

## **1 PREMESSE**

Gli interventi da eseguire e considerati nella presente perizia si rendono necessari per mantenere nel territorio del bacino Cà degli Oppi, il necessario stato di efficienza del servizio irriguo. Ciò è indispensabile in quanto, nel territorio interessato, si è in presenza di un'agricoltura tradizionalmente qualificata ma, per l'elevata permeabilità dei suoli, totalmente condizionata dall'irrigazione.

Tale situazione impone di continuo la necessità di far fronte a problemi derivanti da:

- un progressiva riduzione delle disponibilità idriche;
- una più carente efficienza e sicurezza degli impianti e delle reti;
- un aggravamento dei costi di irrigazione;

A fronte di tali problematiche e tenuto conto del carattere prioritario delle stesse, nella perizia in oggetto si è previsto di provvedere alla riconversione del sistema irriguo nel bacino di Cà degli Oppi da sommersione/scorrimento a pluvirrigazione

## **2 CARATTERISTICHE TERRITORIALI**

Il bacino attuale di Ca' degli Oppi è ubicato nella pianura alluvionale dell'Adige nella Provincia di Verona.

Il bacino in questione, di circa 700 ha, è quasi completamente contenuto nel Comune di Oppeano (VR) ma si estende in piccole porzioni nei Comuni di Isola Rizza e Bovolone. L'area di interesse si trova in particolare a sud della linea delle risorgive, lungo la quale affiorano le acque di falda. Poco a nord infatti si trovano le conosciute risorgive della zona di Vallese.

Il bacino in questione comprende il nucleo abitativo di Ca' degli Oppi, ma la maggior parte del territorio dell'area è caratterizzata da un utilizzo agronomico. Le principali coltivazioni supportate sono quelle del mais, del tabacco, delle cipolline e del kiwi.

Sotto il profilo pedologico, il territorio, di origine alluvionale, presenta substrati di tipo sabbioso, che non evidenziano una grande fertilità intrinseca, ma risultano adatti ad ospitare una notevole varietà colture ed a sopportare rotazioni agrarie veloci. La scarsa capacità di ritenuta idrica e la profondità della falda freatica rappresentano però altrettante penalizzazioni all'esercizio agricolo nell'area: non potendo intervenire con l'irrigazione, infatti, le colture sono soggette a situazioni di stress idrico in grado di compromettere in modo irreversibile la produzione.

### **3 CARATTERISTICHE AGRONOMICHE**

La maggior parte della superficie risulta investita a seminativi, nell'ambito del quale prevale la coltivazione del tabacco, che per le caratteristiche di scioltezza del substrato, trova condizioni particolarmente favorevoli allo sviluppo. Non è da trascurare, inoltre, la presenza dei fruttiferi, che sono coltivati su estensioni inferiori rispetto ai seminativi, ma rivestono una considerevole rilevanza economica.

### **4 DESCRIZIONE DELLE OPERE PREVISTE A PROGETTO**

#### **4.1 La rete irrigua**

##### **4.1.1 Diametri, materiali e topologia della rete**

La rete irrigua in pressione di progetto sarà estesa complessivamente 42 km e sarà costituita da tubazioni in ghisa sferoidale serie C40 per quanto riguarda i diametri superiori a DN 250, e polietilene ad alta densità PN16 per le tubazioni di diametro minore o uguale a DN 250 (eccezion fatta per le tubazioni aventi DN pari a 110, che avranno PN pari a 10).

Le condotte di mandata e distribuzione della rete saranno in ghisa sferoidale con diametri decrescenti, a partire dalla condotta di mandata, 600 mm, 500 mm, 400 mm e 300 mm, dalle quali si dirameranno le tubazioni di diametro minore in PEad, in relazione all'estensione delle zone da raggiungere.

Le tubazioni in PEad saranno di quattro classi di diametro: DN 250, DN 200 e DN 160; solo i rami terminali che si distaccheranno dalla rete per servire di norma le utenze avranno solitamente DN 110.

I diametri sono stati scelti con il criterio di mantenere velocità non troppo elevate al fine di ridurre le perdite di carico; in tal modo è possibile contenere i costi energetici di sollevamento e la variazione di pressione alle utenze al variare delle portate transitanti in rete. La rete dimensionata per funzionare in regime normale con velocità non molto elevate è inoltre in grado di assorbire situazioni di emergenza o future distribuzioni dei prelievi diverse da quelle previste in sede progettuale.

La scelta dei materiali è stata compiuta con criteri analoghi a quelli adottati nei più recenti impianti realizzati dal Consorzio di Bonifica Veronese.

Per i diametri maggiori si utilizza la ghisa sferoidale, che possiede un'elevata resistenza alle pressioni interne ed alle sollecitazioni meccaniche, una buona resistenza alla corrosione ed un imbattibile rapporto prestazioni/prezzo per diametri superiori al DN250. La resistenza alla corrosività dei terreni è affidata alla zincatura (zinco applicato per metallizzazione secondo le norme UNI-ISO 8179/86 in ragione di 400 g/m<sup>2</sup> e verniciatura epossidica), mentre il rivestimento interno in malta cementizia d'altoforno assicura una buona resistenza all'abrasione, rendendo ammissibili elevate velocità e conferisce inoltre una buona resistenza all'aggressione chimica. Essendo le tubazioni assemblate mediante giunti a bicchiere privi di dispositivi anti sfilamento, in corrispondenza di curve, cambi di diametro, diramazioni, tappi di fondo, ecc. è obbligatorio l'uso di blocchi di ancoraggio in calcestruzzo. I volumi necessari alla realizzazione dei blocchi sono stati calcolati tenendo conto dell'attrito sul terreno e della spinta passiva dello stesso, per caratteristiche del terreno usualmente riscontrabili (angolo di attrito del terreno  $\phi = 40^\circ$  e coesione nulla).

Per quanto riguarda le condotte in PEad, la scelta prudenziale di una pressione nominale più alta (PN16) della pressione di esercizio si spiega anzitutto con la necessità di tutelarsi contro i colpi di ariete in fase di riempimento delle condotte o l'improvvisa interruzione dell'energia elettrica ed inoltre, nella malaugurata ipotesi che il rinterro non venga eseguito sempre con la necessaria cautela nei riguardi di sassi, carichi ed urti accidentali. Riguardo al PEad, il polimero delle tubazioni da impiegare nella rete irrigua costituisce un'evoluzione del PE100, essendo in grado di resistere molto più a lungo al punzonamento ed alle azioni taglienti. Per questo motivo le tubazioni di progetto saranno posate senza letto di sabbia ma direttamente a contatto con il terreno, di qualsiasi natura esso sia. Tali tubazioni sono usualmente impiegate nelle applicazioni *trenchless* quali perforazioni direzionali, spingitubo e *relining* (*pipe bursting* e *pipe splitting*). Il capitolato speciale d'appalto prevede il prelievo di campioni di tubi per ogni lotto giunto in cantiere prima dell'accettazione e della posa in opera, e la verifica delle più significative caratteristiche fisico-meccaniche presso un laboratorio indipendente accreditato, al fine di scoraggiare tentativi di frode purtroppo frequenti nel mercato italiano.

La struttura della rete è mista, ossia è composta da parti di tipo aperto (reti ramificate, in cui risultano unici i percorsi possibili tra nodi qualsiasi) e parti di tipo chiuso (i vari tronchi della rete sono fra di loro connessi mediante circuiti chiusi, così che fra ogni punto di alimentazione e ogni punto di erogazione esistono più percorsi possibili); la rete di progetto, grazie ad un adeguato dimensionamento delle tubazioni ed alla presenza di varie maglie che consentono di deviare il flusso su un ramo, in caso di fuoriservizio del ramo parallelo, può permettere diverse configurazioni di utilizzo che consentiranno l'uso delle condotte anche in caso di mutamento degli schemi di consumo attualmente ipotizzati e il cui funzionamento è stato simulato nel dettaglio tramite modellazione numerica.

<b>Schema riassuntivo</b>		
<b>Superficie complessiva</b>	<b>963</b>	<b>ha</b>
<b>Superficie agricola</b>	<b>677</b>	<b>ha</b>
<b>Estensione della rete irrigua</b>	<b>42</b>	<b>km</b>
<b>Quota altimetrica minima</b>	<b>21</b>	<b>m s.l.m.</b>
<b>Quota altimetrica massima</b>	<b>29</b>	<b>m s.l.m.</b>
<b>Dotazione irrigua di progetto</b>	<b>0,55</b>	<b>l/(s*ha)</b>
<b>Prevalenza di progetto</b>	<b>7,00</b>	<b>atm</b>

#### 4.1.2 Tracciati ed attraversamenti delle tubazioni

La scelta dei tracciati è stata operata privilegiando percorsi in accostamento a strade, per consentire una agevole percorribilità ai fini del controllo e della manutenzione delle tubazioni e delle opere d'arte lungo queste ultime ubicate e percorsi razionali in ordine ai confini delle proprietà servite, con il fine di arrecare il minor danno possibile alle stesse. Per la definizione del tracciato sono stati considerati inoltre la distribuzione delle utenze da servire e i vincoli morfologici ed antropici presenti sul territorio (sottoservizi di particolare importanza, attraversamenti di strade, fossi, canali ed altre infrastrutture a rete, linee ferroviarie, colture in atto con strutture fisse quali vigneto e actinidia, ecc.).

Il primo atto in fase progettuale è stato quello di acquisire tutte le informazioni di base, alcune delle quali provenivano dalla ricerca e acquisizione di dati già disponibili al momento, altre da indagini conoscitive ad hoc.

Le informazioni di base raccolte hanno riguardato le seguenti categorie:

- carte topografiche: grazie all'utilizzo di carte tecniche regionali e di foto aeree è stata possibile la conoscenza plano-altimetrica dei luoghi, la scelta del percorso e della pendenza delle condotte, l'individuazione dei bacini versanti, la scelta dell'ubicazione dei manufatti, ecc.
- mappe catastali, la cui consultazione è stata necessaria sia per la scelta del tracciato delle tubazioni di progetto sia per la redazione del piano particellare di servitù;
- carte e informazioni geologiche per la conoscenza della natura e del grado di stabilità dei siti attraversati;
- caratteristiche della rete di irrigazione a scorrimento esistente;
- tracciato e condizioni di posa delle altre reti tecnologiche presenti nel sottosuolo: reti di acquedotto, fognatura, gas, teleriscaldamento, illuminazione pubblica, telefono, elettricità, ecc., informazioni indispensabili per definire la fattibilità dei percorsi e garantire la coesistenza delle reti preesistenti con le nuove opere;

- piani di sviluppo urbanistico dei comuni interessati dal progetto al fine di verificare la compatibilità tra tracciato di progetto proposto e interventi previsti nei piani a vari livelli (provinciale e comunale).

#### 4.1.3 Le opere accessorie lungo la rete di distribuzione

Lungo la rete di distribuzione le condotte sono previste una serie di manufatti di linea: sfiati, scarichi, intercettazioni, ed idranti per l'erogazione alle utenze.

- **Apparecchiature di intercettazione (valvole a saracinesca).**  
Le valvole a saracinesca consentiranno l'isolamento dei vari tratti, in caso di rottura o per esigenze gestionali, ed il successivo svuotamento e riempimento con messa in carico graduale.
- **Sfiati a doppia funzione.**  
Le apparecchiature di sfiato saranno ubicate in corrispondenza dei vertici altimetrici superiori della condotta e svolgeranno una duplice funzione: consentiranno l'ingresso di aria in condotta in caso di svuotamento della stessa per manutenzione mentre permetteranno lo spurgo dell'aria presente.
- **Idranti per l'erogazione alle utenze.**  
Gli idranti saranno alloggiati in apposito pozzetto di protezione e saranno di norma inseriti nelle condotte distributrici, mentre quelli eccezionalmente inseriti su condotte primarie o di adduzione dovranno essere muniti di saracinesca di intercettazione a monte.
- **Apparecchiature di scarico.**  
Le apparecchiature di scarico saranno ubicate in corrispondenza di alcuni vertici altimetrici inferiori delle condotte principali di mandata, per consentire lo svuotamento in caso di manutenzione o per rimuovere sedimenti.
- **Valvole di riduzione della pressione a molla ad azione diretta, che consentiranno la riduzione e la stabilizzazione della pressione di valle in modo proporzionale, indipendentemente dalle variazioni di portata e di pressione di monte.**
- **I pozzetti per l'alloggiamento e la protezione delle precedenti apparecchiature saranno costituiti da elementi di cemento armato prefabbricati; di norma essi dovranno essere posti in opera in posizione tale da non intralciare le operazioni meccaniche o manuali inerenti alla lavorazione dei**

campi, le loro dimensioni dovranno essere adeguate all'apparecchiatura contenuta e la loro consistenza dovrà essere adeguata per resistere opportunamente agli urti di macchine agricole.

## **4.2 La nuova centrale di sollevamento e le opere accessorie**

### **4.2.1 La centrale**

Il progetto prevede di alloggiare le pompe all'interno della centrale di sollevamento esistente in loc. Finiletto.

L'alimentazione della centrale, diversamente dallo stato attuale che deriva acqua dal fiume Bussè, verrà servita dalla nuova condotta adduttrice, che deriva acqua a gravità dal canale Bongiovanna Est, che a sua volta è alimentata dal fiume Adige mediante la presa in loc. Sorio di San Giovanni Lupatoto.

Attualmente la centrale, non è più in funzione dopo la recente messa in servizio della condotta adduttrice. All'interno della centrale allo stato attuale vi sono installate tre pompe del tipo sommergibile che pescano da una vasca alimentata dal fiume Bussè.

In progetto sono previste pompe del tipo split-case di cui una per l'esercizio ed una di riserva.

Gli spazi dell'attuale stazione di sollevamento, sono sufficienti per l'installazione delle suddette pompe, salvo un modesto adeguamento della distribuzione degli spazi interni con demolizione di alcune tramezze e di un solaio non più necessari.

La quota di derivazione dalla Bongiovanna Est è dominante su quasi tutta la zona irrigua da servire, l'impianto funzionerà sottobattente e con prevalenza manometrica limitata a sole 7,0 atm, il che consentirà di contenere gli oneri di sollevamento.

Le pompe verranno alimentate mediante una tubazione in pressione collegata al canale alimentato dalla condotta adduttrice.

La tubazione in pressione verrà ubicata all'interno dell'attuale vasca che poi verrà riempita con materiale arido e verranno rifatti i massetti ed il pavimento.

La centrale funzionerà nel periodo irriguo da aprile a settembre e non darà luogo ad inquinamento acustico né luminoso.

La centrale di sollevamento è ubicata in posizione interna ancorché non baricentrica rispetto alla superficie agricola interessata dall'intervento complessivo: per tale motivo si potrà evitare la presenza di lunghe condotte di mandata di grande diametro, che al contrario si diramano presto in condotte distributrici ed equilibratrici in PEad.

### **4.2.2 Il dissabbiatore**

Il dissabbiatore verrà ricavato nell'attuale canale Maestro. La sua lunghezza permette di ottenere velocità compatibili per permettere il deposito delle particelle solide fino a 150 micron. Questo permetterà di favorire le aziende che utilizzeranno sistemi di micro irrigazione e limiteranno l'abrasione delle pompe. Una tubazione in acciaio collegherà il canale con il dissabbiatore

L'acqua proveniente dalla condotta adduttrice verrà immessa nel canale Maestro dove una volta raggiunto il setto, l'acqua depurata della maggior parte dei sedimenti solidi grossolani sfiorerà con luce passante di 40 cm all'interno di un secondo vano, lungo solamente 2,50 m, al cui interno sarà installato un filtro a rete, a tamburo rotante, con la funzione di eliminare i sedimenti solidi galleggianti aventi pezzatura maggiore di 2 mm (tipicamente alghe, semi, materie plastiche, legnetti, ecc.). L'acqua ulteriormente filtrata giungerà quindi alle pompe di sollevamento irriguo mediante una tubazione di 80 cm, mentre i sedimenti saranno allontanati e reimmessi nel Canale mediante un opportuno sistema di lavaggio della rete filtrante.

### **4.3 La condotta Bongiovanna Pelleghe.**

A completamento della ristrutturazione del sistema irriguo del bacino di Cà degli Oppi, al fine di assicurare la continuità del servizio irriguo nel bacino Pezzagrande, oggi alimentato dalle colaticci delle canalette della rete di Cà degli Oppi, e che quindi non rientrano nell'ambito del progetto di riconversione, è previsto l'adeguamento di un tratto del collettore irriguo Bongiovanna Pelleghe.

Di seguito si riportano la simulazione numerica della rete in pressione e la verifica idraulica della tubazioni Bongiovanna- Pelleghe.

La portata futura di progetto è stimata in circa 150 l/s.

Le caratteristiche idrauliche del nuovo tratto di condotta sono le seguenti:

- quota acqua attuale in via Olmo	26.50 m.s.m.
- quota regolato al manufatto " Le Corti"	26.20 m.s.m.
Carico disponibile	0.30 mt
Lunghezza della condotta:	310 mt

Verifica della capacità di portata della condotta diam. 80 cm:

$$A = 0,502 \text{ mq}$$

$$C = 2,51$$

$$R_i = 0,2$$

$$i = 0,096$$

$$K_s = 70$$

$$V = K_s \times R_i^{2/3} \times i^{1/2} = 0,742 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,373 \text{ mc/s}$$

## 5 COSTRUZIONE MODELLO IDRAULICO

Nelle complesse reti a maglie, quali quella di distribuzione agli utenti irrigui in esame, le simulazioni idrauliche costituiscono il principale strumento di progettazione in quanto non è possibile stabilire a priori la distribuzione delle portate sui rami costituenti una singola maglia della rete, poiché queste possono essere variabili in funzione delle condizioni idrauliche complessive.

Il progetto di un impianto di irrigazione in pressione è un classico esempio di dimensionamento idraulico, in cui è noto il tracciato e la struttura topologica, ed è inoltre prefissata l'erogazione che si vuole garantire (erogazione di progetto).

Lo scopo è quello di calcolare i diametri dei tronchi al fine di garantire che le pressioni nei nodi assumano valori conformi ai requisiti richiesti; nella pratica irrigua è conveniente garantire una pressione minima di 4 atm a tutti i nodi dell'impianto. Dal punto di vista matematico, il problema del dimensionamento è idraulicamente indeterminato in quanto il numero di incognite è maggiore del numero di equazioni a disposizione per risolvere il problema.

Incognite:

- Relative ai tronchi:  $q_i$ ;  $D_i$  ( $i=1,L$ ) – il numero delle incognite è  $2L$
- Relative ai nodi:  $H_j$  – il numero delle incognite è  $N-1$

Equazioni:

- Di continuità ai nodi:  $\sum q_i + Q_j = 0$ , in numero pari a  $N-1$
- Del moto per i tronchi:  $\Delta H = H_{N1} - H_{N2} = s r |q|^a$   $\Delta H = H_{N1} - H_{N2} = s r |q|^a$ , in numero pari a  $L$

Analizzando il bilancio tra numero di equazioni e numero di incognite, si deduce che:

Numero incognite=  $2L + N - 1$ :

Numero equazioni=  $L + N - 1$ .



Come si vede, il problema è idraulicamente indeterminato, e per risolvere e dimensionare correttamente la rete di progetto il Consorzio utilizza da alcuni anni il codice di calcolo denominato InfoWorks WS del Wallingford Institute (GB), una delle principali *software house* a livello mondiale che si occupa di modellazione idraulica.

L'ufficio tecnico consortile utilizza codici di calcolo automatico per la simulazione delle reti idrauliche fin dai tempi dei programmi scritti in FORTRAN quali il famoso KYPIPE risalente ai primi anni '90. Il motore di calcolo di questo programma, del tutto privo di veste grafica e pertanto di complicato utilizzo, è stato successivamente implementato in EPANET, sviluppato dal corpo ingegneri dell'esercito statunitense - U.S.A.C.E. -, a sua volta reso ancora più user friendly da software houses che ne hanno commercializzato proprie versioni con i nomi di Boss, Watercad ed altri.

I software attuali offrono assoluta garanzia di accuratezza del calcolo dal punto di vista idraulico ed ampie possibilità di visualizzare lo stato delle simulazioni effettuate, con risultati a video di pronta intuizione per l'utente esperto, tali da permettere l'ottimizzazione manuale della rete idraulica in poco tempo.

Il Consorzio, che dal 2001 utilizzava Watercad, è passato in seguito ad Infoworks WS in quanto trattasi di programma stand alone e non dipendente dall'ambiente Autocad come Watercad.

In questi anni il Consorzio ha progettato e realizzato conversioni irrigue su circa 4.000 ettari (impianti in pressione di Sandrà, Campara - Lazise, Costermano, Affi, Bardolino, Garda, Sommacampagna, Verona, Valpolicella) posando tubi per più di 300 km. Decine di verifiche manometriche in campo effettuate ogni anno hanno sempre confermato con buona approssimazione i risultati predetti dal calcolo.

### **5.1 Presentazione del software InfoWorks WS della Wallingford Software Ltd**

Si tratta di un sistema per la gestione di modelli di risorse idriche che fornisce un database per la conservazione dei dati della rete idrica e dei controlli e comprende le procedure necessarie per l'importazione, la creazione e la modifica di tali dati.

Una volta che il modello è creato, viene svolta la simulazione del comportamento della rete, dopo aver posto una serie di condizioni. Sono inoltre presenti diversi strumenti per la presentazione dei risultati e la loro analisi.

In particolare, InfoWorks WS presenta le seguenti funzioni di calcolo:

- rappresentazione di un ciclo giornaliero o multi-giornaliero della distribuzione delle pressioni, delle portate e dei volumi accumulati negli invasi di rete. Il fenomeno è analizzato in regime gradualmente variato;

- rappresentazione delle singole utenze con i rispettivi consumi per categoria (domestica, commerciale, industriale, ecc);
- possibilità di rappresentare la domanda come dipendente (totalmente o solo in parte) dalla pressione in rete. Funzione indispensabile se si vogliono rappresentare correttamente le perdite in rete o eseguire delle verifiche antincendio;
- rappresentazione di impianti anche molto articolati, con valvole riduttrici o sostenitrici di pressione, sollevamenti a pompe multiple regolate da inverter e altri organi complessi;
- calcolo numerico stabile e con tempi di simulazione rapidissimi;
- capacità di calcolo anche per sistemi molto estesi.

## 5.2 Cenni sul dimensionamento della rete irrigua

Nella pratica degli impianti idraulici capita sovente di incontrare delle condotte in pressione di lunghezza rilevante rispetto al diametro (dell'ordine di qualche migliaio di diametri): è il caso delle adduttrici degli acquedotti per il trasporto dell'acqua dalla fonte di approvvigionamento al centro di utilizzazione, oppure degli oleodotti per il convogliamento dei prodotti petroliferi dal luogo di produzione a quello di consumo. Anche l'impianto irriguo del presente progetto - essendo esteso complessivamente per 42 km - ricade senz'altro in questa categoria: infatti è evidente che anche in questo caso le condotte in pressione hanno una lunghezza rilevante rispetto al diametro (dell'ordine di qualche migliaio di diametri). In queste che vengono usualmente denominate lunghe condotte, le perdite localizzate (all'imbocco, allo sbocco, per cambiamento di diametro o di direzione, ecc.) risultano, di regola, di entità trascurabile rispetto a quelle continue dovute alla resistenza delle pareti, cosicché nei calcoli idraulici si sarebbe potuto tenere conto esclusivamente di queste ultime.

Tuttavia, accade non infrequentemente che le perdite di carico localizzate abbiano in realtà valore complessivo non del tutto trascurabile, a causa delle numerose diramazioni e dei frequenti apparecchi inseriti sulle condotte (saracinesche, valvole di riduzione della pressione, ecc.): nel presente modello idraulico costruito per la simulazione dell'impianto in pressione, si è preferito pertanto tenere in considerazione, oltre alle perdite di carico continue, anche quelle localizzate, in modo da riprodurre delle condizioni che si avvicinassero il più possibile a quelle reali.

Una stima delle perdite di carico che non tenga conto soltanto di quelle continue, malgrado il concetto di "lunghe condotte" è poi giustificato da un altro aspetto: le lunghe condotte hanno, di consueto, una vita della durata di alcune decine di anni, nel corso dei quali le relative caratteristiche idrauliche- principalmente la scabrezza- subiscono continue modifiche, alle quali corrisponde in generale un aumento delle perdite di carico. Per poter comunque garantire il servizio che le condotte devono compiere, esse devono perciò

essere calcolate e dimensionate per la condizione cosiddetta di tubi invecchiati, per la quale si verificano le più elevate perdite di carico.

Pertanto, a tutte le tubazioni schematizzate dal programma è stato attribuito un coefficiente globale di perdite localizzate (*“Minor loss coefficient”*) proporzionale alla lunghezza delle stesse, per tener conto della presenza di curve, diramazioni, restringimenti e saracinesche. I raccordi, come precisato nel Capitolato Speciale d’Appalto, possono essere curve a 11,15°, 22,30°, 45°, T, T flangiati, riduzioni, tazze, imbocchi, ecc. Non sono ammesse per i tubi in ghisa curve a 90°.

Generalmente le perdite di carico localizzate si esprimono con formule del tipo:

$$\Delta H = k \frac{v^2}{2g}$$

nella quale

- $k$  è il coefficiente dipendente dalla tipologia della singolarità;
- $v$  è la velocità della corrente.

$k$  assume valori differenti a seconda del rapporto tra raggio di curvatura  $R$  e diametro  $D$  della condotta. Nel presente progetto si sono assunti i seguenti valori, tipici di curve con rapporto  $R/D = 1,5$  valore standard per le tubazioni commerciali di PEad, PVC, ghisa ed acciaio.

Curva a 45°:  $k = 0,20$

Curva a 22,5°:  $k = 0,10$

Curva a 11,15°:  $k = 0,05$

I diametri utilizzati sono:

GHISA SFEROIDALE: DN600, DN500, DN400, DN300

PEad: DN 250, DN200, DN160, DN110 (aventi tutti pressione nominale PN pari a 16, eccezion fatta per le tubazioni DN 110 che avranno PN pari a 10)

Per le considerazioni sulla scelta dei materiali e dei diametri, si rimanda al paragrafo “La rete irrigua di progetto – diametri, materiali e topologia della rete”.

Il calcolo idraulico prevede la stima del coefficiente di scabrezza C da utilizzare nella formula di resistenza idraulica di Hazen-Williams (formula prescelta nella creazione del modello):

$$\Delta H = J * L = \frac{10,675 Q^{1,852}}{C^{1,852} D^{4,8704}} * L$$

dove:

- J rappresenta la perdita di carico per unità di lunghezza;
- Q (m<sup>3</sup>/s) è la portata che defluisce all'interno condotta;
- C è il coefficiente di scabrezza proprio della formula di Hazen-Williams;
- D (m) è il diametro della condotta;
- L (m) è la lunghezza della condotta.

Per il dimensionamento della rete irrigua sono stati scelti i valori prudenziali:

- C= 140 per le tubazioni in PEad;
- C= 110 per le tubazioni in ghisa sferoidale.

Le simulazioni sono state ovviamente eseguite sulla rete completa, in considerazione anche dell'eventuale futuro progetto di ampliamento.

Come riportato in modo esaustivo nella monografia WS06 a cura della HR Wallingford “LEGAME TRA LA PRESSIONE DI RETE, I CONSUMI DELLE UTENZE E LA PORTATA DI PERDITA: SIMULAZIONI IN MODALITÀ PRD.”, in una rete di distribuzione idropotabile le portate erogate alle utenze allacciate alla rete sono in parte legate alla pressione di esercizio della stessa: al crescere della pressione in rete alcuni tipi di consumo aumentano e viceversa. Per l'elaborazione di scenari il più possibile realistici, si è fatto uso nel modello della funzione di cui dispone InfoWorks WS, denominata *Pressure Related Demand* (PRD), che consente di tenere in considerazione gli effetti della pressione sulla portata richiesta dalle utenze.

Le simulazioni compiute in modalità PRD si basano sul concetto che la portata in uscita da un nodo della rete (consumo) tende ad annullarsi al tendere a zero della pressione nello stesso punto e incrementa al crescere della pressione: questo tipo di simulazioni costituiscono pertanto un approccio più rappresentativo del reale andamento delle portate in rete rispetto alle simulazioni di tipo classico.

Varie scuole di pensiero propongono diverse formulazioni del legame pressione-domanda, comunque la relazione che in genere si considera prevede che:

- le perdite abbiano un andamento più che proporzionale al crescere delle pressioni (cioè se le pressioni raddoppiano le perdite aumentano di più del doppio). Questo deriva sia dal fatto che la portata in uscita da un orifizio è intrinsecamente legata ad una equazione non lineare (leggi della foronomia), sia dal fatto che alte pressioni di esercizio tendono a creare rotture frequenti e non sempre tempestivamente riparate;
- per la quota parte di consumi delle utenze che dipendono dalla pressione si può proporre una curva che arriva a saturazione dopo una certa soglia (4-5 bar), oltre la quale si determina una stabilizzazione dei consumi. Tale tendenza deriva dal fatto che l'utente agisce sull'erogazione dell'acqua per evitare sprechi e/o disagi (spruzzi ecc.).

In seguito alla riduzione delle pressioni si manifesta una diminuzione sia delle perdite che dei consumi, con il caso limite per cui avvicinandosi all'annullamento della pressione in rete tutti i tipi di consumi e le stesse perdite tendono ad un totale azzeramento.

### 5.3 Considerazioni sulle simulazioni effettuate

Con l'obiettivo di verificare l'efficienza e la versatilità della rete nei confronti delle più svariate e sempre possibili condizioni di attingimento, si sono eseguite varie simulazioni, che si diversificavano l'una con l'altra sia per il controllo dei profili di domanda degli utenti sia per il punto di funzionamento dell'elettropompa (all'aumentare delle resistenze per parziale chiusura di una valvola di regolazione o per aumento di scabrezza della tubazione il punto di funzionamento evidentemente si spostava sulla caratteristica Q-H e la portata erogata diminuiva).

Attraverso l'analisi delle varie simulazioni, si è riusciti a localizzare via via quelle porzioni dell'impianto in cui non erano rispettati i vincoli sulle grandezze idrauliche fondamentali quali pressione garantita nei vari nodi, velocità della corrente all'interno delle condotte e perdite di carico per unità di lunghezza. Le simulazioni hanno portato, mediante successivi affinamenti, al miglioramento della configurazione del sistema rete irrigua + centrale di sollevamento, finché non si è arrivati alla struttura delle rete di progetto, in cui le variabili idrauliche rispettano costantemente certi vincoli:

- a) pressione garantita al j-esimo nodo,  $p_j > 4$  atm;
- b) velocità di scorrimento della corrente compresa in questo range:  $0,5 < v < 2,5$  m/s. Infatti, al di sotto di 0,5 m/s si possono verificare problemi di deposito e di sedimentazione, mentre il valore massimo ammissibile è funzione del materiale di cui è costituita la condotta, ed è mediamente pari a 2,5 m/s (tuttavia per quanto riguarda le tubazioni in ghisa, la malta cementizia applicata assicura un buon comportamento rendendo ammissibili anche elevate velocità - fino a 7 m/s -, velocità che può addirittura essere superata nel caso delle condotte in Pead);
- c) perdite di carico per unità di lunghezza dell'ordine di qualche metro per chilometro.

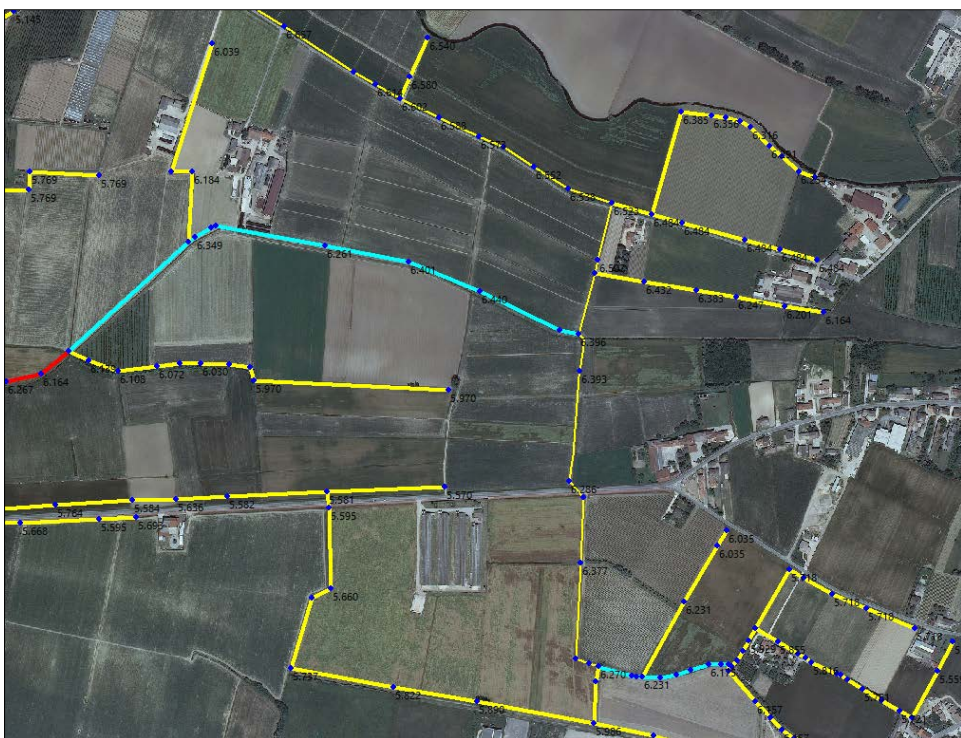
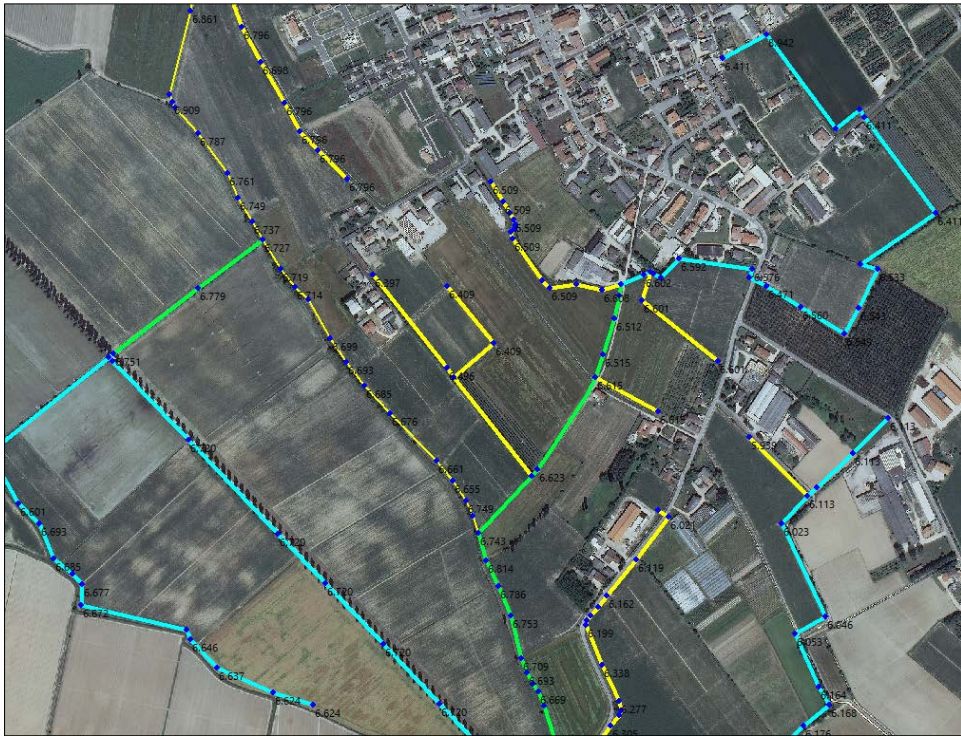
Per quanto riguarda il punto a), l'esame dei risultati consente di verificare che con i diametri delle tubazioni adottati è possibile consegnare le portate di progetto a tutti gli utenti mantenendo una pressione residua media il cui valore oscilla tra 5 e 6,5 atm.

Uno dei principali vantaggi derivanti dall'uso di un modello di simulazione dettagliata del comportamento idraulico di una rete è consistito nel poter verificare le prestazioni degli interventi progettati in presenza di realizzazioni anche parziali, come in questa circostanza. In questo modo si sono analizzate le prestazioni della rete per successivi stadi parziali di realizzazione.

## 5.4 Presentazione di alcuni risultati

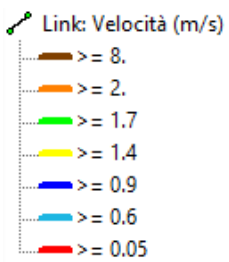
Al termine delle varie simulazioni, si sono visualizzati i risultati sotto forma di tabelle, grafici, mappe, sezioni longitudinali e animazioni, di cui si riportano alcuni esempi in questo paragrafo.

-Pressione



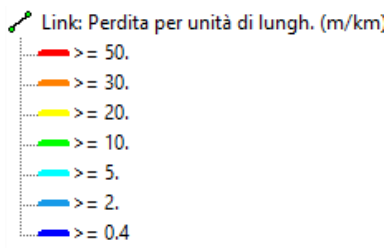
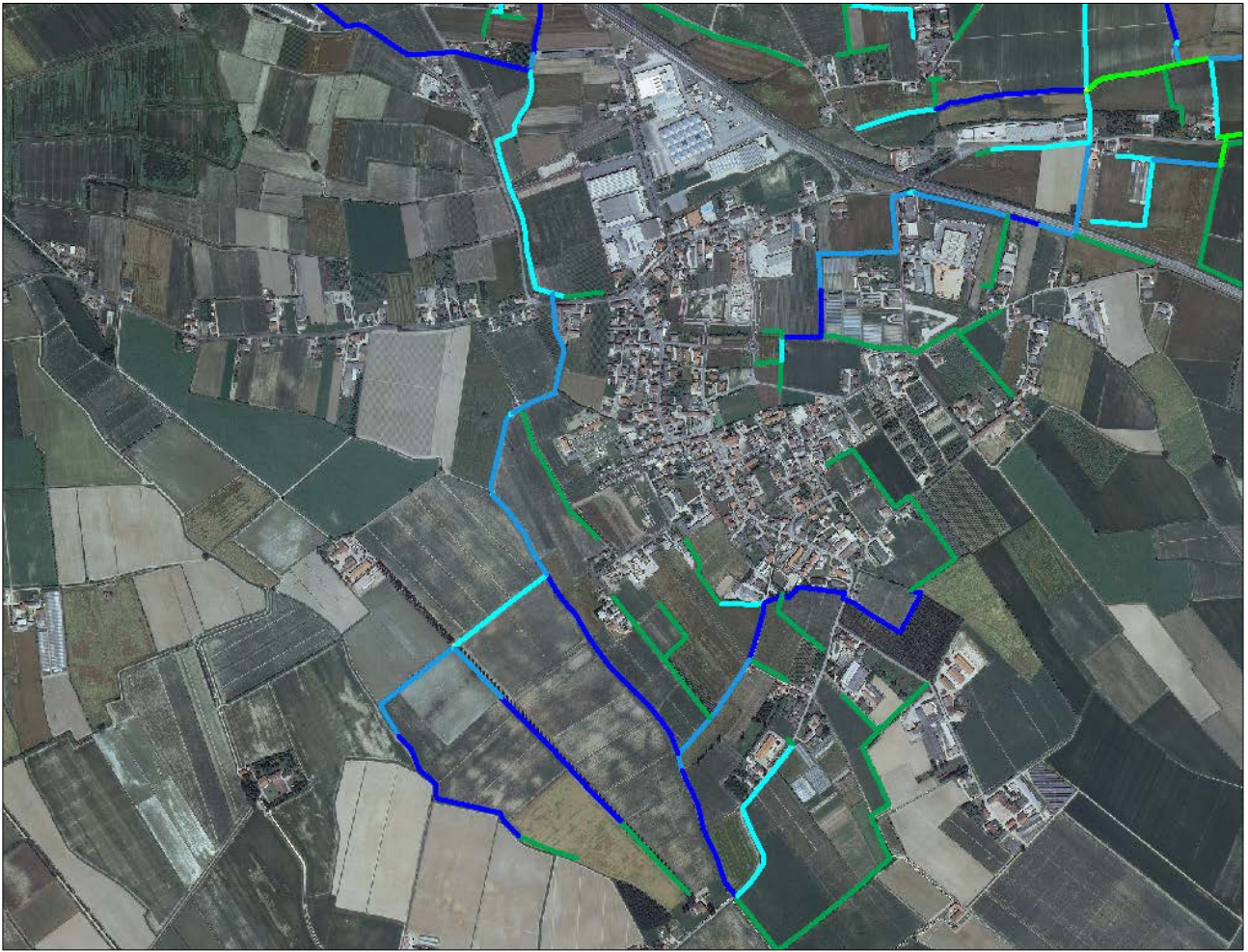
-Velocità di scorrimento

Un'altra grandezza fisica il cui comportamento è spesso molto importante monitorare è la velocità di scorrimento. Nell'immagine qui sotto è stato riportato un esempio di questo tematismo, in cui sono indicate le velocità di scorrimento dell'acqua attraverso le condotte.





-Perdite di carico



## 6 Sommario

1	PREMESSE .....	1
2	CARATTERISTICHE TERRITORIALI .....	1
3	CARATTERISTICHE AGRONOMICHE .....	2
4	DESCRIZIONE DELLE OPERE PREVISTE A PROGETTO .....	2
4.1	La rete irrigua .....	2
4.1.1	Diametri, materiali e topologia della rete .....	2
4.1.2	Tracciati ed attraversamenti delle tubazioni.....	4
4.1.3	Le opere accessorie lungo la rete di distribuzione .....	5
4.2	La nuova centrale di sollevamento e le opere accessorie .....	6
4.2.1	La centrale .....	6
4.2.2	Il dissabbiatore .....	6
4.3	La condotta Bongiovanna Pelleghe. ....	7
5	COSTRUZIONE MODELLO IDRAULICO.....	8
5.1	Presentazione del software InfoWorks WS della Wallingford Software Ltd.....	9
5.2	Cenni sul dimensionamento della rete irrigua .....	10
5.3	Considerazioni sulle simulazioni effettuate.....	14
5.4	Presentazione di alcuni risultati .....	15
6	Sommario .....	18