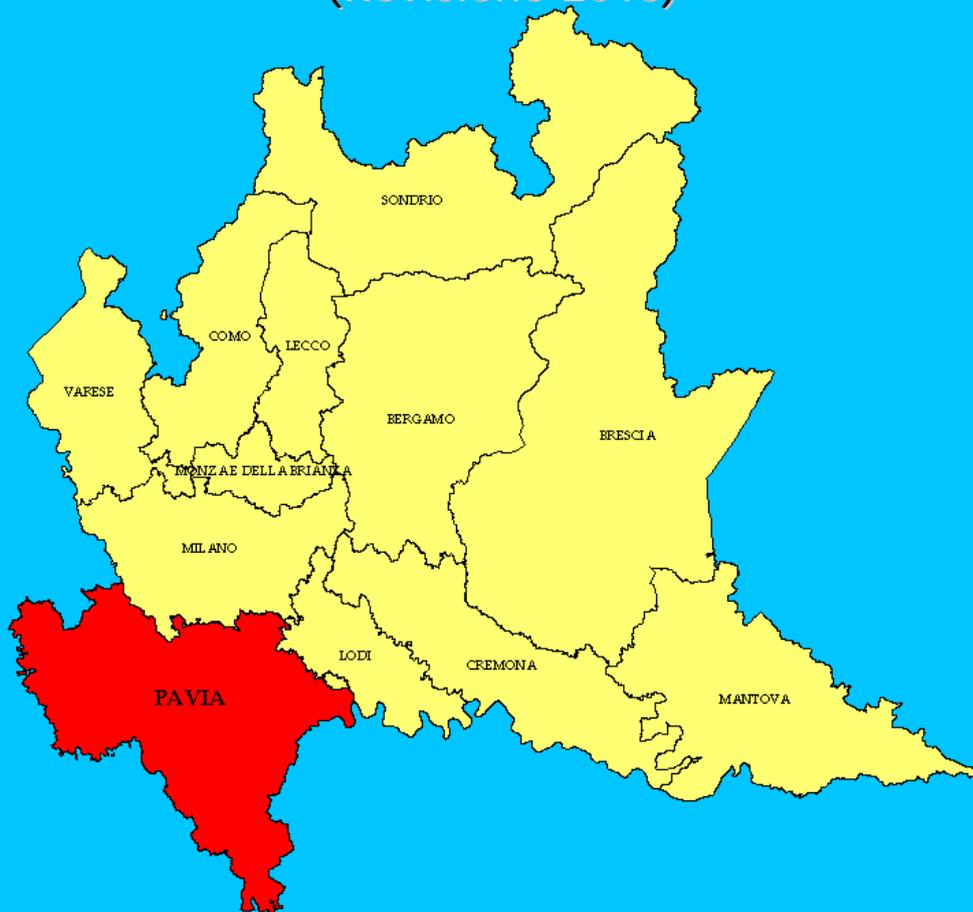




AZIENDA SPECIALE

*"UFFICIO D'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI PAVIA
PER LA REGOLAZIONE E LA PIANIFICAZIONE DEL SERVIZIO IDRICO INTEGRATO"*

PIANO D'AMBITO (Revisione 2013)



**R06
SIMULAZIONE IDRAULICA
DELLE RETI DI ACQUEDOTTO**

Rev. 02 - Dicembre 2013
(Invariato rispetto alla Rev. 01 - Giugno 2008)

	<p>Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia</p> <p>PIANO D'AMBITO "PILOTA"</p>
	<p><i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i></p>

INDICE

1.	INTRODUZIONE	2
2.	SIMULAZIONE IDRAULICA DELLE RETI DI ACQUEDOTTO CON EPANET	3
2.1	CRITERI METODOLOGICI	7
2.2	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	39
3.	VERIFICA IDRAULICA DELLE RETI DI ACQUEDOTTO A SERVIZIO DELL'AREA COLLINARE DELL'OLTREPO PAVESE	43
3.1	CRITERI METODOLOGICI	43
3.2	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	44

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

1. INTRODUZIONE

Per approfondire la conoscenza del funzionamento delle reti idriche esistenti ed individuare gli interventi migliorativi in grado di garantire il miglior equilibrio delle pressioni e delle portate circolanti nelle reti di distribuzione, in relazione anche alle previsioni di Piano in termini di dotazioni idriche e carichi piezometrici ottimali, sono state effettuate le verifiche idrauliche delle reti utilizzando il software EPANET e, solo per gli schemi a servizio dell'area collinare dell'Oltrepo (per i quali non è stato possibile realizzare la modellazione idraulica in EPANET), formule semplificate (Darcy, Bresse).

In particolare, essendo 3.914 km la lunghezza complessiva delle reti di adduzione e distribuzione esistenti a servizio del territorio dell'Ambito, risulta che:

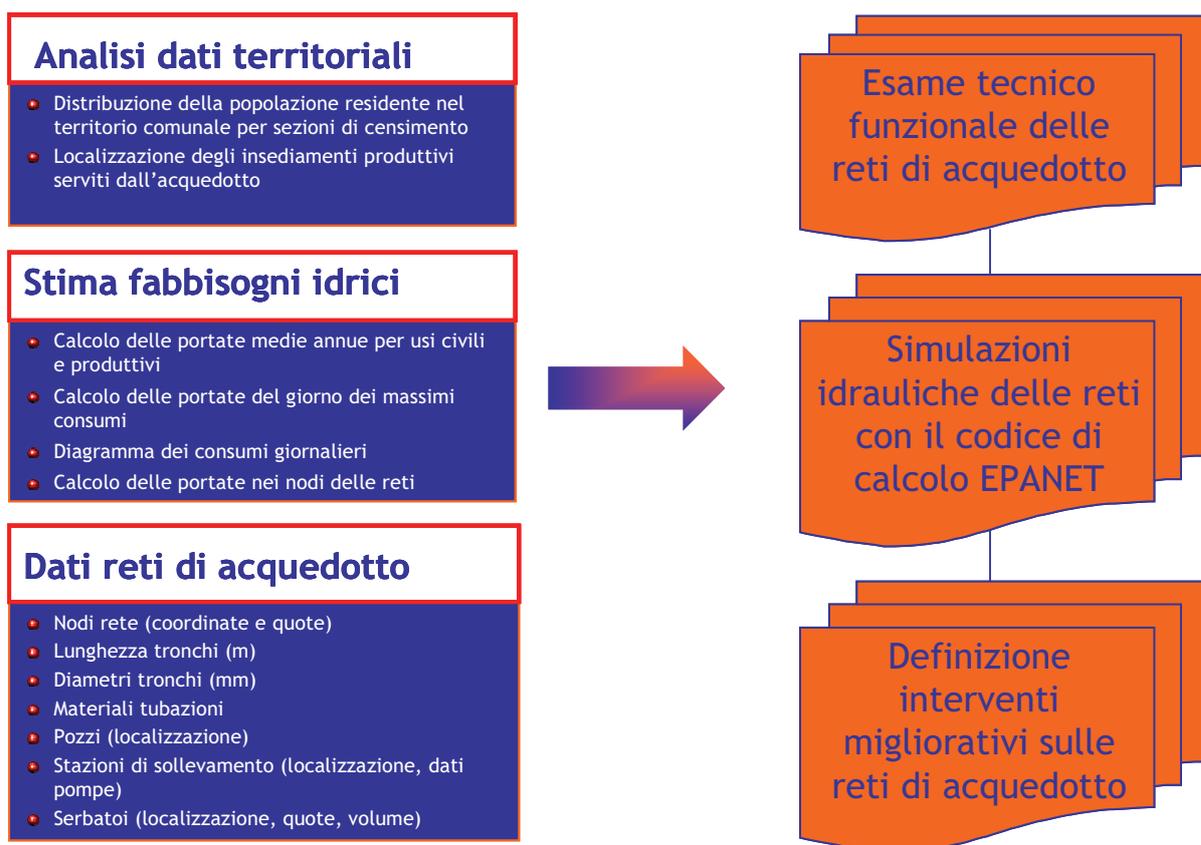
- gli schemi idrici modellati con il software EPANET presentano una lunghezza totale di 3.653 km, corrispondente al 93% dello sviluppo complessivo delle reti idriche esistenti nel territorio dell'ATO;
- gli schemi idrici per i quali il sistema di adduzione è stato verificato adottando formule semplificate (la formula di Darcy per le condotte con funzionamento a gravità e la formula di Bresse per le condotte con sollevamento) presentano una lunghezza totale di 198 km, corrispondente al 5% dello sviluppo complessivo delle reti idriche esistenti nel territorio dell'ATO;
- non è stato possibile procedere con la modellazione degli schemi di acquedotto di 7 comuni (Bastida Pancarana, Codevilla, Corana, Marzano, Redavalle, Velezzo Lomellina, Villa Biscossi), a copertura del rimanente 2% dell'estensione totale delle reti, in quanto durante la ricognizione non sono state acquisite le informazioni necessarie e sufficienti per l'applicazione delle metodologie su esposte.

Dalle simulazioni e verifiche idrauliche effettuate è emerso che le condotte non adeguate a garantire una buona funzionalità dei sistemi idrici esaminati presentano una lunghezza complessiva di 755 km, corrispondente a circa il 19% dello sviluppo complessivo delle reti idriche esistenti nel territorio dell'ATO.

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

2. SIMULAZIONE IDRAULICA DELLE RETI DI ACQUEDOTTO CON EPANET

Le diverse fasi di lavoro svolte per simulare il funzionamento idraulico delle reti di acquedotto comunali e intercomunali con il codice di calcolo EPANET sono sintetizzate nello schema seguente.



L'analisi dei dati territoriali per sezioni di censimento Istat 2001 svolta preliminarmente ha consentito di individuare in ogni comune le aree urbanizzate e quelle in cui sono localizzati gli insediamenti produttivi che si può ipotizzare siano serviti dagli acquedotti comunali.

Dalla stima del fabbisogno idrico annuo svolta a livello comunale, a partire dai dati di popolazione residente e fluttuante, dal numero di addetti delle unità locali, dalla estensione delle aree produttive e dalle dotazioni idriche, sono stati ricavati i valori delle portate medie annue, e da queste, adottando un set di coefficienti variabili in funzione della classe demografica del comune, sono state ricavate le portate di calcolo $Q[acq(civ)]$ e $Q[acq(prod)]$, riferite al giorno dei massimi consumi, utilizzate successivamente nella verifica idraulica delle reti di acquedotto. Tali portate sono state quindi distribuite nel territorio servito

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

dall'acquedotto in esame in funzione della popolazione residente in ciascuna sezione di censimento.

I dati tecnici di base dell'acquedotto (materiali, diametri, lunghezze, ecc.) necessari per la schematizzazione delle reti con il codice di calcolo adottato, sono stati desunti dal database costituito secondo le specifiche descritte nell'Elaborato R01 - Ricognizione delle opere.

Il codice di calcolo utilizzato per le verifiche idrauliche è EPANET, un programma che esegue simulazioni di lungo periodo del comportamento idraulico dell'acqua nei sistemi di distribuzione.

Le principali caratteristiche di EPANET, il cui motore di calcolo è stato sviluppato dalla Water Supply and Water Resources Division del National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development del U.S. Environmental Protection Agency, sono le seguenti:

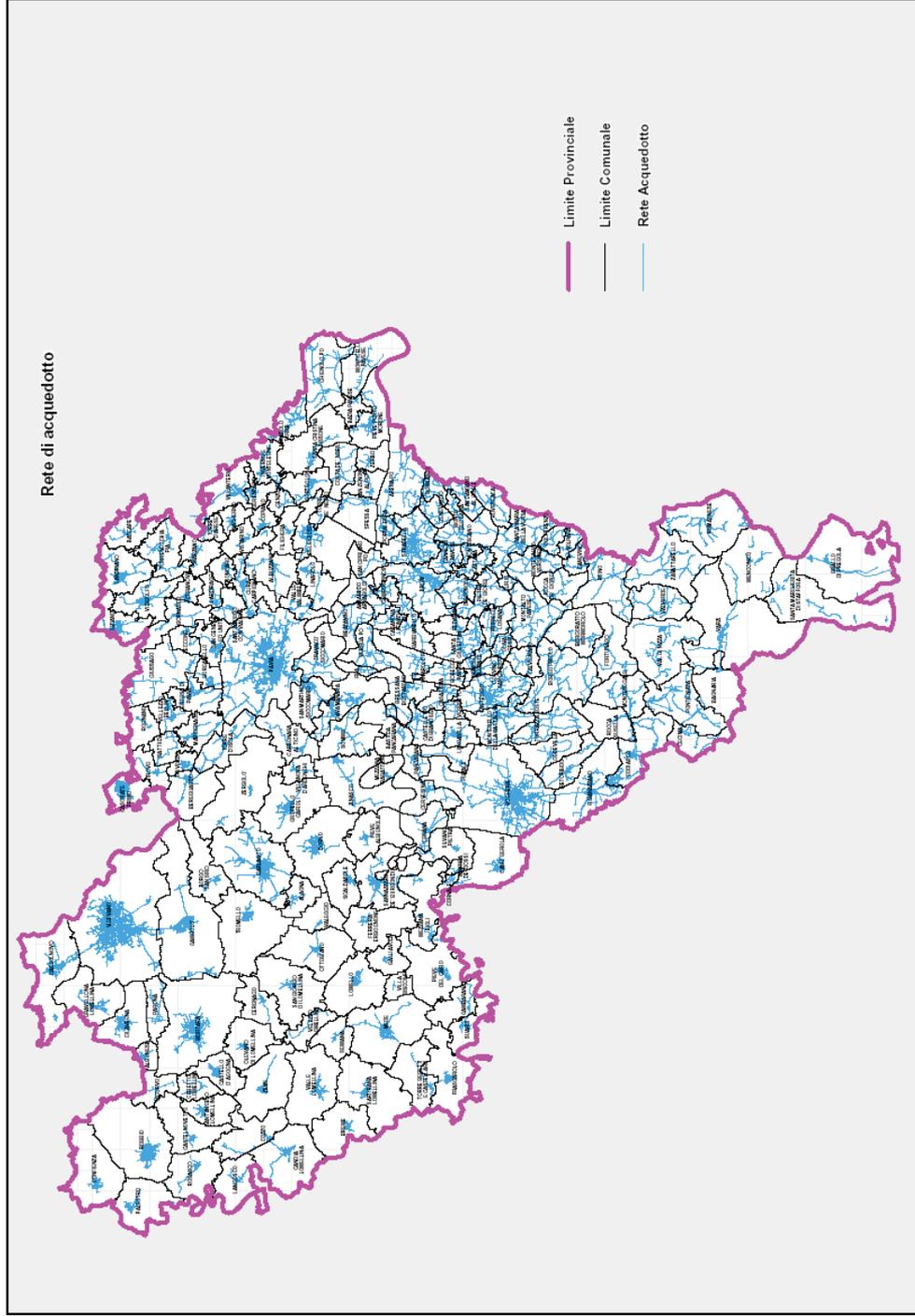
- permette di definire il comportamento idraulico nelle reti in pressione per periodi di tempo estesi ed in corrispondenza di singoli eventi;
- richiede la schematizzazione della rete in un sistema di tubi, nodi, pompe, valvole, serbatoi, reservoir;
- calcola la portata in ogni tubo, la pressione ad ogni nodo, l'altezza d'acqua in ogni serbatoio durante il periodo di simulazione, con la possibilità di utilizzare più intervalli di tempo;
- permette di avere un ambiente di lavoro integrato sotto Windows in cui è agevole gestire sia l'input dei dati che definiscono la rete, sia le simulazioni di calcolo, sia la rappresentazione dei risultati finali in più formati grafici. Questi ultimi possono includere rappresentazioni della rete a colori per una più immediata comprensione dei risultati, tabelle riassuntive con i risultati della simulazione, curve di livello e grafici che descrivono l'andamento nell'intervallo temporale di simulazione delle grandezze di interesse .
- possiede le seguenti capacità:
 - o nessun limite nella estensione e nel numero di tratti della rete idraulica che deve essere analizzata;
 - o calcolo delle perdita di carico mediante l'utilizzo delle equazioni di Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, o Chezy-Manning;

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

- calcolo delle perdite di carico dovute a curve, restringimenti, raccordi, etc.;
- utilizzo di pompe a velocità della girante costante o variabile;
- calcolo del consumo energetico e del costo dell'energia consumata per ogni pompa;
- possibilità di definire qualsiasi tipo di valvole incluse quelle di intercettazione, di controllo, regolatrici di pressione e di portata;
- possibilità di definire serbatoi di qualsiasi forma;
- possibilità di gestire la variazione temporale dei fabbisogni idrici nell'arco della giornata e, più in generale, nell'arco del periodo di simulazione;
- possibilità di definire sprinkler, diffusori, ugelli e manufatti simili;
- gestione delle prestazioni e delle caratteristiche operative della rete idrica in base alla definizione di controlli semplici (basati ad esempio sul livello idrico in un serbatoio) oppure di controlli avanzati.

Nella figura seguente è riportato lo sviluppo planimetrico delle reti di acquedotto nel territorio dell'ATO della Provincia di Pavia.

Figura 1 - Reti di acquedotto



	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

2.1 CRITERI METODOLOGICI

Di seguito sono esposti i criteri metodologici adottati nelle elaborazioni finalizzate alla simulazione idraulica delle reti di acquedotto comunali e intercomunali ed alla definizione degli interventi migliorativi.

Analisi dei dati territoriali

In tale fase preliminare a ciascuna sezione di censimento Istat 2001 servita dalla rete di acquedotto in esame sono state associate la popolazione residente e l'estensione degli insediamenti produttivi (industriali, commerciali, artigianali).

Calcolo delle portate di verifica delle reti di acquedotto

La portata di calcolo utilizzata nelle verifiche idrauliche delle reti di acquedotto comunali e intercomunali esistenti è stata determinata attraverso le elaborazioni descritte di seguito.

- Calcolo della *portata media annua Q_{ma}*, distinta tra usi civili e produttivi soddisfatti dall'acquedotto, ricavata dal fabbisogno idrico medio annuo (espresso in mc/anno) stimato a livello comunale (si veda a tal proposito l'Elaborato R05 - Analisi della domanda attuale e futura dei servizi idrici):
 - Q_{ma} [civ1] = portata media annua dovuta alla popolazione residente (a), stabile non residente (b) e fluttuante (c)
 - Q_{ma} [civ2] = portata media annua dovuta ai pendolari per studio e per lavoro (d)
 - Q_{ma} [prod] = portata media annua dovuta alle attività produttive servite dall'acquedotto (e-f)

Il calcolo della Q_{ma} a partire dal fabbisogno idrico stimato espresso in mc/anno è ottenuto applicando la seguente formula:

$$Q_{ma} [...] = \frac{\text{Fabbisogno idrico medio annuo [...]}}{365 \cdot 86,4} \quad [l/s]$$

Nella seguente tabella sono riportati i valori delle portate medie annue per tutti i comuni dell'ATO riferite allo scenario attuale (2008):

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"	
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>	

Tabella 1 - Portate medie annue per usi civili e produttivi nello scenario attuale (2008)

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		USI PRODUTTIVI
	a-b-c	d	e-f
COMUNE	Qma[civ1]	Qma[civ2]	Qma[prod]
	l/s	l/s	l/s
Alagna	2,3	0,02	0,46
Albaredo Arnaboldi	0,6	0,01	0,13
Albonese	1,5	0,02	0,31
Albuzzano	6,8	0,07	1,37
Arena Po	4,8	0,14	0,99
Badia Pavese	1,2	0,02	0,24
Bagnaria	1,9	0,04	0,39
Barbianello	2,5	0,02	0,50
Bascapè	4,5	0,04	0,82
Bastida de' Dossi	0,6	0,00	0,00
Bastida Pancarana	2,7	0,06	0,55
Battuda	1,1	0,01	0,04
Belgioioso	17,8	0,68	3,70
Bereguardo	7,3	0,12	1,48
Borgarello	4,8	0,05	0,98
Borgo Priolo	4,2	0,05	0,86
Borgo San Siro	3,1	0,01	0,63
Borgoratto Mormorolo	1,3	0,05	0,27
Bornasco	5,0	0,07	1,02
Bosnasco	1,8	0,04	0,37
Brallo di Pregola	2,8	0,05	0,37
Breme	2,8	0,03	0,20
Bressana Bottarone	9,5	0,18	1,93
Broni	30,7	0,97	6,32
Calvignano	0,4	0,00	0,08
Campospinoso	2,3	0,14	0,49
Candia Lomellina	5,0	0,08	1,01
Canevino	0,4	0,00	0,07
Canneto Pavese	4,0	0,06	0,82
Carbonara al Ticino	4,0	0,07	0,80
Casanova Lonati	1,3	0,03	0,26
Casatisma	2,6	0,04	0,52
Casei Gerola	8,0	0,29	1,66
Casorate Primo	22,8	0,47	4,65
Cassolnovo	18,9	0,32	3,84
Castana	2,3	0,02	0,00



Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia

PIANO D'AMBITO "PILOTA"

Simulazione idraulica delle reti di acquedotto

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		USI PRODUTTIVI
	a-b-c	d	e-f
COMUNE	Qma[civ1]	Qma[civ2]	Qma[prod]
	l/s	l/s	l/s
Casteggio	20,6	0,80	4,29
Castelletto di Branduzzo	3,1	0,04	0,62
Castello d'Agogna	3,0	0,09	0,62
Castelnuovo	1,9	0,02	0,39
Cava Manara	17,3	0,29	3,51
Cecima	0,9	0,02	0,01
Ceranova	3,5	0,04	0,70
Ceretto Lomellina	0,6	0,01	0,12
Cergnago	2,3	0,02	0,00
Certosa di Pavia	10,0	0,19	1,73
Cervesina	3,8	0,08	0,78
Chignolo Po	9,9	0,19	2,01
Cigognola	4,1	0,10	0,84
Cilavegna	15,1	0,32	3,09
Codevilla	2,8	0,07	0,57
Confienza	4,9	0,08	1,00
Copiano	4,1	0,05	0,83
Corana	2,4	0,02	0,48
Cornale	2,2	0,02	0,20
Corteolona	5,7	0,16	1,18
Corvino San Quirico	3,3	0,07	0,65
Costa de' Nobili	1,1	0,01	0,23
Cozzo	1,4	0,02	0,29
Cura Carpignano	6,5	0,26	1,34
Dorno	12,9	0,25	2,63
Ferrera Erbognone	3,3	0,10	0,68
Filighera	2,5	0,03	0,51
Fortunago	1,3	0,02	0,10
Frascarolo	4,0	0,04	0,80
Gallivola	0,7	0,00	0,14
Gambarana	0,8	0,01	0,02
Gambolò	27,0	0,47	5,49
Garlasco	29,9	0,82	6,15
Genzone	1,0	0,01	0,21
Gerenzago	2,7	0,06	0,56
Giussago	11,8	0,19	2,40
Godiasco	9,3	0,39	1,94



Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia

PIANO D'AMBITO "PILOTA"

Simulazione idraulica delle reti di acquedotto

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		USI PRODUTTIVI
	a-b-c	d	e-f
COMUNE	Qma[civ1]	Qma[civ2]	Qma[prod]
	l/s	l/s	l/s
Golferenzo	0,7	0,03	0,05
Gravellona Lomellina	6,6	0,10	1,34
Gropello Cairoli	12,4	0,30	2,53
Inverno e Monteleone	3,2	0,05	0,65
Landriano	12,6	0,26	2,56
Langosco	1,4	0,01	0,28
Lardirago	3,5	0,06	0,09
Linarolo	6,5	0,10	1,33
Lirio	0,4	0,01	0,09
Lomello	7,2	0,13	1,46
Lungavilla	6,5	0,07	1,31
Maghero	4,2	0,05	0,84
Marcignago	5,8	0,06	0,53
Marzano	3,1	0,04	0,63
Mede	22,6	0,76	4,67
Menconico	1,5	0,01	0,04
Mezzana Bigli	3,5	0,07	0,72
Mezzana Rabattone	1,6	0,01	0,32
Mezzanino	4,4	0,07	0,90
Miradolo Terme	9,6	0,15	1,95
Montalto Pavese	2,9	0,04	0,47
Montebello della Battaglia	5,1	0,58	1,14
Montecalvo Versiggia	1,7	0,02	0,34
Montescano	1,6	0,25	0,37
Montesegale	1,0	0,01	0,02
Monticelli Pavese	2,0	0,03	0,41
Montù Beccaria	5,1	0,08	1,03
Mornico Losana	2,2	0,03	0,22
Mortara	49,7	2,03	10,35
Nicorvo	1,2	0,01	0,23
Olevano di Lomellina	2,3	0,02	0,24
Oliva Gessi	0,6	0,01	0,05
Ottobiano	3,4	0,05	0,69
Palestro	6,1	0,07	1,23
Pancarana	1,0	0,02	0,20
Parona	5,1	0,34	1,09
Pavia	277,2	23,64	60,16



Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia

PIANO D'AMBITO "PILOTA"

Simulazione idraulica delle reti di acquedotto

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		USI PRODUTTIVI
	a-b-c	d	e-f
COMUNE	Qma[civ1]	Qma[civ2]	Qma[prod]
	l/s	l/s	l/s
Pietra de' Giorgi	2,7	0,04	0,54
Pieve Albignola	2,8	0,02	0,56
Pieve del Cairo	6,6	0,17	1,36
Pieve Porto Morone	7,9	0,15	1,60
Pinarolo Po	4,7	0,09	0,96
Pizzale	2,0	0,03	0,40
Ponte Nizza	2,6	0,06	0,53
Portalbera	4,0	0,05	0,82
Rea	1,5	0,02	0,30
Redavalle	3,0	0,05	0,62
Retorbido	3,6	0,08	0,74
Rivanazzano	14,0	0,40	2,88
Robbio	20,0	0,45	4,09
Robecco Pavese	1,6	0,02	0,32
Rocca de' Giorgi	0,3	0,00	0,06
Rocca Susella	0,7	0,01	0,14
Rognano	0,6	0,00	0,00
Romagnese	2,7	0,04	0,54
Roncaro	1,9	0,02	0,38
Rosasco	2,1	0,02	0,43
Rovescala	2,8	0,03	0,57
Ruino	2,4	0,04	0,50
San Cipriano Po	1,3	0,01	0,26
San Damiano al Colle	2,2	0,03	0,26
San Genesio ed Uniti	10,2	0,19	2,09
San Giorgio di Lomellina	3,6	0,07	0,74
San Martino Siccomario	16,7	0,94	3,53
San Zenone al Po	1,6	0,64	0,39
Sannazzaro de' Burgondi	18,8	0,07	3,77
Santa Cristina e Bissone	5,6	0,08	1,14
Santa Giuletta	4,9	0,03	0,98
Santa Margherita di Staffora	1,9	0,03	0,39
Santa Maria della Versa	7,9	0,20	1,61
Sant'Alessio con Vialone	1,1	0,03	0,23
Sant'Angelo Lomellina	2,5	0,02	0,50
Sartirana Lomellina	5,7	0,09	1,16
Scaldasole	2,7	0,03	0,54



Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia

PIANO D'AMBITO "PILOTA"

Simulazione idraulica delle reti di acquedotto

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		USI PRODUTTIVI
	a-b-c	d	e-f
COMUNE	Qma[civ1]	Qma[civ2]	Qma[prod]
	l/s	l/s	l/s
Semiana	0,8	0,01	0,00
Silvano Pietra	2,1	0,02	0,43
Siziano	17,2	0,34	3,51
Sommo	3,1	0,03	0,63
Spessa	1,6	0,02	0,32
Stradella	37,5	1,60	7,81
Suardi	2,1	0,02	0,37
Torrazza Coste	4,6	0,08	0,93
Torre Beretti e Castellaro	1,7	0,02	0,09
Torre d'Arese	1,7	0,01	0,33
Torre de' Negri	1,1	0,00	0,22
Torre d'Isola	5,6	0,14	1,15
Torrevecchia Pia	7,6	0,09	1,53
Torricella Verzate	2,4	0,04	0,49
Travacò Siccomario	10,8	0,12	1,95
Trivolzio	3,7	0,10	0,32
Tromello	10,3	0,16	2,08
Trovo	1,9	0,02	0,39
Val di Nizza	2,1	0,03	0,29
Valeggio	0,7	0,01	0,14
Valle Lomellina	6,7	0,12	1,36
Valle Salimbene	4,1	0,06	0,83
Valverde	1,0	0,02	0,21
Varzi	10,8	0,47	2,26
Vellezzo Lomellina	0,3	0,00	0,06
Vellezzo Bellini	6,8	0,14	1,38
Verretto	1,0	0,01	0,20
Verrua Po	4,0	0,06	0,81
Vidigulfo	12,8	0,20	2,59
Vigevano	214,2	6,66	44,17
Villa Biscossi	0,2	0,00	0,00
Villanova d'Ardenghi	2,1	0,02	0,42
Villanterio	8,1	0,19	1,65
Vistarino	3,4	0,03	0,68
Voghera	134,1	6,12	28,05
Volpara	0,4	0,00	0,05
Zavattarello	3,4	0,06	0,69

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"	
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>	

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		USI PRODUTTIVI
	a-b-c	d	e-f
COMUNE	Qma[civ1]	Qma[civ2]	Qma[prod]
	l/s	l/s	l/s
Zeccone	3,5	0,08	0,71
Zeme	3,6	0,04	0,73
Zenevredo	1,4	0,01	0,28
Zerbo	1,4	0,01	0,28
Zerbolò	3,7	0,05	0,37
Zinasco	8,9	0,11	1,80
Totale Provincia	1.648,08	60,81	334,27

- Calcolo della *portata di punta* $Q_{mg} [civ1]$ relativa al giorno di massimo consumo e riferita alla popolazione residente (a), stabile non residente (b) e fluttuante (c), secondo quanto previsto nel PTUA:

$$Q_{mg} [civ1] = C_g \times Q_{ma} [civ1] \quad [l/s]$$

dove C_g è il coefficiente da applicare per il giorno dei massimi consumi, variabile per ogni comune in funzione della popolazione residente come indicato nella seguente tabella:

Tabella 2 - Coefficienti di punta nei giorni di massimo consumo

Abitanti comune (P)	Coefficiente C_g
$P < 50.000$	1.5
$50.000 < P < 100.000$	1.4
$P > 100.000$	1.3

Fonte: PTUA Regione Lombardia

Nella tabella seguente sono indicate le portate di punta calcolate $Q_{mg} [civ1]$ per tutti i comuni dell'ATO riferite allo scenario attuale:

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

Tabella 3 - Portate di punta Qmg [civ1] per usi civili nello scenario attuale

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		
	a-b-c		
	Qma[civ1]	Cg	Qmg[civ1] = Cg*Qma[civ1]
l/s	l/s		
Alagna	2,3	1,5	3,4
Albaredo Arnaboldi	0,6	1,5	0,9
Albonese	1,5	1,5	2,3
Albuzzano	6,8	1,5	10,2
Arena Po	4,8	1,5	7,2
Badia Pavese	1,2	1,5	1,8
Bagnaria	1,9	1,5	2,9
Barbianello	2,5	1,5	3,7
Bascapè	4,5	1,5	6,8
Bastida de' Dossi	0,6	1,5	0,9
Bastida Pancarana	2,7	1,5	4,0
Battuda	1,1	1,5	1,6
Belgioioso	17,8	1,5	26,7
Bereguardo	7,3	1,5	10,9
Borgarello	4,8	1,5	7,3
Borgo Priolo	4,2	1,5	6,3
Borgo San Siro	3,1	1,5	4,7
Borgoratto Mormorolo	1,3	1,5	2,0
Bornasco	5,0	1,5	7,6
Bosnasco	1,8	1,5	2,7
Brallo di Pregola	2,8	1,5	4,3
Breme	2,8	1,5	4,2
Bressana Bottarone	9,5	1,5	14,2
Broni	30,7	1,5	46,0
Calvignano	0,4	1,5	0,6
Campospinoso	2,3	1,5	3,5
Candia Lomellina	5,0	1,5	7,4
Canevino	0,4	1,5	0,6
Canneto Pavese	4,0	1,5	6,0
Carbonara al Ticino	4,0	1,5	5,9
Casanova Lonati	1,3	1,5	1,9
Casatisma	2,6	1,5	3,9
Casei Gerola	8,0	1,5	12,0
Casorate Primo	22,8	1,5	34,2



Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia

PIANO D'AMBITO "PILOTA"

Simulazione idraulica delle reti di acquedotto

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		
	a-b-c		
COMUNE	Qma[civ1]	Cg	Qmg[civ1] = Cg*Qma[civ1]
	l/s		l/s
Cassolnovo	18,9	1,5	28,3
Castana	2,3	1,5	3,4
Casteggio	20,6	1,5	30,9
Castelletto di Branduzzo	3,1	1,5	4,6
Castello d'Agogna	3,0	1,5	4,5
Castelnovetto	1,9	1,5	2,9
Cava Manara	17,3	1,5	25,9
Cecima	0,9	1,5	1,3
Ceranova	3,5	1,5	5,2
Ceretto Lomellina	0,6	1,5	1,0
Cergnago	2,3	1,5	3,4
Certosa di Pavia	10,0	1,5	15,0
Cervesina	3,8	1,5	5,7
Chignolo Po	9,9	1,5	14,8
Cigognola	4,1	1,5	6,2
Cilavegna	15,1	1,5	22,7
Codevilla	2,8	1,5	4,1
Confienza	4,9	1,5	7,4
Copiano	4,1	1,5	6,2
Corana	2,4	1,5	3,6
Cornale	2,2	1,5	3,3
Corteolona	5,7	1,5	8,6
Corvino San Quirico	3,3	1,5	5,0
Costa de' Nobili	1,1	1,5	1,7
Cozzo	1,4	1,5	2,1
Cura Carpignano	6,5	1,5	9,7
Dorno	12,9	1,5	19,3
Ferrera Erbognone	3,3	1,5	5,0
Filighera	2,5	1,5	3,8
Fortunago	1,3	1,5	1,9
Frascarolo	4,0	1,5	6,0
Gallivola	0,7	1,5	1,0
Gambarana	0,8	1,5	1,3
Gambolò	27,0	1,5	40,5
Garlasco	29,9	1,5	44,9



Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia

PIANO D'AMBITO "PILOTA"

Simulazione idraulica delle reti di acquedotto

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		
	a-b-c		
COMUNE	Qma[civ1]	Cg	Qmg[civ1] = Cg*Qma[civ1]
	l/s		l/s
Genzone	1,0	1,5	1,6
Gerenzago	2,7	1,5	4,1
Giussago	11,8	1,5	17,7
Godiasco	9,3	1,5	14,0
Golferenzo	0,7	1,5	1,1
Gravellona Lomellina	6,6	1,5	9,9
Gropello Cairoli	12,4	1,5	18,5
Inverno e Monteleone	3,2	1,5	4,8
Landriano	12,6	1,5	18,8
Langosco	1,4	1,5	2,1
Lardirago	3,5	1,5	5,3
Linarolo	6,5	1,5	9,8
Lirio	0,4	1,5	0,7
Lomello	7,2	1,5	10,7
Lungavilla	6,5	1,5	9,7
Maghero	4,2	1,5	6,2
Marcignago	5,8	1,5	8,7
Marzano	3,1	1,5	4,6
Mede	22,6	1,5	33,9
Menconico	1,5	1,5	2,2
Mezzana Bigli	3,5	1,5	5,3
Mezzana Rabattone	1,6	1,5	2,4
Mezzanino	4,4	1,5	6,6
Miradolo Terme	9,6	1,5	14,4
Montalto Pavese	2,9	1,5	4,3
Montebello della Battaglia	5,1	1,5	7,7
Montecalvo Versiggia	1,7	1,5	2,5
Montescano	1,6	1,5	2,4
Montesegale	1,0	1,5	1,4
Monticelli Pavese	2,0	1,5	3,0
Montù Beccaria	5,1	1,5	7,6
Mornico Losana	2,2	1,5	3,3
Mortara	49,7	1,5	74,6
Nicorvo	1,2	1,5	1,7
Olevano di Lomellina	2,3	1,5	3,5



Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia

PIANO D'AMBITO "PILOTA"

Simulazione idraulica delle reti di acquedotto

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		
	a-b-c		
COMUNE	Qma[civ1]	Cg	Qmg[civ1] = Cg*Qma[civ1]
	l/s		l/s
Oliva Gessi	0,6	1,5	0,9
Ottobiano	3,4	1,5	5,1
Palestro	6,1	1,5	9,1
Pancarana	1,0	1,5	1,5
Parona	5,1	1,5	7,7
Pavia	277,2	1,3	360,3
Pietra de' Giorgi	2,7	1,5	4,0
Pieve Albignola	2,8	1,5	4,2
Pieve del Cairo	6,6	1,5	9,9
Pieve Porto Morone	7,9	1,5	11,8
Pinarolo Po	4,7	1,5	7,1
Pizzale	2,0	1,5	3,0
Ponte Nizza	2,6	1,5	3,9
Portalbera	4,0	1,5	6,1
Rea	1,5	1,5	2,2
Redavalle	3,0	1,5	4,6
Retorbido	3,6	1,5	5,4
Rivanazzano	14,0	1,5	21,0
Robbio	20,0	1,5	30,0
Robecco Pavese	1,6	1,5	2,5
Rocca de' Giorgi	0,3	1,5	0,4
Rocca Susella	0,7	1,5	1,0
Rognano	0,6	1,5	0,9
Romagnese	2,7	1,5	4,1
Roncaro	1,9	1,5	2,8
Rosasco	2,1	1,5	3,2
Rovescala	2,8	1,5	4,2
Ruino	2,4	1,5	3,7
San Cipriano Po	1,3	1,5	1,9
San Damiano al Colle	2,2	1,5	3,3
San Genesio ed Uniti	10,2	1,5	15,4
San Giorgio di Lomellina	3,6	1,5	5,4
San Martino Siccomario	16,7	1,5	25,0
San Zenone al Po	1,6	1,5	2,4
Sannazzaro de' Burgondi	18,8	1,5	28,2



Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia

PIANO D'AMBITO "PILOTA"

Simulazione idraulica delle reti di acquedotto

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		
	a-b-c		
COMUNE	Qma[civ1]	Cg	Qmg[civ1] = Cg*Qma[civ1]
	l/s		l/s
Santa Cristina e Bissone	5,6	1,5	8,4
Santa Giuletta	4,9	1,5	7,3
Santa Margherita di Staffora	1,9	1,5	2,9
Santa Maria della Versa	7,9	1,5	11,8
Sant'Alessio con Vialone	1,1	1,5	1,7
Sant'Angelo Lomellina	2,5	1,5	3,7
Sartirana Lomellina	5,7	1,5	8,6
Scaldasole	2,7	1,5	4,0
Semiana	0,8	1,5	1,2
Silvano Pietra	2,1	1,5	3,2
Siziano	17,2	1,5	25,8
Sommo	3,1	1,5	4,7
Spessa	1,6	1,5	2,4
Stradella	37,5	1,5	56,2
Suardi	2,1	1,5	3,2
Torrazza Coste	4,6	1,5	6,9
Torre Beretti e Castellaro	1,7	1,5	2,5
Torre d'Arese	1,7	1,5	2,5
Torre de' Negri	1,1	1,5	1,6
Torre d'Isola	5,6	1,5	8,4
Torrevecchia Pia	7,6	1,5	11,4
Torricella Verzate	2,4	1,5	3,6
Travacò Siccomario	10,8	1,5	16,2
Trivulzio	3,7	1,5	5,6
Tromello	10,3	1,5	15,4
Trovo	1,9	1,5	2,9
Val di Nizza	2,1	1,5	3,1
Valeggio	0,7	1,5	1,0
Valle Lomellina	6,7	1,5	10,1
Valle Salimbene	4,1	1,5	6,1
Valverde	1,0	1,5	1,5
Varzi	10,8	1,5	16,2
Vellezzo Lomellina	0,3	1,5	0,5
Vellezzo Bellini	6,8	1,5	10,2
Verretto	1,0	1,5	1,5

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		
	a-b-c		
COMUNE	Qma[civ1]	Cg	Qmg[civ1] = Cg*Qma[civ1]
	l/s		l/s
Verrua Po	4,0	1,5	6,0
Vidigulfo	12,8	1,5	19,1
Vigevano	214,2	1,3	278,4
Villa Biscossi	0,2	1,5	0,3
Villanova d'Ardenghi	2,1	1,5	3,1
Villanterio	8,1	1,5	12,1
Vistarino	3,4	1,5	5,0
Voghera	134,1	1,5	201,2
Volpara	0,4	1,5	0,6
Zavattarello	3,4	1,5	5,1
Zeccone	3,5	1,5	5,2
Zeme	3,6	1,5	5,4
Zenevredo	1,4	1,5	2,0
Zerbo	1,4	1,5	2,1
Zerbolò	3,7	1,5	5,5
Zinasco	8,9	1,5	13,3
Totale Provincia	1.648,1		2.373,9

- Calcolo della *portata totale Q a livello comunale* come somma dei contributi calcolati in precedenza:

$$Q = Q[\text{civ}] + Q[\text{prod}] \quad [\text{l/s}]$$

dove:

$$Q[\text{civ}] = Q\text{mg}[\text{civ1}] + Q\text{ma}[\text{civ2}] \quad [\text{l/s}]$$

$$Q[\text{prod}] = Q\text{ma}[\text{prod}] \quad [\text{l/s}]$$

Nella tabella seguente si riportano per i comuni dell'ATO i valori delle portate totali Q calcolate e riferite allo scenario attuale:

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"	
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>	

Tabella 4 - Portate totali Q per usi civili e produttivi nello scenario attuale

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		USI PRODUTTIVI	PORTATA TOTALE
	a-b-c	d	e-f	
COMUNE	Q[civ]		Q[prod]	Q = Q[civ]+Q[prod]
	Qmg[civ1]	Qma[civ2]	Qma[prod]	
	l/s	l/s	l/s	
Alagna	3,40	0,02	0,46	3,88
Albaredo Arnaboldi	0,90	0,01	0,13	1,04
Albonese	2,30	0,02	0,31	2,63
Albuzzano	10,20	0,07	1,37	11,64
Arena Po	7,20	0,14	0,99	8,33
Badia Pavese	1,80	0,02	0,24	2,06
Bagnaria	2,90	0,04	0,39	3,33
Barbianello	3,70	0,02	0,50	4,22
Bascapè	6,80	0,04	0,82	7,66
Bastida de' Dossi	0,90	0,00	0,00	0,90
Bastida Pancarana	4,00	0,06	0,55	4,61
Battuda	1,60	0,01	0,04	1,65
Belgioioso	26,70	0,68	3,70	31,08
Bereguardo	10,90	0,12	1,48	12,50
Borgarello	7,30	0,05	0,98	8,33
Borgo Priolo	6,30	0,05	0,86	7,21
Borgo San Siro	4,70	0,01	0,63	5,34
Borghoratto Mormorolo	2,00	0,05	0,27	2,32
Bornasco	7,60	0,07	1,02	8,69
Bosnasco	2,70	0,04	0,37	3,11
Brallo di Pregola	4,30	0,05	0,37	4,72
Breme	4,20	0,03	0,20	4,43
Bressana Bottarone	14,20	0,18	1,93	16,31
Broni	46,00	0,97	6,32	53,29
Calvignano	0,60	0,00	0,08	0,68
Campospinoso	3,50	0,14	0,49	4,13
Candia Lomellina	7,40	0,08	1,01	8,49
Canevino	0,60	0,00	0,07	0,67
Canneto Pavese	6,00	0,06	0,82	6,88
Carbonara al Ticino	5,90	0,07	0,80	6,77
Casanova Lonati	1,90	0,03	0,26	2,19
Casatisma	3,90	0,04	0,52	4,46
Casei Gerola	12,00	0,29	1,66	13,95
Casorate Primo	34,20	0,47	4,65	39,32



Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia

PIANO D'AMBITO "PILOTA"

Simulazione idraulica delle reti di acquedotto

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		USI PRODUTTIVI	PORTATA TOTALE
	a-b-c	d	e-f	
COMUNE	Q[civ]		Q[prod]	Q = Q[civ]+Q[prod]
	Qmg[civ1]	Qma[civ2]	Qma[prod]	
	l/s	l/s	l/s	
Cassolnovo	28,30	0,32	3,84	32,46
Castana	3,40	0,02	0,00	3,42
Casteggio	30,90	0,80	4,29	35,99
Castelletto di Branduzzo	4,60	0,04	0,62	5,26
Castello d'Agogna	4,50	0,09	0,62	5,21
Castelnovetto	2,90	0,02	0,39	3,31
Cava Manara	25,90	0,29	3,51	29,70
Cecima	1,30	0,02	0,01	1,33
Ceranova	5,20	0,04	0,70	5,94
Ceretto Lomellina	1,00	0,01	0,12	1,13
Cernago	3,40	0,02	0,00	3,42
Certosa di Pavia	15,00	0,19	1,73	16,92
Cervesina	5,70	0,08	0,78	6,56
Chignolo Po	14,80	0,19	2,01	17,00
Cigognola	6,20	0,10	0,84	7,14
Cilavegna	22,70	0,32	3,09	26,11
Codevilla	4,10	0,07	0,57	4,74
Confienza	7,40	0,08	1,00	8,48
Copiano	6,20	0,05	0,83	7,08
Corana	3,60	0,02	0,48	4,10
Cornale	3,30	0,02	0,20	3,52
Corteolona	8,60	0,16	1,18	9,94
Corvino San Quirico	5,00	0,07	0,65	5,72
Costa de' Nobili	1,70	0,01	0,23	1,94
Cozzo	2,10	0,02	0,29	2,41
Cura Carpignano	9,70	0,26	1,34	11,30
Dorno	19,30	0,25	2,63	22,18
Ferrera Erbognone	5,00	0,10	0,68	5,78
Filighera	3,80	0,03	0,51	4,34
Fortunago	1,90	0,02	0,10	2,02
Frascarolo	6,00	0,04	0,80	6,84
Gallivola	1,00	0,00	0,14	1,14
Gambarana	1,30	0,01	0,02	1,33
Gambolò	40,50	0,47	5,49	46,46
Garlasco	44,90	0,82	6,15	51,87
Genzone	1,60	0,01	0,21	1,82



Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia

PIANO D'AMBITO "PILOTA"

Simulazione idraulica delle reti di acquedotto

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		USI PRODUTTIVI	PORTATA TOTALE
	a-b-c	d	e-f	
COMUNE	Q[civ]		Q[prod]	Q = Q[civ]+Q[prod]
	Qmg[civ1]	Qma[civ2]	Qma[prod]	
	l/s	l/s	l/s	
Gerenzago	4,10	0,06	0,56	4,72
Giussago	17,70	0,19	2,40	20,29
Godiasco	14,00	0,39	1,94	16,33
Golferenzo	1,10	0,03	0,05	1,18
Gravellona Lomellina	9,90	0,10	1,34	11,34
Gropello Cairoli	18,50	0,30	2,53	21,33
Inverno e Monteleone	4,80	0,05	0,65	5,50
Landriano	18,80	0,26	2,56	21,62
Langosco	2,10	0,01	0,28	2,39
Lardirago	5,30	0,06	0,09	5,45
Linarolo	9,80	0,10	1,33	11,23
Lirio	0,70	0,01	0,09	0,80
Lomello	10,70	0,13	1,46	12,29
Lungavilla	9,70	0,07	1,31	11,08
Maghero	6,20	0,05	0,84	7,09
Marcignago	8,70	0,06	0,53	9,29
Marzano	4,60	0,04	0,63	5,27
Mede	33,90	0,76	4,67	39,33
Menconico	2,20	0,01	0,04	2,25
Mezzana Bigli	5,30	0,07	0,72	6,09
Mezzana Rabattone	2,40	0,01	0,32	2,73
Mezzanino	6,60	0,07	0,90	7,57
Miradolo Terme	14,40	0,15	1,95	16,50
Montalto Pavese	4,30	0,04	0,47	4,81
Montebello della Battaglia	7,70	0,58	1,14	9,42
Montecalvo Versiggia	2,50	0,02	0,34	2,86
Montescano	2,40	0,25	0,37	3,02
Montesegale	1,40	0,01	0,02	1,43
Monticelli Pavese	3,00	0,03	0,41	3,44
Montù Beccaria	7,60	0,08	1,03	8,71
Mornico Losana	3,30	0,03	0,22	3,55
Mortara	74,60	2,03	10,35	86,98
Nicorvo	1,70	0,01	0,23	1,94
Olevano di Lomellina	3,50	0,02	0,24	3,76
Oliva Gessi	0,90	0,01	0,05	0,96
Ottobiano	5,10	0,05	0,69	5,84



Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia

PIANO D'AMBITO "PILOTA"

Simulazione idraulica delle reti di acquedotto

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		USI PRODUTTIVI	PORTATA TOTALE
	a-b-c	d	e-f	
COMUNE	Q[civ]		Q[prod]	Q = Q[civ]+Q[prod]
	Qmg[civ1]	Qma[civ2]	Qma[prod]	
	l/s	l/s	l/s	
Palestro	9,10	0,07	1,23	10,40
Pancarana	1,50	0,02	0,20	1,72
Parona	7,70	0,34	1,09	9,13
Pavia	360,30	23,64	60,16	444,10
Pietra de' Giorgi	4,00	0,04	0,54	4,58
Pieve Albignola	4,20	0,02	0,56	4,78
Pieve del Cairo	9,90	0,17	1,36	11,43
Pieve Porto Morone	11,80	0,15	1,60	13,55
Pinarolo Po	7,10	0,09	0,96	8,15
Pizzale	3,00	0,03	0,40	3,43
Ponte Nizza	3,90	0,06	0,53	4,49
Portalbera	6,10	0,05	0,82	6,97
Rea	2,20	0,02	0,30	2,52
Redavalle	4,60	0,05	0,62	5,27
Retorbido	5,40	0,08	0,74	6,22
Rivanazzano	21,00	0,40	2,88	24,28
Robbio	30,00	0,45	4,09	34,54
Robecco Pavese	2,50	0,02	0,32	2,84
Rocca de' Giorgi	0,40	0,00	0,06	0,46
Rocca Susella	1,00	0,01	0,14	1,15
Rognano	0,90	0,00	0,00	0,90
Romagnese	4,10	0,04	0,54	4,68
Roncaro	2,80	0,02	0,38	3,20
Rosasco	3,20	0,02	0,43	3,65
Rovescala	4,20	0,03	0,57	4,80
Ruino	3,70	0,04	0,50	4,24
San Cipriano Po	1,90	0,01	0,26	2,17
San Damiano al Colle	3,30	0,03	0,26	3,59
San Genesio ed Uniti	15,40	0,19	2,09	17,68
San Giorgio di Lomellina	5,40	0,07	0,74	6,21
San Martino Siccomario	25,00	0,94	3,53	29,47
San Zenone al Po	2,40	0,64	0,39	3,43
Sannazzaro de' Burgondi	28,20	0,07	3,77	32,04
Santa Cristina e Bissone	8,40	0,08	1,14	9,62
Santa Giuletta	7,30	0,03	0,98	8,31
Santa Margherita di Staffora	2,90	0,03	0,39	3,32



Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia

PIANO D'AMBITO "PILOTA"

Simulazione idraulica delle reti di acquedotto

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		USI PRODUTTIVI	PORTATA TOTALE
	a-b-c	d	e-f	
COMUNE	Q[civ]		Q[prod]	Q = Q[civ]+Q[prod]
	Qmg[civ1]	Qma[civ2]	Qma[prod]	
	l/s	l/s	l/s	
Santa Maria della Versa	11,80	0,20	1,61	13,61
Sant'Alessio con Vialone	1,70	0,03	0,23	1,96
Sant'Angelo Lomellina	3,70	0,02	0,50	4,22
Sartirana Lomellina	8,60	0,09	1,16	9,85
Scaldasole	4,00	0,03	0,54	4,57
Semiana	1,20	0,01	0,00	1,21
Silvano Pietra	3,20	0,02	0,43	3,65
Siziano	25,80	0,34	3,51	29,65
Sommo	4,70	0,03	0,63	5,36
Spessa	2,40	0,02	0,32	2,74
Stradella	56,20	1,60	7,81	65,61
Suardi	3,20	0,02	0,37	3,59
Torrazza Coste	6,90	0,08	0,93	7,91
Torre Beretti e Castellaro	2,50	0,02	0,09	2,61
Torre d'Arese	2,50	0,01	0,33	2,84
Torre de' Negri	1,60	0,00	0,22	1,82
Torre d'Isola	8,40	0,14	1,15	9,69
Torrevecchia Pia	11,40	0,09	1,53	13,02
Torricella Verzate	3,60	0,04	0,49	4,13
Travacò Siccomario	16,20	0,12	1,95	18,27
Trivolzio	5,60	0,10	0,32	6,02
Tromello	15,40	0,16	2,08	17,64
Trovo	2,90	0,02	0,39	3,31
Val di Nizza	3,10	0,03	0,29	3,42
Valeggio	1,00	0,01	0,14	1,15
Valle Lomellina	10,10	0,12	1,36	11,58
Valle Salimbene	6,10	0,06	0,83	6,99
Valverde	1,50	0,02	0,21	1,73
Varzi	16,20	0,47	2,26	18,93
Velezzo Lomellina	0,50	0,00	0,06	0,56
Vellezzo Bellini	10,20	0,14	1,38	11,72
Verretto	1,50	0,01	0,20	1,71
Verrua Po	6,00	0,06	0,81	6,87
Vidigulfo	19,10	0,20	2,59	21,89
Vigevano	278,40	6,66	44,17	329,23
Villa Biscossi	0,30	0,00	0,00	0,30

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"	
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>	

SCENARIO ATTUALE	USI CIVILI		USI PRODUTTIVI	PORTATA TOTALE
	a-b-c	d	e-f	
COMUNE	Q[civ]		Q[prod]	Q = Q[civ]+Q[prod]
	Qmg[civ1]	Qma[civ2]	Qma[prod]	
	l/s	l/s	l/s	
Villanova d'Ardenghi	3,10	0,02	0,42	3,54
Villanterio	12,10	0,19	1,65	13,94
Vistarino	5,00	0,03	0,68	5,71
Voghera	201,20	6,12	28,05	235,37
Volpara	0,60	0,00	0,05	0,65
Zavattarello	5,10	0,06	0,69	5,85
Zeccone	5,20	0,08	0,71	5,99
Zeme	5,40	0,04	0,73	6,17
Zenevredo	2,00	0,01	0,28	2,29
Zerbo	2,10	0,01	0,28	2,39
Zerbolò	5,50	0,05	0,37	5,92
Zinasco	13,30	0,11	1,80	15,21
Totale Provincia	2.373,90	60,80	334,30	2.769,00

- Calcolo della *portata complessiva Q [acq]* utilizzata nelle verifiche idrauliche delle reti derivante dalla somma dei seguenti contributi:

$$Q [acq] = Q[acq(civ)] + Q[acq(prod)] \quad [l/s]$$

dove:

- Q[acq(civ)] è ottenuta come una frazione del fabbisogno complessivo per usi civili Q[civ] calcolato in precedenza e riferito a tutto il territorio comunale, considerando solo la popolazione residente nelle aree servite dallo schema di acquedotto in esame;
- analogamente, Q[acq(prod)] è ottenuta come una frazione del fabbisogno per usi produttivi Q[prod] calcolato in precedenza e riferito a tutto il territorio comunale, considerando solo le utenze produttive servite dall'acquedotto in esame.

Nella seguente tabella sono indicati, per i soli schemi di acquedotto modellati con EPANET, i valori complessivi delle portate Q[acq] utilizzate per la verifica delle reti, calcolate secondo i

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

criteri descritti in precedenza e riferiti allo scenario attuale:

Tabella 5 - Portate di verifica delle reti di acquedotto Q[acq] nello scenario attuale (2008)

ID Acquedotto	Comuni serviti	Portate di verifica Q [acq]
		l/s
9001	ALAGNA	3,9
9003	ALBONESE	2,6
9004	ALBUZZANO	13,7
9006	BADIA PAVESE - CHIGNOLO PO - MIRADOLO TERME - MONTICELLI PAVESE - PIEVE PORTO MORONE	50,4
9009	BASCAPE'	7,3
9013	BELGIOIOSO - FILIGHERA - TORRE DE' NEGRI	36,5
9018	BORGO S. SIRO	4,6
9019	BORNASCO - CERANOVA	14,1
9022	BREME	4,4
9027	CANDIA LOMELLINA - COZZO	10,9
9030	CARBONARA AL TICINO	6,4
9033	CASEI GEROLA	11,4
9034	CASORATE PRIMO	39,1
9037	CASTEGGIO - SANTA GIULETTA	46,9
9039	CASTELLO D'AGOGNA	5,1
9040	CASTELNOVETTO	3,1
9041	CAVA MANARA	30,9
9044	CERETTO LOMELLINA	1,0
9045	CERGNAGO	3,4
9047	CERVESINA	6,5
9050	CILAVEGNA	25,9
9052	CONFENZA	7,8
9053	COPIANO	7,2
9055	CORNALE - BASTIDA DE' DOSSI - CASEI GEROLA (Fraz. Gerola)	5,9
9056	CORTEOLONA	9,2
9061	DORNO	21,7
9062	FERRERA ERBOGNONE	5,5
9065	FRASCAROLO - TORRE BERETTI E CASTELLARO	8,9
9066	GALLIAVOLA	1,2
9068	GAMBOLO'	41,0
9069	GARLASCO	51,5
9072	GIUSSAGO	9,8
9073	GODIASCO - ROCCA SUSELLA - MONTESEGALE	9,3
9075	GRAVELLONA LOMELLINA	11,3
9076	GROPELLO CAIROLI	21,1
9078	LANDRIANO	21,7
9079	LANGOSCO	2,4
9081	LINAROLO - VALLE SALIMBENE	18,5

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

ID Acquedotto	Comuni serviti	Portate di verifica Q [acq]
		l/s
9083	LOMELLO	11,9
9084	LUNGAVILLA	10,9
9085	MAGHERNO	7,1
9088	MEDE - SEMIANA	39,9
9090	MEZZANA BIGLI	3,8
9091	MEZZANA RABATTONI	4,7
9095	MONTEBELLO DELLA BATTAGLIA - TORRAZZA COSTE - BORGORATTO MORMOLO - BORGO PRIOLO	24,9
9102	MORTARA	82,5
9103	NICORVO	2,0
9104	OLEVANO DI LOMELLINA	3,7
9106	OTTOBIANO - VALEGGIO	6,8
9107	PALESTRO	10,1
9109	PARONA	8,9
9110	PAVIA e comuni limitrofi ¹	582,9
9112	PIEVE ALBIGNOLA	4,5
9113	PIEVE DEL CAIRO	10,2
9115	PINAROLO PO - BRESSANA BOTTARONE	20,0
9116	PIZZALE	3,4
9119	REA - VERRUA PO - MEZZANINO	16,7
9121	RETORBIDO	5,4
9122	RIVANAZZANO - GODIASCO (Salice Terme, Montealfeo)	30,2
9123	ROBBIO	33,9
9127	ROGNANO	0,6
9130	ROSASCO	3,7
9135	SAN GENESIO ED UNITI - ZECCONE	23,0
9136	SAN GIORGIO DI LOMELLINA	6,2
9138	SANNAZZARO DE' BURGONDI	27,0
9139	SANTA CRISTINA E BISSONE	9,3
9144	SANT'ANGELO LOMELLINA	4,0
9146	SARTIRANA LOMELLINA	9,3
9147	SCALDASOLE	4,6
9149	SILVANO PIETRA	3,3
9150	SIZIANO	29,1
9151	SOMMO	5,1
9154	SUARDI - GAMBARANA	4,9
9157	TORRE D'ARESE	2,8
9159	TORRE D'ISOLA	9,4
9160	TORREVECCHIA PIA	13,8
9164	TROMELLO	16,8

¹ BATTUDA, BEREGUARDO, BORGARELLO, CERTOSA DI PAVIA, CURA CARPIGNANO, LARDIRAGO, MARCIGNAGO, RONCARO, SAN MARTINO SICCOMARIO, SANT'ALESSIO CON VIALONE, TRAVACO' SICCOMARIO, TRIVOLZIO, TROVO, VELLEZZO BELLINI

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

ID Acquedotto	Comuni serviti	Portate di verifica Q [acq]
		l/s
9168	VALLE LOMELLINA	11,2
9176	VIDIGULFO	21,1
9177	VIGEVANO - CASSOLNOVO	358,6
9179	VILLANOVA D'ARDENGI	3,5
9180	VILLANTERIO	13,6
9181	VISTARINO	4,7
9182	VOGHERA	226,0
9186	ZEME	6,0
9189	ZERBOLO'	3,3
9190	ZINASCO	13,7
9232	ACQUEDOTTO OLTREPO PAVESE (49 comuni ²)	270,3
9233	CASSOLNOVO Fraz. Villanova	0,4
9234	MEZZANA BIGLI Fraz. Casoni Barroni	0,5
9235	MEZZANA BIGLI Fraz. Balessa Bigli	2,3
9236	PIEVE DEL CAIRO Fraz. Gallia	0,2
9237	VISTARINO Fraz. Battirago	0,7
9238	GODIASCO Fraz. Costiola	0,2
9239	GODIASCO Fraz. Gomo	0,1
9240	GODIASCO Fraz. Alta Collina	0,4
9241	PALESTRO Fraz. Pizzarosto	0,2
9242	GIUSSAGO Fraz. Guinzano	5,6
9243	GIUSSAGO Fraz. Novedo, Moriago e Liconasco	1,6
9244	GIUSSAGO Fraz. Turago Bordone	2,2
9245	GIUSSAGO Fraz. Carpignano e Villanova dè Beretti	1,4
9246	ZERBOLO' Fraz. Parasacco	1,5
9247	GAMBOLO' Fraz. Garbana	6,0
9248	VARZI	13,8
9249	PANCARANA	1,6

Distribuzione delle portate di verifica nei tronchi di rete e nei nodi

Per distribuire la portata complessiva calcolata e riferita sia agli usi civili che produttivi

² ALBAREDO ARNABOLDI, ARENA PO, BAGNARIA, BARBIANELLO, BOSNASCO, BRONI, CALVIGNANO, CAMPOSPINOSO, CANEVINO, CANNETO PAVESE, CASANOVA LONATI, CASATISMA, CASTANA, CASTELLETO DI BRANDUZZO, CIGOGNOLA, CORVINO SAN QUIRICO, COSTA DE' NOBILI, FORTUNAGO, GENZONE, GERENZAGO, GOLFERENZO, INVERNO E MONTELEONE, LIRIO, MONTALTO PAVESE, MONTECALVO VERSIGGIA, MONTESCANO, MONTU' BECCARIA, MORNICO LOSANA, OLIVA GESSI, PANCARANA, PIETRA DE' GIORGI, PORTALBERA, ROBECCO PAVESE, ROCCA DE' GIORGI, ROVESCALA, RUINO, SAN CIPRIANO PO, SAN DAMIANO AL COLLE, SAN ZENONE PO, SANTA MARIA DELLA VERSA, SPESSE PO, STRADELLA, TORRICELLA VERZATE, VALVERDE, VARZI, VERRETTO, VOLPARA, ZENEVREDO, ZERBO

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

$Q[acq] = Q[acq(civ)] + Q[acq(prod)]$ nei nodi della rete di acquedotto esaminata si è fatto riferimento alla suddivisione del territorio in sezioni di censimento Istat.

Nei comuni serviti dall'acquedotto in esame sono state individuate le sezioni di censimento attraversate dai diversi tronchi della rete e successivamente sono stati acquisiti i seguenti dati disaggregati per area omogenea di appartenenza e per sezione di censimento:

- popolazione residente appartenente alla sezione considerata servita dall'acquedotto;
- superficie degli insediamenti produttivi presenti all'interno della sezione e serviti dall'acquedotto;
- lunghezza complessiva dei tronchi di rete che si sviluppano all'interno della sezione considerata.

Algoritmo di calcolo

Secondo l'algoritmo di calcolo previsto, sono stati "spezzati" tutti i tubi in corrispondenza dei confini delle sezioni censuarie, e ad ogni tratto di condotta è stato associato il codice della sezione censuaria e ricalcolata la lunghezza. Si è diviso il fabbisogno globale di ogni singola sezione censuaria per la lunghezza totale delle condotte presenti all'interno di ognuna, ottenendo la portata per metro lineare di condotta per sezione censuaria. Moltiplicando il dato così ottenuto per le lunghezze dei singoli spezzoni di tubo si è ricavata la portata di ogni tratta, e quindi, riaggregando per codice tubo i singoli spezzoni, e sommando le portate, si è ricavata la portata complessiva di ogni tubazione. Il passo successivo è stato quello di assegnare ai nodi iniziale e finale di ogni singola tubazione, il 50% della portata transitante. In ultimo, si sono sommate tutte le portate ai singoli nodi, aggregati per codice nodo, ottenendo così il fabbisogno per ognuno di loro.

Nella tabella che segue sono riportati gli elementi che il modello matematico alla base di EPANET gestisce:

Elementi dello schema	Parametri noti	Parametri incogniti
Tronco	Lunghezza, Diametro, Scabrezza	Portata, Perdita Di Carico
Nodo	Domanda, Quota Altimetrica	Carico
Maglia (sistemi chiusi)		Portata Circolante

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

Nella tabella che segue sono descritte le equazioni che governano il fenomeno idraulico e che il modello numerico risolve iterativamente:

Equazioni	Descrizione	Complessità della funzione matematica
Equazioni dei carichi nei tronchi	In ciascun tronco le perdite di carico sono legate alle portate transitanti	non lineari nelle incognite (portate nei tronchi)
Equazioni di continuità delle portate nei nodi	La somma algebrica delle portate entranti in un nodo è nulla	lineari nelle incognite (portate nei tronchi)
Equazioni dei carichi nelle maglie	La somma algebrica delle perdite di carico nei tronchi che formano un percorso chiuso è nulla	non lineari nelle incognite (portate nei tronchi)

Al termine della simulazione risultano determinate le effettive portate circolanti nelle condotte, le velocità e le perdite di carico.

Una volta note queste, risultano determinate le quote piezometriche in ogni nodo, partendo da quella nota del serbatoio.

Un altro dato che l'algoritmo richiede è la quota altimetrica di ogni nodo.

Pertanto una volta ricostruito l'andamento della superficie piezometrica, il simulatore restituisce la pressione in ogni nodo (espressa in m di colonna d'acqua), ottenuta per sottrazione della quota altimetrica dal carico idraulico totale.

Diagrammi di consumo giornaliero

Ai fini delle simulazioni nei nodi sono state inserite le portate medie nel giorno dei massimi consumi, calcolate secondo i criteri descritti in precedenza. Per simulare la variazione dei consumi nell'arco delle 24 ore è stato introdotto il diagramma dei consumi giornaliero riportato in Tabella 6.

Indicando con:

$Q_g = Q[acq]$ La portata media giornaliera
 Q_h La portata media oraria

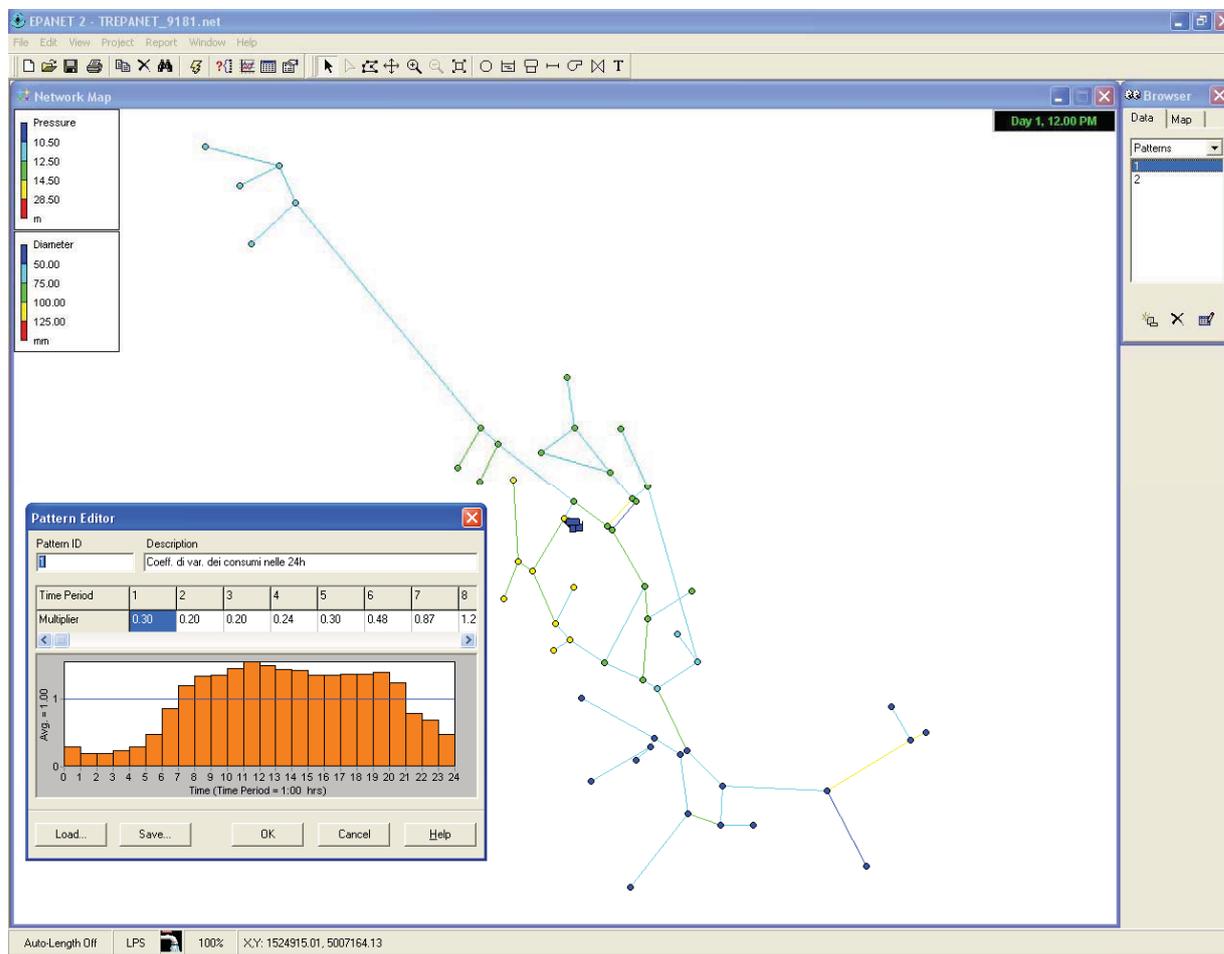
per un centro di media importanza (con popolazione inferiore a 100.000 abitanti residenti) risultano i seguenti valori di Q_h/Q_g nelle diverse ore del giorno:

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

Tabella 6 - Diagramma dei consumi giornalieri per un centro di media importanza

FASCIA ORARIA	Qh/Qg
0-1	0.30
1-2	0.20
2-3	0.20
3-4	0.24
4-5	0.30
5-6	0.48
6-7	0.87
7-8	1.20
8-9	1.35
9-10	1.36
10-11	1.46
11-12	1.56
12-13	1.50
13-14	1.45
14-15	1.43
15-16	1.36
16-17	1.36
17-18	1.37
18-19	1.38
19-20	1.40
20-21	1.25
21-22	0.80
22-23	0.70
23-24	0.48
Media	1.00

Figura 2 - Diagramma dei consumi giornalieri in EPANET



Condizioni di funzionamento analizzate

La verifica idraulica delle reti è stata effettuata sotto due condizioni piezometriche: nell'ora dei massimi e dei minimi consumi, in quanto ciascuna rete di distribuzione deve essere in ogni momento in grado di fornire agli utenti privati e ai pubblici servizi le quantità d'acqua richieste.

I risultati delle simulazioni idrauliche effettuate con EPANET per ogni rete sono stati analizzati verificando i valori dei seguenti parametri:

- le oscillazioni delle pressioni nei nodi in corrispondenza all'ora dei massimi e dei minimi consumi;
- le perdite di carico nelle condotte nell'ora dei massimi consumi.

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

Con riferimento alle *pressioni nei nodi*, le due condizioni piezometriche estreme considerate ai fini della verifica idraulica della rete di distribuzione sono le seguenti:

- a) *in situazione di massimo consumo* la quota piezometrica in tutti i punti della rete deve ancora superare di non meno di 10 m le quote di copertura degli edifici. In linea di massima questo limite corrisponde a circa 20 m dal piano stradale.

Con ciò è garantita la possibilità di derivazione da parte degli utenti in tutti i piani degli edifici, delle portate di normale consumo con un buon margine di pressione per sopperire alle perdite di carico negli impianti interni;

- b) *in situazione di consumo minimo*, le quote piezometriche non debbono superare per più di 70 m le quote stradali. Questa soglia serve a limitare le pressioni massime nelle tubazioni (specie nei loro punti deboli come le giunzioni) e quindi le perdite d'acqua, nonché a contenere le oscillazioni delle pressioni nell'arco della giornata entro i 25 m.

Con riferimento alle *perdite di carico nelle condotte* è stata considerata la *condizione di massimo consumo*, ipotizzando che in tutti i tronchi della rete di acquedotto le perdite di carico per unità di lunghezza non superino la soglia dei 3 m/km.

In questa fase sono state individuate quindi le carenze strutturali della rete, ipotizzando soluzioni di potenziamento orientate al raggiungimento di una riqualificazione del servizio.

Nelle figure seguenti si riporta un esempio di output di una simulazione relativa alle condizioni di verifica per lo schema di acquedotto del comune di Siziano.

La semplicità dell'approccio è garantita dalla presenza dei colori, che permettono di individuare immediatamente i punti critici del sistema.

ESEMPIO DI OUTPUT SIMULAZIONE IDRAULICA DELLE RETI DI ACQUEDOTTO CON EPANET

Figura 3 - Schema della rete di acquedotto

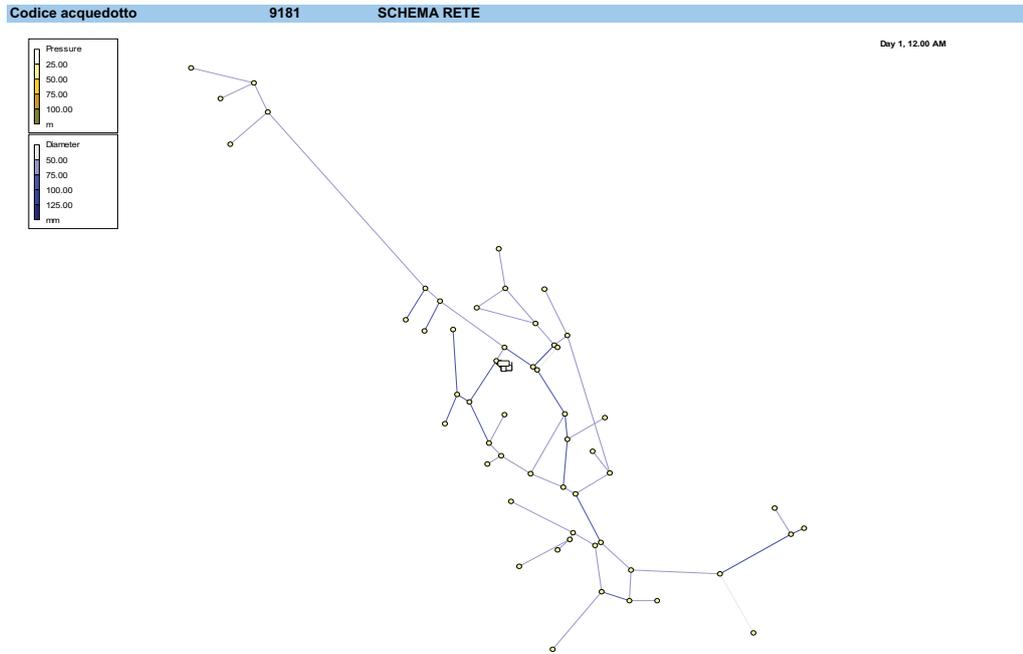


Figura 4 - Andamento della domanda nell'ora dei massimi consumi

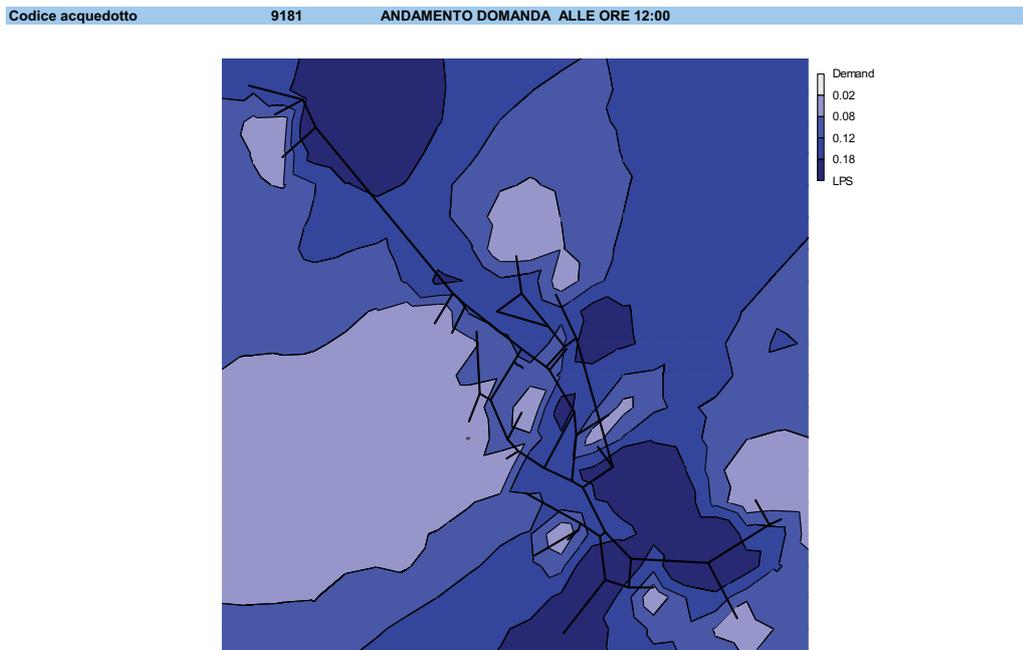


Figura 5 - Andamento della pressione nell'ora dei massimi consumi

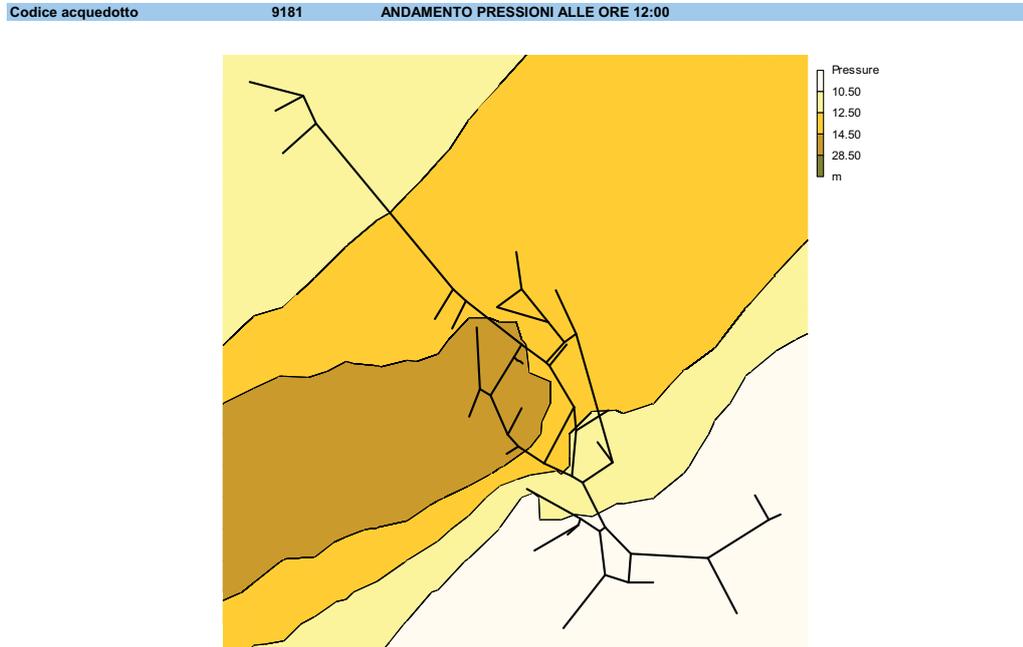
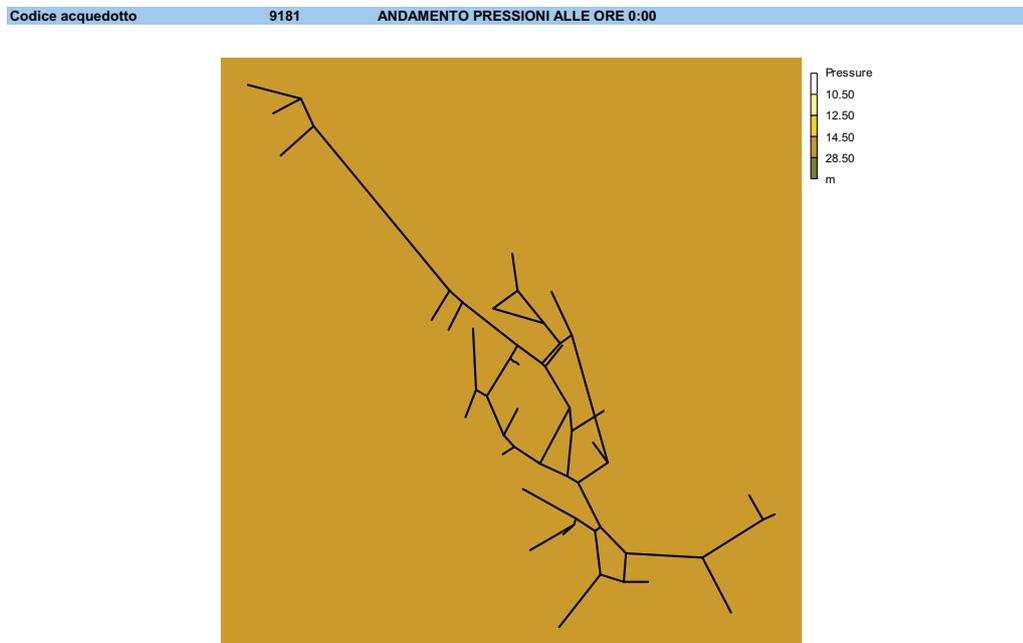


Figura 6 - Andamento delle pressioni nell'ora dei minimi consumi



	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

Dall'analisi dei risultati delle simulazioni effettuate risulta che:

- le simulazioni in *condizioni di massimo consumo* permettono di valutare la capacità della rete di convogliare le portate in gioco a fronte della distribuzione della domanda idrica sul territorio.

In questi casi si possono individuare interventi di ottimizzazione come la sostituzione delle alimentatrici con tubazioni di sezione più grande (per ridurre le perdite di carico) o semplicemente la chiusura di qualche maglia (per modificare il flusso e ottenere una più equilibrata distribuzione delle portate circolanti).

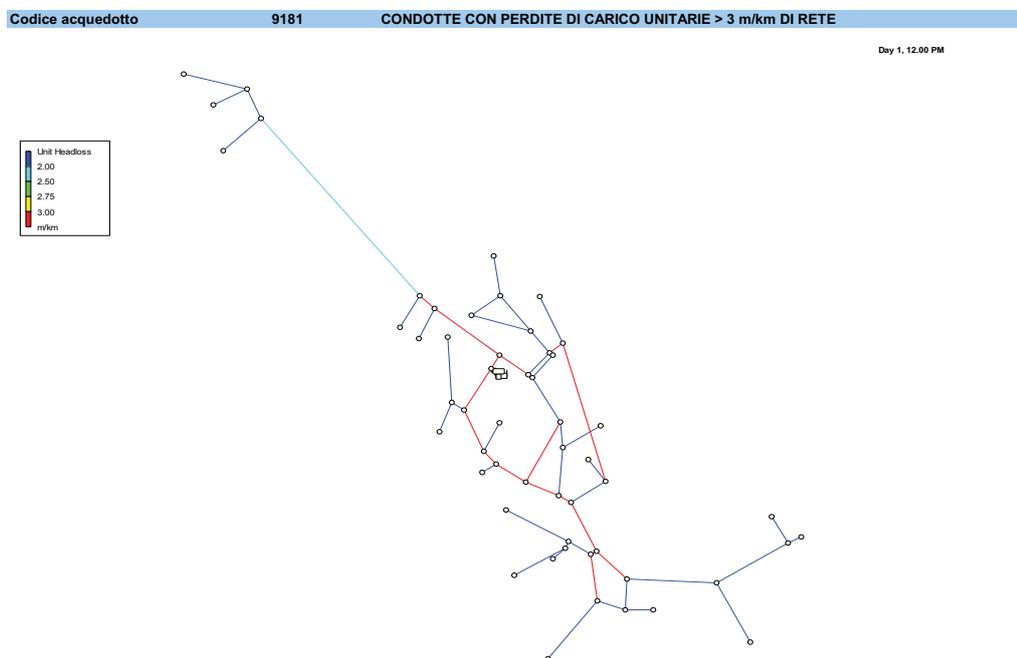
- le simulazioni in *condizioni di minimo consumo* permettono di valutare come si relaziona il territorio su cui si stende la rete con la quota piezometrica del serbatoio di carico.

Se da questa verifica emergono zone con carichi idraulici molto diversi, appare subito evidente la necessità di sezionare la rete in sottosistemi a diverse quote medie di servizio, valutando l'eventualità di inserire elementi di disconnessione (torrini piezometrici).

Definizione degli interventi sulle reti di acquedotto

Nella figura seguente, per la rete in esame risultano evidenziate in rosso le condotte per le quali, nell'ora dei massimi consumi, si è stimato che le perdite per unità di lunghezza sono superiori alla soglia fissata dei 3 m/km. Per tali condotte sarà da prevedere la sostituzione.

Figura 7 - Individuazione delle condotte con perdite di carico unitarie > 3 m/km di rete



Dal tabulato di output del software EPANET sono stati estratti i dati relativi alle condotte risultate insufficienti, riportati nella seguente tabella. In tabella sono anche stimati i valori dei diametri teorici necessari affinché le perdite di carico unitario si mantengano al di sotto della soglia prefissata e gli importi totali necessari alla realizzazione dell'intervento, calcolati a partire dai costi unitari parametrici (cfr. Allegato A03 - Stima dei costi elementari) delle nuove tubazioni .

I dati riportati in tabella e riferiti ai singoli tronchi della rete risultati insufficienti sono i seguenti:

1. codice identificativo del tronco;
2. lunghezza del tronco (m);
3. diametro del tronco (mm);
4. scabrezza della tubazione assunta nelle simulazioni;
5. portata circolante nel tronco (l/s) e velocità (m/s);

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

6. valore della perdita di carico unitaria (m/km) risultante dalla simulazione nella condizione di esercizio corrispondente alla condizione dei massimi consumi;
7. stima del diametro teorico (mm) necessario affinché la perdita di carico unitaria sia inferiore alla soglia prefissata pari a 3 m/km;
8. costo unitario (euro/m) adottato per le nuove tubazioni, ipotizzando la posa in opera di condotte in ghisa sferoidale;
9. calcolo dell'importo per la sostituzione di ciascun tronco
10. lunghezza totale della rete da sostituire ed importo totale dell'intervento.

In particolare, nel caso in esame risulta che su 5,4 km di rete di acquedotto è necessario prevedere la sostituzione di circa 1,6 km di rete, corrispondenti a circa il 29% della lunghezza totale.

Tabella 7 - Esempio di stima degli interventi sulle reti di acquedotto

TOTALE TUBAZIONI APPARTENENTI AL COMUNE DI VISTARINO	5.439 m
TUBAZIONI APPARTENENTI AL COMUNE MA CON PERDITA DI CARICO > 3 m/Km	1.571 m
PERCENTUALE RETE DA SOSTITUIRE	29%
IMPORTO INTERVENTO I	286.867 EURO

RETE DI DISTRIBUZIONE DI: 9181
Network Table - Links at 12:00 Hrs

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Flow		Unit Headloss m/km	Diametro teorico mm	Costi unitari		Importo intervento I euro
				l/s	m/s			euro/ml	euro	
Pipe TA012079	10	50	100	7,04	3,59	473,42	150	€ 208,36	€ 2.073,22	
Pipe TA012086	38	65	100	1,00	0,30	3,53	75	€ 179,34	€ 6.843,64	
Pipe TA012088	33	50	100	4,01	2,04	166,65	125	€ 198,20	€ 6.576,35	
Pipe TA012089	155	65	100	1,15	0,35	4,62	75	€ 179,34	€ 27.767,33	
Pipe TA012094	98	90	100	2,97	0,47	5,47	100	€ 188,54	€ 18.472,73	
Pipe TA012098	133	75	100	2,66	0,60	10,85	100	€ 188,54	€ 25.133,70	
Pipe TA012100	67	65	100	1,72	0,52	9,67	100	€ 188,54	€ 12.692,23	
Pipe TA012101	139	50	100	0,50	0,25	3,51	50	€ 170,59	€ 23.745,00	
Pipe TA012102	35	50	100	2,52	1,28	70,54	100	€ 188,54	€ 6.645,88	
Pipe TA012103	67	65	100	2,41	0,73	18,09	100	€ 188,54	€ 12.663,94	
Pipe TA012109	13	65	100	1,19	0,36	4,87	75	€ 179,34	€ 2.277,63	
Pipe TA012111	99	50	100	0,47	0,24	3,14	50	€ 170,59	€ 16.868,35	
Pipe TA012115	81	65	100	1,12	0,34	4,35	75	€ 179,34	€ 14.438,72	
Pipe TA012118	27	50	100	2,39	1,22	64,11	100	€ 188,54	€ 5.175,31	
Pipe TA012119	116	80	100	2,46	0,49	6,84	100	€ 188,54	€ 21.877,69	
Pipe TA012125	67	80	100	2,71	0,54	8,18	100	€ 188,54	€ 12.605,50	
Pipe TA012126	347	50	100	-0,62	0,31	5,22	75	€ 179,34	€ 62.220,47	
Pipe TA012132	32	65	100	0,99	0,30	3,46	75	€ 179,34	€ 5.803,47	
Pipe 1	6	50	100	33,42	17,02	8.466,67	250	€ 254,50	€ 1.526,98	
Pipe 2	7	50	100	7,04	3,59	473,42	150	€ 208,36	€ 1.458,55	

	Autorità dell’Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D’AMBITO “PILOTA”
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

2.2 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Nella seguente tabella è riportato l’elenco dei 105 schemi di acquedotto a servizio dei comuni dell’ATO della Provincia di Pavia sottoposti a verifica idraulica con il software EPANET unitamente ai seguenti dati ricavati dalle simulazioni: lunghezza totale della rete esaminata, lunghezza delle condotte da sostituire in quanto dimensionalmente insufficienti (tratti con perdita di carico unitaria > 3 m/km), rapporto % tra la lunghezza delle sostituzioni rispetto alla lunghezza totale.

Dalle simulazioni effettuate per tali schemi è emersa la necessità di prevedere la sostituzione di circa 642 km di rete, corrispondenti a circa il 16% dello sviluppo complessivo delle reti idriche esistenti nel territorio dell’ATO.

Tabella 8 - Risultati delle simulazioni idrauliche: lunghezza della rete da sostituire

ID ACQUEDOTTO	COMUNI SERVITI	LUNGHEZZA TOTALE RETI	TRATTI CON PERDITA DI CARICO UNITARIA > 3 m/km	PERCENTUALE RETE DA SOSTITUIRE
		m	m	
9001	ALAGNA	5.786,1	41,0	0,7%
9003	ALBONESE	4.551,1	0,0	0,0%
9004	ALBUZZANO	14.660,6	5.014,1	34,2%
9006	BADIA PAVESE - CHIGNOLO PO - MIRADOLO TERME - MONTICELLI PAVESE - PIEVE PORTO MORONE	95.161,0	20.748,6	21,8%
9009	BASCAPE'	7.283,7	3.655,2	50,2%
9013	BELGIOIOSO - FILIGHERA - TORRE DE' NEGRI	39.745,2	5.944,8	15,0%
9018	BORGO S. SIRO	8.360,1	220,0	2,6%
9019	BORNASCO - CERANOVA	19.663,1	3.672,2	18,7%
9022	BREME	6.673,8	323,0	4,8%
9027	CANDIA LOMELLINA - COZZO	25.431,8	8.463,8	33,3%
9030	CARBONARA AL TICINO	10.680,4	0,0	0,0%
9033	CASEI GEROLA	13.260,0	538,1	4,1%
9034	CASORATE PRIMO	28.430,4	683,3	2,4%
9037	CASTEGGIO - SANTA GIULETTA	95.529,2	60.948,7	63,8%
9039	CASTELLO D'AGOGNA	9.678,8	190,0	2,0%
9040	CASTELNOVETTO	6.758,6	147,5	2,2%
9041	CAVA MANARA	39.010,7	3.439,0	8,8%
9044	CERETTO LOMELLINA	5.539,6	0,0	0,0%
9045	CERGNAGO	6.269,6	793,5	12,7%
9047	CERVESINA	11.623,5	364,2	3,1%



Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia

PIANO D'AMBITO "PILOTA"

Simulazione idraulica delle reti di acquedotto

ID ACQUEDOTTO	COMUNI SERVITI	LUNGHEZZA TOTALE RETI	TRATTI CON PERDITA DI CARICO UNITARIA > 3 m/km	PERCENTUALE RETE DA SOSTITUIRE
		m	m	
9050	CILAVEGNA	22.925,8	1.727,3	7,5%
9052	CONFENZA	11.246,1	47,4	0,4%
9053	COPIANO	7.528,6	303,2	4,0%
9055	CORNALE - BASTIDA DE' DOSSI - CASEI GEROLA (Fraz. GEROLA)	8.998,2	563,5	6,3%
9056	CORTEOLONA	13.541,1	173,6	1,3%
9061	DORNO	27.359,5	591,2	2,2%
9062	FERRERA ERBOGNONE	5.708,9	9,9	0,2%
9065	FRASCAROLO - TORRE BERETTI E CASTELLARO	17.044,8	5.489,5	32,2%
9066	GALLIAVOLA	2.812,9	530,4	18,9%
9068	GAMBOLO'	45.975,7	4.923,1	10,7%
9069	GARLASCO	79.733,6	7.112,5	8,9%
9072	GIUSSAGO	10.414,6	3.007,4	28,9%
9073	GODIASCO - ROCCA SUSELLA - MONTESEGALE	57.116,4	25.425,0	44,5%
9075	GRAVELLONA LOMELLINA	16.268,2	238,5	1,5%
9076	GROPELLO CAIROLI	26.510,7	1.830,1	6,9%
9078	LANDRIANO	24.830,4	3.642,3	14,7%
9079	LANGOSCO	7.055,2	83,7	1,2%
9081	LINAROLO - VALLE SALIMBENE	25.869,7	3.850,9	14,9%
9083	LOMELLO	13.402,1	1.231,5	9,2%
9084	LUNGAVILLA	12.425,2	1.595,1	12,8%
9085	MAGHERNO	5.583,4	79,2	1,4%
9088	MEDE - SEMIANA	33.396,8	13.249,2	39,7%
9090	MEZZANA BIGLI	7.887,3	966,7	12,3%
9091	MEZZANA RABATTONE	3.641,8	150,9	4,1%
9095	MONTEBELLO DELLA BATTAGLIA - TORRAZZA COSTE - BORGORATTO MORMOROLO - BORGO PRIOLO	146.151,4	60.323,5	41,3%
9102	MORTARA	66.720,1	4.845,0	7,3%
9103	NICORVO	5.884,3	153,5	2,6%
9104	OLEVANO DI LOMELLINA	4.204,7	0,0	0,0%
9106	OTTOBIANO - VALEGGIO	11.752,4	1.180,3	10,0%
9107	PALESTRO	12.769,7	2.752,6	21,6%
9109	PARONA	12.574,3	224,7	1,8%
9110	PAVIA e comuni limitrofi	469.511,9	65.593,3	14,0%
9112	PIEVE ALBIGNOLA	5.693,4	386,5	6,8%
9113	PIEVE DEL CAIRO	10.404,0	1.407,3	13,5%
9115	PINAROLO PO - BRESSANA BOTTARONE	27.846,2	2.836,1	10,2%



Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia

PIANO D'AMBITO "PILOTA"

Simulazione idraulica delle reti di acquedotto

ID ACQUEDOTTO	COMUNI SERVITI	LUNGHEZZA TOTALE RETI	TRATTI CON PERDITA DI CARICO UNITARIA > 3 m/km	PERCENTUALE RETE DA SOSTITUIRE
		m	m	
9116	PIZZALE	7.863,7	143,6	1,8%
9119	REA - VERRUA PO - MEZZANINO	44.544,7	5.545,2	12,4%
9121	RETOBIDO	22.410,7	10.892,4	48,6%
9122	RIVANAZZANO - GODIASCO (Salice Terme, Montealfeo)	70.370,8	36.979,9	52,6%
9123	ROBBIO	41.237,7	977,0	2,4%
9127	ROGNANO	3.312,8	0,0	0,0%
9130	ROSASCO	9.928,3	1.278,9	12,9%
9135	SAN GENESIO ED UNITI - ZECCONE	21.117,2	5.287,4	25,0%
9136	SAN GIORGIO DI LOMELLINA	7.937,1	832,7	10,5%
9138	SANNAZZARO DE' BURGONDI	34.536,4	7.129,8	20,6%
9139	SANTA CRISTINA E BISSONE	14.104,7	1.246,8	8,8%
9144	SANT'ANGELO LOMELLINA	7.368,1	108,0	1,5%
9146	SARTIRANA LOMELLINA	9.984,3	4.026,4	40,3%
9147	SCALDASOLE	6.596,4	217,0	3,3%
9149	SILVANO PIETRA	3.110,5	750,4	24,1%
9150	SIZIANO	25.755,9	5.891,8	22,9%
9151	SOMMO	15.925,9	516,8	3,2%
9154	SUARDI - GAMBARANA	13.820,8	652,0	4,7%
9157	TORRE D'ARESE	5.512,3	267,3	4,8%
9159	TORRE D'ISOLA	22.363,7	1.724,5	7,7%
9160	TORREVECCHIA PIA	20.486,3	2.160,7	10,5%
9164	TROMELLO	16.175,1	1.680,5	10,4%
9168	VALLE LOMELLINA	14.927,7	2.752,7	18,4%
9176	VIDIGULFO	24.809,5	735,7	3,0%
9177	VIGEVANO - CASSOLNOVO	272.409,8	48.046,1	17,6%
9179	VILLANOVA D'ARDENGHI	4.850,2	81,3	1,7%
9180	VILLANTERIO	18.306,8	136,6	0,7%
9181	VISTARINO	5.438,7	1.571,1	28,9%
9182	VOGHERA	177.047,2	27.241,2	15,4%
9186	ZEME	10.359,9	1.431,1	13,8%
9189	ZERBOLO'	2.606,3	217,7	8,4%
9190	ZINASCO	18.819,7	3.101,7	16,5%
9232	ACQUEDOTTO OLTREPO PAVESE (41 comuni)	878.125,2	110.666,2	12,6%
9233	CASSOLNOVO Fraz. Villanova	2.377,2	592,3	24,9%
9234	MEZZANA BIGLI Fraz. Casoni Barroni	912,2	27,0	3,0%
9235	MEZZANA BIGLI Fraz. Balossa Bigli	4.387,1	342,9	7,8%

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

ID ACQUEDOTTO	COMUNI SERVITI	LUNGHEZZA TOTALE RETI	TRATTI CON PERDITA DI CARICO UNITARIA > 3 m/km	PERCENTUALE RETE DA SOSTITUIRE
		m	m	
9236	PIEVE DEL CAIRO Fraz. Gallia	441,3	7,5	1,7%
9237	VISTARINO Fraz. Buttirago	1.454,4	18,2	1,3%
9238	GODIASCO Fraz. Costiola	470,0	354,3	75,4%
9239	GODIASCO Fraz. Gomo	833,1	366,9	44,0%
9240	GODIASCO Alta Collina	5.045,9	1.601,7	31,7%
9241	PALESTRO Fraz. Pizzarosto	993,5	13,4	1,3%
9242	GIUSSAGO Fraz. Guinzano	5.043,4	169,2	3,4%
9243	GIUSSAGO Fraz. Novedo, Moriago e Liconasco	4.387,1	207,3	4,7%
9244	GIUSSAGO Fraz. Turago Bordone	1.186,5	30,0	2,5%
9245	GIUSSAGO Fraz. Carpignano e Villanova de' Beretti	1.848,9	72,1	3,9%
9246	ZERBOLO' Fraz. Parasacco	2.364,3	572,1	24,2%
9247	GAMBOLO' Fraz. Garbana	8.900,3	72,7	0,8%
9248	VARZI	36.952,7	21.572,5	58,4%
9249	PANCARANA	8.746,4	155,0	1,8%
Totale		3.653.394,8	642.176,7	17,6%

Ad integrazione di quanto esposto, per il dettaglio delle simulazioni attraverso il software EPANET, si rimanda all'ALLEGATO A02 - OUTPUT SIMULAZIONI IDRAULICHE DELLE RETI DI ACQUEDOTTO CON EPANET.

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

3. VERIFICA IDRAULICA DELLE RETI DI ACQUEDOTTO A SERVIZIO DELL'AREA COLLINARE DELL'OLTREPO PAVESE

3.1 CRITERI METODOLOGICI

Per gli schemi idrici a servizio dell'area collinare dell'Oltrepo Pavese alimentati prevalentemente da sorgenti, per i quali non è stato possibile realizzare lo schema in EPANET, è stato verificato il funzionamento idraulico del sistema di adduzione adottando formule semplificate (Darcy, Bresse).

In generale, le opere di adduzione si distinguono in:

- a) condotte a gravità;
- b) condotte prementi.

Le prime sono di semplice collegamento tra la singola fonte (o un gruppo di fonti) ed i serbatoi di accumulo. Le seconde sono costituite generalmente dalle tubazioni che uscendo dagli impianti di sollevamento giungono ai serbatoi delegati alla distribuzione o ai vari serbatoi intermedi.

La verifica delle condotte di adduzione è incentrata:

- sull'analisi del loro funzionamento per il valore massimo di portata erogabile dalle fonti di approvvigionamento esistenti, per quelle a gravità;
- sulla ricerca del diametro ottimale necessario a sollevare la portata transitante, per quelle prementi.

Per verificare le condotte di adduzione con funzionamento a gravità è stata adottata la formula di Darcy. Per ogni tratto di condotta l'equazione di moto applicata è del tipo:

$$j = bQ^2 D^{-\mu} \quad [\text{m/m}]$$

nella quale j è la cadente piezometrica, ovvero la perdita di carico unitaria per ogni metro di tubo; Q è la massima portata erogabile ottenuta moltiplicando per il coefficiente 1,5 il fabbisogno idrico degli utenti finali, avendo ipotizzato di mantenere invariata la capacità di compenso dei serbatoi esistenti; D è il diametro del tubo in metri; b e μ sono coefficienti empirico - sperimentali che dipendono dalla scabrezza del materiale e per i quali sono stati adottati rispettivamente i valori $b = 0,00330$ e $\mu = 5,08$, validi per tubi usati.

Avendo assunto un diametro teorico non inferiore a 63 mm ed essendo note la portata

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

massima Q transitante e la lunghezza L della tubazione, applicando la suddetta formula, sono state calcolate le perdite di carico $\Delta h = jL$ distribuite lungo il tracciato della tubazione. Tali perdite sono state considerate ammissibili solo se inferiori al dislivello esistente tra il nodo di monte e quello di valle a cui è stato sottratto un carico idraulico pari a 5 m comprensivo delle perdite di carico localizzate e stabilito come valore minimo per garantire il corretto funzionamento a valle.

Per la verifica delle condotte di adduzione con sollevamento è stata adottata la formula di Bresse, la cui espressione è:

$$D = K\sqrt{q} \quad [m]$$

nella quale D è il diametro espresso in m, q è la portata transitante espressa in mc/s e K è un coefficiente dipendente dal rapporto tra i costi dell'energia e delle condotte e che nelle verifiche è stato assunto pari a 1,5. L'applicazione di tale formula consente di determinare il diametro teorico ottimale, assunto per ipotesi non inferiore a 60 mm, necessario a garantire il sollevamento della portata stabilita.

3.2 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Nella seguente tabella è riportato l'elenco dei 9 schemi di acquedotto esistenti a servizio dei comuni dell'ATO della Provincia di Pavia e sottoposti a verifica idraulica applicando la metodologia descritta nei paragrafi precedenti unitamente ai seguenti dati ricavati dalle simulazioni: lunghezza totale della rete esaminata, lunghezza delle condotte da sostituire in quanto dimensionalmente insufficienti, rapporto % tra la lunghezza delle sostituzioni rispetto alla lunghezza totale.

Tabella 9 - Risultati delle simulazioni idrauliche: lunghezza della rete da sostituire

ID ACQUEDOTTO	COMUNI SERVITI	LUNGHEZZA TOTALE RETE DI ACQUEDOTTO	TRATTI DI CONDOTTE DA SOSTITUIRE	PERCENTUALE RETE DA SOSTITUIRE
		m	m	
9021	Brallo di Pregola	18.485,5	13.756,0	74%
9042	Cecima	12.738,8	9.526,4	75%
9064	Fortunago	15.805,8	7.971,7	50%
9089	Menconico	9.479,5	950,1	10%
9117	Ponte Nizza	38.205,6	25.521,3	67%
9128	Romagnese	32.094,3	20.402,5	64%

	Autorità dell'Ambito Territoriale Ottimale della provincia di Pavia PIANO D'AMBITO "PILOTA"
	<i>Simulazione idraulica delle reti di acquedotto</i>

ID ACQUEDOTTO	COMUNI SERVITI	LUNGHEZZA TOTALE RETE DI ACQUEDOTTO	TRATTI DI CONDOTTE DA SOSTITUIRE	PERCENTUALE RETE DA SOSTITUIRE
		m	m	
9142	Santa Margherita di Staffora	15.592,3	11.141,5	71%
9166	Val di Nizza	29.684,1	14.798,7	50%
9184	Zavattarello	26.152,6	9.094,2	35%

Dalle verifiche idrauliche effettuate è emersa la necessità di prevedere la sostituzione di circa 113 km di rete, corrispondenti a circa il 3% dello sviluppo complessivo delle reti idriche esistenti nel territorio dell'ATO.