

# Leak Detection System - LDS

## Descrizione di prodotto

# Elenco delle revisioni

REV	DATA	REDATTORE	BREVE DESCRIZIONE
01	26/11/2013	L. Castiglioni	Revisione nuovo formato

# Indice

1.	Introduzione	4
1.1	Scopo del documento	4
2.	Sistema LDS	5
2.1	Filosofia del sistema LDS	5
2.1.1	Caratterizzazione del fluido di processo	5
2.1.2	Moduli software	5
2.1.2.1	Acquisizione e validazione dei dati	6
2.1.2.2	Modello Real-time della Pipeline	6
2.1.2.3	Modulo di identificazione e localizzazione perdite lungo la Pipeline	7
2.1.2.4	Gestione delle soglie di allarme	9
2.1.2.5	Generazione di allarmi operatore e funzioni di diagnostica	9
2.1.3	Interfaccia Operatore	9
2.2	Sistema di Leak Detection (LDS)	10
2.3	Interfaccia operatore del sistema LDS	12
2.4	Scambio dati del modulo LDS con sistemi esterni	18
2.5	Modulo di simulazione del sistema LDS	18
2.5.1	Simulatore della Pipeline	18

# 1. Introduzione

## 1.1 Scopo del documento

Il documento descrive le caratteristiche principali dell'ambiente real-time eXPert LDS (Leak Detection System) della piattaforma eXPert dedicato alla simulazione e identificazione perdite lungo pipeline di trasporto fluidi, in particolare:

- Filosofia del sistema Leak Detection System (LDS);
- Metodi di identificazione perdite;
- Interfaccia operatore dell'ambiente operativo;
- Sistema di simulazione.

Generalmente l'infrastruttura hardware e software su cui questo ambiente si basa e da cui attinge i dati è quella prodotta e fornita da s.d.i. automazione industriale.

## 2. Sistema LDS

### 2.1 Filosofia del sistema LDS

#### 2.1.1 Caratterizzazione del fluido di processo

Il modulo di elaborazione delle principali proprietà termodinamiche del gas che percorre la pipeline è il componente principale per una corretta implementazione di un modello matematico che descrive il gasdotto.

Sulla base delle informazioni misurate e/o disponibili in modo indiretto all'ingresso e all'uscita della pipeline, saranno utilizzate tabelle termodinamiche per derivare le proprietà del fluido a partire da tre coordinate termodinamiche indipendenti (ex. pressione, entalpia specifica e composizione del fluido). La caratterizzazione realizzata sarà tale da considerare condizioni operative valide per l'intero campo di funzionamento della pipeline definito in fase di progettazione.

Il modello del gasdotto verrà realizzato assumendo che la composizione del fluido sia un parametro costante istante per istante, correzioni possono essere eseguite secondo modalità differenti quali:

- Modifica da parte dell'operatore della composizione in base a limiti operativi predefiniti;
- Acquisizione in linea dei dati da strumentazione di campo (ex. gascromatografi) per poter automatizzare questa procedura.

La modalità di correzione della composizione viene valutata sistema per sistema sulla base delle condizioni operative e sulla base di specifiche richieste del cliente.

Il modello della pipeline realizzato è un modello "robusto" che assicura l'identificazione di perdite anche con piccoli cambiamenti di composizione, l'entità di questo valore che assicura in ogni caso l'identificazione di perdite sarà valutato durante la fase di ingegneria di dettaglio.

#### 2.1.2 Moduli software

I seguenti moduli compongono il pacchetto LDS di ns. fornitura:

- Acquisizione e validazione dei dati;
- Modello real-time della pipeline;
- Algoritmi di identificazione delle perdite e localizzazione delle stesse;
- Trattamento delle soglie di allarme;
- Modulo di gestione delle informazioni di diagnostica e di generazione degli allarmi operatore;
- Simulatore della pipeline.

### 2.1.2.1 Acquisizione e validazione dei dati

Il modulo di acquisizione dei dati comunica con lo SCADA per scambiare i dati real-time del processo, in particolare:

- Acquisisce dal database real-time dello SCADA ad intervalli temporali predefiniti le seguenti informazioni:
  - Valori di processo e i loro indicatori di stato (misura valida, misura invalida, fuori range, in allarme, ...);
  - Stato delle valvole (aperta/chiusa) e dei relativi indicatori (misura valida, misura invalida, fuori range, in allarme, ...);
- Scrive nel Data Base alla fine di ogni ciclo di elaborazione i seguenti dati:
  - Allarmi e segnalazioni di anomalie derivanti dal sistema di leak detection per attirare l'attenzione degli operatori e consentire agli stessi di eseguire le corrispondenti azioni sulla base delle anomalie rilevate;
  - Valori di perdite stimati;
  - Valore di perdita ottenuto dall'integrazione continua della portata massica;
  - Stima della posizione della perdita;
  - Stato del modello dinamico per la definizione della pipeline, contiene un set di variabili di processo del gasdotto;
  - Indicatori di diagnostica e valori per misurare le performance del modello matematico realizzato (step di iterazioni del risolutore matematico del modello, precisione del risolutore numerico, ...).

Il modulo di validazione esegue le seguenti elaborazioni sui dati acquisiti dallo SCADA:

- Completa validazione delle misure;
- Stima dei valori non validi.

Tutti i dati acquisiti dal database dello SCADA sono dotati di indicatori di stato; il modulo esamina questi indicatori di stato per conoscere lo stato di validità di ciascuna misura.

In merito alle misure identificate come non valide (con qualificatori di non validità associati alla misura), il modulo software elabora un valore in sostituzione usando appropriati algoritmi; in questo modo l'elaborazione dei dati può sopperire, per quanto possibile, alla mancanza di dati o alla presenza di dati invalidi.

Il valore in sostituzione viene calcolato usando algoritmi basati sul metodo dei minimi quadrati tra l'ultimo valore acquisito dallo SCADA e l'ultimo valore calcolato on-line dal modello matematico dinamico.

Perciò la sostituzione di misure non valide è da considerarsi una combinazione di due metodi:

- *Matematico*: usando un valore calcolato attraverso le elaborazioni condotte dal modello dinamico;
- *Statistico*: usando un algoritmo di stima basato sul metodo dei minimi quadrati.

### 2.1.2.2 Modello Real-time della Pipeline

Il modulo elabora l'evoluzione dello stato termo-idraulico della pipeline usando i valori acquisiti dallo SCADA per assegnare le condizioni al contorno di input/output.

Il modello si basa sull'impiego di differenti equazioni non-lineari alle derivate parziali allo scopo di ottenere un'accurata descrizione dello stato dinamico della pipeline.

Le equazioni differenziali, con variabili indipendenti:  $t$  = tempo e  $x$  = spazio, rappresentano le tre leggi fondamentali di conservazione:

- Conservazione della massa (equazione di continuità);
- Conservazione del momento;
- Conservazione dell'energia.

L'implementazione del modello è basata su un metodo chiamato "Suddivisione a celle" allo scopo di costruire un modello discreto con equazioni (e relative variabili) nel dominio del tempo e dello spazio, dividendo l'intera pipeline in un numero finito di segmenti di differente lunghezza.

Questo metodo di integrazione diretta, ha mostrato in numerose applicazioni un livello di accuratezza molto alto nella descrizione di fenomeni legati al trasporto di massa, conservazione del momento e dell'energia; il modello che ne deriva assicura un robusto ed efficiente metodo di risoluzione numerica.

Dal punto di vista del modello, il gasdotto può essere suddiviso in differenti segmenti di differente lunghezza, ciascuno caratterizzato da un valore di pressione medio; queste condizioni consentono di costruire dinamicamente, passo-passo, un modello reale del profilo di pressione e portata relativi all'intera pipeline.

In generale due differenti classi di dati vengono usati per configurare il modello matematico della pipeline e per eseguire successivamente il tuning dello stesso:

- Dati fisici geometrici:
  - Lunghezza e diametro della pipeline;
  - Profilo altimetrico della pipeline;
  - Diametro, spessore e caratteristiche dei materiali costituenti la pipe;
  - Condizioni termiche esterne la pipeline;
- Dati ambientali:
  - Perdita di carico e profilo di temperatura tra il punto di ingresso ed il punto di uscita alle condizioni di carico nominale.

Il numero delle celle in cui viene suddiviso il gasdotto è in generale un compromesso tra la potenza di elaborazione disponibile per la simulazione del processo e l'accuratezza ricercata.

### 2.1.2.3 Modulo di identificazione e localizzazione perdite lungo la Pipeline

Questo modulo identifica le perdite valutando le differenze esistenti tra i dati acquisiti dal campo e quelli computati dal modello matematico on-line.

Il modulo può identificare perdite legate al fluido presente nella pipeline anche se non c'è flusso di fluido nel gasdotto.

Nel seguito ci riferiremo alle normali condizioni di funzionamento del processo, quando il fluido si propaga nella pipeline in condizioni di regime transitorio o permanente; non vengono tenute in considerazione come valide condizioni per leak-detection gli stati di PSD o ESD della pipeline, questo significa che il modello della pipeline cercherà di inseguire situazioni anomale ma non verranno presentati allarmi di perdite trattandosi di situazioni particolari.

Il calcolo dell'indice di perdita viene eseguito utilizzando due differenti metodi, entrambi utilizzati in modo contemporaneo e congiunto:

- **Mass Balance method (MB):** basato sul bilancio di massa.

Il calcolo dell'indice di leak è basato sull'analisi del bilancio di massa tra le misure in ingresso ed uscita dalla pipeline; questo metodo utilizza la massa di fluido accumulata nella pipeline che viene stimata dal modello. Il valore stimato è molto accurato essendo dedotto dall'impiego di un modello matematico con elevate caratteristiche di accuratezza.

In modo continuo il modello matematico corregge lo sbilanciamento di portata tenendo in considerazione i fenomeni di accumulo distribuiti lungo la pipeline.

Il tempo di identificazione di una perdita è in generale inversamente proporzionale al magnitudo della perdita.

Il sistema LDS utilizza limiti di allarme dinamici per informare gli operatori circa possibili perdite; questi limiti sono corretti automaticamente tenendo in considerazione il carico reale della pipeline (portata), per mantenere inalterati i limiti di confidenza espressi in modo percentuale.

Il risultato finale è una stima della quantità di fluido corrispondente alla perdita in corso e di conseguenza risulta possibile calcolare l'entità totale (integrata) di fluido perso.

Il metodo MB non fornisce alcuna informazione circa la posizione della perdita lungo la pipeline, si limita a identificare la presenza di perdite.

- **Pressure and Flow method (PF):** metodo basato sull'onda di pressione e di perdita di carico.

Questo metodo analizza le variazioni di pressione e di portata misurate ai capi della pipeline. Eventi di leak generano variazioni di queste grandezze che sono messe in relazione attraverso le equazioni di propagazione nella linea, l'analisi delle onde di propagazione indotte consente di calcolare la magnitudo, dell'evento, l'istante di inizio e la relativa posizione.

L'utilizzo di due metodi di identificazione delle perdite consente di sfruttare al meglio le peculiarità di ciascuno ottenendo in questo modo una migliore identificazione di condizioni anomale di operatività del processo (deviazioni dalle condizioni di funzionamento a regime). In prima istanza possiamo riassumere le caratteristiche di ciascuno secondo quanto riportato nel seguito:

- **Mass Balance method (MB):** è un metodo di identificazione di perdite molto accurato, in grado di rilevare perdite anche di piccola entità su intervalli temporali lunghi (diverse ore). Questo metodo basato su un calcolo integrale non è in grado di identificare la posizione della perdita.
- **Pressure and Flow method (PF):** è un metodo di leak detection in grado di riconoscere significative perdite lungo la pipeline, il tempo di reazione è legato alla identificazione ai capi della pipeline delle onde di pressione e di portata e quindi dipende anche dalla lunghezza del gasdotto stesso (su un gasdotto di circa 50 km è nell'ordine della decina di minuti).

In generale il sistema fornirà all'operatore pre-allarmi ed allarmi che consentiranno di valutare lo stato della pipeline ed eventuali leak in corso; l'identificazione di leak avviene attraverso il susseguirsi di pre-allarmi ed allarmi che tendono a non "rientrare" e che convincono l'operatore di un trend di funzionamento del sistema verso situazioni anomale. Si tenga conto che possibili allarmi e segnalazioni spurie possono essere generate a causa di variazioni delle condizioni al contorno (ex. fermata/arresto di compressori, operazioni sulla linea, ...); in ogni caso tali segnalazioni in condizioni di funzionamento "a regime", sono destinate a rientrare e l'operatore troverà conferma dell'assenza di leak dalla normalizzazione delle situazioni di anomalia indicate dai metodi **MB** e **PF**.



#### 2.1.2.4 Gestione delle soglie di allarme

I valori calcolati relativi agli indici di perdita devono essere verificati e comparati con adeguati valori per quantificare il livello di confidenza da assegnare alle segnalazioni di possibili perdite; lo scopo è legato a:

- Ridurre il numero di segnalazioni ed allarmi da fornire agli operatori;
- Aumentare i limiti di confidenza a seguito dell'insorgenza di ciascuna segnalazione di allerta o allarme.

Il sistema consente di trattare questi parametri secondo tre differenti modalità:

- Manuale: Assegnazione dei valori in modo manuale da parte dell'operatore;
- Semiautomatico: Assegnazione automatica dei valori da parte del sistema lasciando all'operatore la possibilità di correggere manualmente i valori proposti;
- Automatico: Assegnazione automatica dei valori da parte del sistema.

Il sistema LDS adatta in modo automatico i valori di soglia nei casi seguenti:

- Alcuni valori del processo non sono validi ed è necessario stimare i loro valori;
- Le condizioni operative del processo sono critiche, come quando intervengono protezioni di impianto legate al processo.

La politica adottata in questi casi è di aumentare i valori di soglia proporzionalmente al livello operativo critico.

#### 2.1.2.5 Generazione di allarmi operatore e funzioni di diagnostica

Il sistema LDS fornisce due differenti livelli di allarme:

- Livello di pre-allarme (anche chiamato allerta) per indicare un situazione di allerta all'operatore;
- Livello di allarme: per confermare all'operatore una segnalazione precedente di allerta e indicare una più concreta possibilità di perdita sulla pipeline.

Ogni livello di allarme è dotato di una propria rappresentazione grafica allo scopo di fornire una immediata informazione all'operatore.

Il software assegna il livello di allarme ad una segnalazione sulla base dei seguenti parametri:

- Variazione dell'intensità degli indici di perdita in relazione agli attuali valori di soglia;
- Frequenza dell'evento: un evento che si ripete n-volte in successione in un intervallo temporale; l'intervallo temporale e la frequenza di accadimento dell'evento sono impostabili dall'operatore;
- Una combinazione logica delle due precedenti condizioni.

### 2.1.3 Interfaccia Operatore

L'interfaccia operatore è basata su una o più postazioni HMI (Human Machine Interface) dotate di pagine dedicate alla parametrizzazione del package, al monitoraggio del processo e alla gestione di comandi funzionali.

La struttura di interfaccia è basata sulla seguente architettura:

- Pagine dedicate alla configurazione, setup e memorizzazione dell'intero set di parametri legati al sistema LDS;

- Sinottico generale della pipeline che mostra sia le informazioni legate alle misure acquisite dal campo che quelle legate ai valori calcolati dal modello; da questa pagina l'operatore può richiedere la visualizzazione del profilo lungo la pipeline delle principali variabili di processo:
  - Pressione;
  - Densità;
  - Composizione del fluido;
  - Portata;
  - Pagina allarmi: dotata di allarmi, informazioni di diagnostica circa il modello e le performance dei moduli componenti il sistema LDS (precisione numerica, carico computazionale della CPU, numeri di step, ...);
  - Visualizzazione di trend real-time e storici delle principali variabili;
  - Pagine di diagnostica dettagliate per il metodo di Leak Detection (**MB, PF**);
  - Pagina di stato dettagliata per il sistema di Leak Detection. Questa pagina mostra tutti gli allarmi e le condizioni di attenzione oltre a:
    - I valori di soglia correnti;
    - Valori numerici degli indici di perdita;
    - Stima corrente della perdita;
    - Totale cumulato della perdita di massa stimata.

## 2.2 Sistema di Leak Detection (LDS)

Il sistema di Leak Detection (LDS) opera al di sopra dei dati real-time di processo (Portata, pressione e temperatura) allo scopo di identificare perdite lungo la pipeline. La funzione viene raggiunta usando un modello matematico della pipe in grado di elaborare tutti i dati acquisiti dal campo.

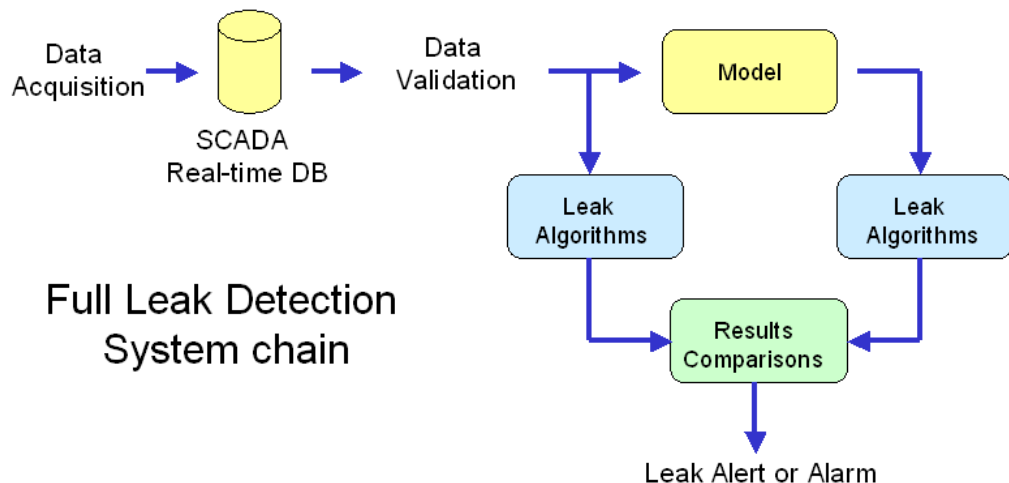


Figura 1: Schema funzionale del sistema di Leak Detection

La catena di elaborazioni e controlli svolti dal sistema di Leak Detection è elencata nei punti successivi:

- **Acquisizione dei Dati:** è il processo che estrae le variabili d'impianto dal database dello SCADA;
- **Validazione dei Dati:** è il processo che controlla i valori acquisiti e stima, se necessario, attraverso strumenti matematici e/o statistici i valori non acquisiti;
- **Stima delle variabili di stato della pipeline:** utilizzando i dati acquisiti e integrati attraverso il modulo di Validazione dei Dati, un modello matematico della pipeline opera su questi dati allo scopo di stimare lo stato reale della pipe in condizioni di funzionamento senza perdite (condizioni normali);
- **Algoritmi di Leak Detection:** viene fornito un metodo di leak-detection basato sui metodi di bilancio di massa (Mass Balance – MB) e sulla propagazione delle onde di portata/pressione (Pressure and Flow - PF) in grado di operare al contempo sui dati provenienti dal campo e dal modello real-time;
- **Confronto dei Risultati:** Questo passo viene utilizzato per identificare perdite lungo la pipeline attraverso il confronto ed identificazione delle differenze dei risultati prodotti dai due metodi descritti in precedenza;
- **Segnalazioni ed Allarmi di Leak:** due livelli di Leak Detection sono assicurati, Segnalazioni allo scopo di attirare l'attenzione degli operatori circa un possibile fenomeno di Leak in corso, Allarmi allo scopo di fornire un avviso circa un molto probabile Leak in corso; in entrambi i casi descritti in precedenza viene fornito un parametro che identifica un livello di confidenza secondo cui sono state fornite le segnalazioni.

## 2.3 Interfaccia operatore del sistema LDS

Il sistema LDS dispone di una interfaccia grafica basata su moduli di rappresentazione e funzionalità real-time analoghe a quelle che s.d.i. automazione industriale propone per il proprio applicativo HMI della piattaforma eXpert SCADA/DSC; nel seguito vengono fornite hard-copy delle parti principali componenti un sistema LDS.

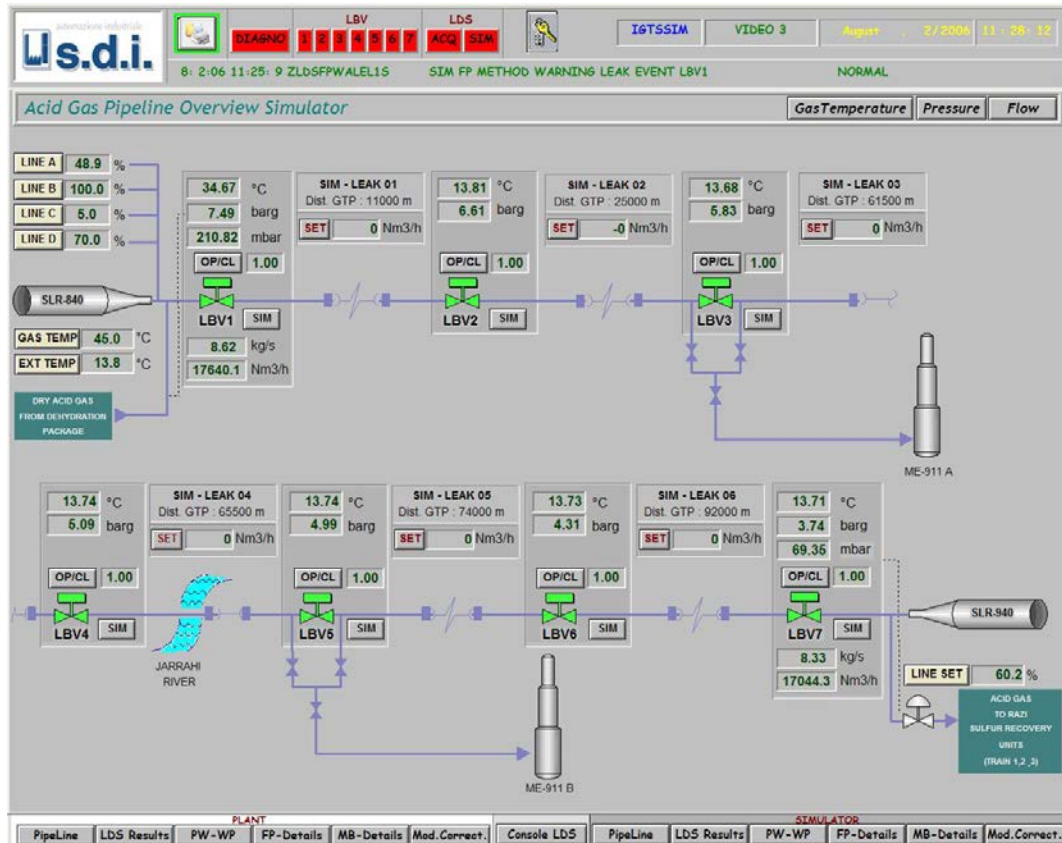


Figura 2: Schema riassuntivo del processo dedotto dagli schemi P&ID

In generale il sistema si compone di un sinottico generale della pipeline dedotto dagli schemi P&ID di processo, la rappresentazione pone in evidenza gli elementi salienti del sistema con indicazione di misure e segnalazioni in accordo con quanto rilevato dal sistema di controllo. In relazione all'operatività che si desidera fornire agli operatori possono essere forniti pulsanti dotati di tessere di comando per intervenire sul campo.

Dalla pagina riassuntiva del processo sono disponibili pulsanti che richiamano i profili delle principali grandezze monitorate:

- Portata (Figura 3);
- Pressione (Figura 4);
- Temperatura (Figura 5).

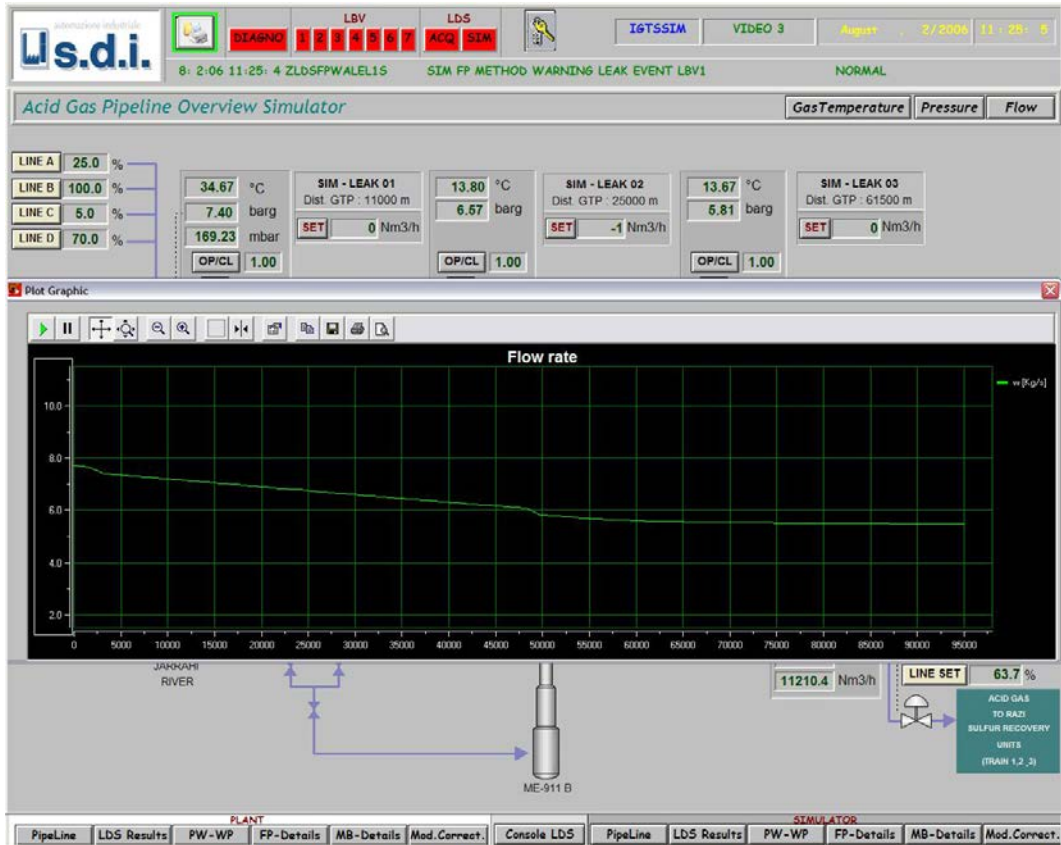


Figura 3: Trend identificativo del profilo di portata a seguito di una simulazione di leak

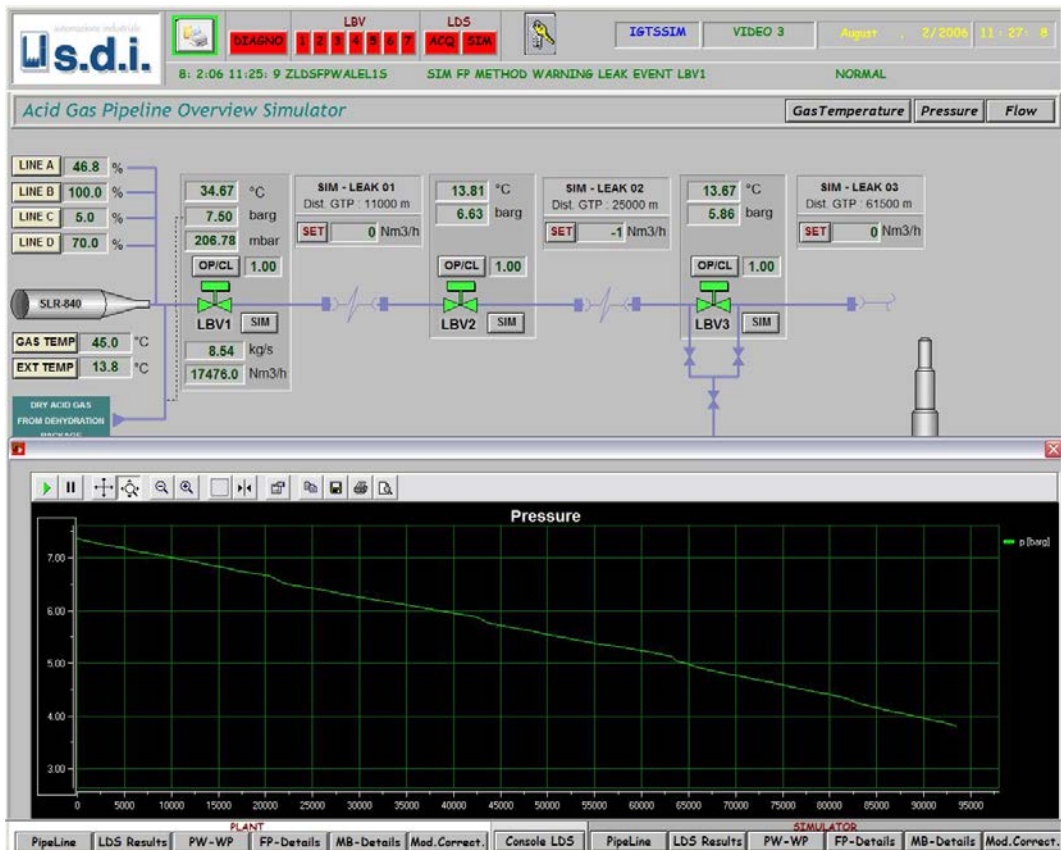


Figura 4: Trend identificativo del profilo di pressione a seguito di una simulazione di leak



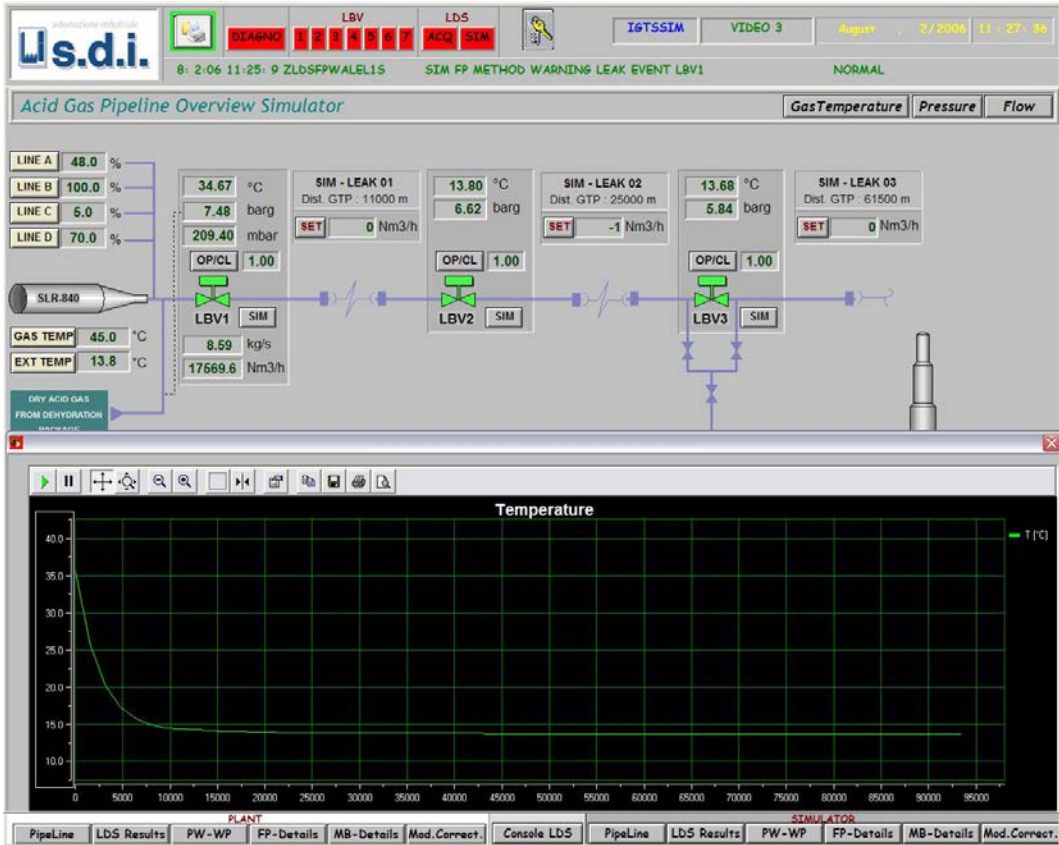


Figura 5: Trend identificativo del profilo di temperatura

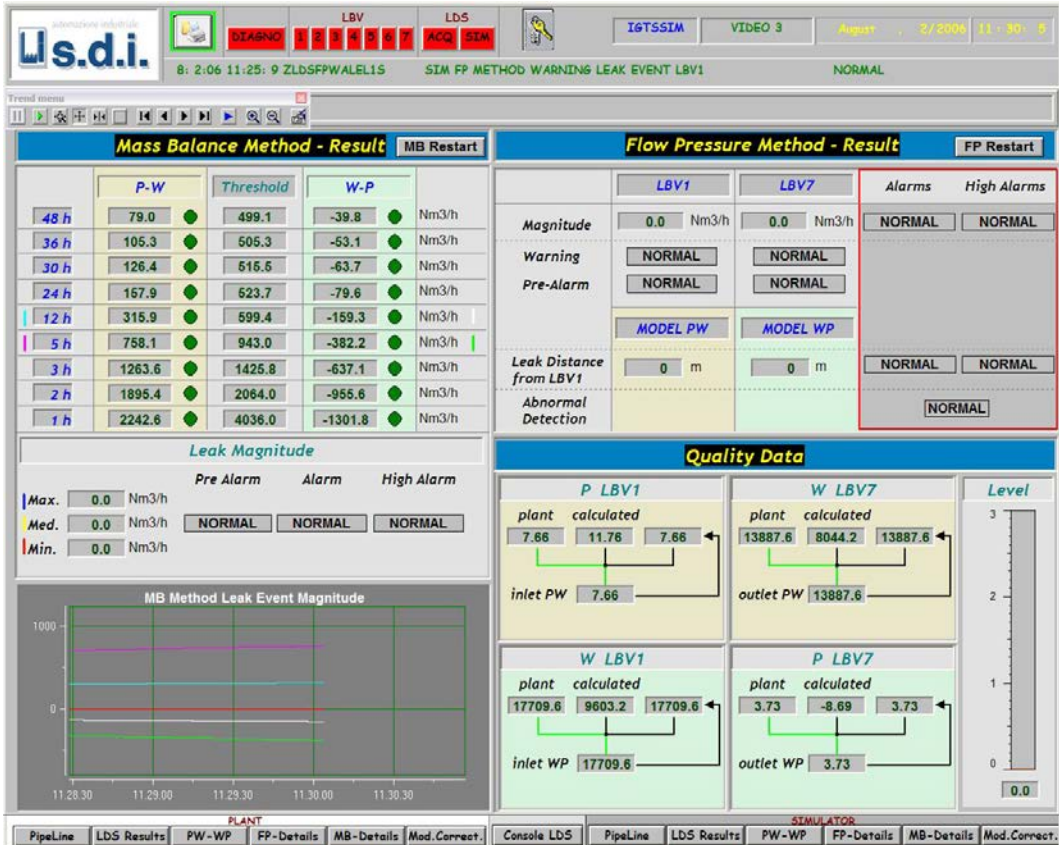


Figura 6: Pagina riassuntiva dello stato dei metodi di MB e PF di identificazione perdite

Il prodotto eXPert LDS è dotato di una serie di interfacce legate più direttamente agli algoritmi di leak detection che consentono all'operatore addetto al monitoraggio di avere informazioni d'insieme (Figura 6) e di dettaglio circa lo stato dell'analisi in esecuzione.

L'interfaccia generale consente di avere un overview generale dell'andamento del processo dedicato ai due metodi implementati (MB e FP). La sezione MB sono riportate le segnalazioni di allarme e allerta identificate dal calcolo integrale della portata sulla base delle soglie impostate, inoltre una stima del valore della leak identificata in termini di valore massimo, valore minimo e valore medio viene fornita istante per istante. La sezione FP riporta il valore della leak stimata ai capi della pipeline (nel caso illustrato stazioni numero 1 e numero 7) ed i relativi allarmi. Il metodo FP consente anche di valutare la posizione della leak stessa di cui ne viene fornita l'informazione utilizzando come posizione di riferimento la posizione della prima valvola. Il quadro riepilogativo si completa fornendo informazioni circa la qualità dei dati impiegati per eseguire le stime di leak eseguite, in particolare si discrimina circa la qualità delle misure impiegate differenziando se le misure provengono dal campo (plant) o se sono quelle dedotte dal modello matematico (calculated). L'utilizzo di misure calcolate consente di sopperire temporaneamente alla mancanza di misure fisiche legate a malfunzionamenti di strumenti, RTU, ... o ogni altro elemento della catena di acquisizione senza che però si siano persi completamente tutti i dati significativi di linea. Qualora per lunghi intervalli temporali non siano disponibili dati validi il sistema ricicolerà sulle ultime informazioni disponibili in attesa di riagganciare il processo da monitorare.

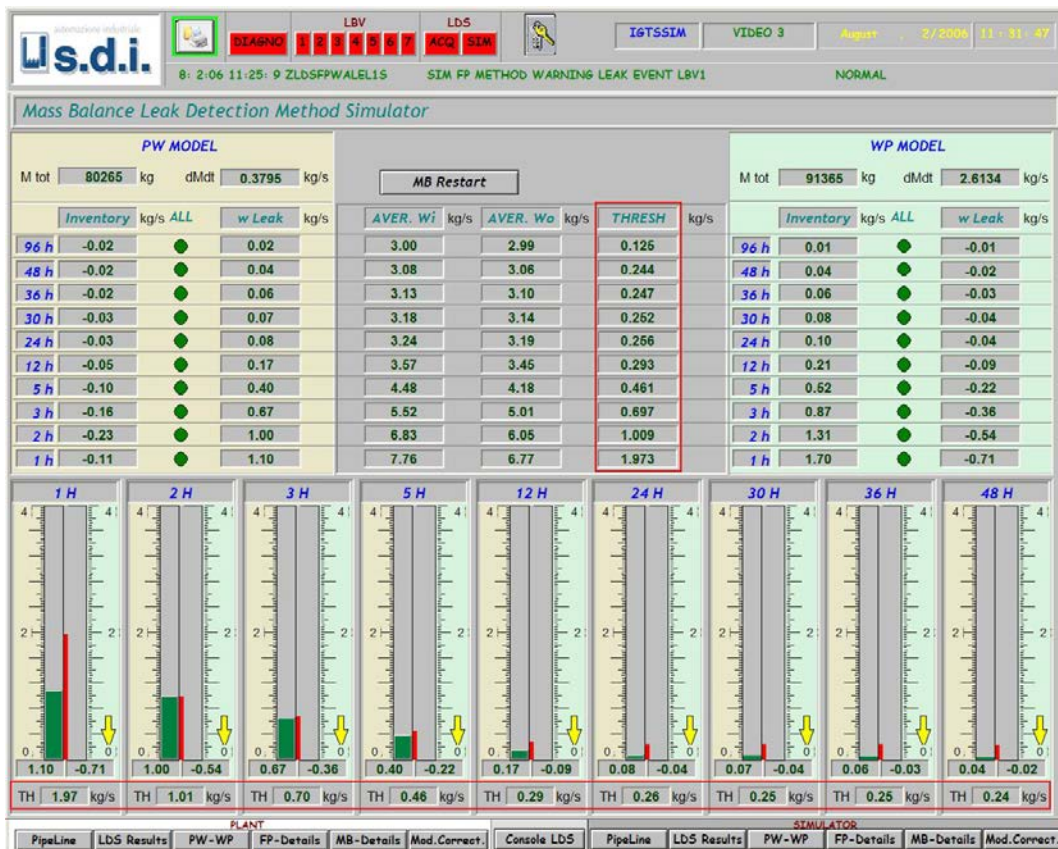


Figura 7: Pagina di stato dettagliata del metodo MB

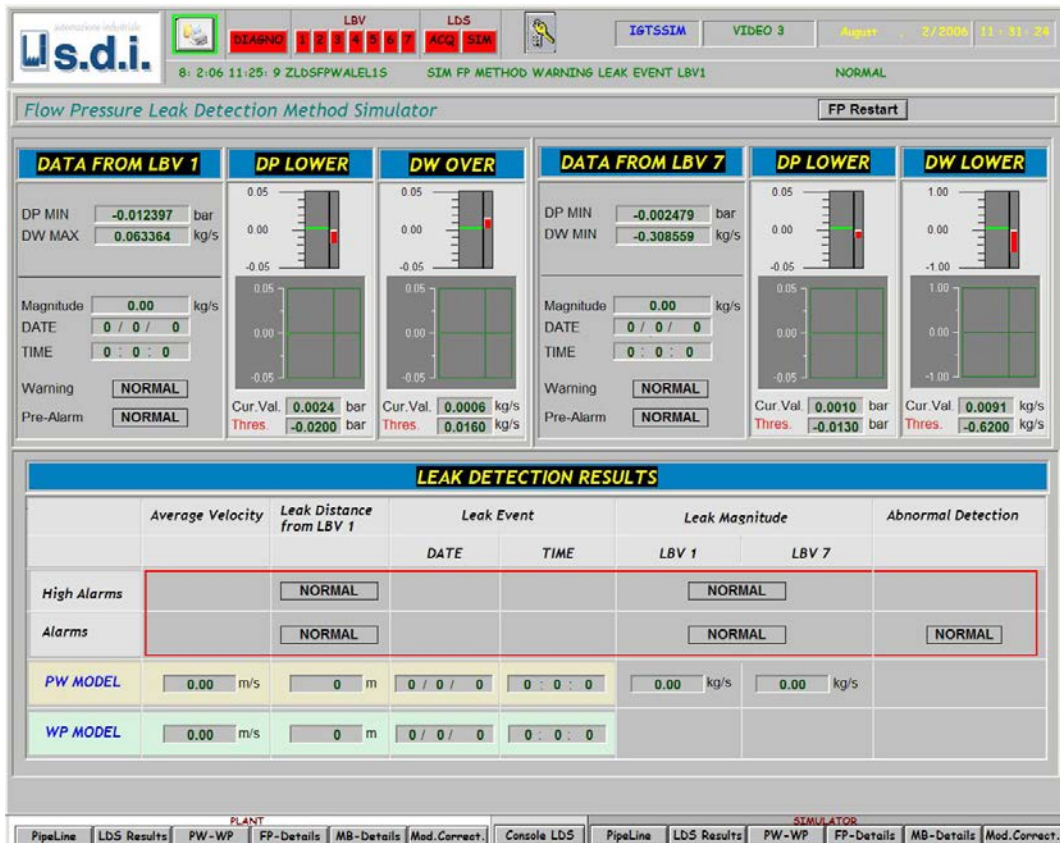


Figura 8: Pagina di stato dettagliata del metodo PF

Ciascun metodo di identificazione di leak è dotato di una propria pagina di dettaglio che contiene le informazioni peculiari ad esso associate che contribuiscono a fornire informazioni specifiche all'operatore. La pagina del metodo MB contiene l'insieme delle soglie settate per generare gli allarmi ed il valore integrale di leak computato sui diversi orizzonti temporali monitorati (1 ora, 2 ore, ..., 48 ore); ciascun istogramma fornisce informazioni circa l'andamento temporale (trend) del sistema consentendo di valutare se il fenomeno anomalo in analisi sia un fenomeno transitorio o permanente e quindi una reale situazione di allarme.

Il metodo FP invece è dotato di una pagina di dettaglio che fornisce informazioni sulle onde di pressione e portata identificate ai capi della pipeline allo scopo di eseguire una verifica incrociata circa gli stati rilevati ad ambo i capi secondo una tempistica prefigurata.

Allo scopo di meglio adattare il modello simulato al modello reale e limitare situazioni di segnalazioni spurie identificate erroneamente, due modelli vengono in generale gestiti sulla base delle variabili di processo disponibili sul campo incrociando queste variabili con i dati ottenuti dal simulatore; in particolare:

- **Modello PW:** Pressione in ingresso e portata in uscita acquisite dal campo, pressione in uscita e portata in ingresso calcolate attraverso il modello interno;
- **Modello WP:** Portata in ingresso e pressione in uscita acquisite dal campo, portata in uscita e pressione in ingresso calcolate attraverso il modello interno.

In condizioni di regime stazionario i profili di portata e pressione dei due modelli tendono a sovrapporsi, quando una perturbazione viene indotta sul sistema i due modelli si muoveranno in controfase fino a identificare la medesima variazione e sovrapporsi di nuovo nelle nuove condizioni operative (Figura 9).



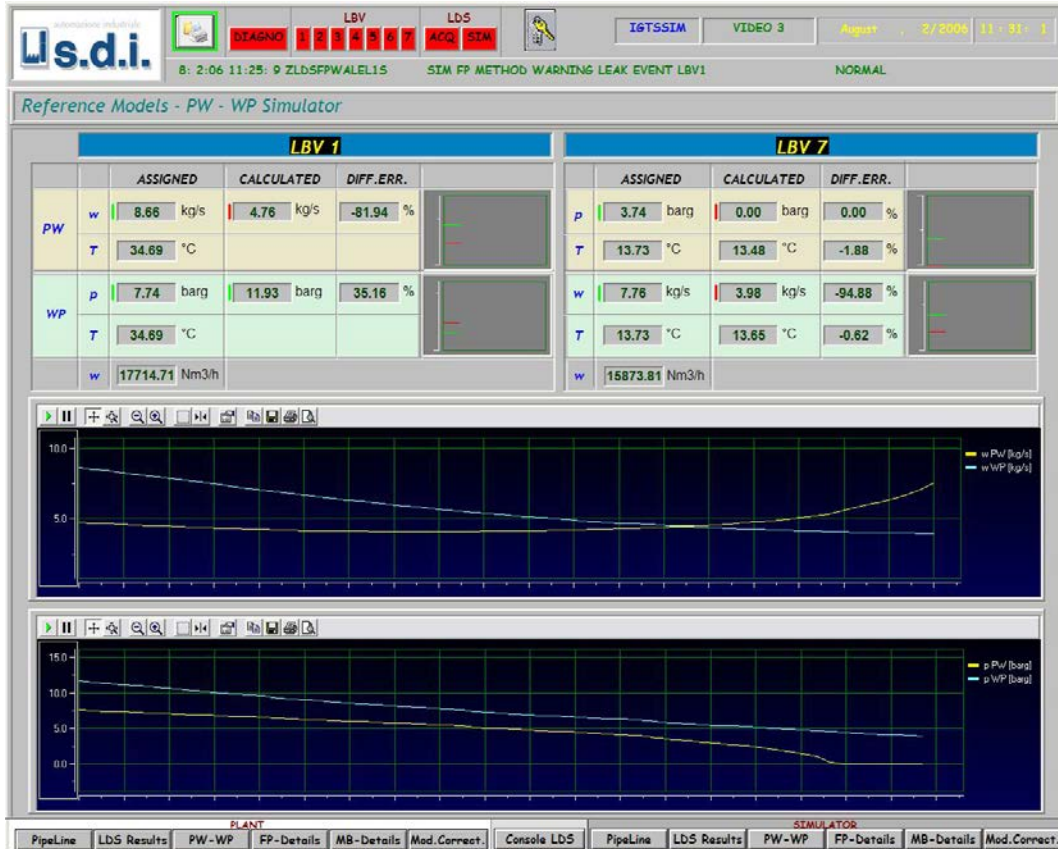


Figura 9: Pagina riassuntiva dello stato dei modelli PW e WP

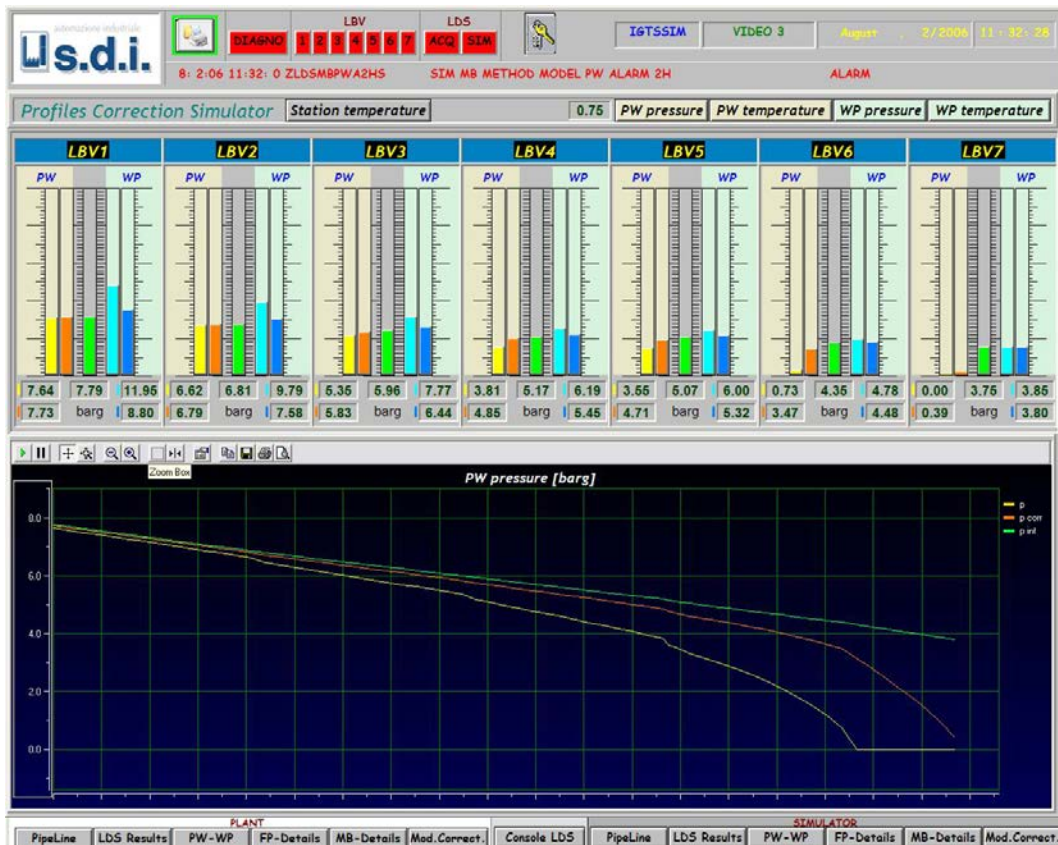


Figura 10: Pagina di correzione in linea del modello sulla base delle misure intermedie di pressione

La presenza di misure di pressione intermedie rispetto ai capi del gasdotto consente di arricchire di informazioni il modello costruito a tavolino sulla base del progetto idraulico della linea per meglio adattarlo alla situazione reale. Una pagina d'interfaccia viene fornita allo scopo di eseguire piccole correzioni in linea sulla base delle grandezze rilevate (Figura 10).

## 2.4 Scambio dati del modulo LDS con sistemi esterni

Il prodotto eXPerT LDS può essere connesso con altri sistemi esterni attraverso l'impiego di protocolli standard di comunicazione in architetture master/slave, ad esempio l'impiego dei protocolli OPC, MODBUS RTU/ASCII/TCP, IEC 870.5.101, IEC 870.5.104 consente l'interfaccia con altri sistemi SCADA o DCS.

## 2.5 Modulo di simulazione del sistema LDS

### 2.5.1 Simulatore della Pipeline

A partire dal modello rela-time della pipeline sviluppato per l'impiego del modulo LDS, se richiesto, basandosi sul medesimo modello matematico sviluppato in precedenza, può anche essere fornito un simulatore real-time della pipeline stessa.

Il simulatore proposto è basato sulla medesima interfaccia operatore descritta per il sistema LDS, la console consente di operare su "variabili di simulazione", invece che sulle variabili di campo, così che il modello possa essere agganciato alle informazioni provenienti dal campo per essere allineato allo stato della pipeline e a partire da questa situazione possa essere sganciato dal processo e essere usato:

- Dalla divisione ingegneria, per eseguire azioni sulla pipeline e analizzare l'evoluzione del processo simulato;
- Dagli operatori, per svolgere attività di training.

Inoltre il sistema LDS può essere attivato in due modalità distinte:

- *Modalità simulata*: in questo caso tutti i dati necessari alle funzioni di leak detection sono calcolati dal simulatore e non acquisiti dal sistema di controllo (SCADA/DCS);
- *Modalità Real-time*: in questo caso tutti i dati necessari alle funzioni di leak detection sono acquisiti dal sistema di controllo (SCADA/DCS);

La console del sistema LDS messa a disposizione degli ingegneri e degli operatori consente di:

- Generare leak di portata variabile in posizioni predefinite sulla pipeline;
- Rimuovere delle leak precedentemente introdotte;
- Modificare manualmente le variabili d'ingresso per simulare e valutare differenti scenari operativi.

La disponibilità di un simulatore di processo può essere utile anche nello svolgimento di diverse attività come ad esempio:

- Per verificare il comportamento del sistema in condizioni più realistiche durante le operazioni di FAT;
- Per consentire l'analisi on-line di differenti situazioni del processo monitorato confrontando le misure elaborate dal simulatore a partire da quanto acquisito dal campo con quelle provenienti dal processo;

- Per verificare la precisione e il comportamento del modulo LDS, anche se il processo non è connesso, durante le operazioni di SAT;
- Per utilizzare i risultati del simulatore allo scopo di produrre un manuale operatore per le principali operazioni di campo.

E' importante segnalare che il simulatore fin qui descritto è da considerarsi solamente come un ambiente di simulazione per testare la pipeline in differenti condizioni operative e non è un ambiente on-line e completo per testare e progettare pipeline o altri elementi di sistema; infatti quanto descritto non sono disponibili funzioni quali:

- Capacità di simulare differenti condizioni di progetto della pipeline (dimensione, lunghezza, spessore, ...);
- Capacità di simulare la presenza di fluidi differenti rispetto a quanto previsto;

inoltre è da tenere in considerazione che il modello proposto, in generale, non è sviluppato per testare e simulare tutti i dispositivi di campo e impianto in condizioni reali e con un livello di dettaglio tale da poter disporre un simulatore completo di tutti gli organi di campo, ad esempio:

- In merito ai dispositivi di campo inerenti il processo vengono modellizzati solo le caratteristiche della pipeline relative alle normali condizioni operative e non un completo e dettagliato modello di ciascun elemento che compone il sistema (es. per le pompe o compressori: rampe di cambiamento legate a modifiche del set-point, per le valvole: modalità reale di apertura e chiusura, per l'impianto: le sequenze di automazione implementate);
- Situazioni connesse al malfunzionamento di dispositivi di campo;
- Stati di ESD e PSD;

In ogni caso la piattaforma eXPert di modellizzazione è un ambiente estremamente potente e flessibile per realizzare simulazioni di processo e, se richiesto, il simulatore proposto potrà essere arricchito con un maggior grado di dettaglio circa gli elementi di sistema.