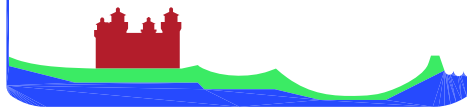


Consorzio di Bonifica
PIANURA di FERRARA



CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

Sede legale e recapito postale:

44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28 - C.F. 93076450381

web: www.bonificaferrara.it - e-mail: info@bonificaferrara.it - pec: posta.certificata@pec.bonificaferrara.it

aderente all'  Associazione Nazionale Bonifiche, Irrigazioni e Miglioramenti Fondiari

SISTEMA IRRIGUO VALLE PEGA

PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO

Provincia di Ferrara

Comuni di Comacchio e Ostellato

**Recupero, adeguamento e miglioramento
funzionale del sistema irriguo di Valle Pega**

RELAZIONI TECNICHE E SPECIALISTICHE

Elaborato:

DISTRIBUZIONE IRRIGUA

RELAZIONE TECNICA CONDOTTE INTERRATE

Codifica:

3.1

**Progetto generale e
integrazione delle prestazioni
specialistiche:**

Dott. Ing. Marco Volpin



Progetto rete di distribuzione:

 **COGEST**
engineering

Dott. Ing. Emiliano Corsi

**Progetto opere
elettromeccaniche:**

 **ELTEC S.r.l.**
Società di ingegneria

Per. Ind. Deris Ortali

Progetto impianti elettrici:

A A ENGINEERING
DI ANGELINI ANDREA

Per. Ind. Andrea Angelini

Data:

28.06.2021

**Il Responsabile
del Procedimento**

Geom. Marco Ardizzoni

Indagini geologiche:



Dott. Geol. Antonio Mucchi

Coordinamento sicurezza:



Dott. Ing. Livia Burini

Collaboratori:

Dott. Ing. Laura Montanari

Per. Ind. Lorenzo Fantini

Rev.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data
A	Emissione	E.CORSI	P.FLAMIGNI	E.CORSI	Aprile 2021
B					
C					

INDICE

1. PREMESSE	4
2. SCHEMA IMPIANTISTICO FUNZIONALE	7
3. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE CONDOTTE PREMENTI	10
3.1 Linea di distribuzione comizio irriguo n.1	11
3.2 Linea di distribuzione comizio irriguo n.2	12
3.3 Linea di distribuzione comizio irriguo n.3	13
3.4 Linea di distribuzione comizio irriguo n.4	13
3.5 Linea di distribuzione comizio irriguo n.5	14
3.6 Linea di distribuzione comizio irriguo n.6	15
3.7 Linea di distribuzione comizio irriguo n.7	16
3.8 Linea di distribuzione comizio irriguo n.8	17
3.9 Linea di distribuzione comizio irriguo n.9	17
3.10 Linea di distribuzione comizio irriguo n.10	18
4. CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO	20
4.1 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.1	20
4.2 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.2	21
4.3 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.3	21
4.4 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.4	22
4.5 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.5	22
4.6 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.6	23
4.7 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.7	23
4.8 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.8	24
4.9 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.9	24
4.10 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.10	25
5. SCHEMATIZZAZIONI ASSUNTE PER IL DIMENSIONAMENTO	
IDRAULICO	26
5.1 Modello di calcolo	26
5.2 Determinazione della scabrezza nelle condotte	27
5.3 Valutazione delle perdite di carico concentrate delle stazioni di sollevamento	27
5.4 Valutazione delle perdite di carico concentrate sulle condotte di linea	28

6. VERIFICHE DI MOTO PERMANENTE E DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO	32
6.1 Comizio irriguo n.1	33
6.2 Comizio irriguo n.2	44
6.3 Comizio irriguo n.3	55
6.4 Comizio irriguo n.4	62
6.5 Comizio irriguo n.5	69
6.6 Comizio irriguo n.6	76
6.7 Comizio irriguo n.7	83
6.8 Comizio irriguo n.8	90
6.9 Comizio irriguo n.9	97
6.10 Comizio irriguo n.10	104
6.11 Dimensionamento delle apparecchiature di sfiato	116
7. VERIFICHE DI MOTO VARIO	119
7.1 Comizio irriguo n.1	123
7.2 Comizio irriguo n.2	128
7.3 Comizio irriguo n.3	130
7.4 Comizio irriguo n.4	132
7.5 Comizio irriguo n.5	134
7.6 Comizio irriguo n.6	136
7.7 Comizio irriguo n.7	140
7.8 Comizio irriguo n.8	142
7.9 Comizio irriguo n.9	144
7.10 Comizio irriguo n.10	146
8. DIMENSIONAMENTO STATICO DELLE TUBAZIONI INTERRATE	149
8.1 Determinazione dei carichi dovuti al rinterro	150
8.2 Azione dei sovraccarichi verticali	151
8.3 Azione dell'acqua	152
8.4 Verifica alla deformazione	152
8.5 Verifiche in condizioni sismiche	153
8.6 Verifiche in presenza del fenomeno della liquefazione (sismica) del terreno	155
9. ANALISI DELLA STABILITA' DEGLI SCAVI	158

9.1	Premessa	158
9.2	Scavi in sabbia	159
9.3	Scavi in limo-argilla	168
9.4	Sintesi dei risultati delle modellazioni	177
ALLEGATI		178

1. PREMESSE

La presente relazione tecnica è relativa al dimensionamento delle opere a rete: condotte distributrici e relativi impianti di sollevamento, da realizzarsi nell'ambito dei lavori di *Recupero, adeguamento e miglioramento funzionale del sistema irriguo di Valle Pega*.

Il comprensorio Valle Pega si presenta delimitato da arginature perimetrali, che separano il bacino dalle residue Valli sul lato a sud ed est, dal Canale Navigabile Migliarino-Porto Garibaldi sul lato nord e dal Mezzano ad ovest, nei comuni di Comacchio e Ostellato (FE).

La Valle Pega è stata bonificata dalle acque salmastre negli anni 50 mediante interventi seguiti dall'Ufficio del Genio Civile di Ferrara prima e dall'Ente Delta Padano poi.

Il bacino di Valle Pega, di circa 2700 ha, presenta una struttura idraulica modulare, propria delle bonifiche moderne: in posizione centrale mediana, coincidente con le quote più depresse dei terreni, si sviluppa il collettore principale di scolo, nel quale confluiscono, secondo un tipico disegno a pettine, i canali secondari.

Il sistema irriguo al servizio di Valle Pega è indirettamente alimentato da una presa posta sull'argine sinistro del canale Navigabile che immette le acque nell'irrigatore Ponti, quest'ultimo è collegato mediante una presa dotata di 3 paratoie di regimazione e da una botte sifone che sottopassa la strada provinciale Ferrara-Comacchio da cui traggono origine sia l'Adduttore Pega Est, di lunghezza complessiva 6600 m, che l'Adduttore Pega Ovest avente sviluppo di 4730 m.

Dieci stazioni di pompaggio (5 per ciascun adduttore) prelevano acqua dagli adduttori e la convogliano nella rete irrigua di distribuzione: ciascuna di esse serve così una propria area di competenza (*Comizio irriguo*), compresa tra l'adduttore e i secondari posti rispettivamente a monte ed a valle della stazione stessa.

La dotazione irrigua è pari a circa 0,6 l/s/ha per cui, sulla base della superficie servita da ogni singola cabina, sono state installate all'interno delle stesse 1, 3 o 4 elettropompe della portata di circa 60 l/s ciascuna con prevalenza di circa 50 metri ciascuna.

Gli impianti di sollevamento immettono acqua nella rete di distribuzione la cui condotta principale si sviluppa alla base dell'argine di contenimento dell'Adduttore irriguo che alimenta la stazione di pompaggio. Perpendicolarmente alla condotta si diramano le linee che si inoltrano nei poderi, inizialmente posizionate in corrispondenza delle capezzagne.

La condotta principale di distribuzione in uscita dall'impianto, del diametro di 250/300 mm realizzata in cemento-amianto, si raccorda alla rete di distribuzione realizzata con condotte dello stesso materiale e di diametri decrescenti: da un diametro 250 /300 mm, si passa a 200, 160, 125 fino ad arrivare a 100 mm.

Lungo queste linee, ad un interasse di circa 75 m, sono stati inoltre posizionati dei punti di attacco con testate di idranti da cui le ditte agricole possono ancora oggi prelevare acqua

Nel corso delle ultime stagioni irrigue si è assistito al progressivo e rapido peggioramento delle condizioni generali di conservazione delle opere, con particolare riferimento allo stato:

- *delle canalette di adduzione est ed ovest,*
- *delle linee interrato di distribuzione,*
- *dei punti di captazione da parte degli utenti,*
- *degli impianti di pompaggio,*
- *del sistema pluvirriguo nel suo complesso.*

Queste variate condizioni, associate alle carenze del sistema più volte richiamate, rendono l'impianto pluvirriguo di Valle Pega obsoleto e soprattutto altamente vulnerabile, con frequenti disservizi e guasti non più accettabili.

Considerando infine che la presenza del sistema pluvirriguo costituisce elemento qualificante per il terreno agricolo e che la tecnologia a pressione risulta "virtuosa" in rapporto alle necessità di risparmio ed ottimizzazione della risorsa acqua, risulta ancora più evidente la necessità di un intervento complessivo per il ripristino della funzionalità del sistema ed il suo adeguamento alle mutate necessità.

Il presente progetto si prefigge quindi i seguenti obiettivi:

- *riduzione delle perdite d'acqua in rete;*
- *riduzione delle perdite nei canali di adduzione;*
- *razionalizzazione della rete di distribuzione in termini di distribuzione planimetrica dei punti di presa;*
- *adeguamento prestazionale in termini di pressioni disponibili al punto di presa, riducendo necessità di rilancio e turnazioni e ottimizzando i consumi energetici.*

Gli interventi previsti non andranno a variare le massime portate irrigue in ingresso dal canale Navigabile (sistema Po di Volano) rispetto a quanto ad oggi concesso e autorizzato, scegliendo già nella precedente fase di Fattibilità Tecnico ed Economica di proseguire la progettazione utilizzando lo schema di pompaggio esistente, ma adeguandone i singoli impianti di pompaggio alle attuali esigenze delle pratiche irrigue.

Per le prestazioni in termini di portata e prevalenza da garantire per ogni punto di presa sono stati assunti valori compatibili con i moderni sistemi di irrigazione utilizzati nell'area (rotoloni semoventi e sistemi a goccia), 25 l/s ad una pressione di circa 7 atm.

Gli interventi previsti dal presente progetto possono dunque ricondursi alle seguenti macro opere:

- *ripristino delle canalette di adduzione;*
- ***adeguamento degli impianti di sollevamento;***
- *rimozione delle attuali condotte in pressione in cemento – amianto;*
- ***sostituzione con nuove condotte nell'ottica di una razionalizzazione della rete (riposizionamento e riduzione dei punti di presa disponibili).***

Sotto queste premesse, più nel dettaglio la presente relazione tratta il dimensionamento delle nuove opere di linea previste per la distribuzione verso i Comizi irrigui, di seguito esposte:

- i dieci nuovi impianti di sollevamento dell'acqua prelevata dai canali Adduttori, a servizio delle reti irrigue di distribuzione;
- le dieci nuove reti irrigue di distribuzione essenzialmente rappresentati da condotte interrato, per uno sviluppo complessivo di oltre 54 chilometri, realizzate con tubazioni in ghisa Polietilene ad Alta Densità PE100 RC PN16 SDR11 dei diametri De315, De280, De200 e De 160 mm;
- varie opere d'arte singolari a servizio delle nuove condotte distributrici, quali camerette di manovra e pozzetti di linea per lo scarico e lo sfiato delle tubazioni, nonché le opere di attraversamento dei corsi d'acqua intercettati e di superamento delle interferenze con le reti stradali e tecnologiche presenti nel territorio attraversato mediante utilizzo delle usuali tecnologie operative ed inoltre con impiego della tecnica dello spingitubo (queste ultime oggetto di specifica relazione tecnica).

2. SCHEMA IMPIANTISTICO FUNZIONALE

La reti idriche di distribuzione sono dimensionate per realizzare una configurazione idonea a consentire l'erogazione delle risorse sulla logica di mantenere almeno la portata massima erogata dagli attuali impianti di sollevamento oggetto di revamping.

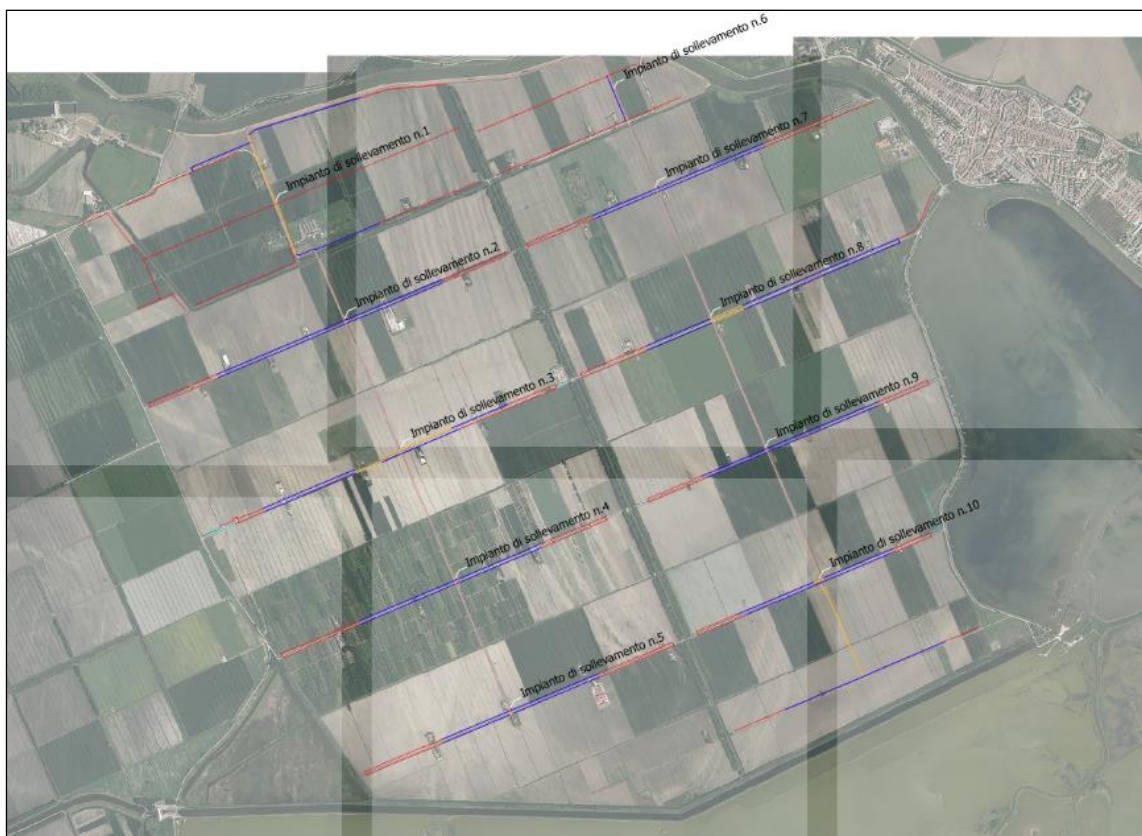


Figura 1.1 - Estensione della rete irrigua Valle Pega.

Ciascuna delle linee di progetto avrà lo schema tipico di una rete magliata ad anello alimentata autonomamente da una stazione di sollevamento dedicata, che servirà N erogazioni derivate direttamente dalla condotta distributrice, atta a mantenere il deflusso delle portate richieste dalle utenze servite, con prevalenza idonea a coprire le pressioni imposte all'utenza.

Per i soli Comizi irrigui n.1, n.6 e n.10, ferme restando tutte le altre considerazioni idrauliche, lo schema impiantistico previsto è quello tipico di una rete ad antenna, alimentata dalla stazione di sollevamento posizionata in posizione baricentrica alla rete.

In definitiva si tratta di analizzare dieci distinti schemi idraulici, ciascuno composto da elementi di nodo, cui fanno carico le funzioni spillatura di utenza, collegati da vettori, realizzati con tubazioni in PEAD di vario diametro, che assicurano il transito delle portate richieste.

Le portate massime di progetto sono state fissate ipotizzando di dover fornire una portata in uscita da ciascun Gruppo di Consegna pari a 25 l/s, con pressione minima garantita di 7 bar.

Con queste ipotesi iniziali si sono dimensionati i sollevamenti e le relative reti distributrici sulla logica di mantenere almeno la portata massima erogata dagli attuali impianti di sollevamento distribuita su N prelievi contemporanei ai punti di presa dislocati nelle posizioni che causano maggiori perdite di carico lungo le linee.

Tali prelievi si prevede che abbiano una distanza minima tra loro di 450 metri, congruentemente con le dislocazioni dei poderi in Valle Pega.

In particolare per ciascun Comizio Irriguo si individuano i seguenti elementi principali:

- stazione di sollevamento presso l'esistente Cabina, composta da elettropompe centrifughe ad aspirazione assiale ad asse orizzontale in numero variabile da 1 a 4, con aspirazione diretta dal Canale Adduttore;
- gruppi di consegna di utenza derivati dalle linee distributrici con funzione di nodo terminale per la consegna della portata di progetto, composti da collare di presa dalla condotta distributtrice, del tipo automatizzato monoblocco in ghisa sferoidale a passaggio totale o DN 150 PN16 ad angolo verniciato in resina poliestere a polvere spessore minimo 250 micron, con flangia d'ingresso DN150 forata secondo norma UNI EN 1092-1 PN16 e bocca di uscita filettata femmina 5" BSP per giunto sferico tipo Bauer DN150 o flangiata DN150 forata secondo norma UNI EN 1092-1 PN16, composto da:
 - contatore a mulinello tangenziale e gruppo di misura in tecnopolimero PN16, trasmissione magnetica;
 - idrovalvola modulare doppia camera per aperture a basse pressioni (0,2 bar) a membrana con otturatore metallico con anello di tenuta in poliuretano sostituibile, albero totalmente guidato;
 - limitatore di portata ad anello modulante con rinforzo metallico interno comprensivo di cuffia anti manomissione, per portate da 5 a 25 litri;
 - aggancio a flangia rapida posizionato nella parte inferiore del monoblocco per sfato ove necessario con passaggio minimo 25mm e connessione per valvola di scarico antigelo;
 - scatola a guscio in acciaio inox (12 decimi) con apertura totale da due lati, superiore e frontale;
- rete irrigua di distribuzione composta da condotte interrate, realizzate con tubazioni in ghisa Polietilene ad Alta Densità PE100 RC PN16 SDR11 dei diametri De315, De280 e De200;
- manufatti di nodo costituiti da pozzetti prefabbricati in calcestruzzo armato vibrocompresso di dimensioni variabili per l'alloggiamento delle apparecchiature di intercettazione di linea, di sfato e di scarico delle condotte.

Nella tabella seguente viene riportato il confronto tra lo stato attuale e la configurazione prevista in progetto per le nuove stazioni di sollevamento.

Comizio irriguo	Stato Attuale				Configurazione di Progetto			
	n. pompe	Portata [l/s]	Prevalenza [m c.a.]	Potenza installata [kW]	n. pompe	Portata [l/s]	Prevalenza [m c.a.]	Potenza installata [kW]
1	3	150	50	135	3	150÷200	90	270
2	3	210	50	135	3	225÷250	90	330
3	3	180	50	135	3	200	90	270
4	3	180	50	135	3	200	90	270
5	4	210	50	180	4	250	90	360
6	1	50	50	45	1	75÷100	90	110
7	3	150	50	135	3	200	90	270
8	3	150	50	135	3	200	90	270
9	3	150	50	135	3	200	90	270
10	4	200	50	180	4	200÷250	90	360

3. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE CONDOTTE PREMENTI

Fondamentale importanza sulla configurazione impiantistica proposta rivestono la scelta effettuata per i materiali costituenti le condotte e la definizione planimetrica dei tracciati, per le cui motivazioni si rimanda alla relazione generale di progetto esecutivo; nel presente capitolo ci si sofferma sulle implicazioni idrauliche di tali scelte.

Nell'individuazione dei percorsi si è avuta particolare cura di minimizzare lo sviluppo dei tracciati e ridurre per quanto possibile le deviazioni angolari ai vertici, nel rispetto dei vincoli rappresentati dagli insediamenti sul territorio, dalle previsioni di piano, dai vincoli di natura archeologica e ambientale e dalle indicazioni scaturite dagli incontri con gli Enti territoriali competenti e dalle osservazioni presentate dai Privati interessati.

Con lo schema proposto si è quindi cercato di armonizzare l'efficienza idraulica delle condotte con i vincoli imposti dalla situazione attuale e dalle possibili previsioni di sviluppo dei Comizi irrigui.

Se si escludono le interferenze di attraversamento di infrastrutture viarie e corpi idrici superficiali, il tracciato si sviluppa integralmente su terreno agricolo.

La configurazione altimetrica delle condotte è stata individuata grazie all'elaborazione del rilievo topografico di dettaglio sviluppato per sezioni trasversali al tracciato individuato, cercando di assecondare per quanto possibile la morfologia dei terreni attraversati, al fine di minimizzare la profondità degli scavi e ottimizzare l'interesse dei vari manufatti di linea.

In tutti i punti alti di tracciato è prevista la posa in opera di valvole automatiche di sfiato del tipo cinetico, alloggiate all'interno di appositi pozzetti interrati, idonee sia all'espulsione delle bolle d'aria che si andranno a creare all'interno delle tubazioni in fase di esercizio, che al rientro dell'aria in occasione degli svuotamenti della condotta; gli sfiati sono dimensionati per una depressione massima ammissibile all'interno delle tubazioni, nella condizione più gravosa di svuotamento, pari a $0,3 \text{ kg/cm}^2$.

In corrispondenza dei punti più depressi del tracciato altimetrico, sarà installato uno scarico, preferibilmente dotato di idoneo recapito al corpo idrico recettore appositamente individuato; sarà composto da pozzetto interrato entro cui trovano alloggio una valvola di modulazione ed una valvola di intercettazione a tenuta, ed inoltre da manufatto dissipatore in prossimità del recettore.

Gli scarichi sono stati dimensionati in modo che, compatibilmente con la tipologia di manovra adottata e con le effettive possibilità di smaltimento del corpo idrico recettore, i tempi di svuotamento delle singole tratte siano non superiori a due ore.

Lungo lo sviluppo delle linee oltre che a monte e a valle di ogni attraversamento stradale è

inoltre prevista la realizzazione di camerette di intercettazione interrata, realizzanti il sezionamento idraulico per tratte della condotta.

All'interno di tali camerette, oltre alle valvole di intercettazione, potranno essere alloggiati a seconda dei casi le valvole di sfiato e/o scarico in relazione al profilo altimetrico della condotta; le camerette di intercettazione potranno essere utilizzate anche per l'esecuzione dei sezionamenti di linea in occasione delle prove di collaudo idraulico.

La configurazione altimetrica delle condotte distributrici è stata individuata nel rispetto dei vincoli di seguito esposti:

- pendenza minima delle livellette 4‰;
- ricoprimento minimo dal piano campagna 1,20 metri eventualmente ridotto in corrispondenza del fondo di fossi e scoline con bauletto di protezione in misto stabilizzato cementato;
- posizionamento degli scarichi in prossimità di corpi idrici idonei, per quanto possibile, al recapito.

3.1 Linea di distribuzione comizio irriguo n.1

La rete presenta tipologia ad antenna con le due condotte principali che si diramano in direzione nord e sud dalla stazione di sollevamento posta in posizione baricentrica.

La rete è complessivamente composta da circa 9800 metri di condotte in PEAD tipo PE100 RC PN16 SDR11, dal diametro De315 delle linee principali, al diametro De280 delle distributrici, sino al De200 delle periferiche.

La rete presenta i seguenti attraversamenti di infrastrutture per i quali è prevista la realizzazione mediante la tecnica dello spingitubo con infissione orizzontale di una condotta di protezione in acciaio di diametro variabile in funzione della linee:

- Adduttore Pega Ovest Ramo "Bosco": controtubo DN400 su linea De280;
- Adduttore Pega Ovest e Strada Provinciale 73 Arsa Pega Ramo "B": controtubo DN400 su linea De280;
- Adduttore Pega Ovest e Strada Provinciale 73 Arsa Pega Ramo "C": controtubo DN350 su linea De200;
- Canale Folegatti Ramo "F": controtubo DN400 su linea De280;
- Strada Provinciale n.73 Arsa Pega Ramo "Bosco": controtubo DN400 su linea De280.

La rete servirà complessivamente n.83 Gruppi di Consegna, distribuiti lungo le linee conseguentemente alla disposizione delle aziende agricole del Comizio, realizzati mediante derivazione De140 mm dalle condotte di linea a mezzo di collare di presa ed aventi valvola a saracinesca di chiusura e gruppo idrometro misuratore DN125.

Lungo lo sviluppo della condotta sono previsti n.24 sfiati dotati di valvole automatiche di tipo cinetico DN50 PN16 e n.7 organi di scarico costituiti da valvola di modulazione e valvola di tenuta entrambe DN100 PN16.

Infine si prevede la realizzazione di n.9 camerette interrato di intercettazione di linea dotate di valvola a saracinesca PN16 con diametro DN200 o DN300 in funzione delle linee intercettate.

3.2 Linea di distribuzione comizio irriguo n.2

La rete presenta tipologia ad anello magliato formato da due linee distributrici parallele che si sviluppano in direzione est-ovest, rispettivamente a nord e a sud della Strada comunale Trieste, collegate da tre rami trasversali dei quali il principale De315 è centrale, in corrispondenza della stazione di sollevamento posta in posizione baricentrica, e gli altri due De200 agli estremi est e ovest della rete.

La rete è complessivamente composta da circa 5500 metri di condotte in PEAD tipo PE100 RC PN16 SDR11, dal diametro De315 del collegamento centrale, al diametro De280 delle distributrici, sino al De200 delle periferiche.

La rete presenta i seguenti attraversamenti di infrastrutture per i quali è prevista la realizzazione mediante la tecnica dello spingitubo con infissione orizzontale di una condotta di protezione in acciaio di diametro variabile in funzione della linee:

- Adduttore Pega Ovest Ramo “Nord”: controtubo DN400 su linea De280;
- Adduttore Pega Ovest Ramo “Sud”: controtubo DN400 su linea De280;
- Strada Comunale Trieste n.1: controtubo DN350 su linea De200;
- Strada Comunale Trieste n.2: controtubo DN450 su linea De315;
- Strada Comunale Trieste n.3: controtubo DN350 su linea De200.

La rete servirà complessivamente n.57 Gruppi di Consegna, distribuiti lungo le linee conseguentemente alla disposizione delle aziende agricole del Comizio, realizzati mediante derivazione De140 mm dalle condotte di linea a mezzo di collare di presa ed aventi valvola a saracinesca di chiusura e gruppo idrometro misuratore DN125.

Lungo lo sviluppo della condotta sono previsti n.9 sfiati dotati di valvole automatiche di tipo cinetico DN50 PN16 e n.1 organo di scarico costituito da valvola di modulazione e valvola di tenuta entrambe DN100 PN16.

Infine si prevede la realizzazione di n.6 camerette interrato di intercettazione di linea dotate di valvola a saracinesca PN16 con diametro DN200 o DN300 in funzione delle linee intercettate.

3.3 Linea di distribuzione comizio irriguo n.3

La rete presenta tipologia ad anello magliato formato da due linee distributrici parallele che si sviluppano in direzione est-ovest, rispettivamente a nord e a sud della Strada comunale Fiume, collegate da quattro rami trasversali dei quali i due principali De315 sono posti in zona centrale prossimi stazione di sollevamento posta in posizione baricentrica, e gli altri due De200 agli estremi est e ovest della rete.

La rete è complessivamente composta da circa 5400 metri di condotte in PEAD tipo PE100 RC PN16 SDR11, dal diametro De315 delle linee principali e relativi collegamenti, al diametro De280 e De200 delle distributrici, sino al De160 dei rami ad antenna terminali.

La rete presenta i seguenti attraversamenti di infrastrutture per i quali è prevista la realizzazione mediante la tecnica dello spingitubo con infissione orizzontale di una condotta di protezione in acciaio di diametro variabile in funzione della linee:

- Adduttore Pega Ovest Ramo “Nord”: controtubo DN450 su linea De315;
- Adduttore Pega Ovest Ramo “Sud”: controtubo DN400 su linea De280;
- Strada Comunale Fiume n.1: controtubo DN350 su linea De200;
- Strada Comunale Fiume n.2: controtubo DN450 su linea De315;
- Strada Comunale Fiume n.3: controtubo DN450 su linea De315;
- Strada Comunale Fiume n.4: controtubo DN350 su linea De200.

La rete servirà complessivamente n.51 Gruppi di Consegna, distribuiti lungo le linee conseguentemente alla disposizione delle aziende agricole del Comizio, realizzati mediante derivazione De140 mm dalle condotte di linea a mezzo di collare di presa ed aventi valvola a saracinesca di chiusura e gruppo idrometro misuratore DN125.

Lungo lo sviluppo della condotta sono previsti n.9 sfiati dotati di valvole automatiche di tipo cinetico DN50 PN16 e n.3 organi di scarico costituiti da valvola di modulazione e valvola di tenuta entrambe DN100 PN16.

Infine si prevede la realizzazione di n.9 camerette interrate di intercettazione di linea dotate di valvola a saracinesca PN16 con diametro DN200 o DN300 in funzione delle linee intercettate.

3.4 Linea di distribuzione comizio irriguo n.4

La rete presenta tipologia ad anello magliato formato da due linee distributrici parallele che si sviluppano in direzione est-ovest, rispettivamente a nord e a sud della Strada comunale Portorose, collegate da tre rami trasversali dei quali il principale De315 è centrale, in corrispondenza della stazione di sollevamento posta in posizione baricentrica, e gli altri due

De200 agli estremi est e ovest della rete.

La rete è complessivamente composta da circa 5000 metri di condotte in PEAD tipo PE100 RC PN16 SDR11, dal diametro De315 del collegamento centrale, al diametro De280 delle distributrici, sino al De200 delle periferiche.

La rete presenta i seguenti attraversamenti di infrastrutture per i quali è prevista la realizzazione mediante la tecnica dello spingitubo con infissione orizzontale di una condotta di protezione in acciaio di diametro variabile in funzione della linee:

- Adduttore Pega Ovest Ramo “Nord”: controtubo DN400 su linea De280;
- Adduttore Pega Ovest Ramo “Sud”: controtubo DN400 su linea De280;
- Strada Comunale Portorose n.1: controtubo DN350 su linea De200;
- Strada Comunale Portorose n.2: controtubo DN450 su linea De315;
- Strada Comunale Portorose n.3: controtubo DN350 su linea De200.

La rete servirà complessivamente n.51 Gruppi di Consegna, distribuiti lungo le linee conseguentemente alla disposizione delle aziende agricole del Comizio, realizzati mediante derivazione De140 mm dalle condotte di linea a mezzo di collare di presa ed aventi valvola a saracinesca di chiusura e gruppo idrometro misuratore DN125.

Lungo lo sviluppo della condotta sono previsti n.9 sfiati dotati di valvole automatiche di tipo cinetico DN50 PN16 e n.1 organo di scarico costituito da valvola di modulazione e valvola di tenuta entrambe DN100 PN16.

Infine si prevede la realizzazione di n.6 camerette interrate di intercettazione di linea dotate di valvola a saracinesca PN16 con diametro DN200 o DN300 in funzione delle linee intercettate.

3.5 Linea di distribuzione comizio irriguo n.5

La rete presenta tipologia ad anello magliato formato da due linee distributrici parallele che si sviluppano in direzione est-ovest, rispettivamente a nord e a sud della Strada comunale Buie d'Istria, collegate da tre rami trasversali dei quali il principale De315 è centrale, in corrispondenza della stazione di sollevamento posta in posizione baricentrica, e gli altri due De200 agli estremi est e ovest della rete.

La rete è complessivamente composta da circa 4750 metri di condotte in PEAD tipo PE100 RC PN16 SDR11, dal diametro De315 del collegamento centrale, al diametro De280 delle distributrici, sino al De200 delle periferiche.

La rete presenta i seguenti attraversamenti di infrastrutture per i quali è prevista la realizzazione mediante la tecnica dello spingitubo con infissione orizzontale di una condotta

di protezione in acciaio di diametro variabile in funzione della linee:

- Strada Comunale Buie d'Istria n.1: controtubo DN350 su linea De200;
- Strada Comunale Buie d'Istria n.2: controtubo DN450 su linea De315;
- Strada Comunale Buie d'Istria n.3: controtubo DN350 su linea De200.

La rete servirà complessivamente n.34 Gruppi di Consegna, distribuiti lungo le linee conseguentemente alla disposizione delle aziende agricole del Comizio, realizzati mediante derivazione De140 mm dalle condotte di linea a mezzo di collare di presa ed aventi valvola a saracinesca di chiusura e gruppo idrometro misuratore DN125.

Lungo lo sviluppo della condotta sono previsti n.8 sfiati dotati di valvole automatiche di tipo cinetico DN50 PN16 e n.1 organo di scarico costituito da valvola di modulazione e valvola di tenuta entrambe DN100 PN16.

Infine si prevede la realizzazione di n.7 camerette interrate di intercettazione di linea dotate di valvola a saracinesca PN16 con diametro DN200 o DN300 in funzione delle linee intercettate; una di queste intercettazioni è predisposta per il futuro collegamento della rete alla linea sud non oggetto del presente intervento.

3.6 Linea di distribuzione comizio irriguo n.6

La rete presenta tipologia ad antenna con le due condotte principali che si diramano in direzione nord e sud dalla stazione di sollevamento posta in posizione baricentrica.

La rete è complessivamente composta da circa 3100 metri di condotte in PEAD tipo PE100 RC PN16 SDR11, dal diametro De280 delle linee principali, al diametro De200 delle distributrici.

La rete presenta i seguenti attraversamenti di infrastrutture per i quali è prevista la realizzazione mediante la tecnica dello spingitubo con infissione orizzontale di una condotta di protezione in acciaio di diametro variabile in funzione della linee:

- Adduttore Pega Est Ramo "Nord": controtubo DN350 su linea De200;
- Adduttore Pega Est Ramo "Sud": controtubo DN350 su linea De200;
- Strada Provinciale n.81 e Canale: controtubo DN350 su linea De200.

La rete servirà complessivamente n.29 Gruppi di Consegna, distribuiti lungo le linee conseguentemente alla disposizione delle aziende agricole del Comizio, realizzati mediante derivazione De140 mm dalle condotte di linea a mezzo di collare di presa ed aventi valvola a saracinesca di chiusura e gruppo idrometro misuratore DN125.

Lungo lo sviluppo della condotta sono previsti n.9 sfiati dotati di valvole automatiche di tipo cinetico DN50 PN16 e n.7 organi di scarico costituiti da valvola di modulazione e valvola di

tenuta entrambe DN100 PN16.

Infine si prevede la realizzazione di n.3 camerette interrate di intercettazione di linea dotate di valvola a saracinesca PN16 con diametro DN200 o DN300 in funzione delle linee intercettate.

3.7 Linea di distribuzione comizio irriguo n.7

La rete presenta tipologia ad anello magliato formato da due linee distributrici parallele che si sviluppano in direzione est-ovest, rispettivamente a nord e a sud della Strada comunale Capodistria, collegate da tre rami trasversali dei quali il principale De315 è centrale, in corrispondenza della stazione di sollevamento posta in posizione baricentrica, e gli altri due De200 agli estremi est e ovest della rete.

La rete è complessivamente composta da circa 5000 metri di condotte in PEAD tipo PE100 RC PN16 SDR11, dal diametro De315 del collegamento centrale, al diametro De280 delle distributrici, sino al De200 delle periferiche.

La rete presenta i seguenti attraversamenti di infrastrutture per i quali è prevista la realizzazione mediante la tecnica dello spingitubo con infissione orizzontale di una condotta di protezione in acciaio di diametro variabile in funzione della linee:

- Adduttore Pega Est Ramo “Nord”: controtubo DN400 su linea De280;
- Adduttore Pega Est Ramo “Sud”: controtubo DN400 su linea De280;
- Strada Comunale Capodistria n.1: controtubo DN350 su linea De200;
- Strada Comunale Capodistria n.2: controtubo DN450 su linea De315;
- Strada Comunale Capodistria n.3: controtubo DN350 su linea De200.

La rete servirà complessivamente n.44 Gruppi di Consegna, distribuiti lungo le linee conseguentemente alla disposizione delle aziende agricole del Comizio, realizzati mediante derivazione De140 mm dalle condotte di linea a mezzo di collare di presa ed aventi valvola a saracinesca di chiusura e gruppo idrometro misuratore DN125.

Lungo lo sviluppo della condotta sono previsti n.9 sfiati dotati di valvole automatiche di tipo cinetico DN50 PN16 e n.1 organo di scarico costituito da valvola di modulazione e valvola di tenuta entrambe DN100 PN16.

Infine si prevede la realizzazione di n.6 camerette interrate di intercettazione di linea dotate di valvola a saracinesca PN16 con diametro DN200 o DN300 in funzione delle linee intercettate.

3.8 Linea di distribuzione comizio irriguo n.8

La rete presenta tipologia ad anello magliato formato da due linee distributrici parallele che si sviluppano in direzione est-ovest, rispettivamente a nord e a sud della Strada comunale Istria, collegate da tre rami trasversali dei quali il principale De315 è centrale, in corrispondenza della stazione di sollevamento posta in posizione baricentrica, e gli altri due De200 agli estremi est e ovest della rete.

La rete è complessivamente composta da circa 5350 metri di condotte in PEAD tipo PE100 RC PN16 SDR11, dal diametro De315 delle linee principali e del relativo collegamento centrale, al diametro De280 delle distributrici, sino al De200 delle periferiche.

La rete presenta i seguenti attraversamenti di infrastrutture per i quali è prevista la realizzazione mediante la tecnica dello spingitubo con infissione orizzontale di una condotta di protezione in acciaio di diametro variabile in funzione della linee:

- Adduttore Pega Est Ramo “Nord”: controtubo DN450 su linea De315;
- Adduttore Pega Est Ramo “Sud”: controtubo DN450 su linea De315;
- Strada Comunale Istria n.1: controtubo DN350 su linea De200;
- Strada Comunale Istria n.2: controtubo DN450 su linea De315;
- Strada Comunale Istria n.3: controtubo DN400 su linea De280.

La rete servirà complessivamente n.54 Gruppi di Consegna, distribuiti lungo le linee conseguentemente alla disposizione delle aziende agricole del Comizio, realizzati mediante derivazione De140 mm dalle condotte di linea a mezzo di collare di presa ed aventi valvola a saracinesca di chiusura e gruppo idrometro misuratore DN125.

Lungo lo sviluppo della condotta sono previsti n.11 sfiati dotati di valvole automatiche di tipo cinetico DN50 PN16 e n.1 organo di scarico costituito da valvola di modulazione e valvola di tenuta entrambe DN100 PN16.

Infine si prevede la realizzazione di n.6 camerette interrate di intercettazione di linea dotate di valvola a saracinesca PN16 con diametro DN200 o DN300 in funzione delle linee intercettate.

3.9 Linea di distribuzione comizio irriguo n.9

La rete presenta tipologia ad anello magliato formato da due linee distributrici parallele che si sviluppano in direzione est-ovest, rispettivamente a nord e a sud della Strada comunale Dalmazia, collegate da tre rami trasversali dei quali il principale De315 è centrale, in corrispondenza della stazione di sollevamento posta in posizione baricentrica, e gli altri due De200 agli estremi est e ovest della rete.

La rete è complessivamente composta da circa 4300 metri di condotte in PEAD tipo PE100 RC PN16 SDR11, dal diametro De315 del collegamento centrale, al diametro De280 delle distributrici, sino al De200 delle periferiche.

La rete presenta i seguenti attraversamenti di infrastrutture per i quali è prevista la realizzazione mediante la tecnica dello spingitubo con infissione orizzontale di una condotta di protezione in acciaio di diametro variabile in funzione della linee:

- Adduttore Pega Est Ramo “Nord”: controtubo DN400 su linea De280;
- Adduttore Pega Est Ramo “Sud”: controtubo DN400 su linea De280;
- Strada Comunale Dalmazia n.1: controtubo DN350 su linea De200;
- Strada Comunale Dalmazia n.2: controtubo DN450 su linea De315;
- Strada Comunale Dalmazia n.3: controtubo DN350 su linea De200.

La rete servirà complessivamente n.54 Gruppi di Consegna, distribuiti lungo le linee conseguentemente alla disposizione delle aziende agricole del Comizio, realizzati mediante derivazione De140 mm dalle condotte di linea a mezzo di collare di presa ed aventi valvola a saracinesca di chiusura e gruppo idrometro misuratore DN125.

Lungo lo sviluppo della condotta sono previsti n.6 sfiati dotati di valvole automatiche di tipo cinetico DN50 PN16 e n.1 organo di scarico costituito da valvola di modulazione e valvola di tenuta entrambe DN100 PN16.

Infine si prevede la realizzazione di n.6 camerette interrate di intercettazione di linea dotate di valvola a saracinesca PN16 con diametro DN200 o DN300 in funzione delle linee intercettate.

3.10 Linea di distribuzione comizio irriguo n.10

La rete presenta tipologia mista, la parte più a nord è ad anello magliato formato da due linee distributrici parallele che si sviluppano in direzione est-ovest, rispettivamente a nord e a sud della Strada comunale Pola, mentre la parte più a sud è ad antenna con la condotta di collegamento principale, proveniente dalla stazione di sollevamento posta in posizione baricentrica, che si biforca in direzione ovest e est

La rete è complessivamente composta da circa 5800 metri di condotte in PEAD tipo PE100 RC PN16 SDR11, dal diametro De315 delle linee principali, al diametro De280 delle distributrici e De200 delle periferiche, sino al De160 del ramo ad antenna termiale ad est.

La rete presenta i seguenti attraversamenti di infrastrutture per i quali è prevista la realizzazione mediante la tecnica dello spingitubo con infissione orizzontale di una condotta di protezione in acciaio di diametro variabile in funzione della linee:

- Strada Comunale Pola n.1: controtubo DN350 su linea De200;
- Strada Comunale Pola n.2: controtubo DN450 su linea De315;
- Strada Comunale Pola n.3: controtubo DN350 su linea De280.

La rete servirà complessivamente n.60 Gruppi di Consegna, distribuiti lungo le linee conseguentemente alla disposizione delle aziende agricole del Comizio, realizzati mediante derivazione De140 mm dalle condotte di linea a mezzo di collare di presa ed aventi valvola a saracinesca di chiusura e gruppo idrometro misuratore DN125.

Lungo lo sviluppo della condotta sono previsti n.15 sfiati dotati di valvole automatiche di tipo cinetico DN50 PN16 e n.8 organi di scarico costituiti da valvola di modulazione e valvola di tenuta entrambe DN100 PN16.

Infine si prevede la realizzazione di n.9 camerette interrate di intercettazione di linea dotate di valvola a saracinesca PN16 con diametro DN200 o DN300 in funzione delle linee intercettate.

4. CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO

E' previsto il revamping dei dieci impianti di sollevamento a servizio dei rispettivi Comizi irrigui.

Tutte le stazioni di sollevamento saranno composte da un impianto di sollevamento costituito da elettropompe centrifughe con corpo a voluta a stadio singolo, ad aspirazione assiale ad asse orizzontale con motore sincrono a riluttanza avente classe di efficienza IE4, in numero variabile da 1 a 4, con aspirazione diretta dal Canale Adduttore e mandata in un unico collettore in acciaio DN300 (DN250 per la stazione n.6) oltre a un gruppo di pressurizzazione che avrà il compito di mantenere le linee in pressione e sopperire ad eventuali perdite di rete senza la necessità di mettere in funzione le pompe principali.

La stazione di sollevamento è infine corredata di un sistema del vuoto per l'innescò delle pompe poste sopra battente rispetto al canale Adduttore e delle necessarie apparecchiature di sezionamento e controllo, non trattati nella presente relazione e per i quali si rimanda alla specifica *Relazione tecnica opere elettromeccaniche di progetto*.

Il funzionamento delle pompe sarà asservito da inverter, con regolazione sulla portata erogata in base alla necessità delle utenze, controllato e governato da PLC con controllo locale tramite display grafico, predisposto per futuro controllo remoto tramite telecontrollo, avente la logica di funzionamento descritta nella specifica *Relazione tecnica logica di funzionamento* alla quale si rimanda.

4.1 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.1

La potenza nominale complessiva del nuovo gruppo di sollevamento sarà pari a 270 kW, mentre quella del gruppo di pressurizzazione di 25 kW, per una potenza complessiva installata nella stazione di sollevamento di 295 kW.

La massima potenza richiesta, in relazione alla contemporaneità di esercizio, risulterà pari a circa 210 kW, in condizione di massima erogazione per 200 litri al secondo (n.8 utenze servite) e pari a circa 190 kW, in condizione di 150 litri al secondo (n.6 utenze servite).

Il nuovo sollevamento a servizio del Comizio irriguo n.1 sarà composto da n.3 pompe con portata nominale pari a 225 m³/h (62,5 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., e motore elettrico del tipo sincrono a riluttanza ad alta efficienza IE4 da 90 kW idoneo al funzionamento sotto inverter.

Il sistema di pressurizzazione della rete distributrice sarà composto da un gruppo di pompaggio per il mantenimento della pressione di linea in concomitanza con i periodi di

arresto dei deflussi e farà fronte alle eventuali perdite di rete, costituito da due pompe centrifughe multistadio da 11 kW, della portata nominale di 36 m³/h a 78,2 m c.a. di prevalenza e una ulteriore pompa centrifuga multistadio da 3 kW, della portata nominale di 6,9 m³/h a 90,4 m c.a. di prevalenza.

4.2 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.2

La potenza nominale complessiva del nuovo gruppo di sollevamento sarà pari a 330 kW, mentre quella del gruppo di pressurizzazione di 7,5 kW, per una potenza complessiva installata nella stazione di sollevamento di 337,5 kW.

La massima potenza richiesta, in relazione alla contemporaneità di esercizio, risulterà pari a circa 270 kW, in condizione di massima erogazione per 250 litri al secondo (n.10 utenze servite).

Il nuovo sollevamento a servizio del Comizio irriguo n.2 sarà composto da n.3 pompe con portata nominale pari a 300 m³/h (83,3 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., e motore elettrico del tipo sincrono a riluttanza ad alta efficienza IE4 da 110 kW idoneo al funzionamento sotto inverter.

Il sistema di pressurizzazione della rete distributrice sarà composto da un gruppo di pompaggio per il mantenimento della pressione di linea in concomitanza con i periodi di arresto dei deflussi e farà fronte alle eventuali perdite di rete, costituito da una pompa due centrifughe multistadio da 7,5 kW, della portata nominale di 20,5 m³/h a 81 m c.a. di prevalenza.

4.3 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.3

La potenza nominale complessiva del nuovo gruppo di sollevamento sarà pari a 270 kW, mentre quella del gruppo di pressurizzazione di 7,5 kW, per una potenza complessiva installata nella stazione di sollevamento di 277,5 kW.

La massima potenza richiesta, in relazione alla contemporaneità di esercizio, risulterà pari a circa 210 kW, in condizione di massima erogazione per 200 litri al secondo (n.8 utenze servite).

Il nuovo sollevamento a servizio del Comizio irriguo n.3 sarà composto da n.3 pompe con portata nominale pari a 225 m³/h (62,5 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., e motore elettrico del tipo sincrono a riluttanza ad alta efficienza IE4 da 90 kW idoneo al funzionamento sotto inverter.

Il sistema di pressurizzazione della rete distributrice sarà composto da un gruppo di pompaggio per il mantenimento della pressione di linea in concomitanza con i periodi di arresto dei deflussi e farà fronte alle eventuali perdite di rete, costituito da una pompa due centrifughe multistadio da 7,5 kW, della portata nominale di 20,5 m³/h a 81 m c.a. di prevalenza.

4.4 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.4

La potenza nominale complessiva del nuovo gruppo di sollevamento sarà pari a 270 kW, mentre quella del gruppo di pressurizzazione di 25 kW, per una potenza complessiva installata nella stazione di sollevamento di 295 kW.

La massima potenza richiesta, in relazione alla contemporaneità di esercizio, risulterà pari a circa 210 kW, in condizione di massima erogazione per 200 litri al secondo (n.8 utenze servite).

Il nuovo sollevamento a servizio del Comizio irriguo n.4 sarà composto da n.3 pompe con portata nominale pari a 225 m³/h (62,5 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., e motore elettrico del tipo sincrono a riluttanza ad alta efficienza IE4 da 90 kW idoneo al funzionamento sotto inverter.

Il sistema di pressurizzazione della rete distributrice sarà composto da un gruppo di pompaggio per il mantenimento della pressione di linea in concomitanza con i periodi di arresto dei deflussi e farà fronte alle eventuali perdite di rete, costituito da due pompe centrifughe multistadio da 11 kW, della portata nominale di 36 m³/h a 78,2 m c.a. di prevalenza e una ulteriore pompa centrifuga multistadio da 3 kW, della portata nominale di 6,9 m³/h a 90,4 m c.a. di prevalenza.

4.5 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.5

La potenza nominale complessiva del nuovo gruppo di sollevamento sarà pari a 360 kW, mentre quella del gruppo di pressurizzazione di 7,5 kW, per una potenza complessiva installata nella stazione di sollevamento di 367,5 kW.

La massima potenza richiesta, in relazione alla contemporaneità di esercizio, risulterà pari a circa 280 kW, in condizione di massima erogazione per 250 litri al secondo (n.10 utenze servite).

Il nuovo sollevamento a servizio del Comizio irriguo n.5 sarà composto da n.4 pompe con portata nominale pari a 225 m³/h (62,5 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., e motore elettrico del

tipo sincrono a riluttanza ad alta efficienza IE4 da 90 kW idoneo al funzionamento sotto inverter.

Il sistema di pressurizzazione della rete distributrice sarà composto da un gruppo di pompaggio per il mantenimento della pressione di linea in concomitanza con i periodi di arresto dei deflussi e farà fronte alle eventuali perdite di rete, costituito da una pompa due centrifughe multistadio da 7,5 kW, della portata nominale di 20,5 m³/h a 81 m c.a. di prevalenza.

4.6 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.6

La potenza nominale complessiva del nuovo gruppo di sollevamento sarà pari a 110 kW, mentre quella del gruppo di pressurizzazione di 7,5 kW, per una potenza complessiva installata nella stazione di sollevamento di 117,5 kW.

La massima potenza richiesta, in relazione alla contemporaneità di esercizio, risulterà pari a circa 95 kW, in condizione di massima erogazione per 100 litri al secondo (n.4 utenze servite) e pari a circa 85 kW, in condizione di 75 litri al secondo (n.3 utenze servite).

Il nuovo sollevamento a servizio del Comizio irriguo n.6 sarà composto da n.1 pompa con portata nominale pari a 300 m³/h (83,3 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., e motore elettrico del tipo sincrono a riluttanza ad alta efficienza IE4 da 110 kW idoneo al funzionamento sotto inverter.

Il sistema di pressurizzazione della rete distributrice sarà composto da un gruppo di pompaggio per il mantenimento della pressione di linea in concomitanza con i periodi di arresto dei deflussi e farà fronte alle eventuali perdite di rete, costituito da una pompa due centrifughe multistadio da 7,5 kW, della portata nominale di 20,5 m³/h a 81 m c.a. di prevalenza.

4.7 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.7

La potenza nominale complessiva del nuovo gruppo di sollevamento sarà pari a 270 kW, mentre quella del gruppo di pressurizzazione di 7,5 kW, per una potenza complessiva installata nella stazione di sollevamento di 277,5 kW.

La massima potenza richiesta, in relazione alla contemporaneità di esercizio, risulterà pari a circa 210 kW, in condizione di massima erogazione per 200 litri al secondo (n.8 utenze servite).

Il nuovo sollevamento a servizio del Comizio irriguo n.7 sarà composto da n.3 pompe con portata nominale pari a 225 m³/h (62,5 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., e motore elettrico del tipo sincrono a riluttanza ad alta efficienza IE4 da 90 kW idoneo al funzionamento sotto inverter.

Il sistema di pressurizzazione della rete distributrice sarà composto da un gruppo di pompaggio per il mantenimento della pressione di linea in concomitanza con i periodi di arresto dei deflussi e farà fronte alle eventuali perdite di rete, costituito da una pompa due centrifughe multistadio da 7,5 kW, della portata nominale di 20,5 m³/h a 81 m c.a. di prevalenza.

4.8 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.8

La potenza nominale complessiva del nuovo gruppo di sollevamento sarà pari a 270 kW, mentre quella del gruppo di pressurizzazione di 7,5 kW, per una potenza complessiva installata nella stazione di sollevamento di 277,5 kW.

La massima potenza richiesta, in relazione alla contemporaneità di esercizio, risulterà pari a circa 210 kW, in condizione di massima erogazione per 200 litri al secondo (n.8 utenze servite).

Il nuovo sollevamento a servizio del Comizio irriguo n.8 sarà composto da n.3 pompe con portata nominale pari a 225 m³/h (62,5 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., e motore elettrico del tipo sincrono a riluttanza ad alta efficienza IE4 da 90 kW idoneo al funzionamento sotto inverter.

Il sistema di pressurizzazione della rete distributrice sarà composto da un gruppo di pompaggio per il mantenimento della pressione di linea in concomitanza con i periodi di arresto dei deflussi e farà fronte alle eventuali perdite di rete, costituito da una pompa due centrifughe multistadio da 7,5 kW, della portata nominale di 20,5 m³/h a 81 m c.a. di prevalenza.

4.9 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.9

La potenza nominale complessiva del nuovo gruppo di sollevamento sarà pari a 270 kW, mentre quella del gruppo di pressurizzazione di 7,5 kW, per una potenza complessiva installata nella stazione di sollevamento di 277,5 kW.

La massima potenza richiesta, in relazione alla contemporaneità di esercizio, risulterà pari a circa 210 kW, in condizione di massima erogazione per 200 litri al secondo (n.8 utenze

servite).

Il nuovo sollevamento a servizio del Comizio irriguo n.9 sarà composto da n.3 pompe con portata nominale pari a $225 \text{ m}^3/\text{h}$ ($62,5 \text{ l/s}$) alla prevalenza di 90 m c.a., e motore elettrico del tipo sincrono a riluttanza ad alta efficienza IE4 da 90 kW idoneo al funzionamento sotto inverter.

Il sistema di pressurizzazione della rete distributrice sarà composto da un gruppo di pompaggio per il mantenimento della pressione di linea in concomitanza con i periodi di arresto dei deflussi e farà fronte alle eventuali perdite di rete, costituito da una pompa due centrifughe multistadio da 7,5 kW, della portata nominale di $20,5 \text{ m}^3/\text{h}$ a 81 m c.a. di prevalenza.

4.10 Stazione di sollevamento comizio irriguo n.10

La potenza nominale complessiva del nuovo gruppo di sollevamento sarà pari a 360 kW, mentre quella del gruppo di pressurizzazione di 7,5 kW, per una potenza complessiva installata nella stazione di sollevamento di 367,5 kW.

La massima potenza richiesta, in relazione alla contemporaneità di esercizio, risulterà pari a circa 280 kW, in condizione di massima erogazione per 250 litri al secondo (n.10 utenze servite) e pari a circa 250 kW, in condizione di 200 litri al secondo (n.8 utenze servite).

Il nuovo sollevamento a servizio del Comizio irriguo n.10 sarà composto da n.4 pompe con portata nominale pari a $225 \text{ m}^3/\text{h}$ ($62,5 \text{ l/s}$) alla prevalenza di 90 m c.a., e motore elettrico del tipo sincrono a riluttanza ad alta efficienza IE4 da 90 kW idoneo al funzionamento sotto inverter.

Il sistema di pressurizzazione della rete distributrice sarà composto da un gruppo di pompaggio per il mantenimento della pressione di linea in concomitanza con i periodi di arresto dei deflussi e farà fronte alle eventuali perdite di rete, costituito da una pompa due centrifughe multistadio da 7,5 kW, della portata nominale di $20,5 \text{ m}^3/\text{h}$ a 81 m c.a. di prevalenza.

5. SCHEMATIZZAZIONI ASSUNTE PER IL DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

5.1 Modello di calcolo

I calcoli per il dimensionamento idraulico delle condotte, degli impianti di sollevamento e delle valvole di regolazione a membrana vengono eseguiti in regime di moto permanente gradualmente variato con l'ausilio di uno specifico software applicativo denominato Epanet nella versione 2.0, messo a punto dalla United States Enviromental Protection Agency e largamente diffuso.

Epanet è in grado di risolvere il moto permanente gradualmente variato in una complessa rete di condotte determinando le caratteristiche idrauliche dei rami e dei nodi ad ogni passo temporale fissato.

Il modellatore risolve le equazioni di continuità ai nodi e le equazioni di moto ai rami tramite il *metodo del gradiente* [Todini e Pilati, 1987]:

Equazione di moto per ogni ramo: $H_i - H_j = h_{ij} = rQ_{ij}^n + mQ_{ij}^2$

Equazione di continuità per ogni nodo: $\sum_j Q_{ij} - d_i = 0$

dove:

i: nodo iniziale del ramo;

j: nodo finale del ramo;

H: carico al nodo;

h: perdita di carico nel ramo;

r: coefficiente di resistenza per le perdite distribuite;

m: coefficiente di perdita concentrata;

Q: portata nel ramo

d: portata uscente dal nodo, richiesta di utenza.

Il modellatore inizialmente stima un valore di portata ad ogni ramo non necessariamente soddisfacente l'equazione di continuità al nodo e successivamente per iterazione risolve il sistema tramite calcolo matriciale determinando la portata ai rami e i conseguenti carichi ai nodi sino al raggiungimento del valore di tolleranza voluto.

5.2 Determinazione della scabrezza nelle condotte

Per la valutazione le perdite di carico distribuite in condotta è stata impiegata la formula di Hazen-Williams:

$$\Delta H_D = 4,727 \cdot C^{-1,852} \cdot D^{-4,871} \cdot L \cdot Q^{1,852}$$

dove:

C: coefficiente di attrito del ramo;

D: diametro della condotta;

Q: portata nel ramo.

Per quanto riguarda il coefficiente di attrito adimensionale, C, si deve considerare che, in condizioni di tubo nuovo, il valore consigliato dai costruttori per condotte in polietilene ad alta densità vale $C = 150$, mentre per le tubazioni in lamiera saldata di acciaio vale $C = 130$.

In realtà la scabrezza delle tubazioni in esercizio corrente, in funzione dei fenomeni di tuberculizzazione ed incrostazione, può essere notevolmente superiore; inoltre, se si vuole considerare le accidentalità introdotte dalla presenza dei pezzi speciali quali curve o saracinesche di intercettazione di linea, tale valore andrebbe ulteriormente incrementato.

Sulla base di queste considerazioni, sono stati adottati i seguenti coefficienti di scabrezza omogenea equivalente:

- per le condotte in PEAD: $C = 140$;
- per le condotte in acciaio: $C = 100$.

5.3 Valutazione delle perdite di carico concentrate delle stazioni di sollevamento

Per le condotte prementi, in aggiunta alle perdite di carico distribuite come sopra determinate, sono state considerate anche le perdite di carico concentrate sulla mandata delle pompe, dovute dalla presenza dei collettori, relative apparecchiature ed aspirazioni; tali perdite di carico concentrate, espresse di seguito, sono state valutate con la relazione esplicita:

$$\Delta H_C = \sum \zeta \frac{V^2}{2g}$$

dove:

ζ : coefficiente di forma della singolarità;

V: velocità nella condotta;

g: accelerazione di gravità;

La consistenza delle apparecchiature e la geometria delle tubazioni di collegamento è rilevabile dagli elaborati grafici di progetto.

Con riferimento alla geometria dei collettori si sono considerati i seguenti coefficienti di perdita di carico sulle velocità nelle tubazioni:

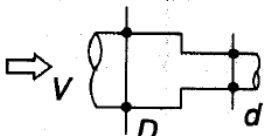
Descrizione	Nr.	ξ	ξ_{DN200}	ξ_{DN150}	ξ_{DN300}	ξ_{DN600}
Tubazione Aspirazione DN200:						
- Imbocco	1	0,50	0,50			
- Riduzione DN200÷DN125	1	0,40	0,40			
Tubazione Mandata DN150:						
- Divergente DN100÷DN150	1	0,10		0,10		
- Valvola di non ritorno	1	0,90		0,90		
- Valvola di intercettazione	1	0,20		0,20		
- Immissione nel collettore	1	1,00		1,00		
Collettore DN300:						
- Ingresso tubazioni DN150	1	0,50			0,50	
- Immissione tubazione DN300	1	1,00			1,00	
Condotta DN300:						
- Curva 90°	2	0,20				0,40
- Valvola di intercettazione	1	0,10				0,10
- Immissione in linea	1	1,00				1,00
Complessivi			0,90	2,20	1,50	1,50

5.4 Valutazione delle perdite di carico concentrate sulle condotte di linea

Per le condotte di linea, in aggiunta alle perdite di carico distribuite come sopra determinate, sono state considerate anche le perdite di carico dovute dalla presenza di riduzioni di diametro, derivazioni a “T” e apparecchiature dei gruppi di consegna; tali perdite di carico concentrate, esposte di seguito, sono state valutate con la medesima relazione esplicita riportata nel precedente paragrafo.

Con riferimento alla geometria dei collettori si sono considerati i coefficienti di perdita di carico sulle velocità nelle tubazioni riportati in letteratura, in particolare si è fatto riferimento alle tabelle tratte dalla pubblicazione “Pompe e impianti di sollevamento” edita da HOEPLI, 2001.

Riduzioni di diametro

	$d/D = 0,75$	0,4
	$d/D = 0,50$	0,5
	$d/D = 0,25$	0,6

Ad esempio, un restringimento da De280 (229,2 mm di diametro interno) a De200 (163,6 mm di diametro interno), comporta una perdita di carico concentrata pari a 0,4.

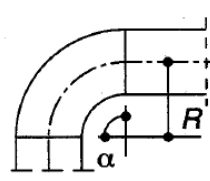
Derivazioni a "T"

j) derivazioni mediante raccordi a "T"
(K è riferito a V_3)

α	d_1/d_3	Q_1/Q_3 0,25	Q_1/Q_3 0,33	Q_1/Q_3 0,5	Q_1/Q_3 1
90°	0,5	0,95	0,96	1,25	2,90
	0,7	0,92	0,92	0,94	1,85
	0,8	0,91	0,90	0,92	1,65
	1,0	0,85	0,84	0,86	1,20
45°	0,5	0,75	0,75	0,79	2,20
	0,7	0,65	0,60	0,59	0,90
	0,8	0,62	0,56	0,51	0,78
	1,0	0,64	0,56	0,43	0,45

Considerando i coefficienti di perdita sopra riportati si ha ad esempio nei tratti di condotta in cui si prevede una derivazione al nodo successivo: il rapporto $d_1/d_3 = 1$, $Q_1/Q_3 = 0,5$ comporta una perdita di carico pari a 0,86.

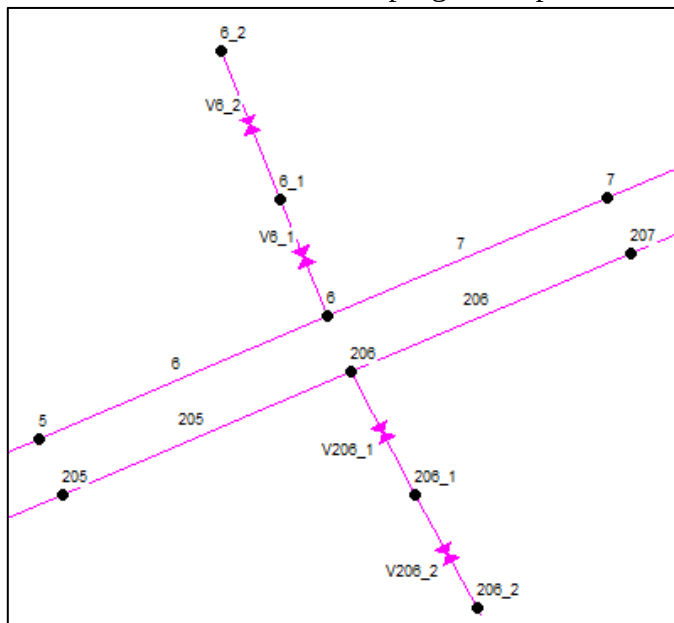
Apparecchiature dei gruppi di consegna

COMPONENTE	SCHEMA				K
l) curve stampate, in regime turbolento (velocità min 2 m/s)		α	$R = 1 \cdot D$	$R = 1,5 \cdot D$	$R = 2 \cdot D$
		180°	0,28	0,21	0,14
		120°	0,28	0,21	0,14
		90°	0,25	0,19	0,13
		60°	0,16	0,12	0,08
		45°	0,12	0,09	0,06
		30°	0,08	0,06	0,04

La figura di pagina seguente dettaglia la scelta di schematizzazione dei punti di consegna: la prima valvola (es.: V6_1 e V206_1) tiene conto delle perdite di carico dovute alla curva ed alla saracinesca, mentre la seconda (es.: V6_2 e V206_2) del contatore e del boccaglio.

Per quanto concerne le perdite dovute alla curva dovuta alla risalita del punto di presa rispetto al piano su cui poggia la linea interrata si è fatto riferimento alla precedente tabella, ipotizzando un angolo di 90° e un raggio di curvatura, $R = 1,5D$, come raggio di curvatura della tubazione. Sebbene tale tabella indichi coefficienti di perdita in condizione di regime turbolento e velocità minima 2 m/s (velocità un poco superiore a quella stimata nelle linee di

riferimento), secondo un confronto con altre tabelle da letteratura tale valore può ritenersi valido anche nelle condizioni progettuali prese esaminate.

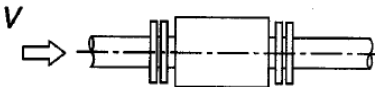
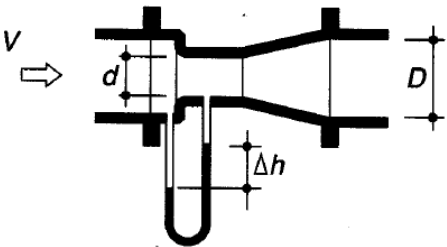


La saracinesca è stata ipotizzata essere completamente aperta e dunque esercitare una perdita di carico minima sul sistema che, sulla base della seguente tabella di riferimento ammonta a 0,15.

COMPONENTE	SCHEMA	K
w) saracinesche completamente aperte		0,15

La prima valvola inserita nel modello idraulico tiene dunque conto di una perdita di carico dovuta alla curva di risalita dell'opera di presa pari a 0,19 e di una pari a 0,15 dovuta alla saracinesca completamente aperta, per un totale di 0,34.

Alla seconda valvola compete invece una perdita di carico dovuta al contatore pari a 0,10 e una valutata per il boccaglio secondo la seguente tabella, ipotizzando un boccaglio ISO da 5 pollici (diametro interno), dunque m è uguale a 0,60.

y) misuratori di portata e volumetrici						0,10
- contatori						
- boccagli e diaframmi						
$\Delta h_{tot} = (V/K_m)^2/(2 \cdot g)$						
						
$m = (d/D)^2$	K_m	K_m	K_m	K_m	K_m	
Boccagli ISO	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	
Diaframmi ISO		0,990	1,000	1,016	1,043	
	0,598	0,602	0,615	0,634	0,660	
$m = (d/D)^2$	$\Delta h \%$	$\Delta h \%$	$\Delta h \%$	$\Delta h \%$	$\Delta h \%$	
Boccagli ISO	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	
Diaframmi ISO		17,5	12,5	10,0	8,5	
	93	89	79	69	59	

Considerate le perdite valutate per le strutture precedentemente esaminate (ad esempio per la saracinesca, che è stata considerata completamente aperta) ed il fatto che la manichetta utilizzata dall'utente potrebbe avere diametro 4 pollici anziché i 5 ipotizzati, si ipotizza un m pari a 0,4, massimo tabellare, avente k_m uguale a 1,043.

Calcolando dunque il coefficiente k necessario per ottenere la medesima perdita di carico, si ottiene $k = 0,92$ ($1/1,0432$).

Il coefficiente di perdita di carico complessiva alla valvola è dunque pari a $0,10 + 0,92 = 1,02$.

6. VERIFICHE DI MOTO PERMANENTE E DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO

Nel presente capitolo si riportano i risultati delle verifiche idrauliche effettuate per il dimensionamento delle condotte e dei relativi impianti di sollevamento; in particolare è stato verificato il deflusso in regime di moto permanente delle portate massime come sopra individuate per i dieci Comizi irrigui.

Per i nuovi impianti di sollevamento si è previsto di impiegare la medesima tipologia di pompe in modo tale da risultare intercambiabili per ciascuna stazione di sollevamento e facilitarne gli interventi manutentivi per l'intero comprensorio irriguo.

Come già accennato al precedente capitolo secondo gli impianti di sollevamento e le condotte prementi sono stati dimensionati considerando quale criterio progettuale quello di poter erogare una portata massima di impianto non inferiore a quella attualmente fornita.

Il vincolo progettuale alla consegna è stato fissato nella fornitura di una portata a ciascun gruppo di consegna pari a 25 l/s, con pressione minima garantita di 7 bar.

Per quanto riguarda le pressioni da garantire alle utenze finali, in considerazioni delle perdite concentrate indotte dalle regolazioni ai gruppi di consegna, secondo indicazioni del Consorzio di Bonifica, si considera cautelativa una copertura piezometrica minima pari a 7 bar, le simulazioni sono state condotte al fine di verificare tale valore.

Tuttavia, nelle condizioni di verifica più sfavorevoli, si è ritenuto accettabile una copertura fino a circa 6 bar, superiori comunque agli attuali 4 bar circa, anche nell'ottica di un risparmio energetico globale.

Per ogni comizio irriguo si sono previsti N prelievi contemporanei ai punti di presa dislocati nelle posizioni che causano maggiori perdite di carico lungo la linea.

Tali prelievi si sono previsti distribuiti ad una distanza tra loro di circa 450 metri, congruentemente con le dislocazioni dei poderi in Valle Pega.

Il valore N è variabile a seconda dell'estensione del comizio irriguo considerato.

Per ogni comizio irriguo sono stati svolti diversi calcoli idraulici nelle situazioni più gravose di funzionamento alla massima portata considerando di alimentare gli N gruppi di consegna di cui sopra diversamente distribuiti al fine di indagare compiutamente la rete irrigua.

Infine si sottolinea che i gruppi di sollevamento saranno alimentati da inverter, e che pertanto le pompe avranno la possibilità di modulare le erogazioni, in modo tale da far fronte con buona efficienza anche a minori livelli di portata.

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche idrauliche effettuate per il dimensionamento delle condotte e degli impianti di sollevamento, con riferimento alle curve caratteristiche di funzionamento delle pompe individuate al precedente capitolo quattro e riportate in allegato alla presente relazione.

6.1 Comizio irriguo n.1

La nuova stazione di sollevamento sarà composta da n.3 elettropompe centrifughe ad asse orizzontale con portata nominale pari a $225 \text{ m}^3/\text{h}$ ($62,5 \text{ l/s}$) alla prevalenza di 90 m c.a. , che potranno funzionare contemporaneamente per alimentare gli 83 gruppi di consegna ripartiti nei rami della nuova rete di distribuzione.

Le verifiche idrauliche sono state condotte sulla base di due criteri: il primo prevede di alimentare contemporaneamente n.6 utenze per una portata erogata di 150 l/s (pari all'attuale); il secondo criterio prevede invece il funzionamento del sollevamento alla massima portata erogabile di 200 l/s , corrispondente all'alimentazione di n.8 gruppi di consegna.

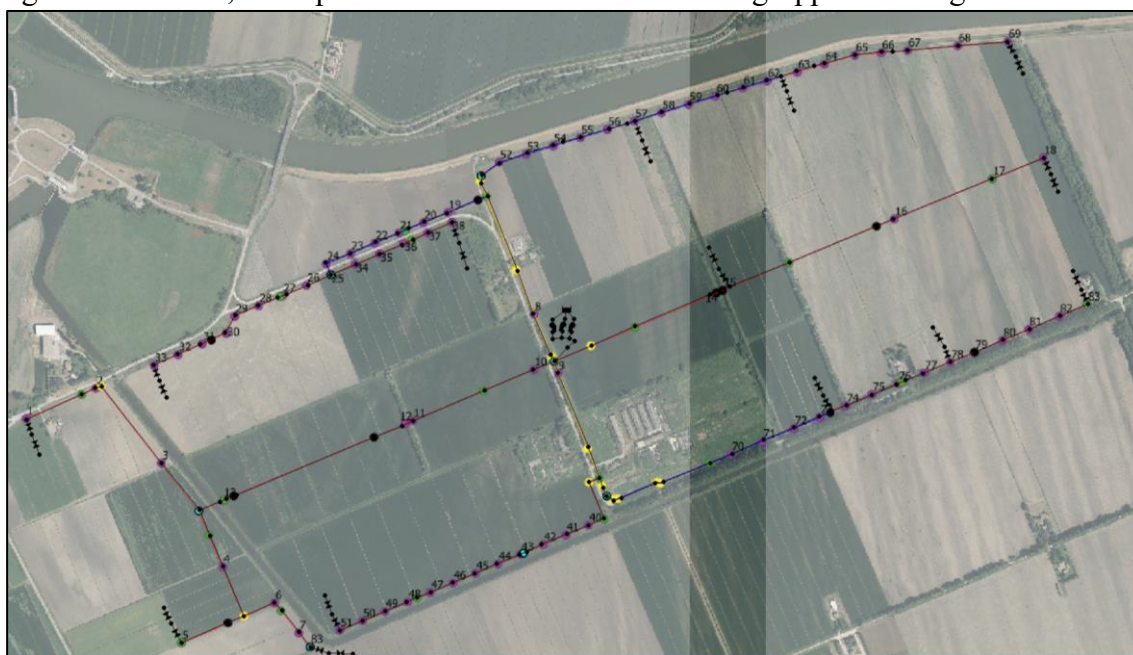


Figura 6.1 - Modello idraulico del Comizio irriguo n.1.

Sulla base di tali considerazioni, si sono indagate le cinque ipotesi di distribuzione della portata massima seguenti:

- Ipotesi n.1: alimentazione delle otto utenze terminali dei rami della rete;
- Ipotesi n.2A: alimentazione di n.8 utenze dei rami ad ovest della stazione di sollevamento;
- Ipotesi n.2B: alimentazione di n.6 utenze dei rami ad ovest della stazione di sollevamento;
- Ipotesi n.3A: alimentazione di n.8 utenze dei rami ad est della stazione di sollevamento;
- Ipotesi n.3B: alimentazione di n.6 utenze dei rami ad est della stazione di sollevamento.

Con riferimento alla portata di 150 l/s, le perdite concentrate nei collettori in acciaio all'interno della stazione di sollevamento ammontano a 1,652 m, come distinti di seguito.

Descrizione	Aspirazione DN200	Mandata DN150	Collettore DN300			Condotta DN300
Portata di calcolo (l/s)	50	50	50	100	150	150
Velocità di calcolo (m/s)	1,60	2,83	0,71	1,41	2,12	2,12
Coefficiente ξ	0,90	2,20	0,50	0,50	1,00	1,50
Perdite di carico (m c.a.)	0,117	0,898	0,013	0,051	0,229	0,344

Con riferimento alla portata di 200 l/s, le perdite concentrate nei collettori in acciaio all'interno della stazione di sollevamento ammontano a 2,933 m, come distinti di seguito.

Descrizione	Aspirazione DN200	Mandata DN150	Collettore DN300			Condotta DN300
Portata di calcolo (l/s)	66,67	66,67	66,67	133,33	200	200
Velocità di calcolo (m/s)	2,12	3,77	0,94	1,88	2,83	2,83
Coefficiente ξ	0,90	2,20	0,50	0,50	1,00	1,50
Perdite di carico (m c.a.)	0,206	1,594	0,023	0,090	0,408	0,612

Ipotesi n.1

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 75,8 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 67,5 m c.a. del gruppo di consegna n.5, il più a ovest del Ramo "B".

Le velocità massime nelle condotte sono inferiori a 1,00 m/s nella condotta principale De315, si mantengono basse nei rami della rete De280, al massimo pari a 0,61 m/s e raggiungono i 1,82 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

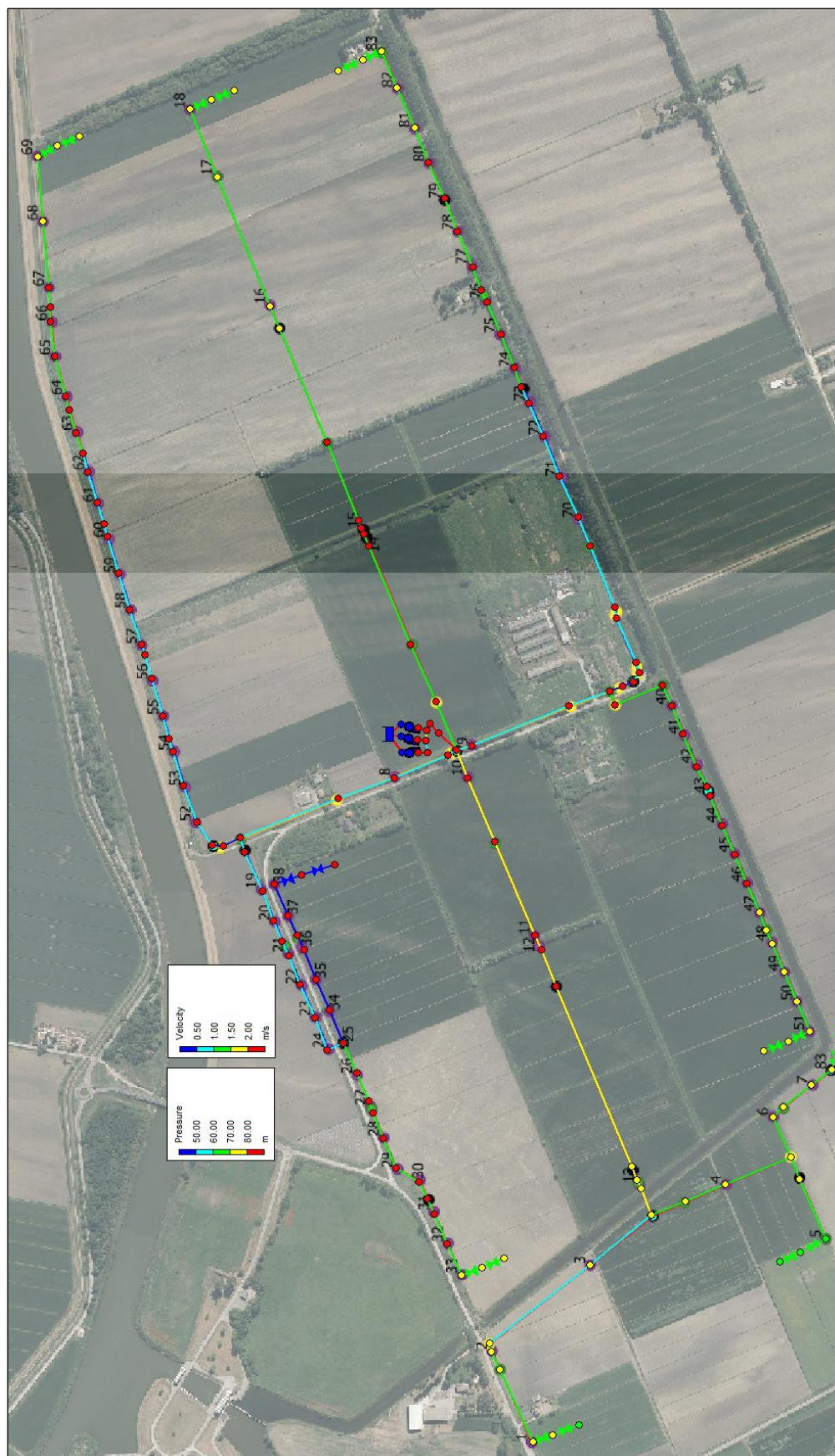


Figura 6.2 - Comizio irriguo n.1 - Ipotesi 1.

Ipotesi n.2A

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 76,8 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 54,5 m c.a. del gruppo di consegna n.5, il più a ovest del Ramo "B".

La copertura minima di circa 5 bar, seppur inferiore ai 7 bar previsti in progetto, si ritiene comunque accettabile sulla base delle considerazioni svolte a inizio capitolo anche in considerazione del fatto che si tratta di una simulazione limite con valore di portata erogata dall'impianto di oltre il 30% superiore alla richiesta attuale e che al fine di raggiungere tutte le utenze con pressione minima non inferire a circa 70 m c.a., sarebbe sufficiente ridurre la portata erogata a circa 180 l/s.

Le velocità massime nelle condotte sono inferiori a 1,00 m/s nella condotta principale De315, raggiungono il valore di 1,21 m/s nei rami della rete De280, e arrivano a 3,03 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

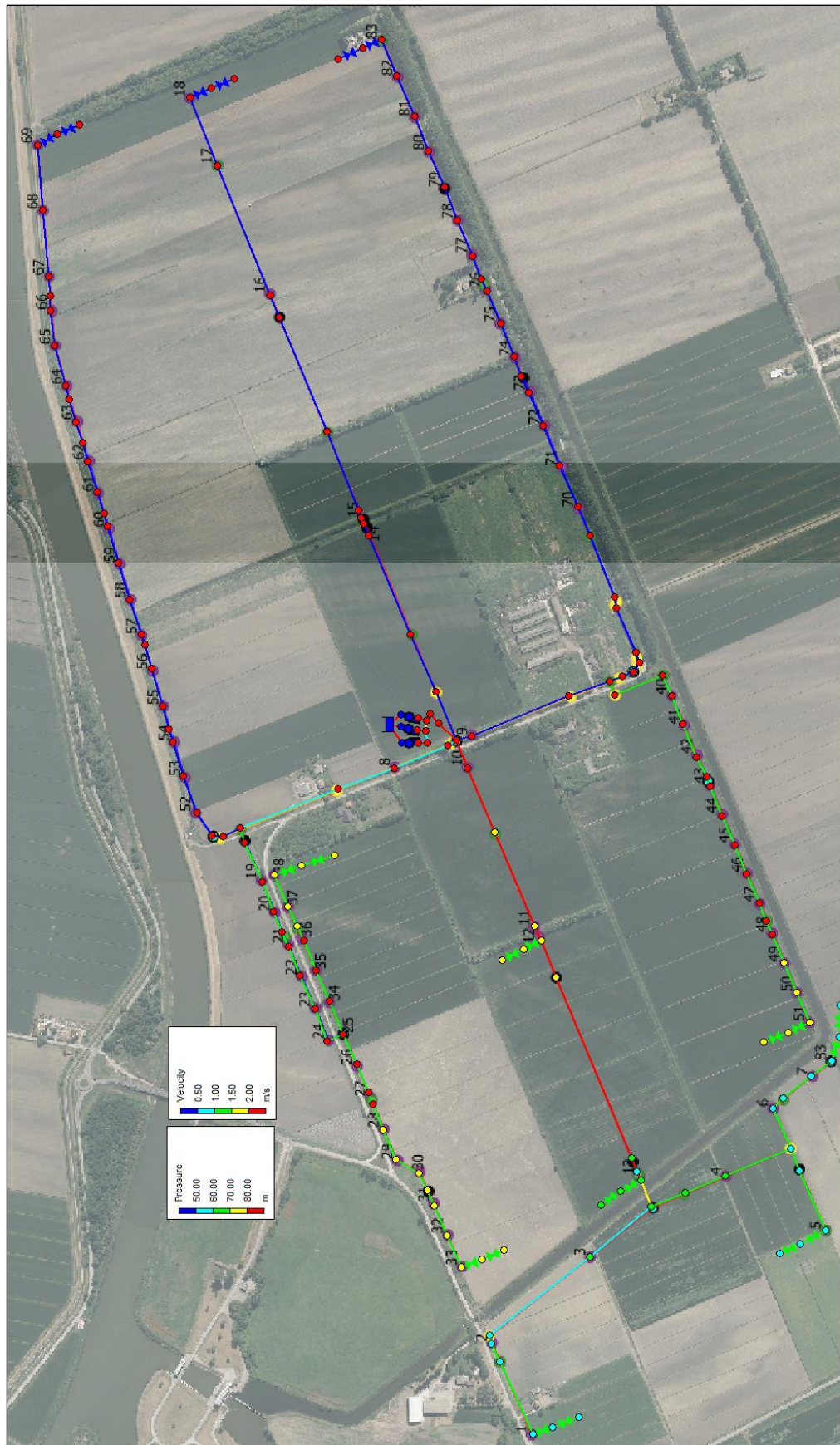


Figura 6.3 - Comizio irriguo n.1 - Ipotesi 2A.

Ipotesi n.2B

Per la portata complessivamente erogata di 150 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 9,3 bar (95,3 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 85,5 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 76,0 m c.a. del gruppo di consegna n.5, il più a ovest del Ramo "B".

Le velocità massime nelle condotte sono inferiori a 1,00 m/s nella condotta principale De315, raggiungono il valore di 1,21 m/s nei rami della rete De280, e arrivano a 1,82 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

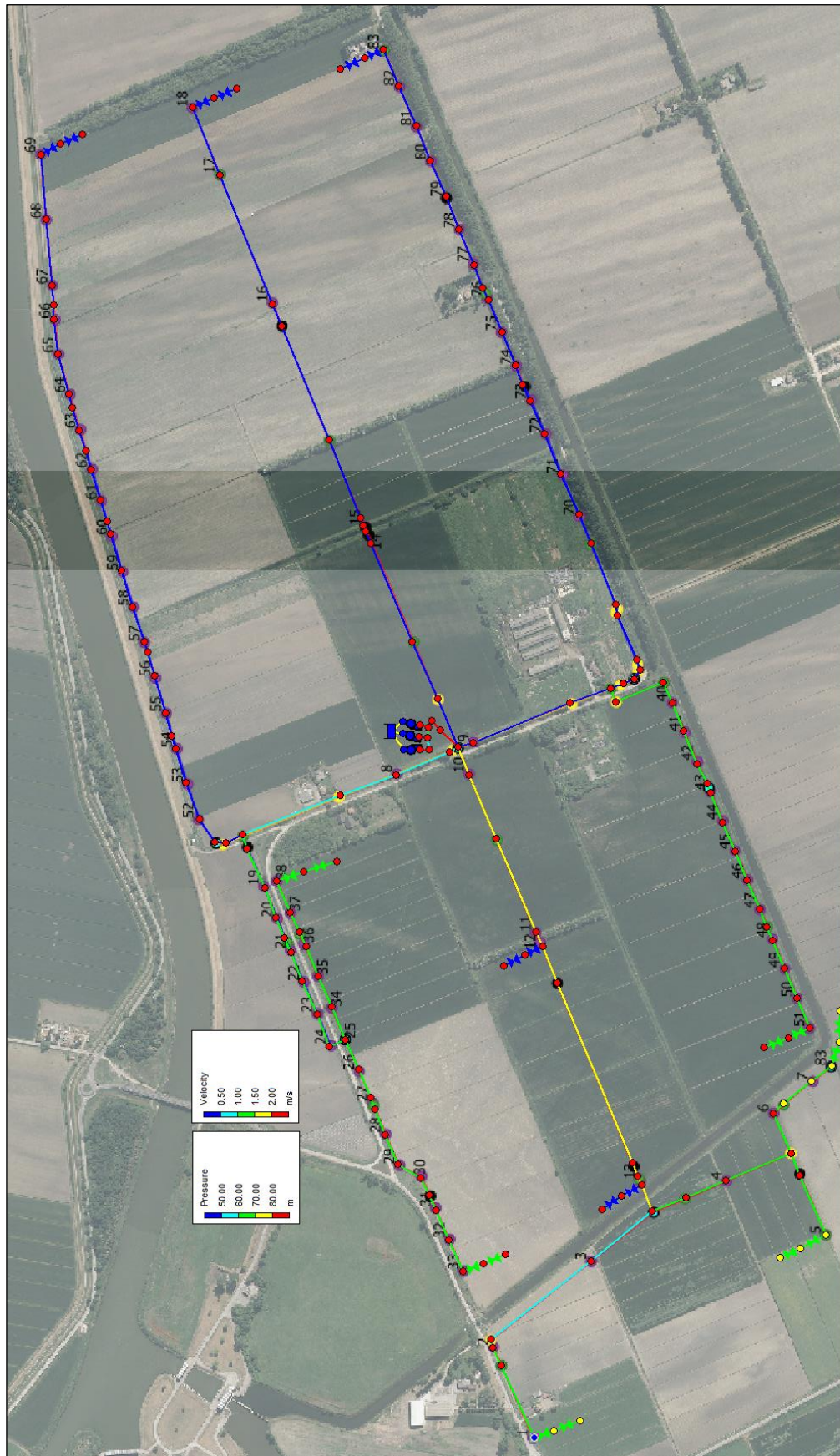


Figura 6.4 - Comizio irriguo n.1 - Ipotesi 2B.

Ipotesi n.3A

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 74,8 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 59,4 m c.a. del gruppo di consegna n.83, il più a est del Ramo "F".

Le velocità massime nelle condotte raggiungono 1,44 m/s nella condotta principale De315, 1,82 m/s nei rami della rete De280, e arrivano a 2,38 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.



Figura 6.5 - Comizio irriguo n.1 - Ipotesi 3A.

Ipotesi n.3B

Per la portata complessivamente erogata di 150 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 9,3 bar (95,3 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 85,7 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 70,0 m c.a. del gruppo di consegna n.18, il più a ovest del Ramo "E".

Le velocità massime nelle condotte sono inferiori a 1,00 m/s nella condotta principale De315, raggiungono il valore di 1,21 m/s nei rami della rete De280, e arrivano a 2,38 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

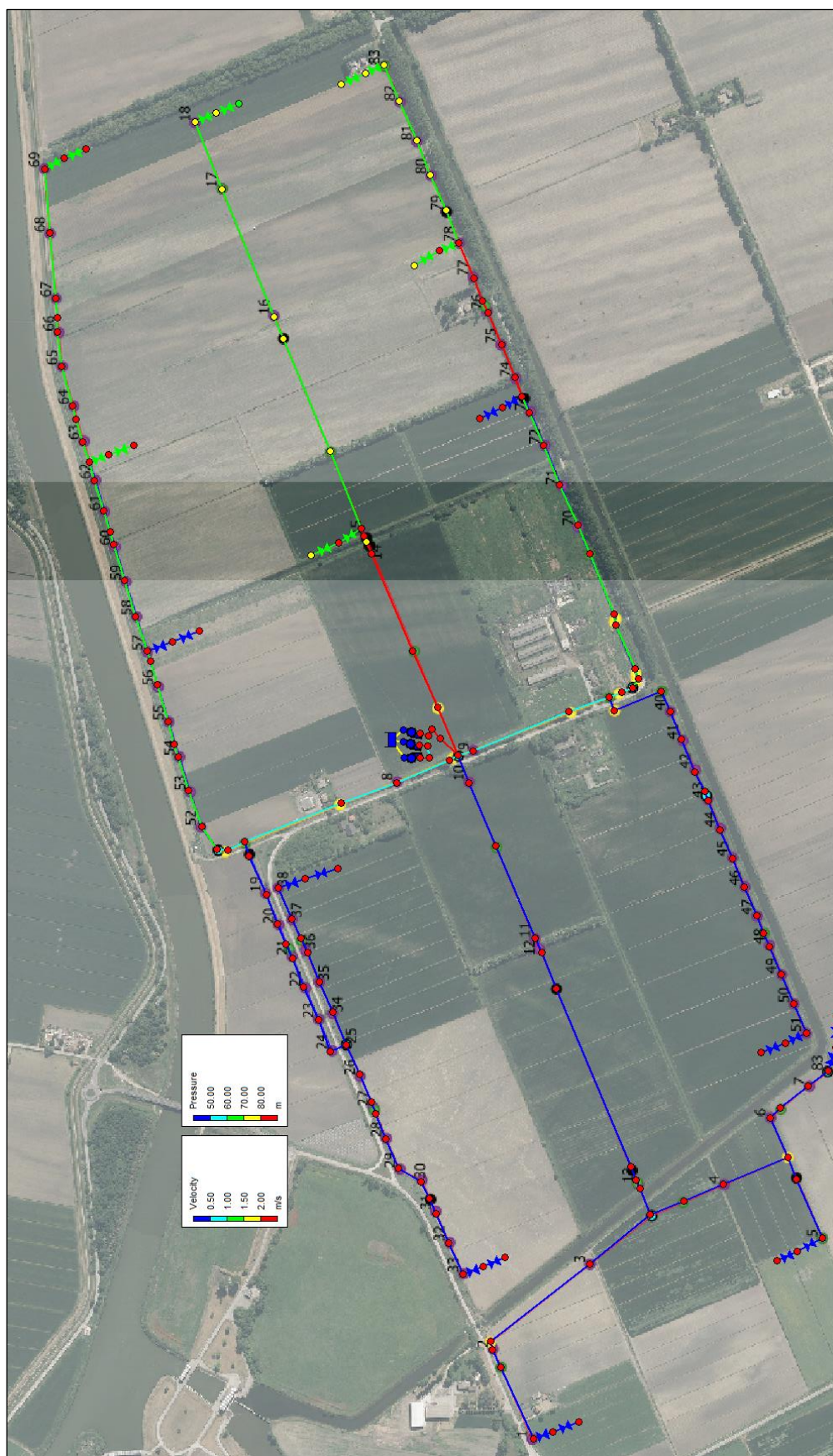


Figura 6.6 - Comizio irriguo n.1 - Ipotesi 3B.

6.2 Comizio irriguo n.2

La nuova stazione di sollevamento sarà composta da n.3 elettropompe centrifughe ad asse orizzontale con portata nominale pari a 300 m³/h (83,3 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., che potranno funzionare contemporaneamente per alimentare i 57 gruppi di consegna ripartiti nei rami della nuova rete di distribuzione.

Le verifiche idrauliche sono state condotte sulla base di due criteri: il primo prevede di alimentare contemporaneamente n.9 utenze per una portata erogata di 225 l/s (superiore degli attuali 210 l/s); il secondo criterio prevede invece il funzionamento del sollevamento alla massima portata erogabile di 250 l/s, corrispondente all'alimentazione di n.10 gruppi di consegna.

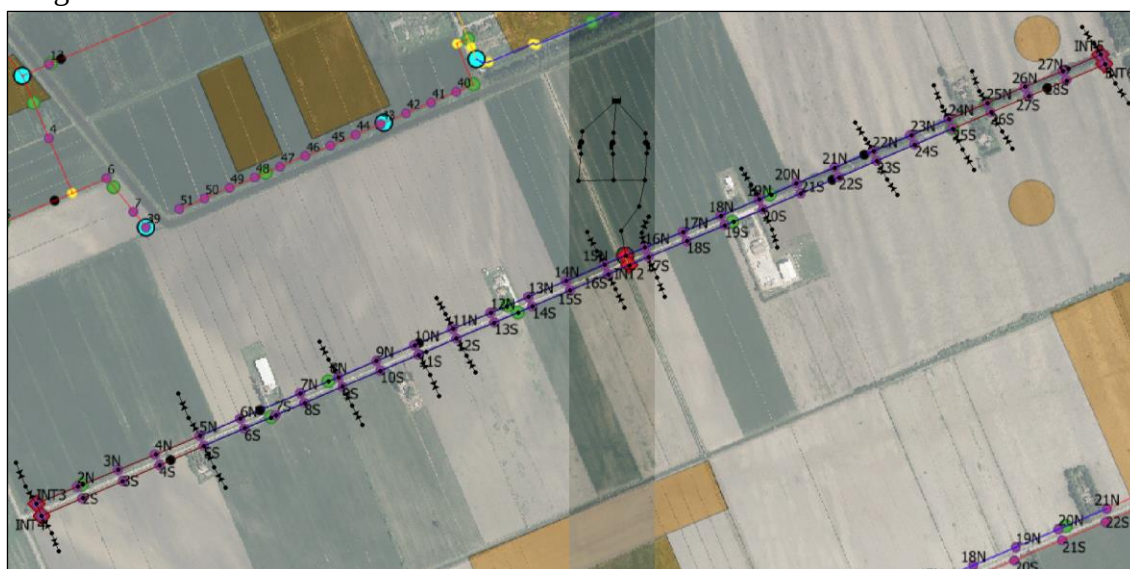


Figura 6.7 - Modello idraulico del Comizio irriguo n.2.

Sulla base di tali considerazioni, si sono indagate le cinque ipotesi di distribuzione della portata massima seguenti:

- Ipotesi n.1: alimentazione delle dieci utenze terminali dei rami della rete;
- Ipotesi n.2A: alimentazione di n.10 utenze dei rami nord e sud a est della stazione di sollevamento;
- Ipotesi n.2B: alimentazione di n.9 utenze dei rami nord e sud a est della stazione di sollevamento;
- Ipotesi n.3A: alimentazione di n.10 utenze dei rami nord e sud a ovest della stazione di sollevamento;
- Ipotesi n.3B: alimentazione di n.9 utenze dei rami nord e sud a ovest della stazione di sollevamento.

Con riferimento alla portata di 225 l/s, le perdite concentrate nei collettori in acciaio all'interno della stazione di sollevamento ammontano a 2,327 m, come distinti di seguito.

Descrizione	Aspirazione DN200	Mandata DN200	Collettore DN300			Condotta DN300
Portata di calcolo (l/s)	75	75	75	150	225	225
Velocità di calcolo (m/s)	2,38	2,38	1,06	2,12	3,18	3,18
Coefficiente ξ	0,90	2,20	0,50	0,50	1,00	1,50
Perdite di carico (m c.a.)	0,260	0,635	0,029	0,115	0,515	0,773

Con riferimento alla portata di 250 l/s, le perdite concentrate nei collettori in acciaio all'interno della stazione di sollevamento ammontano a 2,883 m, come distinti di seguito.

Descrizione	Aspirazione DN200	Mandata DN200	Collettore DN300			Condotta DN300
Portata di calcolo (l/s)	83,33	83,33	83,33	166,37	250	250
Velocità di calcolo (m/s)	2,65	2,65	1,18	2,35	3,54	3,54
Coefficiente ξ	0,90	2,20	0,50	0,50	1,00	1,50
Perdite di carico (m c.a.)	0,322	0,787	0,036	0,141	0,639	0,958

Ipotesi n.1

Per la portata complessivamente erogata di 250 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,8 bar (90,0 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 82,2 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 70,6 m c.a. del gruppo di consegna n.1N, il più a ovest del Ramo "Nord".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 2,36 m/s nel collegamento centrale De315, scendono a 1,82 m/s nei primi rami della rete De280 e raggiungono i 2,54 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

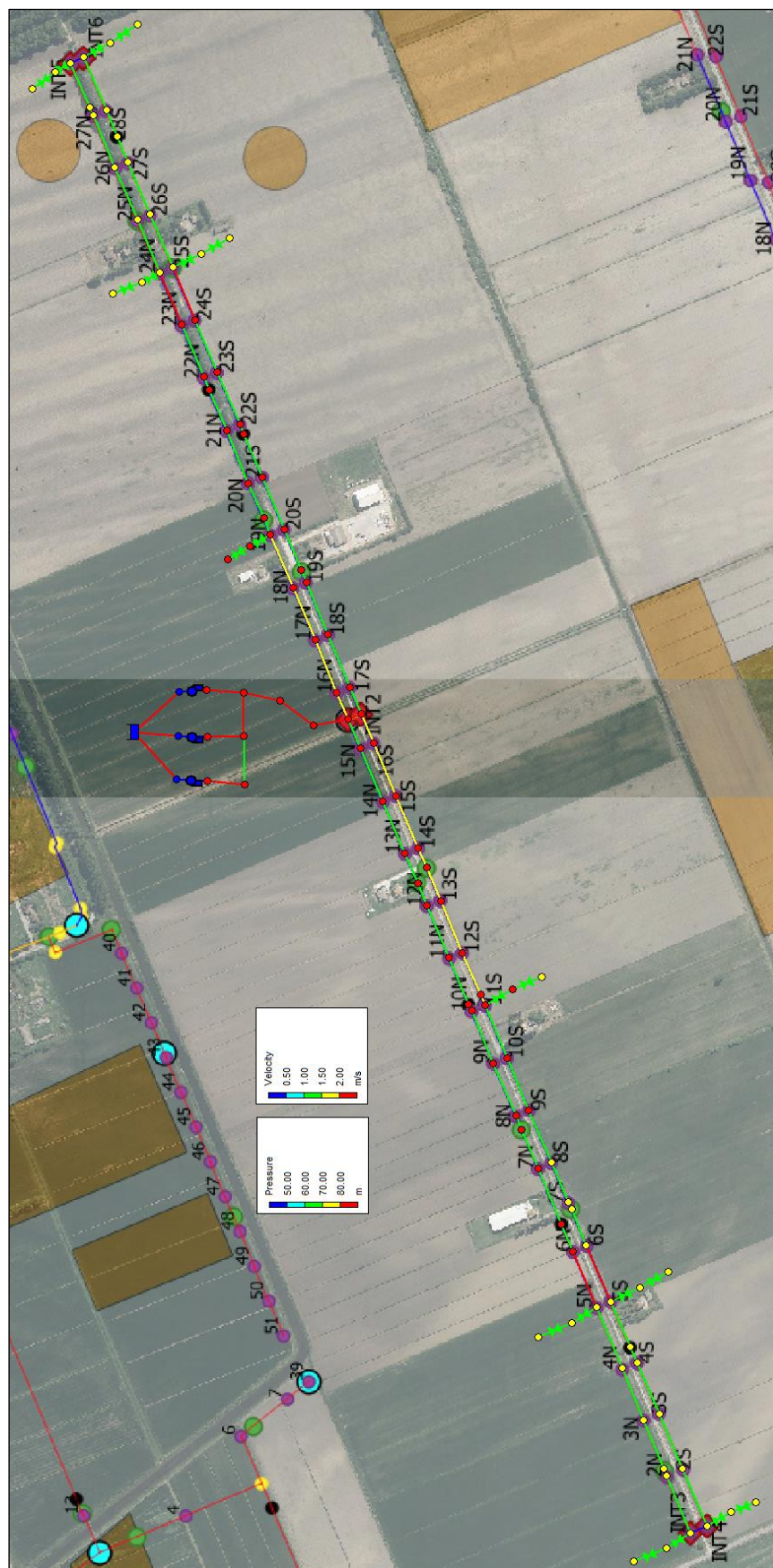


Figura 6.8 - Comizio irriguo n.2 - Ipotesi 1.

Ipotesi n.2A

Per la portata complessivamente erogata di 250 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,8 bar (90,0 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 84,4 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 64,0 m c.a. del gruppo di consegna n.28N, il più a est del Ramo "Nord".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 2,30 m/s nel collegamento centrale De315, salgono a 3,04 m/s nei primi rami della rete De280 e scendono a 2,40 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

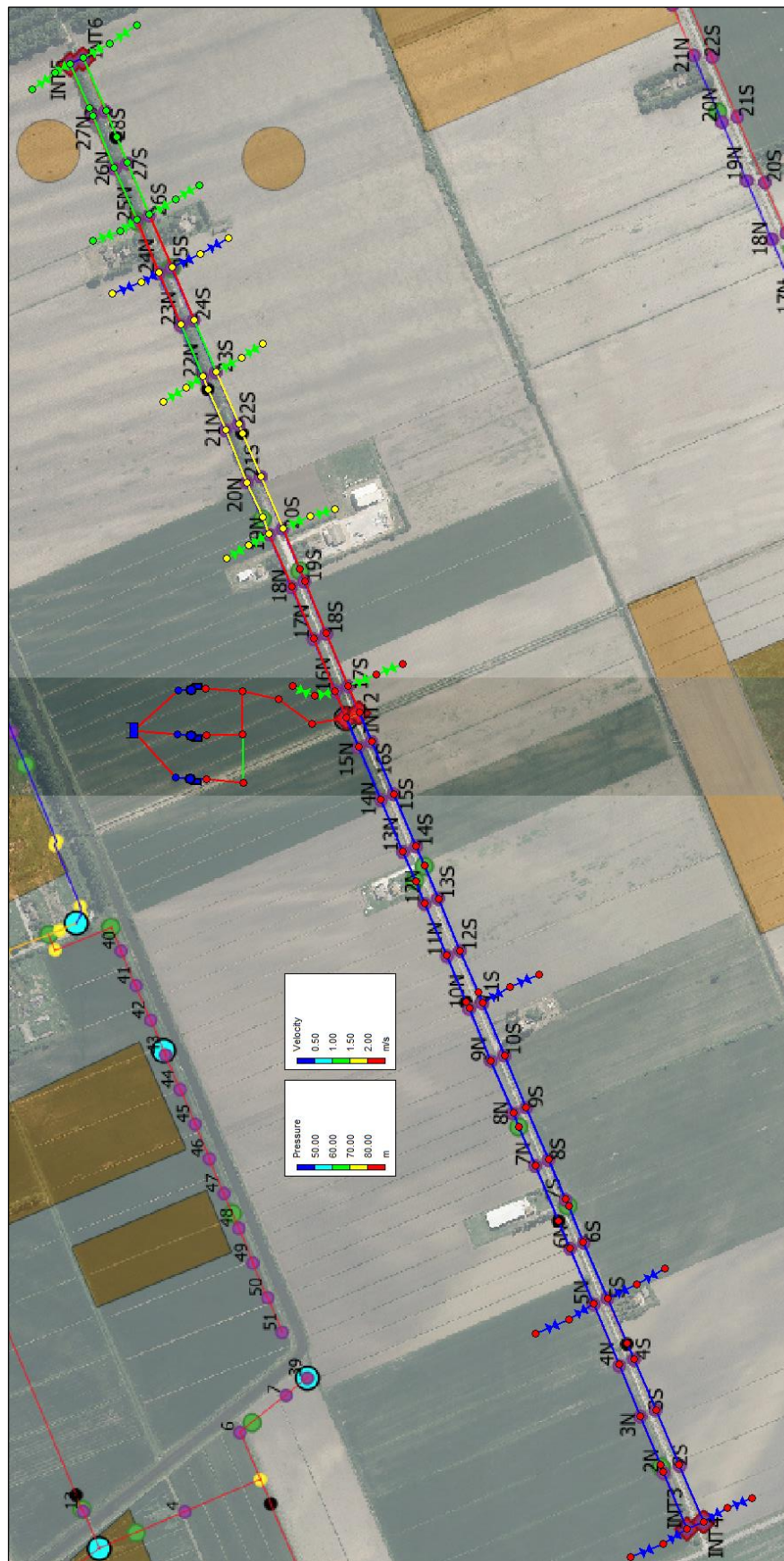


Figura 6.9 - Comizio irriguo n.2 - Ipotesi 2A.

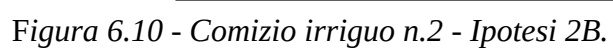
Ipotesi n.2B

Per la portata complessivamente erogata di 225 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 9,2 bar (94,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 88,9 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 69,2 m c.a. del gruppo di consegna n.28N, il più a est del Ramo "Nord".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 2,29 m/s nel collegamento centrale De315, salgono a 3,01 m/s nei primi rami della rete De280 e scendono a 2,42 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.



Ipotesi n.3A

Per la portata complessivamente erogata di 250 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,8 bar (90,0 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 84,4 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 62,4 m c.a. del gruppo di consegna n.1N, il più a ovest del Ramo "Nord".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 2,30 m/s nel collegamento centrale De315, salgono a 3,04 m/s nei primi rami della rete De280 e scendono a 2,40 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

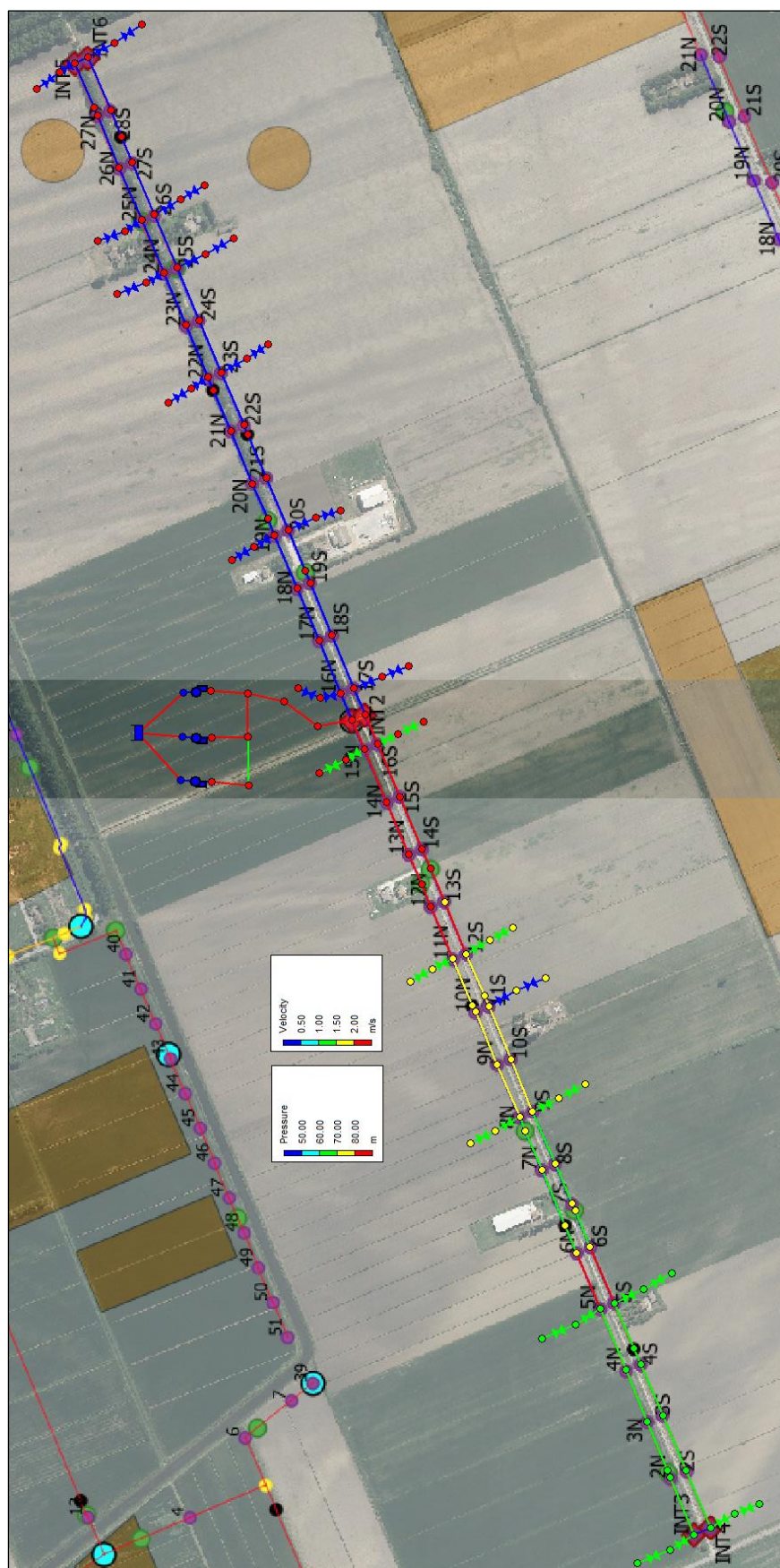


Figura 6.11 - Comizio irriguo n.2 - Ipotesi 3A.

Ipotesi n.3B

Per la portata complessivamente erogata di 225 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 9,2 bar (94,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 89,3 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 67,8 m c.a. del gruppo di consegna n.1N, il più a ovest del Ramo "Nord".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 1,85 m/s nel collegamento centrale De315, salgono a 3,02 m/s nei primi rami della rete De280 e scendono a 2,39 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

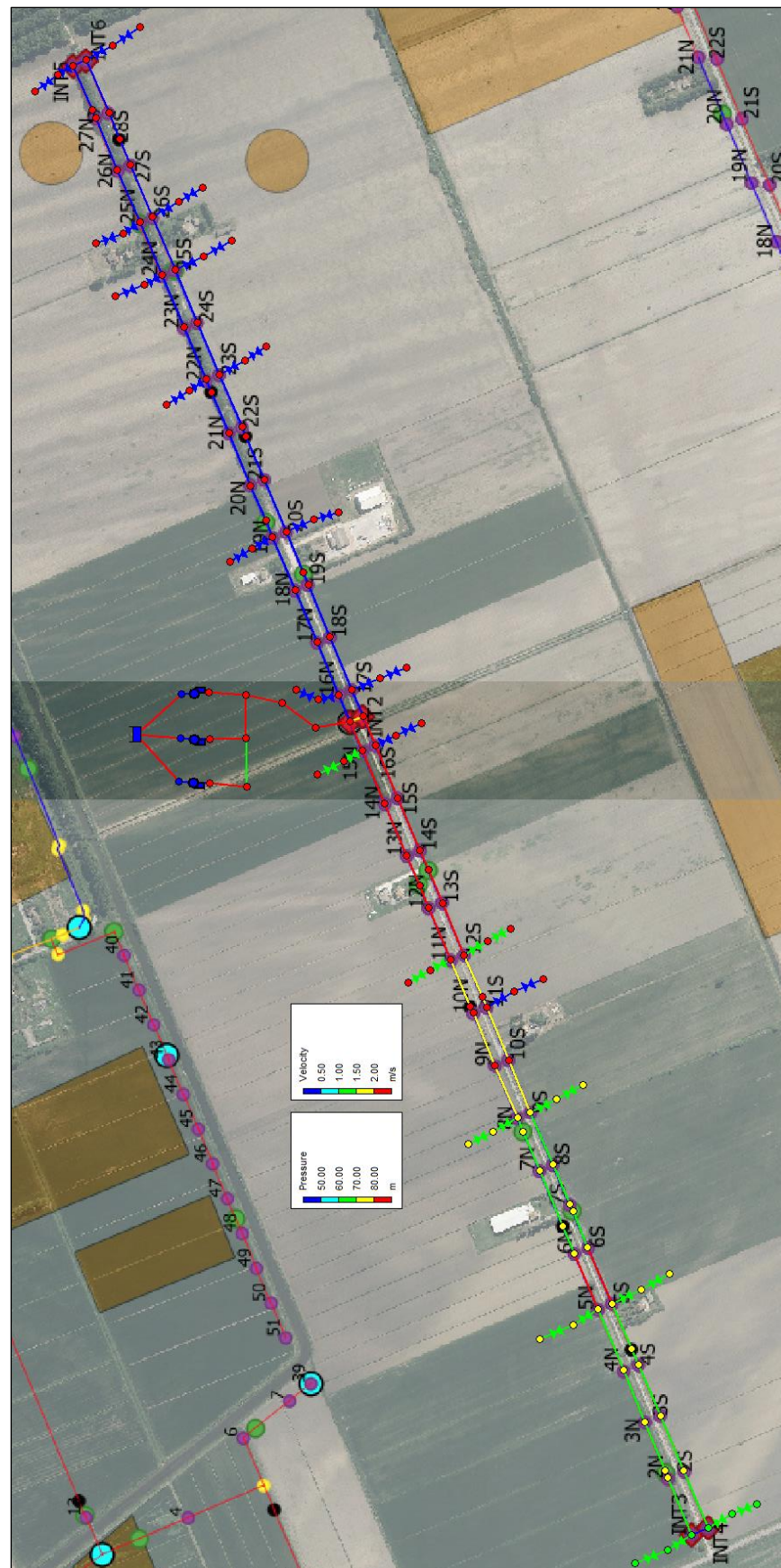


Figura 6.12 - Comizio irriguo n.2 - Ipotesi 3B.

6.3 Comizio irriguo n.3

La nuova stazione di sollevamento sarà composta da n.3 elettropompe centrifughe ad asse orizzontale con portata nominale pari a 225 m³/h (62,5 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., che potranno funzionare contemporaneamente per alimentare i 51 gruppi di consegna ripartiti nei rami della nuova rete di distribuzione.

Le verifiche idrauliche sono state condotte nell'ipotesi di alimentare contemporaneamente n.8 utenze per una portata erogata di 200 l/s (superiore agli attuali 180 l/s).

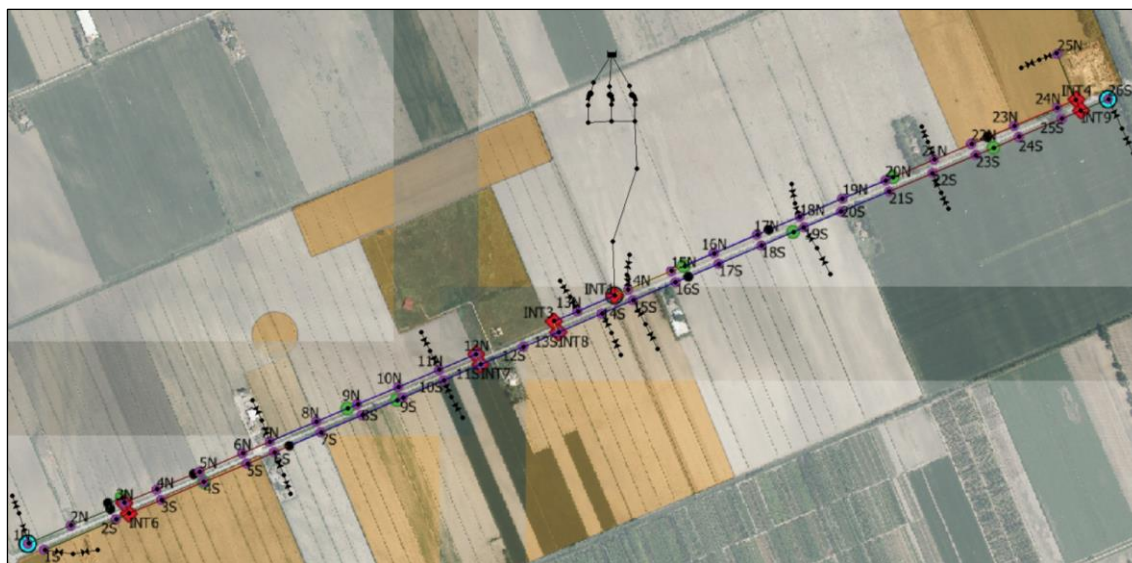


Figura 6.13 - Modello idraulico del Comizio irriguo n.3.

Sulla base di tali considerazioni, si sono indagate le tre ipotesi di distribuzione della portata massima seguenti:

- Ipotesi n.1: alimentazione delle otto utenze terminali dei rami della rete;
- Ipotesi n.2: alimentazione di n.8 utenze dei rami nord e sud a est della stazione di sollevamento;
- Ipotesi n.3: alimentazione di n.8 utenze dei rami nord e sud a ovest della stazione di sollevamento.

Con riferimento alla portata di 200 l/s, le perdite concentrate nei collettori in acciaio all'interno della stazione di sollevamento ammontano a 2,933 m, come distinti di seguito.

Descrizione	Aspirazione DN200	Mandata DN150	Collettore DN300			Condotta DN300
Portata di calcolo (l/s)	66,67	66,67	66,67	133,33	200	200
Velocità di calcolo (m/s)	2,12	3,77	0,94	1,88	2,83	2,83
Coefficiente ξ	0,90	2,20	0,50	0,50	1,00	1,50
Perdite di carico (m c.a.)	0,206	1,594	0,023	0,090	0,408	0,612

Ipotesi n.1

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 78,6 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 67,4 m c.a. del gruppo di consegna n.1S, il più a ovest del Ramo "Sud".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 2,65 m/s nel ramo principale De315, scendono a 1,21 m/s nei primi rami della rete De280 e raggiungono i 1,83 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

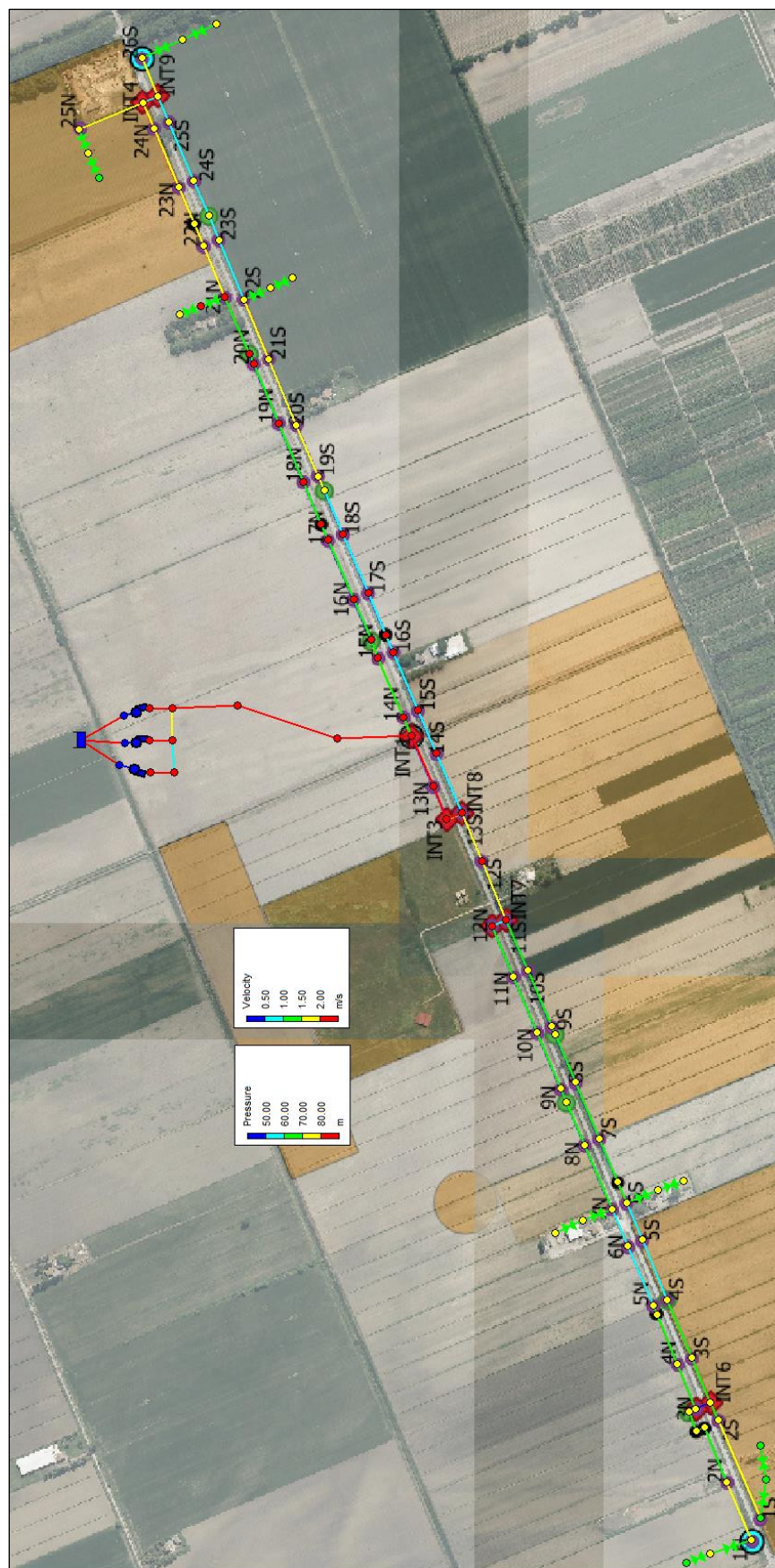


Figura 6.14 - Comizio irriguo n.3 - Ipotesi 1.

Ipotesi n.2

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 83,9 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 65,9 m c.a. del gruppo di consegna n.25N, il più a est del Ramo "Nord".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 2,15 m/s nel ramo principale De315, si mantengono a 2,13 m/s nei primi rami della rete De280 e raggiungono i 2,98 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

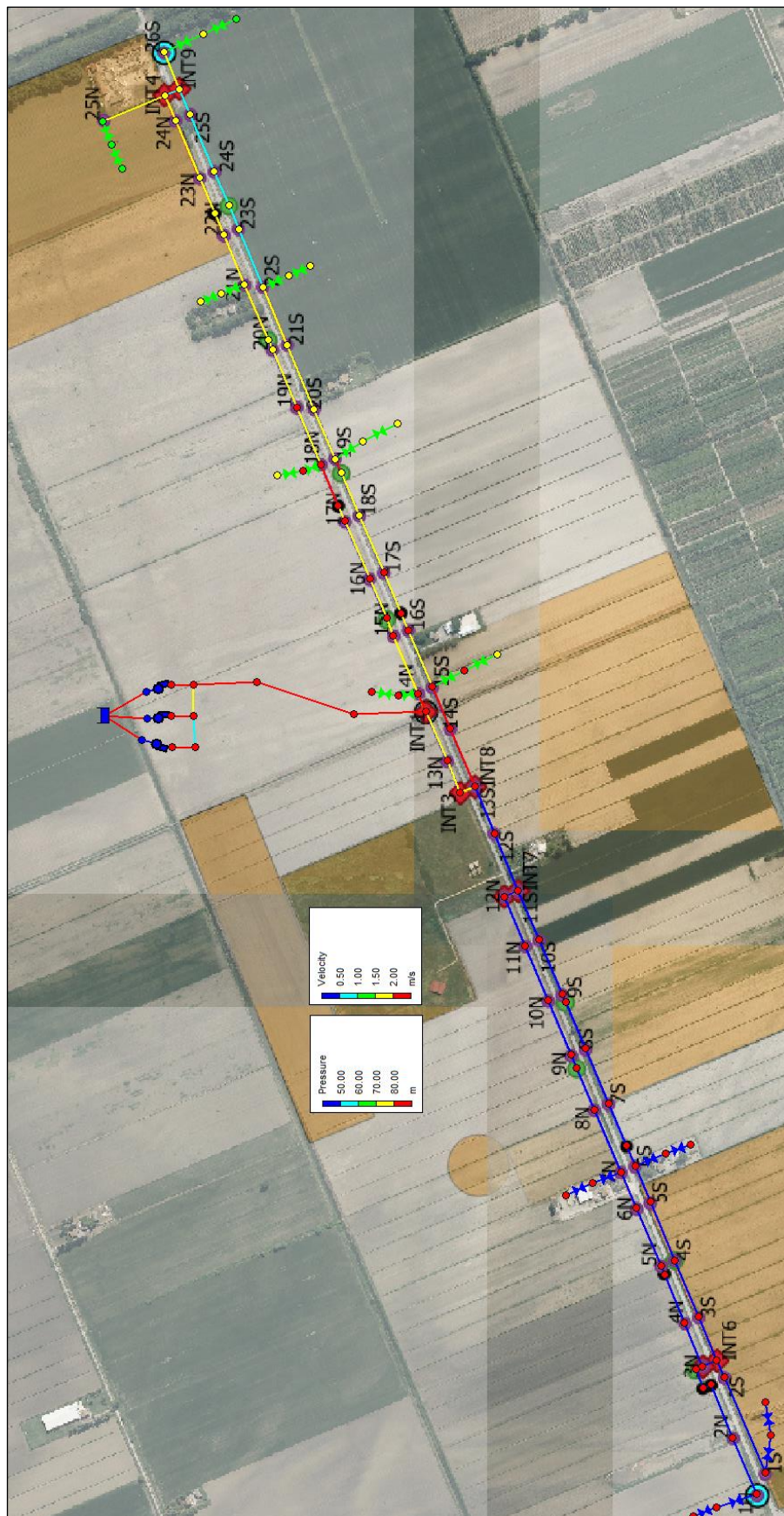


Figura 6.15 - Comizio irriguo n.3 - Ipotesi 2.

Ipotesi n.3

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 80,9 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 62,4 m c.a. del gruppo di consegna n.1S, il più a ovest del Ramo "Sud".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 3,48 m/s nel ramo principale De315, scendono a 1,83 m/s nei primi rami della rete De280 e raggiungono i 1,21 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

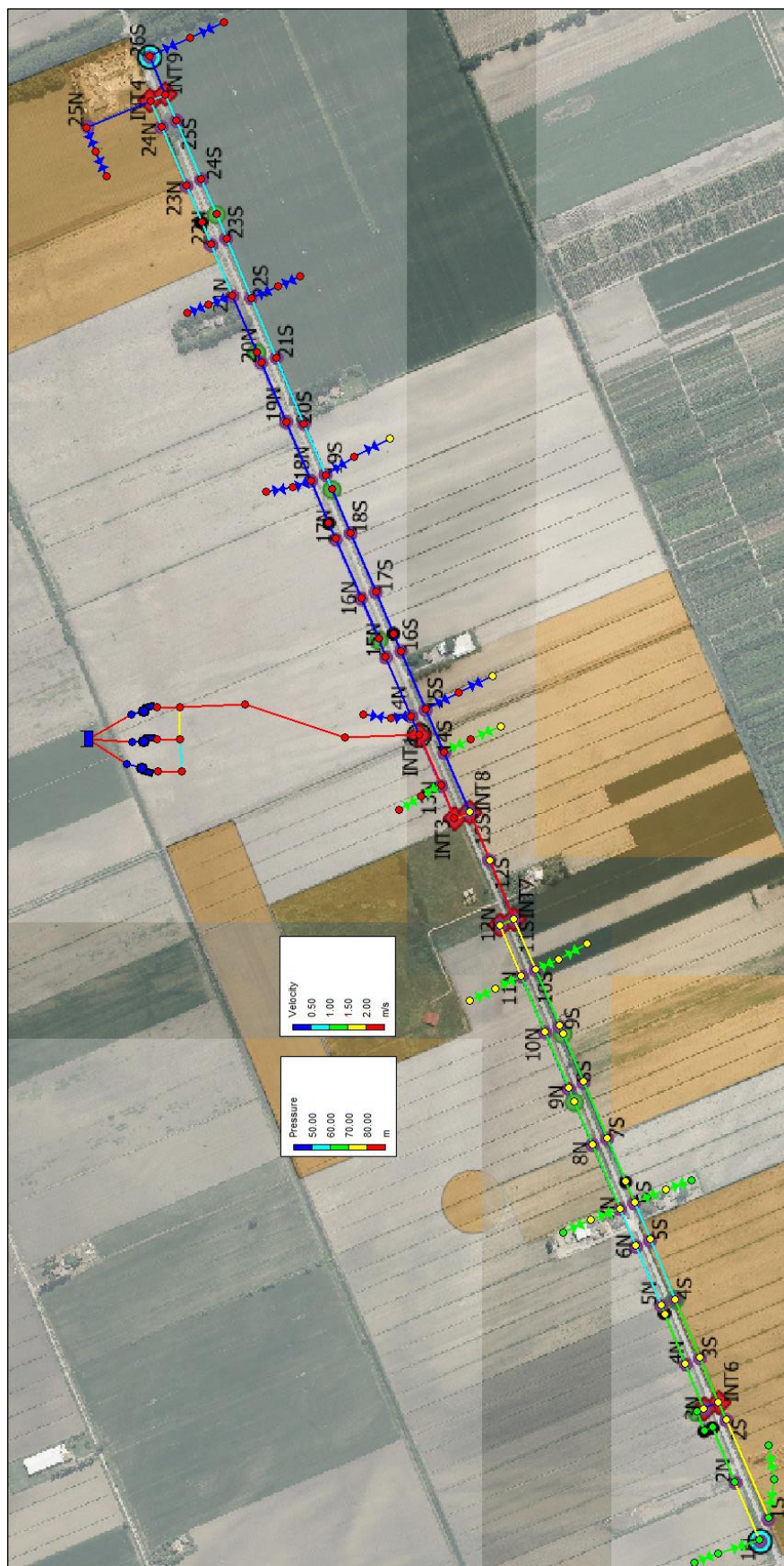


Figura 6.16 - Comizio irriguo n.3 - Ipotesi 3.

6.4 Comizio irriguo n.4

La nuova stazione di sollevamento sarà composta da n.3 elettropompe centrifughe ad asse orizzontale con portata nominale pari a 225 m³/h (62,5 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., che potranno funzionare contemporaneamente per alimentare i 51 gruppi di consegna ripartiti nei rami della nuova rete di distribuzione.

Le verifiche idrauliche sono state condotte nell'ipotesi di alimentare contemporaneamente n.8 utenze per una portata erogata di 200 l/s (superiore agli attuali 180 l/s).

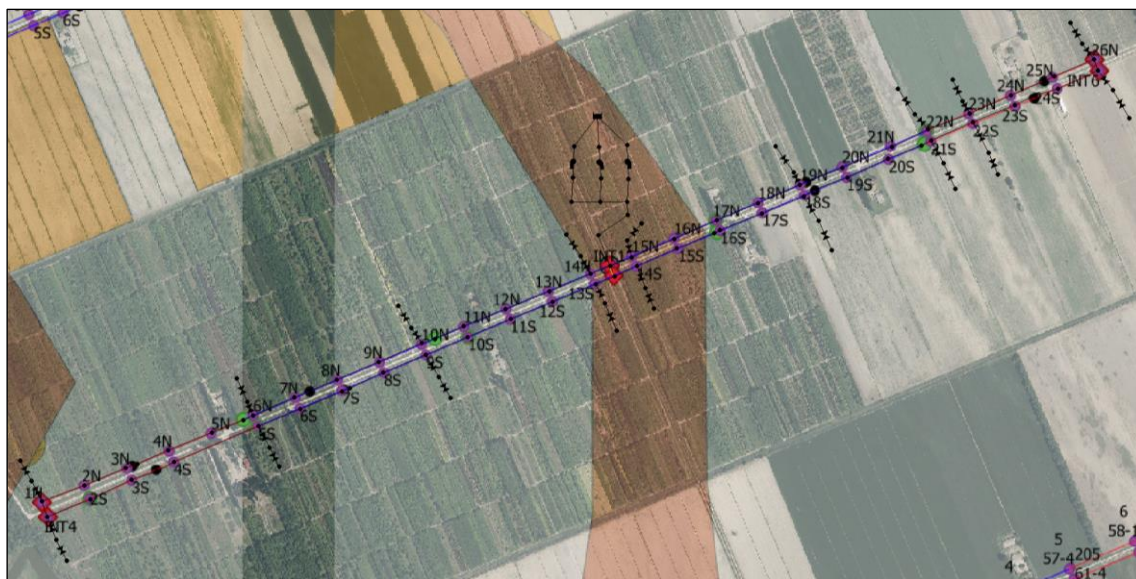


Figura 6.17 - Modello idraulico del Comizio irriguo n.4.

Sulla base di tali considerazioni, si sono indagate le tre ipotesi di distribuzione della portata massima seguenti:

- Ipotesi n.1: alimentazione delle otto utenze terminali dei rami della rete;
- Ipotesi n.2: alimentazione di n.8 utenze dei rami nord e sud a est della stazione di sollevamento;
- Ipotesi n.3: alimentazione di n.8 utenze dei rami nord e sud a ovest della stazione di sollevamento.

Con riferimento alla portata di 200 l/s, le perdite concentrate nei collettori in acciaio all'interno della stazione di sollevamento ammontano a 2,933 m, come distinti di seguito.

Descrizione	Aspirazione DN200	Mandata DN150	Collettore DN300			Condotta DN300
Portata di calcolo (l/s)	66,67	66,67	66,67	133,33	200	200
Velocità di calcolo (m/s)	2,12	3,77	0,94	1,88	2,83	2,83
Coefficiente ξ	0,90	2,20	0,50	0,50	1,00	1,50
Perdite di carico (m c.a.)	0,206	1,594	0,023	0,090	0,408	0,612

Ipotesi n.1

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 77,9 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 73,5 m c.a. del gruppo di consegna n.1N, il più a ovest del Ramo "Nord".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 1,88 m/s nel collegamento centrale De315, scendono a 1,24 m/s nei primi rami della rete De280 e raggiungono i 2,43 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

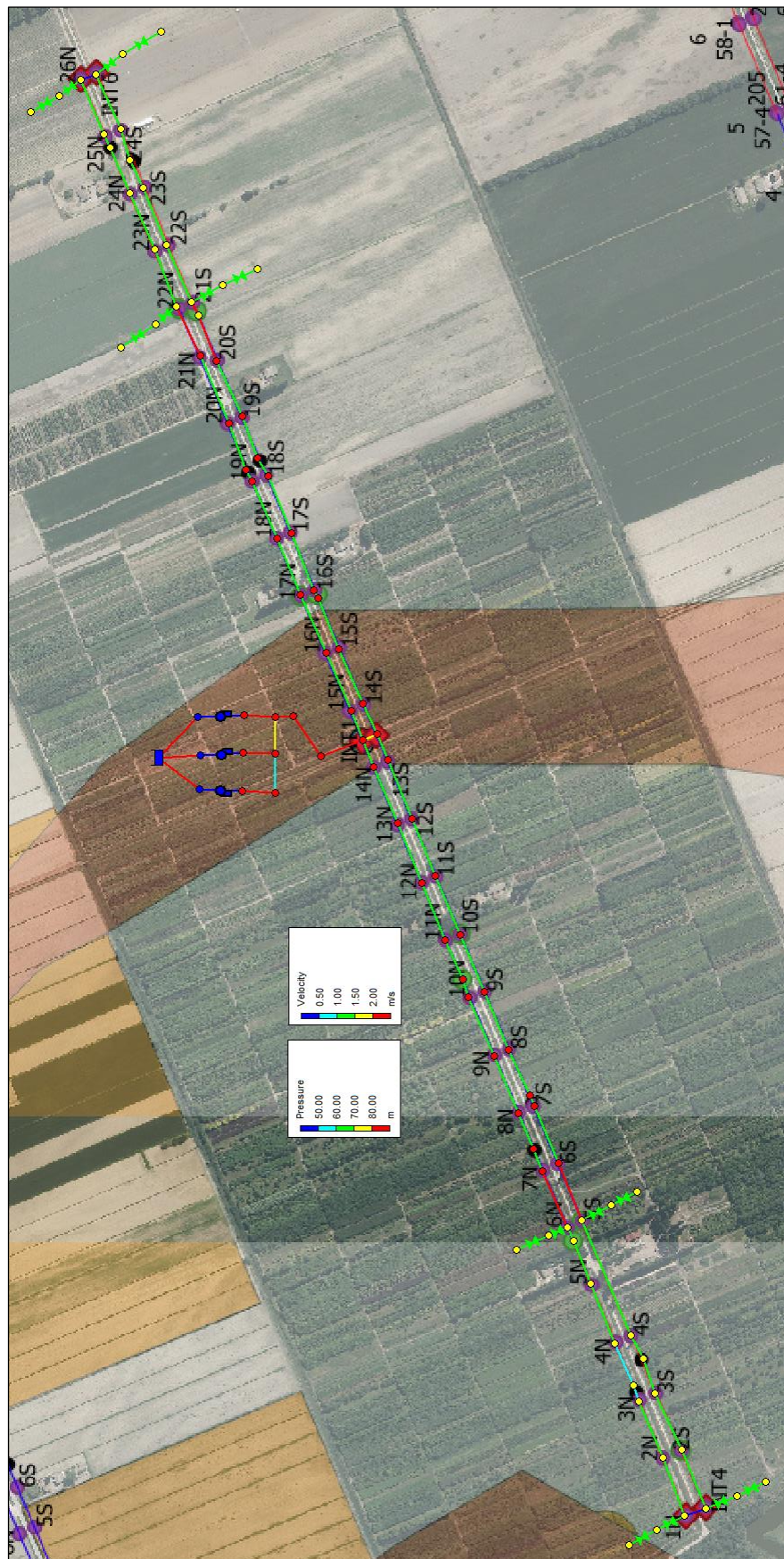


Figura 6.18 - Comizio irriguo n.4 - Ipotesi 1.

Ipotesi n.2

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 83,5 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 68,8 m c.a. dei gruppi di consegna n.26N e n.25S, quelli più a est dei Rami "Nord" e "Sud".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 1,83 m/s nel collegamento centrale De315, salgono a 2,44 m/s nei primi rami della rete De280 e si mantengono a 2,42 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.



Figura 6.19 - Comizio irriguo n.4 - Ipotesi 2.

Ipotesi n.3

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 83,5 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 70,2 m c.a. del gruppo di consegna n.1N, il più a ovest del Ramo "Nord".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 1,83 m/s nel collegamento centrale De315, salgono a 2,45 m/s nei primi rami della rete De280 e si mantengono a 2,42 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.



Figura 6.20 - Comizio irriguo n.4 - Ipotesi 3.

6.5 Comizio irriguo n.5

La nuova stazione di sollevamento sarà composta da n.4 elettropompe centrifughe ad asse orizzontale con portata nominale pari a 225 m³/h (62,5 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., che potranno funzionare contemporaneamente per alimentare i 34 gruppi di consegna ripartiti nei rami della nuova rete di distribuzione, che potranno diventare 44 per la prevista espansione futura non oggetto del presente appalto.

Le verifiche idrauliche sono state condotte nell'ipotesi di alimentare contemporaneamente n.10 utenze per una portata erogata di 250 l/s (superiore agli attuali 210 l/s).

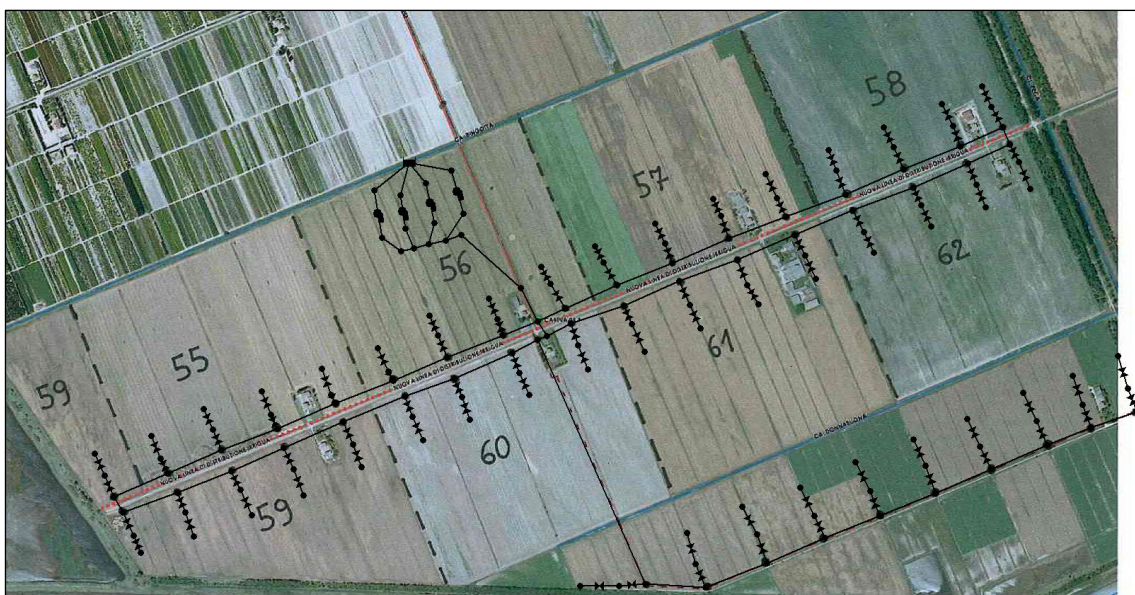


Figura 6.21 - Modello idraulico del Comizio irriguo n.5.

Sulla base di tali considerazioni, per la rete nella configurazione finale a seguito della futura espansione, si sono indagate le tre ipotesi di distribuzione della portata massima seguenti:

- Ipotesi n.1: alimentazione delle dieci utenze terminali dei rami della rete nella configurazione finale;
- Ipotesi n.2: alimentazione di n.10 utenze terminali dei rami nord e sud nella configurazione di progetto (esclusa l'espansione futura a sud);
- Ipotesi n.3: alimentazione di n.10 utenze dei rami nord e sud nella configurazione di progetto (esclusa l'espansione futura a sud) delle quali n.6 ad ovest della stazione di sollevamento e n.4 ad est.

Con riferimento alla portata di 250 l/s, le perdite concentrate nei collettori in acciaio all'interno della stazione di sollevamento ammontano a 3,643 m, come distinti di seguito.

Descrizione	Aspirazione DN200	Mandata DN150	Collettore DN300				Condotta DN300
Portata di calcolo (l/s)	62,5	62,5	62,5	125	187,5	250	250
Velocità di calcolo (m/s)	2,00	3,54	0,88	1,76	2,65	3,54	3,54
Coefficiente ξ	0,90	2,20	0,50	0,50	1,00	1,00	1,50
Perdite di carico (m c.a.)	0,184	1,405	0,020	0,079	0,358	0,639	0,958

Ipotesi n.1

Per la portata complessivamente erogata di 250 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,8 bar (90,0 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 81,8 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 75,5 m c.a. del gruppo di consegna n.62-4, il più a est del Ramo "Sud".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 2,80 m/s nel collegamento centrale De315, scendono a 1,28 m/s nei primi rami della rete De280 e si mantengono a 1,32 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

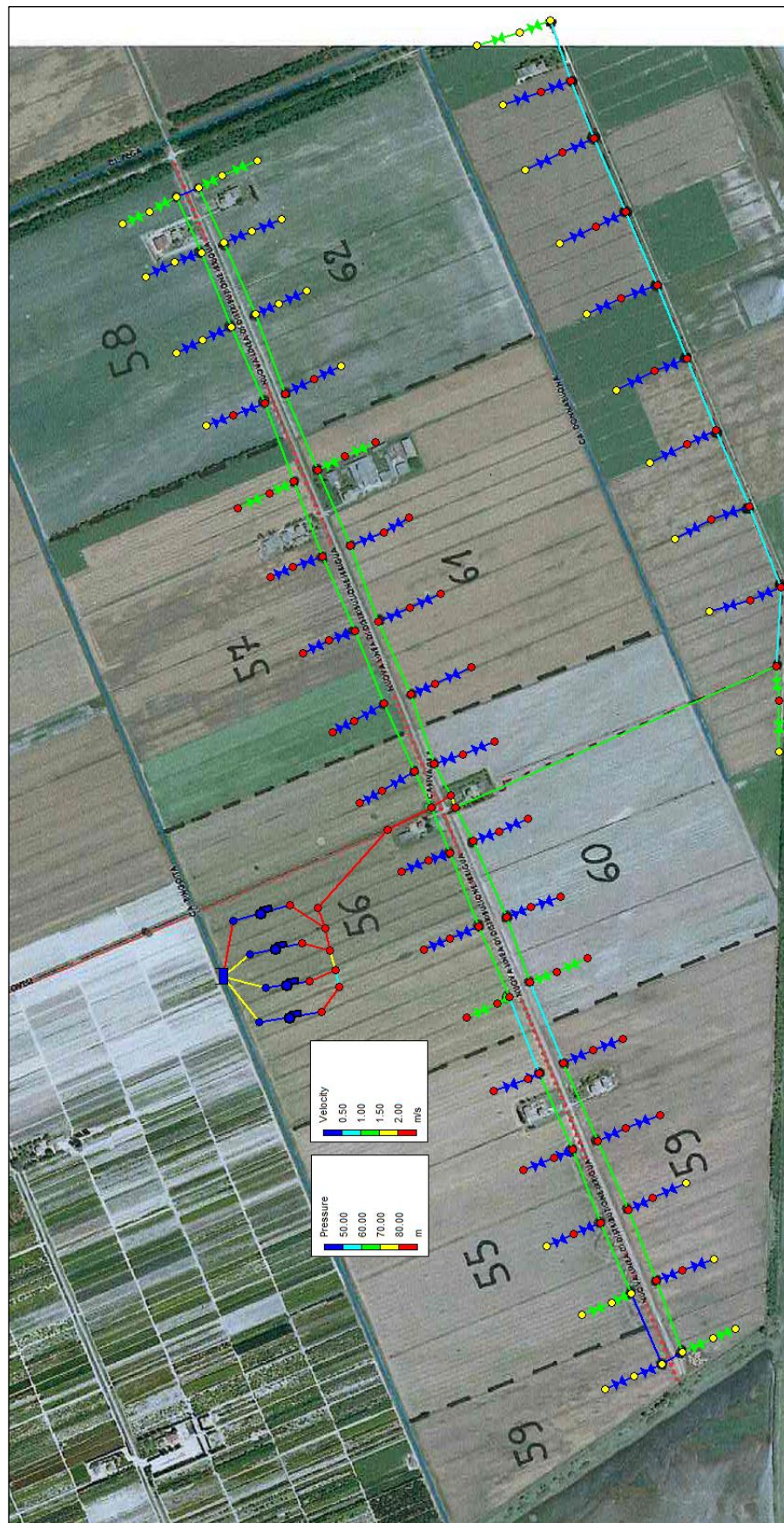


Figura 6.22 - Comizio irriguo n.5 - Ipotesi 1.

Ipotesi n.2

Per la portata complessivamente erogata di 250 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,8 bar (90,0 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 80,6 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 69,2 m c.a. dei gruppi di consegna n.58-4 e n.62-4, quelli più a est dei Rami "Nord" e "Sud".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 2,31 m/s nel collegamento centrale De315, scendono a 1,57 m/s nei primi rami della rete De280 e risalgono a 1,89 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

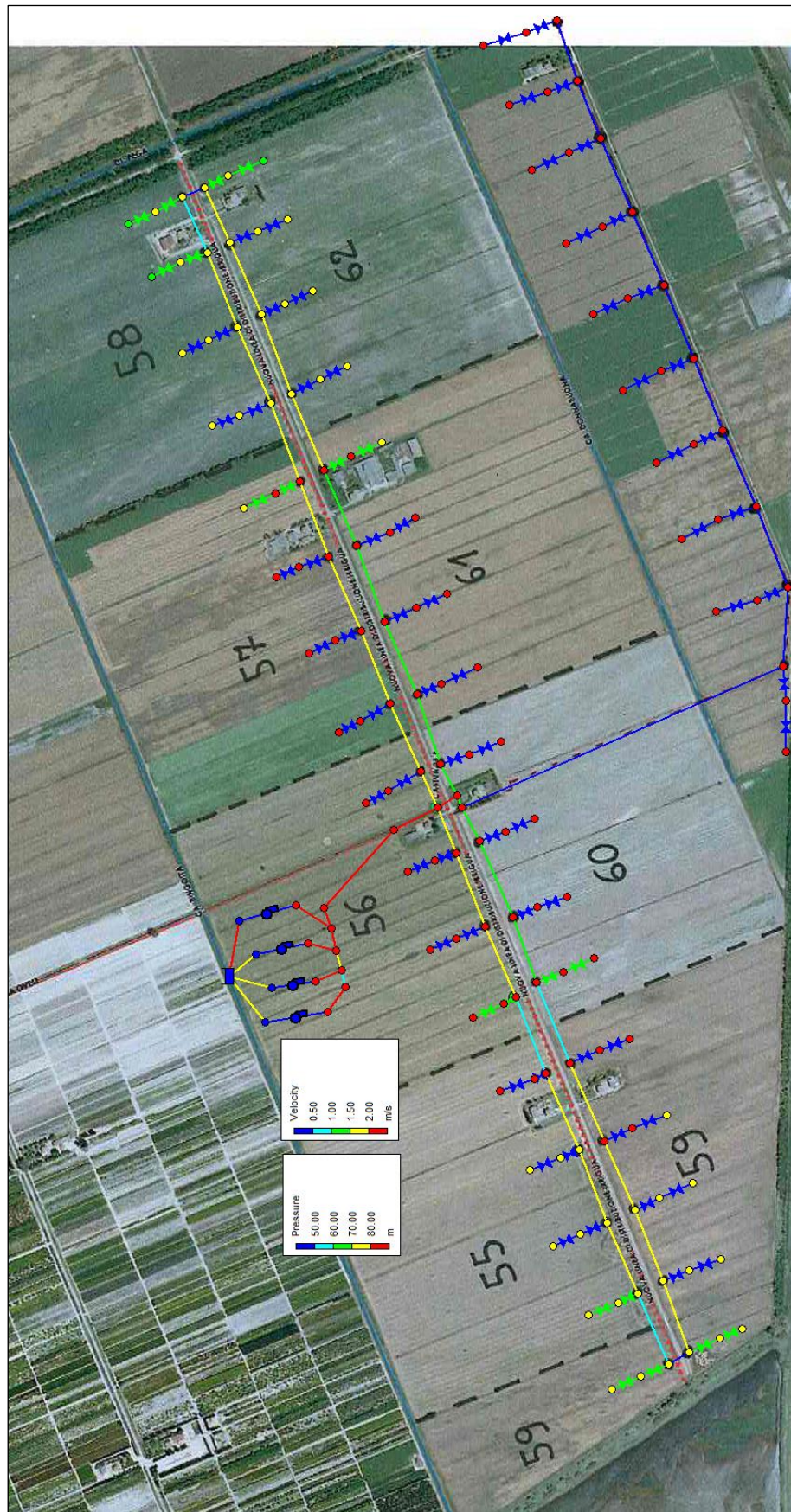


Figura 6.23 - Comizio irriguo n.5 - Ipotesi 2.

Ipotesi n.3

Per la portata complessivamente erogata di 250 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,8 bar (90,0 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 81,1 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 67,7 m c.a. dei gruppi di consegna n.59-1 e n.59-2, quelli più a ovest dei Rami "Nord" e "Sud".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 2,37 m/s nel collegamento centrale De315, scendono a 1,83 m/s nei primi rami della rete De280 e risalgono a 2,41 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

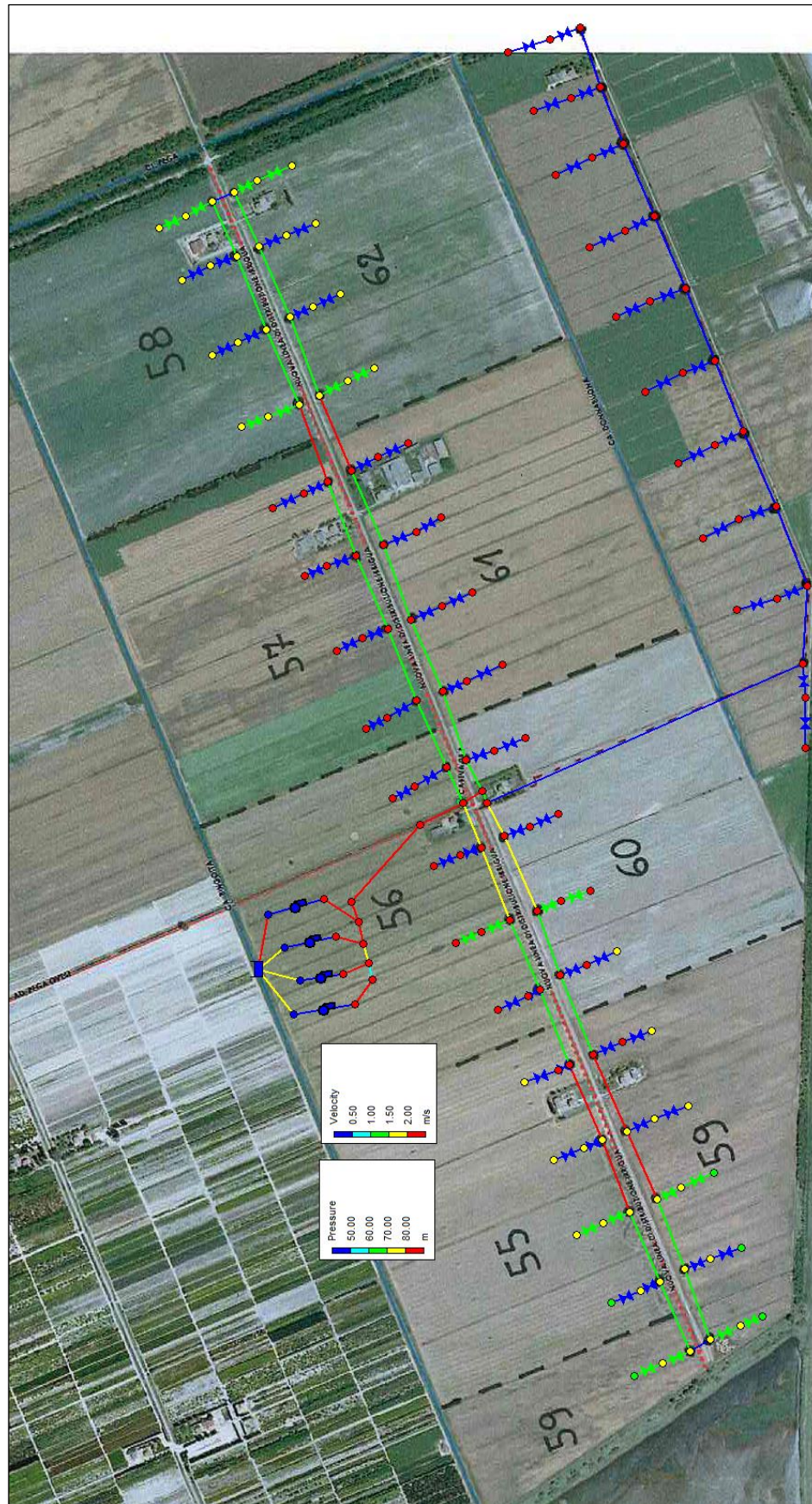


Figura 6.24 - Comizio irriguo n.5 - Ipotesi 3.

6.6 Comizio irriguo n.6

La nuova stazione di sollevamento sarà composta da un'unica elettropompa centrifuga ad asse orizzontale con portata nominale pari a 300 m³/h (83,3 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., che potranno funzionare contemporaneamente per alimentare i 29 gruppi di consegna ripartiti nei rami della nuova rete di distribuzione.

Le verifiche idrauliche sono state condotte sulla base di due criteri: il primo prevede di alimentare contemporaneamente n.3 utenze per una portata erogata di 75 l/s (superiore all'attuale 50 l/s); il secondo criterio prevede invece il funzionamento del sollevamento alla massima portata erogabile di 100 l/s, corrispondente all'alimentazione di n.4 gruppi di consegna.



Figura 6.25 - Modello idraulico del Comizio irriguo n.6.

Sulla base di tali considerazioni, si sono indagate le cinque ipotesi di distribuzione della portata massima seguenti:

- Ipotesi n.1: alimentazione delle quattro utenze terminali dei rami della rete;
- Ipotesi n.2: alimentazione di n.3 utenze dei rami est e ovest a nord della stazione di sollevamento;
- Ipotesi n.3: alimentazione di n.3 utenze dei rami est e ovest a sud della stazione di sollevamento.

Con riferimento alla portata di 75 l/s, le perdite concentrate nei collettori in acciaio all'interno della stazione di sollevamento ammontano a 1,631 m, come distinti di seguito.

Descrizione	Aspirazione DN200	Mandata DN200	Collettore DN250	Condotta DN250
Portata di calcolo (l/s)	75	75	75	75
Velocità di calcolo (m/s)	2,39	2,39	2,39	2,39
Coefficiente ξ	0,90	2,20	1,00	1,50
Perdite di carico (m c.a.)	0,262	0,641	0,291	0,437

Con riferimento alla portata di 100 l/s, le perdite concentrate nei collettori in acciaio all'interno della stazione di sollevamento ammontano a 2,886 m, come distinti di seguito.

Descrizione	Aspirazione DN200	Mandata DN200	Collettore DN250	Condotta DN250
Portata di calcolo (l/s)	100	100	100	100
Velocità di calcolo (m/s)	3,18	3,18	3,18	3,18
Coefficiente ξ	0,90	2,20	1,00	1,50
Perdite di carico (m c.a.)	0,464	1,134	0,515	0,773

Ipotesi n.1

Per la portata complessivamente erogata di 100 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 7,8 bar (80,0 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 74,0 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 67,0 m c.a. del gruppo di consegna n.15, il più a ovest del Ramo "Sud".

Le velocità massime nelle condotte sono pari a 1,21 m/s nella condotta principale De280 e si mantengono pressoché costanti e pari a 1,19 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.



Figura 6.26 - Comizio irriguo n.6 - Ipotesi 1.

Ipotesi n.2

Per la portata complessivamente erogata di 75 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 9,2 bar (94,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 88,6 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 80,3 m c.a. del gruppo di consegna n.1, il più a ovest del Ramo "Nord".

Le velocità massime nelle condotte sono pari a 1,82 m/s nella condotta principale De280 e salgono a 2,38 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.



Figura 6.27 - Comizio irriguo n.6 - Ipotesi 2.

Ipotesi n.3

Per la portata complessivamente erogata di 75 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 9,2 bar (94,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 86,8 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 78,7 m c.a. del gruppo di consegna n.15, il più a ovest del Ramo "Sud".

Le velocità massime nelle condotte sono pari a 1,82 m/s nella condotta principale De280 e salgono a 2,38 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.



Figura 6.28 - Comizio irriguo n.6 - Ipotesi 6.

6.7 Comizio irriguo n.7

La nuova stazione di sollevamento sarà composta da n.3 elettropompe centrifughe ad asse orizzontale con portata nominale pari a 225 m³/h (62,5 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., che potranno funzionare contemporaneamente per alimentare i 44 gruppi di consegna ripartiti nei rami della nuova rete di distribuzione.

Le verifiche idrauliche sono state condotte nell'ipotesi di alimentare contemporaneamente n.8 utenze per una portata erogata di 200 l/s (superiore agli attuali 150 l/s).

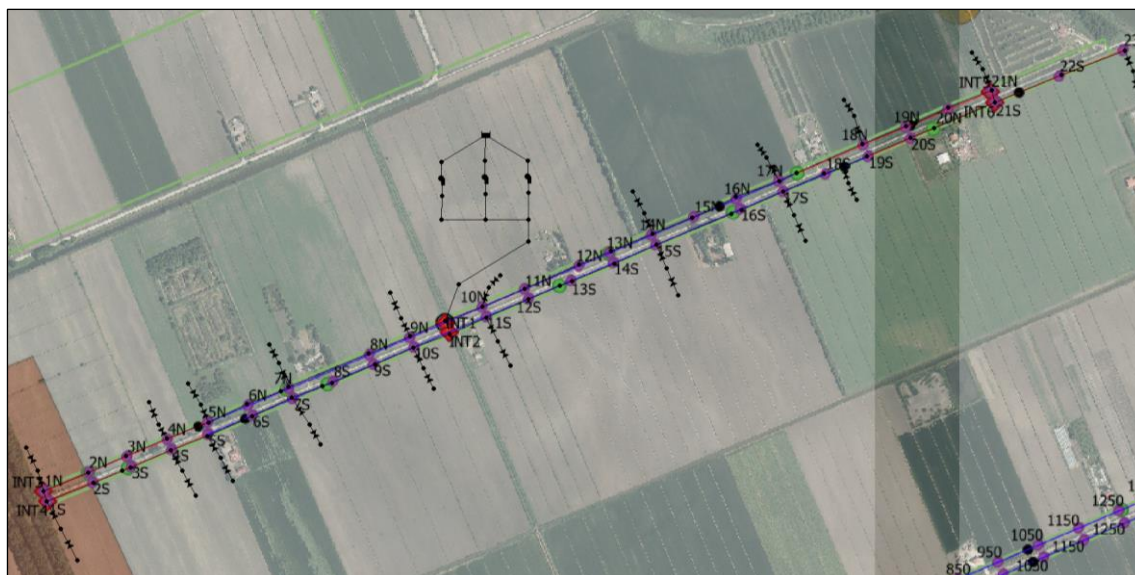


Figura 6.29 - Modello idraulico del Comizio irriguo n.7.

Sulla base di tali considerazioni, si sono indagate le tre ipotesi di distribuzione della portata massima seguenti:

- Ipotesi n.1: alimentazione delle otto utenze terminali dei rami della rete;
- Ipotesi n.2: alimentazione di n.8 utenze dei rami nord e sud a est della stazione di sollevamento;
- Ipotesi n.3: alimentazione di n.8 utenze dei rami nord e sud a ovest della stazione di sollevamento.

Con riferimento alla portata di 200 l/s, le perdite concentrate nei collettori in acciaio all'interno della stazione di sollevamento ammontano a 2,933 m, come distinti di seguito.

Descrizione	Aspirazione DN200	Mandata DN150	Collettore DN300			Condotta DN300
Portata di calcolo (l/s)	66,67	66,67	66,67	133,33	200	200
Velocità di calcolo (m/s)	2,12	3,77	0,94	1,88	2,83	2,83
Coefficiente ξ	0,90	2,20	0,50	0,50	1,00	1,50
Perdite di carico (m c.a.)	0,206	1,594	0,023	0,090	0,408	0,612

Ipotesi n.1

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 80,0 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 73,4 m c.a. del gruppo di consegna n.23S, il più a est del Ramo "Sud".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 1,91 m/s nel collegamento centrale De315, scendono a 1,23 m/s nei primi rami della rete De280 e raggiungono i 2,41 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

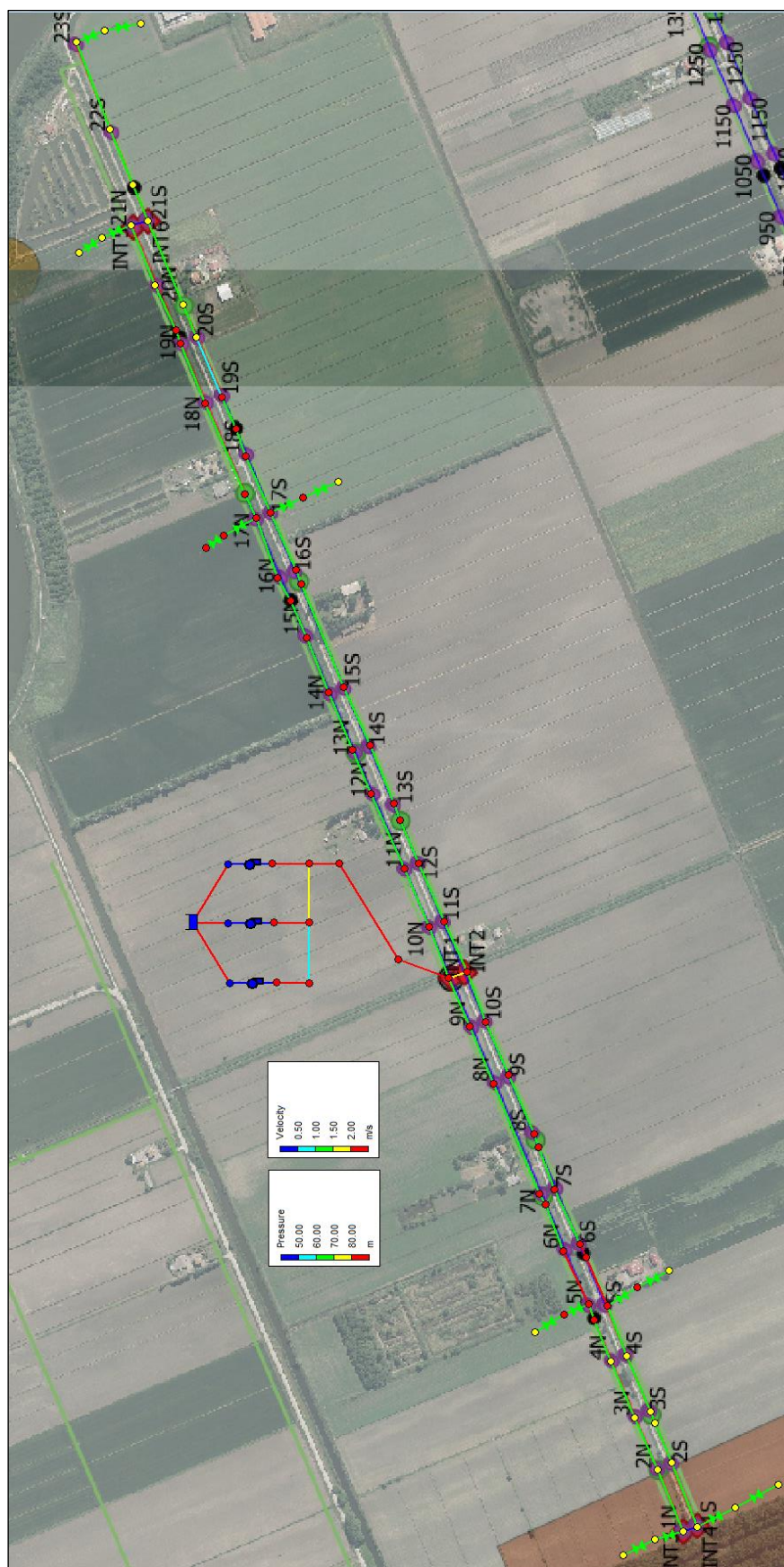


Figura 6.30 - Comizio irriguo n.7 - Ipotesi 1.

Ipotesi n.2

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 83,0 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 65,5 m c.a. del gruppo di consegna n.23S, il più a est del Ramo "Sud.

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 1,87 m/s nel collegamento centrale De315, salgono a 2,46 m/s nei primi rami della rete De280 e si mantengono a 2,44 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

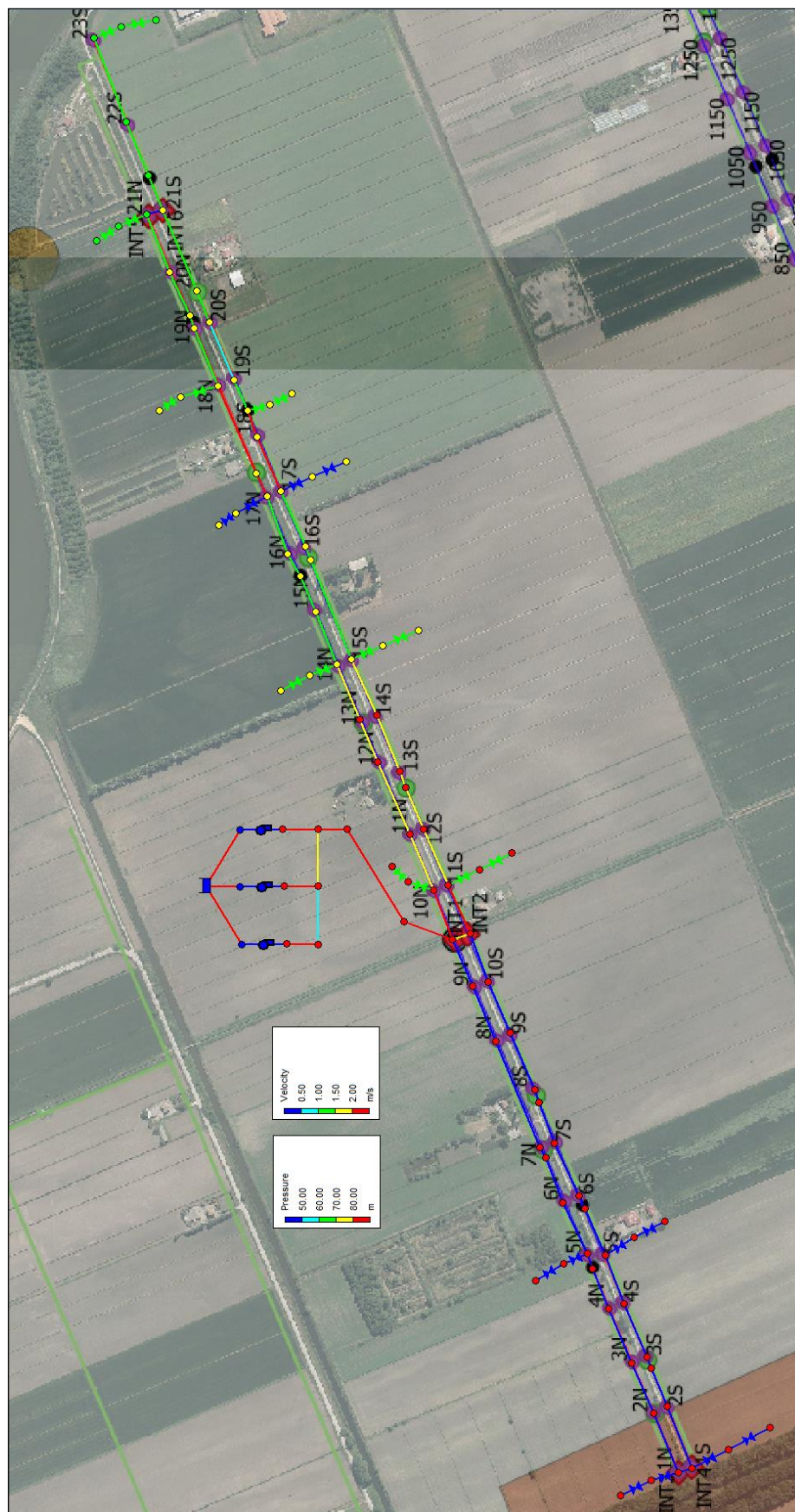


Figura 6.31 - Comizio irriguo n.7 - Ipotesi 2.

Ipotesi n.3

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 82,9 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 69,3 m c.a. dei gruppi di consegna n.1N e n.1S, quelli più a ovest dei Rami "Nord" e "Sud".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 1,84 m/s nel collegamento centrale De315, salgono a 2,43 m/s nei primi rami della rete De280 e si mantengono a 2,39 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

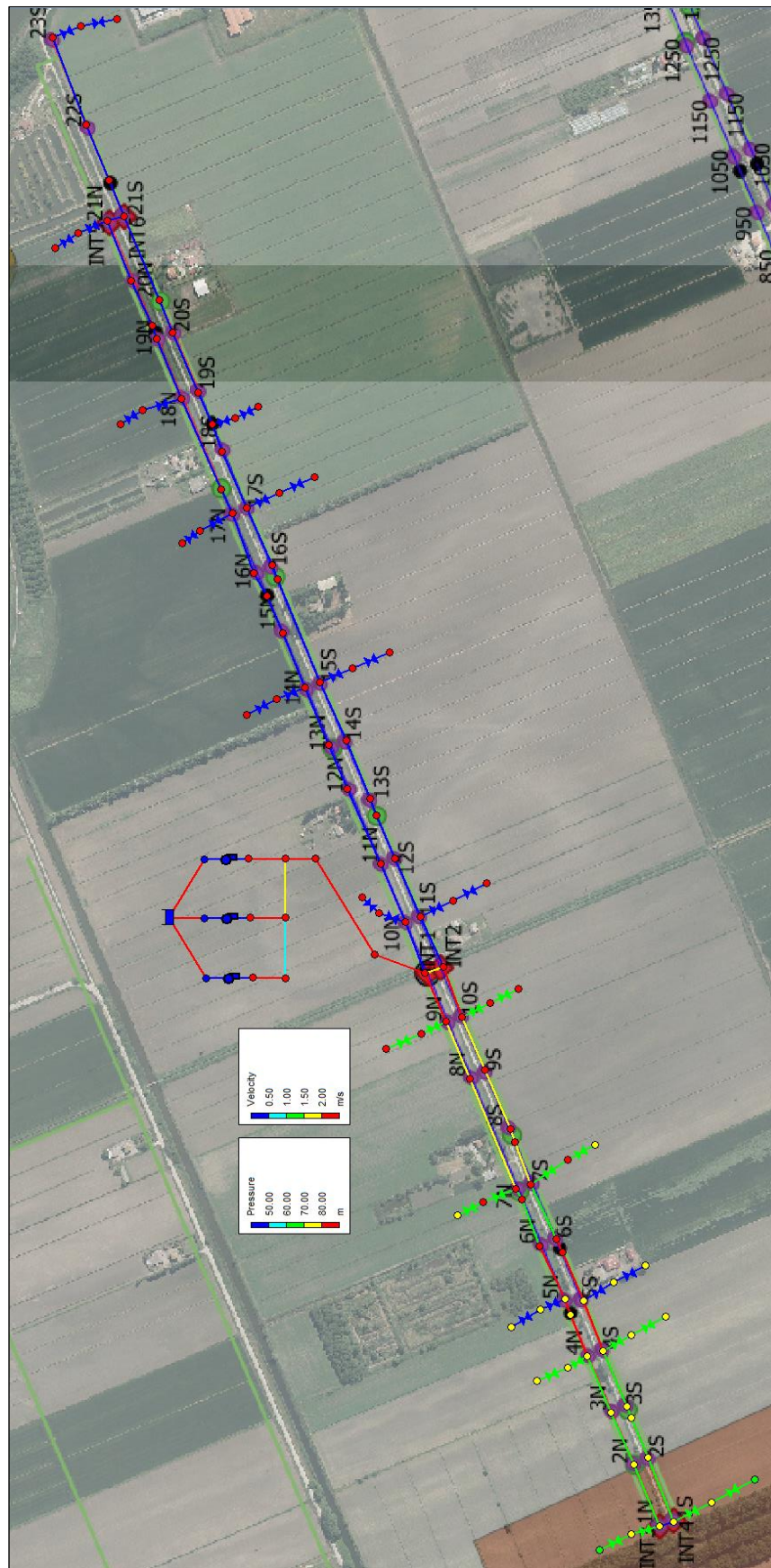


Figura 6.32 - Comizio irriguo n.7 - Ipotesi 3.

6.8 Comizio irriguo n.8

La nuova stazione di sollevamento sarà composta da n.3 elettropompe centrifughe ad asse orizzontale con portata nominale pari a 225 m³/h (62,5 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., che potranno funzionare contemporaneamente per alimentare i 54 gruppi di consegna ripartiti nei rami della nuova rete di distribuzione.

Le verifiche idrauliche sono state condotte nell'ipotesi di alimentare contemporaneamente n.8 utenze per una portata erogata di 200 l/s (superiore agli attuali 150 l/s).

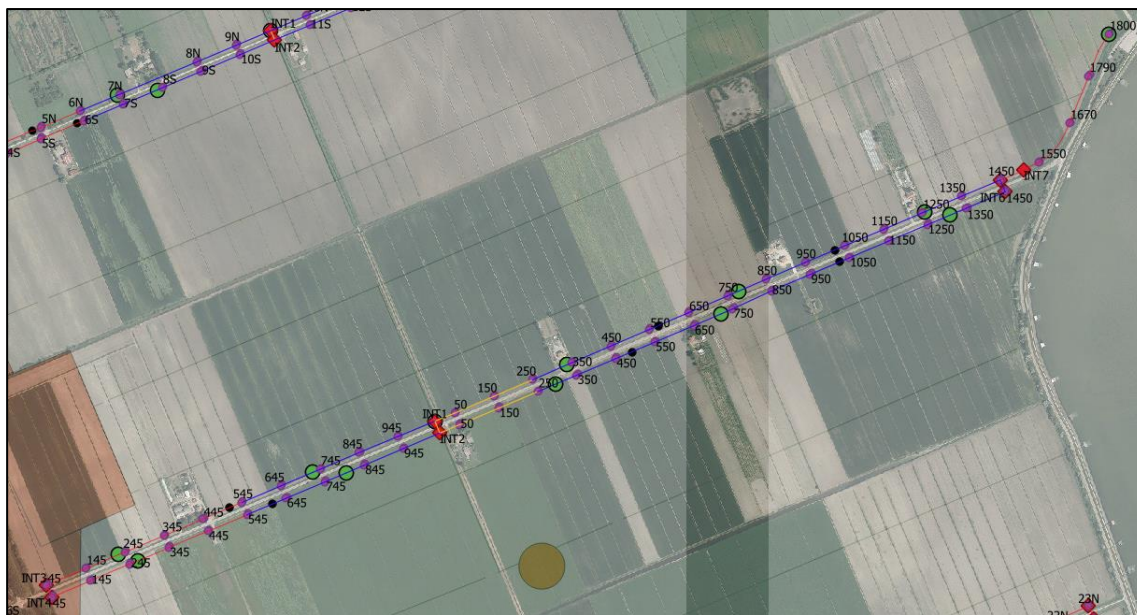


Figura 6.33 - Modello idraulico del Comizio irriguo n.8.

Sulla base di tali considerazioni, si sono indagate le tre ipotesi di distribuzione della portata massima seguenti:

- Ipotesi n.1: alimentazione delle otto utenze terminali dei rami della rete;
- Ipotesi n.2: alimentazione di n.8 utenze dei rami nord e sud a est della stazione di sollevamento;
- Ipotesi n.3: alimentazione di n.8 utenze dei rami nord e sud a ovest della stazione di sollevamento.

Con riferimento alla portata di 200 l/s, le perdite concentrate nei collettori in acciaio all'interno della stazione di sollevamento ammontano a 2,933 m, come distinti di seguito.

Descrizione	Aspirazione DN200	Mandata DN150	Collettore DN300			Condotta DN300
Portata di calcolo (l/s)	66,67	66,67	66,67	133,33	200	200
Velocità di calcolo (m/s)	2,12	3,77	0,94	1,88	2,83	2,83
Coefficiente ξ	0,90	2,20	0,50	0,50	1,00	1,50
Perdite di carico (m c.a.)	0,206	1,594	0,023	0,090	0,408	0,612

Ipotesi n.1

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 81,1 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 71,7 m c.a. del gruppo di consegna posto nell'antenna est del Ramo "Nord".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 1,47 m/s nel ramo principale De315, salgono a 1,84 m/s nei primi rami della rete De280 e scendono a 1,30 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

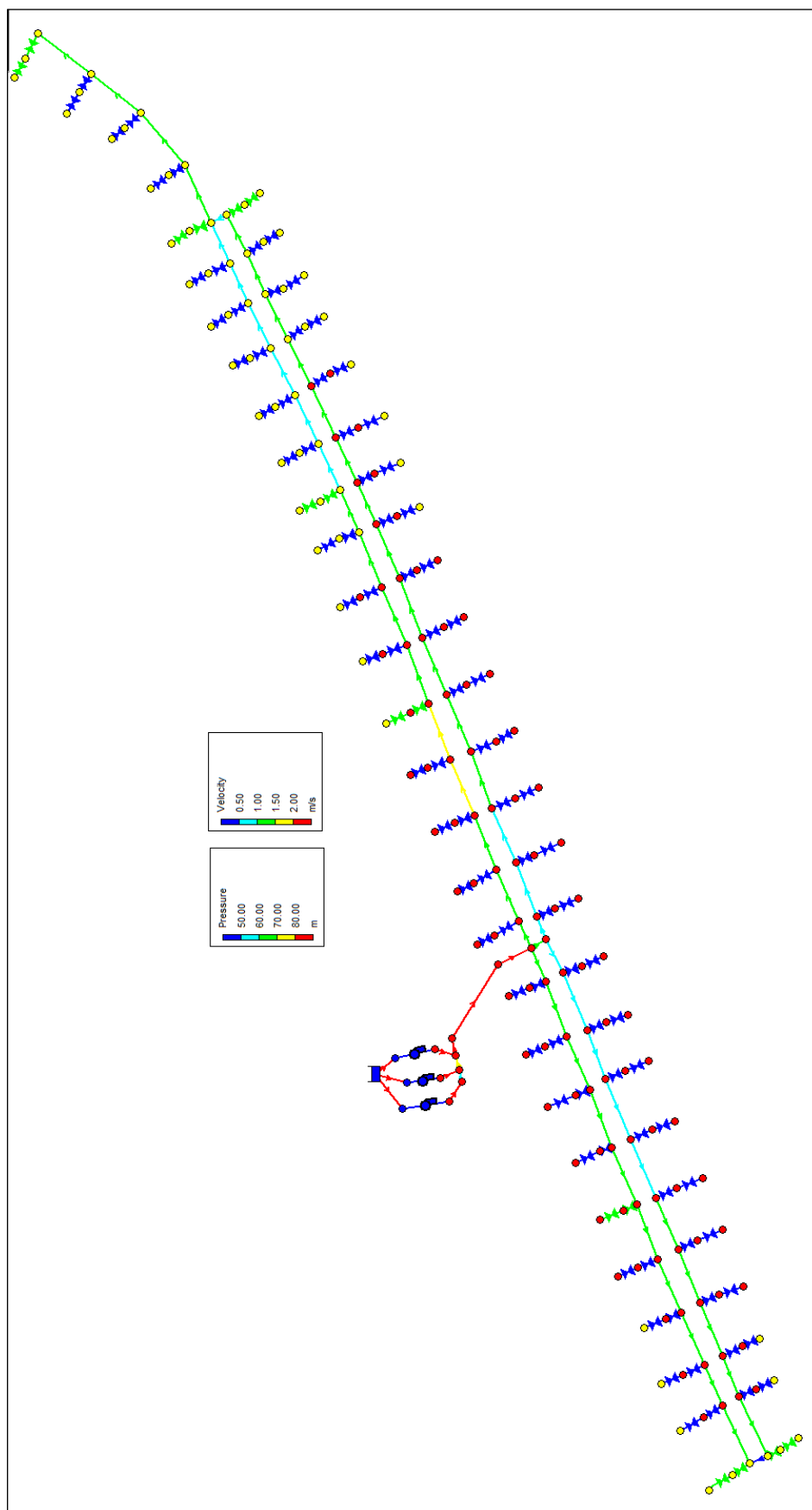


Figura 6.34 - Comizio irriguo n.8 - Ipotesi 1.

Ipotesi n.2

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 80,1 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 64,5 m c.a. del gruppo di consegna posto nell'antenna est del Ramo "Nord".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 2,13 m/s nel ramo principale De315, si mantengono a 2,16 m/s nei primi rami della rete De280 e scendono a 1,20 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

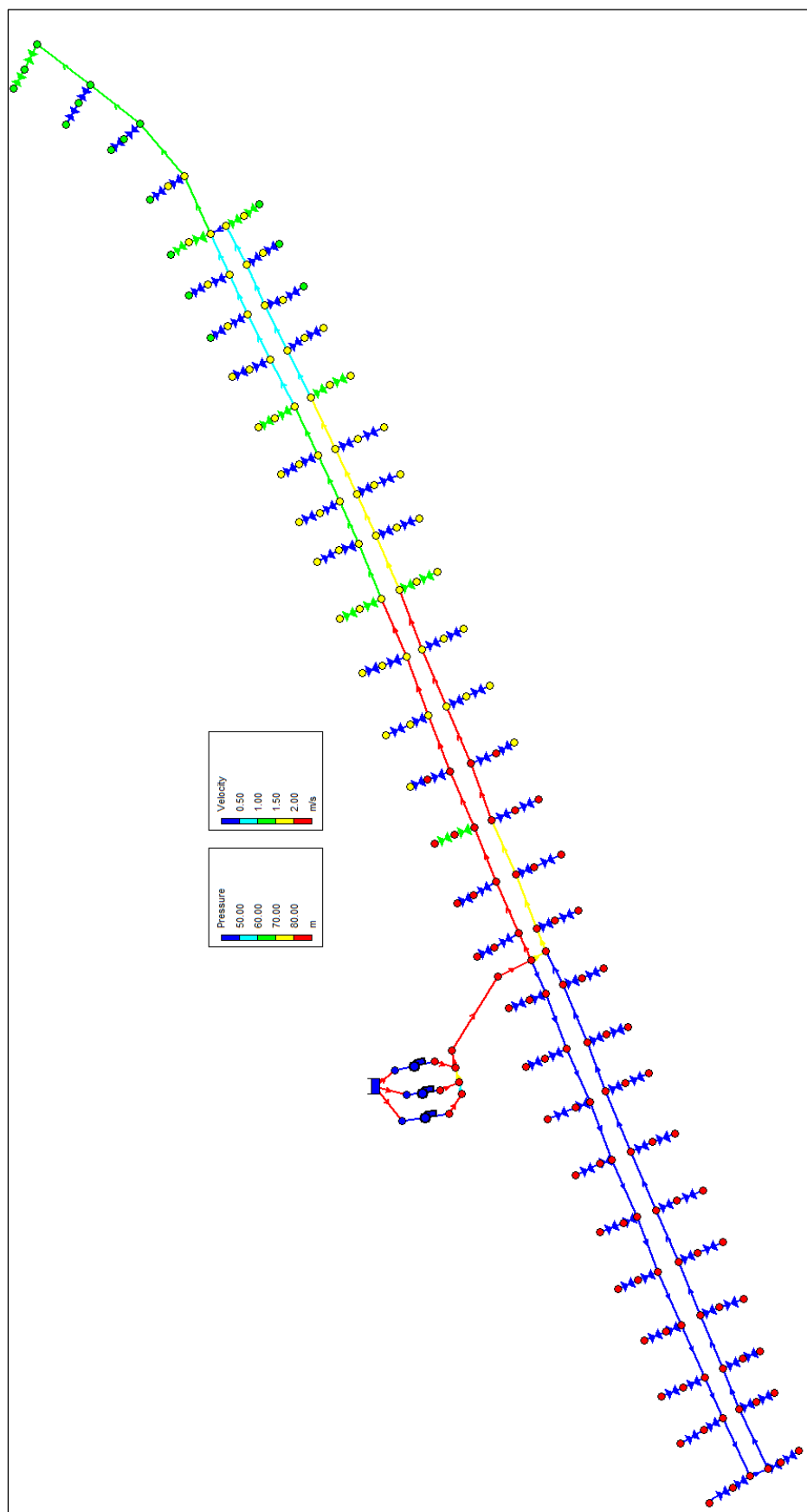


Figura 6.35 - Comizio irriguo n.8 - Ipotesi 2.

Ipotesi n.3

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 82,0 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 68,7 m c.a. del gruppo di consegna più a ovest del Ramo "Nord".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 1,77 m/s nel ramo di collegamento De315, si mantengono a 2,43 m/s nei primi rami della rete De280 e salgono a 2,39 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

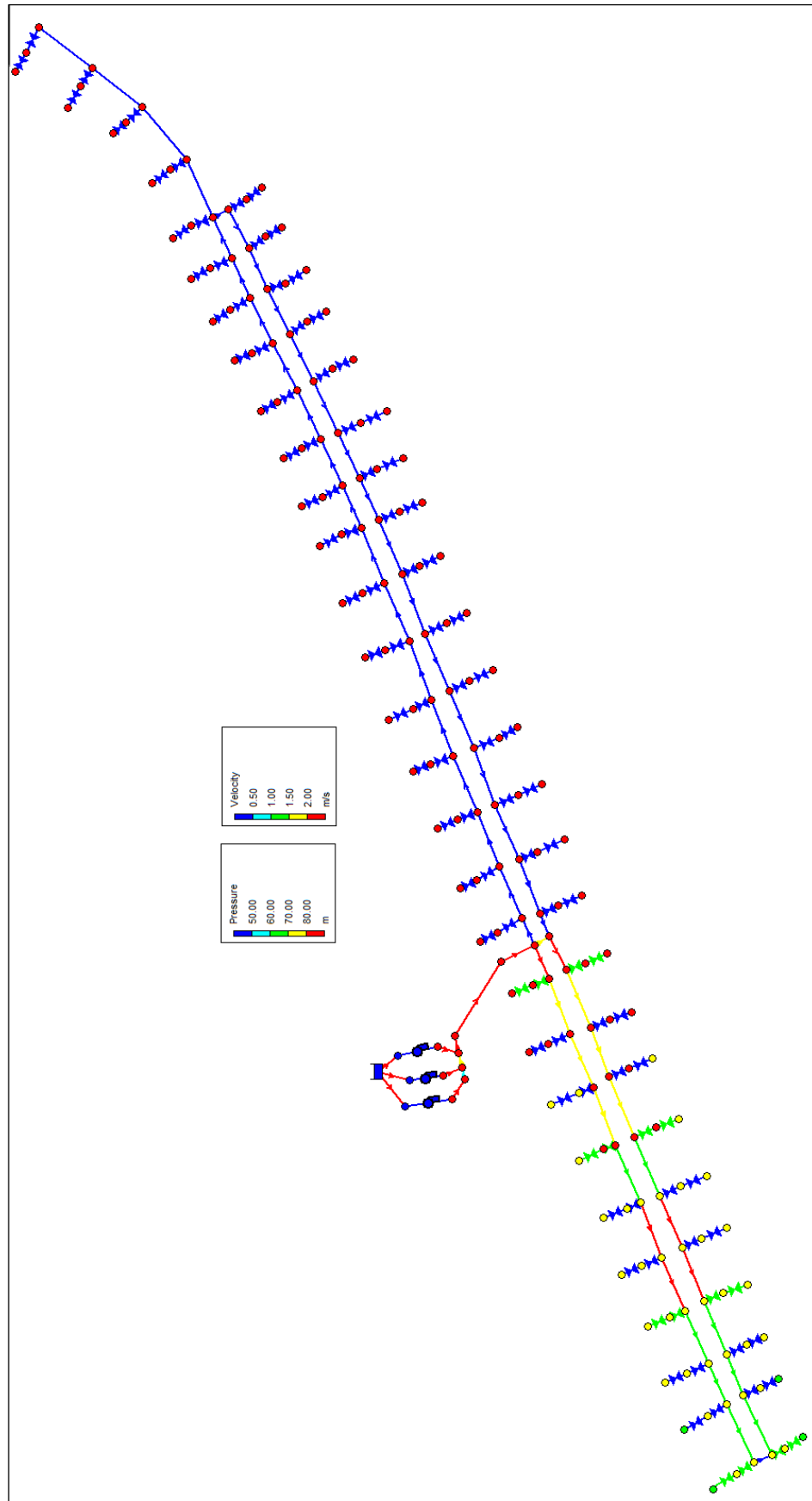


Figura 6.36 - Comizio irriguo n.8 - Ipotesi 3.

6.9 Comizio irriguo n.9

La nuova stazione di sollevamento sarà composta da n.3 elettropompe centrifughe ad asse orizzontale con portata nominale pari a 225 m³/h (62,5 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., che potranno funzionare contemporaneamente per alimentare i 46 gruppi di consegna ripartiti nei rami della nuova rete di distribuzione.

Le verifiche idrauliche sono state condotte nell'ipotesi di alimentare contemporaneamente n.8 utenze per una portata erogata di 200 l/s (superiore agli attuali 150 l/s).

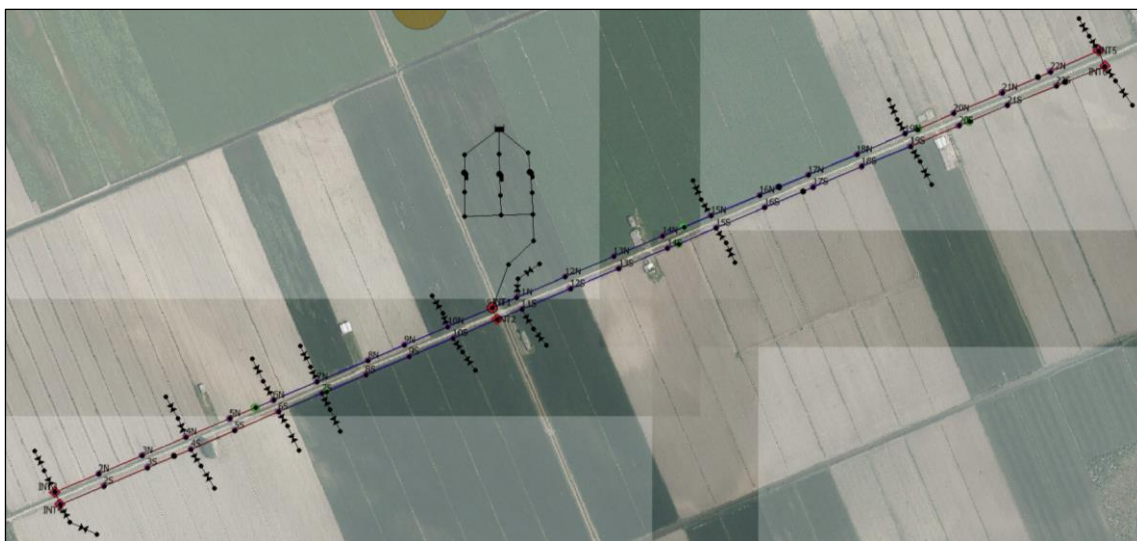


Figura 6.37 - Modello idraulico del Comizio irriguo n.9.

Sulla base di tali considerazioni, si sono indagate le tre ipotesi di distribuzione della portata massima seguenti:

- Ipotesi n.1: alimentazione delle otto utenze terminali dei rami della rete;
- Ipotesi n.2: alimentazione di n.8 utenze dei rami nord e sud a est della stazione di sollevamento;
- Ipotesi n.3: alimentazione di n.8 utenze dei rami nord e sud a ovest della stazione di sollevamento.

Con riferimento alla portata di 200 l/s, le perdite concentrate nei collettori in acciaio all'interno della stazione di sollevamento ammontano a 2,933 m, come distinti di seguito.

Descrizione	Aspirazione DN200	Mandata DN150	Collettore DN300			Condotta DN300
Portata di calcolo (l/s)	66,67	66,67	66,67	133,33	200	200
Velocità di calcolo (m/s)	2,12	3,77	0,94	1,88	2,83	2,83
Coefficiente ξ	0,90	2,20	0,50	0,50	1,00	1,50
Perdite di carico (m c.a.)	0,206	1,594	0,023	0,090	0,408	0,612

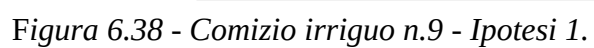
Ipotesi n.1

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 81,1 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 74,8 m c.a. del gruppo di consegna n.23S, il più a est del Ramo "Sud".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 1,89 m/s nel collegamento centrale De315, scendono a 1,23 m/s nei primi rami della rete De280 e si mantengono a 1,23 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.



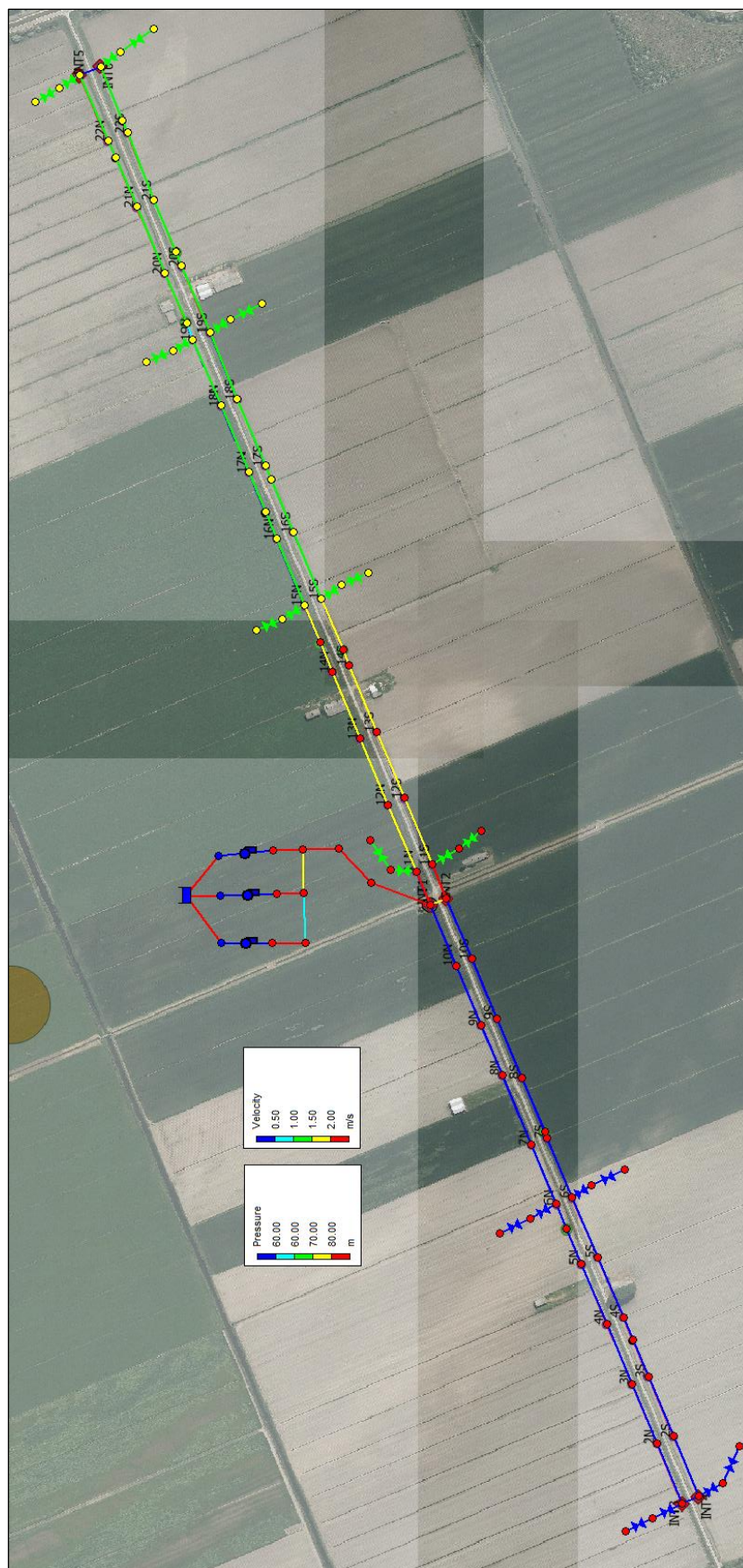
Ipotesi n.2

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 83,3 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 71,4 m c.a. del gruppo di consegna n.23S, il più a est del Ramo "Sud.

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 1,82 m/s nel collegamento centrale De315, salgono a 2,44 m/s nei primi rami della rete De280 e scendono a 1,22 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.



Ipotesi n.3

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,6 bar (88,2 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 82,4 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 71,2 m c.a. del gruppo di consegna n.1S, il più a ovest del Ramo "Sud".

Le velocità massime nelle condotte risultano pari a 1,82 m/s nel collegamento centrale De315, salgono a 2,45 m/s nei primi rami della rete De280 e si mantengono a 2,44 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

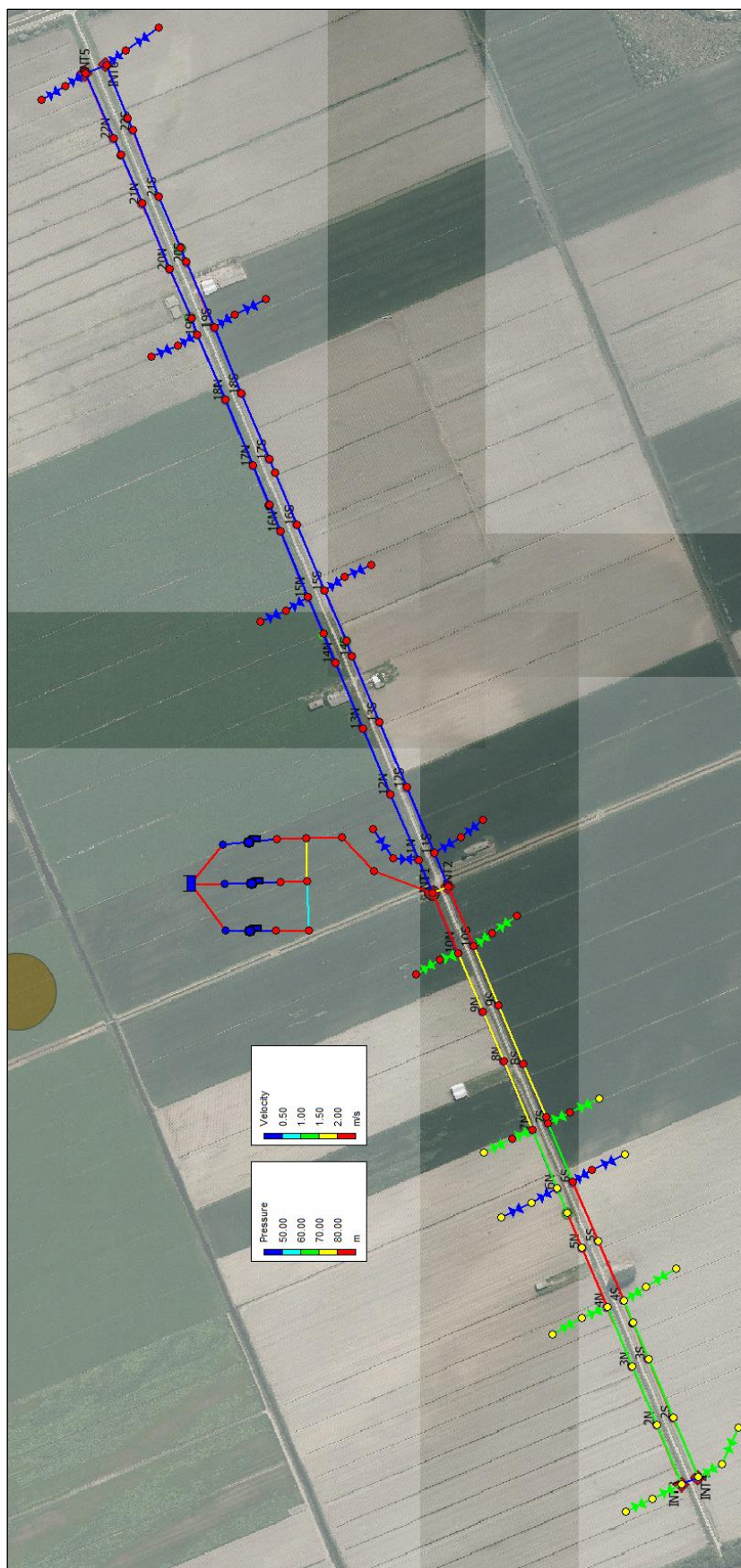


Figura 6.40 - Comizio irriguo n.9 - Ipotesi 3.

6.10 Comizio irriguo n.10

La nuova stazione di sollevamento sarà composta da n.4 elettropompe centrifughe ad asse orizzontale con portata nominale pari a 225 m³/h (62,5 l/s) alla prevalenza di 90 m c.a., che potranno funzionare contemporaneamente per alimentare gli 60 gruppi di consegna ripartiti nei rami della nuova rete di distribuzione.

Le verifiche idrauliche sono state condotte sulla base di due criteri: il primo prevede di alimentare contemporaneamente n.8 utenze per una portata erogata di 200 l/s (corrispondenti agli attuali); il secondo criterio prevede invece il funzionamento del sollevamento alla massima portata erogabile di 250 l/s, corrispondente all'alimentazione di n.10 gruppi di consegna.

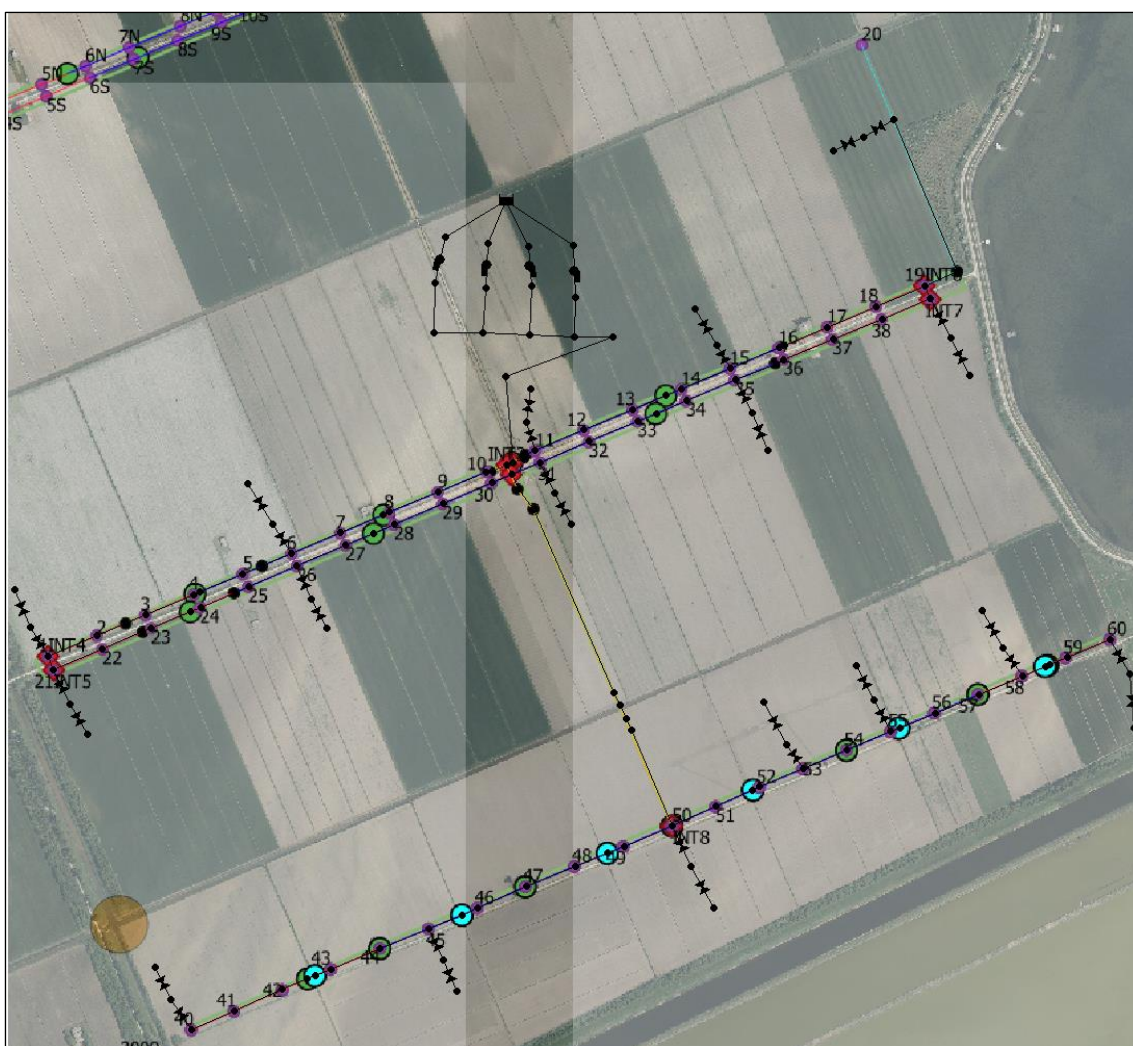


Figura 6.41 - Modello idraulico del Comizio irriguo n.10.

Sulla base di tali considerazioni, si sono indagate le cinque ipotesi di distribuzione della portata massima seguenti:

- Ipotesi n.1: alimentazione delle dieci utenze terminali dei rami della rete per entrambe le linee: “Linea 1” e “Linea 2”;
- Ipotesi n.2: alimentazione di n.10 utenze terminali appartenenti alla “Linea 1”;
- Ipotesi n.3: alimentazione di n.5 utenze appartenenti alla “Linea 1” e n.5 utenze appartenenti alla “Linea 2”;
- Ipotesi n.4: alimentazione di n.6 utenze appartenenti alla “Linea 1” e n.4 utenze appartenenti alla “Linea 2”, tutte poste ad est della stazione di sollevamento;
- Ipotesi n.5: alimentazione di n.8 utenze terminali dei rami della rete per entrambe le linee: “Linea 1” e “Linea 2”.

Con riferimento alla portata di 200 l/s, le perdite concentrate nei collettori in acciaio all’interno della stazione di sollevamento ammontano a 2,341 m, come distinti di seguito.

Descrizione	Aspirazione DN200	Mandata DN150	Collettore DN300				Condotta DN300
Portata di calcolo (l/s)	50	50	50	100	150	200	200
Velocità di calcolo (m/s)	1,60	2,85	0,70	1,41	2,12	2,83	2,83
Coefficiente ξ	0,90	2,20	0,50	0,50	1,00	1,00	1,50
Perdite di carico (m c.a.)	0,117	0,911	0,013	0,051	0,229	0,408	0,612

Con riferimento alla portata di 250 l/s, le perdite concentrate nei collettori in acciaio all’interno della stazione di sollevamento ammontano a 3,643 m, come distinti di seguito.

Descrizione	Aspirazione DN200	Mandata DN150	Collettore DN300				Condotta DN300
Portata di calcolo (l/s)	62,5	62,5	62,5	125	187,5	250	250
Velocità di calcolo (m/s)	2,00	3,54	0,88	1,76	2,65	3,54	3,54
Coefficiente ξ	0,90	2,20	0,50	0,50	1,00	1,00	1,50
Perdite di carico (m c.a.)	0,184	1,405	0,020	0,079	0,358	0,639	0,958

Ipotesi n.1

Per la portata complessivamente erogata di 250 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,8 bar (90,0 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 81,7 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 67,8 m c.a. del gruppo di consegna n.40, il più a ovest della "Linea 2".

Le velocità massime nelle condotte sono pari a 3,84 m/s nella condotta De315 di collegamento tra i Rami nord e sud della "Linea 1", che scende a 1,92 m/s nella condotta De315 di collegamento tra la "Linea 1" e la "Linea 2", scendono a 1,21 m/s nei rami della rete De280, si mantengono a 1,22 m/s nei rami De200. E salgono a 1,83 m/s nello sbraccio nord-est della "Linea 1".

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

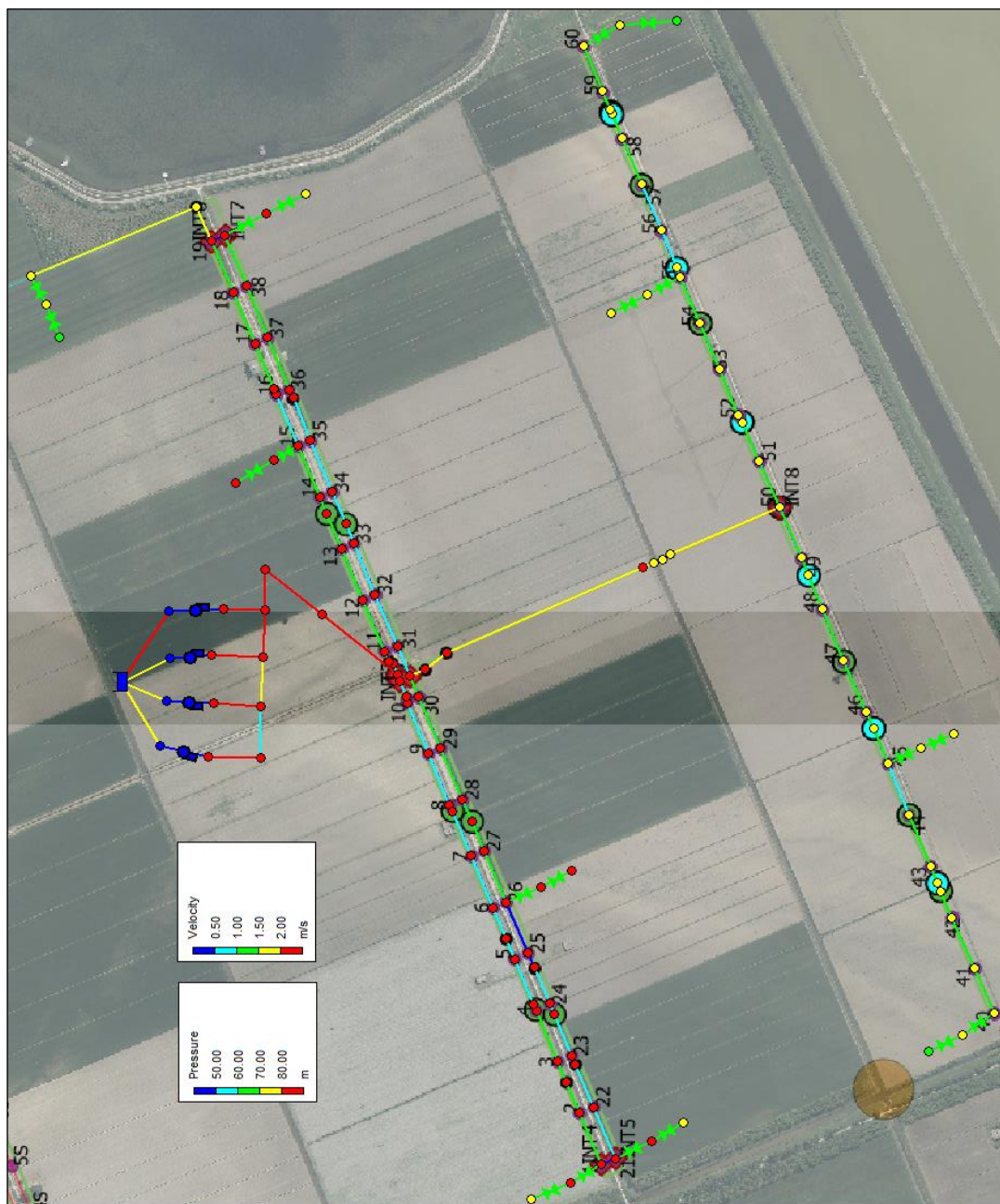


Figura 6.42 - Comizio irriguo n.10 - Ipotesi 1.

Ipotesi n.2

Per la portata complessivamente erogata di 250 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,8 bar (90,0 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 83,5 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 68,9 m c.a. del gruppo di consegna n.20, posto nell'antenna nord-est della "Linea 1".

Le velocità massime nelle condotte sono pari a 3,31 m/s nella condotta principale De315 in uscita dall'impianto, scendono a 2,33 m/s nella condotta De315 di collegamento tra le linee, scendono a 1,87 m/s nei rami della rete De280, e a 1,28 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

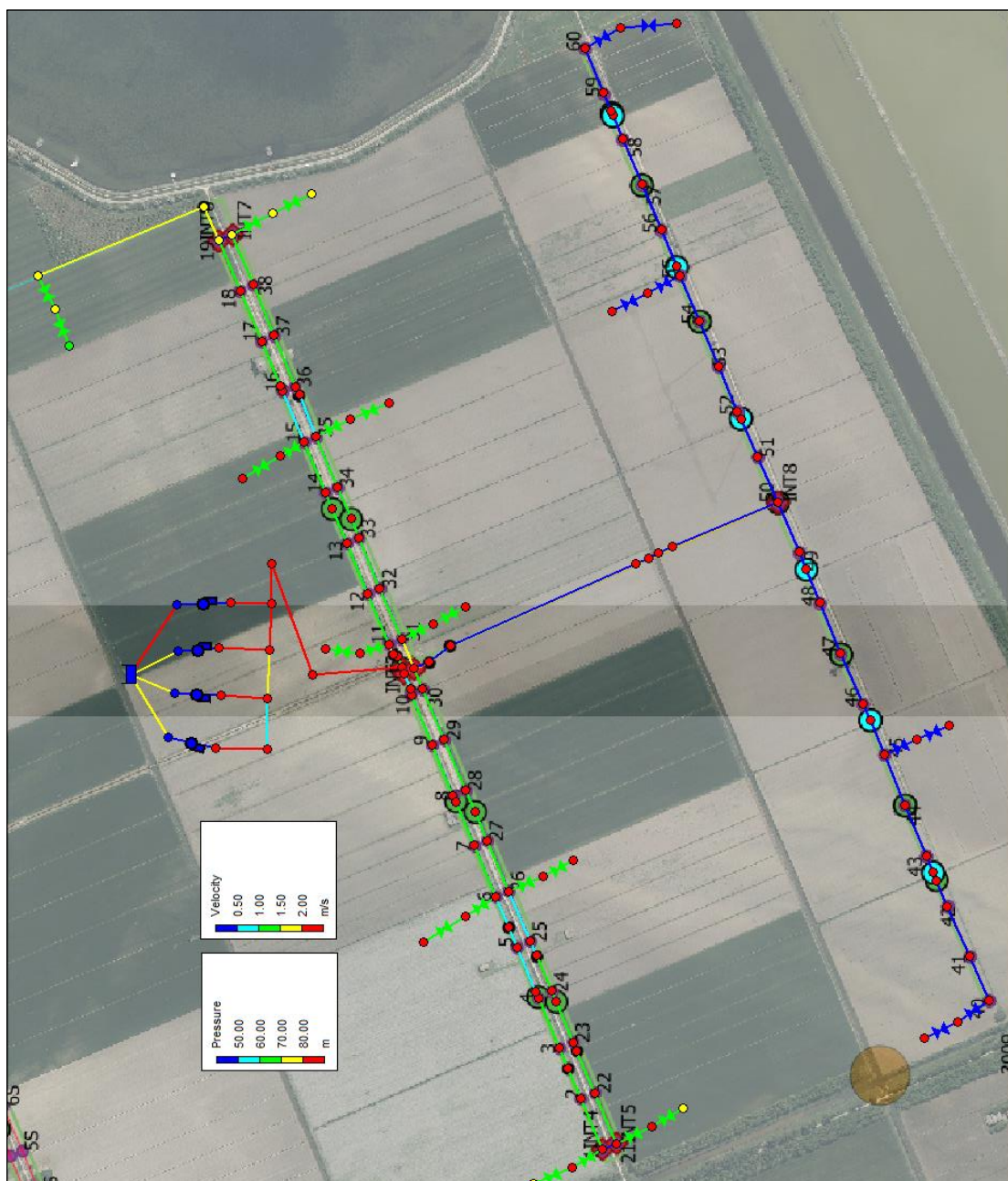


Figura 6.43 - Comizio irriguo n.10 - Ipotesi 2.

Ipotesi n.3

Per la portata complessivamente erogata di 250 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,8 bar (90,0 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 83,7 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 63,6 m c.a. del gruppo di consegna n.40, il più a ovest della "Linea 2".

Le velocità massime nelle condotte sono pari a 3,61 m/s nella condotta De315 in uscita dall'impianto, che scende a 2,39 m/s nella condotta De315 di collegamento tra la "Linea 1" e la "Linea 2", scendono a 1,21 m/s nei rami della rete De280, e si mantengono a 1,19 m/s nei rami De200.

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

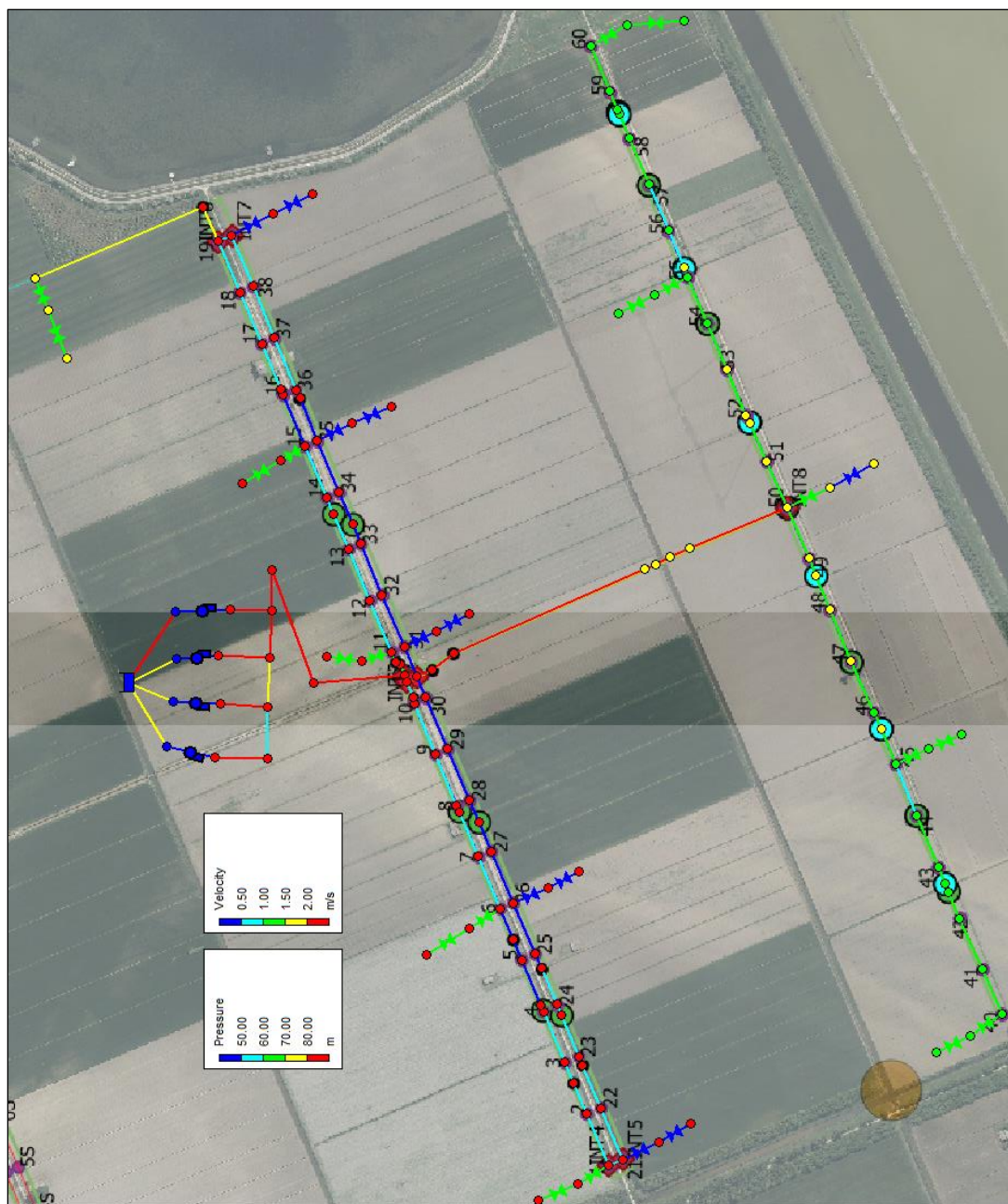


Figura 6.44 - Comizio irriguo n.10 - Ipotesi 3.

Ipotesi n.4

Per la portata complessivamente erogata di 250 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 8,8 bar (90,0 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 83,5 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 64,0 m c.a. del gruppo di consegna n.60, il più a est della "Linea 2".

Le velocità massime nelle condotte sono pari a 3,30 m/s nella condotta De315 in uscita dall'impianto, che scende a 1,92 m/s nella condotta De315 di collegamento tra la "Linea 1" e la "Linea 2", scendono a 1,88 m/s nei rami della rete De280, e risalgono a 1,38 m/s nei rami De200 periferici della "Linea 2".

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

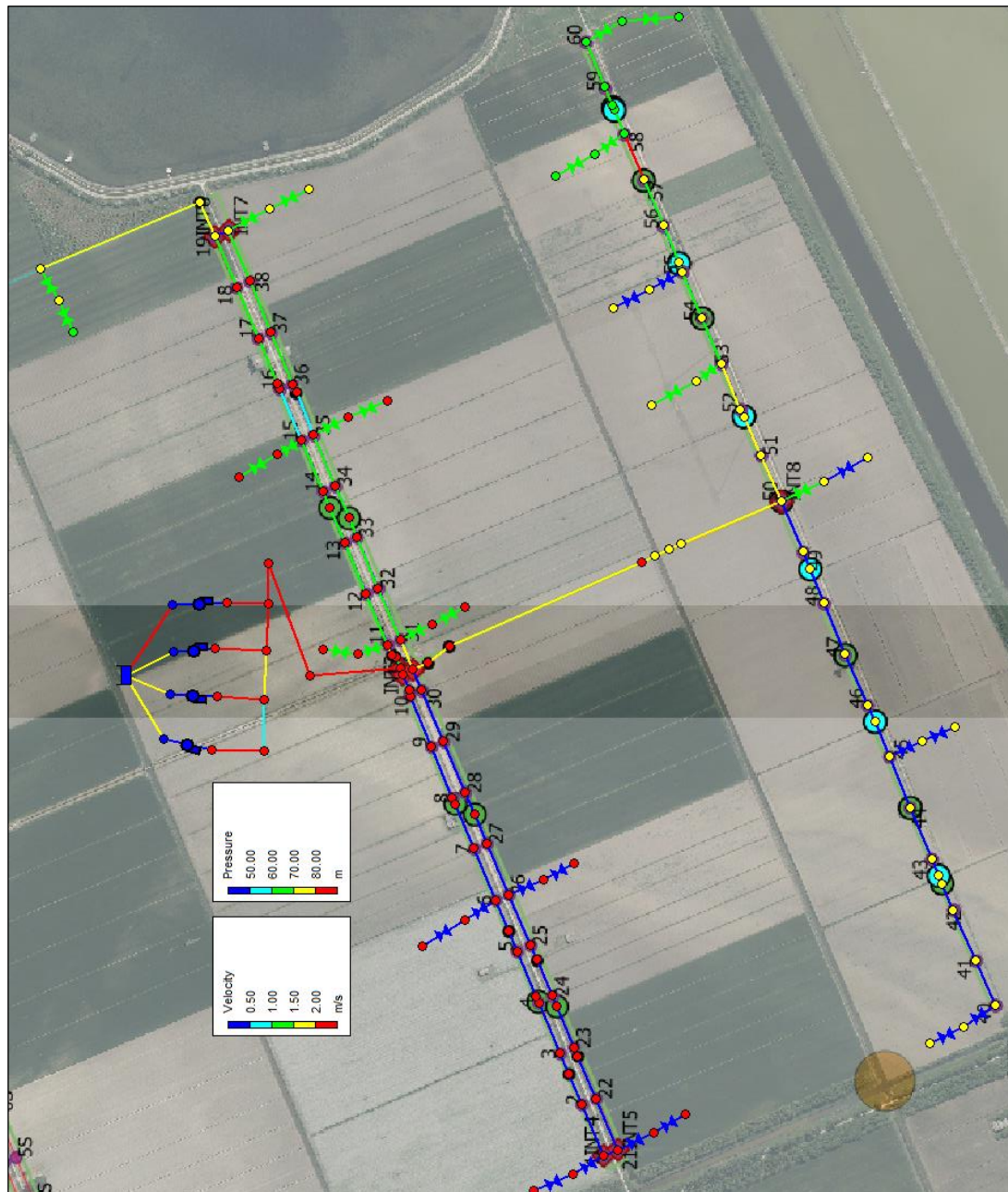


Figura 6.45 - Comizio irriguo n.10 - Ipotesi 4.

Ipotesi n.5

Per la portata complessivamente erogata di 200 l/s, la prevalenza in uscita dal sollevamento risulta di 9,3 bar (95,3 m c.a.).

Le pressioni ai nodi risultano comprese fra i 87,0 m c.a. dell'utenza più vicina al sollevamento e i 75,0 m c.a. del gruppo di consegna n.40, il più a ovest della "Linea 2".

Le velocità massime nelle condotte sono pari a 3,30 m/s nella condotta De315 in uscita dall'impianto, che scende a 1,92 m/s nella condotta De315 di collegamento tra la "Linea 1" e la "Linea 2", scendono a 1,21 m/s nei rami della rete De280 della "Linea 2", e risalgono a 1,30 m/s nei rami De200 periferici della "Linea 1".

Nella pagina seguente è rappresentato il risultato della simulazione a contours cromatici.

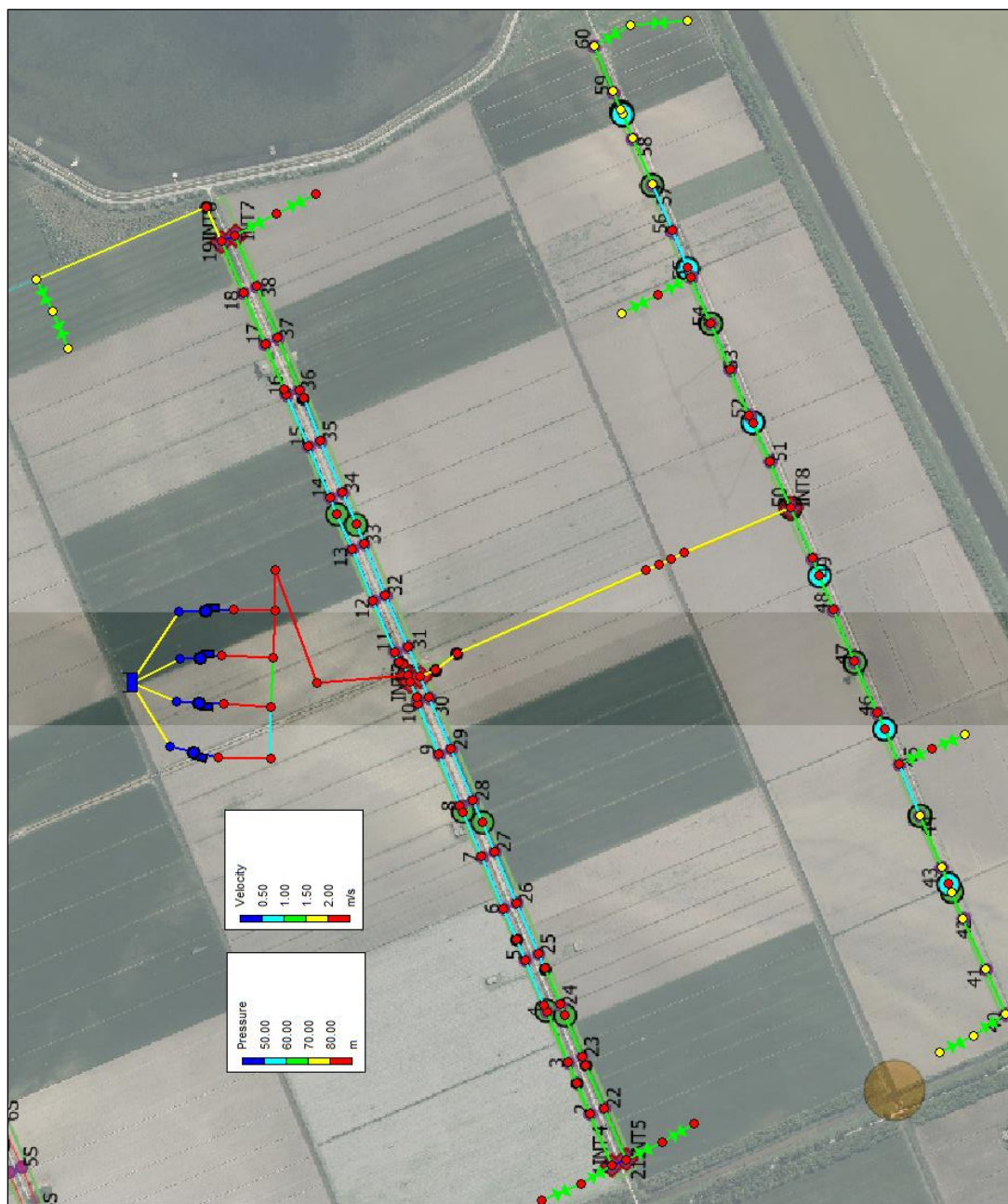


Figura 6.46 - Comizio irriguo n.10 - Ipotesi 5.

6.11 Dimensionamento delle apparecchiature di sfiato

Lungo lo sviluppo delle condotte distributrici, nei punti alti del profilo, si prevede di installare organi di sfiato automatici del tipo cinematico a tre funzioni a semplice camera con galleggianti sovrapposti a passaggio totale DN50 PN16, dimensionati per soddisfare alle seguenti funzioni:

- proteggere la condotta dalle depressioni che si possono generare a seguito della rottura della condotta o dell'apertura di uno scarico;
- permettere la fuoriuscita di un adeguato volume d'aria durante il riempimento della condotta;
- consentire l'espulsione dell'aria che si forma nella condotta durante le fasi di esercizio.

La verifica degli sfiati è stata condotta considerando il dislivello peggiorativo che si ha tra uno sfiato e uno scarico consecutivi, sulla base delle seguenti ipotesi cautelative:

- ipotesi di rottura nel punto minimo del profilo, con diametro massimo equivalente della rottura corrispondente al 15% della area del tubo; nel caso risulti maggiore si è considerato il diametro dello scarico posto a ridosso del punto minimo del profilo, nell'ipotesi di apertura completa;
- ipotesi di totale indipendenza dei flussi uscenti dai due rami della tratta in virtù della condizione sopra descritta;
- contenimento della depressione in condotta entro un massimo di 0.3 bar nell'ipotesi più sfavorevole.

La portata di acqua uscente dalla condotta si determina mediante la seguente formula:

$$Q = 0,278 C_{HW} D^{2,63} J^{0,54}$$

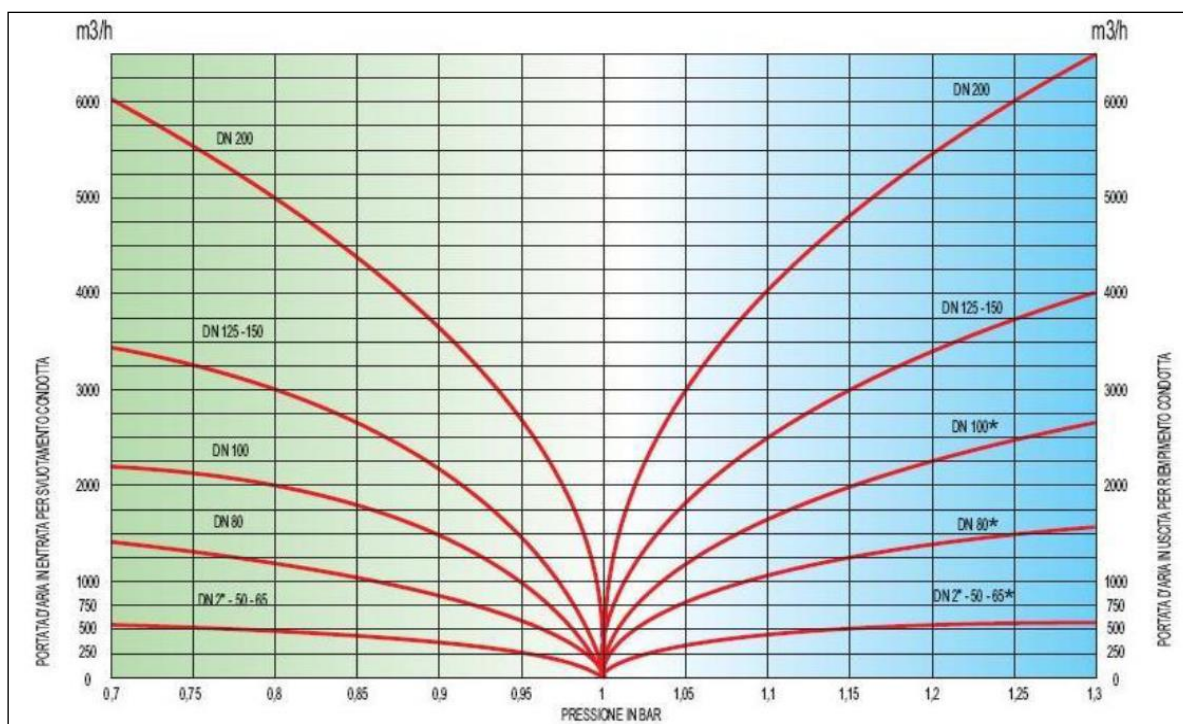
Dove:

- C_{HW} : coefficiente di resistenza dei tubi secondo Hazen Williams (cautelativamente pari a 150 per i tubi in PEAD);
- D : diametro dell'apertura attraverso il quale fuoriesce acqua;
- J : cadente piezometrica (pari a DH/DL , dove DH è il dislivello tra lo sfiato ed il punto più depresso in cui si suppone la rottura e DL la distanza tra i due punti).

La verifica nel caso di riempimento della condotta in un tratto generico posto tra uno sfiato ed uno scarico della condotta, è riportata in seguito.

Si impone una velocità di riempimento della condotta pari a 1 m/s, corrispondente ad una sovrappressione sullo sfiato pari a 0,05 bar, da non superare in quanto una velocità maggiore può generare in fase di chiusura colpi d'ariete con conseguenze dannose per la condotta.

Dal grafico sotto riportato si ottengono le massime portate d'aria in entrata ed in uscita nei casi di svuotamento e riempimento della condotta.



Considerando cautelativamente una tubazione De315, si è verificato lo sfiato più critico per l'eventuale rottura della tubazione di linea.

Nella tabella di pagina seguente si riporta la verifica dello sfiato DN50 per condotta De315 nella condizione più sfavorevole in condizione di svuotamento condotta corrispondente alla massima cadente piezometrica tra sfiato e scarico che si riscontra in corrispondenza del primo attraversamento di canale sulla "Linea 2" del Comizio irriguo n.10.

VERIFICA SFIATO DN50 per condotta PEAD De315 – Linea 10			
DATI INPUT		Verifica a svuotamento	
Denominazione		A apertura	0.008 m ²
DN Sfiato	50 mm	D apertura	0.101 m
H massima	7.20 m	Q uscita	0.030 m ³ /s
H minima	5.57 m		110 m ³ /h
Lunghezza condotta	15 m	P risultante grafico	0.97 bar
DN	315 mm	Depressione	0.03 bar
De	315 mm	Depressione consentita	0.1 bar
Spessore	28,6 mm	Verifica	Verificato
Materiale Condotta	PEAD	Verifica a riempimento	
C _{HW}	140	V _{max} acqua in ingresso	1 m/s
% Rottura Area	15 %	Q _{max} acqua in ingresso	0.052 m ³ /s
DATI OUTPUT			190 m ³ /h
D interno	257.8 mm	P risultante grafico	1.02 bar
Area Tubazione	0.052 m ²	Sovrapressione	0.02 bar
ΔH	1.63 m	Sovrapressione consentita	0.05 bar
J	0.1087 m/m	Verifica	Verificato

Come si evince dalla tabella risulta sufficiente adottare uno sfiato DN50 ottenendo una depressione massima inferiore a 0,03 bar.

Per uniformità a favore di sicurezza si prevede l'impiego di sfiati DN50 per tutte le linee distributrici anche per i diametri De280 e De200.

7. VERIFICHE DI MOTO VARIO

Nel presente capitolo sono riassunti i risultati delle simulazioni idrauliche nei regimi transitori di moto vario, volte alla verifica del corretto funzionamento delle condotte ed alla necessità di dover prevedere dei dispositivi antiariete.

L'evento più pericoloso per le condotte prementi, quali quelle di progetto, è rappresentato dalla repentina caduta della potenza motrice, che provoca una fase di depressione a cui ne segue una di sovrappressione, che potrebbero entrambe risultare distruttive per le tubazioni.

Nel caso in esame poiché le condotte prementi risultano posate in un'area pianeggiante, caratterizzata da modesti dislivelli geodetici e quindi ridotta copertura piezometrica, la condizione di progetto più gravosa è rappresentata dalla minima pressione che si instaura in condotta allo stacco delle pompe.

E' infatti comunque necessario evitare che la pressione scenda al di sotto della tensione di vapore dell'acqua, condizione a cui corrisponde il fenomeno della cavitazione con distacco della vena liquida e pericoli di collasso della condotta prima per schiacciamento e poi per sovrappressione nella fase successiva in cui la pressione ricresce e la vena liquida si richiude repentinamente.

La verifica in transitorio è stata operata oltre che per escludere in tutti i punti della condotta la formazione dei fenomeni di cavitazione, anche evitando che la pressione nelle tubazioni interrate scendesse al di sotto di quella atmosferica; ciò per non avere il rischio di provocare indesiderati ingressi di aria in condotta attraverso gli sfiati.

Per i soli Comizi irrigui n.1 e n.10 si è ritenuta accettabile l'apertura in aria libera degli sfiati posti in corrispondenza degli attraversamenti aerei dei canali che si mantengono in essere, in concomitanza con eventi limite di prolungata mancanza ENEL.

Il modello di calcolo impiegato per la soluzione del moto vario in una rete magliata di condotte in pressione è quello implementato su specifico software applicativo denominato *HyTran* messo a punto dalla Hytran Solutions, Auckland, New Zealand; l'efficienza del modello è stata preventivamente verificata con esito positivo su vari schemi semplificati già realizzati o risolti con altri simulatori testati.

Tale modello risolve il sistema di equazioni non lineari che descrivono i fenomeni di moto vario nelle condotte in pressione mediante il metodo delle curve caratteristiche; l'insieme condotta, cassa d'aria ed organi di regolazione è schematizzato suddividendo la condotta in tronchi con caratteristiche di diametro, scabrezza, portata uniformi ed in nodi sui quali vengono inseriti gli organi quali valvole, clapet, cassa d'aria, eccetera.

Modellazione della condotta adduttrice

Le condotte adduttrici in Polietilene ad Alta Densità sono state modellate inserendo apposite sezioni di controllo in punti caratteristici del tracciato, ad esempio attraversamenti fluviali o di infrastrutture di trasporto, al fine di verificare i valori di pressione raggiunti durante le oscillazioni di moto vario e la relativa copertura.

Nelle presenti verifiche di moto vario per la determinazione del coefficiente di resistenza si è adottata la nota formula di Hazen-Williams, assumendo un coefficiente di scabrezza omogenea opportunamente ridotto a favore di sicurezza rispetto ai valori di letteratura per tubazioni in servizio corrente per condotte in PEAD.

Modellazione delle portate erogate alle utenze

Per simulare le richieste della rete, in corrispondenza degli stacchi di utenza sulla condotta adduttrice principale è stato inserito un elemento denominato Draw-Off che permette di modellare il ramo di condotta distributrice in uscita dal nodo.

L'elemento ha un funzionamento lineare basato sulla seguente equazione:

$$H - H_{P\ soglia} = KQ$$

dove:

$H_{P\ soglia}$: pressione minima dalla quale inizia il deflusso impostata 10 m c.a. (1 bar).

K : coefficiente di resistenza calcolato in funzione alla portata scaricata ed al diametro.

Ogni elemento *Draw-Off* è stato impostato con portata scaricata pari alla portata derivata dell'utenza a valle, alla pressione di esercizio determinata nella condizione di moto permanente lungo la condotta adduttrice in funzione delle perdite di carico che si hanno in corrispondenza dello stacco per la portata massima di richiesta d'utenza.

Modellazione dell'impianto di pompaggio

Le pompe delle stazioni di sollevamento sono state modellate mediante l'elemento *Pump* che permette di immettere la curva caratteristica della pompa e impostare il tipo di funzionamento richiesto in base alla simulazione voluta tra i seguenti tipi di operatività: *Fail* per simulare lo spegnimento per caduta di tensione, *Shut* per simulare una procedura di spegnimento in funzione del tempo e *Star* per simulare una procedura di accensione in funzione del tempo.

Nel caso specifico le simulazioni sono state svolte per la condizione più gravosa di spegnimento improvviso (*Fail*) e contemporaneo di tutte le pompe in marcia per caduta di tensione (mancanza ENEL).

Modellazione degli organi di sfiato

Gli sfiati automatici del tipo a doppio galleggiante previsti in progetto sono stati modellati mediante l'elemento *Air Valve* che permette di simulare il rientro dell'aria nella tubazione ogni volta che la pressione scende al di sotto dell'atmosferica all'interno della condotta.

Se la pressione scende sotto all'atmosferica, l'elemento *Air Valve* simula l'apertura immediata della valvola. La valvola dell'aria limita quindi la caduta di pressione negativa e impedisce la cavitazione nella posizione della valvola.

Poiché l'onda viaggia molto più velocemente del tempo di apertura della valvola, le pressioni negative si verificano in luoghi lontani dal nodo della valvola dell'aria. Sull'onda di ritorno positiva, la pressione dell'acqua costringerà l'aria fuori dalla tubazione. Il coefficiente di deflusso in fase di modellazione può eventualmente essere impostato su zero per bloccare la pressione dell'aria nella tubazione al fine di fornire un effetto di attenuazione.

Modellazione delle elettrovalvole a membrana

Per la modellazione dei gruppi di consegna d'utenza si è introdotto l'elemento *In-Line Control Valve* che simula una valvola di linea regolabile il cui funzionamento è legato alla curva di operatività della valvola e al grado di apertura della stessa, entrambi settabili, che determinano una velocità di regolazione.

In particolare per l'elemento è possibile impostare i valori operativi del grado di apertura/chiusura della valvola che per le simulazioni a massima portata erogata viene impostata totalmente aperta.

In corrispondenza dei punti elevati della condotta sono stati inseriti appositi nodi, al fine di verificare i valori di pressione raggiunti durante le oscillazioni di moto vario e la relativa copertura.

Nei paragrafi seguenti sono riassunti per ogni Comizio irriguo i risultati delle simulazioni idrauliche nel regime transitorio di moto vario, volte alla verifica dell'impianto di pompaggio, del corretto funzionamento della condotta adduttrice e della necessità di inserire dei dispositivi anti-ariete.

Le simulazioni in regime di moto vario sono state eseguite per il caso di distacco improvviso delle pompe dovuto a caduta ENEL, nelle condizioni di erogazione della massima portata dell'impianto di sollevamento.

Per ogni simulazione, per consentire un'immediata interpretazione del fenomeno indagato, si riportano i seguenti schemi grafici e tabelle:

Grafico 1: modello idraulico della rete di distribuzione in cui sono rappresentate tutte le pompe della stazione di sollevamento, tutti gli sfiati di linea e i gruppi di consegna d'utenza attivi nella simulazione in esame;

Grafico 2: profilo longitudinale schematico dell'intera rete di distribuzione, con indicazione della linea dei carichi in condizioni di moto permanente (linea verde) e dell'involuppo dei carichi minimi e massimi a seguito del fenomeno di moto vario indagato (linea magenta);

Grafico 3: andamento del carico piezometrico ai nodi principali rappresentati dalla stazione di sollevamento e dai punti singolari di tracciato individuati per la rete.

Le simulazioni sono state estese ad una durata variabile pari almeno a 300 secondi, sufficienti per coprire la massima depressione in condotta, la successiva inversione del flusso e lo smorzamento del fenomeno transitorio sino alla stazionarietà della pressione in condotta.

Tutte le simulazioni hanno evidenziato che l'elasticità delle condotte in PEAD è tale per cui non vi è necessità di prevedere dispositivi antiariete quali ad esempio casse d'aria, infatti come si evince dal *Grafico 2* di ogni linea, non si evidenziano mai fenomeni di depressione, in quanto l'asse delle condotte si mantiene sempre al di sopra della pressione atmosferica, mentre, mentre le massime sovrappressioni risultano contenute entro il limite imposto dalla tabella III del D.M. 12.12.1985 che per le reti in esame, aventi pressione idrostatica da 6 a 10 kgf/cm², è compreso tra 30 e 40 m c.a.

7.1 Comizio irriguo n.1

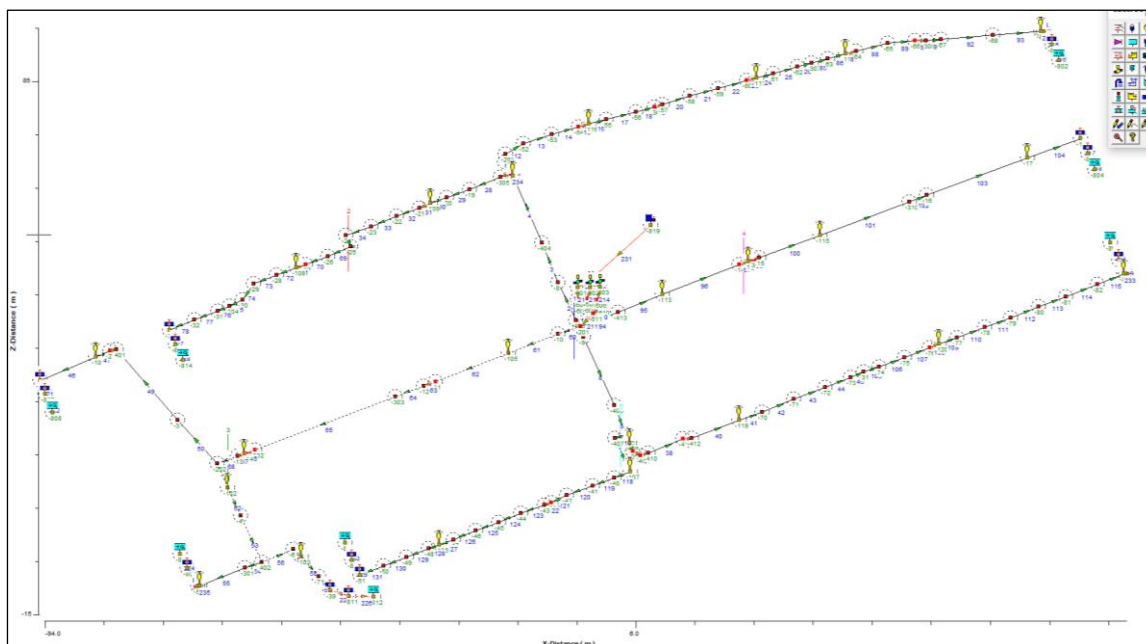


Figura 7.1 - Comizio irriguo n.1 - Grafico 1: Modello idraulico della rete.

Non si riscontrano fenomeni di depressione nelle condotte di linea, in quanto l'asse delle condotte è sempre al di sopra della pressione atmosferica, come si evince dai seguenti grafici suddivisi per ogni Ramo della rete irrigua dove in linea viola è indicato l'involuppo dei minimi carichi piezometrici che si mantiene sempre al di sopra dell'asse della condotta.

Inoltre non si registrano aperture degli sfiati durante le fasi di depressione in nessun punto della rete, garantendo che non vi sia in alcun caso ingresso di aria in condotta, salvaguardandola da possibili infiltrazioni di acqua di falda.

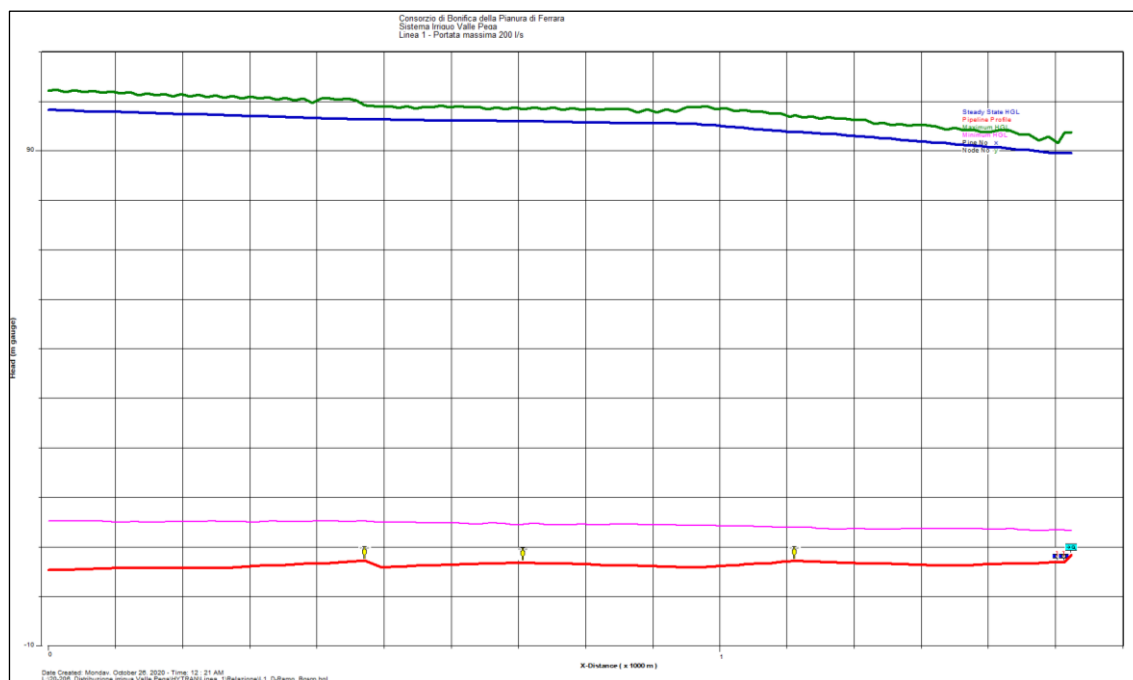


Figura 7.2 - Comizio irriguo n.1 - Grafico 2: Ramo "Bosco".

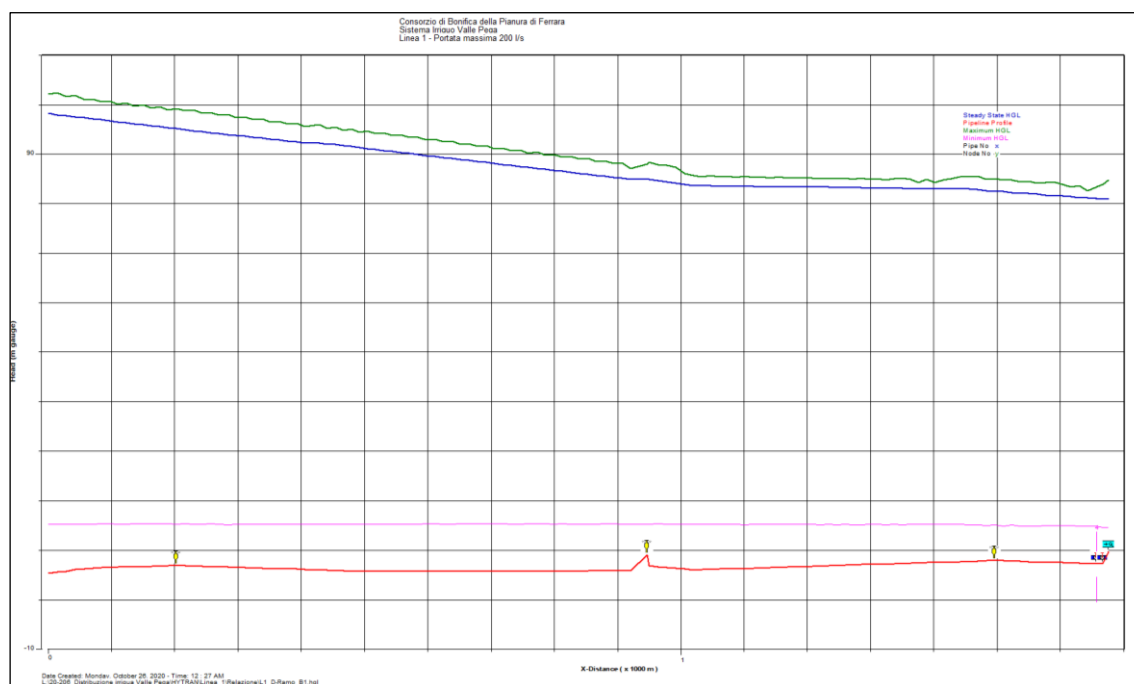


Figura 7.3 - Comizio irriguo n.1 - Grafico 2: Ramo "B" nord.

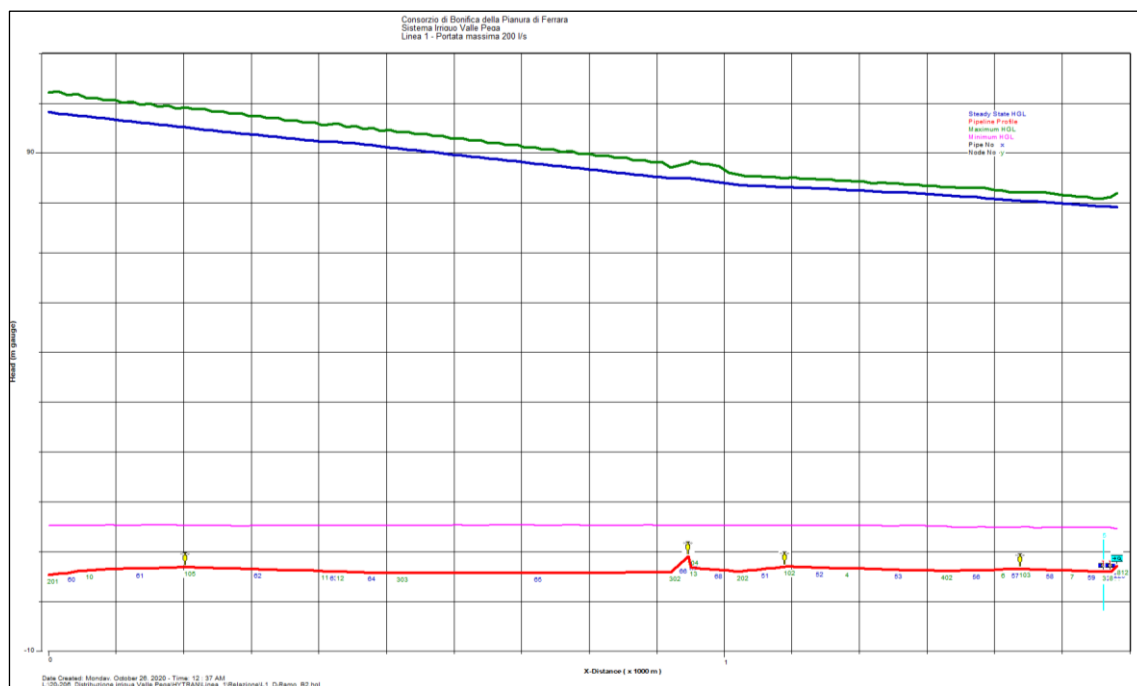


Figura 7.4 - Comizio irriguo n.1 - Grafico 2: Ramo “B” sud.

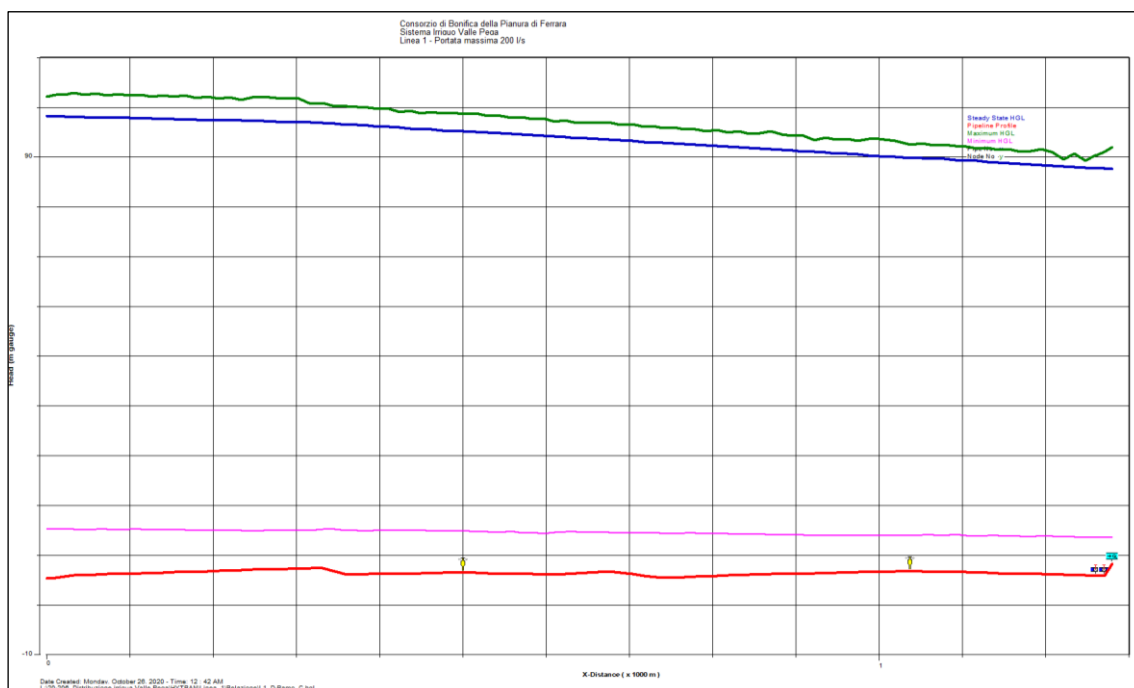


Figura 7.5 - Comizio irriguo n.1 - Grafico 2: Ramo “C”.

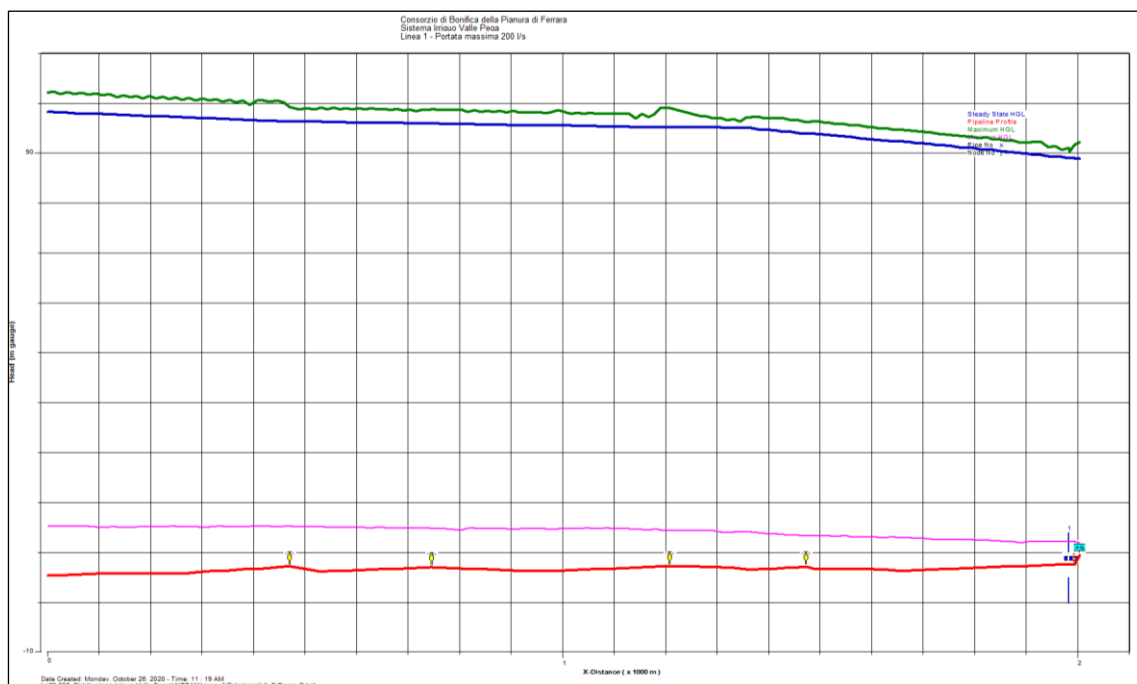


Figura 7.6 - Comizio irriguo n.1 - Grafico 2: Ramo "D".

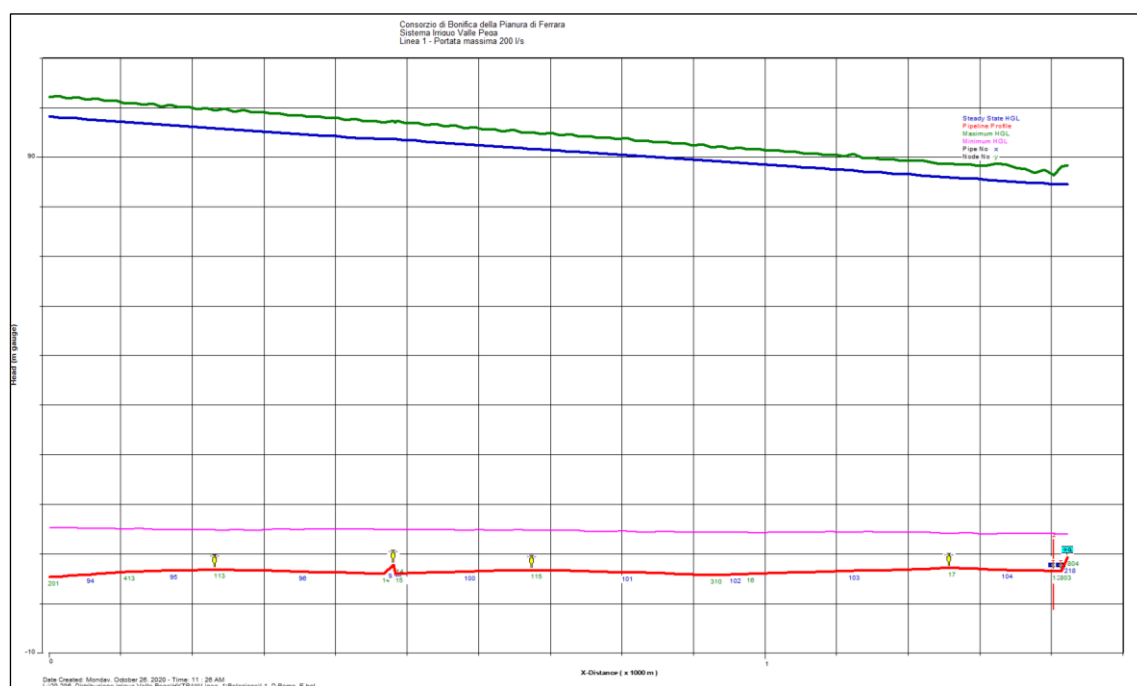


Figura 7.7 - Comizio irriguo n.1 - Grafico 2: Ramo "E".

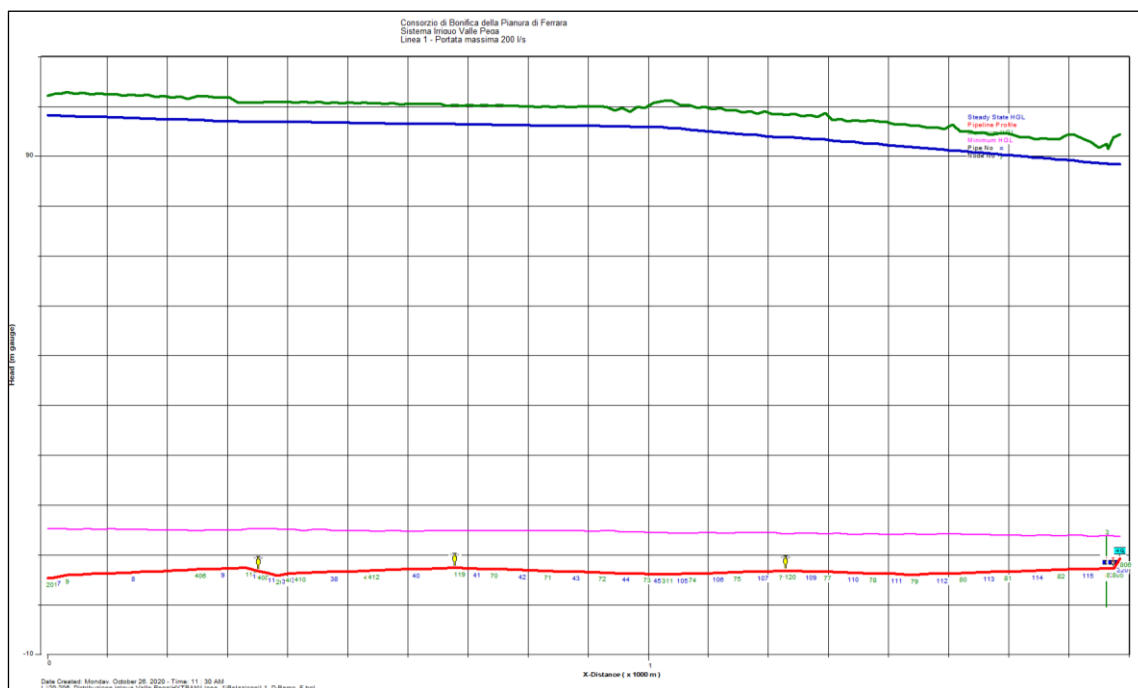


Figura 7.8 - Comizio irriguo n.1 - Grafico 2: Ramo “F”.

Nel grafico seguente si riporta infine l’andamento del carico piezometrico ai nodi principali: attraversamento Adduttore Pega e S.P. n.73 Arsa Pega in corrispondenza della stazione di sollevamento Ramo “B” (linea blu), attraversamento S.P. n.73 Arsa Pega Ramo “Bosco” (linea rossa), attraversamento aereo Collettore Pega Ramo “B” (linea verde), attraversamento aereo Canale Folegatti Ramo “E” (linea magenta), attraversamento Adduttore Pega e S.P. n.73 Arsa Pega Ramo “C” (linea ciano).

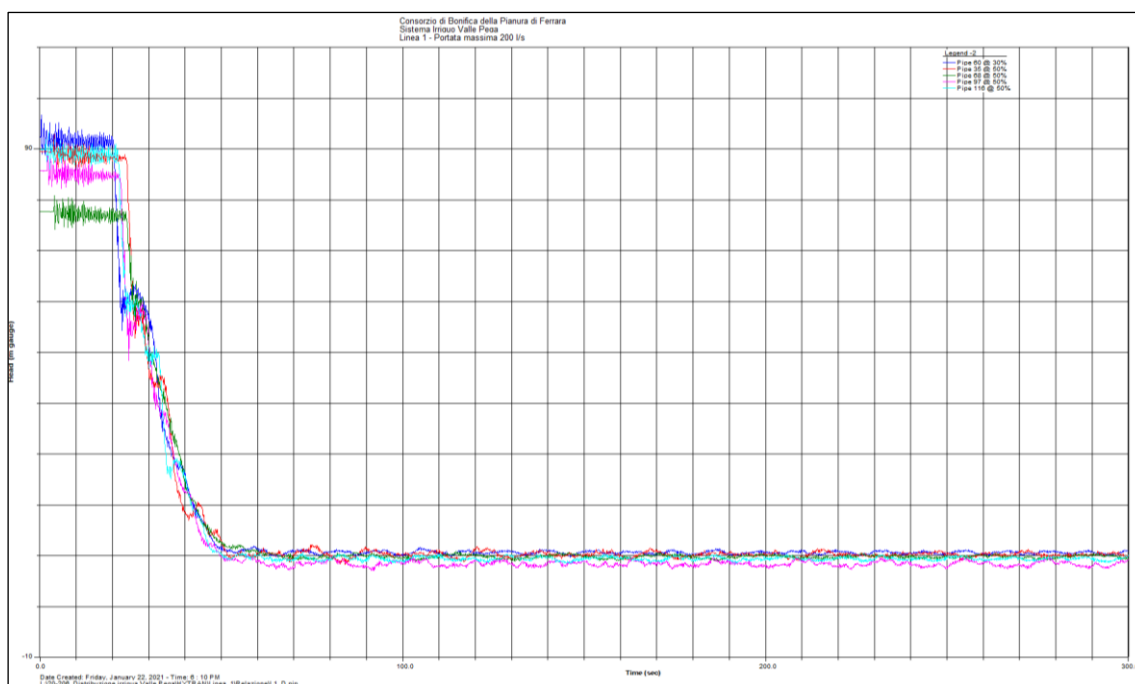


Figura 7.9 - Comizio irriguo n.1 - Grafico 3: Carico piezometrico ai nodi principali.

7.2 Comizio irriguo n.2

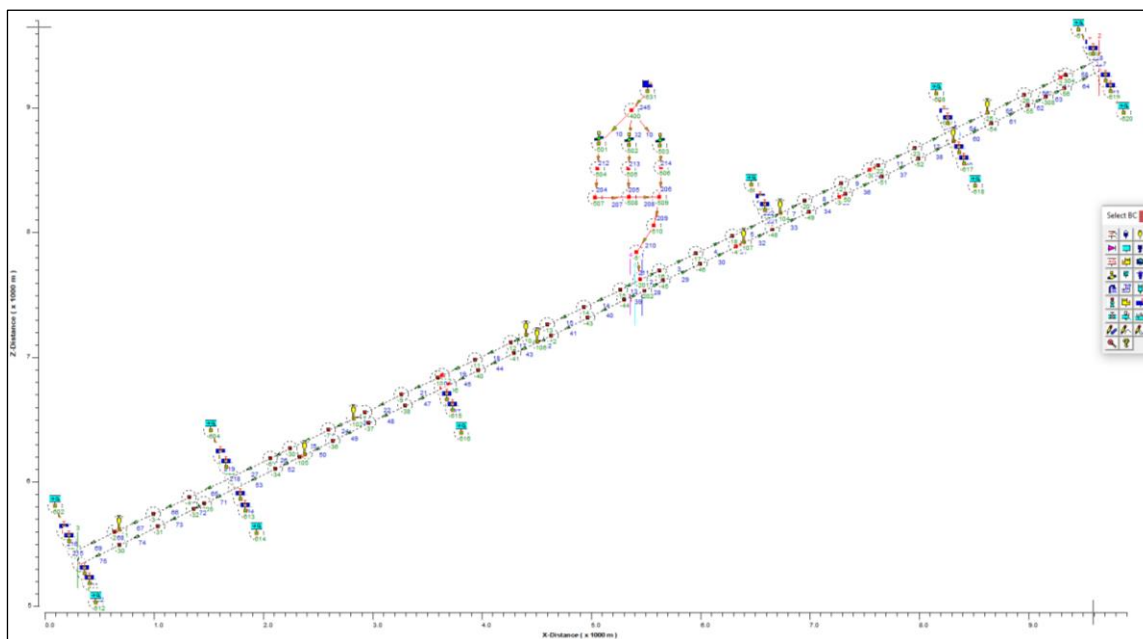


Figura 7.10 - Comizio irriguo n.2 - Grafico 1: Modello idraulico della rete.

Non si riscontrano fenomeni di depressione nelle condotte di linea, in quanto l'asse delle condotte è sempre al di sopra della pressione atmosferica, come si evince dal seguente grafico che rappresenta l'intero anello della rete irrigua dove in linea viola è indicato l'involuppo dei minimi carichi piezometrici che si mantiene sempre al di sopra dell'asse della condotta.

Inoltre non si registrano aperture degli sfiati durante le fasi di depressione in nessun punto della rete, garantendo che non vi sia in alcun caso ingresso di aria in condotta, salvaguardandola da possibili infiltrazioni di acqua di falda.

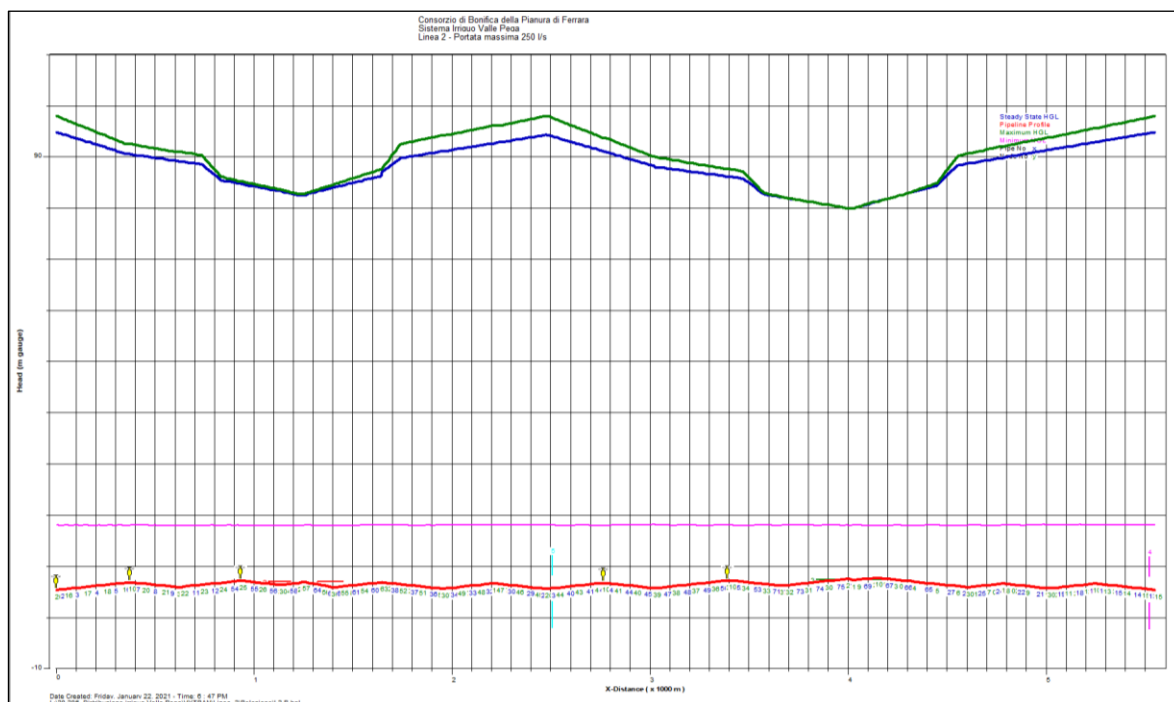


Figura 7.11 - Comizio irriguo n.2 - Grafico 1: Profilo idraulico della rete.

Nel grafico seguente si riporta infine l'andamento del carico piezometrico ai nodi principali: attraversamento strada Trieste in corrispondenza della stazione di sollevamento (linea blu), attraversamento ovest strada Trieste (linea rossa), attraversamento est strada Trieste (linea verde), attraversamento Adduttore Pega Ramo "Nord" (linea magenta), attraversamento Adduttore Pega Ramo "Sud" (linea ciano).

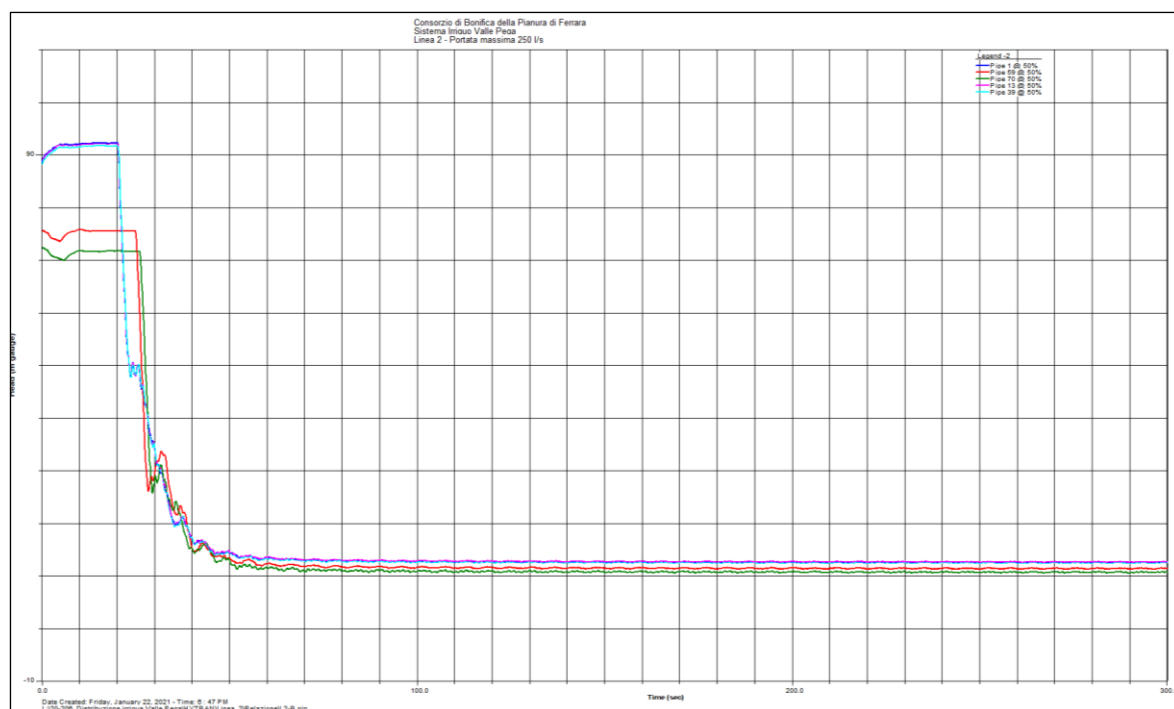


Figura 7.12 - Comizio irriguo n.2 - Grafico 3: Carico piezometrico ai nodi principali.

7.3 Comizio irriguo n.3

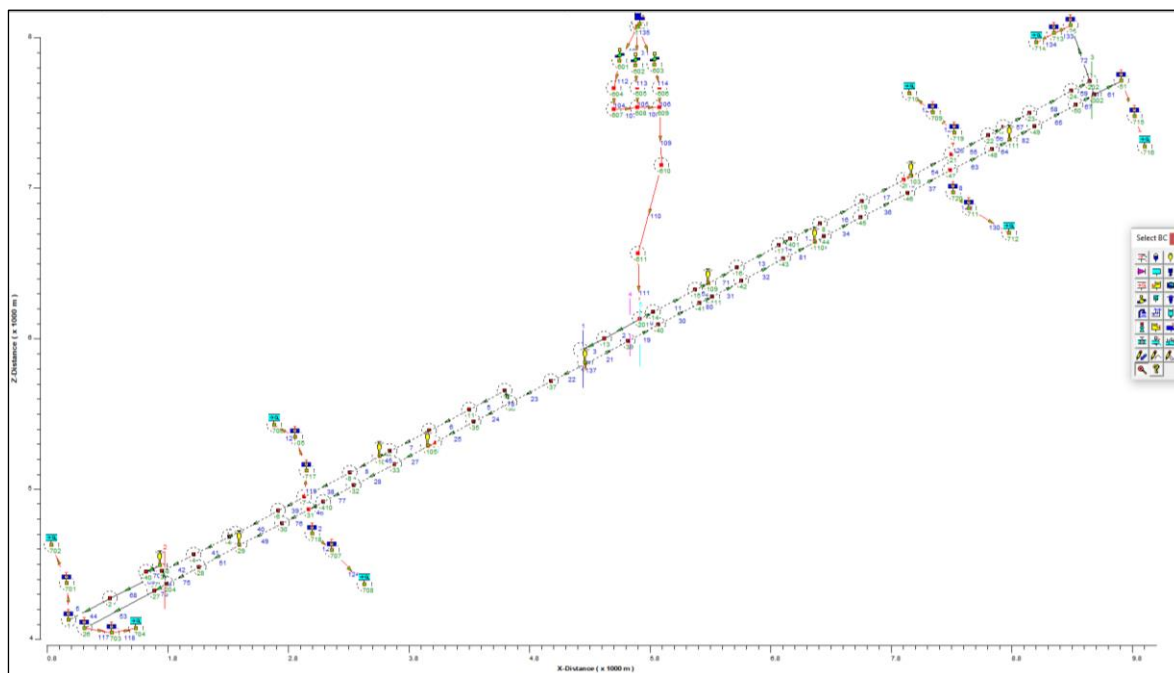


Figura 7.13 - Comizio irriguo n.3 - Grafico 1: Modello idraulico della rete.

Non si riscontrano fenomeni di depressione nelle condotte di linea, in quanto l'asse delle condotte è sempre al di sopra della pressione atmosferica, come si evince dal seguente grafico che rappresenta l'intero anello della rete irrigua dove in linea viola è indicato l'involuppo dei minimi carichi piezometrici che si mantiene sempre al di sopra dell'asse della condotta.

Inoltre non si registrano aperture degli sfiati durante le fasi di depressione in nessun punto della rete, garantendo che non vi sia in alcun caso ingresso di aria in condotta, salvaguardandola da possibili infiltrazioni di acqua di falda.

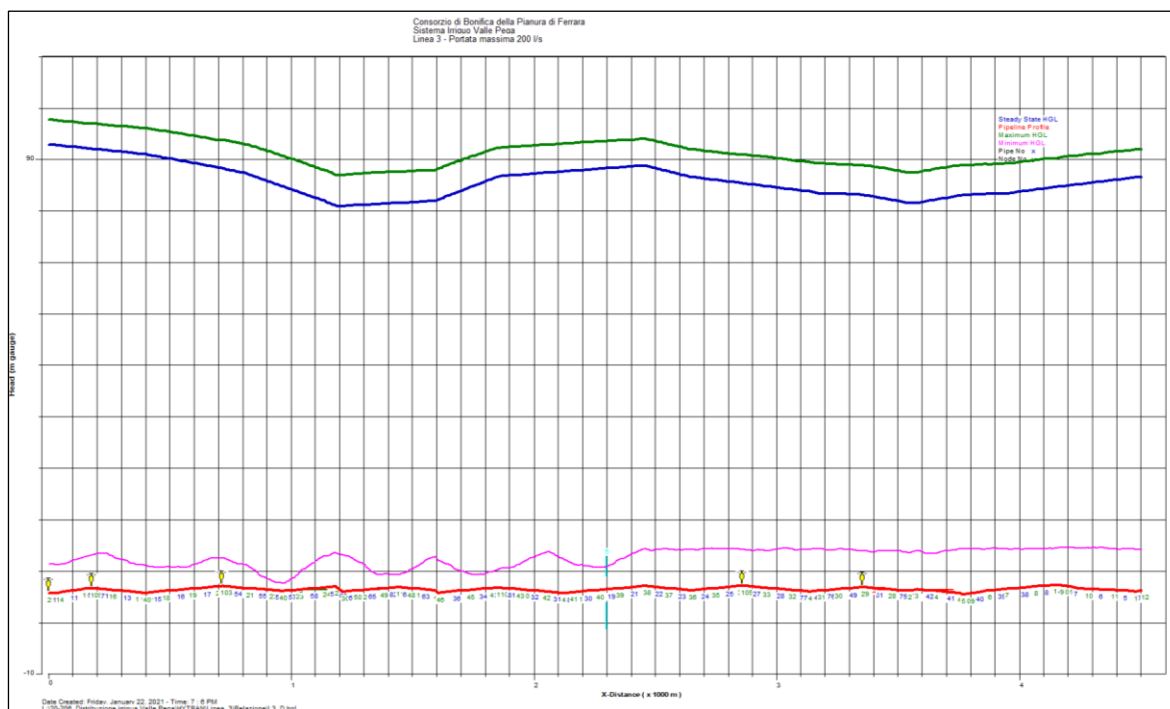


Figura 7.14 - Comizio irriguo n.3 - Grafico 1: Profilo idraulico della rete.

Nel grafico seguente si riporta infine l'andamento del carico piezometrico ai nodi principali: attraversamento strada Fiume in corrispondenza della stazione di sollevamento (linea blu), attraversamento ovest strada Fiume (linea rossa), attraversamento est strada Fiume (linea verde), attraversamento Adduttore Pega Ramo "Nord" (linea magenta), attraversamento Adduttore Pega Ramo "Sud" (linea ciano).

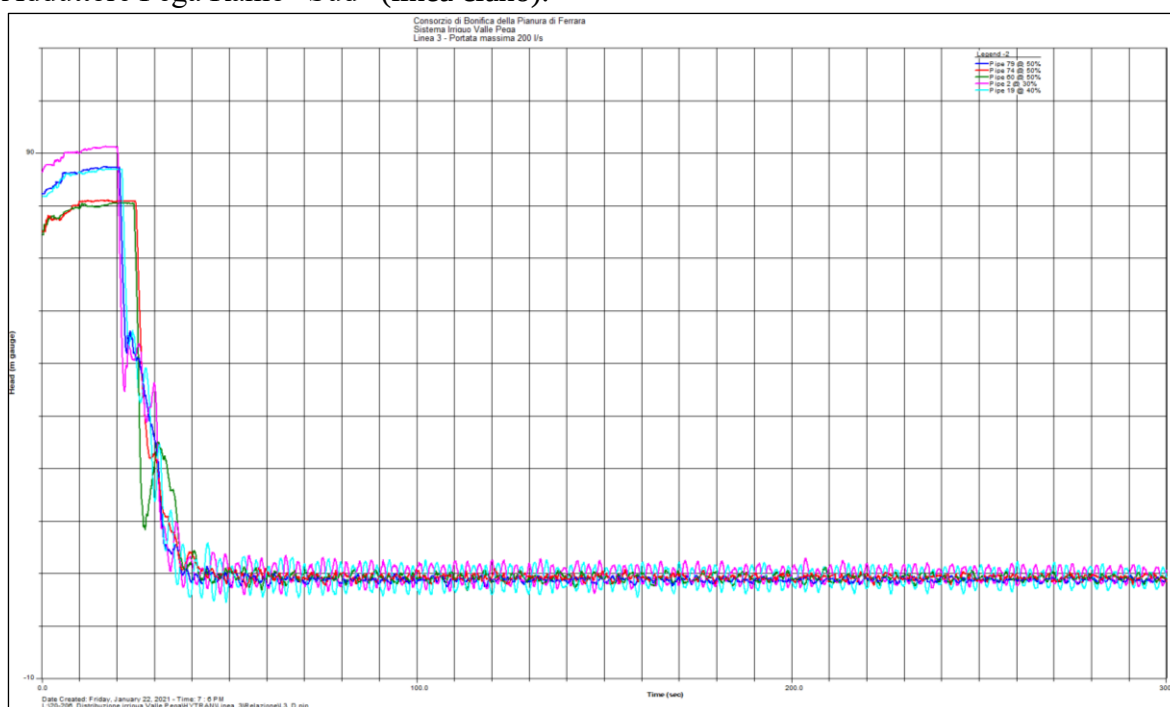


Figura 7.15 - Comizio irriguo n.3 - Grafico 3: Carico piezometrico ai nodi principali.

7.4 Comizio irriguo n.4

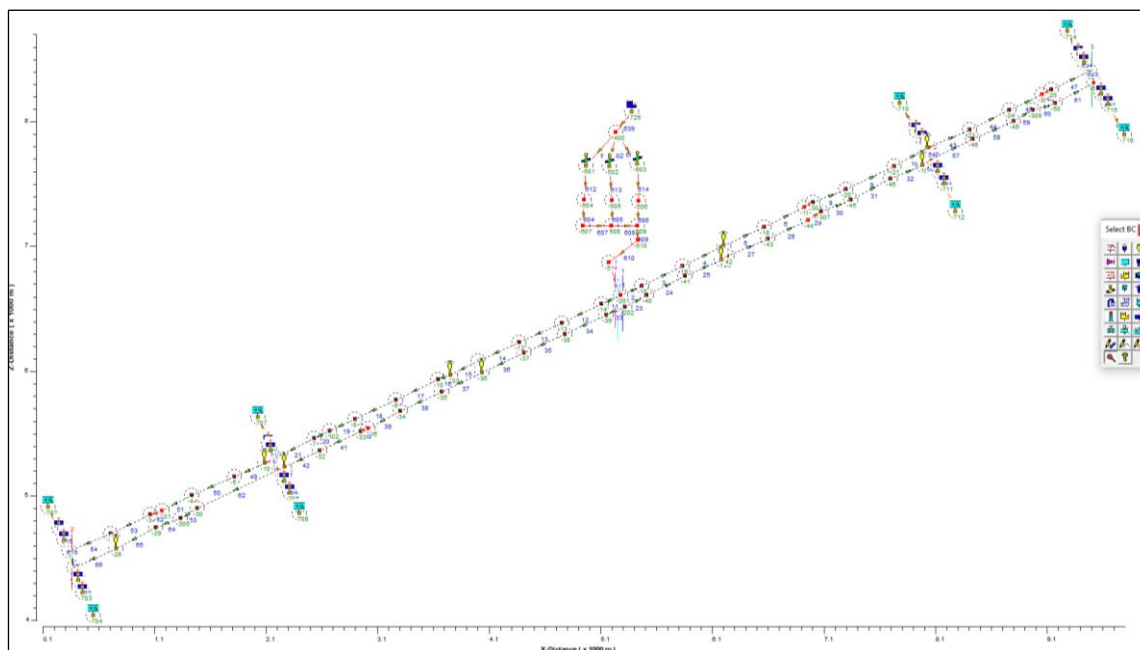


Figura 7.16 - Comizio irriguo n.4 - Grafico 1: Modello idraulico della rete.

Non si riscontrano fenomeni di depressione nelle condotte di linea, in quanto l'asse delle condotte è sempre al di sopra della pressione atmosferica, come si evince dal seguente grafico che rappresenta l'intero anello della rete irrigua dove in linea viola è indicato l'involuppo dei minimi carichi piezometrici che si mantiene sempre al di sopra dell'asse della condotta.

Inoltre non si registrano aperture degli sfiati durante le fasi di depressione in nessun punto della rete, garantendo che non vi sia in alcun caso ingresso di aria in condotta, salvaguardandola da possibili infiltrazioni di acqua di falda.

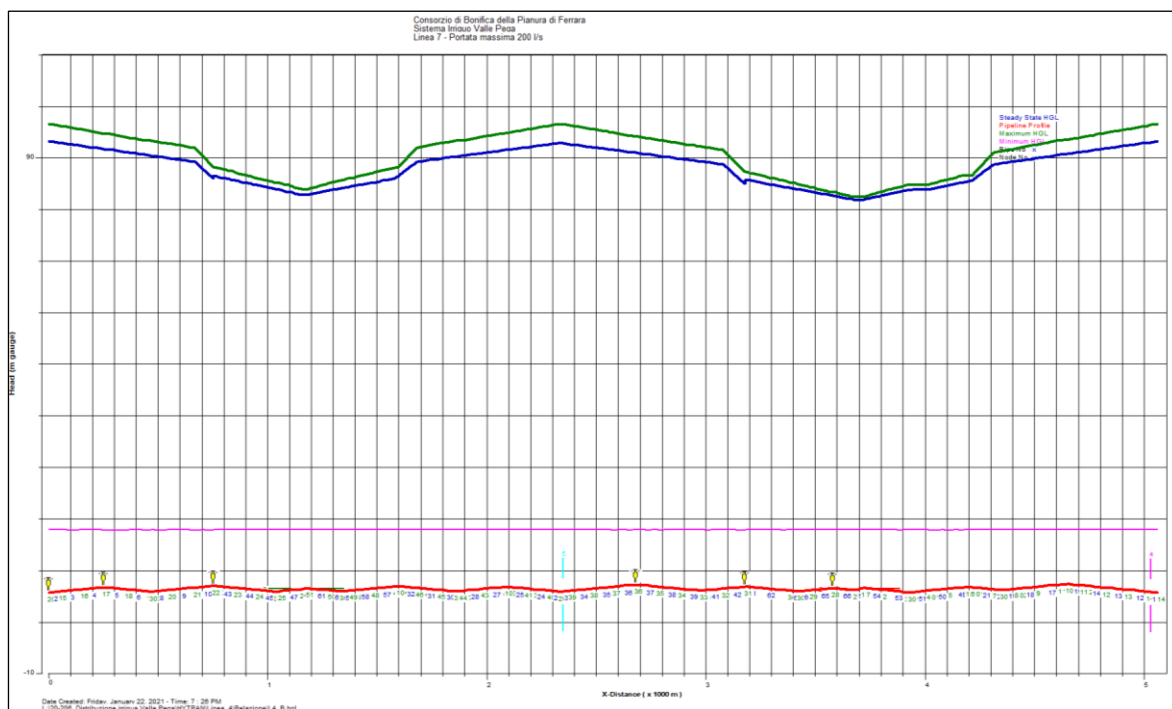


Figura 7.17 - Comizio irriguo n.4 - Grafico 1: Profilo idraulico della rete.

Nel grafico seguente si riporta infine l'andamento del carico piezometrico ai nodi principali: attraversamento strada Portorose in corrispondenza della stazione di sollevamento (linea blu), attraversamento ovest strada Portorose (linea rossa), attraversamento est strada Portorose (linea verde), attraversamento Adduttore Pega Ramo "Nord" (linea magenta), attraversamento Adduttore Pega Ramo "Sud" (linea ciano).

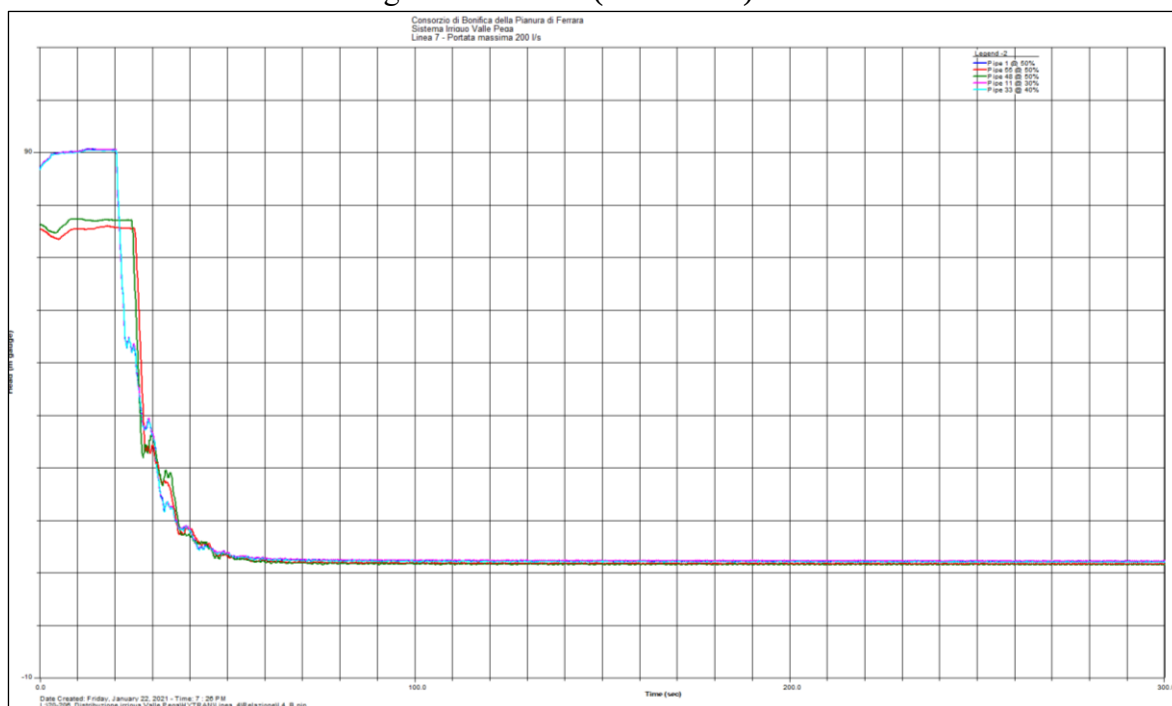


Figura 7.18 - Comizio irriguo n.4 - Grafico 3: Carico piezometrico ai nodi principali.

7.5 Comizio irriguo n.5

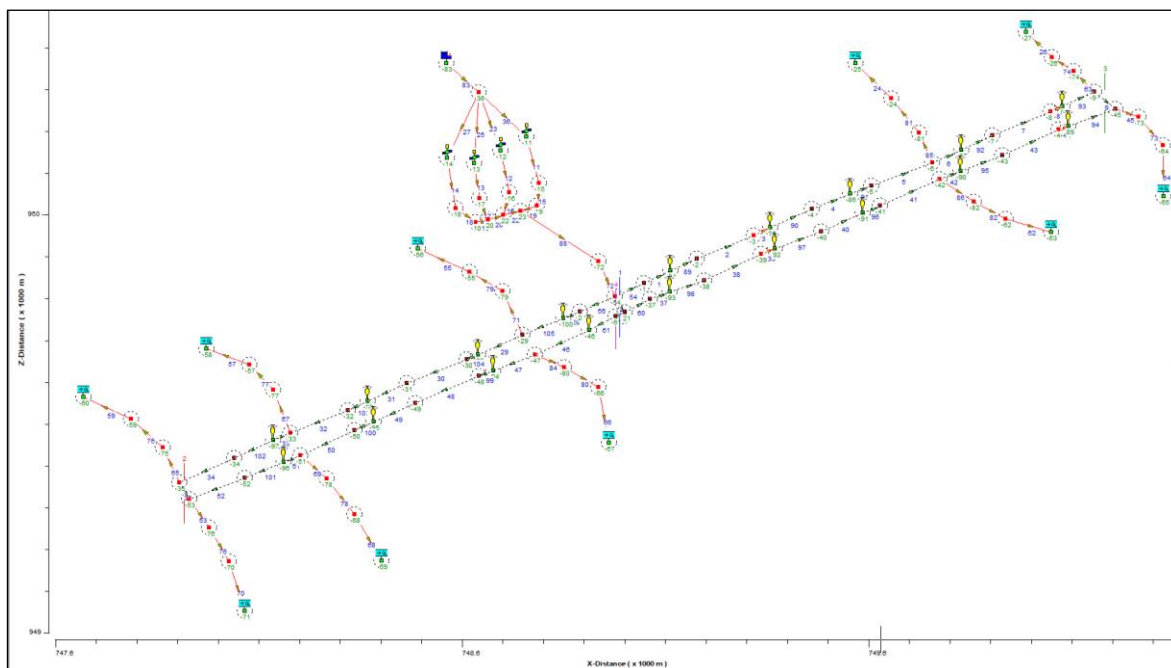


Figura 7.19 - Comizio irriguo n.5 - Grafico 1: Modello idraulico della rete.

Non si riscontrano fenomeni di depressione nelle condotte di linea, in quanto l'asse delle condotte è sempre al di sopra della pressione atmosferica, come si evince dal seguente grafico che rappresenta l'intero anello della rete irrigua dove in linea viola è indicato l'involuppo dei minimi carichi piezometrici che si mantiene sempre al di sopra dell'asse della condotta.

Inoltre non si registrano aperture degli sfiati durante le fasi di depressione in nessun punto della rete, garantendo che non vi sia in alcun caso ingresso di aria in condotta, salvaguardandola da possibili infiltrazioni di acqua di falda.

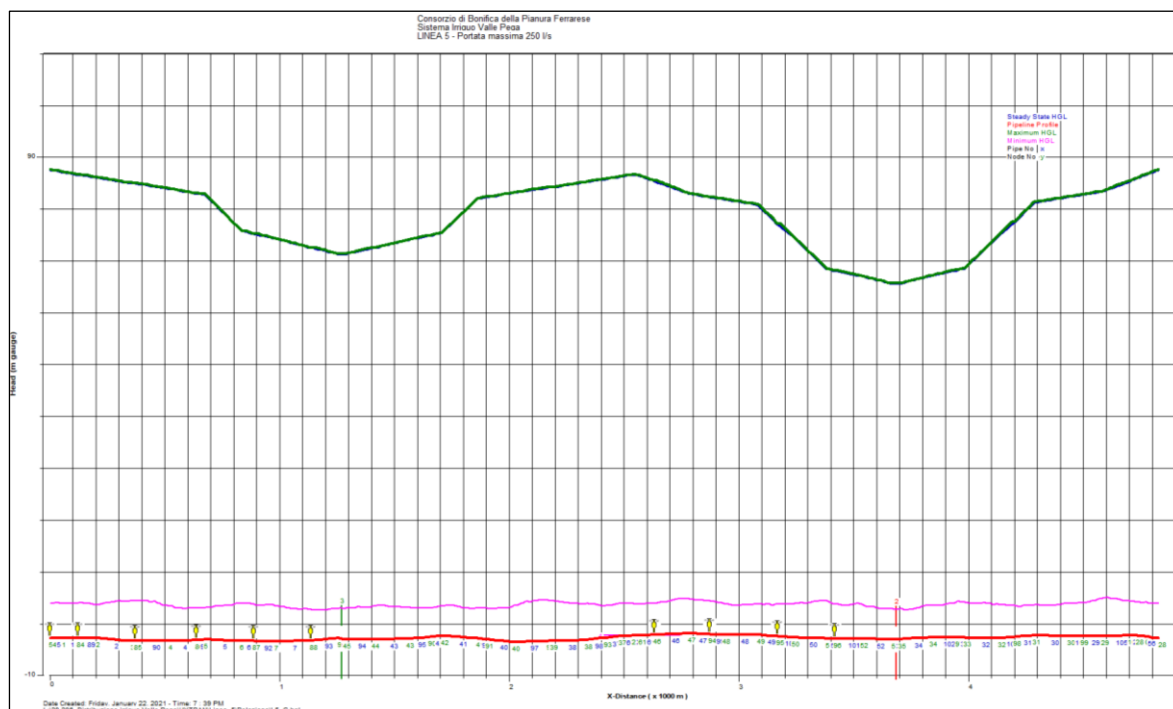


Figura 7.20 - Comizio irriguo n.5 - Grafico 1: Profilo idraulico della rete.

Nel grafico seguente si riporta infine l'andamento del carico piezometrico ai nodi principali: attraversamento strada Buie d'Istria in corrispondenza della stazione di sollevamento (linea blu), attraversamento ovest strada Buie d'Istria (linea rossa), attraversamento est strada Buie d'Istria (linea verde), stacco della futura Rete "Sud" (linea magenta).

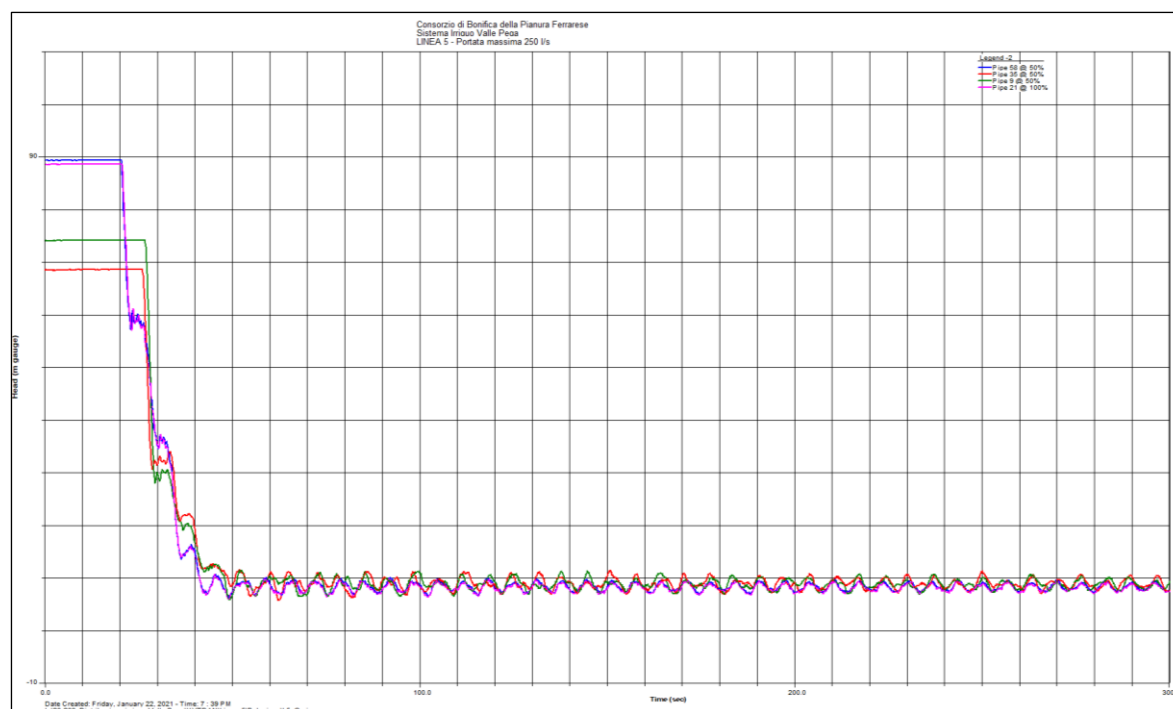


Figura 7.21 - Comizio irriguo n.5 - Grafico 3: Carico piezometrico ai nodi principali.

7.6 Comizio irriguo n.6

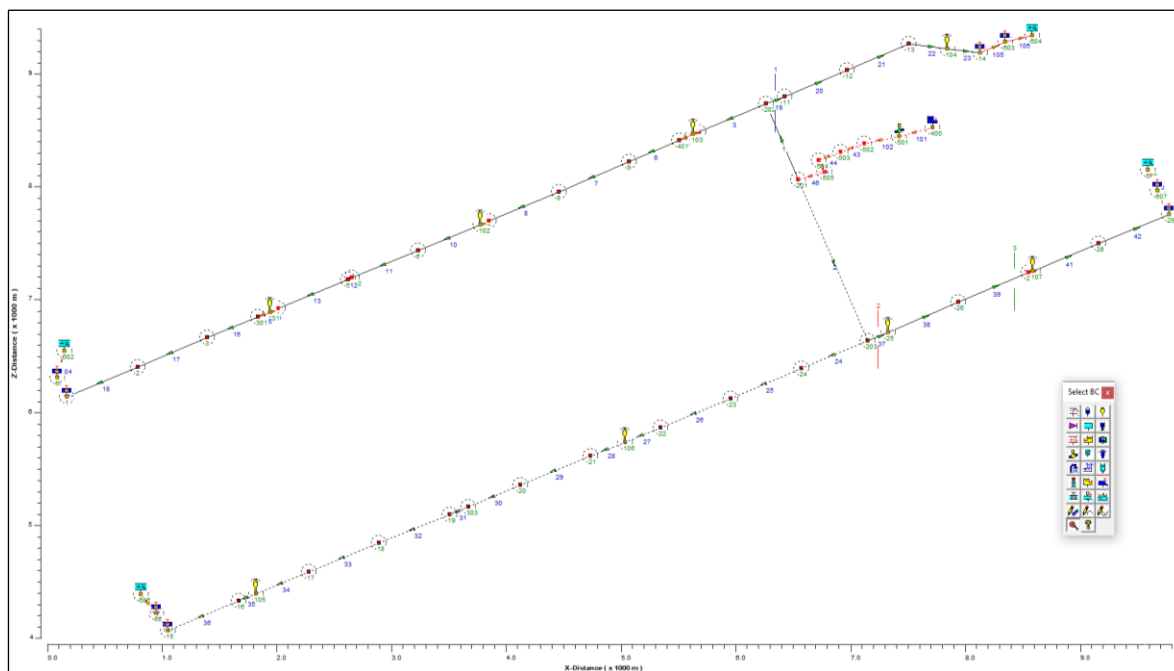


Figura 7.22 - Comizio irriguo n.6 - Grafico 1: Modello idraulico della rete.

Non si riscontrano fenomeni di depressione nelle condotte di linea, in quanto l'asse delle condotte è sempre al di sopra della pressione atmosferica, come si evince dai seguenti grafici suddivisi per ogni Ramo della rete irrigua dove in linea viola è indicato l'involuppo dei minimi carichi piezometrici che si mantiene sempre al di sopra dell'asse della condotta.

Inoltre non si registrano aperture degli sfiati durante le fasi di depressione in nessun punto della rete, garantendo che non vi sia in alcun caso ingresso di aria in condotta, salvaguardandola da possibili infiltrazioni di acqua di falda.

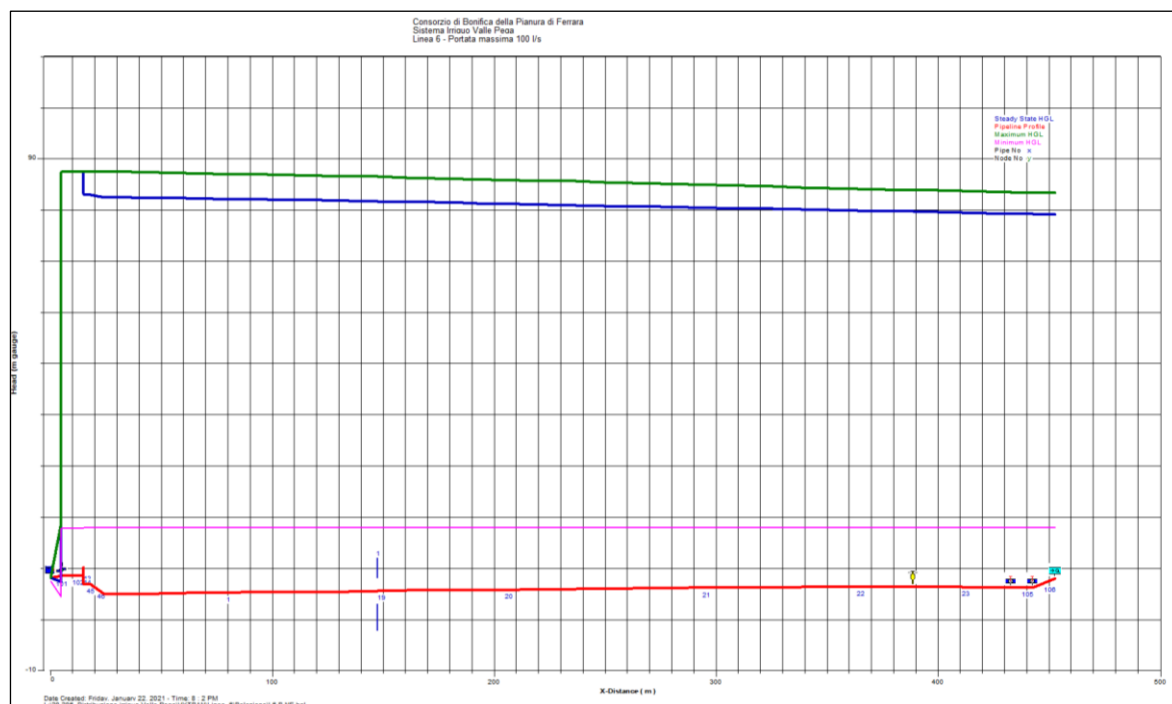


Figura 7.23 - Comizio irriguo n.6 - Grafico 2: Ramo Nord-Est.

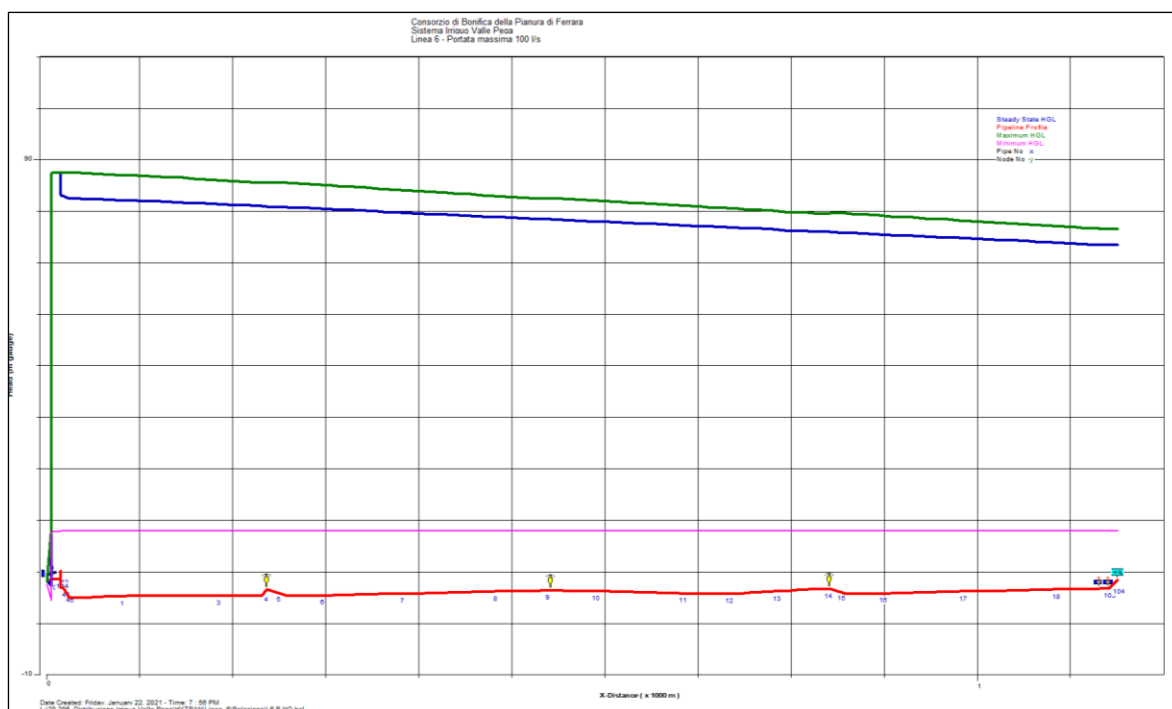


Figura 7.24 - Comizio irriguo n.6 - Grafico 2: Ramo Nord-Ovest.

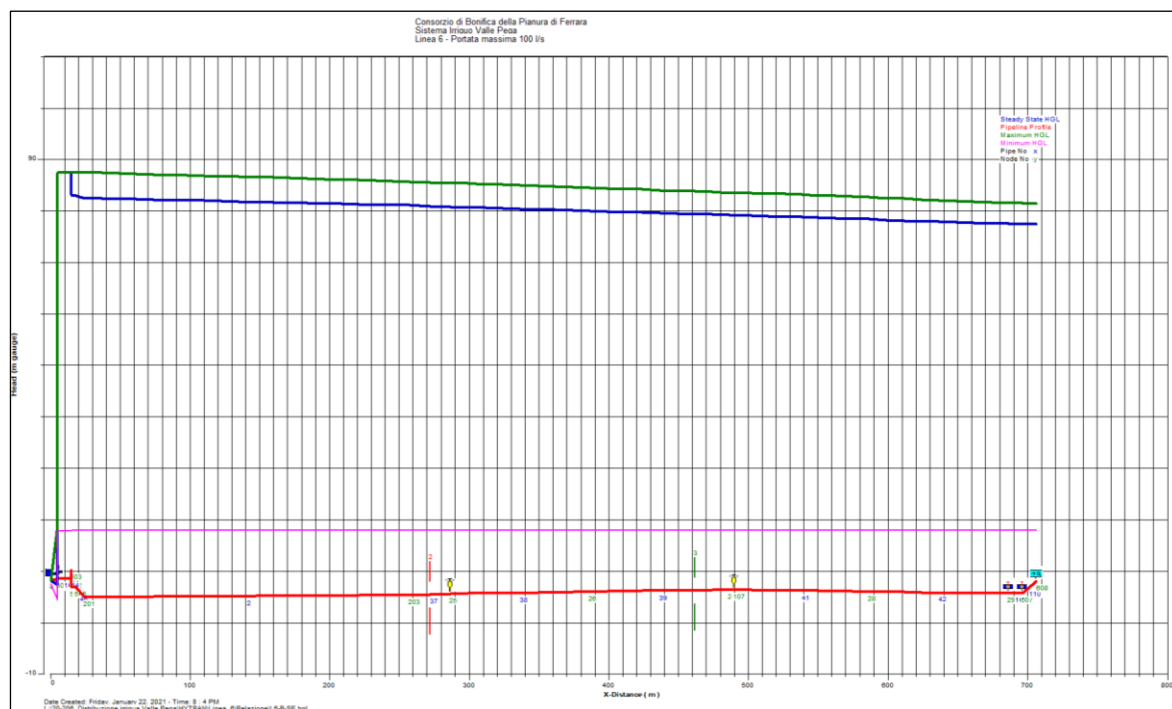


Figura 7.25 - Comizio irriguo n.6 - Grafico 2: Ramo Sud-Est.

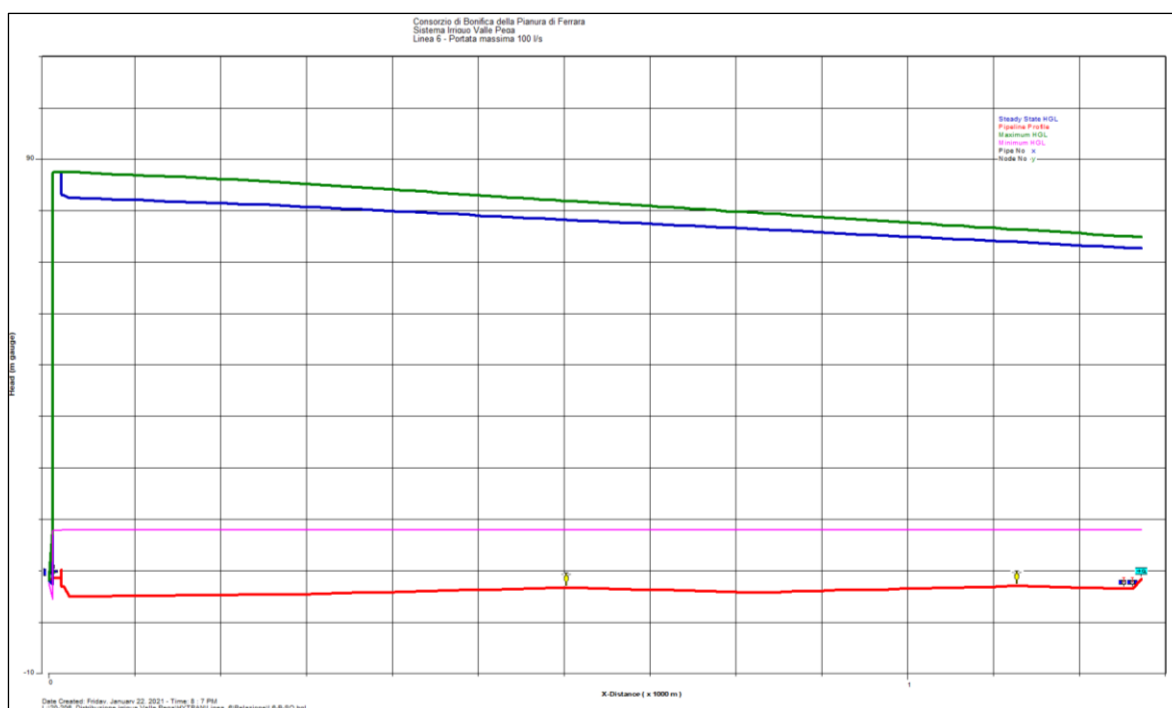


Figura 7.26 - Comizio irriguo n.6 - Grafico 2: Ramo Sud-Ovest.

Nel grafico seguente si riporta infine l'andamento del carico piezometrico ai nodi principali: attraversamento Adduttore Pega Ramo "Nord" (linea blu), attraversamento Adduttore Pega Ramo "Sud" (linea rossa), attraversamento S.P. N.81 e canale Ramo "Sud" (linea verde).

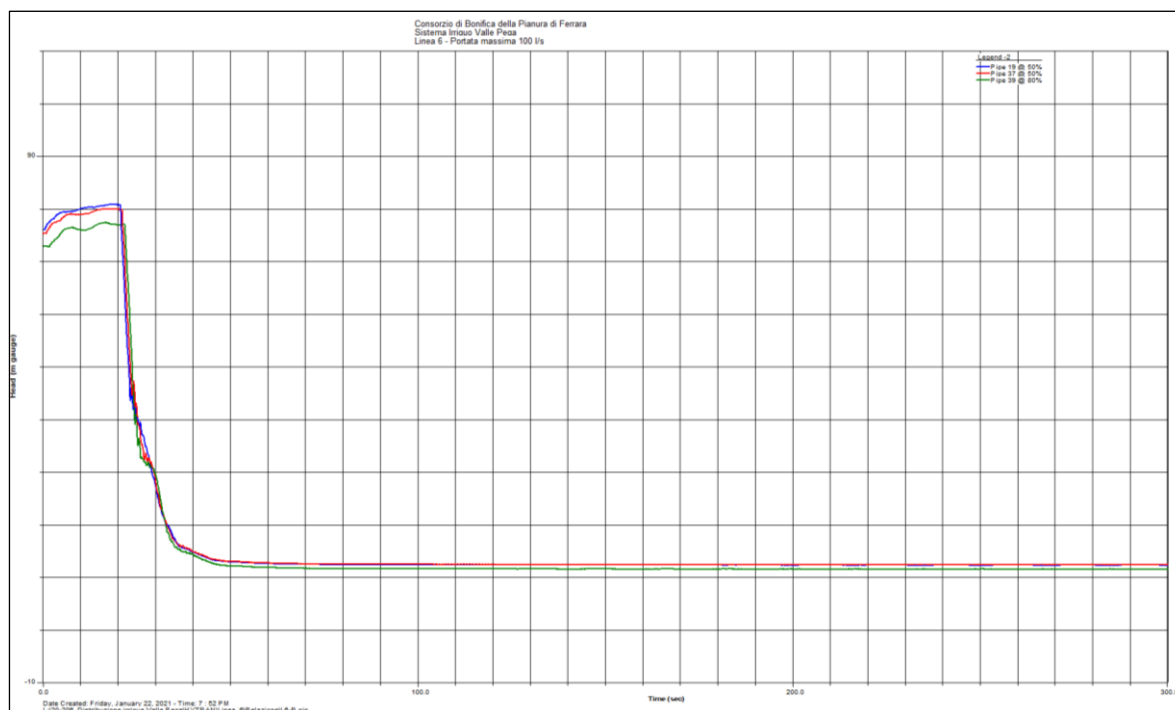


Figura 7.27 - Comizio irriguo n.6 - Grafico 3: Carico piezometrico ai nodi principali.

7.7 Comizio irriguo n.7

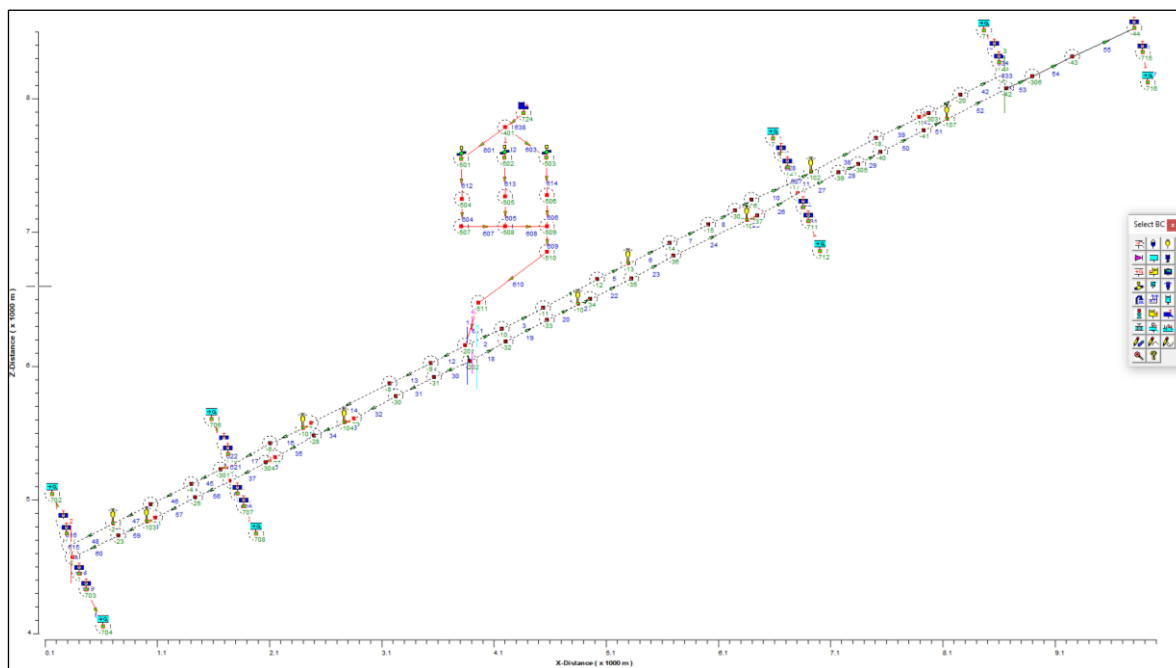


Figura 7.28 - Comizio irriguo n.7 - Grafico 1: Modello idraulico della rete.

Non si riscontrano fenomeni di depressione nelle condotte di linea, in quanto l'asse delle condotte è sempre al di sopra della pressione atmosferica, come si evince dal seguente grafico che rappresenta l'intero anello della rete irrigua dove in linea viola è indicato l'involuppo dei minimi carichi piezometrici che si mantiene sempre al di sopra dell'asse della condotta.

Inoltre non si registrano aperture degli sfiati durante le fasi di depressione in nessun punto della rete, garantendo che non vi sia in alcun caso ingresso di aria in condotta, salvaguardandola da possibili infiltrazioni di acqua di falda.

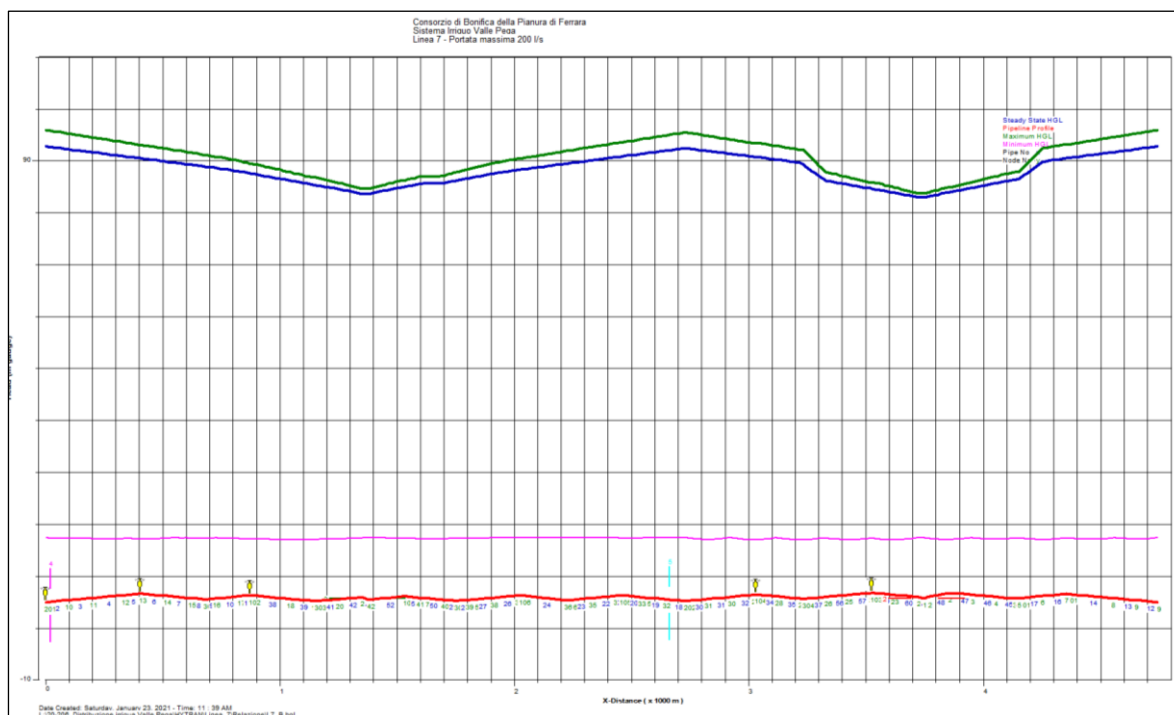


Figura 7.29 - Comizio irriguo n.7 - Grafico 1: Profilo idraulico della rete.

Nel grafico seguente si riporta infine l'andamento del carico piezometrico ai nodi principali: attraversamento strada Capodistria in corrispondenza della stazione di sollevamento (linea blu), attraversamento ovest strada Capodistria (linea rossa), attraversamento est strada Capodistria (linea verde), attraversamento Adduttore Pega Ramo "Nord" (linea magenta), attraversamento Adduttore Pega Ramo "Sud" (linea ciano).

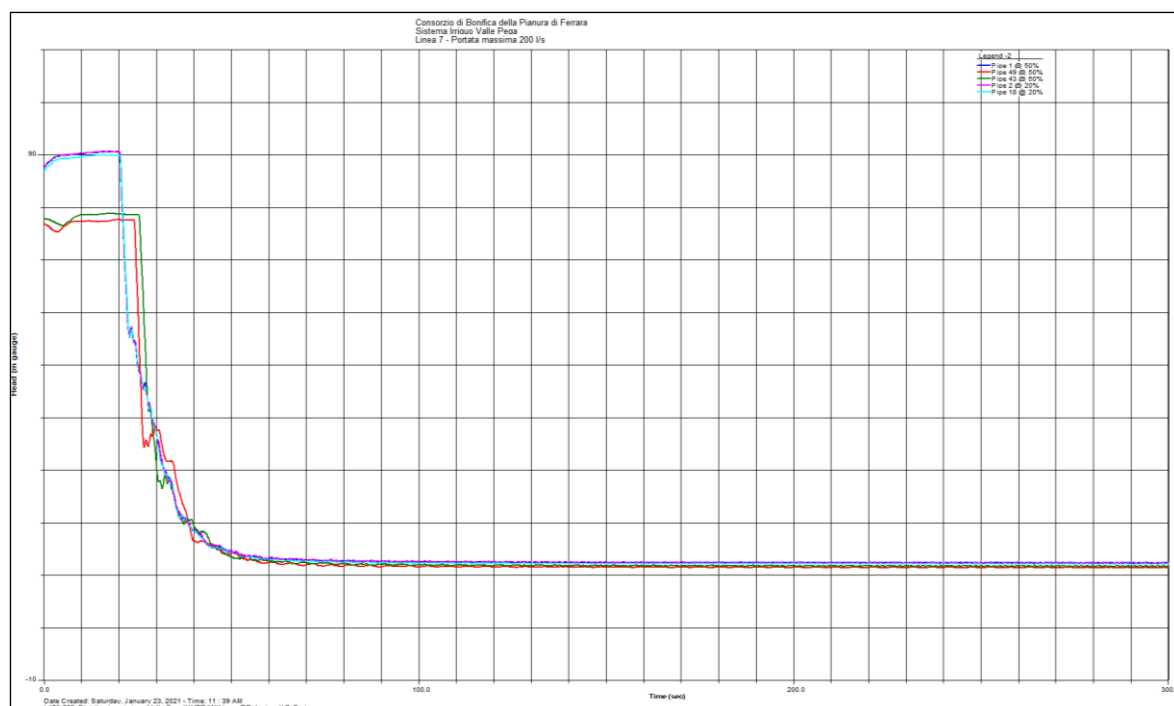


Figura 7.30 - Comizio irriguo n.7 - Grafico 3: Carico piezometrico ai nodi principali.

7.8 Comizio irriguo n.8

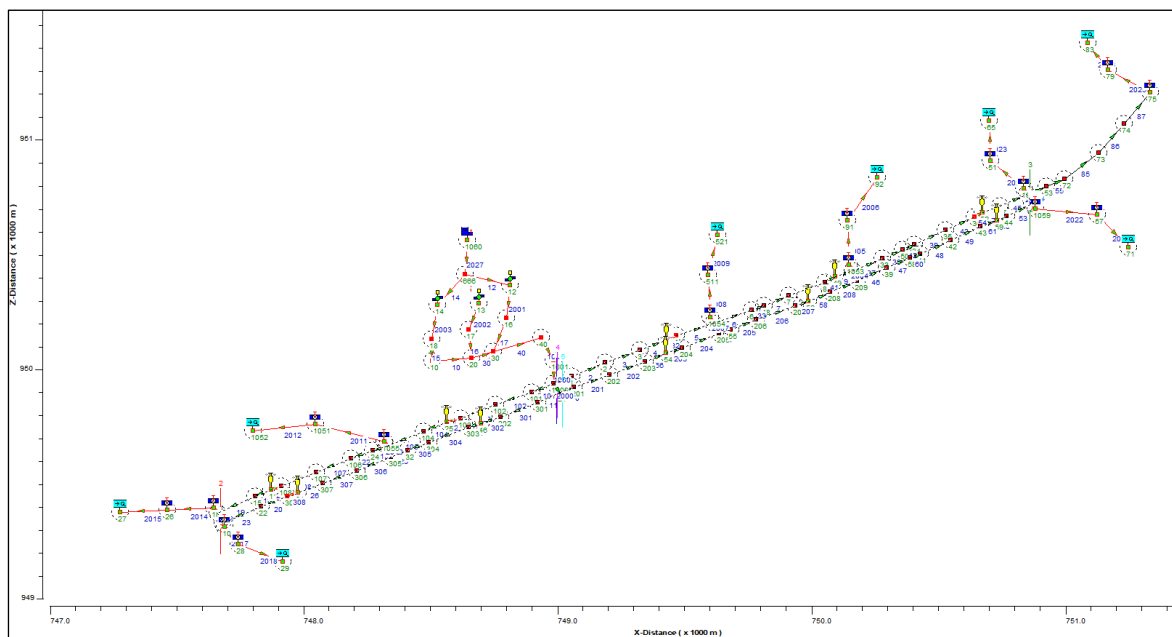


Figura 7.31 - Comizio irriguo n.8 - Grafico 1: Modello idraulico della rete.

Non si riscontrano fenomeni di depressione nelle condotte di linea, in quanto l'asse delle condotte è sempre al di sopra della pressione atmosferica, come si evince dal seguente grafico che rappresenta l'intero anello della rete irrigua dove in linea viola è indicato l'involuppo dei minimi carichi piezometrici che si mantiene sempre al di sopra dell'asse della condotta.

Inoltre non si registrano aperture degli sfiati durante le fasi di depressione in nessun punto della rete, garantendo che non vi sia in alcun caso ingresso di aria in condotta, salvaguardandola da possibili infiltrazioni di acqua di falda.

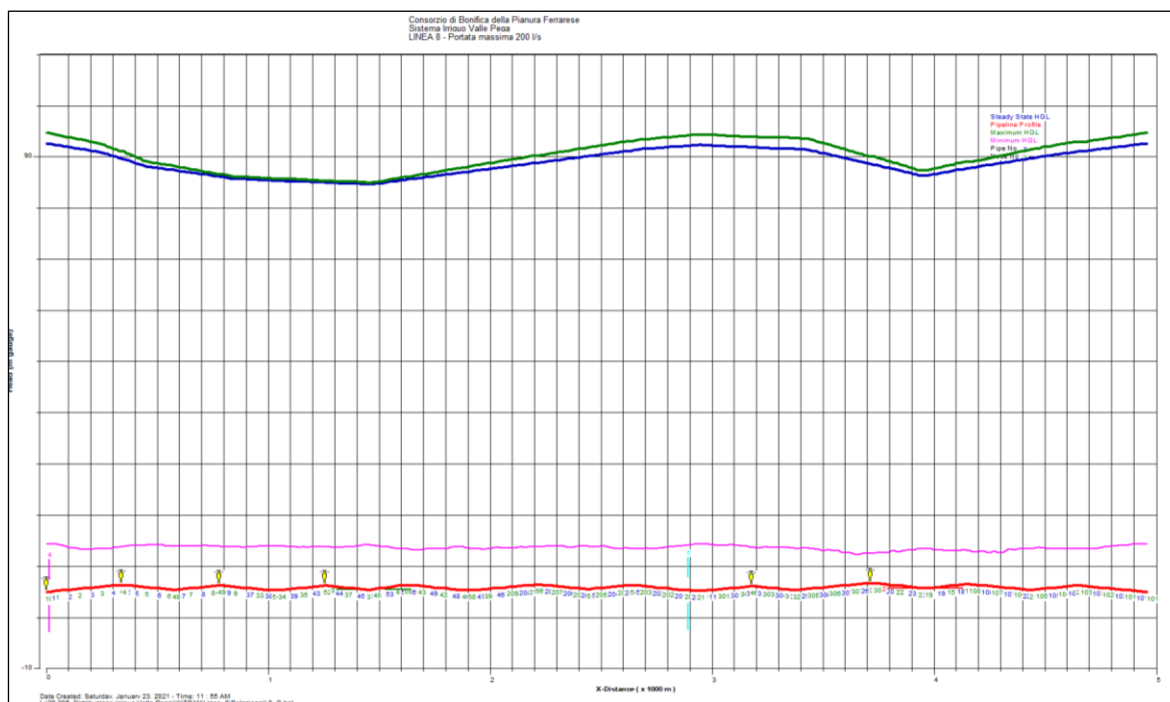


Figura 7.32 - Comizio irriguo n.8 - Grafico 1: Profilo idraulico della rete.

Nel grafico seguente si riporta infine l'andamento del carico piezometrico ai nodi principali: attraversamento strada Istria in corrispondenza della stazione di sollevamento (linea blu), attraversamento ovest strada Istria (linea rossa), attraversamento est strada Istria (linea verde), attraversamento Adduttore Pega Ramo "Nord" (linea magenta), attraversamento Adduttore Pega Ramo "Sud" (linea ciano).

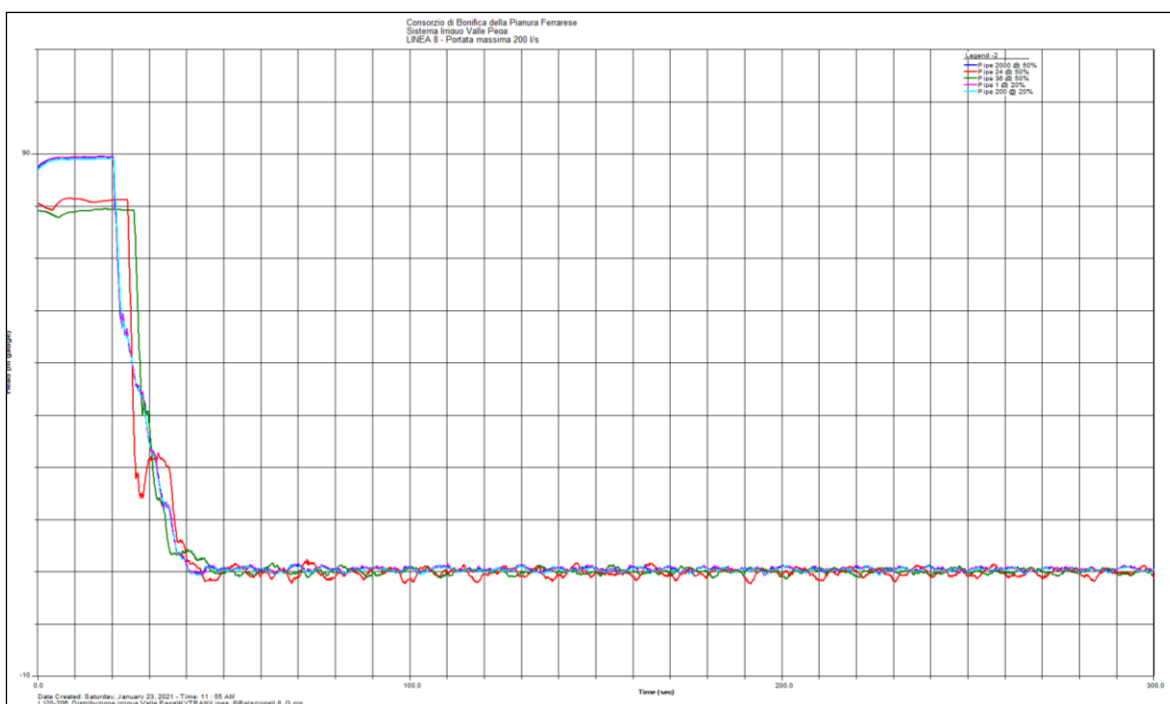


Figura 7.33 - Comizio irriguo n.8 - Grafico 3: Carico piezometrico ai nodi principali.

7.9 Comizio irriguo n.9

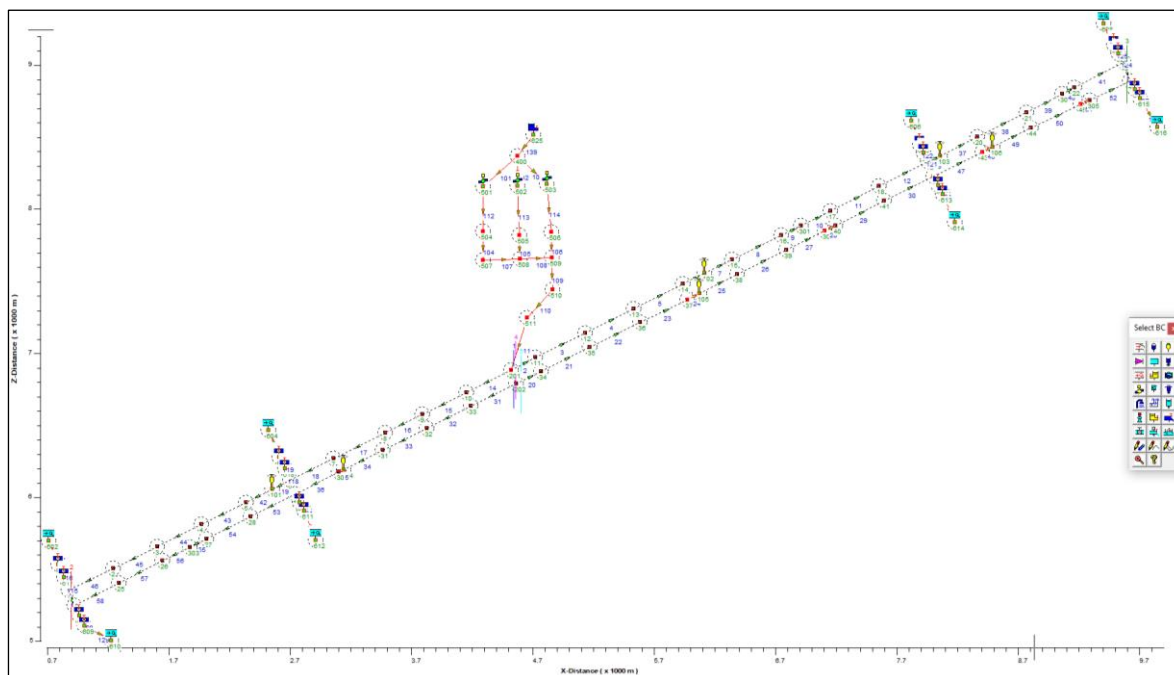


Figura 7.34 - Comizio irriguo n.9 - Grafico 1: Modello idraulico della rete.

Non si riscontrano fenomeni di depressione nelle condotte di linea, in quanto l'asse delle condotte è sempre al di sopra della pressione atmosferica, come si evince dal seguente grafico che rappresenta l'intero anello della rete irrigua dove in linea viola è indicato l'involuppo dei minimi carichi piezometrici che si mantiene sempre al di sopra dell'asse della condotta.

Inoltre non si registrano aperture degli sfiati durante le fasi di depressione in nessun punto della rete, garantendo che non vi sia in alcun caso ingresso di aria in condotta, salvaguardandola da possibili infiltrazioni di acqua di falda.

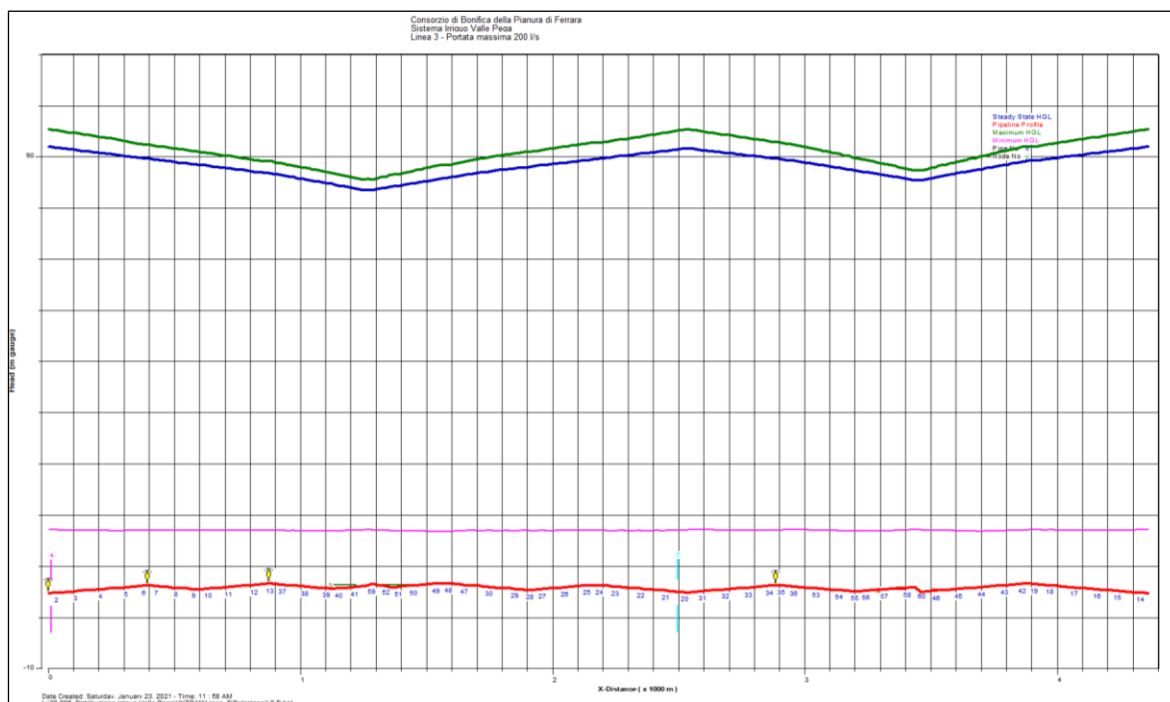


Figura 7.35 - Comizio irriguo n.9 - Grafico 1: Profilo idraulico della rete.

Nel grafico seguente si riporta infine l'andamento del carico piezometrico ai nodi principali: attraversamento strada Dalmazia in corrispondenza della stazione di sollevamento (linea blu), attraversamento ovest strada Dalmazia (linea rossa), attraversamento est strada Dalmazia (linea verde), attraversamento Adduttore Pega Ramo "Nord" (linea magenta), attraversamento Adduttore Pega Ramo "Sud" (linea ciano).

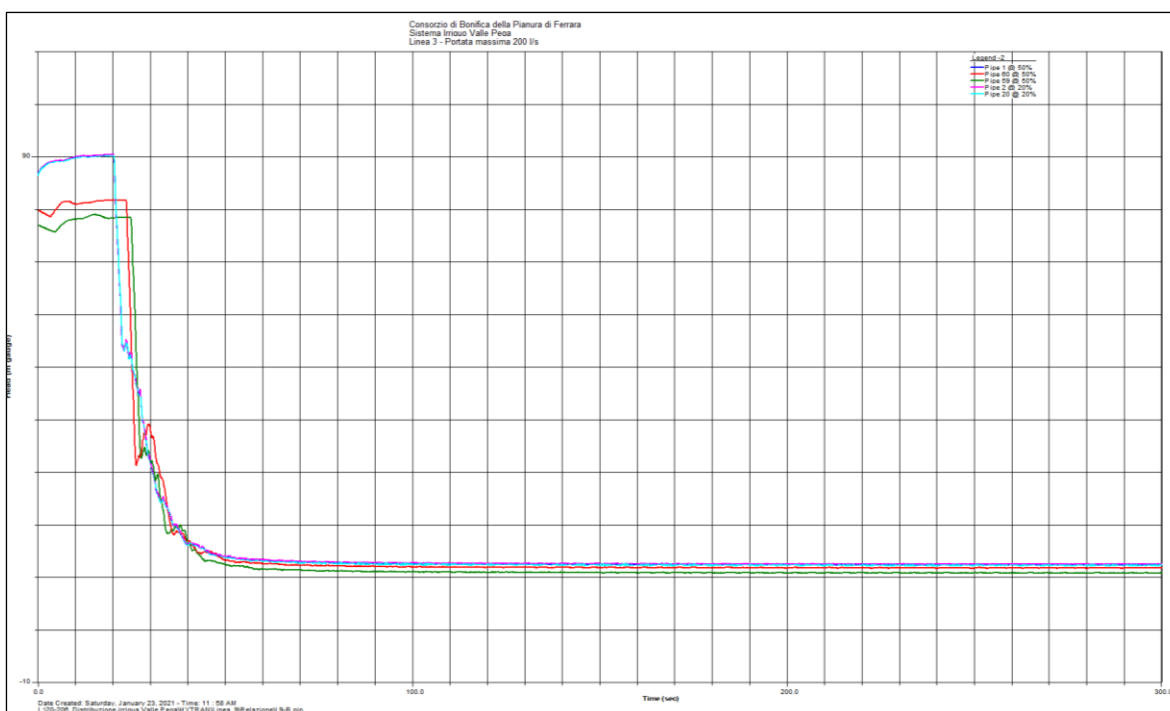


Figura 7.36 - Comizio irriguo n.9 - Grafico 3: Carico piezometrico ai nodi principali.

7.10 Comizio irriguo n.10

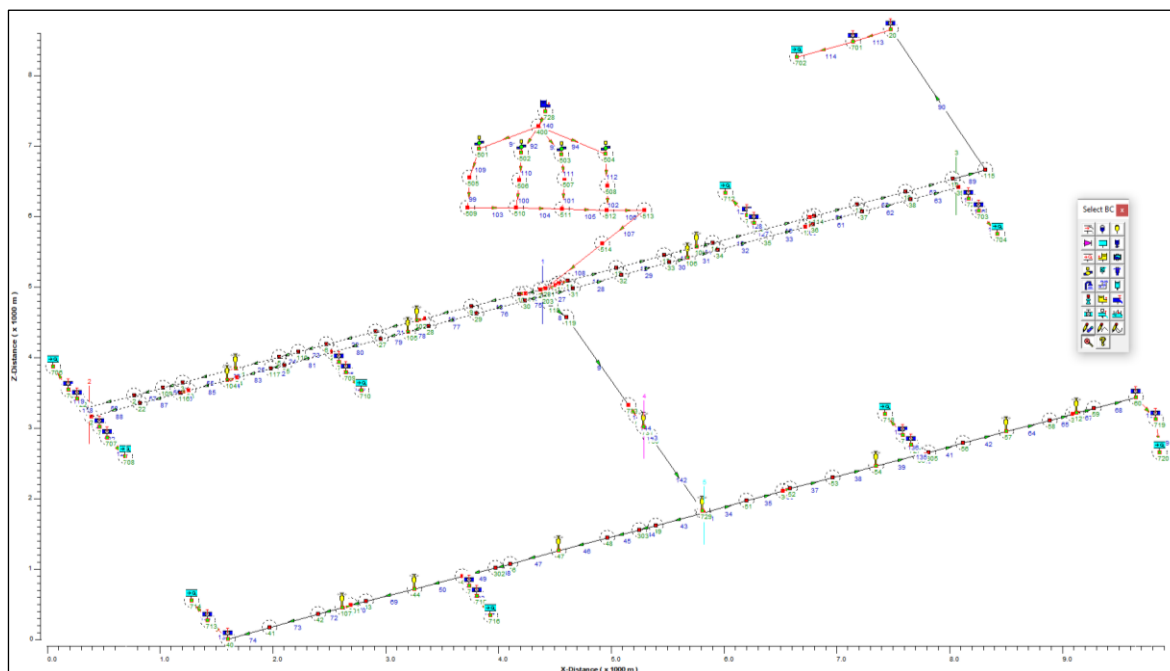


Figura 7.37 - Comizio irriguo n.10 - Grafico 1: Modello idraulico della rete.

Non si riscontrano fenomeni di depressione nelle condotte di linea, in quanto l'asse delle condotte è sempre al di sopra della pressione atmosferica, come si evince dai seguenti grafici suddivisi per l'anello della Linea 1, il Ramo di collegamento e la Linea 2, dove in linea viola è indicato l'involuppo dei minimi carichi piezometrici che si mantiene sempre al di sopra dell'asse della condotta.

Inoltre non si registrano aperture degli sfiati durante le fasi di depressione in nessun punto della rete, garantendo che non vi sia in alcun caso ingresso di aria in condotta, salvaguardandola da possibili infiltrazioni di acqua di falda.

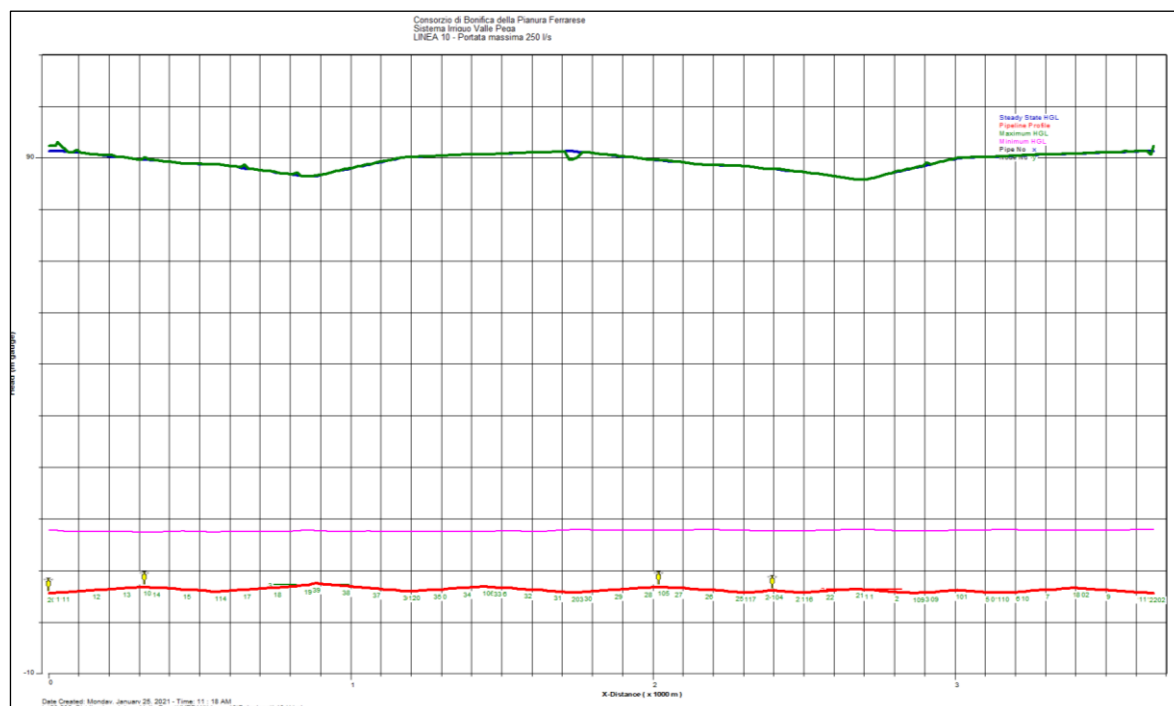


Figura 7.38 - Comizio irriguo n.10 - Grafico 2: Anello "Linea 1".

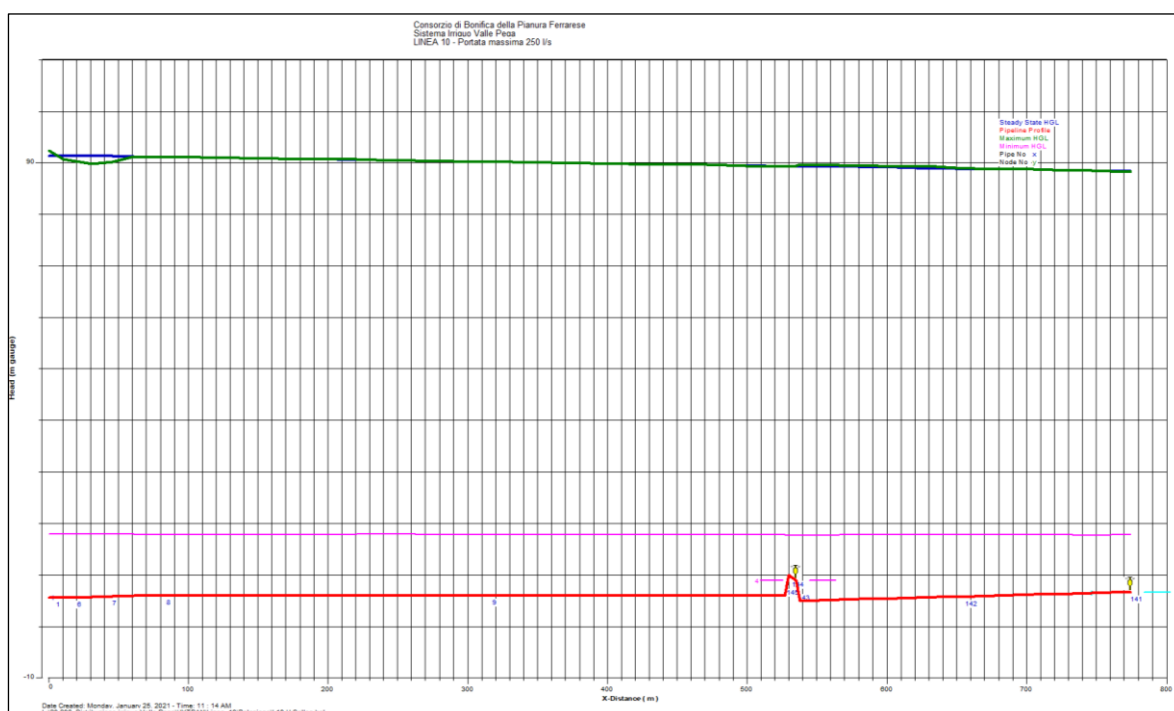


Figura 7.39 - Comizio irriguo n.10 - Grafico 2: Ramo di collegamento.

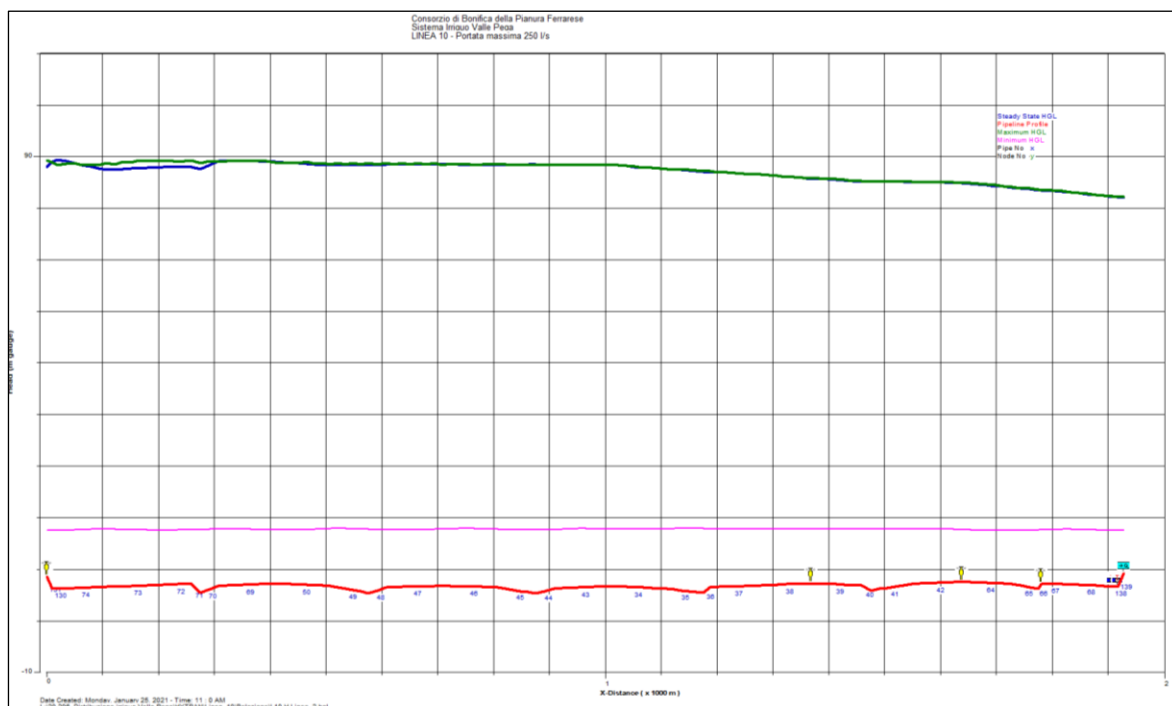


Figura 7.40 - Comizio irriguo n.10 - Grafico 2: “Linea 2”.

Nel grafico seguente si riporta infine l’andamento del carico piezometrico ai nodi principali: attraversamento strada Pola in corrispondenza della stazione di sollevamento (linea blu), attraversamento ovest strada Pola (linea rossa), attraversamento est strada Pola (linea verde), attraversamento aereo Canale Fosecchie Ramo di collegamento (linea magenta), innesto del Ramo di collegamento alla Linea 2 (linea ciano).

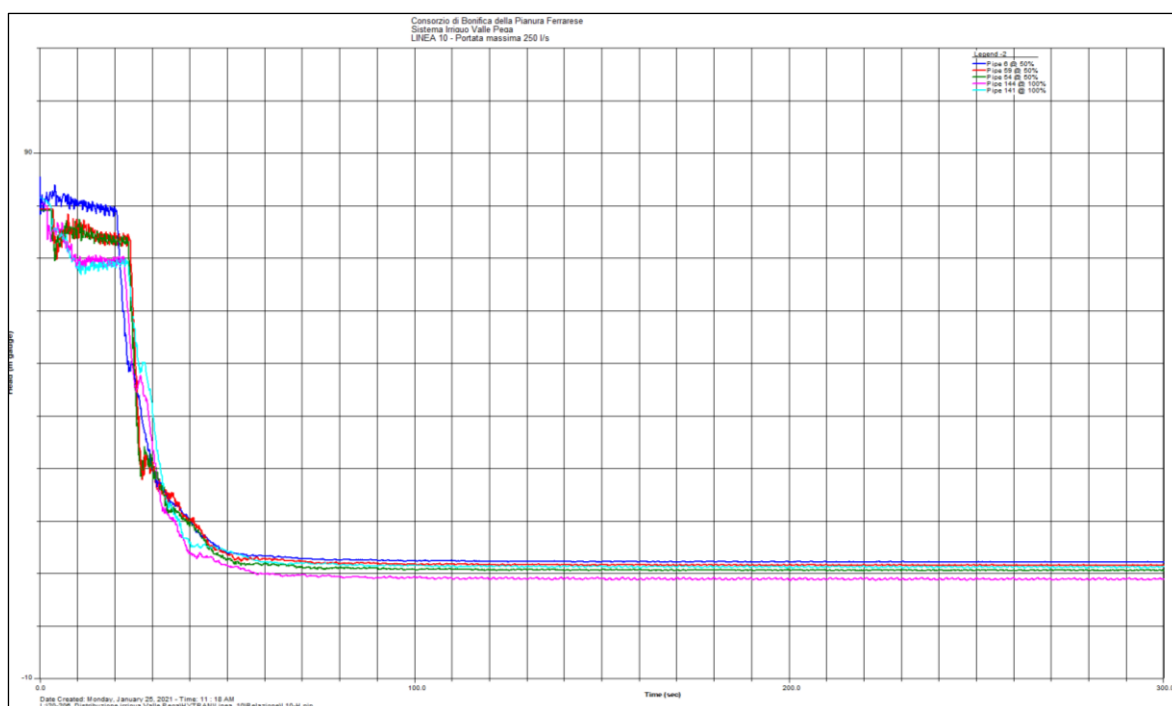


Figura 7.41 - Comizio irriguo n.10 - Grafico 3: Carico piezometrico ai nodi principali.

8. DIMENSIONAMENTO STATICO DELLE TUBAZIONI INTERRATE

Nel presente capitolo sono riportati i calcoli statici delle tubazioni interrate in Polietilene ad Alta Densità PN16 SDR11 tipo PE100 RC, che hanno permesso di verificare la stabilità delle nuove condotte nei confronti delle azioni esterne dovute al terreno di ricoprimento ed ai sovraccarichi mobili.

Il carico di terreno nella trincea di scavo superiormente la tubazione, ed il sovraccarico uniformemente distribuito causato dai carichi mobili in superficie, vengono ripartiti tra il terreno e la condotta in relazione ai rispettivi moduli di elasticità; a parità di caratteristiche fisiche del terreno, maggiore è il modulo di elasticità della tubazione, cioè più essa è rigida, più questa assume una maggiore aliquota del carico verticale gravante.

Invece, a parità di caratteristiche meccaniche della tubazione, essa assume spostamenti laterali e quindi deformazioni minori, quanto maggiormente compattato risulta il terreno di rinfiacco, poiché esso collabora in misura maggiore alla ripartizione dei carichi verticali.

Il comportamento di una tubazione sarà quindi *rigido o flessibile* non solo in funzione delle caratteristiche meccaniche della condotta ma anche in funzione della costipazione del terreno di rinfiacco e ricoprimento; risulta pertanto opportuno compattare al meglio il terreno di rinfiacco e ricoprimento in modo tale da innescare un comportamento *flessibile* della tubazione, minimizzando in tal modo le relative deformazioni.

Nel caso di comportamento *flessibile* si ammette che la rottura della tubazione sopraggiunga quando le deformazioni hanno raggiunto livelli inaccettabili, fissando la deformazione massima ammissibile normalmente pari al 5% del diametro medio.

Nelle calcolazioni seguenti le deformazioni sono state calcolate mediante il metodo di Marston-Spangler, tramite la seguente espressione:

$$\Delta x = \frac{Q \cdot K \cdot F}{\frac{EJ}{r^3} + 0,061 \cdot E_t}$$

dove:

Δx : deformazione diametrale in senso orizzontale;

E : modulo elastico della condotta;

E_t : modulo elastico del terreno;

J : momento di inerzia della parete del tubo, per unità di lunghezza;

r : raggio medio della condotta;

K : coefficiente di sottofondo, che dipende dal tipo di appoggio della tubazione;

F : coefficiente di deformazione differita nel tempo.

La metodologia impiegata permette di eseguire la verifica statica della tubazione interrata determinando i carichi permanenti e accidentali che gravano su di essa, il carico idraulico e le reazioni del terreno, valutando di conseguenza le tensioni gravanti sulla generatrice superiore e verificando che non venga raggiunto lo stato limite di deformazione.

8.1 Determinazione dei carichi dovuti al rinterro

L'analisi dello stato del terreno, rimosso e riportato, in relazione alle possibili forme della trincea di posa, viene valutata sulla base della distinzione tra posa in trincea stretta e posa in trincea larga (norma UNI 7517).

Posa in trincea stretta

La condotta si considera posata in *trincea stretta* quando sia soddisfatta una delle seguenti due condizioni:

$$\begin{array}{ll} B \leq 2 \text{ DN} & \text{con } H \geq 1,5 B \\ 2 \text{ DN} \leq B \leq 3 \text{ DN} & \text{con } H \geq 3,5 B \end{array}$$

dove B è la larghezza dello scavo in sommità condotta, DN è il diametro nominale della stessa ed H è l'altezza del ricoprimento di terreno sulla condotta.

In questa condizione il carico alla quota della generatrice superiore della condotta vale:

$$Q_{st} = \chi \cdot \gamma_t \cdot B \cdot DN$$

dove:

χ : coefficiente che tiene in conto dell'azione che l'attrito svolge nel contatto tra terreno indisturbato e rinterro;

γ_t : peso specifico del terreno di rinterro.

Posa in trincea larga

La condotta si considera posata in trincea larga quando nessuna delle due condizioni sopra è soddisfatta, in questo caso non vi è più la collaborazione attiva data dalle pareti della trincea, notevolmente distanti dal terreno direttamente gravante sulla condotta.

Nel caso di trincea larga il carico del rinterro sulla condotta vale:

$$Q_{st} = \gamma_t \cdot DN \cdot H$$

Nel nostro caso il ricoprimento in condotta, H, per i tratti più profondi risulta superiore a 3,5 volte la larghezza della trincea B, pari a 70 cm in corrispondenza dell'asse della tubazione,

inoltre questa risulta superiore a 2DN in tutti i casi: di conseguenza si è nel caso di posa in *trincea larga* per i De160 e De200 mentre per i diametri De280 e De315 si è nel caso di posa in *trincea stretta*.

8.2 Azione dei sovraccarichi verticali

L'estensione di condotta esposta alla diffusione in profondità del sovraccarico superficiale è legata sia al tipo di carichi, sia alla distribuzione dei carichi concentrati, sia all'interasse delle ruote nel caso di carico mobile, che all'estensione del carico distribuito.

Carichi concentrati

I carichi concentrati considerati sono quelli dei convogli tipo indicati nella norma DIN 1072, suddivisi in autocarro pesante, HT, e autocarro leggero, LT.

Rispettivamente le pressioni sulla condotta, ricavate dalla teoria di Boussinesq, valgono:

$$\text{convoglio pesante, HT: } \sigma_z = 0,5281 \cdot \frac{P}{H^{1,0461}}$$

$$\text{convoglio leggero, LT: } \sigma_z = 0,8743 \cdot \frac{P}{H^{1,5194}}$$

I valori come sopra calcolati vanno poi incrementati per un coefficiente dinamico, ω , che tiene conto della natura dinamica dell'applicazione del carico:

$$\omega = 1 + \frac{0,3}{H} \text{ per strade e autostrade}$$

$$\omega = 1 + \frac{0,6}{H} \text{ per ferrovie}$$

Infine il carico dinamico è dato da:

$$Q_d = \sigma_z \cdot DN \cdot \omega$$

Sovraccarichi distribuiti

Nel caso di un carico uniformemente distribuito, q , per unità di superficie, sull'area $A \times L$, il carico per unità di lunghezza sulla generatrice superiore del tubo è dato da:

$$Q_{vd} = q \cdot C_d \cdot \omega \cdot DN$$

dove il coefficiente C_d è dato in funzione delle grandezze $A/2H$ e $L/2H$.

8.3 Azione dell'acqua

Se la condotta è posata in un terreno interessato da una falda freatica, è da considerare anche la pressione idrostatica che quest'ultima esercita sulla tubazione.

Il carico riferito alla generatrice superiore della condotta vale:

$$Q_{idr} = \gamma_w \cdot (H - h) \cdot D_e$$

dove:

γ_w : peso specifico dell'acqua;

h : profondità della falda dal piano campagna;

H : altezza del ricoprimento di terreno sulla condotta;

D_e : diametro esterno della condotta.

Il carico del rinterro per la parte interessata dalla falda è infine da calcolarsi con riferimento al peso di volume del terreno immerso.

8.4 Verifica alla deformazione

Il metodo di calcolo impiegato, derivato dalla teoria di Sprangler, assume una distribuzione parabolica della spinta passiva simmetrica rispetto al diametro orizzontale, applicata per una ampiezza laterale di 100°, ricavando la seguente espressione della deformazione, Δd , del diametro orizzontale:

$$\Delta d = \frac{Q \cdot K \cdot F}{8SN + 0,061 \cdot E_t}$$

dove:

K : parametro dipendente dall'angolo di supporto della condotta;

E_t : modulo di elasticità del terreno di Winkler;

H : rigidità circonferenziale della condotta secondo la norma EN ISO 9969;

F : coefficiente che tiene in conto dell'incremento di deformazione che la condotta potrà subire nel tempo, in fase di progetto da assumersi compreso tra 1,25 e 1,50.

La deformazione così ottenuta, rapportata al diametro della tubazione, non deve superare il valore limite suggerito dallo stesso Sprangler, pari al 5%.

Nel caso in esame si sono verificate le tratte di condotta su terreno agricolo e su sede delle strade poderali, si sono esclusi dalla verifica gli attraversamenti dei passi carrai per i quali si prevede di proteggere la tubazione mediante rinfiacco e ricoprimento con misto granulare stabilizzato cementato.

A favore di sicurezza nelle verifiche si è considerata un'altezza di ricoprimento massima di

3,00 m sulla condotta, un livello di falda posto a 0,50 m dal piano campagna e un carico dinamico generato da un convoglio pesante tipo HT60 avente un carico pari a 100 kN per ruota.

Sulla base di queste considerazioni sono di seguito riassunti i risultati divisi per diametro di condotta, per la verifica dettagliata si rimanda all'allegato alla presente relazione.

Condotta PE100 RC De160

A fronte di un carico totale di 27,913 kN/m, si ricava una deformazione assoluta di 7,22 mm, inferiore al 5 % sul diametro.

Condotta PE100 RC De200

A fronte di un carico totale di 30,599 kN/m, si ricava una deformazione assoluta di 7,91 mm, inferiore al 4 % sul diametro.

Condotta PE100 RC De280

A fronte di un carico totale di 31,254 kN/m, si ricava una deformazione assoluta di 8,08 mm, inferiore al 3 % sul diametro.

Condotta PE100 RC De315

A fronte di un carico totale di 33,015 kN/m, si ricava una deformazione assoluta di 8,54 mm, inferiore al 3 % sul diametro.

8.5 Verifiche in condizioni sismiche

La condizione sismica della condotta interrata è analizzata secondo le indicazioni riportate dall'Eurocodice 8 parte 4 (UNI EN 1998-4), al capitolo 6 (*Specific principles and application rules for buried pipelines*) e nel relativo Annex B (*Buried Pipelines*).

Conformemente a queste indicazioni, la condotta è verificata nei confronti delle deformazioni allo Stato Limite Ultimo conseguenti dagli spostamenti differenziali che si hanno nel terreno in condizione sismica (escludendo qui i fenomeni di liquefazione, analizzati nel paragrafo seguente).

In base alle indicazioni riportate sulla "Relazione di caratterizzazione geotecnica e sismica" redatta dal dott. geol. Antonio Mucchi e dal dott. ing. Valentina Mucchi, il sottosuolo è classificato in una categoria C, e la configurazione topografica del sito è classificata in una categoria T1.

A favore di sicurezza, per la velocità dell'onda apparente nel terreno (indicata nel seguito come "c") si mette in conto il valore minimo di V_{S30} che è indicato da normativa per il sottosuolo classificato in categoria C, pari a 180 m/s.

Per il sito di costruzione, mettendo in conto lo stato limite SLV e la classe di uso 2, da indicazioni normative, per il sito in esame, risultano i seguenti parametri sismici:

- $a_g / g = 0,114$
- $F_0 = 2,586$
- $T_C = 0,284$

Risultano perciò i seguenti coefficienti:

$$S_T = 1,0$$

$$S_S = 1,70 - 0,60 \times 2,586 \times 0,114 = 1,52 > 1,50 \text{ (da normativa si assume quindi } S_S = 1,50)$$

$$S = S_S \times S_T = 1,50$$

Il valore di picco dell'accelerazione del terreno risulta quindi:

$$S_{e \max.} = (0,114 \times 1,50) \times 9,81 = 1.68 \text{ m/s}^2 (\equiv a)$$

Conformemente al punto 3.2.3.3 di NTC 08, il valore di picco della velocità del terreno risulta:

$$v_g = 0,16 \times (0,114 \times 1,50) \times 9,81 \times 0,284 = 0,0762 \text{ m/s } (\equiv v) \text{ [c.f.r. 3.2.12 di NTC 08]}$$

In base a UNI EN 1998-4, il massimo valore di deformazione nel terreno (e, quindi, nella condotta) che è prodotto dal moto longitudinale delle particelle di terreno risulta:

$$\varepsilon_{\text{long. max.}} = v / c = 0,0762 / 180 = 0,000423 \equiv 0,0423\% \text{ [c.f.r. B.3 di UNI EN 1998-4]}$$

Il massimo valore di curvatura nel terreno e nella condotta prodotto dal moto trasversale delle particelle di terreno risulta:

$$\chi_{\max.} = a / c^2 = 1.68 / 180^2 = 0,000052$$

Trattandosi di un problema in cui, essenzialmente, è necessaria una adeguata capacità deformativa, si sviluppa la verifica per la condotta di diametro massimo, e cioè la condotta Ø315 x 26.8 mm, PE100.

Il valore di deformazione unitaria che su questo tubo è conseguente alla curvatura sopra definita risulta pari a:

$$\varepsilon (\chi_{\max.}) = \varnothing/2 \times \chi_{\max.} = (0,315/2) \times 0,000052 = 0,00000819 \equiv 0,00082\%$$

Il valore risultante della massima deformazione del materiale costituente la condotta risulta

quindi:

$$\varepsilon_{\text{tot. max.}} = \varepsilon_{\text{long. max.}} + \varepsilon(\chi_{\text{max.}}) = 0.0423 + 0.00082 = 0.043 \%$$

L'allungamento allo snervamento per il PE100 risulta (da specifica del materiale) pari a:

$$\varepsilon_{\text{cu}} = 9\% (\equiv 0.09)$$

La deformazione allo snervamento del materiale costituente la condotta è quindi molto più grande (in effetti, è maggiore di più di due ordini di grandezza) rispetto alla deformazione che è risultata dal calcolo nella condizione sismica SLV.

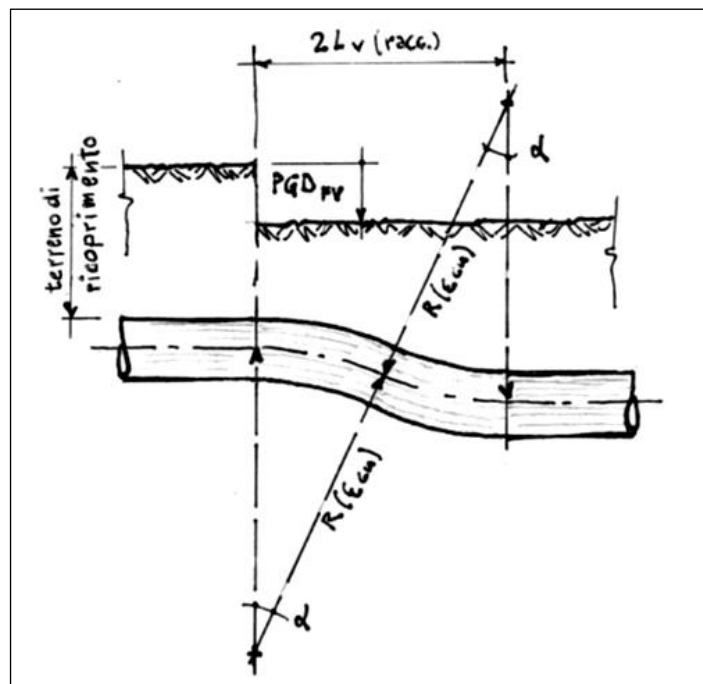
La verifiche degli effetti sulla condotta interrata delle deformazioni del terreno in condizione sismica forniscono quindi un esito largamente favorevole.

8.6 Verifiche in presenza del fenomeno della liquefazione (sismica) del terreno

La “Relazione di caratterizzazione geotecnica e sismica” sviluppa uno studio della risposta sismica locale (RSL), e nell'ambito di questo vengono definiti i cedimenti del terreno in condizione di liquefazione sismica in corrispondenza delle dieci verticali indagate con la CPTU.

I cedimenti per liquefazione sismica sono stati calcolati sia con la modellazione di Robertson che in quella di Boulanger-Idriss: sulla base di quest'ultima, più cautelativa, risulta il cedimento massimo che è pari a 22,85 cm (il massimo cedimento che risulta con la modellazione di Robertson è invece pari a 14,28 cm)

Nel seguito si mette in conto un cedimento pari a 22,85 cm; prudenzialmente, si mette in conto che questo cedimento produca una discontinuità (verticale) nel terreno, verificandosi (interamente) solo su un lato di questa, e che sull'altro lato della discontinuità il terreno non si abbia alcun cedimento: si mette cioè in conto una condizione in cui un piano (verticale) di faglia produca una discontinuità “a scalino” nel terreno, come indicato nello schema allegato nel seguito; nello schema si evidenzia l'andamento qualitativo della deformata assunta nel calcolo; il massimo cedimento verticale è definito come PDG_{FV} .



La condotta presenta in questa condizione una significativa capacità di resistenza, essendo in grado di fare da ponte sul tratto che raccorda la discontinuità di quote (completamente concentrata sul piano di faglia) che si avrebbe dopo la liquefazione del terreno avvenuta su uno dei due lati di questa, supportando cioè il peso del terreno soprastante il tratto di raccordo, per tutto lo sviluppo di questo.

Per definire la lunghezza del tratto di condotta coinvolto dal raccordo di quota si mette in conto per la condotta una deformata con andamento a doppio arco di circonferenza, cioè con un punto di flesso al centro; prudenzialmente, si considerano in questo tratto delle deformazioni limitate, nel loro valore massimo, ad $\epsilon_{cu} / 2$; a queste deformazioni corrisponde un raggio di curvatura pari a:

$$R(\epsilon_{cu} / 2) = (D_{med.} / 2) / (\epsilon_{cu} / 2) = (0,286/2) / (0,09/2) = 3,18 \text{ m}$$

Mettendo in conto un dislivello da raccordare pari al massimo cedimento verticale post-sismico definito in “Relazione di caratterizzazione geotecnica e sismica”, che è pari a:

$$PGD_{FV \text{ max.}} = 22,85 \text{ cm},$$

lo sviluppo angolare di ciascuno dei due archi di cerchio risulta pari a:

$$\begin{aligned} \alpha &= \arccos((R(\epsilon_{cu} / 2) - PGD_{FV \text{ max.}}/2) / R(\epsilon_{cu} / 2)) = \\ &= \arccos((3,18 - 0,2285/2) / 3,18) = 15,4^\circ \equiv 0,269 \text{ rad} \end{aligned}$$

Lo sviluppo complessivo del tratto di raccordo risulta quindi:

$$2 L_v(\text{racc.}) \leq 2 \times R(\epsilon_{cu} / 2) \times \alpha = 2 \times 3,18 \times 0,269 = 1,71 \text{ m}$$

Il peso proprio del tubo è pari a:

$$p.p.(\text{tubo}) = ((0,315^2 - 0,2578^2) \times \pi/4) \times 960 = 24,7 \text{ kg/m} (\equiv 24 \text{ daN/m})$$

Il peso dell'acqua contenuta nel tubo è pari a:

$$p. \text{ acqua} = 0,2578^2 \times \pi/4 \times 1000 = 52,2 \text{ kg/m} (\equiv 51 \text{ daN/m})$$

Per l'altezza del ricoprimento di terreno gravante sul tubo si assume un valore prudenziale pari a 3,0 m (maggiore cioè del massimo ricoprimento effettivo), e per il terreno di ricoprimento si assume un peso specifico pari a 1850 daN/m³.

Il carico complessivamente portato dal tubo è quindi pari a:

$$q^* = 24 + 51 + 1850 \times 0,315 \times 3,00 = 1824 \text{ daN/m}$$

Si mette in conto una lunghezza di condotta non supportata dal terreno pari all'intero tratto di raccordo 2 Lv (racc.); il momento massimo agente su questo tratto di condotta risulta quindi:
 $M^* = 18,24 \times 1,71^2 / 12 = 4,44 \text{ kN m}$

La tensione di limite snervamento del materiale PE100 risulta (da relativa specifica) pari a:

$$\sigma_y = 25 \text{ N/mm}^2$$

Il momento resistente (elastico) a flessione del tubo costituente la condotta è quindi, allo snervamento, pari a:

$$\begin{aligned} M_{\text{res. } y} &= \sigma_y \times W_{\text{el.}} = 25 \times ((315^4 - 257,8^4) \times \pi/4) / (315/2) = 25 \times 1\,691\,896 = \\ &= 42\,297\,410 \text{ N mm} \equiv 42,3 \text{ kN m} \gg M^* = 4,44 \text{ kN m} \end{aligned}$$

È in effetti: $M_{\text{res. } y} / M^* = 9,53 \gg 1,0$

La capacità resistente a flessione e la deformabilità della condotta sono quindi largamente sufficienti per consentire a questa di fare da ponte nei tratti interessati, in presenza di liquefazione, da ingenti cedimenti differenziali post-sismici.

Complessivamente quindi, la condotta risulta adeguata a mantenere la sua funzionalità anche in presenza di fenomeni di liquefazione del terreno.

Dopo eventi sismici di forte intensità, durante i quali si siano evidenziati dei fenomeni di liquefazione, occorrerà però verificare lungo lo sviluppo della condotta la presenza di eventuali tratti in cui possano essere avvenuti dei cedimenti del terreno tali da ridurre il supporto dato da quest'ultimo alla condotta: questo supporto dovrà quindi essere ripristinato con interventi di scavo, rinfianco e compattazione del terreno in situ.

9. ANALISI DELLA STABILITA' DEGLI SCAVI

9.1 Premessa

Ai fini delle presenti verifiche, è stata prudenzialmente messa in conto una profondità di posa della condotta (e quindi di scavo) pari a 3,0 m, maggiore di quella massima effettiva di progetto.

Sono state messe in conto le tipologie di terreno, insieme alle metodologie e profondità di posa, che sono relative alle condizioni ordinarie di progetto; in fase di realizzazione, eventuali condizioni locali che siano difformi da quelle analizzate dovranno essere oggetto di considerazioni specifiche da parte della Direzione Lavori, considerazioni che potranno portare all'utilizzo di sistemi di armatura e sostegno degli scavi (sistemi comunque previsti e computanti nell'ambito del presente progetto).

Gli scavi necessari alla posa delle condotte interrato saranno effettuati solamente dopo il drenaggio e l'abbattimento (a mezzo di well-points) della falda idrica presente nelle zone interessate dagli scavi.

Gli scavi saranno realizzati, immediatamente prima della posa della condotta, con scarpate laterali aventi pendenza non superiore a 74°.

Gli scavi saranno rinterrati subito dopo la posa della condotta, i cui spezzoni sono saldati fuori opera prima della posa.

A lato dello scavo, per tenere conto dei passi delle attrezzature e dei mezzi che saranno utilizzati per la posa della condotta, è stato messo in conto un sovraccarico pari a 1,0 t/m² applicato su una striscia di larghezza pari a 3,0 m posta ad una distanza minima dal bordo scavo pari a 0,5 m.

Stante l'esigua durata della condizione di scavo che viene esaminata (durata limitata a qualche giorno), non risultano significative le azioni sismiche.

Le analisi di stabilità sono state effettuate differenziando quelle relative agli scavi effettuati in terreni coesivi da quelle relative agli scavi effettuati in terreni coerenti, dato che entrambe le tipologie di terreno sono presenti sul sito interessato dal progetto.

Tenuto conto della brevità del periodo in cui gli scavi resteranno aperti, per le analisi di stabilità è risultato corretto mettere in conto i parametri relativi alle condizioni non drenate.

Per le analisi di stabilità relative ai terreni sabbiosi è stata messa in conto una coesione non drenata del terreno indisturbato presa cautelativamente pari al valore della coesione residua

effettivamente rilevata nel corso delle prove di laboratorio.

Per entrambe le condizioni relative alle due tipologie di terreno scavato sono state messe in conto le due combinazioni (A1+M1+R1) e (A2+M2+R2) che sono definite al paragrafo 6.2.4.1 delle NTC 2018

Le analisi di stabilità degli scavi sono realizzate a mezzo del programma agli elementi finiti “FEM GT 12.0”, specificamente realizzato da AZTEC S.r.l. ai fini delle analisi geotecniche.

9.2 Scavi in sabbia

Conformemente ai dati riportati sulla “Relazione di caratterizzazione geotecnica e sismica” e sul relativo “ALLEGATO E – RAPPORTI DI PROVA ANALISI DI LABORATORIO”, per i terreni sabbiosi sono stati messi in conto i seguenti parametri geotecnici.

Combinazione (A1+M1+R1):

$$\gamma_d = 1,8 \text{ t/m}^3 \text{ (terreno drenato)}$$

$$\varphi_d = \varphi_k = 32^\circ$$

$$c_{ud} = c_{uk} = 22 \text{ kN/m}^2 (\equiv 0,224 \text{ kg/cm})$$

$$E_d = 70 \text{ MPa} (\approx 700 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\nu_d = 0,35$$

Combinazione (A2+M2+R2):

risultano ridotti i seguenti parametri di resistenza del terreno:

$$\varphi_d = \varphi_k / 1,25 = 32^\circ / 1,25 = 25,6^\circ$$

$$c_{ud} = c_{uk} / 1,4 = 22 / 1,4 = 15,7 \text{ kN/m}^2 (\equiv 0,16 \text{ kg/cm})$$

Nel seguito sono riportati gli out-put più significativi delle analisi svolte, per le due combinazioni sopra indicate, a mezzo del programma “FEM GT 12.0”.

Combinazione (A1+M1+R1)

Collasso (Non Drenata PT)

Fase 3 / 3

Definizione materiale

Descrizione

Materiale 1

Materiale

Terreno

Strutturale

Interfaccia

Colore

Legame costitutivo

Mohr-Coulomb Modificato

Parametri di resistenza

Parametri di deformabilità

Altri

Parametri efficaci

Peso di volume [kg/mc]

1800,00

Diagramma

Angolo di attrito [°]

32,00

Diagramma

Coesione drenata [kg/cmq]

0,2200

Diagramma

Parametri totali

Peso di volume saturo [kg/mc]

2000,00

Diagramma

Angolo di attrito non drenato [°]

0,00

Diagramma

Coesione non drenata [kg/cmq]

0,220

Diagramma

Angolo di dilatazione [°]

0,00

Diagramma

Calcola parametri di progetto -->

Trazione Limite(Invariante Pressione) 0,00 kg/cmq

Compressione limite(Incremento)

[kg/cmq] 0,00

Impostazioni Analisi Variazione Parametri

Riduzione angolo di attrito

Riduzione coesione

Accetta

Annulla

Help

Elenco materiali

N°	Tipo	Comp.	Descrizione	Legame costitutivo	Rp
1 [A]	TR	Isotropo	Materiale 1	Mohr_Coulomb mod	---
2	ST	Isotropo	Materiale strutturale	Elastico	---
3	TR	Isotropo	Materiale fantasma	Elastico	---

E = 700,00 [kg/cmq]

γ = 1800,00 [kg/mc]

c = 0,22 [kg/cmq]

ϕ = 32,00 [°]

ψ = 0,00 [°]

Kx = 5,0000E-006 cm/sec

Ky = 5,0000E-006 cm/sec

Comportamento Drenato

Aggiungi

Modifica

Elimina

Duplica

Help

8,86

0,84

0,84

9,70

10,36

11,14

10,00

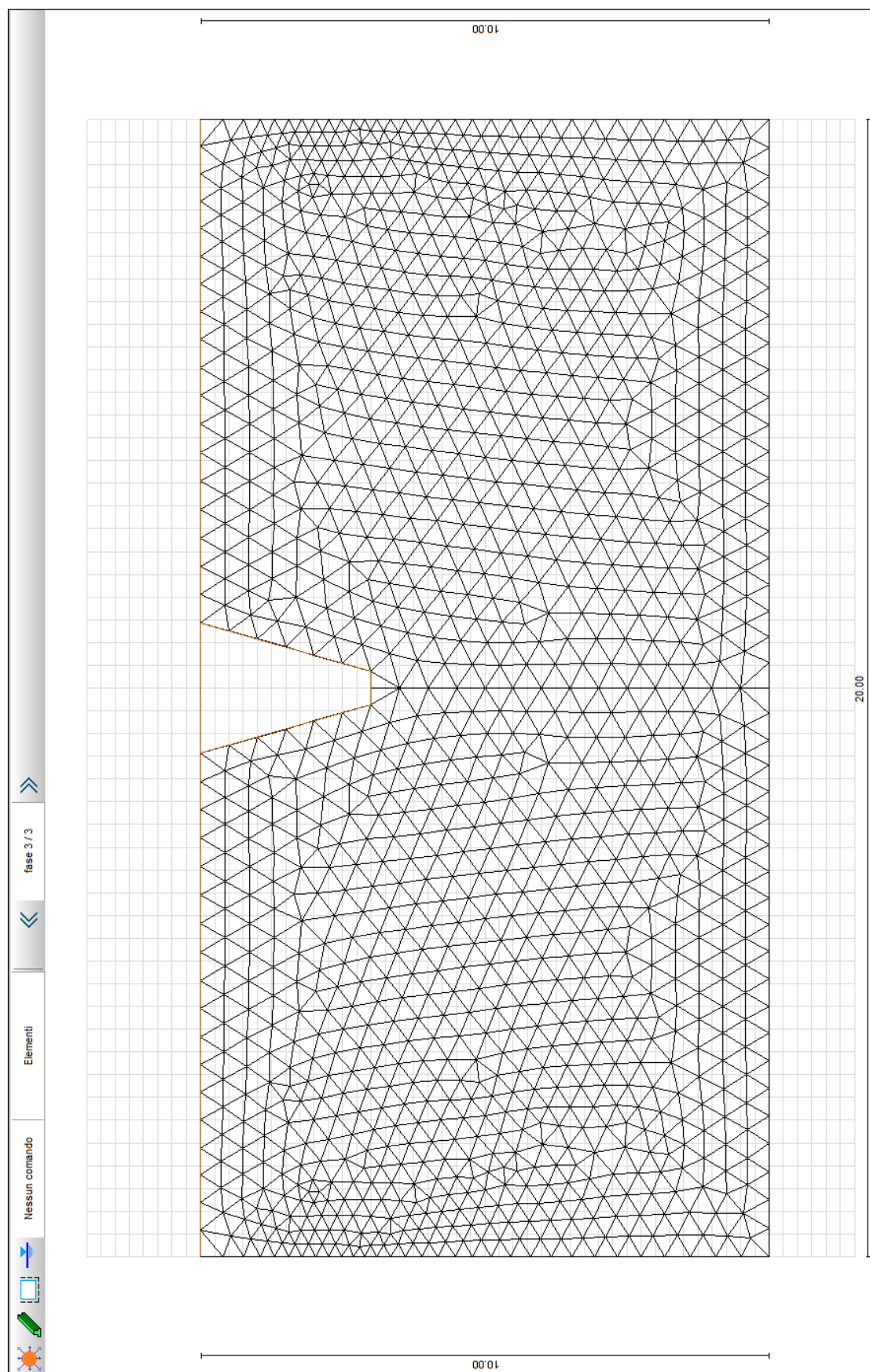
7,00

10,00

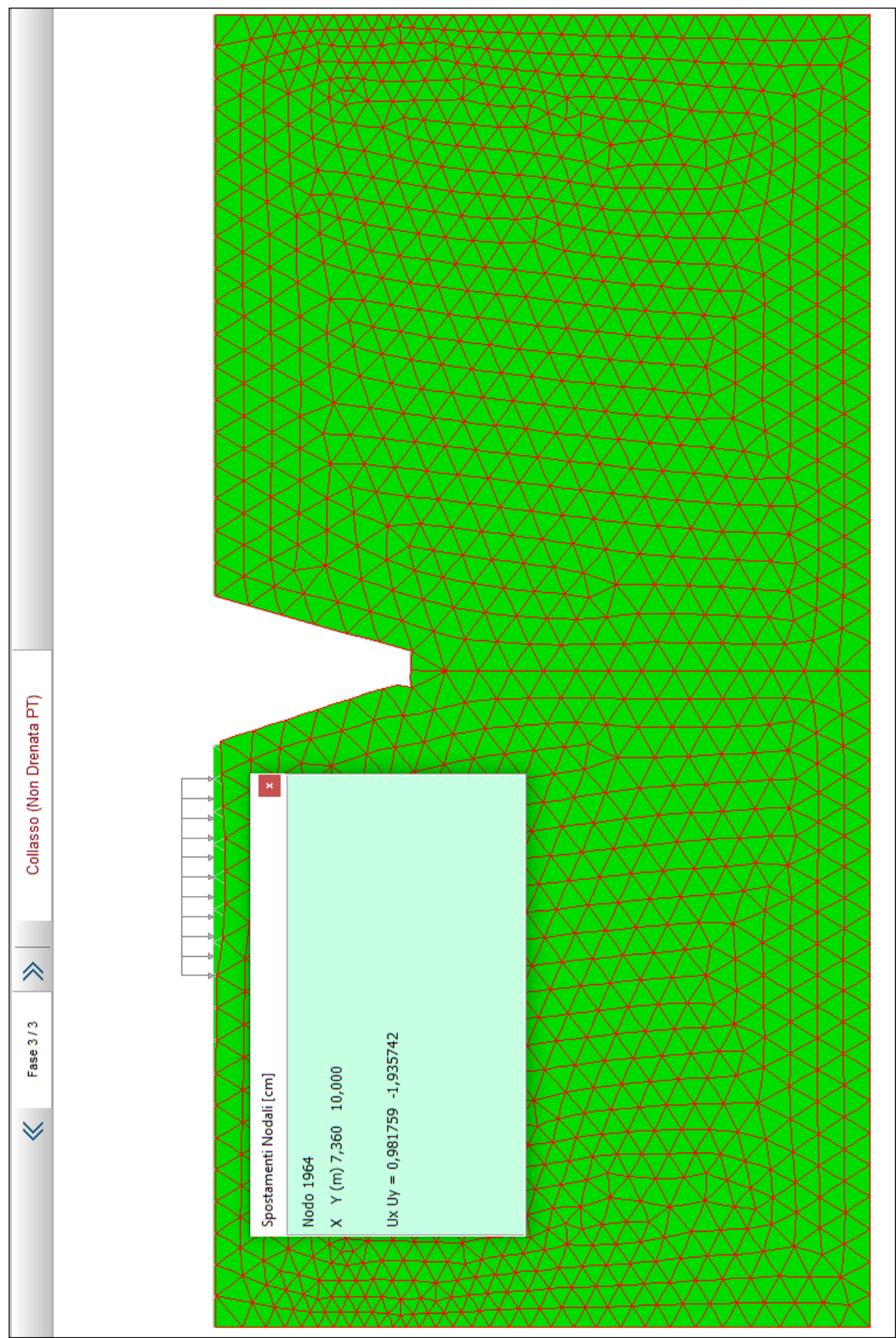
20,00

00,00

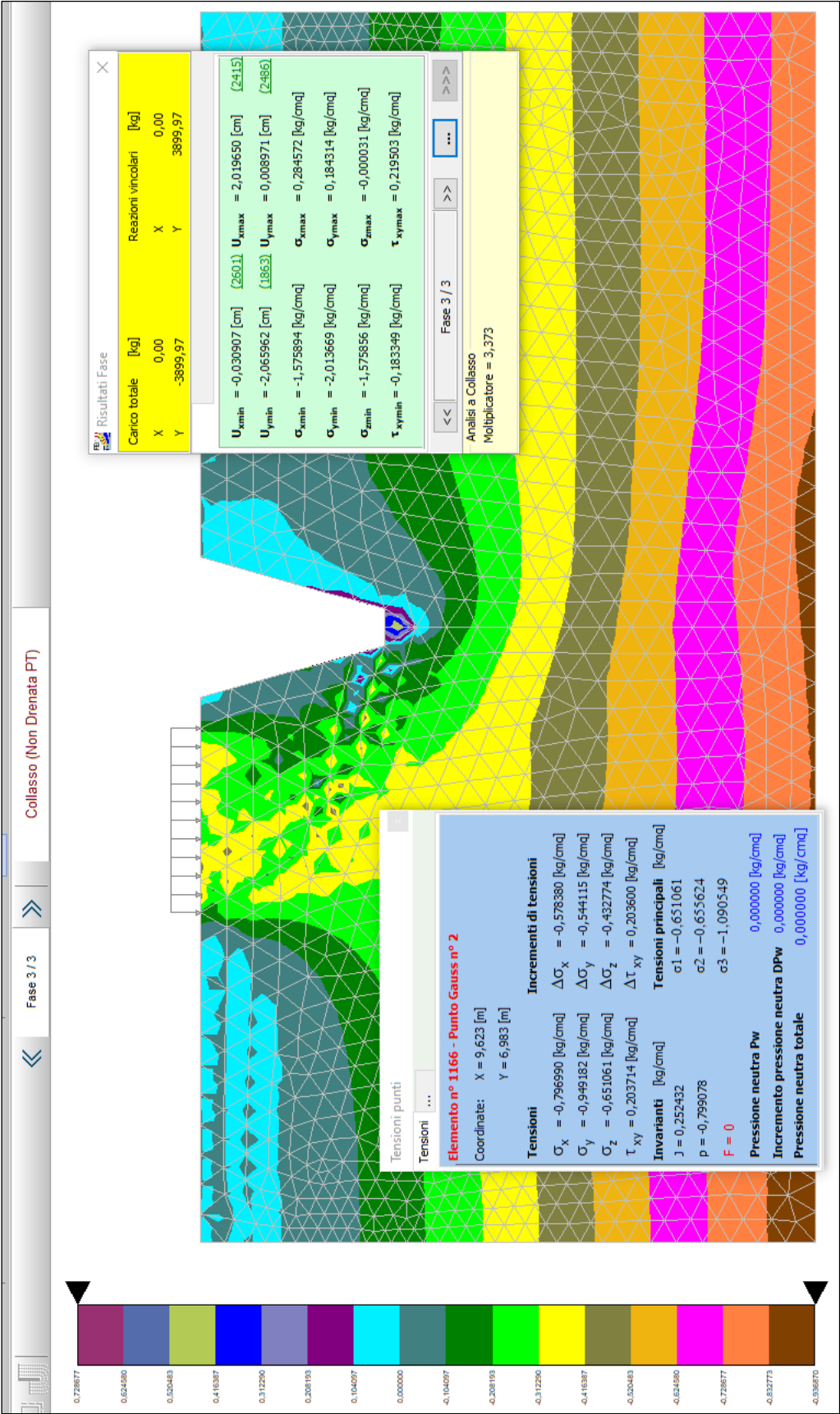
Schema di carico e caratteristiche del terreno



Schema della modellazione agli e. f.



Cedimento a bordo scavo, sul lato caricato, alla condizione di collasso



Tensioni a fondo scavo alla condizione di collasso, e relativo moltiplicatore dei carichi

Combinazione (A2+M2+R2)

⏪
Fase 3 / 3
⏩
Collasso (Non Drenata PT)

Definizione materiale
✕

Descrizione Materiale 1
 Materiale
☒ Terreno ☐ Strutturale ☐ Interfaccia

Colore

Legame Costitutivo Mohr-Coulomb Modificato
⌵

Parametri di resistenza
 Parametri efficaci
 Peso di volume [kg/mc] 1800,00
 Angolo di attrito [°] 25,60 ☐ Diagramma
 Coesione drenata [kg/cmq] 0,1600 ☐ Diagramma
 Parametri totali
 Peso di volume saturo [kg/mc] 2000,00
 Angolo di attrito non drenato [°] 0,00
 Coesione non drenata [kg/cmq] 0,160 ☐ Diagramma

Parametri di deformabilità Altri
 Angolo di Dilataz[°] 0,00 ☐ Diagramma
 Calcola parametri di progetto -->

Elenco materiali
✕

N°	Tipo	Comp.	Descrizione	Legame costitutivo	Rp
1 [A]	TR	Isotropo	Materiale 1	Mohr_Coulomb mod	
2	ST	Isotropo	Materiale strutturale	Elastico	
3	TR	Isotropo	Materiale fantasma	Elastico	

E = 700,00 [kg/cmq] γ = 1800,00 [kg/mc] c = 0,16 [kg/cmq] φ = 25,60 [°] ψ = 0,00 [°]
 Kx = 5,0000E-006 cm/sec Ky = 5,0000E-006 cm/sec Comportamento Drenato

Aggiungi
Modifica
Elimina
Duplica
Help

Impostazioni Analisi Variazione Parametri
⌵

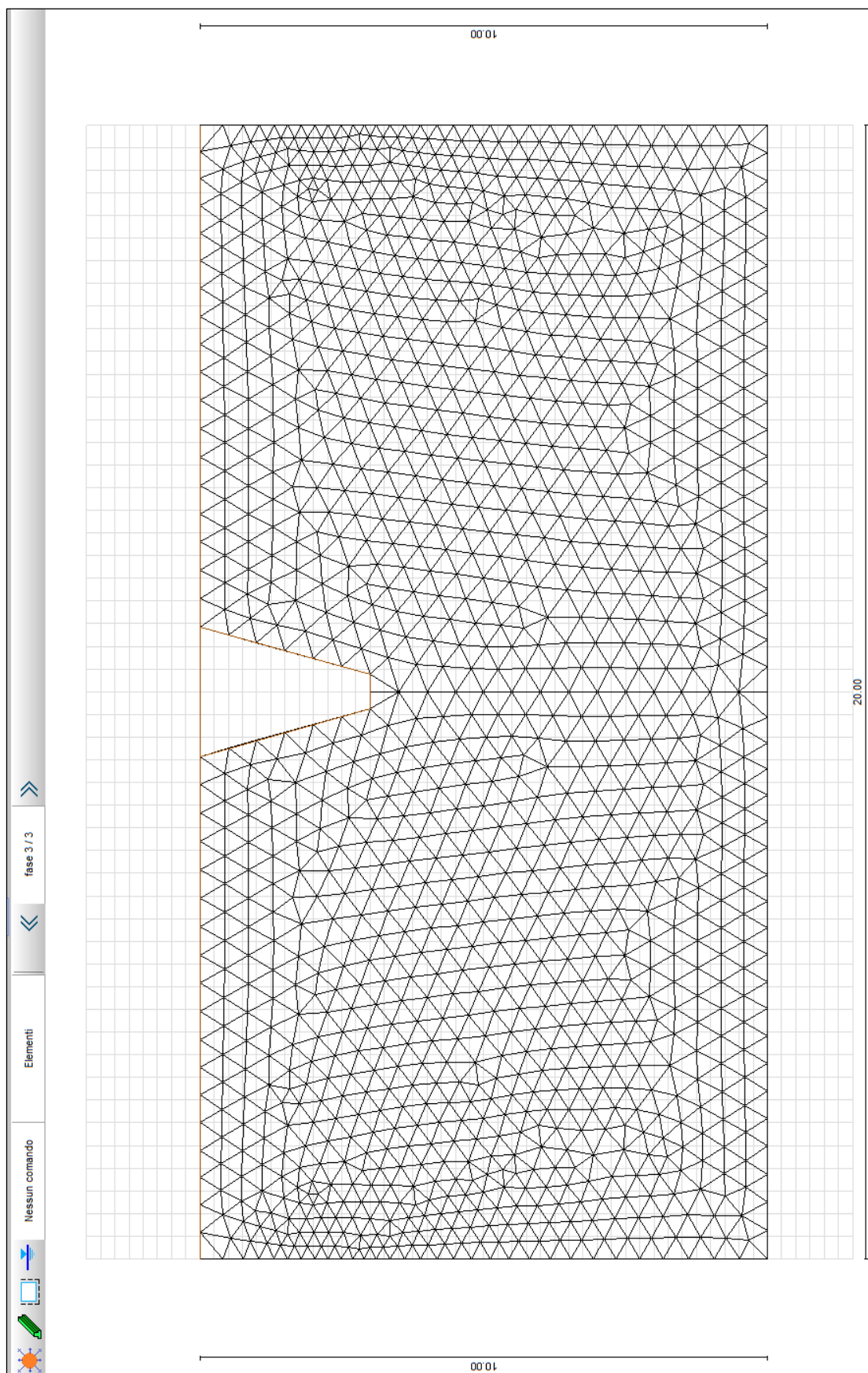
☐ Compressione limite (Incremento) [kg/cmq] 0,00

☐ Riduzione angolo di attrito ☐ Riduzione coesione

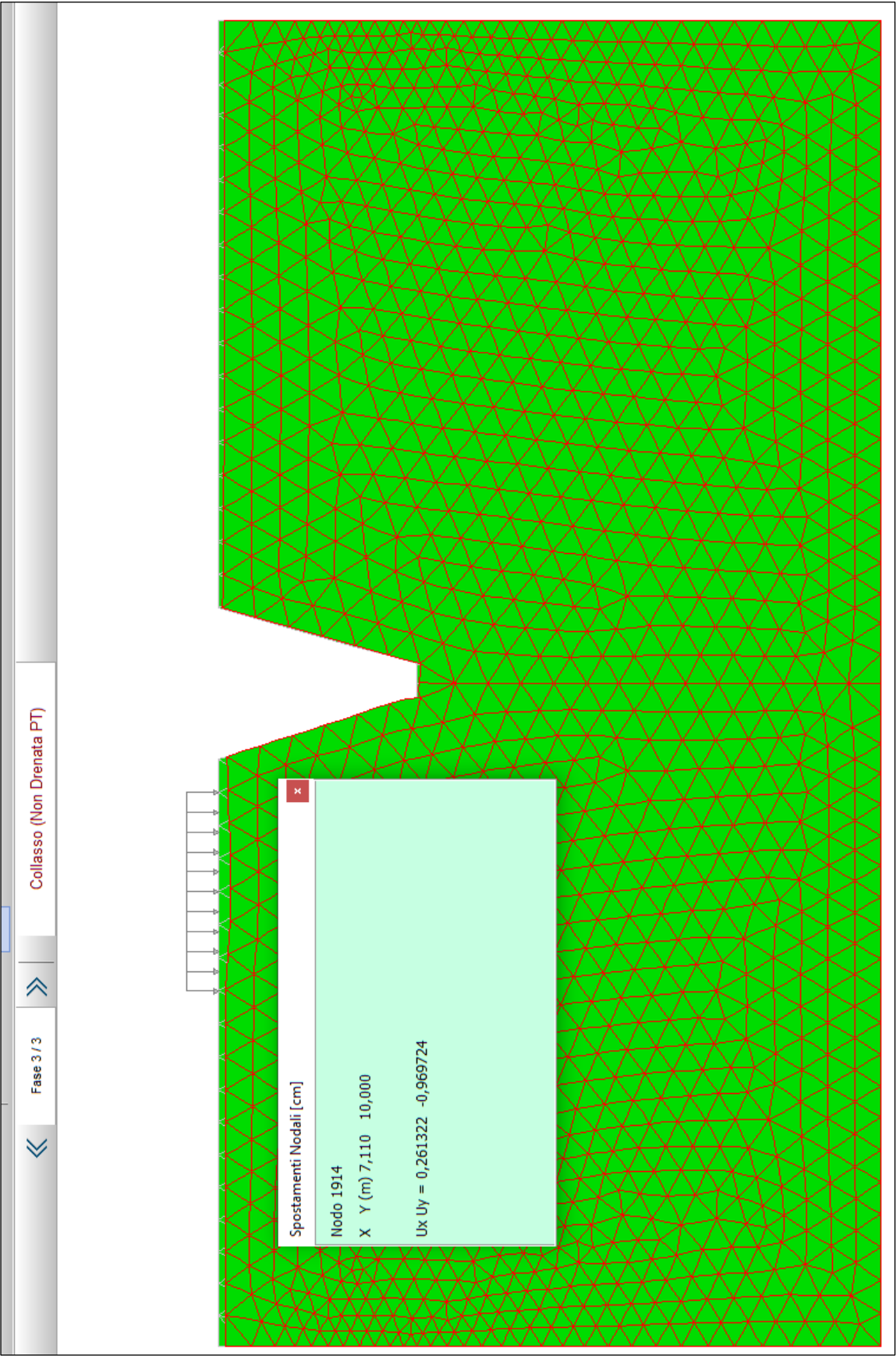
Accetta
Annulla
Help

8,86	0,84	0,60	0,84
8,86	9,70	10,30	11,14
10,00	7,00	7,00	10,00
00,01	00,01	00,01	00,01

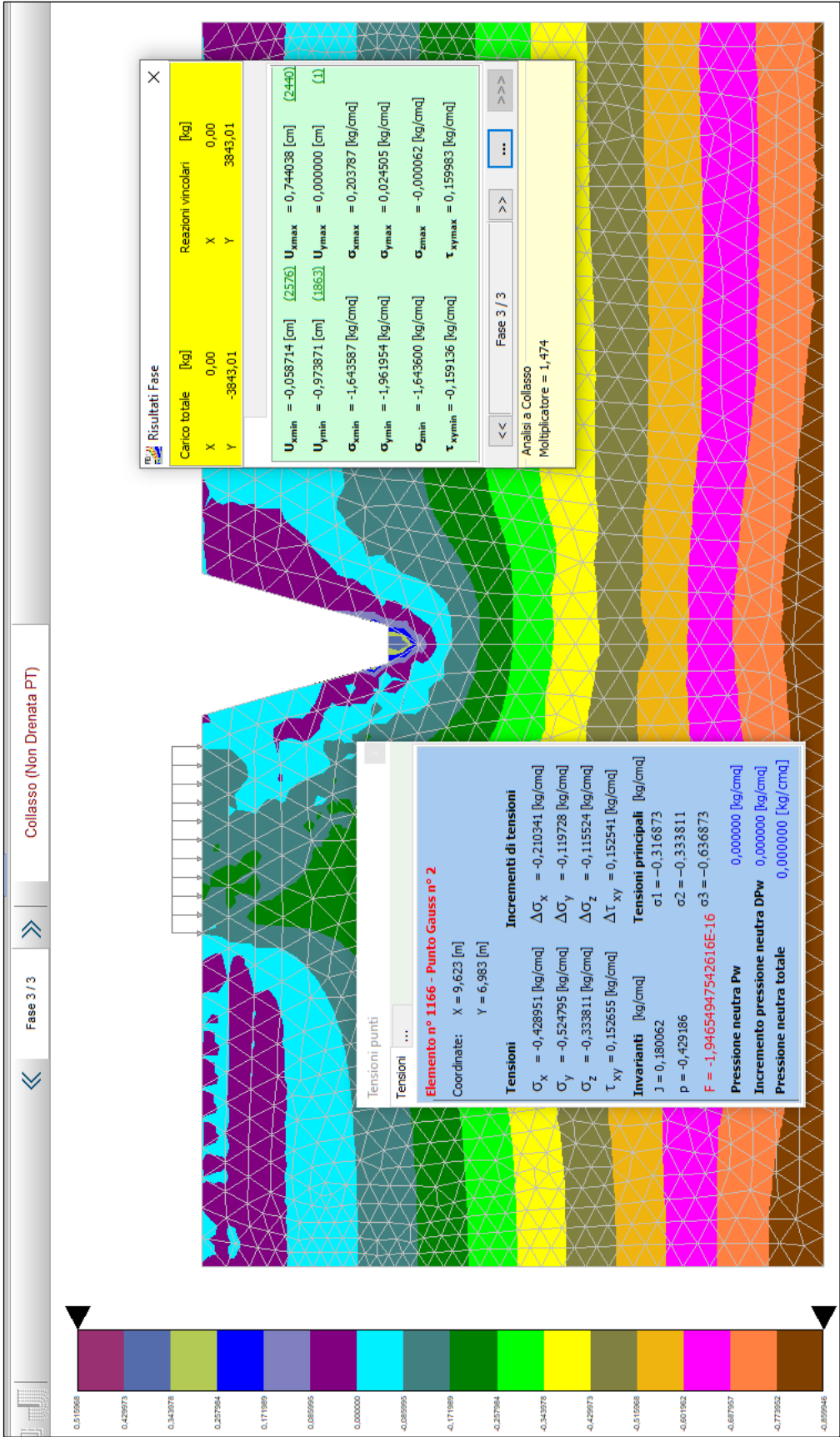
Schema di carico e caratteristiche del terreno



Schema della modellazione agli e. f.



Cedimento a bordo scavo, sul lato caricato, alla condizione di collasso



Tensioni a fondo scavo alla condizione di collasso, e relativo moltiplicatore dei carichi

9.3 Scavi in limo-argilla

Conformemente ai dati riportati sulla “Relazione di caratterizzazione geotecnica e sismica” e sul relativo “ALLEGATO E – RAPPORTI DI PROVA ANALISI DI LABORATORIO”, per i terreni coesivi sono stati messi in conto i seguenti parametri geotecnici.

Combinazione (A1+M1+R1):

$$\gamma_d = 1,85 \text{ t/m}^3$$

$$\varphi_d = \varphi_k = 21^\circ$$

$$c_{ud} = c_{uk} = 42,3 \text{ kN/m}^2 (\equiv 0,43 \text{ kg/cm})$$

$$E_d = 25 \text{ MPa } (\approx 250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\nu_d = 0,35$$

Combinazione (A2+M2+R2):

risultano ridotti i seguenti parametri di resistenza del terreno:

$$\varphi_d = \varphi_k / 1,25 = 21^\circ / 1,25 = 16,8^\circ$$

$$c_{ud} = c_{uk} / 1,4 = 42,3 / 1,4 = 30,2 \text{ kN/m}^2 (\equiv 0,31 \text{ kg/cm})$$

Nel seguito sono riportati gli out-put più significativi delle analisi svolte, per le due combinazioni sopra indicate, a mezzo del programma “FEM GT 12.0”.

Combinazione (A1+M1+R1)

Definizione materiale

Descrizione

Materiale 1

Materiale

Terreno

Strutturale

Interfaccia

Colore

Legame Costitutivo

Mohr-Coulomb Modificato

Parametri di resistenza

Parametri di deformabilità

Altri

Peso di volume [kg/mc]

1850,00

Diagramma

...

Angolo di attrito [°]

21,00

Diagramma

...

Coesione drenata [kg/cmq]

0,4300

Diagramma

...

Parametri totali

Peso di volume saturo [kg/mc]

1850,00

Diagramma

...

Angolo di attrito non drenato [°]

0,00

Diagramma

...

Coesione non drenata [kg/cmq]

0,430

Diagramma

...

Angolo di Dilatanza [°]

0,00

Diagramma

...

Calcola parametri di progetto -->

Trazione Limite(Invariante Pressione) 0,00 kg/cmq

Definisci>>

☐ Compressione limite(Incremento) [kg/cmq] 0,00

Impostazioni Analisi Variazione Parametri

☐ Riduzione angolo di attrito

☐ Riduzione coesione

Accetta

Annulla

Help

Elenco materiali

N°	Tipo	Comp.	Descrizione	Legame costitutivo	Rp
1 [A]	TR	Isotropo	Materiale 1	Mohr_Coulomb mod	...
2	ST	Isotropo	Materiale strutturale	Elastico	...
3	TR	Isotropo	Materiale fantasma	Elastico	...

E = 250,00 [kg/cmq]

γ = 1850,00 [kg/mc]

c = 0,43 [kg/cmq]

ϕ = 21,00 [°]

ψ = 0,00 [°]

Kx = 5,0000E-006 cm/sec

Ky = 5,0000E-006 cm/sec

Comportamento Drenato

Aggiungi

Modifica

Elimina

Duplica

Help

8,86

0,64

0,60

0,64

7,00

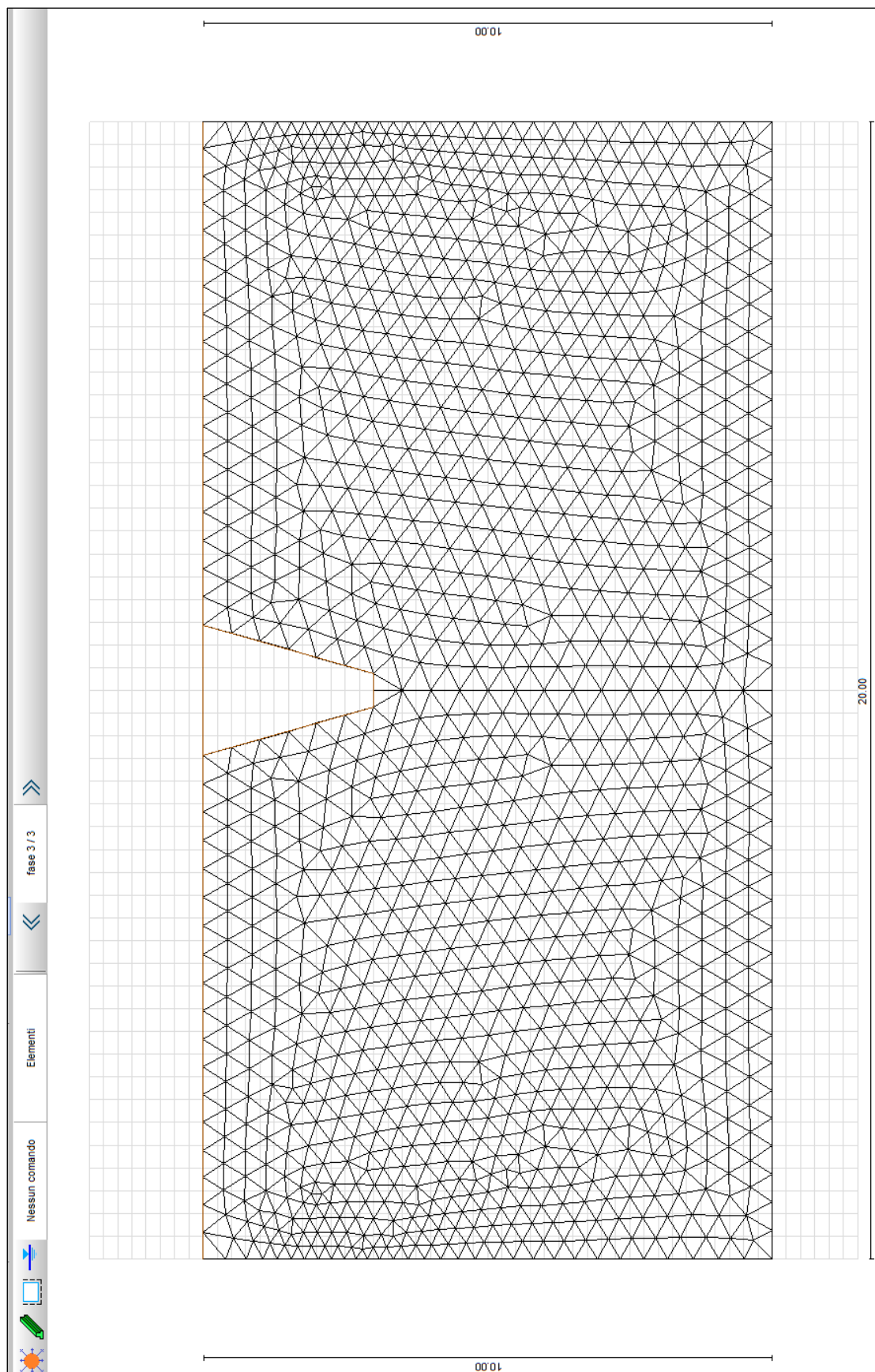
10,36

11,14

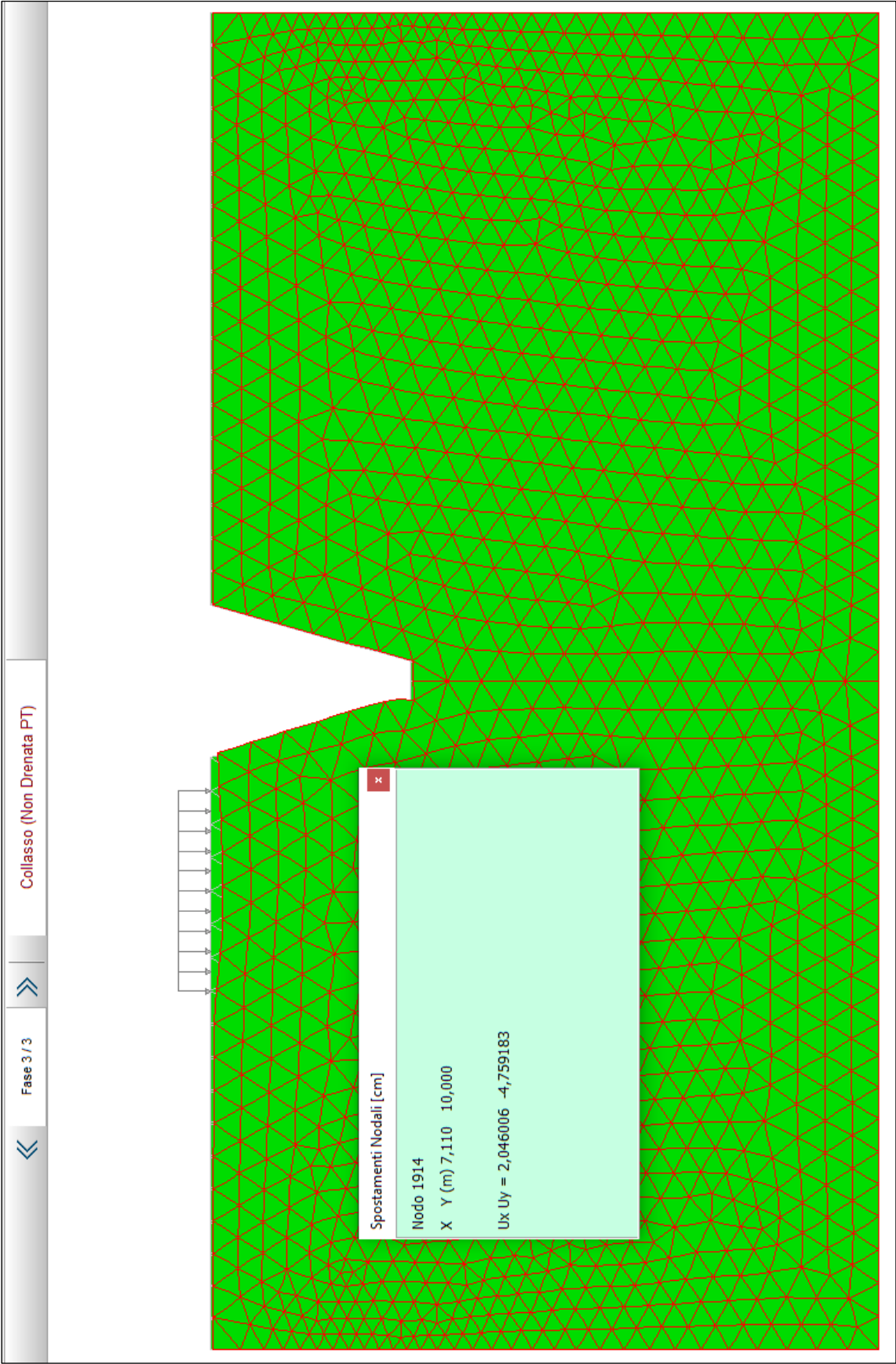
10,00

20,00

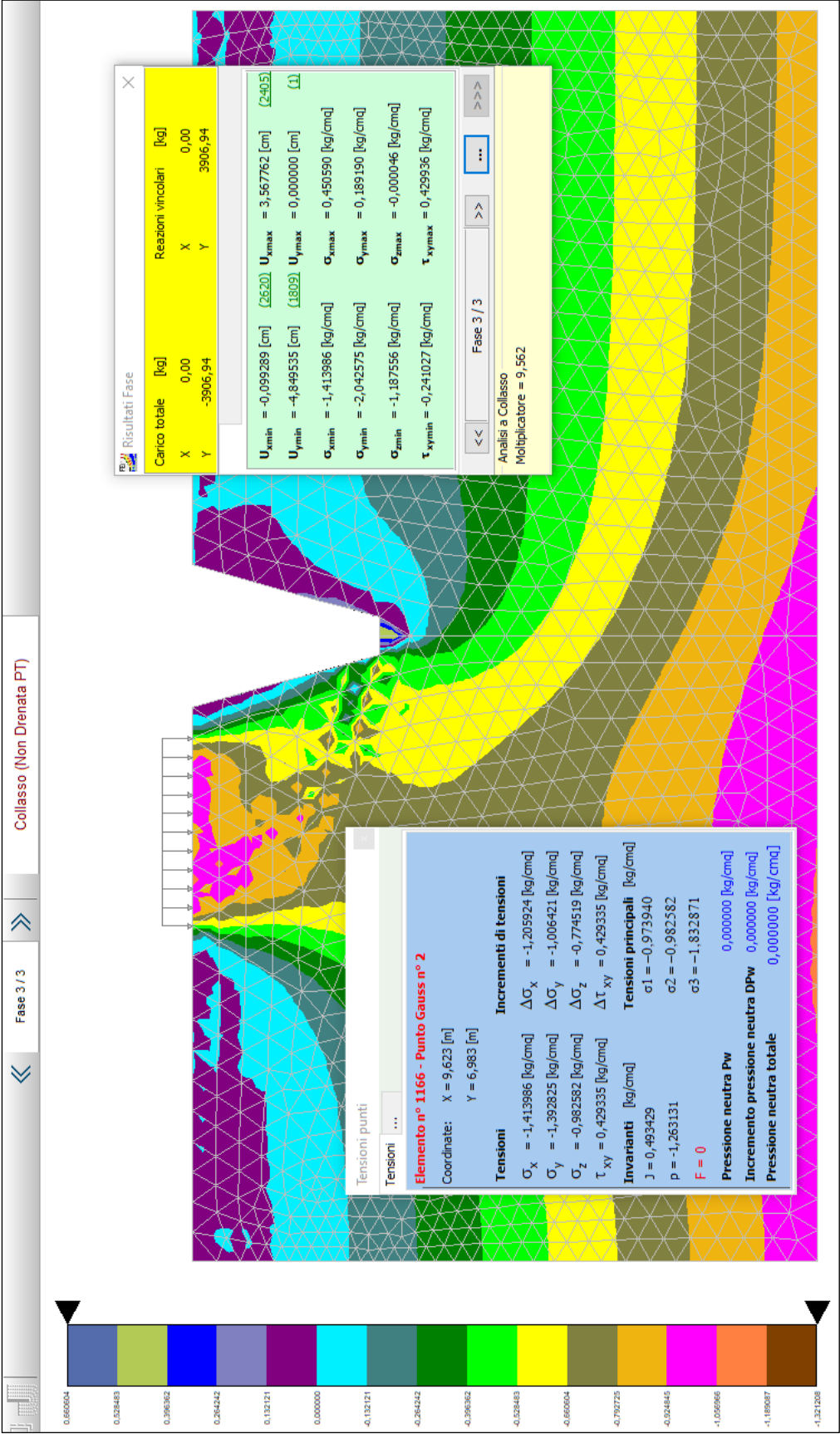
Schema di carico e caratteristiche del terreno



Schema della modellazione agli e. f.



Cedimento a bordo scavo, sul lato caricato, alla condizione di collasso



Tensioni a fondo scavo alla condizione di collasso, e relativo moltiplicatore dei carichi

Combinazione (A2+M2+R2)

⏪
Fase 3 / 3
⏩

Collasso (Non Drenata PT)

Definizione materiale
✕

Descrizione Materiale 1
 Materiale
☒ Terreno ☐ Strutturale ☐ Interfaccia

Colore

Legame Costitutivo Mohr-Coulomb Modificato

Parametri di resistenza
Parametri di deformabilità
Altri

Parametri efficaci

Peso di volume [kg/mc] 1850,00
 Angolo di attrito [°] 16,80 Diagramma
 Coesione drenata [kg/cmq] 0,3100 Diagramma

Parametri totali

Peso di volume saturo [kg/mc] 1850,00
 Angolo di attrito non drenato [°] 0,00
 Coesione non drenata [kg/cmq] 0,310 Diagramma

Angolo di Dilatazza[°] 0,00 Diagramma

Calcola parametri di progetto -->

Trazione Limite (Invariante Pressione) 0,00 kg/cmq

☐ Compressione limite (Incremento) 0,00

Impostazioni Analisi Variazione Parametri
☐ Riduzione angolo di attrito ☐ Riduzione coesione

Accetta
Annulla
Help

Elenco materiali
✕

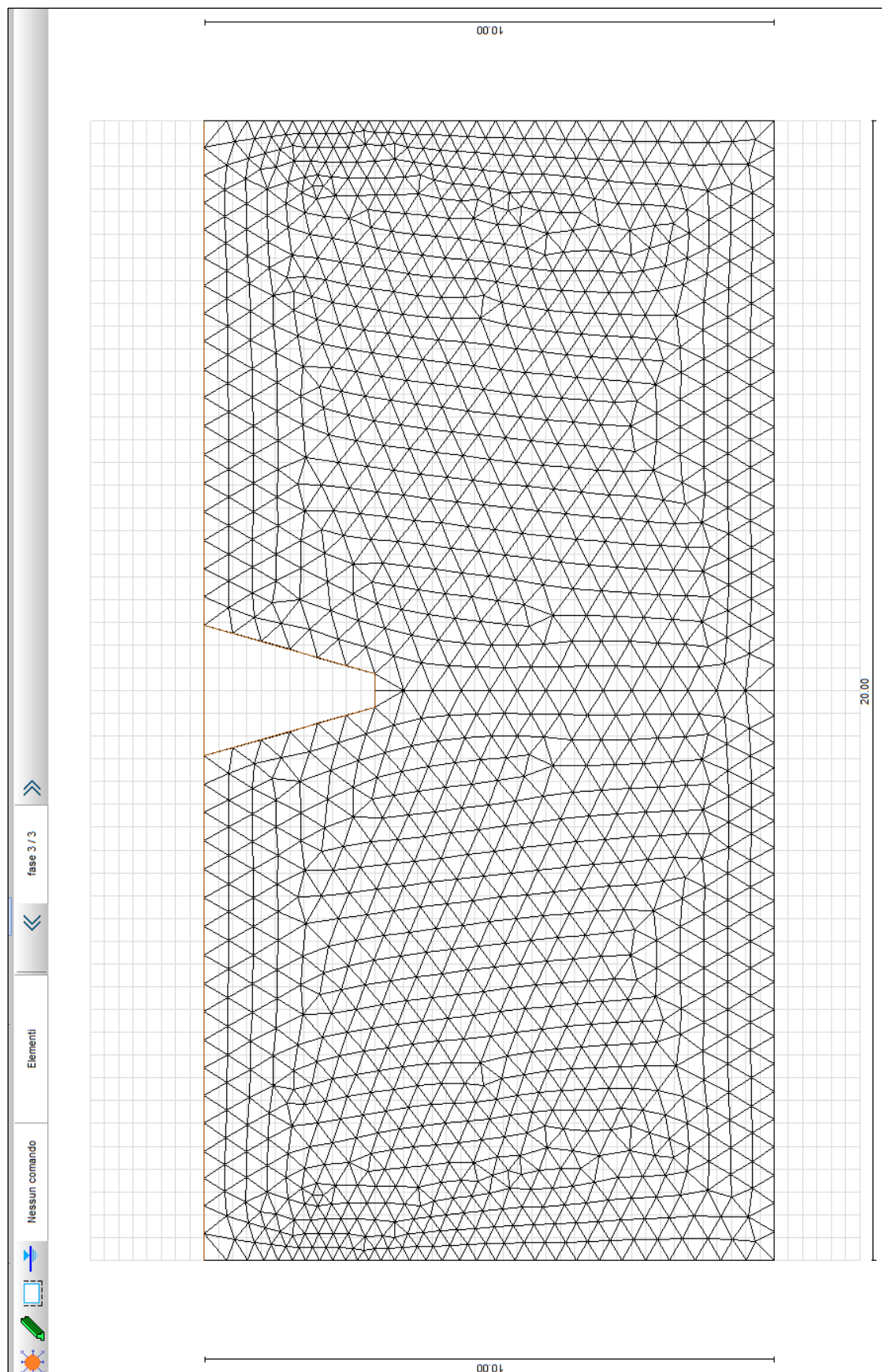
N°	Tipo	Comp.	Descrizione	Legame costitutivo	Rp
1 [A]	TR	Isotropo	Materiale 1	Mohr_Coulomb mod	---
2	ST	Isotropo	Materiale strutturale	Elastico	---
3	TR	Isotropo	Materiale fantasma	Elastico	---

E = 250,00 [kg/cmq] $\gamma = 1850,00$ [kg/mc] c = 0,31 [kg/cmq] $\phi = 16,80$ [°] $\psi = 0,00$ [°]
 Kx = 5,0000E-006 cm/sec Ky = 5,0000E-006 cm/sec Comportamento Drenato

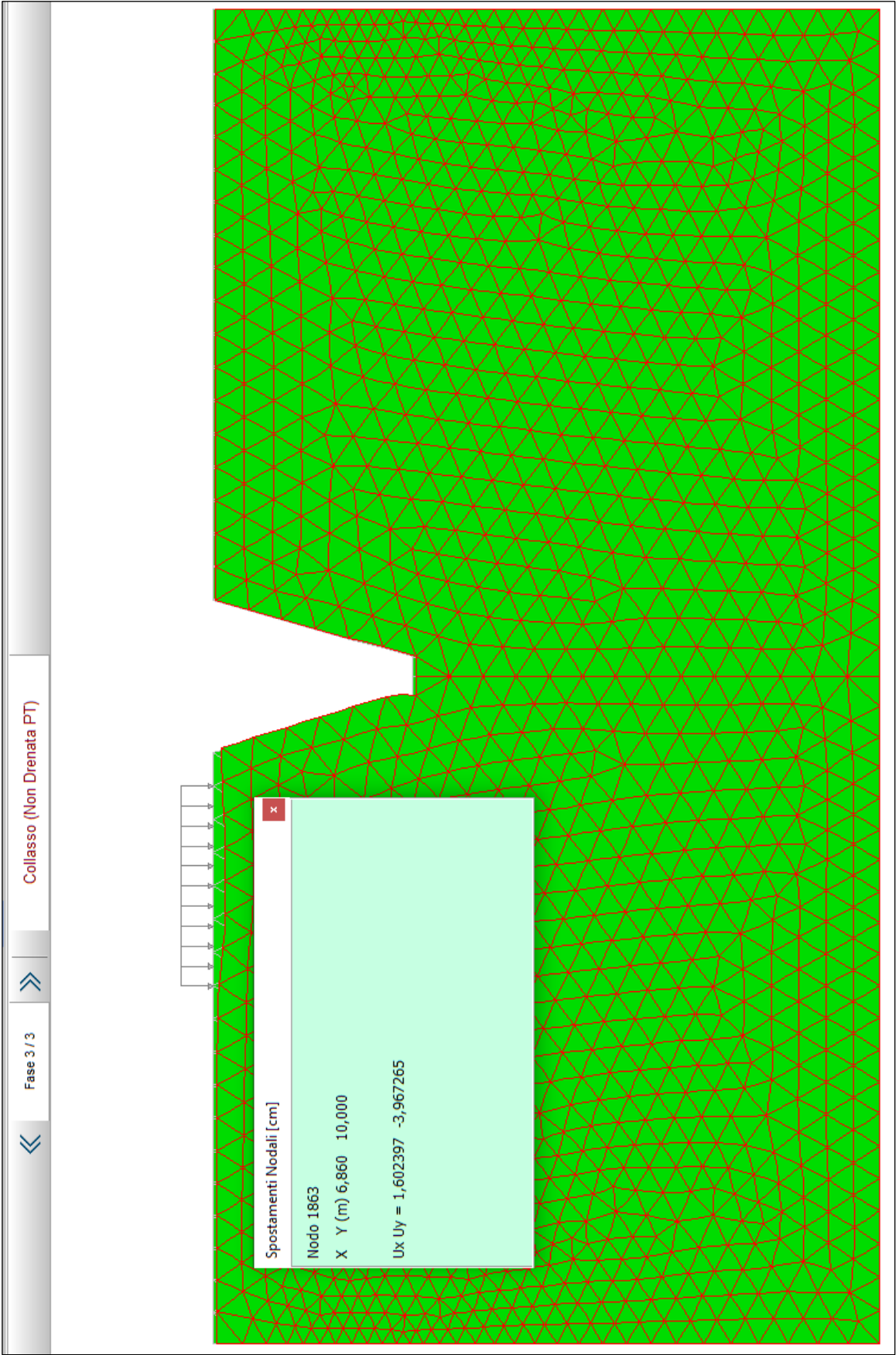
Modifica
Aggiungi
Elimina
Duplica
Help

8,86	0,84	0,60	0,84	11,14	20,00	00,00
------	------	------	------	-------	-------	-------

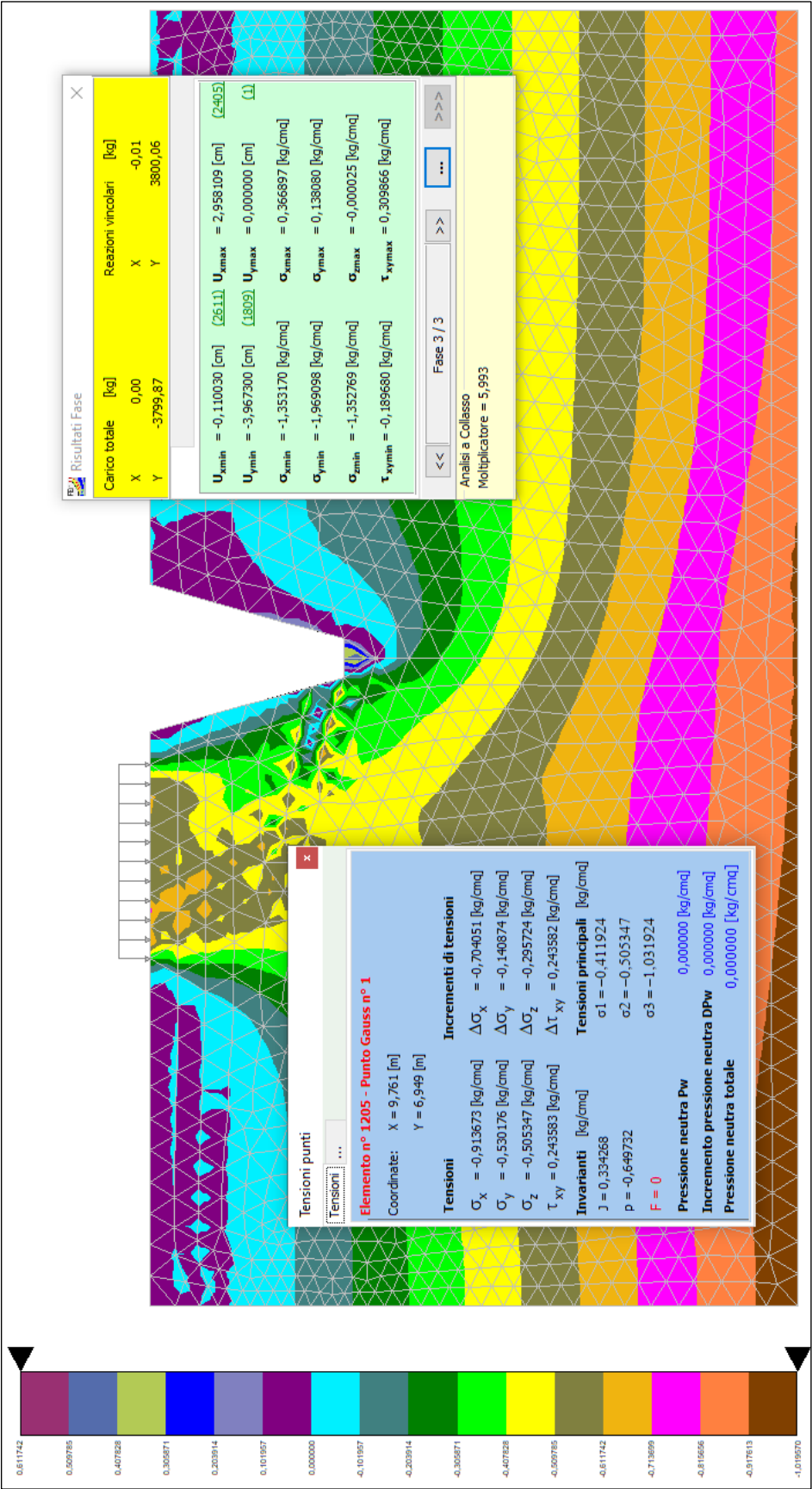
Schema di carico e caratteristiche del terreno



Schema della modellazione agli e. f.



Cedimento a bordo scavo, sul lato caricato, alla condizione di collasso



Tensioni a fondo scavo alla condizione di collasso, e relativo moltiplicatore dei carichi

9.4 Sintesi dei risultati delle modellazioni

Scavi in sabbia

Combinazione (A1+M1+R1):

moltiplicatore al collasso: $3,37 \geq 1,5$

$(3,37 / 1,5 = 2,25 \geq 1,0)$

Combinazione (A2+M2+R2):

moltiplicatore al collasso: $1,47 \geq 1,3$

$(1,47 / 1,3 = 1,13 \geq 1,0)$

Scavi in limo - argilla

Combinazione (A1+M1+R1):

moltiplicatore al collasso: $9,56 \geq 1,5$

$(9,56 / 1,5 = 6,37 \gg 1,0)$

Combinazione (A2+M2+R2):

moltiplicatore al collasso: $5,99 \geq 1,3$

$(5,99 / 1,3 = 4,61 \gg 1,0)$

La verifica di stabilità a breve termine degli scavi necessari alla posa della condotta (condizione transitoria in fase costruttiva) risulta quindi verificata, sia per i terreni di tipo sabbioso che per i terreni di tipo limoso-argilloso.

Per i terreni di tipo limoso-argilloso la suddetta verifica risulta, in effetti, largamente favorevole.

ALLEGATI

All.1 Curve caratteristiche delle elettropompe centrifughe Potenza 90 kW per le Stazioni di sollevamento dei Comizi irrigui n.1,3,4,5,7,8,9,10

All.2 Curve caratteristiche delle elettropompe centrifughe Potenza 110 kW per le stazioni di sollevamento dei Comizi irrigui n.2 e n.6

All.3 Report di calcolo dimensionamento in moto permanente

1. Comizio irriguo n.1
2. Comizio irriguo n.2
3. Comizio irriguo n.3
4. Comizio irriguo n.4
5. Comizio irriguo n.5
6. Comizio irriguo n.6
7. Comizio irriguo n.7
8. Comizio irriguo n.8
9. Comizio irriguo n.9
10. Comizio irriguo n.10

All.4 Verifiche in moto vario

1. Comizio irriguo n.1
2. Comizio irriguo n.2
3. Comizio irriguo n.3
4. Comizio irriguo n.4
5. Comizio irriguo n.5
6. Comizio irriguo n.6
7. Comizio irriguo n.7
8. Comizio irriguo n.8
9. Comizio irriguo n.9
10. Comizio irriguo n.10

All.5 Dimensionamento statico delle tubazioni interrate in PEAD