

XIX corso di Tecnologia per Tecnici Cartari  
edizione 2011/2012

# L'impianto vapore della linea MP1

di Bravetti Alberto



Scuola Interregionale  
di tecnologia per tecnici Cartari

Istituto Salesiano «San Zeno» - Via Don Minzoni, 50 - 37138 Verona  
[www.scuolagraphicsanzeno.com](http://www.scuolagraphicsanzeno.com) - [scuolacartaria@sanzeno.org](mailto:scuolacartaria@sanzeno.org)



# INDICE

## 1 - INTRODUZIONE

- 1.1 In cartiera il costo dell'energia elettrica e del gas incide tra il 20 % e il 35 % del costo di produzione
- 1.2 Situazione mercato gas naturale
- 1.3 Situazione mercato energia elettrica
- 1.4 Impiego di fonti combustibili
- 1.5 Rapporto tra capacità di drenaggio e costi di disidratazione

## 2 – UN PO' DI TEORIA

- 2.1 Vapore saturo e surriscaldato
- 2.2 Resistenze alla trasmissione del calore
- 2.3 Pressione assoluta e relativa
- 2.4 L'adesione agli essiccatori
- 2.5 Descrizione generale di un controllo di processo
- 2.6 Impianto vapore e condense

## 3 – LA SECCHERIA DELLA LINEA MP1

- 3.1 Configurazione precedente all'agosto 2004
- 3.2 Configurazione successiva all'agosto 2004
- 3.3 Problematiche dell'impianto vapore
  - 3.3.1 Condizione di funzionamento con carta da 220 g/m<sup>2</sup>
  - 3.3.2 Condizione di funzionamento con carta da 360 g/m<sup>2</sup>
  - 3.3.3 Condizione di funzionamento con carta da 80 g/m<sup>2</sup>

## 4 – MODIFICHE APPORTATE ALL'IMPIANTO VAPORE

- 4.1 Step 1, modifica del software del regolatore DTP101
- 4.2 Step 2, nuovo impianto di regolazione dello scarico delle condense in tutta la post-seccheria
- 4.3 Step 3, nuovo impianto di regolazione della pressione nel gruppo termico secondario
- 4.4 Step 4, impianto del vuoto

## 5 – CONSIDERAZIONI FINALI

## 6 – BIBLIOGRAFIA



# 1. INTRODUZIONE

La presente ricerca descrive le modifiche apportate all'impianto vapore della linea **MP1** dello stabilimento **Fedrigoni di Pioraco (MC)** allo scopo di ottimizzarne il funzionamento e parallelamente di ridurre il consumo specifico di vapore.

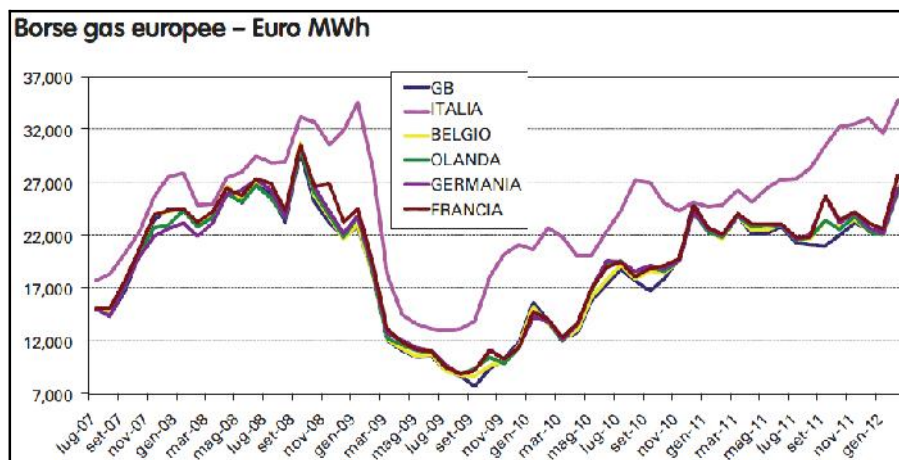
In questi ultimi anni l'esigenza generale di riduzione dei costi di produzione e l'aumento importante della spesa energetica, rende questo tipo d'intervento doppiamente significativo.

## 1.1. IN CARTIERA IL COSTO DELL'ENERGIA ELETTRICA E DEL GAS INCIDE TRA IL 20% E IL 35% DEL COSTO DI PRODUZIONE

L'industria cartaria è fortemente energivora dal punto di vista dell'utilizzo dell'energia elettrica e ancora di più per l'utilizzo di gas naturale. L'elevato utilizzo di energia elettrica è dovuto all'alto grado di automazione delle cartiere e al ciclo continuo di lavorazione. Le elevate richieste di gas naturale sono invece dettate, da un lato, dalle grandi necessità termiche che devono essere soddisfatte per l'asciugatura del foglio e, dall'altro, dalla rilevante presenza d'impianti di cogenerazione alimentati quasi esclusivamente a gas naturale. Tale tecnologia, infatti, si adatta particolarmente al processo cartario per la contemporanea e continua richiesta sia di energia elettrica che di energia termica. Ne consegue che in cartiera la voce del costo di approvvigionamento energetico, e del gas naturale in particolare, rappresenta una delle prime voci di costo di produzione (incidenza media del **20%** con punte del **35%**) e richiede pertanto continuo controllo e monitoraggio per minimizzarne l'incidenza. La rilevante incidenza del costo dell'approvvigionamento energetico è anche determinata in maniera significativa dalla situazione dei prezzi del gas e dell'energia elettrica in Italia che, come si vedrà in dettaglio di seguito, si attestano su valori molto più elevati degli altri paesi europei.

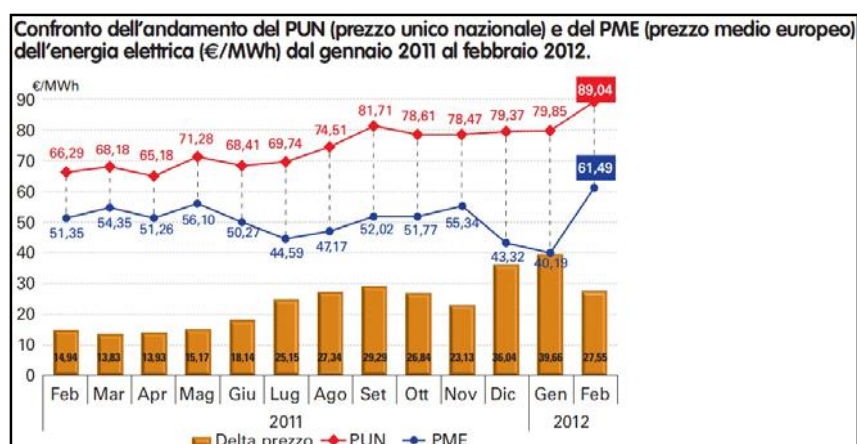
I consumi di energia nel settore cartario per l'anno **2011** sono rimasti sostanzialmente invariati rispetto a quelli del **2010**. Per il gas naturale il consumo nel settore cartario nel **2011** è stato pari a circa **2,4 miliardi di metri cubi** su base annua, che costituiscono circa il **15%** del consumo industriale nazionale, mentre per l'energia elettrica si è attestato intorno a **6,4 miliardi di kWh** di cui oltre il **60%** autoprodotti in cogenerazione.

## 1.2. SITUAZIONE MERCATO GAS NATURALE



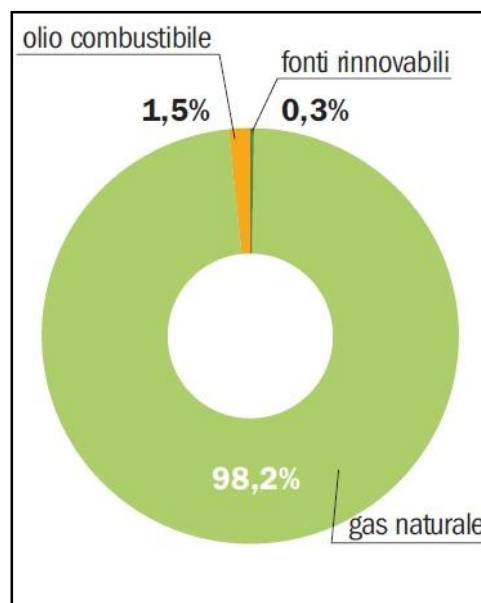
Come anticipato pocanzi, i prezzi del gas naturale in Italia sono molto più elevati di quelli degli altri paesi europei e la situazione generale del mercato si presenta molto critica. Ciò è dovuto essenzialmente alla sostanziale assenza di concorrenza e alle condizioni d'isolamento in cui si trova il nostro paese rispetto agli altri paesi. Analizzando l'andamento dei prezzi registrati in Italia rispetto alle altre piattaforme europee, si può facilmente rilevare che il differenziale di prezzo è molto importante e negli ultimi mesi del **2011** primi mesi del **2012** è arrivato a valere anche **10 €/MWh** ovvero oltre il **40%** del prezzo europeo. Si può anche rilevare facilmente che i prezzi degli altri paesi europei sono sempre allineati e, anche quando non lo sono, la divergenza rientra rapidamente, segno che gli scambi di gas tra i vari paesi sono effettivamente possibili e i mercati comunicano tra di loro.

## 1.3. SITUAZIONE MERCATO ENERGIA ELETTRICA



Purtroppo anche sui prezzi dell'energia elettrica l'Italia è il fanalino di coda dell'Europa. Analizzando infatti i prezzi dell'energia elettrica rispetto ai principali paesi europei, si continua a rilevare che il livello italiano rimane sensibilmente superiore rispetto a quello dei competitor europei. La forte differenza con gli altri mercati europei è riconducibile sia alla presenza di una quota consistente di energia prodotta con gas naturale, molto più contenuta negli altri paesi europei dove la presenza di produzioni con combustibili meno costosi (carbone e nucleare) è significativa, sia alla situazione della rete elettrica italiana che non consente di mettere in piena competizione gli impianti a livello nazionale ma solo a livello zonale.

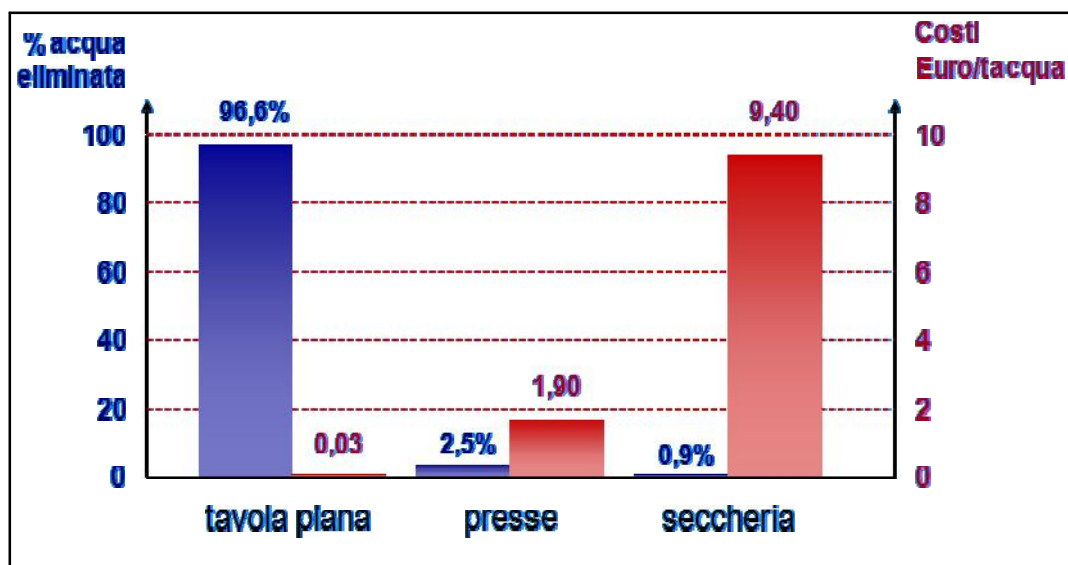
#### 1.4. IMPIEGO DI FONTI COMBUSTIBILI



Attualmente, il settore produce più della metà dell'energia elettrica di cui necessita, per la gran parte utilizzando la fonte combustibile fossile che ha minore impatto ambientale, ovvero il gas naturale. L'olio combustibile è ancora utilizzato essenzialmente nei limitati casi in cui non vi sia disponibilità di gas naturale.

Di rilievo sono anche gli impianti che utilizzano fonti rinnovabili, in particolare energia idroelettrica che coprono il 2% del fabbisogno.

## 1.5. RAPPORTO TRA CAPACITÀ DI DRENAGGIO E COSTI DI DISIDRATAZIONE

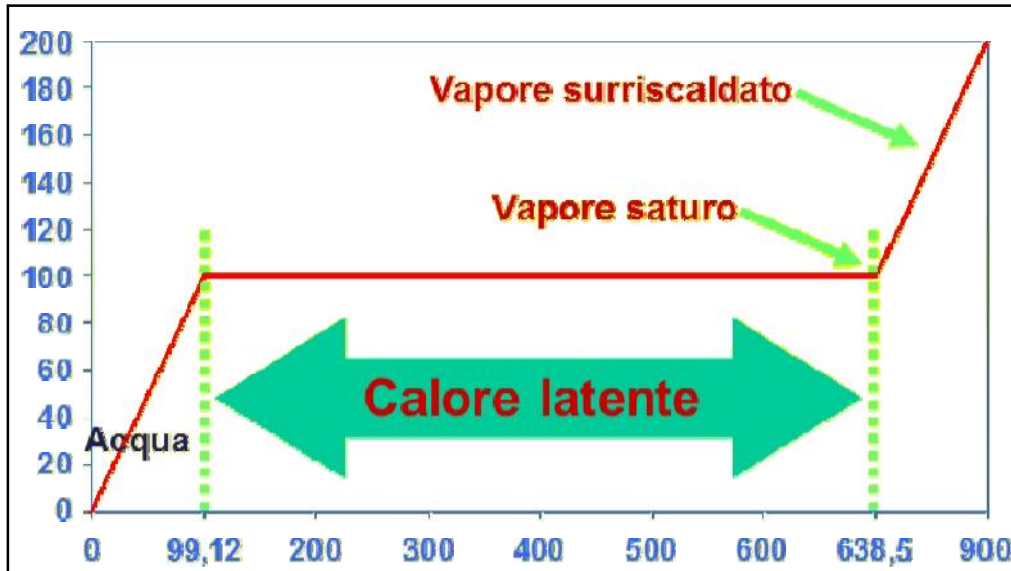


Dopo la sezione presse il foglio contiene ancora dal **45%** al **60%** di umidità, secondo i casi; ammesso pure che tutta l'acqua libera trattenuta tra le fibre abbia potuto essere rimossa, rimane sempre l'acqua legata chimicamente alle molecole delle fibre, la quale non può essere estratta con mezzi meccanici, ma deve essere allontanata per evaporazione. E' bensì sempre necessario spingere al massimo la disidratazione con le presse, dato il costo energetico molto inferiore rispetto a quello dell'evaporazione. Un limite consiste però nell'eventuale danneggiamento del contesto fibroso, a causa di azioni meccaniche, come la pressione e l'aspirazione.

Come si vede nel grafico, la capacità di drenaggio in tavola piana è quella di gran lunga superiore e i costi relativi specifici (somma dei costi energetici e d'investimento) sono, in rapporto alle successive fasi, molto più bassi. Il rapporto fra capacità di drenaggio e costi è nella seccheria esattamente il contrario; la sezione presse si situa tra i due.

## 2. UN PO' DI TEORIA

### 2.1 VAPORE SATURO E SURRISCALDATO



Per ottenere vapore è necessario portare l'acqua alla sua temperatura di ebollizione; questa è **100 °C** alla pressione atmosferica. Se abbiamo speso **99,1 Cal/Kg** per portare l'acqua da **0°C** alla temperatura di ebollizione, ne servono ben **539,4 Cal/Kg** per farla evaporare. Mentre si fa bollire dell'acqua il calore fornito non innalza la temperatura dell'acqua oltre i **100°C** (la temperatura infatti rimane costante durante l'ebollizione), ma servirà a indebolire i legami fra le molecole, le quali di conseguenza saranno libere di occupare tutto il volume a loro disposizione (ovvero passeranno dallo stato liquido allo stato vapore), fino al punto in cui tutta l'acqua si sarà trasformata in vapore.

Il **vapore saturo secco** è nelle giuste condizioni per entrare negli essiccatori; a contatto con la superficie interna dei cilindri raffreddati dal passaggio del nastro di carta umido, condensa e ci "rende" tutta questa quantità di calore.

Per **vapore surriscaldato** s'intende vapore al quale abbiamo fornito altro calore, caratterizzato da una temperatura superiore a quella di ebollizione.

Il **titolo del vapore** s'indica usualmente con il simbolo (**x**), è definito come il rapporto tra la massa del vapore (**mv**) e la massa totale della miscela liquido + vapore (**ml**) + (**mv**).

$$x = [mv/(ml + mv)] * 100$$

A seconda del titolo può essere distinto in:

- **vapore saturo secco**, titolo uguale a **100%**
- **vapore saturo umido**, titolo minore di **100%**.

**Ad es.:** un vapore che ha titolo **90%** vuol dire che il **10%** è in fase liquida ed il **90%** in fase vapore.

$$x = [90 / (10 + 90)] * 100$$

$$x = 90$$

### **Tabella del vapore saturo**

<b>Pressione</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Volume spec.</b>	<b>Calorie 0 °C - ebolliz.</b>	<b>Calorie di evaporaz.</b>	<b>Calorie tot.</b>
<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>°C</b>	<b>m<sup>3</sup>/kg</b>	<b>Cal/kg</b>	<b>Cal/kg</b>	<b>Cal/kg</b>
0,25	64,6	6,3	64,5	560,6	625,1
0,50	80,9	3,3	80,8	550,8	631,6
0,75	91,3	2,2	91,3	544,5	635,8
1,00	99,9	1,7	99,1	536,4	635,5
1,50	110,0	1,2	110,9	531,9	642,8
2,00	119,6	0,9	119,8	525,9	645,7
2,50	126,8	0,7	127,2	521,1	648,3
3,00	132,9	0,6	133,4	516,9	650,3
4,00	142,9	0,5	143,6	509,8	653,4
5,00	151,1	0,4	152,1	503,7	655,8
10,00	179,9	0,2	181,2	481,8	663,0

In conclusione, più aumenta la pressione, più aumenta la temperatura e la somministrazione di calore per portare l'acqua all'ebollizione, di contro abbiamo bisogno di meno calore per generare vapore. Quindi a pressioni elevate si dispone di meno calore di condensazione, ciò implica un aumento del consumo di vapore per l'essiccamento.

Con l'aumentare della pressione aumenta la temperatura, di conseguenza aumenta la differenza di temperatura fra il foglio e la superficie del cilindro, aumenta l'afflusso di calore al foglio e questo permette di portare la continua a velocità più elevate. L'aumento di pressione, in definitiva riduce la quantità di calore disponibile per l'essiccamento, ma ne aumenta la portata al foglio.

Oltre all'economia di vapore l'uso di questo a bassa pressione da i seguenti vantaggi:

- **minori perdite per radiazione dagli essiccatori**
- **minore possibilità di perdite di vapore dai giunti**

- migliore qualità di carta a causa delle temperature superficiali più basse.

Gli svantaggi principali del vapore a bassa pressione sono:

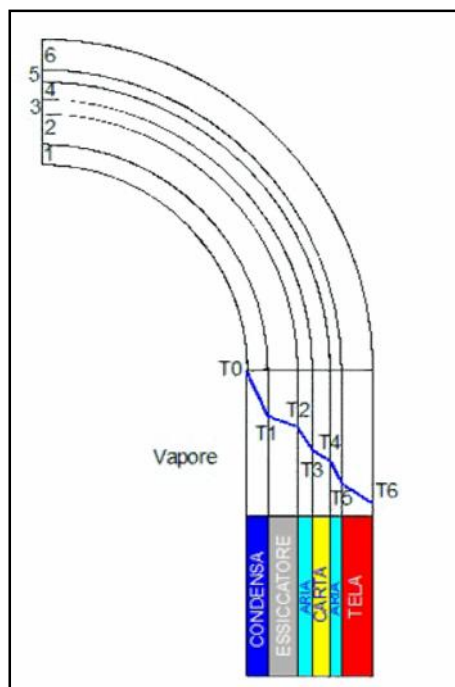
- necessità di un maggior numero d'essiccatori
- tubazioni di maggior diametro per un volume specifico maggiore del vapore.

## 2.2 RESISTENZE ALLA TRASMISSIONE DEL CALORE

La temperatura  $T_0$  è la temperatura di condensazione del vapore all'interno del cilindro, la temperatura  $T_6$  è la temperatura a cui avviene l'evaporazione dell'acqua contenuta nella carta.

La quantità di energia trasmessa dal vapore al foglio di carta dipende da diverse resistenze che si oppongono al trasferimento del calore:

- gas non condensabili
- l'anello liquido di condensa
- la parete metallica del cilindro
- lo strato d'aria tra il foglio e il cilindro.



**Gas non condensabili:** il vapore spesso porta una piccola quantità di gas non condensabili (generalmente aria) che tendono a concentrarsi sulla superficie, dove avviene la condensazione.

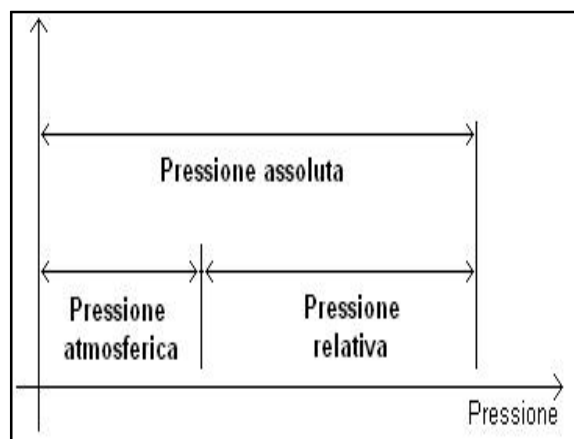
**La condensa:** quando si accumula all'interno del cilindro si comporta in accordo con la velocità di rotazione dello stesso.

**La parete metallica del cilindro:** la resistenza al trasferimento del calore dipende direttamente dalla conduttività termica del materiale e non può essere modificata.

**Lo strato d'aria:** corrisponde alla resistenza di contatto tra carta e cilindro e dipende principalmente da:

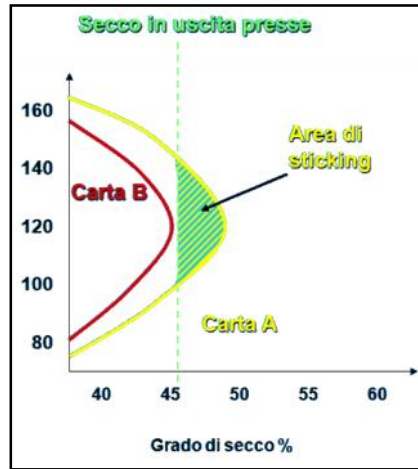
- la ruvidità della carta
- la porosità del mantello
- la tensione delle tele essiccatrici.

## 2.3 PRESSIONE ASSOLUTA E RELATIVA



La pressione assoluta è data dalla pressione relativa, cioè quella letta sullo strumento, maggiorata di una unità, corrispondente alla pressione atmosferica intesa al livello del mare e della quale non si tiene conto in quanto rappresenta una costante. Nella pratica ci si riferisce sempre alla pressione relativa sapendo che l'indice dello strumento segna lo zero in corrispondenza della pressione atmosferica.

## 2.4 L'ADESIONE AGLI ESSICCATORI

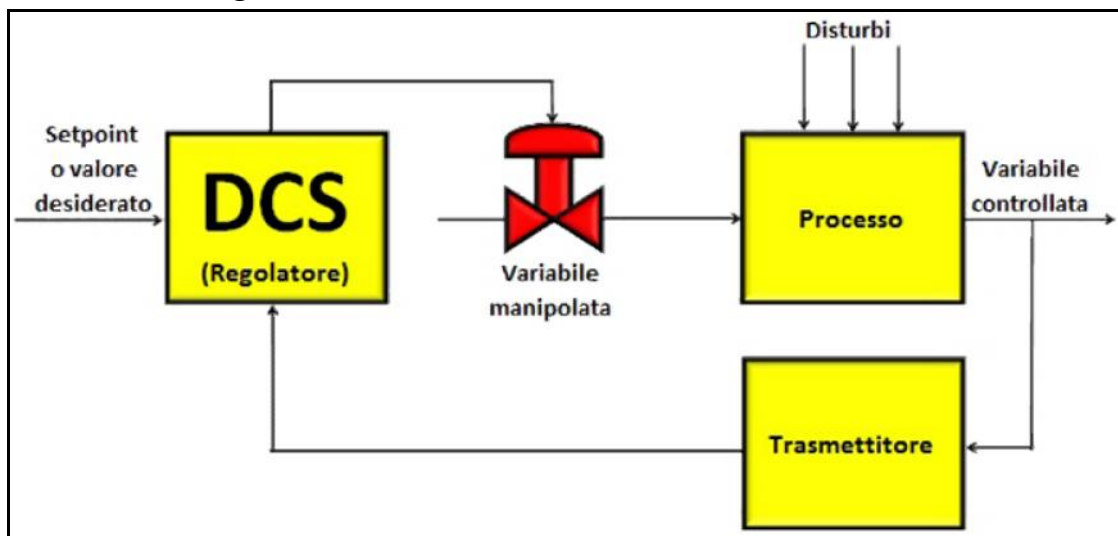


In determinate condizioni di umidità e temperatura la carta si attacca alla superficie dei cilindri essiccatori e produce una polvere che può influire negativamente sulle qualità finali del prodotto, oltre a essere pericolosa perché infiammabile soprattutto se mischiata a residui oleosi; si possono causare rotture e sporcamento delle tele essiccatrici ostruendo così il passaggio dell'evaporato e di conseguenza peggiorare l'essiccamento.

Generalmente il foglio di carta esce dalla sezione presse a una temperatura attorno ai  $30 \div 35$  °C; quando la temperatura della superficie metallica è più vicina alla temperatura del nastro di carta, non avviene il fenomeno dello **sticking**.

## 2.5 DESCRIZIONE GENERALE DI UN CONTROLLO DI PROCESSO

### *Loop elementare di regolazione automatica*



## Trasmettitore

Il trasmettitore ha un sensore in contatto fisico col processo del quale misura il valore istantaneo della grandezza interessata (pressione, temperatura, livello).

## Regolatore

Il regolatore riceve il segnale dal trasmettitore, ne confronta il valore istantaneo con un valore prefissato (**set-point**) che la grandezza misurata deve assumere, ed invia un segnale ad un organo finale di regolazione, generalmente costituito da una valvola.

## 2.6 IMPIANTO VAPORE E CONDENSE

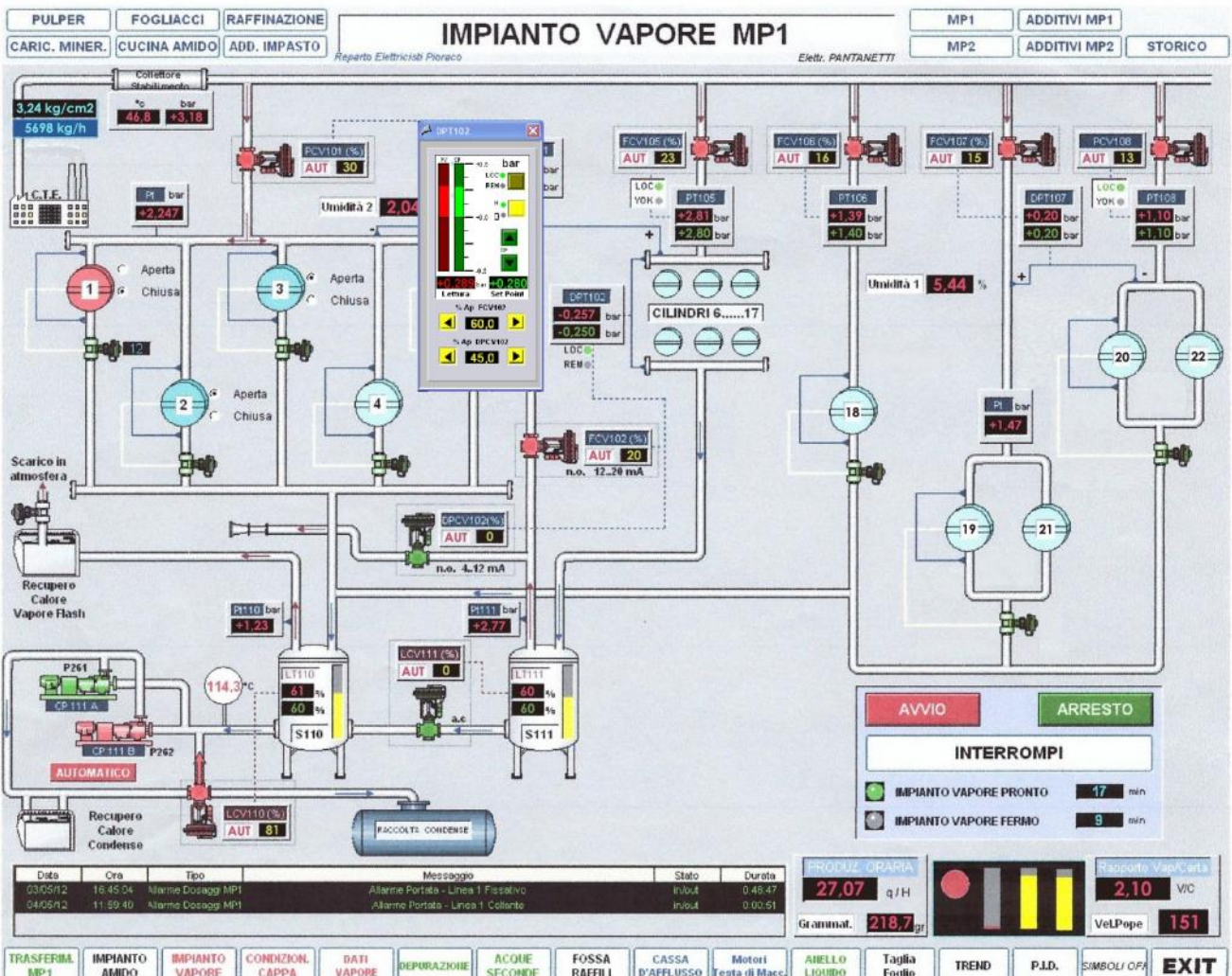
L'impianto vapore lavora assicurando l'alimentazione di vapore alla seccheria ed estraendo la condensa. In questo modo il vapore saturo introdotto condensa sulle pareti del cilindro cedendo calore alla ghisa e quindi alla carta. L'efficienza di questo processo dipende molto dalla corretta estrazione di condensa per evitare accumuli d'acqua che abbasserebbero lo scambio termico, oltre a poter innescare fenomeni di vibrazioni meccaniche dei cilindri che potrebbero causare rotture del nastro di carta. Un sistema di valvole e trasmettitori di pressione provvede a regolare il processo.

Il processo è controllato attraverso loop di regolazione automatica delle seguenti grandezze:

- **pressione a monte dei cilindri**
- **pressione differenziale fra monte e valle dei cilindri.** Per ottenere una corretta estrazione della condensa, è necessario che una certa quantità di vapore attraversi il cilindro senza condensare. Il flusso di acqua mista a vapore necessita di un certo differenziale di pressione per assicurare il drenaggio. Scopo di questo loop di regolazione è proprio quello di garantire un certo **P**. Il vapore non condensato che viene rimosso dai cilindri viene detto **vapore attraversante**. La condensa ed il vapore attraversante estratti dalla batteria, vengono raccolti nei barilotti/separatori (che si trovano di solito nel sotto-macchina), nei quali avviene una divisione fisica tra acqua e vapore per differenza di peso. Nei separatori, la pressione del vapore è inferiore di quella all'interno dei cilindri, quindi una parte della condensa torna a cambiare di stato; da qui nasce il **vapore nascente** che insieme a quello attraversante (insieme prendono il nome di **vapore flash**) vengono riutilizzati per riscaldare batterie a pressione minore di quella di provenienza.

- **pressione differenziale a monte di due gruppi di cilindri.** Pressioni sbagliate ostacolerebbero l'estrazione delle condense e quindi causerebbero allagamenti dei cilindri
- **livello nei barilotti/separatori condense.** E' opportuno mantenere costante il livello delle condense nei serbatoi di separazione. Un livello troppo alto causerà difficoltà d'estrazione o nella peggiore delle ipotesi un allagamento dei cilindri. Al di sopra del pelo libero deve esserci sempre uno spazio sufficiente perché avvenga la separazione del vapore dalla condensa. Il sistema è composto da un trasmettitore di livello e una valvola di regolazione automatica. Questa agisce sulla portata di condensa che ritorna verso la caldaia.

Tutto il sistema è gestito e controllato dal DCS della macchina continua:

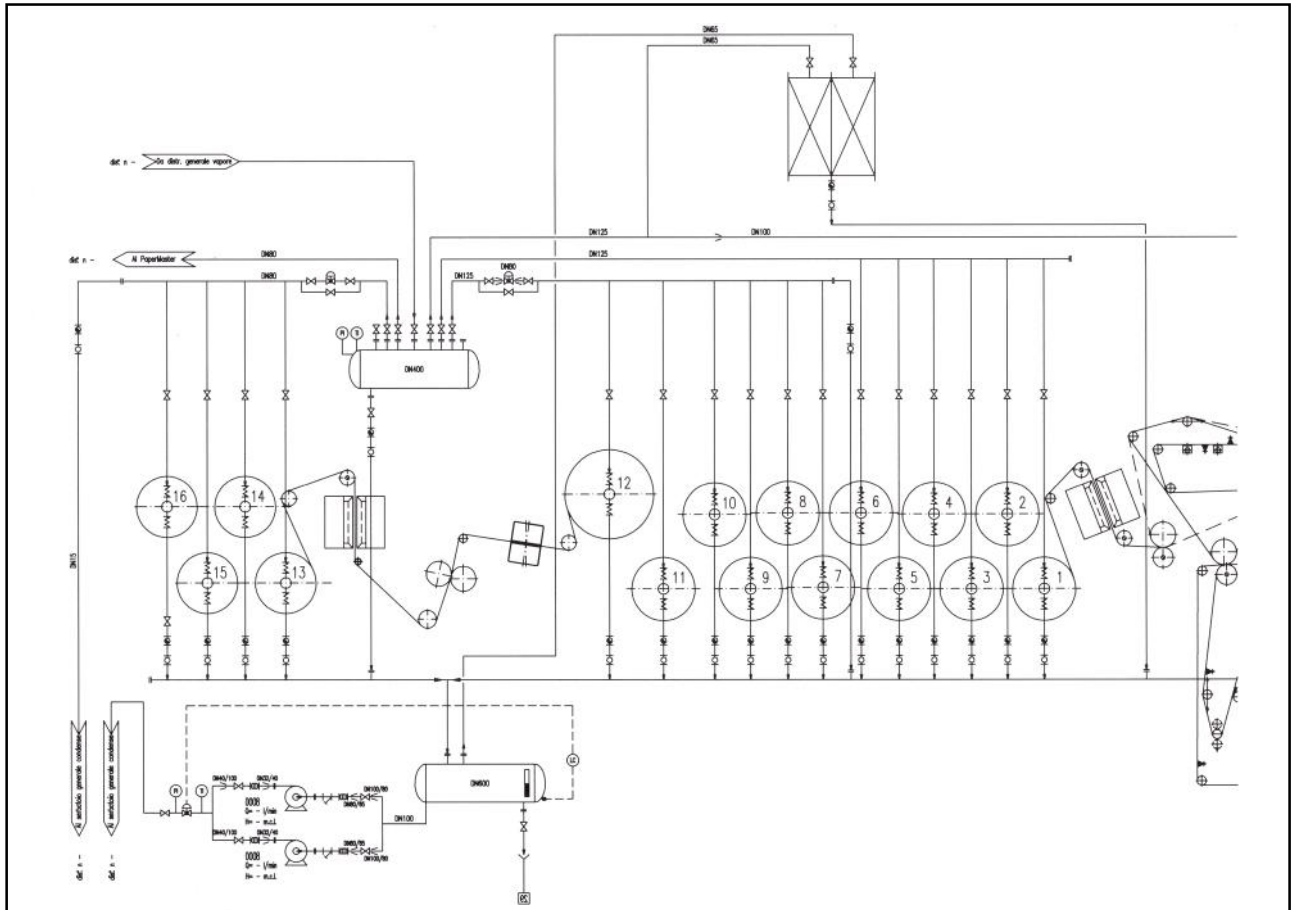


l'operatore pone il puntatore sull'indicazione di misura e/o set-point del regolatore e lo seleziona.

Il sistema apre una finestra ausiliaria che mostra le azioni possibili (locale/remoto, aumenta/diminuisci, scrivi il valore numerico), e l'operatore esegue l'operazione voluta (per es. aumentare il valore desiderato scrivendo direttamente nella casella numerica). Il set-point della regolazione viene aggiornato e il processo reagisce portando al valore desiderato la variabile sotto controllo.

# 3. LA SECCHERIA DELLA LINEA MP1

## 3.1 CONFIGURAZIONE PRECEDENTE ALL' AGOSTO 2004



La vecchia seccheria era formata da **12** cilindri essiccatori in **pre-seccheria** e **4** in **post-seccheria**, riscaldati tutti con vapore vivo; il gruppo termico principale di pre-seccheria (n. **7 ÷ 12**) era alimentato attraverso una valvola di regolazione automatica comandata in funzione dell'umidità della carta in uscita dalla pre-seccheria.

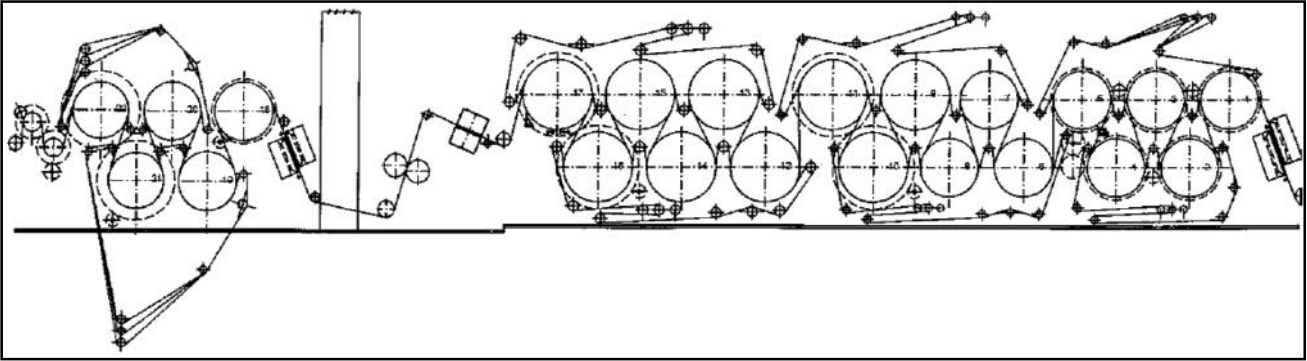
I cilindri essiccatori della post-seccheria erano alimentati anch'essi da una valvola di regolazione automatica comandata in funzione dell'umidità finale della carta, la regolazione per il controllo dell'imbarcamento era fatta direttamente dagli operatori sulle valvole manuali installate sull'ingresso di ogni cilindro.

Non esisteva nessuna possibilità di monitorare l'impianto vapore tramite pagine video.

### 3.2 CONFIGURAZIONE SUCCESSIVA ALL'AGOSTO 2004

Nell'agosto 2004 è stata completamente ricostruita la seccheria della MP1, e contestualmente progettato e realizzato un nuovo impianto vapore.

La nuova seccheria è costituita da **22** cilindri essiccatori, **17** in **pre-seccheria** e **5** in **post-seccheria**.



#### Pre-seccheria:

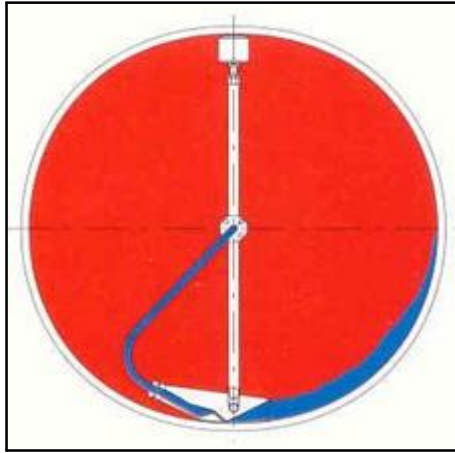
- **batteria cilindri n. 1 ÷ 5:**  $\varnothing$  1250 mm. Pressione di bollo 3 bar
- **batteria cilindri n. 6 ÷ 11:**  $\varnothing$  1250 mm (n. 6 ÷ 8),  $\varnothing$  1500 mm (n. 9 ÷ 11). Pressione di bollo 3 bar
- **batteria cilindri n. 12 ÷ 17:**  $\varnothing$  1500 mm. Pressione di bollo 4.9 bar.

#### Post-seccheria:

- **cilindro n. 18** (con rivestimento antiaderente):  $\varnothing$  1250 mm. Pressione di bollo 2,4 bar
- **batteria cilindri n. 19 ÷ 22:**  $\varnothing$  1250 mm (n. 19, 20),  $\varnothing$  1200 mm (n. 21, 22). Pressione di bollo 2,4 bar.

Il movimento è trasmesso, ad ogni batteria, da un gruppo motore-riduttore attraverso un pignone che comanda ruote dentate coassiali agli ultimi due cilindri essiccatori ed ingranate tra loro. I rimanenti cilindri sono trascinati dalla tela essiccatrice.

### *Sifoni per estrazione condensa*



I sifoni sono del tipo **rotante a tazza**. Questo sistema è utilizzato su macchine operanti a basse velocità (**0 ÷ 300 m/min**) dove la condensa si comporta tra pozza e cascata.

Il **P** minimo necessario per l'estrazione della condensa è **0,150 bar**.

Con velocità superiori a **300 m/min** si forma l'anello liquido e si impiegano sifoni rotanti alla cui estremità è montata, in senso opposto a quello di rotazione, una scarpetta che sfiora l'interno del mantello, così da ridurre lo strato di condensa ai valori minimi.

Il **P** minimo necessario per l'estrazione della condensa cresce al crescere della velocità a causa della forza centrifuga.

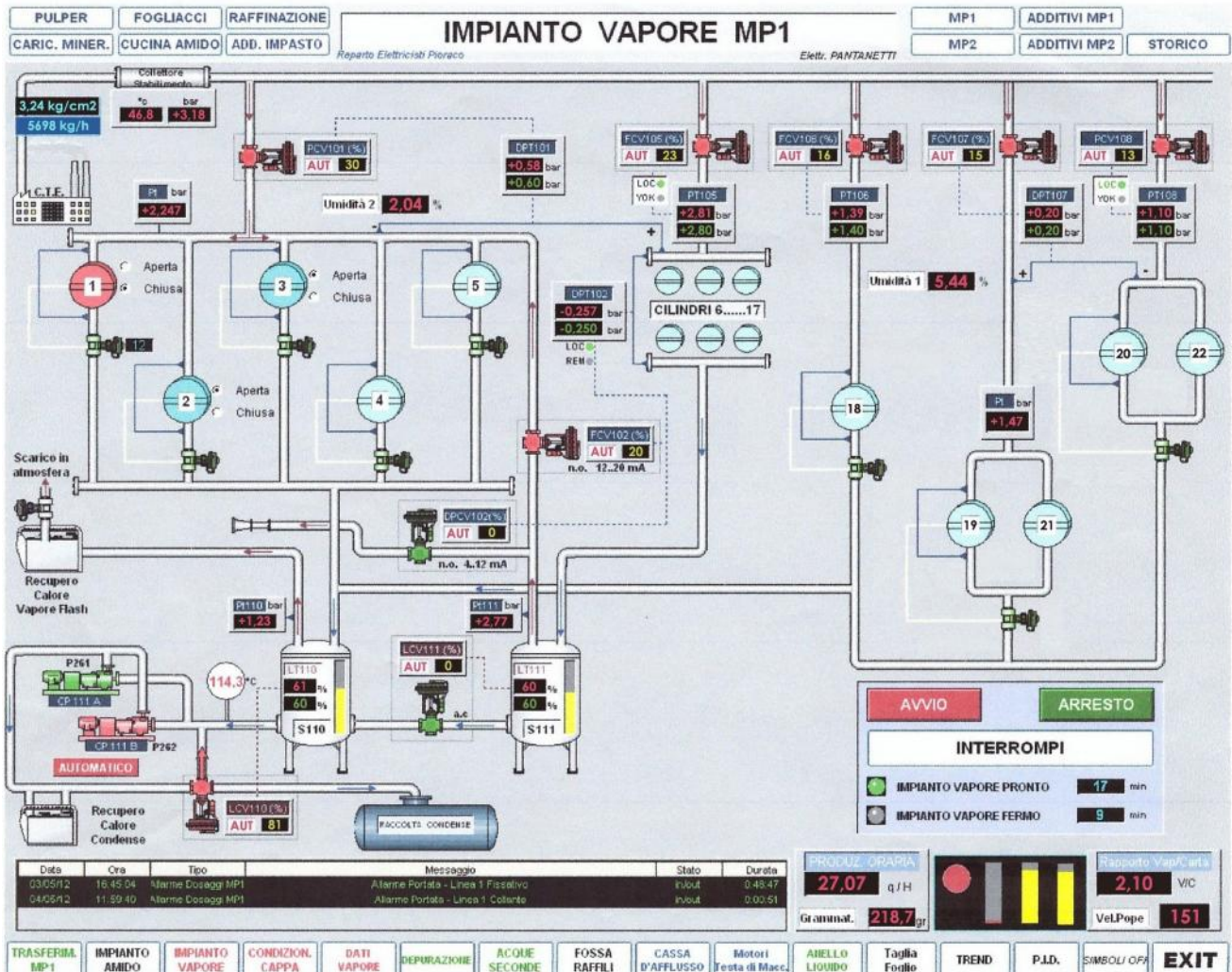
La linea **MP1** dispone di due **forni a infrarossi** alimentati a gas naturale (uno in ingresso alla pre-seccheria e uno in ingresso alla post-seccheria).

Dispone di due **ponti di scansione** dotati di sensori che muovendosi in senso trasversale rispetto al foglio, permettono di controllarne in linea le caratteristiche fondamentali (grammatura, umidità, spessore); uno è posto a fine pre-seccheria e uno prima dell'avvolgitore.

Viene applicato un trattamento a base di acqua e amido tramite **size-press** che ne migliora la resistenza superficiale.

A fine macchina sono installate una coppia di **lisce**.

## Pagina video dell'impianto vapore della linea MP1



L'apporto di vapore vivo nel **gruppo termico principale** è gestito dal regolatore **PT105** che interviene sulla valvola di regolazione automatica **FCV105** in base al segnale ricevuto dal trasmettitore che misura la pressione in ingresso al gruppo.

Il sistema opera nel modo seguente: quando la pressione è minore/maggiore di quanto richiesto il regolatore interviene aprendo/chiedendo la valvola di regolazione.

Il **set-point** è impostato dall'operatore oppure direttamente dal software in base al valore di umidità rilevato in linea dal ponte di scansione posto a fine pre-seccheria (**Umidità 2**).

La pressione differenziale necessaria alla corretta estrazione delle condense è controllata dal regolatore **DPT102** che interviene sulla valvola di regolazione automatica **FCV102** che regola l'apporto del vapore flash nel gruppo termico secondario, sulla valvola di regolazione automatica **DPCV102**, che scarica in atmosfera, e dal trasmettitore che misura la differenza di pressione tra l'ingresso e l'uscita dei cilindri. Il regolatore **DPT102** interviene per aprire la valvola di scarico in atmosfera **DPCV102** solo dopo la completa apertura della valvola **FCV102** in modo da recuperare tutto il vapore di flash che si genera nel barilotto/separatore **S111**.

Le condense scaricate dal gruppo termico principale, vengono raccolte nel barilotto/separatore **S111**.

L'apporto di vapore vivo nel **gruppo termico secondario** è gestito dal regolatore **DPT101** che interviene sulla valvola di regolazione automatica **FCV101** e dal trasmettitore che misura la differenza di pressione con l'ingresso del gruppo termico principale. Il **set-point** esprime quanto maggiore debba essere la pressione del gruppo termico principale rispetto a quella del gruppo termico secondario.

La regolazione della pressione differenziale necessaria alla corretta estrazione delle condense non è gestita da **valvole elettropneumatiche** controllate tramite **DCS** (come per il gruppo termico principale) ma da **valvole pneumatiche autoregolanti** pre-tarate dal fornitore su una pressione differenziale di **0,250 bar**. Non esiste nessuna possibilità di monitorare la situazione tramite pagina video. E' possibile solo il controllo visivo del passaggio della condensa attraverso un vetrino posizionato sulla tubazione di scarico di ogni cilindro essiccatore.

Le condense scaricate dal gruppo termico secondario confluiscono nel barilotto/separatore **S110**, nel quale poi si forma il vapore flash che viene usato per pre-riscaldare l'aria esterna utilizzata nei sistemi di soffiaggio della cappa.

Il cilindro **n. 18**, dotato di rivestimento antiaderente, è alimentato singolarmente.

L'apporto di vapore vivo nella coppia di cilindri **n. 20, 22** è gestito dal regolatore **PT108** che interviene sulla valvola di regolazione automatica **FCV108**. Come per il gruppo termico principale della pre-seccheria il **set-point** può essere impostato dall'operatore oppure in funzione dell'umidità finale della carta (**Umidità 1**).

L'apporto di vapore vivo nella coppia di cilindri **n. 19, 21** è controllata dal regolatore **PT107** che interviene sulla valvola di regolazione automatica **FCV107**. Il **set-point** esprime il **P** fra la fila superiore e quella inferiore; è impostato dagli operatori dopo aver valutato l'imbarcamento della carta (controlli eseguiti ad ogni fine bobina sia dal personale di macchina che dagli addetti del laboratorio tecnologico).

La regolazione della pressione differenziale necessaria alla corretta estrazione della condensa è gestita da **valvole pneumatiche autoregolanti** pre-tarate dal fornitore su una pressione differenziale di **0,250 bar**, come per il gruppo termico secondario della pre-seccheria.

Le condense scaricate dalla post-seccheria confluiscono nel barilotto/separatore **S110** insieme a quelle scaricate dal gruppo termico secondario.

### 3.3. PROBLEMATICHE DELL'IMPIANTO VAPORE

La quantità d' acqua da evaporare in **pre-seccheria** è proporzionale alle **tonnellate di carta prodotta**.

**Ad es.**, considerando una produzione di **2 t/h** e che la carta entra in pre-seccheria con un grado di secco del **50%** (**4 t/h** di carta umida) ed esce con un grado di secco del **100%**, la quantità di acqua evaporata dal nastro di carta sarà di **2 t/h**.

La quantità d' acqua da evaporare in **post-seccheria** è proporzionale alla superficie in **metri quadrati di carta prodotta**.

Dopo la pre-seccheria infatti viene spalmata sulla superficie del foglio, tramite la size-press, una soluzione a base di acqua e amido che ne migliora la resistenza superficiale. Tale processo comporta un inevitabile ribagnamento del nastro di carta che, semplificando, possiamo considerare uguale per tutte le grammature. Tuttavia, dato che le basse grammature sono prodotte a velocità più elevate (e quindi è maggiore la superficie in metri quadrati della carta prodotta), affinché si riesca a cedere alla carta la quantità di calore necessaria per l' asciugamento si dovranno utilizzare, in post-seccheria, maggiori pressioni nei cilindri per le grammature leggere rispetto a quelle utilizzate per le grammature più pesanti.

La linea **MP1** produce carte da disegno per usi artistici e professionali, carte per fotocopiatrici, con range di grammatura che va da **80 a 400 g/m<sup>2</sup>** e produzioni che vanno da **1,4 a 2,7 t/h**.

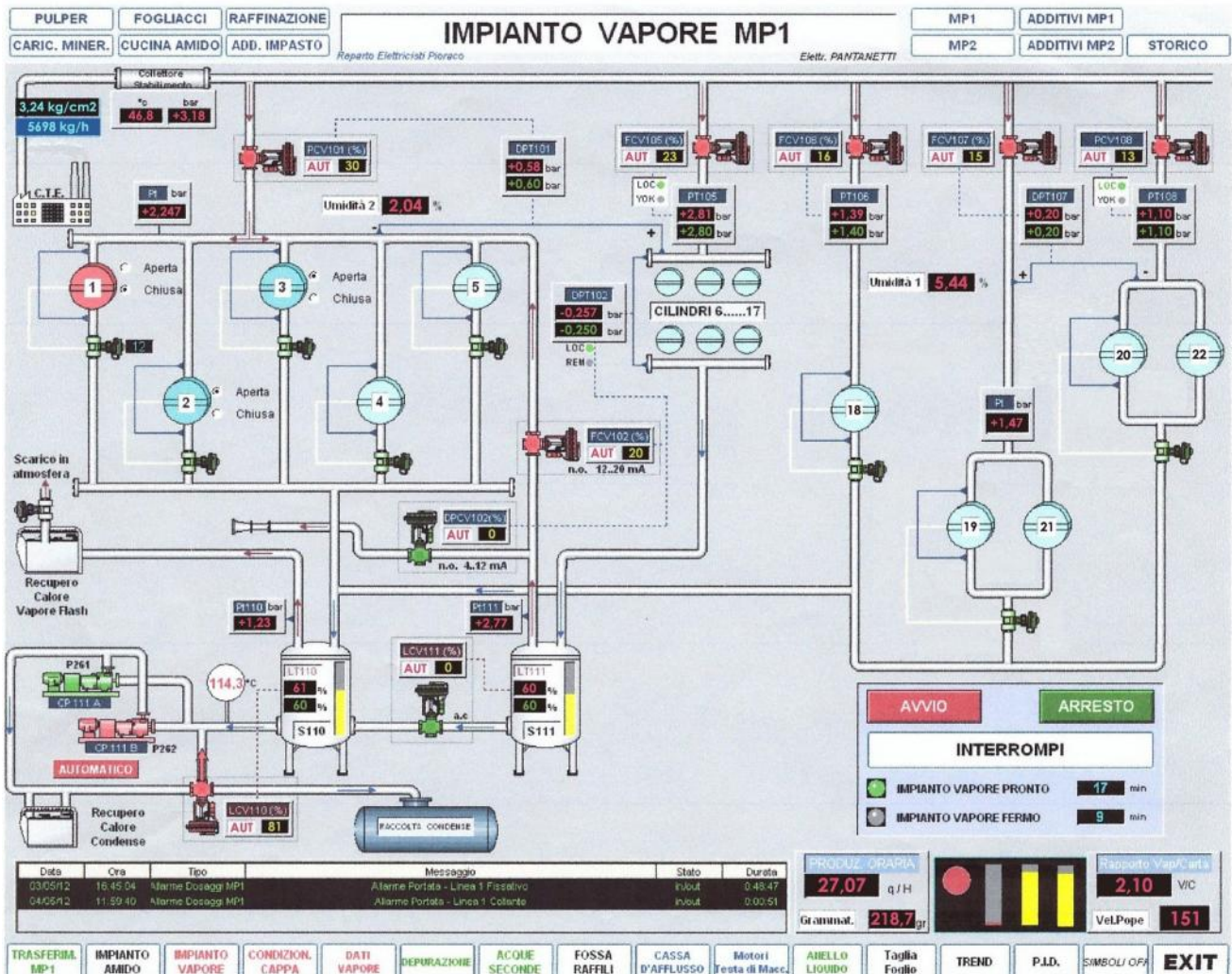
Le condizioni di lavoro migliori per la macchina continua sono le grammature intorno ai **200 g/m<sup>2</sup>** che coincidono anche con la massima produttività oraria.

La produzione di carta da **80 g/m<sup>2</sup>** corrisponde alla minima produzione oraria di **1,4 t/h**. In questa condizione si sfrutta al minimo la capacità evaporativa della pre-seccheria e al massimo la capacità evaporativa della post-seccheria proprio perché è massima la superficie in metri quadrati della carta prodotta, infatti la macchina continua produce alla massima velocità di **250 m/min**.

La produzione di carta da **360 g/m<sup>2</sup>** corrisponde ad una produzione di **1,7 t/h**. In questa condizione si sfrutta al massimo la capacità evaporativa della pre-seccheria e al minimo la capacità evaporativa della post-seccheria proprio perché è minima la superficie in metri quadrati della carta prodotta, infatti la macchina continua produce alla velocità di **60 m/min**. In queste condizioni di lavoro opposte l'impianto vapore ha difficoltà di funzionamento.

### 3.3.1 Condizione di funzionamento con carta da 220 g/m<sup>2</sup>

*Pagina video nella condizione di funzionamento con carta da 220 g/m<sup>2</sup>*



- Produzione oraria: **27,07 q/h**
- Consumo specifico di vapore: **2,10 kg<sub>vap</sub>/kg<sub>carta</sub>**
- Velocità al Pope: **151 m/min**
- Pressione a monte dei cilindri del gruppo termico principale: **2,81 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle dei cilindri del gruppo termico principale: **0,257 bar**
- Pressione interna al barilotto/separatore di condensa S111: **2,77 bar**
- Pressione a monte dei cilindri del gruppo termico secondario: **2,247 bar**
- Pressione differenziale a monte dei due gruppi termici della pre-seccheria: **0,58 bar**
- Pressione a monte del cilindro n. 18: **1,39 bar**
- Pressione a monte dei due cilindri della fila inferiore, n. 19 e 21: **1,47 bar**
- Pressione a monte dei due cilindri della fila superiore, n. 20 e 22: **1,10 bar**
- Pressione interna al barilotto/separatore di condensa S110: **1,23 bar**
- Umidità 1: **5,44%**

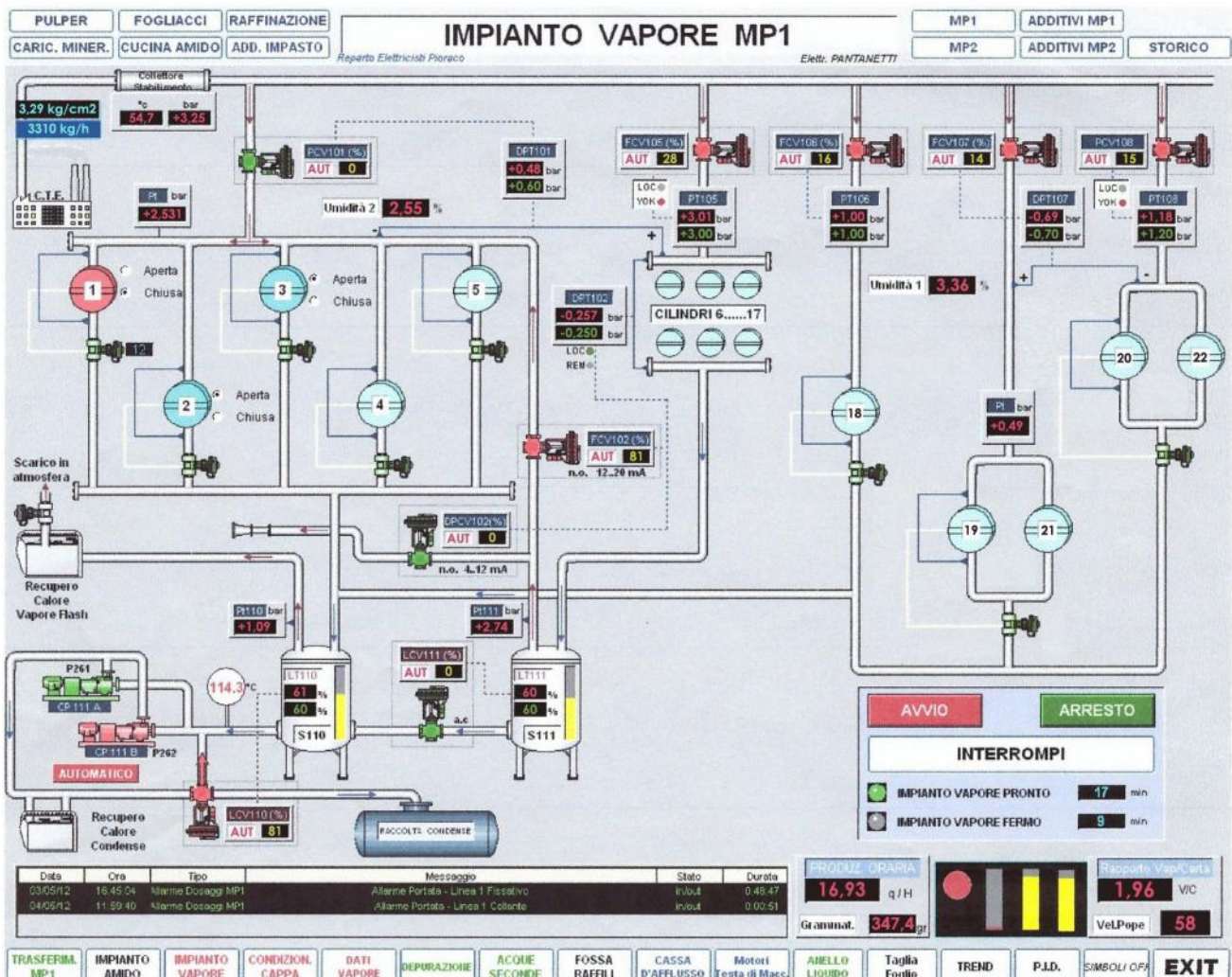
L'estrazione della condensa in **pre-seccheria** avviene correttamente; la pressione

differenziale misurata tra l' ingresso e l' uscita dei primi cinque cilindri è di circa **0,250 bar**. In **post-seccheria**, l'estrazione della condensa è al limite; in particolare i cilindri **n. 20, 22** hanno difficoltà perché la loro pressione di lavoro (**1,10 bar**) è inferiore alla pressione interna (**1,23 bar**) al barilotto/separatore **S110** (l'azione dello scambiatore di calore che riscalda l'aria esterna utilizzata nei sistemi di soffiaggio della cappa non riesce ad abbatterla maggiormente).

### 3.3.2 Condizione di funzionamento con carta da 360 g/m<sup>2</sup>

La produzione di carta da 360 g/m<sup>2</sup> comporta **pressioni massime in pre-seccheria** e **pressioni minime in post-seccheria**; il problema si crea perché le condense del gruppo termico secondario confluiscono nel barilotto/separatore **S110** ad una pressione maggiore di quelle dei cilindri della post-seccheria, impedendogli di essere scaricate. Questo comporta accumuli d'acqua nei cilindri della post-seccheria che abbassano lo scambio termico, oltre ad innescare fenomeni di vibrazioni meccaniche che potrebbero causare rotture del nastro di carta.

*Pagina video nella condizione di funzionamento con carta da 360 g/m<sup>2</sup>*



- Produzione oraria: **16,93 q/h**
- Consumo specifico di vapore: **1,96 kgvap/kgcarta**
- Velocità al Pope: **58 m/min**
- Pressione a monte dei cilindri del gruppo termico principale: **3,01 bar**

- Pressione differenziale fra monte e valle dei cilindri del gruppo termico principale: **0,257 bar**
- Pressione interna al barilotto/separatore di condensa S111: **2,74 bar**
- Pressione a monte dei cilindri del gruppo termico secondario: **2,531 bar**
- Pressione differenziale a monte dei due gruppi termici della pre-seccheria: **0,48 bar**
- Pressione a monte del cilindro n. 18: **1,00 bar**
- Pressione a monte dei due cilindri della fila inferiore, n. 19 e 21: **0,49 bar**
- Pressione a monte dei due cilindri della fila superiore, n. 20 e 22: **1,18 bar**
- Pressione interna al barilotto/separatore di condensa S110: **1,09 bar**
- Umidità 1: **3,36%**

L'estrazione della condensa in **pre-seccheria** avviene correttamente; la pressione differenziale misurata tra l'ingresso e l'uscita dei primi cinque cilindri è di circa **0,250 bar**. L'estrazione della condensa in **post-seccheria** non avviene correttamente; la pressione interna (**1,09 bar**) al barilotto/separatore **S110** non consente alle valvole di scarico, sicuramente aperte al **100%**, di mantenere un **P** adeguato al corretto funzionamento dei sifoni.

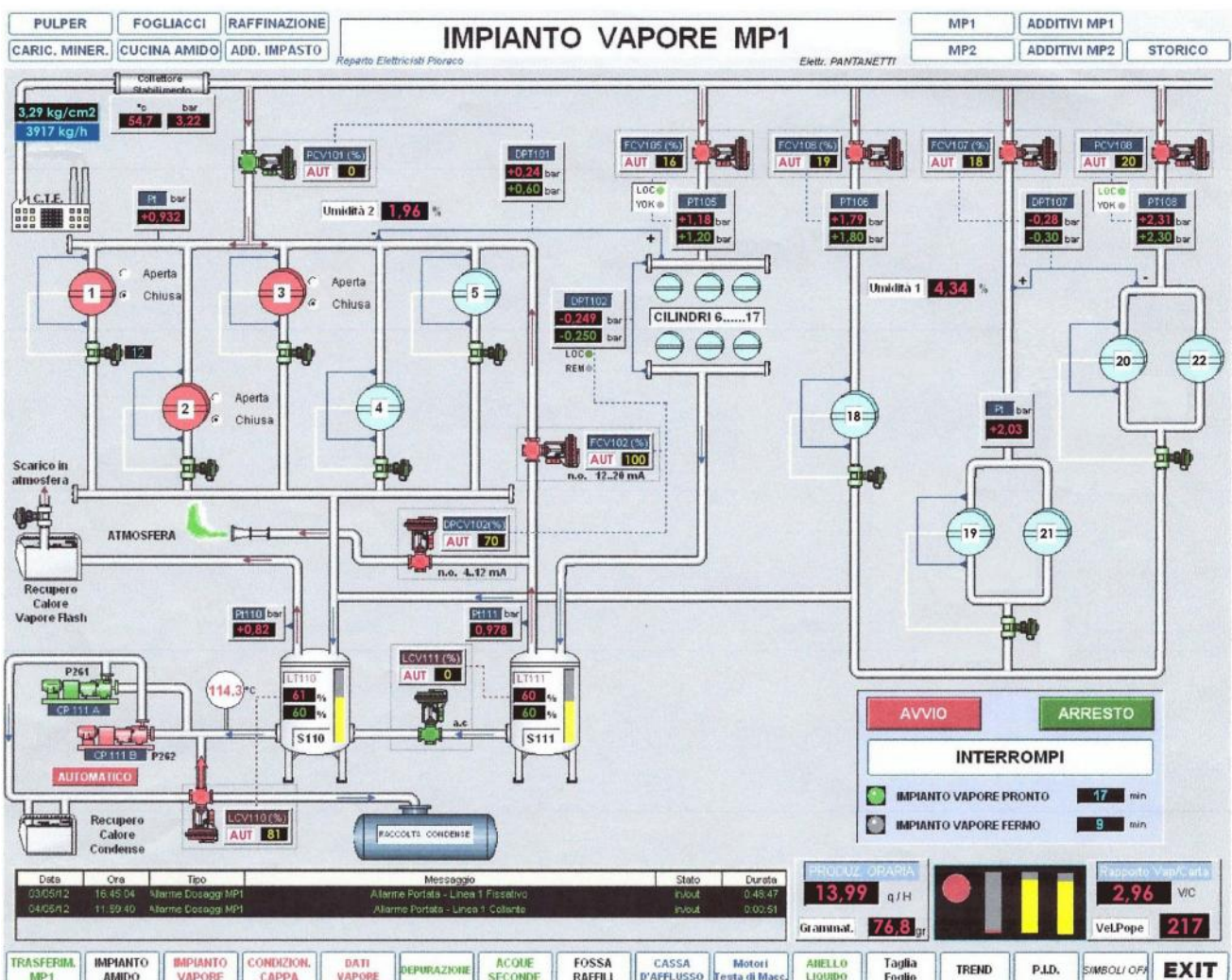
Il target di umidità finale della carta è **5,5%**. Generalmente nella fabbricazione delle grammature più elevate, per le quali la quantità d'acqua da evaporare in post-seccheria è minima, il solo forno a infrarossi porta l'umidità finale della carta a circa **6%**. In questa condizione di funzionamento, con il forno acceso, la carta tende ad asciugarsi eccessivamente infatti l'umidità finale è **3,36%**. Inoltre, in base al valore di umidità rilevato in linea, il regolatore **PT108** tende ad agire nel senso della massima pressione chiudendo la valvola **PCV108**, che regola l'apporto di vapore vivo nella coppia di cilindri superiori **n. 20 e 22** e facendo diminuire ulteriormente le pressioni differenziali necessarie alla corretta estrazione della condensa.

Ricordo che negli ultimi cinque cilindri non esiste nessuna possibilità di monitorare il **P** tramite pagina video. Era possibile solo il controllo visivo del passaggio della condensa attraverso un vetrino posizionato sulla tubazione di scarico di ogni essiccatore.

### 3.3.3 Condizione di funzionamento con carta da 80 g/m<sup>2</sup>

La produzione di carta da **80 g/m<sup>2</sup>** comporta **pressioni minime in pre-seccheria e pressioni massime in post-seccheria**; il problema si crea perché le condense della post-seccheria confluiscono nel barilotto/separatore **S110** ad una pressione maggiore di quelle dei cilindri del gruppo termico secondario, impedendogli di essere scaricate. Questo comporta accumuli d'acqua nei primi cinque cilindri che abbassano lo scambio termico, oltre a poter innescare fenomeni di vibrazioni meccaniche che potrebbero causare rotture del nastro di carta.

*Pagina video nella condizione di funzionamento con carta da 80 g/m<sup>2</sup>*



- Produzione oraria: **13,99 q/h**
- Consumo specifico di vapore: **2,96 kgvap/kgcarta**
- Velocità al Pope: **217 m/min**
- Pressione a monte dei cilindri del gruppo termico principale: **1,18 bar**

- Pressione differenziale fra monte e valle dei cilindri del gruppo termico principale: **0,249 bar**
- Pressione interna al barilotto/separatore di condensa S111: **0,978 bar**
- Pressione a monte dei cilindri del gruppo termico secondario: **0,932 bar**
- Pressione differenziale a monte dei due gruppi termici della pre-seccheria: **0,24 bar**
- Pressione a monte del cilindro n. 18: **1,79 bar**
- Pressione a monte dei due cilindri della fila inferiore, n. 19 e 21: **2,03 bar**
- Pressione a monte dei due cilindri della fila superiore, n. 20 e 22: **2,31 bar**
- Pressione interna al barilotto/separatore di condensa S110: **0,82 bar**
- Umidità 1: **4,34%**

L'estrazione della condensa nel **gruppo termico secondario** non avviene correttamente. La pressione (**0,82 bar**) interna al barilotto/separatore **S110** non permette alle valvole di scarico, sicuramente aperte al **100%**, di mantenere un **P** adeguato al corretto funzionamento dei sifoni; la pressione differenziale misurata tra monte a valle degli essiccatori è minore degli **0,150 bar** necessari. Questo comporta accumuli d'acqua nei primi cilindri che abbassano lo scambio termico, oltre a poter innescare fenomeni di vibrazioni meccaniche che potrebbero causare rotture del nastro di carta.

I cilindri del gruppo termico secondario lavorano tutti alla stessa pressione, non esiste la possibilità di effettuare una **curva d'asciugamento**; in questa condizione di funzionamento sui primi cilindri avviene il fenomeno dello **sticking** e gli operatori sono costretti a chiudere gli essiccatori **n. 1, 2 e 3**, che rimangono comunque un po' caldi, per ridurre il **T** tra la superficie metallica e il nastro di carta che arriva dalla sezione presse.

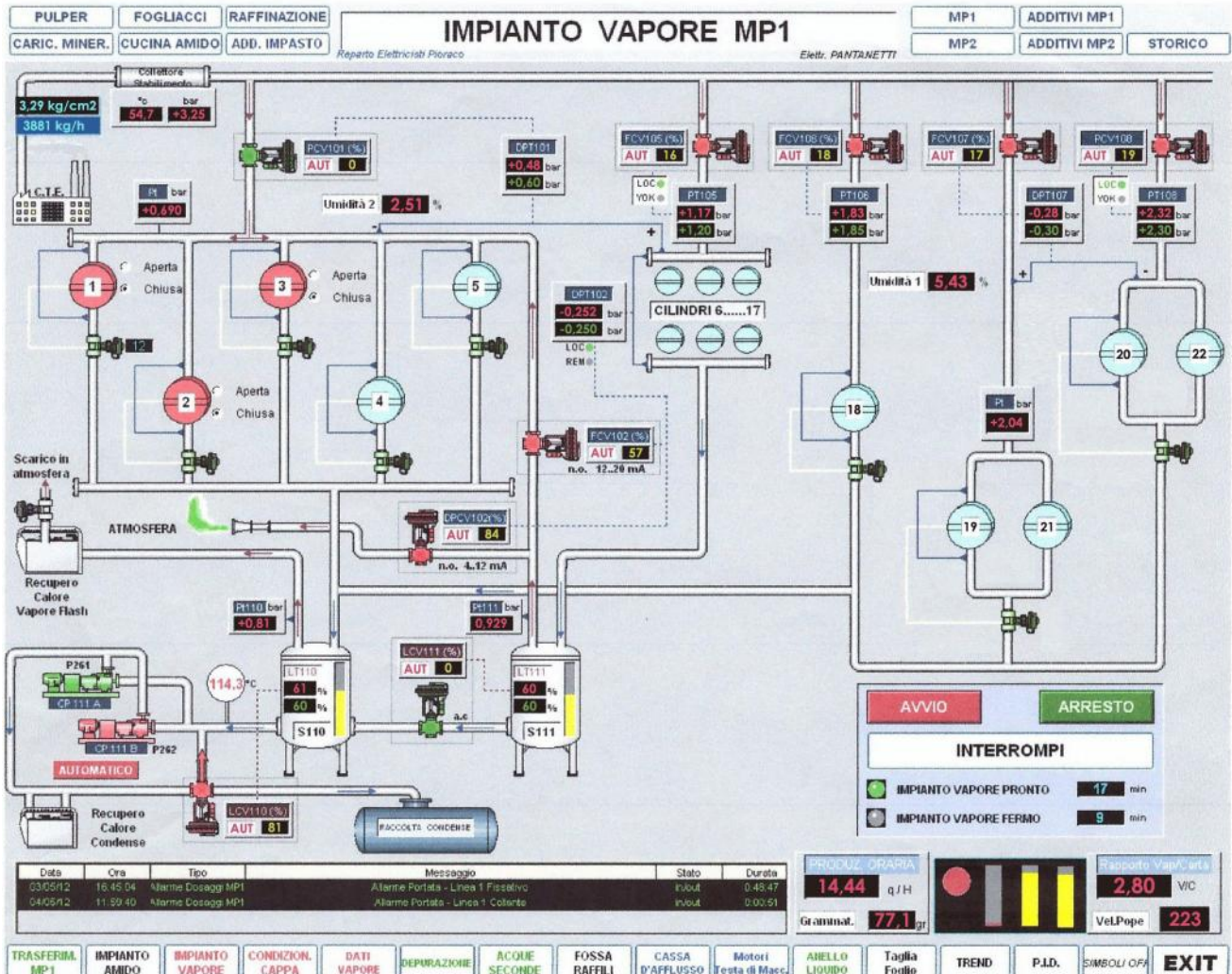
Con la produzione delle grammature più leggere, per le quali la quantità d'acqua da evaporare in pre-seccheria è minima, il gruppo termico secondario è alimentato completamente con vapore di recupero, infatti la valvola **PCV101** è chiusa. Il vapore flash prodotto nel barilotto/separatore **S111**, che raccoglie le condense degli undici cilindri del gruppo termico principale (**n. 6 ÷ 17**), è in eccesso rispetto a quello che condensa nei soli due cilindri del gruppo termico secondario (**n. 4 e 5**); occorre scaricarlo in atmosfera per mantenere un **P** corretto tra l'ingresso e l'uscita degli essiccatori nel gruppo termico principale. Il problema si crea perché il regolatore **DPT102** interviene per aprire la valvola di scarico in atmosfera **DPCV102** solo dopo la completa apertura della valvola **FCV102** in modo da recuperare tutto il vapore flash che si genera nel barilotto/separatore **S111**; con la valvola **FCV102** aperta al **100%** la pressione di lavoro nei primi essiccatori (**0,932 bar**) diventa troppo elevata, infatti la differenza di pressione con il gruppo termico principale (**0,24 bar**) è molto inferiore al set-point impostato (**0,60 bar**). Secondo le specifiche tecniche date dal costruttore dell'impianto il **P** minimo tra i due gruppi termici di pre-seccheria dovrebbe essere **0,50 bar**.

Causa il malfunzionamento delle valvole di scarico, i cilindri della **post-seccheria** sono interessati da un eccessivo passaggio di vapore attraversante; misurati **P** fino a **0,700 bar** tra l'ingresso e l'uscita degli essiccatori.

# 4. MODIFICHE APPORTATE ALL'IMPIANTO VAPORE

## 4.1 STEP 1, MODIFICA DEL SOFTWARE REGOLATORE DPT102

Pagina video nella condizione di funzionamento con carta da 80 g/m<sup>2</sup> dopo lo step di modifica n. 1



- Produzione oraria: **14,44 q/h**
- Consumo specifico di vapore: **2,80 kgvap/kgcarta**
- Velocità al Pope: **223 m/min**
- Pressione a monte dei cilindri del gruppo termico principale: **1,17 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle dei cilindri del gruppo termico principale: **0,252 bar**
- Pressione interna al barilotto/separatore di condensa S111: **0,929 bar**
- Pressione a monte dei cilindri del gruppo termico secondario: **0,690 bar**
- Pressione differenziale a monte dei due gruppi termici della pre-seccheria: **0,48 bar**
- Pressione a monte del cilindro n. 18: **1,83 bar**

- Pressione a monte dei due cilindri della fila inferiore, n. 19 e 21: **2,04 bar**
- Pressione a monte dei due cilindri della fila superiore, n. 20 e 22: **2,32 bar**
- Pressione interna al barilotto/separatore di condensa S110: **0,81 bar**
- Umidità 1: **5,43%**

Nella condizione di funzionamento con carta da **80 g/m<sup>2</sup>**, con la valvola **FCV102** aperta al **100%**, **il differenziale di pressione fra il gruppo termico principale ed il secondario non era corretto**; la pressione di lavoro nei primi essiccatori era troppo elevata.

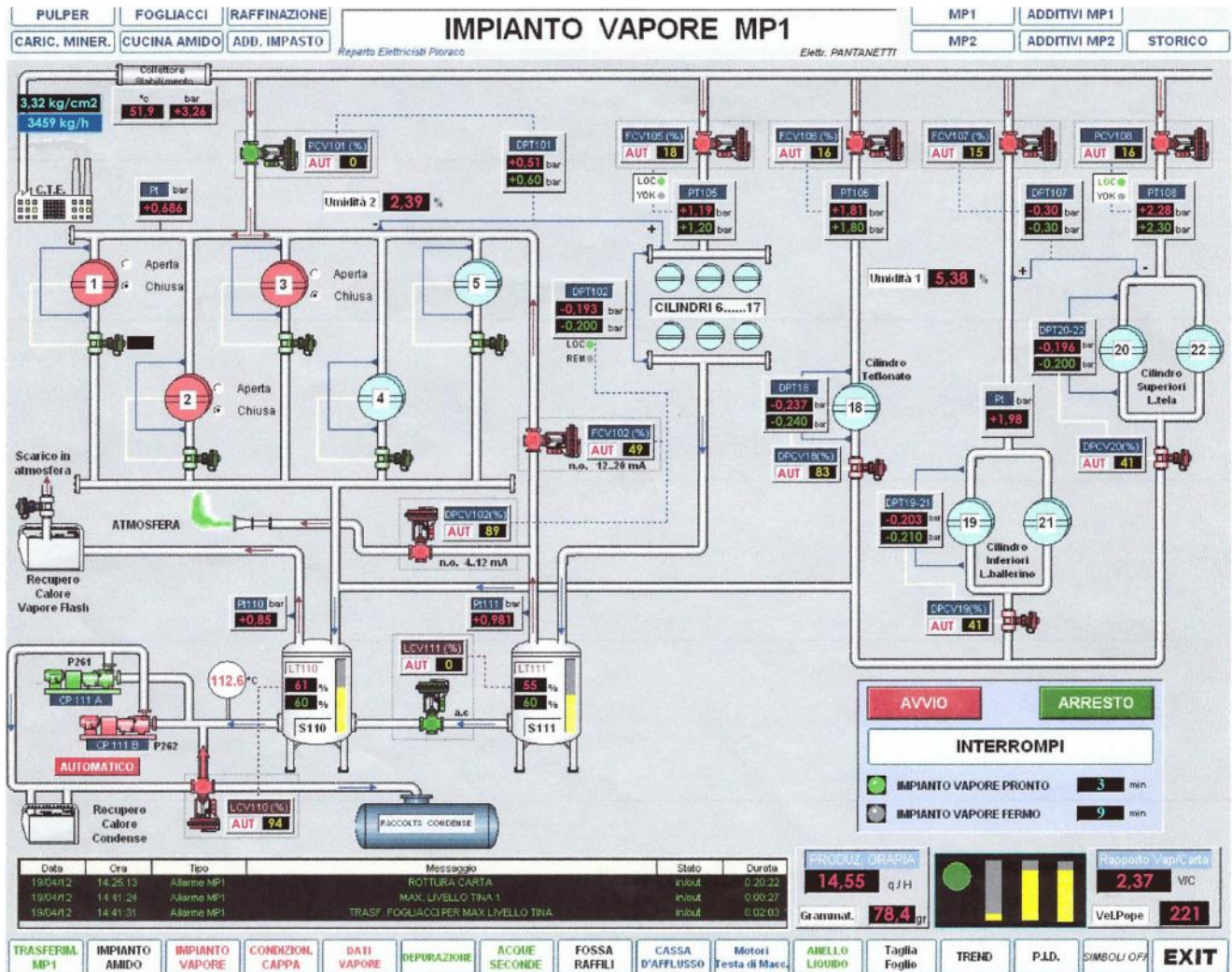
Il problema è stato risolto anticipando l'apertura della valvola di scarico in atmosfera **DPCV102**; adesso quando la pressione differenziale tra i due gruppi termici di pre-seccheria scende sotto **0,40 bar** il regolatore **DPT102** esclude la valvola **FCV102**, che regola l'apporto del vapore flash nei primi cinque cilindri, ed esegue la regolazione con la valvola **DPCV102**. Effettivamente dopo la modifica la pre-seccheria lavora in maniera appropriata, con il differenziale di pressione rispettato fra il gruppo termico principale ed il secondario; nella pagina video si nota che il **P** è di **0,48 bar** e la pressione di lavoro nei primi essiccatori è di **0,690 bar**.

Il consumo specifico di vapore è diminuito da **2,96** a **2,80 kgvap/kgcarta**.

## 4.2 STEP 2, NUOVO IMPIANTO DI REGOLAZIONE DELLO SCARICO DELLE CONDENDE IN TUTTA LA POST-SECCHERIA

Per ottimizzare lo scarico delle condense sono state sostituite le vecchie **valvole pneumatiche autoregolanti**, con **valvole elettropneumatiche controllate tramite DCS**.

*Pagina video nella condizione di funzionamento con carta da 80 g/m<sup>2</sup> dopo lo step di modifica n. 2*



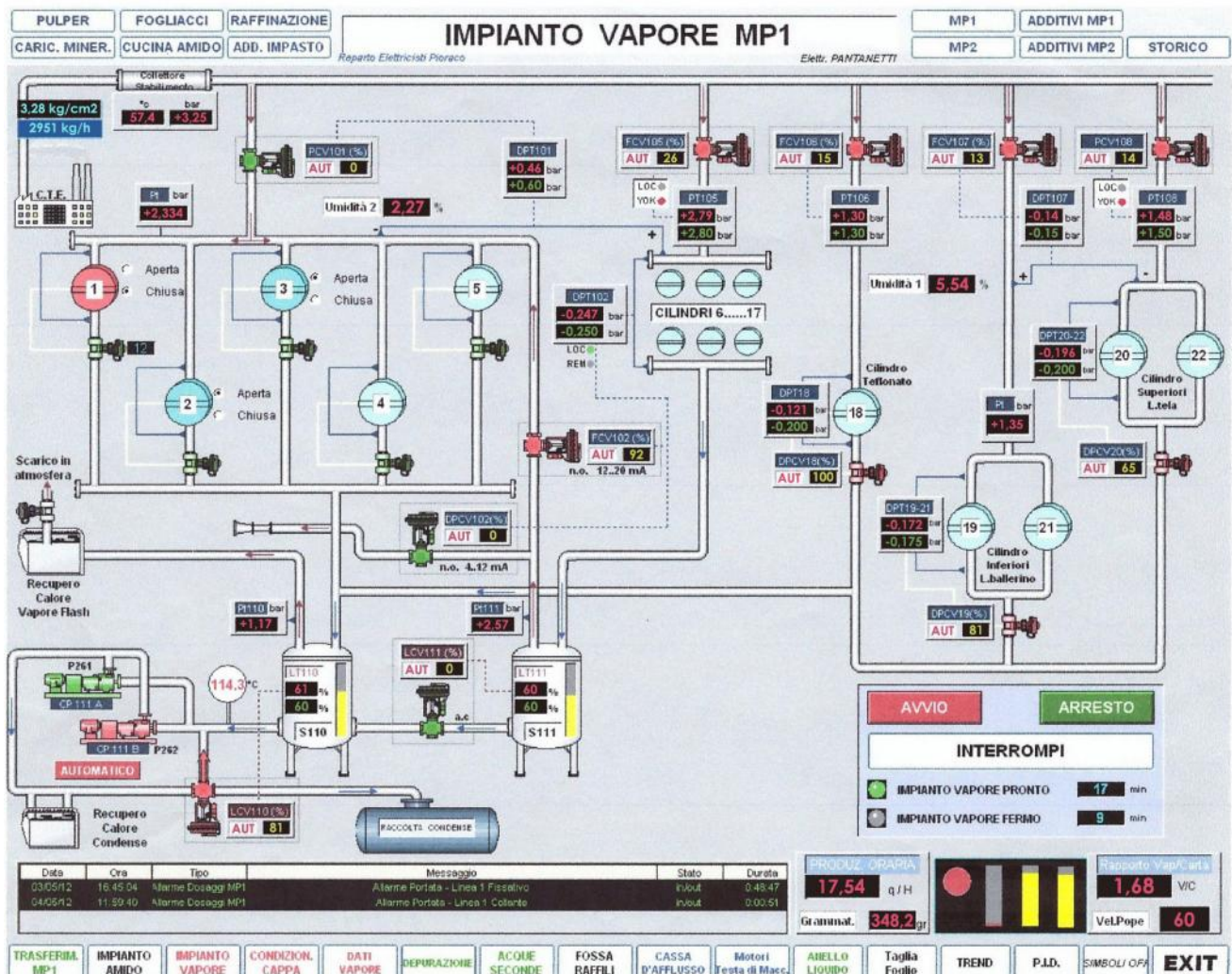
- Produzione oraria: **14,55 q/h**
- Consumo specifico di vapore: **2,37 kg vap/kg carta**
- Velocità al Pope: **221 m/min**
- Pressione a monte dei cilindri del gruppo termico principale: **1,19 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle dei cilindri del gruppo termico principale: **0,193 bar**
- Pressione interna al barilotto/separatore di condensa S111: **0,981 bar**
- Pressione a monte dei cilindri del gruppo termico secondario: **0,686 bar**
- Pressione differenziale a monte dei due gruppi termici della pre-seccheria: **0,51 bar**
- Pressione a monte del cilindro n. 18: **1,81 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle del cilindro n. 18: **0,237 bar**

- Pressione a monte dei due cilindri della fila inferiore, n. 19 e 21: **1,98 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle dei due cilindri della fila inferiore, n. 19 e 21: **0,203 bar**
- Pressione a monte dei due cilindri della fila superiore, n. 20 e 22: **2,28 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle dei due cilindri della fila superiore, n. 20 e 22: **0,196 bar**
- Pressione interna al barilotto/separatore di condensa S110: **0,85 bar**
- Umidità 1: **5,38%**

Nella condizione di funzionamento con carta da **80 g/m<sup>2</sup>**, **i cilindri della post-seccheria erano interessati da un eccessivo passaggio di vapore attraversante**, a causa del malfunzionamento delle valvole di scarico, che comportava un consumo di vapore piuttosto elevato; furono misurati **P** anche di **0,700 bar**. Dopo la modifica, come si può notare nella pagina video, le pressioni differenziali necessarie al corretto funzionamento dei sifoni sono nella norma.

Il consumo specifico di vapore è diminuito da **2,80** a **2,37 kgvap/kgcarta**.

Pagina video nella condizione di funzionamento con carta da 360 g/m<sup>2</sup> dopo lo step di modifica n. 2



- Produzione oraria: **17,54 q/h**
- Consumo specifico di vapore: **1,68 kgvap/kgcarta**
- Velocità al Pope: **60 m/min**
- Pressione a monte dei cilindri del gruppo termico principale: **2,79 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle dei cilindri del gruppo termico principale: **0,247 bar**
- Pressione interna al barilotto/separatore di condensa S111: **2,57 bar**
- Pressione a monte dei cilindri del gruppo termico secondario: **2,334 bar**
- Pressione differenziale a monte dei due gruppi termici della pre-seccheria: **0,46 bar**
- Pressione a monte del cilindro n. 18: **1,30 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle del cilindro n. 18: **0,121 bar**
- Pressione a monte dei due cilindri della fila inferiore, n. 19 e 21: **1,35 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle dei due cilindri della fila inferiore, n. 19 e 21: **0,172 bar**
- Pressione a monte dei due cilindri della fila superiore, n. 20 e 22: **1,48 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle dei due cilindri della fila superiore, n. 20 e 22: **0,196 bar**
- Pressione interna al barilotto/separatore di condensa S110: **1,17 bar**
- Umidità 1: **5,54%**

La possibilità di monitorare e impostare in base alle esigenze di fabbricazione i **P** di tutta la post-seccheria tramite **DCS** ha fornito agli operatori di macchina ottime indicazioni sul modo di gestire l'impianto.

**Ad es.**, nella condizione di funzionamento con carta da **360 g/m<sup>2</sup>**, quando le pressioni differenziali sono tali da non permettere lo scarico della condensa è necessario spegnere il forno a infrarossi posto in ingresso alla post-seccheria per evitare l'allagamento dei cilindri. In questa condizione di funzionamento infatti, le pressioni di lavoro della post-seccheria sono aumentate per compensare il mancato apporto di calore degli infrarossi e i **P** necessari alla corretta estrazione della condensa sono cresciuti; il solo cilindro **n. 18** potrebbe avere difficoltà (**0,121 bar**).

L'umidità finale della carta è corretta (**5,54%**).

Il consumo specifico di vapore è diminuito da **1,96** a **1,68 kg<sub>vap</sub>/kg<sub>carta</sub>**.

### **4.3 STEP 3, NUOVO IMPIANTO DI REGOLAZIONE DELLA PRESSIONE NEL GRUPPO TERMICO SECONDARIO E NUOVA PAGINA VIDEO**

Per ottimizzare la **curva d'asciugamento**, in particolare per le basse grammature, sono state installate **4 valvole elettropneumatiche** e **4 trasmettitori di pressione** nei cilindri **n. 1, 2, 3 e 4**, al fine di poter regolare separatamente la pressione del vapore nei primi cinque essiccatori.

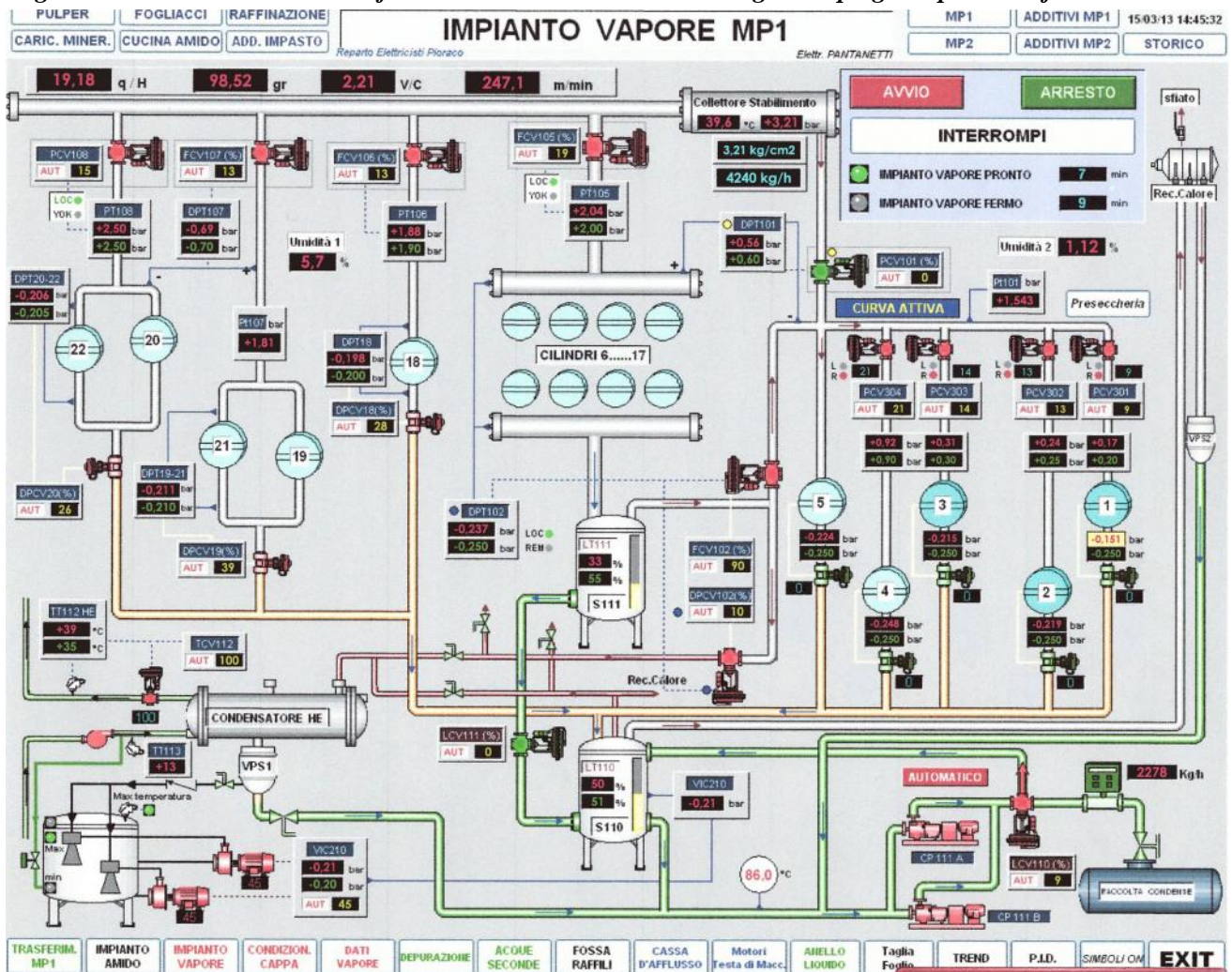
### **4.4 STEP 4, IMPIANTO DEL VUOTO**

Data la grande variazione di grammature prodotte dalla linea **MP1**, grazie al nuovo sistema del vuoto **si potrà lavorare a pressioni basse o negative sui primi cinque cilindri della pre-seccheria per le grammature leggere e su tutti i cinque cilindri della post-seccheria per le grammature pesanti**. L'obbligo di applicare una differenza di pressione su questi cilindri per rimuovere la condensa rende necessario porre sottovuoto il barilotto/separatore del gruppo relativo.

Il metodo più usato consiste nel creare una pressione negativa grazie ad un condensatore.

Il principio fa capo alla condensazione del vapore flash proveniente dal gruppo preso in considerazione. Questo vapore viene spedito in uno scambiatore ad acqua dove viene condensato a temperatura costante. Il controllo della pressione negativa al condensatore è assicurata dal circuito di controllo della temperatura del condensato ottenuto. Un regolatore riceve un segnale proveniente dal sensore di temperatura posto sulla tubazione di uscita del condensatore ed interviene su di una valvola automatica che regola la mandata dell'acqua di raffreddamento dello scambiatore. Quando la pressione del condensatore è superiore a quella necessaria, il regolatore apre automaticamente la valvola in modo da aumentare il flusso di acqua fredda ed abbassare la temperatura della condensa e quindi la pressione interna al sistema. All'uscita dal condensatore, l'aria e gli altri gas non condensabili vengono rimossi. La miscela è inviata in un separatore acqua/aria in grado di separare le condense dal non condensabile. Questo viene rimosso da un sistema con eiettore. La condensa è inviata al serbatoio di raccolta per essere riutilizzata in caldaia.

Pagina video nella condizione di funzionamento con carta da 100 g/m<sup>2</sup> dopo gli step di modifica n. 3 e 4



- Produzione oraria: **19,18 q/h**
- Consumo specifico di vapore: **2,21 kgvap/kgcarta**
- Velocità al Pope: **247,1 m/min**
- Pressione a monte dei cilindri del gruppo termico principale: **2,04 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle dei cilindri del gruppo termico principale: **0,237 bar**
- Pressione a monte del cilindro n. 1: **0,17 bar**
- Pressione a monte del cilindro n. 2: **0,24 bar**
- Pressione a monte del cilindro n. 3: **0,31 bar**
- Pressione a monte del cilindro n. 4: **0,92 bar**
- Pressione a monte del cilindro n. 5: **1,543 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle del cilindro n. 1: **0,151 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle del cilindro n. 2: **0,219 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle del cilindro n. 3: **0,215 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle del cilindro n. 4: **0,248 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle del cilindro n. 5: **0,224 bar**
- Pressione differenziale a monte dei due gruppi termici della pre-seccheria: **0,56 bar**
- Pressione a monte del cilindro n. 18: **1,88 bar**

- Pressione differenziale fra monte e valle del cilindro n. 18: **0,198 bar**
- Pressione a monte dei due cilindri della fila inferiore, n. 19 e 21: **1,81 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle dei due cilindri della fila inferiore, n. 19 e 21: **0,211 bar**
- Pressione a monte dei due cilindri della fila superiore, n. 20 e 22: **2,50 bar**
- Pressione differenziale fra monte e valle dei due cilindri della fila superiore, n. 20 e 22: **0,206 bar**
- Pressione interna al barilotto/separatore di condensa S110: **- 0,21 bar**
- Umidità 1: **5,7%**

In questa condizione di funzionamento abbiamo una migliore qualità della carta grazie alla possibilità di regolare separatamente la pressione nei primi cinque cilindri; se fosse stata di **1,543 bar relativi** (che equivalgono alla temperatura di circa **127 °C**) per tutti gli essiccatori, anche considerando una certa caduta di temperatura saremmo stati comunque nell'area di **sticking**. Gli operatori avrebbero dovuto chiudere gli essiccatori **n. 1, 2 e 3** per attenuare il problema.

Le tele essiccatrici, meno sporche, non ostruiscono il passaggio dell'evaporato.

Aumentando la superficie di contatto tra la superficie metallica e la carta è aumentata la capacità essiccativa complessiva dell'impianto; gli essiccatori **n. 1, 2 e 3** sono aperti anche nelle produzioni delle grammature più leggere.

Sono state ridotte le perdite energetiche grazie ad un maggiore utilizzo del vapore flash prodotto nel barilotto/separatore **S111**; gli essiccatori **n. 1, 2 e 3** sono aperti.

L'estrazione della condensa nel gruppo termico secondario e in tutta la post-seccheria avviene correttamente; grazie all'azione del condensatore la pressione interna al barilotto/separatore **S110** è di **- 0,21 bar**.

Sono state ridotte le perdite energetiche dovute allo sfioro in atmosfera del vapore flash; le condense prodotte sono inviate al serbatoio di raccolta per essere riutilizzate in caldaia.

## 5. CONSIDERAZIONI FINALI

Le modifiche hanno consentito di realizzare un **significativo risparmio energetico e una maggiore flessibilità nella gestione dell'impianto vapore.**

*Consumo specifico di vapore (kgvap/kgcarta ) dopo gli step di modifica n. 1, 2 e 3*

<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>Imp. Originale</b>	<b>Mod. Step 1</b>	<b>Mod. Step 2</b>	<b>Mod. Step 3</b>
80	2,97	2,91	2,41	2,26
120	2,66	2,55	2,37	2,18
160	2,43	2,39	2,22	2,08
200	2,23	2,15	1,92	1,85
220	2,12	2,11	1,90	1,84
240	2,04	1,92	1,75	1,68
360	1,96	1,89	1,68	1,65
<b>media</b>	<b>2,34</b>	<b>2,27</b>	<b>2,04</b>	<b>1,93</b>

Riassumendo, lo **step** di modifica **n. 1** ha consentito di:

- lavorare correttamente in pre-seccheria, con il differenziale di pressione rispettato fra il gruppo termico principale ed il secondario nelle produzioni delle grammature più leggere.

Riassumendo, lo **step** di modifica **n. 2** ha consentito di:

- monitorare e impostare i **P** di tutta la post-seccheria in base alle esigenze di fabbricazione
- rispettare il target di umidità finale della carta nelle produzioni di grammature più pesanti.

Riassumendo, lo **step** di modifica **n. 3** ha consentito di:

- ottimizzare la **curva di asciugamento** regolando separatamente la pressione del vapore nei primi cinque cilindri
- evitare lo **sticking** , in particolare con le grammature leggere, lavorando con temperature più basse nei primi cilindri
- migliorare l'essiccamento mantenendo pulite le tele essiccatrici
- ridurre le perdite energetiche grazie ad un maggiore utilizzo del vapore flash prodotto nel barilotto/separatore **S111**; gli essiccatori **n. 1, 2 e 3** sono aperti anche nelle produzioni delle grammature più leggere
- migliorare la capacità essiccative dell'impianto aumentando la superficie di contatto tra la superficie metallica e la carta; gli essiccatori **n. 1, 2 e 3** sono aperti anche nelle produzioni delle grammature più leggere.

Riassumendo, lo **step** di modifica **n. 4** consentirà di:

- garantire un' adeguata estrazione delle condense pur essiccando a pressioni basse o negative sui primi cinque cilindri della pre-seccheria per le grammature leggere e su tutti i cinque cilindri della post-seccheria per le grammature pesanti
- ridurre le perdite energetiche dovute allo sfioro in atmosfera del vapore flash; le condense prodotte sono inviate al serbatoio di raccolta per essere riutilizzate in caldaia.

*Risparmio medio sul consumo specifico di vapore dopo gli step di modifica n. 1, 2 e 3*

<b>Risp. Step 1</b>	<b>%</b>	<b>Risp. Step 2</b>	<b>%</b>	<b>Risp. Step 3</b>	<b>%</b>
0,07	<b>3,0</b>	0,31	<b>13,2</b>	0,41	<b>17,5</b>

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Aticelca, La Tecnologia Cartaria
- Aticelca, Introduzione alla Fabbricazione della Carta
- Aticelca, L'Automazione in Cartiera
- Zaninelli Paolo, Introduzione ai cicli cartari mod. A, Verona, 2011
- Saccomano Pietro, Relazione tenuta agli allievi del 19° Corso di Tecnologia per Tecnici Cartari, Verona, 2012
- Dispensa del 5° anno scolastico I.T.I.S "A. Merloni" – Fabriano, Impianti di cartiera
- Documentazione fornita dalla Fedrigoni S.p.A., Fiorano
- Assocarta.it (Internet): Un anno con Assocarta, le attività 2011, (consultato il 23 febbraio 2013). Disponibile all'indirizzo <http://www.assocarta.it/it/pubblicazioni.html>