di Fosso dei Galli e Casteltrosino sono entrati in funzione dopo il sisma del 2016.

Avendo a disposizione i dati di portata misurata forniti dalla CIIP SpA, per ogni scenario è stato possibile fare, infine, un confronto tra il bilancio dell'ATO 5 effettuato sulla base dei consumi misurati, in termini di portata media nel giorno di massimo consumo, con quello effettuato sulla domanda calcolata con la dotazione idrica.

Il risultato del bilancio effettuato sulle dotazioni minime e massime citate considerato, è stato tratto dallo studio effettuato dalla laureanda Beatrice Costantini nell'ambito della sua tesi.

5.2 Scenario 1, portate di concessione

Nello scenario 1 si è effettuato il confronto tra le portate di concessione alle sorgenti e quelle derivate dagli impianti di soccorso e la domanda misurata e assegnata a ciascun serbatoio. Questo rappresenta lo scenario meno critico poiché la portata di concessione rappresenta la massima portata prelevabile e non sempre coincide con la disponibilità reale delle sorgenti.

Si considerano le portate di concessione alle sorgenti di Pescara, la cui portata si immette in corrispondenza del nodo di Borgo d'Arquata, di Capodacqua e di Foce riportate nel P.R.G.A. rispettivamente di 200 l/s, 430 l/s e 526 l/s.

Sono stati presi in considerazione gli impianti di soccorso di Rapagnano, sottraendo la portata derivata di 180 l/s alla domanda del nodo omonimo (nodo 18), l'impianto di soccorso di S. Caterina, il cui contributo di 22 l/s è stato simulato diminuendo la domanda in corrispondenza del nodo "SERB. MONTAGNOLA NUOVO" nel comune di Fermo, l'impianto di Casteltrosino con 50 l/s, riducendo la portata richiesta nel nodo 6 (Ascoli

Piceno) e il pozzo del Fosso dei Galli mediante la riduzione, di 80 l/s, della domanda nodale relativa al serbatoio “PORTO D’ASCOLI (MONTE RENZO)” nel comune di San Benedetto del Tronto. Il contributo dei pozzi di Capodacqua è stato, invece, tenuto in considerazione sommando la portata derivata dal campo pozzi al valore fissato per la sorgente.

A seguito dell’analisi, il modello restituisce diversi valori ai nodi e alle condotte. In particolare, ai fini del bilancio, è importante cercare di capire cosa accade in corrispondenza dei partitori principali, snodi principali della rete, attraverso i quali passano tutte le portate che dalle sorgenti, poste a monte, giungono ai serbatoi posti a valle.

Per quanto riguarda i Reservoirs, i campi calcolati dal programma e visibili nelle proprietà del serbatoio stesso evidenziati in giallo, sono i seguenti:

- net inflow;
- elevation;
- pressure;
- quality.

Per i nodi giunzione, invece, Epanet calcola, attraverso l’analisi, i seguenti parametri:

- actual demand;
- total head;
- pressure,
- quality.

Per quanto riguarda le condotte, invece, i campi che il programma calcola, e visibili tra le proprietà della singola tubazione, sono:

- flow;
- velocity;
- unit headloss;
- friction factor;
- reaction rate;
- quality.

Tralasciando l'attenzione per i parametri relativi all'aspetto qualitativo, che non rientrano nell'interesse del lavoro svolto per la presente tesi, ai fini del bilancio alcuni di questi parametri meritano invece il giusto approfondimento.

In particolare, per quanto concerne i Reservoirs, i parametri più interessanti ai fini della redazione del bilancio idrico sono il "net infow", l'afflusso netto, cioè il valore che quantifica la differenza tra la disponibilità idrica e la domanda misurata.

Questo parametro, per come è definito, fornisce la misura stessa del bilancio idrico per il particolare Reservoir considerato.

Nel modello, il partitore a pelo libero di Capradosso è schematizzato con un Reservoir e il valore che il programma restituisce del parametro "net inflow", in corrispondenza di esso, è un dato molto significativo in termini di bilancio idrico. Per questo primo scenario, in particolare, tale valore è quindi positivo ed è pari a 209,82 l/s (figura 5.2.1).

Reservoir 7 ✕	
Property	Value
*Reservoir ID	7
X-Coordinate	2305.433
Y-Coordinate	4434.655
Description	
Tag	
*Total Head	695
Head Pattern	
Initial Quality	
Source Quality	
Net Inflow	209.82
Elevation	695.00
Pressure	0.00
Quality	0.00

Figura 5.2.1 - Finestra delle proprietà del Reservoir 7 che schematizza il nodo Capradosso e valore di Net Inflow calcolato dal programma per lo Scenario 1

Per quanto riguarda il valore di pressione, essendo Capradosso un partitore a pelo libero, ovviamente il programma restituisce un valore nullo che pertanto, in questo caso, non fornisce alcuna informazione aggiuntiva in termini di soddisfacimento della domanda. Ugualmente, il valore relativo all'elevation, il cui valore viene posto pari al valore del carico totale assegnato al Reservoir.

Per quanto riguarda i nodi giunzione, ai fini del bilancio idrico, è interessante osservare i valori che Epanet calcola, a seguito dell'analisi, in corrispondenza del partitore Rovefino (figura 5.2.2).

Property	Value
*Junction ID	17
X-Coordinate	2272.000
Y-Coordinate	5648.000
Description	
Tag	
*Elevation	593.40
Base Demand	0
Demand Pattern	
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Actual Demand	0.00
Total Head	689.28
Pressure	95.88
Quality	0.00

Figura 5.2.2 - Finestra delle proprietà del nodo 17 che schematizza il nodo Rovetino e i valori, in giallo, calcolati dal programma per lo Scenario 1

In questo caso, affinché il modello funzioni, è necessario aspettarsi un valore di pressione positivo e un valore, relativo al carico totale al nodo, inferiore rispetto a quello assegnato al Partitore Caradosso.

Lo scenario 1, come è possibile vedere, in corrispondenza del nodo Rovetino, restituisce un valore di pressione positivo e, relativamente alla direzione del flusso e valore del carico totale, restituisce un comportamento in linea con il funzionamento che ci si aspetta dalla rete

Il flusso, infatti, è diretto da Capradosso a Rovetino e questo è possibile solo se il carico risulta decrescente nel senso del flusso (figura 5.2.3).

Si può osservare, dalla figura, anche come si ripartisce l'entità flusso che, dalle Sorgenti di Capodacqua e Pescara, giunge al Partitore Capradosso.

Questo è infatti il parametro, riferito alle condotte, più interessante ai fini della redazione di un bilancio.

Dei 418,01 l/s che giungono al Partitore Capradosso, infatti, 120,38 l/s vengono richiesti al sistema verso il Nodo di Colle Acuto per servire e soddisfare la domanda dei comuni della Rete dell'Acquedotto del Pescara. La richiesta, invece, in direzione del Nodo Roventino, da immettere nell'Acquedotto dei Sibillini a servizio dei serbatoi di valle, è di 87,80 l/s. In Corrispondenza del Partitore di Capradosso, la domanda di 418,01 l/s risulta in grado di alimentare una richiesta 208,18 l/s e non si riscontrano criticità.

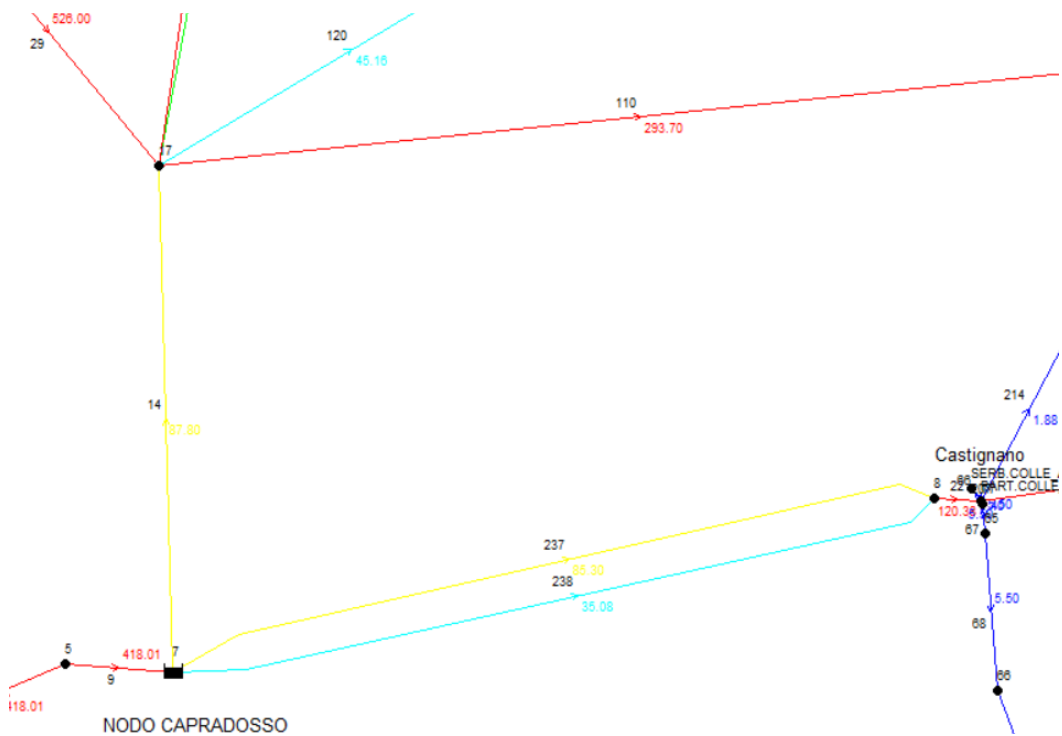


Figura 5.2.3 – Schermata di Epanet in cui è possibile visualizzare la direzione del flusso e l'entità del flusso all'interno delle che da Capradosso portano al nodo Rovetino (pipe 14) e verso valle (pipes 237 e 238)

Anche a valle, tutti i serbatoi, schematizzati come nodi giunzione, restituiscono valori di pressione positiva.

Per fare un confronto tra il bilancio appena effettuato e quello redatto con i valori di domanda stimati sulla base della dotazione idrica minima e massima, si possono mettere a confronto le seguenti tabelle 5.2.4 e 5.2.5.

ATO 5			
DI minima di legge		DI massima di legge	
Disponibilità (l/s)	Domanda (l/s)	Disponibilità (l/s)	Domanda (l/s)
1283	682	1283	1200

Tabella 5.2.4 – Tabella relativa ai valori di domanda stimati sulla base della dotazione idrica minima e massima per l'ATO 5 e lo scenario 1 (Tesi di Laurea di Beatrice Costantini)

ATO 5			
Qmedia mediata 2006/2020		Qmedia nel giorno di massimo consumo 2006/2020	
Disponibilità (l/s)	Domanda (l/s)	Disponibilità (l/s)	Domanda (l/s)
1283	785,5	1283	1190

Tabella 5.2.5 – Tabella relativa ai consumi totali forniti dal gestore per l'ATO 5

Dal confronto appare chiaro che, a fronte della stessa domanda per lo Scenario 1 considerato, la dotazione idrica che fornisce un valore di domanda più rispondente al consumo reale, in termini di portata media nel giorno di massimo consumo, è sicuramente quella massima (1200 l/s contro un consumo reale di 1190 l/s).

La domanda, calcolata attraverso il valore di dotazione idrica minimo per legge, ha un valore che è non solo molto minore (quasi la metà) rispetto alla portata di media nel giorno di massimo consumo misurata (682 l/s contro 1190 l/s), ma anche molto minore rispetto al valore della portata media mediata misurata (682 l/s contro 785,5 l/s). Questo dimostra che, per il caso

specifico, un bilancio effettuato su una domanda così calcolata può fornire un risultato molto diverso da quello riscontrabile nella realtà.

5.3 Scenario 2, portate “post – sisma” (agosto 2019)

Nello scenario 2 si è effettuato il confronto tra le portate disponibili alle sorgenti in seguito al sisma e la domanda calcolata con la popolazione e la dotazione idrica.

Si considerano le portate alle sorgenti di Pescara, la cui portata si immette in corrispondenza del nodo di Borgo d'Arquata, di Capodacqua e di Foce rispettivamente di 180 l/s, 342 l/s e 187 l/s.

In questo scenario, più critico, si è scelto di tenere in considerazione il contributo delle piccole derivazioni utilizzate per il soccorso.

In particolare, sono stati presi in considerazione gli impianti di soccorso di Rapagnano, sottraendo la portata derivata di 150 l/s alla domanda del nodo omonimo (nodo 18), l'impianto di soccorso di S. Caterina, il cui contributo di 50 l/s è stato simulato diminuendo la domanda in corrispondenza del nodo “SERB. MONTAGNOLA NUOVO” nel comune di Fermo, l'impianto di Casteltrosino con 50 l/s, riducendo la portata richiesta nel nodo 6 (Ascoli Piceno) e il pozzo del Fosso dei Galli mediante la riduzione, di 18 l/s, della domanda nodale relativa al serbatoio “PORTO D'ASCOLI (MONTE RENZO)” nel comune di San Benedetto del Tronto. Il contributo dei pozzi di Capodacqua è stato invece tenuto in considerazione sommando la portata derivata dal campo pozzi al valore fissato per la sorgente.

A seguito dell'analisi il modello riscontra delle criticità.

Osservando le proprietà in corrispondenza del Partitore a Pelo Libero di Capradosso, è possibile notare che, per questo scenario 2, il valore di “net inflow” restituito è negativo e pari a -163.18 l/s, come si può osservare in figura 5.3.1.

Reservoir 7	
Property	Value
*Reservoir ID	7
X-Coordinate	2305.433
Y-Coordinate	4434.655
Description	
Tag	
*Total Head	695
Head Pattern	
Initial Quality	
Source Quality	
Net Inflow	-163.18
Elevation	695.00
Pressure	0.00
Quality	0.00

Figura 5.3.1 - Finestra delle proprietà del Reservoir 7 che schematizza il partitore a pelo libero di Capradosso e valore di Net Inflow calcolato dal programma per lo Scenario 2

Tale valore conferma la funzione del serbatoio a capacità infinita, in grado cioè di “generare” la portata mancante rispetto alla domanda nodale. Di conseguenza la condotta 14 (dn 400 mm), che collega Capradosso a Rovetino, deve trasportare una portata di 398 l/s che è troppo grande per le dimensioni della condotta esistente e che determina, infatti, 101.6 m di perdite di carico, creando un carico piezometrico negativo a Rovetino ed incompatibile, anche, con molti serbatoi a valle. Questo dimostra sia la carenza di disponibilità rispetto alla domanda per questo scenario, sia l'insufficienza della condotta principale che collega Capradosso-Rovetino-Montelparo-Belmonte nel caso in cui si dovessero aumentare le portate con contributi derivanti da fonti alternative (figure 5.3.2 e 5.3.3).

Junction 17	
Property	Value
*Junction ID	17
X-Coordinate	2272.000
Y-Coordinate	5648.000
Description	
Tag	
*Elevation	593.40
Base Demand	0
Demand Pattern	
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Actual Demand	0.00
Total Head	586.55
Pressure	-6.85
Quality	0.00

Figura 5.3.2 - Finestra delle proprietà del nodo 17 che schematizza il partitore in pressione di Rovetino e il valore di pressione negativo generato per lo Scenario 2

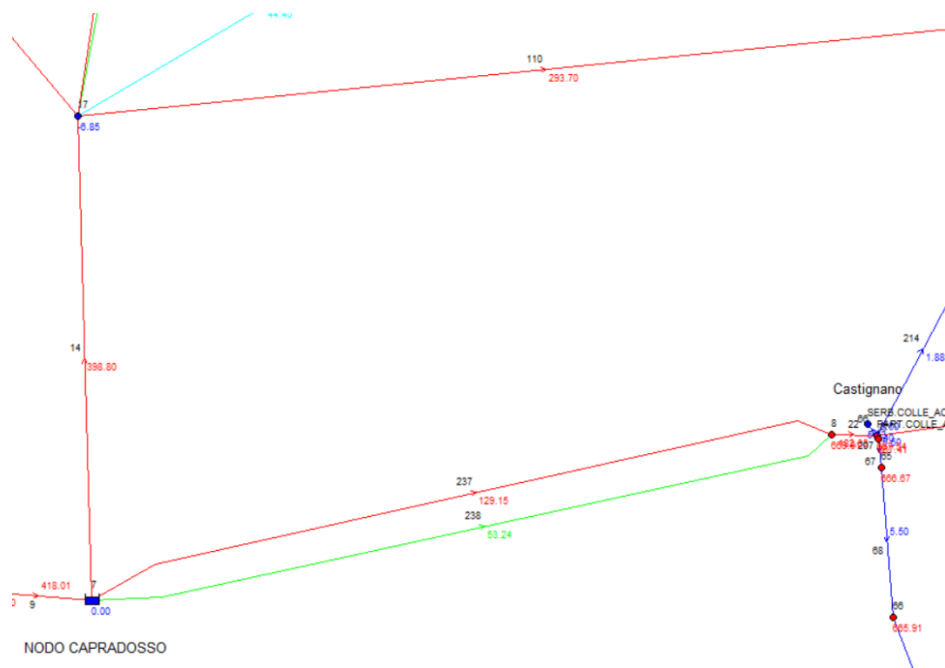


Figura 5.3.3 – Schermata di Epanet in cui è possibile visualizzare la direzione del flusso e l'entità del flusso all'interno delle che da Capradoosso portano al nodo Rovetino (pipe 14) e verso valle (pipes 237 e 238) per lo Scenario 2

Si può osservare, dalla figura, anche come si ripartisce il flusso che, dalle Sorgenti di Capodacqua e Pescara, giungono al Partitore Capradosso.

Dei 418,01 l/s che vi affluiscono, il programma richiede 182,34 l/s da dirigere verso il Nodo di Colle Acuto per soddisfare la domanda di valle e servire, dunque, i comuni a valle della Rete dell'Acquedotto del Pescara.

In direzione del Nodo Rovetino, per servire i comuni di valle, il programma richiede 398,80 l/s.

Sommando i due contributi di flusso nelle due direzioni, forniti dall'analisi che, si ricorda, è effettuata secondo un'impostazione di tipo DDA, ci si accorge che ai fini del soddisfacimento della domanda il sistema richiede, in corrispondenza del Partitore di Capradosso, una portata 581,14 l/s a fronte dei 418,01 l/s disponibili.

Allo stesso modo, criticità si riscontrano osservando le proprietà dei partitori di Montelparo (nodi 34 e 138).

Infatti, anche in questi nodi, i carichi piezometrici risultano negativi (figura 5.3.4 e 5.3.5).

Property	Value
*Junction ID	34
X-Coordinate	2612.600
Y-Coordinate	7454.657
Description	
Tag	
*Elevation	584
Base Demand	0
Demand Pattern	
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Actual Demand	0.00
Total Head	579.80
Pressure	-4.20
Quality	0.00

Figura 5.3.4 - Finestra delle proprietà del nodo 34 che schematizza il partitore in pressione di Montelparo, collegato alla condotta con DN 350, e il valore di pressione negativo generato per lo Scenario 2

Junction 138	
Property	Value
*Junction ID	138
X-Coordinate	2541.660
Y-Coordinate	7495.872
Description	
Tag	
*Elevation	584
Base Demand	0
Demand Pattern	
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Actual Demand	0.00
Total Head	572.48
Pressure	-11.52
Quality	0.00

Figura 5.3.5 - Finestra delle proprietà del nodo 138 che schematizza il partitore in pressione di Montelparo, collegato alla condotta con DN 350, e il valore di pressione negativo generato per lo Scenario 2

Anche in questo scenario, è possibile confrontare i bilanci calcolati, rispettivamente, sulla base della domanda misurata e della domanda stimata. Per quest'ultima, lo studio condotto dalla laureanda Beatrice Costantini dell'ambito della sua tesi, per lo Scenario 2 valuta la domanda considerando la popolazione fluttuante distribuita su tutti i mesi dell'anno in base all'elaborazione dei dati sugli arrivi totali mensili per Province (figura 5.3.6).

ATO 5 - SCENARIO 2			
Mese	Disponibilità (l/s)	Domanda (l/s)	Deficit (l/s)
gen	760	856	96
feb	772	856	84
mar	765	866	101
apr	820	896	76
mag	816	951	135
giu	922	1034	112
lug	960	1153	193
ago	999	1200	201
set	843	925	83
ott	829	876	47
nov	804	862	58
dic	777	861	84
MEDIA	839	945	106

Figura 5.3.6 - Calcolo del deficit medio di portata dell'ATO 5 nello Scenario 2 (Tesi di Laurea di Beatrice Costantini)

Da questa tabella appare evidente che il bilancio effettuato sulla base della domanda calcolata non è mai positivo durante l'anno. Il deficit medio annuo tra la disponibilità e la domanda è pari a 106 l/s e raggiunge il valore massimo di 201 l/s nel mese di agosto.

Il valore di portata, in questo caso, è un valore mensile.

Il deficit medio, di 106 l/s, risulta essere superiore (quasi il doppio) rispetto a quello che si ottiene confrontando i valori di disponibilità e portata media mediata misurati, osservabile in figura 5.3.7 e pari a 53,5 l/s. Ciò significa che il bilancio effettuato sulla base della domanda media stimata risulta essere più critico di quello basato sui consumi registrati.

ATO 5			
Qmedia mediata 2006/2020		Qmedia nel giorno di massimo consumo 2006/2020	
Disponibilità (l/s)	Domanda (l/s)	Disponibilità (l/s)	Domanda (l/s)
839	785,5	839	1190

Tabella 5.3.7 – Tabella relativa ai consumi totali forniti dal gestore per l’ATO 5 per lo Scenario 2

Confrontando, invece, il valore del deficit relativo alla tabella in figura 5.3.6, per il mese di massimo consumo, cioè agosto (201 l/s), con il deficit che si ottiene sottraendo alla disponibilità il valore di portata media nel giorno di massimo consumo misurata (351 l/s), è possibile notare che, in questo caso, ad essere più critico è il bilancio stilato sulla base dei consumi (figura 5.3.7).

5.4 Scenario 3, portate “anno siccitoso” (agosto 2007)

Nello scenario 3 si è effettuato il confronto tra le portate disponibili alle sorgenti in un anno particolarmente siccitoso e la domanda.

Per valutare la disponibilità, si sono prese in considerazione le portate medie mensili disponibili alle sorgenti e prelevate agli impianti di soccorso nel 2007, hanno caratterizzato da una forte crisi idrica dovuta alla siccità.

Per l’ATO 5 si considerano le portate di concessione alle sorgenti di Pescara, di Capodacqua e di Foce rispettivamente di 65 l/s, 235 l/s e 150 l/s.

Anche in questo scenario critico, si è scelto di tenere in considerazione il contributo degli impianti di soccorso.

Alla domanda del nodo 18, quindi, sono stati sottratti i 116 l/s derivati dall’impianto di soccorso di Rapagnano; alla domanda del nodo “SERB. MONTAGNOLA NUOVO” è stata sottratta la portata di 80 l/s derivata dall’impianto di S. Caterina. Al nodo 6 è stato considerato il contributo della derivazione di Casteltrosino per 150 l/s e, infine, la portata di 70 l/s derivata

dal pozzo del Fosso dei Galli è stata sottratta alla domanda nodale del serbatoio “PORTO D’ASCOLI (MONTE RENZO)”.

Il contributo dei pozzi di Capodacqua (90 l/s) è stato invece tenuto in considerazione sommando la portata derivata dal campo pozzi al valore fissato per la sorgente omonima.

Anche per questo scenario l’analisi del modello evidenzia delle criticità.

Al partitore Capradosso, è possibile osservare un valore negativo del parametro “net inflow”, a dimostrazione del fatto che, anche in questo scenario, il bilancio non è positivo e la disponibilità non riesce a soddisfare la domanda.

Il valore di “net inflow” restituito dall’analisi in corrispondenza del partitore a pelo libero di Capradosso, è pari a -117,90 l/s, come è possibile osservare in figura 5.4.1.

Property	Value
*Reservoir ID	7
X-Coordinate	2305.433
Y-Coordinate	4434.655
Description	
Tag	
*Total Head	695
Head Pattern	
Initial Quality	
Source Quality	
Net Inflow	-117.90
Elevation	695.00
Pressure	0.00
Quality	0.00

Figura 5.4.1 - Finestra delle proprietà del Reservoir 7 che schematizza il partitore a pelo libero di Capradosso e valore di Net Inflow restituito dal programma per lo Scenario 3

Anche in questo caso, valgono le considerazioni di bilancio fatte per lo scenario precedente. La condotta 14 (dn 400 mm), che collega Capradosso a Rovetino, deve trasportare una portata troppo grande, di 405,80 l/s, che determina 112.4 m di perdite di carico, creando di nuovo un carico piezometrico negativo a Rovetino e in molti serbatoi a valle.

L'analisi del bilancio dimostra, anche in questo caso, l'inadeguatezza della condotta principale che collega Capradosso-Rovetino-Montelparo-Belmonte nel caso in cui si dovessero aumentare le portate con contributi derivanti da fonti alternative (figura 5.4.2 e 5.4.3).

Junction 17 ✖	
Property	Value
*Junction ID	17
X-Coordinate	2272.000
Y-Coordinate	5648.000
Description	
Tag	
*Elevation	593.40
Base Demand	0
Demand Pattern	
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Actual Demand	0.00
Total Head	582.76
Pressure	-10.64
Quality	0.00

Figura 5.4.2 - Finestra delle proprietà del nodo 17 che schematizza il partitore in pressione di Rovetino e il valore di pressione negativo generato per lo Scenario 3

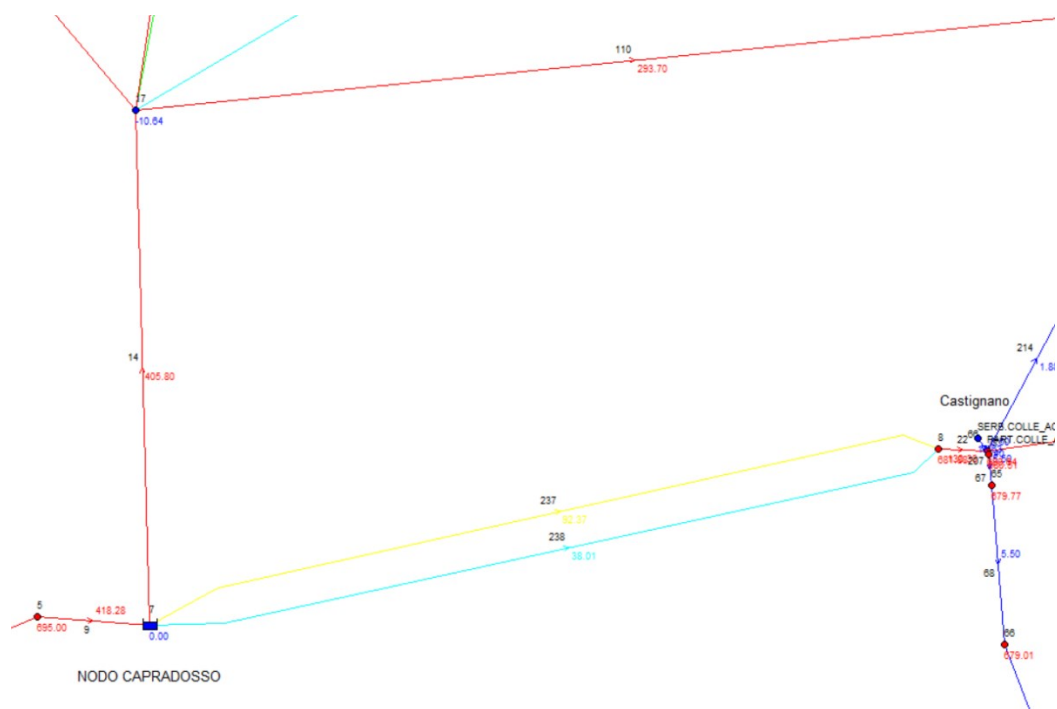


Figura 5.4.3 – Schermata di Epanet in cui è possibile visualizzare la direzione del flusso e l'entità del flusso all'interno delle che da Capradosso portano al nodo Rovetino (pipe 14) e verso valle (pipes 237 e 238) per lo Scenario 3

Per quanto riguarda il flusso, si può osservare, dalla figura 5.4.3, come si ripartiscono al Partitore Capradosso.

Dei 418,01 l/s che vi affluiscono, il programma indirizza 130,38 l/s verso il Nodo di Colle Acuto per soddisfare la domanda di valle; verso il Nodo Rovetino, per soddisfare la richiesta, il programma necessita di 405,80 l/s.

Sommando i due contributi di flusso nelle due direzioni, ai fini del soddisfacimento della domanda il sistema richiede, in corrispondenza del Partitore di Capradosso, una portata 536,18 l/s a fronte dei 418,01 l/s disponibili.

Anche per questo scenario, quindi, il bilancio risulta essere negativo.

Criticità si riscontrano, infine, anche osservando le proprietà dei partitori di Montelparo (nodi 34 e 138).

Infatti, in questi nodi, i carichi piezometrici risultano negativi (figura 5.3.4 e 5.3.5) similmente a quanto già visto accadere nel Nodo Rovetino (figure 5.4.4 e 5.4.5).

Si riscontrano poi pressioni negative in alcuni serbatoi a valle, schematizzati come nodi di giunzione.

Junction 34 ✕	
Property	Value
*Junction ID	34
X-Coordinate	2612.600
Y-Coordinate	7454.657
Description	
Tag	
*Elevation	584
Base Demand	0
Demand Pattern	
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Actual Demand	0.00
Total Head	576.18
Pressure	-7.82
Quality	0.00

Figura 5.4.4 - Finestra delle proprietà del nodo 34 che schematizza il partitore in pressione di Montelparo, collegato alla condotta con DN 350, e il valore di pressione negativo generato per lo Scenario 3

Junction 138	
Property	Value
*Junction ID	138
X-Coordinate	2541.660
Y-Coordinate	7495.872
Description	
Tag	
*Elevation	584
Base Demand	0
Demand Pattern	
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Actual Demand	0.00
Total Head	572.61
Pressure	-11.39
Quality	0.00

Figura 5.4.5 - Finestra delle proprietà del nodo 138 che schematizza il partitore in pressione di Montelparo, collegato alla condotta con DN 350, e il valore di pressione negativo generato per lo Scenario 3

Infine, si confronta il bilancio basato sulla domanda calcolata attraverso la dotazione idrica con quello basato sui consumi.

Come per lo Scenario 2, per la stima della domanda, facendo riferimento alla tesi di Beatrice Costantini, si considera la popolazione fluttuante distribuita su tutti i mesi dell'anno in base all'elaborazione dei dati sugli arrivi totali mensili per Province (figura 5.4.6).

La domanda calcolata supera la disponibilità soltanto nei mesi di massimo consumo. Il deficit medio annuo tra la disponibilità e la domanda è pari a 15 l/s e raggiunge il valore massimo di 188 l/s nel mese di agosto.

Ciò si riflette anche nei dati ottenuti dal bilancio la cui domanda coincide con i consumi misurati. Infatti, la disponibilità è superiore alla domanda registrata in termini di portata media mediata, mentre è inferiore se si considera la domanda come portata media nel giorno di massimo consumo, di un valore pari 260 l/s (tabella 5.4.7).

ATO 5 - SCENARIO 3			
Mese	Disponibilità (l/s)	Domanda (l/s)	Deficit (l/s)
gen	966	856	-110
feb	914	856	-58
mar	906	866	-40
apr	925	896	-29
mag	936	951	15
giu	999	1034	35
lug	1038	1153	115
ago	1012	1200	188
set	928	925	-3
ott	871	876	5
nov	836	862	26
dic	827	861	34
MEDIA	930	945	15

Tabella 5.4.6 - Calcolo del deficit medio di portata dell'ATO 5 nello Scenario 3

ATO 5			
Qmedia mediata 2006/2020		Qmedia nel giorno di massimo consumo 2006/2020	
Disponibilità (l/s)	Domanda (l/s)	Disponibilità (l/s)	Domanda (l/s)
930	785,5	930	1190

Tabella 5.4.7 – Tabella relativa ai consumi totali forniti dal gestore per l'ATO 5 per lo Scenario 2

Per concludere è possibile dire che dei tre scenari studiati, il secondo è quello che restituisce i valori più critici, come si può vedere in figura 5.4.8, in cui si riassumono tutti i valori di “net flow” restituiti dal programma, in corrispondenza del partitore libero di Capradosso, negli scenari considerati.

Scenari	Valore "Net Inflow" al Reservoir di Capradosso (l/s)
Scenario 1	209,82
Scenario 2	-163.18
Scenario 3	-117,9

Figura 5.4.8 -Confronto del valore di Net Flow per i tre scenari

5.5 Confronto tra la domanda stimata e quella ricavata dai consumi

Il questo paragrafo si intende fare un'ultima e interessante considerazione sui dati che si sono avuti sempre e costantemente sottomano durante lo svolgimento dello studio e del lavoro svolto per la presente tesi di laurea.

Si è parlato, infatti, di domanda stimata in funzione della dotazione idrica e di tutte le difficoltà legate alla sua più corretta determinazione.

Sulla base di questa stima è stato possibile elaborare un modello e delle ipotesi di prima fase per un primo studio sulla fattibilità dell'opera di interconnessione dell'”Anello Acquedottistico dei Sibillini”.

Come più volte ribadito nel corso della presente tesi, la CIIP SPA è stata in grado di fornire recentemente i dati relativi ai consumi registrati nel periodo di tempo 2006/2020, disponibili per ciascun comune dell'ATO 5 in termini di portata media mediata, di portata media nel giorno di massimo consumo, di portata massima istantanea mediata, di portata di punta e di un interessante rapporto tra la Q_{max} istantanea mediata/ Q_{media} nel giorno di max consumo.

Si è ritenuto interessante valutare la differenza tra le due domande, stimata e misurata, per cercare di comprendere l'affidabilità delle stime effettuate e utilizzate in prima analisi nella modellazione.

Il confronto è stato effettuato tra i valori di portata media nel giorno di massimo consumo per ciascun comune dell'ATO 5. Questa scelta è dovuta

al fatto che, osservando bene i dati relativi ai consumi nel file Excel fornito dal CIIP, si può notare come il rapporto Q_{\max} istantanea mediata / Q_{media} nel giorno di max consumo restituisca valori piuttosto diversi tra comune e comune; ciò induce a pensare che anche per il confronto tra domanda stimata e domanda misurata si possano presentare risultati diverse da comune a comune.

Dal momento che i dati sugli arrivi mensili sono disponibili nel Sistema Informatico Statistico della Regione Marche solo per le Province, e nel paragrafo 3.3.2, è stato spiegato e riportato il risultato del calcolo degli arrivi mensili per ciascun ATO, si è partito dal dato ricavato per l'ATO 5.

Il valore degli arrivi totali nel mese di massimo consumo (agosto) per l'ATO 5 (di 101507 unità) è stato diviso per gli arrivi totali annui. In questo modo è stato possibile ricavare la percentuale di arrivi, per il mese di punta, dell'ATO 5. Questa percentuale, moltiplicata per gli arrivi annui di ciascun comune di appartenenza dell'ATO 5 stesso, ha permesso di ricavare gli arrivi nel mese di punta per ciascun comune.

A questo punto, tramite la formula del calcolo della portata in funzione della dotazione idrica:

$$Q_m = N \cdot \text{Dot} / 86.400 \text{ [l/s]}$$

si è calcolata la portata media nel mese di massimo consumo per ciascun comune dell'ATO5. Ad N è stato attribuito il valore dato dalla somma della popolazione residente di ciascun comune al 2018 con quello degli arrivi nel mese di punta calcolato; per la dotazione idrica, si è fatto riferimento ai valori consigliati riportati in figura 3.1.2.2.

Per ricondurre la portata media nel mese di massimo consumo al valore di portata giornaliera nel mese di massimo consumo, si è usata la seguente relazione:

$$Q_g = c_g \cdot Q_m$$

in cui al coefficiente di punta giornaliero c_g , solitamente compreso tra 1.1 e 1.15, è stato assegnato un valore medio di 1.13.

È possibile visualizzare il foglio di calcolo che riassume tutti i passaggi effettuati per il calcolo in fig. 5.5.2 e i risultati in figura 5.5.1.

Come si è supposto, i valori ricavati dalla differenza tra i consumi e il fabbisogno idrico stimato, sono risultati diversi da comune a comune. Per alcuni, la stima si è rivelata superiore ai consumi, mentre per altri inferiori.

I comuni per cui il fabbisogno stimato si discosta maggiormente da quello reale e misurato, sono Fermo, Grottammare e S. Benedetto del Tronto, comuni a forte caratterizzazione turistica; per questi, però, il dato risulta però essere un po' sovrastimato e, pertanto, non rappresenta un problema dal punto di vista progettuale.

Inoltre, nel calcolo svolto, non si è tenuto conto degli arrivi non denunciati. Infatti, come si è detto, è comune l'esistenza di posti letto non ufficiali, cioè non censiti.

Se si volesse tenerne conto, si potrebbe incrementare il dato scelto sugli arrivi totali nel mese di massimo consumo (agosto) per l'ATO 5 del 20%.

In sintesi, quindi, tenuto conto delle considerazioni appena fatte, si può ritenere che la portata massima giornaliera calcolata, nel caso specifico, si sia rivelata una stima piuttosto realistica.

COMUNI ATO5	Popolazione residente al 2018	Q media nel giorno di max consumo (2006/2020) (l/s)	Qg media giornaliera del giorno di massimo consumo (l/s)	Consumi - domanda stimata
Ascoli Piceno	48169	192,5	204,43	-11,95
San Benedetto del Tronto	47330	285,9	308,04	-22,13
Fermo	37119	102,7	180,33	-77,61
Porto San Giorgio	16079	96,8	81,59	15,24
Grottammare	16073	32,4	87,57	-55,22
Monteprandone	12708	30,4	36,29	-5,92
Folignano	9138	21,6	27,07	-5,47
Castel di Lama	8589	22,0	22,68	-0,68
Spinetoli	7254	27,7	19,49	8,16
Cupra Marittima	5361	22,4	26,47	-4,05
Offida	4927	19,6	12,96	6,65
Monsampolo del Tronto	4591	13,6	11,24	2,35
Ripatransone e Cossignano	5124	29,2	13,83	15,38
Acquaviva Picena	3747	14,8	9,05	5,75
Colli del Tronto	3717	10,0	17,97	-8,00
Amandola	3513	13,3	8,80	4,45
Altidona	3501	1,5	12,13	-10,63
Grottazzolina	3321	8,0	7,91	0,09
Comunanza	3056	12,6	7,43	5,20
Podiso	2854	14,7	12,17	2,57
Castignano	2709	11,1	6,56	4,55
Acquasanta Terme	2696	16,7	7,33	9,35
Maltignano	2337	9,7	-	-
Castorano	2315	10,0	5,79	4,19
Petritoli	2280	7,5	5,49	2,04
Servigliano	2270	3,5	5,48	-1,98
Montecrubbiani	2167	1,6	5,45	-3,83
Montalto delle Marche e Montedimove	2547	12,9	6,74	6,19
Montefiore dell'Aso	2033	3,9	6,27	-2,41
Venarotta	1997	6,5	-	-
Roccafluvione	1967	6,5	4,87	1,63
Campofilone	1912	9,2	4,71	4,45
Appignano del Tronto	1728	5,5	4,16	1,34
Ponzano di Fermo e Montegiuberto	2442	5,4	5,99	-0,64
Massignano	1651	9,3	7,57	1,76
Santa Vittoria in Matenano	1310	8,2	3,21	4,98
Force	1249	17,4	3,06	14,29
Lapedona	1176	4,0	3,13	0,87
Montefortino	1123	7,0	3,07	3,93
Arquata del Tronto	1087	13,3	2,61	10,64
Carassai	1018	5,5	2,57	2,93
Montottone	930	3,0	2,22	0,78
Rotella	849	4,5	-	-
Monte Giberto	775	-	1,87	-1,87
Ortezzano e Monte Rinaldo	1110	7,3	2,73	4,61
Montelparo	749	3,4	2,49	0,93
Monsampietro Morico	634	1,0	-	-
Belmonte Piceno	626	2,0	1,49	0,51
Moresco	559	1,0	1,44	-0,49
Montemonaco	551	5,0	1,56	3,44
Montegallo	476	4,0	1,22	2,78
Monte Vidon Combatte	426	0,5	-	-
Montefalcone Appennino	407	5,9	1,01	4,93
Montefalcone di Fermo	370	1,0	-	-
Smerillo	352	3,0	0,90	2,10
Palmiano	185	3,0	-	-

Figura 5.5.1 – Differenza tra i consumi misurati e il fabbisogno idrico stimato per ciascun comune dell'ATO 5

	COMUNICATI	Popolazione residente al 2018	Q media mediata (2006/2020) (l/s)	Q media nel giorno di max consumo (2006/2020) (l/s)	Dotazione idrica l/4*ab	Arrivi annuali per esercizi recettivi al 2018	% arrivi mese di punta (arrivi mese punta A.T.O.5/arrivi annuali totali)	arrivi nel mese di punta per Comune	Qmedia nel mese di massimo consumo	cg	portata media giornaliera del giorno di massimo consumo Qg (l/s)	Consumi - domanda stimata
1	Ascoli Piceno	48169	135,1	192,5	280	35946	0,21	7653,96	180,91	1,13	204,43	-11,95
2	San Benedetto del Tronto	47330	181,5	285,9	280	172770						
3	Fermo	37119	67,8	102,7	280	56934	0,21	36787,79	272,60	1,13	308,04	-22,13
4	Porto San Giorgio	16079	54,5	96,8	240	46556	0,21	12122,91	159,58	1,13	180,33	-77,61
5	Grottammare	16073	20,2	32,4	240	55536	0,21	11825,24	77,50	1,13	87,57	-55,22
6	Monteprandone	12708	21,4	30,4	200	5478	0,21	1166,43	32,12	1,13	36,29	-6,92
7	Folligno	9138	11,7	21,6	200	5682	0,21	1209,86	23,95	1,13	27,07	-5,47
8	Castel di Lama	8589	20,0	32,0	200	390	0,21	81,04	20,07	1,13	22,68	-0,68
9	Spinetoli	7254	16,1	27,7	200	931	0,21	198,24	17,25	1,13	19,49	8,16
10	Cupra Marittima	5361	11,0	22,4	180	27621	0,21	5881,32	23,42	1,13	26,47	-4,05
11	Orlida	4927	8,7	16,6	180	2720	0,21	579,17	11,47	1,13	12,96	6,65
12	Montampolo del Tronto	4591	10,5	13,6	180	852	0,21	181,42	9,94	1,13	11,24	2,35
13,43	Ripetransone e Cosignano	5124	21,5	29,2	180	3532	0,21	752,07	12,24	1,13	13,83	15,38
14	Acquasviva Picena	3747	10,1	14,8	180	459	0,21	97,73	8,01	1,13	9,05	5,75
15	Colli del Tronto	3717	8,6	10,0	180	18402	0,21	3918,32	15,91	1,13	17,97	-8,00
16	Amandola	3513	9,3	13,3	180	1055	0,21	224,64	7,79	1,13	8,80	4,45
17	Albidona	3501	1,5	1,5	180	7756	0,21	1651,48	10,73	1,13	12,13	-10,63
18	Grottazzolina	3321	8,0	8,0	180	185	0,21	39,39	7,00	1,13	7,91	0,09
19	Comunanza	3056	7,6	12,6	180	464	0,21	98,80	6,57	1,13	7,43	5,20
20	Pedaso	2854	8,8	14,7	180	10876	0,21	2315,82	10,77	1,13	12,17	2,57
21	Castignano	2709	8,6	11,1	180	358	0,21	76,23	5,80	1,13	6,56	4,55
22	Acquasanta Terme	2696	12,5	16,7	180	1964	0,21	418,19	6,49	1,13	7,33	9,35
23	Maltignano	2337	6,3	9,7	180	-	0,21	-	-	1,13	-	-
24	Castorano	2315	8,8	10,0	180	688	0,21	146,50	5,13	1,13	5,79	4,19
25	Petrioli	2280	4,0	7,5	180	239	0,21	50,89	4,86	1,13	5,49	2,04
26	Servigliano	2270	3,5	3,5	180	275	0,21	58,56	4,85	1,13	5,48	-1,98
27	Montebubbano	2167	1,0	1,6	180	703	0,21	149,69	4,83	1,13	5,45	-3,83
28,52	Montalto delle Marche e Montedinove	2547	10,0	12,9	180	1493	0,21	317,90	5,97	1,13	6,74	6,19
29	Montefiore dell'Aso	2033	2,6	3,9	180	2966	0,21	631,55	5,55	1,13	6,27	-2,41
30	Venarotta	1997	4,0	6,5	180	-	0,21	-	-	1,13	-	-
31	Roccafluvione	1967	4,0	6,5	180	471	0,21	100,29	4,31	1,13	4,87	1,63
32	Campofione	1912	5,0	9,2	180	414	0,21	88,15	4,17	1,13	4,71	4,45
33	Appignano del Tronto	1723	4,0	5,5	180	193	0,21	41,10	3,69	1,13	4,16	1,34
34,45	Pozzano di Fermo e Montegiuliano	2442	2,7	5,4	180	480	0,21	102,21	5,30	1,13	5,99	-0,64
35	Massignano	1651	4,0	9,3	180	7347	0,21	1564,39	6,70	1,13	7,57	1,76
36	Santa Vittoria in Matenano	1310	5,7	8,2	180	259	0,21	55,15	2,84	1,13	3,21	4,98
37	Force	1249	10,3	17,4	180	233	0,21	49,61	2,71	1,13	3,06	14,28
38	Lapedona	1176	4,0	4,0	180	712	0,21	151,61	2,77	1,13	3,13	0,87
39	Montefortino	1123	7,0	7,0	180	846	0,21	180,14	2,71	1,13	3,07	3,93
40	Arquata del Tronto	1087	9,3	13,3	180	106	0,21	22,57	2,31	1,13	2,61	10,64
41	Catassio	1018	2,5	5,5	180	338	0,21	71,97	2,27	1,13	2,57	2,93
42	Montotone	930	3,0	3,0	180	54	0,21	11,50	1,96	1,13	2,22	0,78
43	Rotella	849	3,0	4,5	180	-	0,21	-	-	1,13	-	-
45	Monte Giberto	775			180	84	0,21	17,89	1,65	1,13	1,87	-1,87
46, 57	Ortezzano e Monte Rinaldo	1110	3,3	7,3	180	224	0,21	47,70	2,41	1,13	2,73	4,61
47	Montelparo	749	1,8	3,4	180	1449	0,21	308,53	2,20	1,13	2,49	0,93
48	Montesampietro Morico	634	1,0	1,0	180	-	0,21	-	-	1,13	-	-
49	Belmonte Piceno	626	2,0	2,0	180	27	0,21	5,75	1,32	1,13	1,49	0,51
50	Moresco	559	0,6	1,0	180	239	0,21	50,89	1,27	1,13	1,44	-0,49
51	Montemonaco	551	5,0	5,0	180	528	0,21	112,43	1,38	1,13	1,56	3,44
53	Montegallo	476	4,0	4,0	180	199	0,21	42,37	1,08	1,13	1,22	2,78
54	Monte Vidon Combatte	426	0,5	0,5	180	-	0,21	-	-	1,13	-	-
55	Montefalcone Appennino	407	4,5	5,9	180	110	0,21	23,42	0,90	1,13	1,01	4,93
56	Monteleone di Fermo	370	1,0	1,0	180	-	0,21	-	-	1,13	-	-
58	Smerillo	352	1,0	3,0	180	134	0,21	28,53	0,79	1,13	0,90	2,10
59	Pulitana	183	1,0	3,0	180	-	0,21	-	-	1,13	-	-

5.5.2 - Foglio di calcolo in cui si sono eseguiti i calcoli per poter valutare la differenza tra la domanda stimata e la domanda misurata

CONCLUSIONI

Il lavoro di tesi svolto si è inserito nell'ambito di uno studio che intende valutare la fattibilità idraulica di interconnettere le reti acquedottistiche affidate ai gestori degli ATO 3, 4 e 5 della Regione Marche.

In particolare, lo studio nasce da un'esigenza reale di un territorio che è stato teatro di molti eventi sismici, il più recente quello del 2016/2017, che hanno sconvolto, non solo le coscienze dei suoi abitanti, ma anche i suoi equilibri idrodinamici.

L'obiettivo dell'opera è quello di sopperire, attraverso il collegamento, alle carenze di portate che potrebbero verificarsi nel territorio dei tre ATO a causa di un sisma o di una siccità.

Un primo modello idraulico dei rami principali per gli ATO 3, 4 e 5 è stato costruito, in una prima fase, inserendo valori di domanda calcolati tramite una previsione della popolazione residente e fluttuante, sulla base dei dati storici dei censimenti dell'Istat e dei dati regionali sulle presenze turistiche. In questa fase è stato inserito anche un primo schema di anello di interconnessione.

Sulla base di questo modello di prima fase, si è sviluppato il lavoro progettuale che costituisce la parte principale della presente tesi.

Si è implementato il modello già esistente, dettagliando la rappresentazione delle reti del solo ATO 5 a valle dei partitori principali, in particolare di Capradosso, Rovetino, Montelparo e Belmonte Piceno.

Questa fase ha richiesto molte energie e un lungo lavoro di incrocio di dati, ricavati in parte dai file vettoriali attraverso l'uso di un sistema Gis, in parte da una lettura dettagliata dello schema delle reti, in parte dai file inerenti ai consumi misurati tramite sistema di telecontrollo a livello dei singoli serbatoi comunali e, in parte, dalle ulteriori informazioni fornite da CIIP, gestore

unico dell'ATO 5, al fine di comprendere al meglio il funzionamento delle reti da modellare.

Per l'ATO 5, nella modellazione svolta, si è potuto assegnare, per ciascun serbatoio comunale, oltre al valore di quota del terreno, un valore di domanda misurato nel periodo temporale compreso tra il 2016/2020 e fornito dal gestore.

Il modello, basato su un approccio convenzionale di tipo DDA (Demand-Driven Analysis) ha fornito un risultato di analisi corretto, in quanto la verifica idraulica della rete è risultata positiva e il suo funzionamento si è dimostrato rispondente a quello della rete reale, in termini di entità e direzioni del flusso.

Sulla base dei dati disponibili, sono stati individuati alcuni scenari che potrebbero rappresentare delle condizioni di criticità per il funzionamento delle reti attuali e validare lo schema di interconnessione.

Per ciascuno di questi scenari è stato redatto un bilancio idrico. Uno di questi, lo scenario 1, tarato sulle portate di concessione e, quindi le massime teoriche prelevabili, ha dato esito positivo e la disponibilità della risorsa idrica si è dimostrata sufficiente a soddisfare la richiesta.

Per gli altri scenari, il 2 e il 3, rispettivamente tarati sulle disponibilità misurate dopo il sisma (agosto 2019) e in un anno particolarmente siccitoso (agosto 2007), il bilancio si è dimostrato negativo e la disponibilità si è dimostrata insufficiente rispetto alla domanda, nonostante siano stati considerati i contributi (dati misurati) delle portate derivate dagli impianti di soccorso.

Gli esiti dei bilanci idrici per questi scenari hanno messo in luce le carenze della rete esistente dell'ATO 5 di fronte a eventi sì eccezionali ma periodici, che da alcuni anni a questa parte si stanno presentando con una frequenza maggiore rispetto al passato.

Finora, nel territorio degli ATO 3, 4 e 5, in circostanze eccezionali, i gestori hanno fatto fronte alle carenze idriche attraverso le derivazioni dagli impianti

di soccorso; talvolta, la scarsità di precipitazioni ha determinato, in qualche località, l'utilizzo di risorse di minore qualità, provenienti da rifornimenti ausiliari dei serbatoi tramite autobotte e razionamento della distribuzione.

Il progetto di interconnessione, tanto ambizioso quanto necessario, costituisce una preziosa opportunità, per far evolvere il rapporto tra i gestori del servizio idrico, gli enti e le istituzioni secondo una logica che assicura integrazione a servizio dei cittadini, volta ad assicurare la qualità della risorsa idrica anche in uno scenario di carenza della disponibilità che potrebbe verificarsi in un territorio così frequentemente sottoposto a eventi sismici.

Per citare la Dott.ssa Ing. Patrizia Boi: “Il ruolo dell'ingegnere del futuro dovrà essere quello di contribuire a creare un Uomo, una collettività, un ambiente, un mondo, un cosmo in naturale e libera espansione.”

Riferimenti Bibliografici

Cicli Integrati Impianti S.P.A. e Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura dell'Università Politecnica delle Marche: “Studio per la redazione del bilancio idrico e per l'individuazione degli schemi idraulici di interconnessione tra le reti nell'ambito del territorio delle ATO 3-4-5. Relazione di prima fase.”

Università Politecnica delle Marche, tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile, A.A. 2019-2020, Costantini Beatrice, Relatore Prof. Ing. Mancinelli Alessandro, Correlatori Prof. Ing. Soldini Luciano e Prof. Ing. Darvini Giovanna:

“Anello Acquedottistico Antisismico dei Sibillini Interconnessione delle reti acquedottistiche degli ATO 3-4-5 della Regione Marche. Redazione del bilancio idrico del territorio.”

Enrico Piga, Università degli studi di Cagliari, facoltà di Ingegneria, Dipartimento di Ingegneria del Territorio, Sezione di Idraulica, 2006 -2007: “Le opere di adduzione”

REGIONE MARCHE Servizio Infrastrutture, Trasporti ed Energia P.F. Tutela delle Acque, 2014: “PIANO REGOLATORE degli ACQUEDOTTI della REGIONE MARCHE. Elaborato di Piano”

Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino centrale, Dott. Ing. Massimo Tonelli responsabile D.L e progettazione delle CIIP SPA - Convegno “RESTART” Azioni e Tecnologie per la prevenzione e pianificazione idrologica e antisismica dopo i terremoti 2016-2017: “Anello Acquedottistico Antisismico dei Sibillini”

File Excel, Autore Michele Bevilacqua, CIIP SPA, 18/02/2020: “Dati Portate reti CIIP_13.07.20_partitori”

File Excel, Autore Michele Bevilacqua CIIP SPA, 18/12/2020: “Consumi_AATO 5_UNIVPM_def”

File Excel, Autore Prof. Guido Calenda, 22/06/2020: “ATTUALE”

Politecnico di Torino, Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile di Tommaso Alfonso, Relatore Prof. Ing. Fulvio Boano, Correlatore Ing. Marco Scibetta (SMAT S.p.a.), A.A. 2017-2018: “Modellazione numerica di una rete di distribuzione”

https://epanet22.readthedocs.io/en/latest/1_introduction.html#what-is-epanet Documentazione Epanet 2.2

<https://www.slideshare.net/CostruzioniIdrauliche/presentazione-epanet-si2>

P. ARDENTI, C. CIAPONI, L. FRANCHIOLI, S. PAPIRI – lavoro svolto nell’ambito del Progetto PRIN 2005 “Indicatori di prestazione a supporto delle decisioni per la pianificazione, progettazione e gestione dei sistemi acquedottistici”:

“Simulazione idraulica delle reti di distribuzione idrica in condizioni di pressione insufficiente in uno o più nodi”

Commento dell’autore della frase tratta dal capitolo "La figura dell’Ingegnere" Patrizia Boi con Maurizio Boi ed edito da Dei Merangoli Editrice: "Ingegneria Elevato n – Ingegneria del Futuro o Futuro dell’Ingegneria" scritto da Patrizia Boi con Maurizio Boi ed edito da Dei Merangoli Editrice