

XXVII corso di Tecnologia per Tecnici Cartari
edizione 2021/2022

Sistema di misura del colore in linea X-Rite

di Rovizzi Daniele



**Scuola Interregionale
di tecnologia per tecnici Cartari**

Istituto Salesiano «San Zeno» - Via Don Minzoni, 50 - 37138 Verona
www.sanzeno.org - scuolacartaria@sanzeno.org

INDICE

1. INTRODUZIONE

- 1.1. Quanto è importante il colore
- 1.2. Generalità colorimetria
- 1.3. Misurazione del colore sulla carta

2. LA COLORAZIONE DELLA CARTA NELLO STABILIMENTO FEDRIGONI DI VARONE – STATO DELL'ARTE

3. IL SISTEMA CLCC X-Rite®

- 3.1. Il sistema ERX50
- 3.2. Punti di forza del sistema X-Rite®

4. PROVA SISTEMA X-Rite® PM1 Varone

- 4.1. Parametri della demo
- 4.2. Analisi dei dati
 - 4.2.1. FREELIFE CENTO
 - 4.2.2. IMITLIN VVN
 - 4.2.3. IMITLIN SAFRAN LV
 - 4.2.4. SIRIO GRIGIO
 - 4.2.5. SIRIO SABBIA
 - 4.2.6. IMITLIN BLU
 - 4.2.7. SIRIO DARK BLUE
 - 4.2.8. TINTORETTO BLACK PEPPER
 - 4.2.9. NERA MOLE
 - 4.2.10. ARENA EXTRA WHITE

5. IL SISTEMA XRA45 COLOR

6. CONCLUSIONI

7. ALLEGATI

1. INTRODUZIONE

Nonostante il mondo della carta sia estremamente eterogeneo, proponendo moltissimi prodotti, ci sono alcune caratteristiche che accomunano tutte le carte.

Oltre ai fattori tecnici e fisici, il colore della carta è un aspetto fondamentale, in quanto, molto spesso, l'impatto visivo è fondamentale per la vendita del proprio prodotto alla clientela.

Indipendentemente dal prodotto finale, quindi, spesso nell'impasto cartario vengono aggiunti degli additivi per garantire il colore richiesto dal cliente, sia che si tratti di una carta bianca, naturale, o di una carta colorata.

Le tecniche e i principi della colorazione quindi rivestono un ruolo importante all'interno della cartiera, specialmente durante la produzione di carte speciali e di colore intenso; molto spesso la carta viene utilizzata come oggetto decorativo e quindi il colore diventa l'elemento essenziale al fine di ottenere carta di qualità e che soddisfi tutti i requisiti.

Per Fedrigoni il colore delle sue carte pregiate è estremamente importante e viene pertanto affrontato con la massima attenzione. L'azienda si impegna a rispettare tolleranze molto strette sulla scala del colore, al fine di ottenere sempre la miglior colorazione disponibile, in base ad ogni tipo di carta che viene prodotta.

1.1. QUANTO È IMPORTANTE IL COLORE?

- Quanto è importante il colore per una cartiera, o meglio, quanto è importante ottenere il colore esatto?
- Quando i tuoi prodotti raggiungono lo scaffale invogliano all'acquisto?
- Ispirano confidenza?
- Assicurano un immediato riconoscimento del marchio?

Il colore è un fattore che risponde a tutte queste domande.

Alcuni studi mostrano come il 70% delle decisioni di acquisto viene preso davanti ad uno scaffale e che i consumatori preferiranno un prodotto "fresco" con un packaging di un colore più brillante piuttosto che un prodotto con un packaging con dei colori sbiaditi.

La lettura del colore è uno strumento comodo e pratico al mondo del colore. Questo infatti gioca un ruolo cruciale nel successo dei prodotti che produci e nel riconoscimento dei rispettivi marchi, ovvero il momento in cui un consumatore ricerca informazioni in merito ad una decisione d'acquisto.

Per rimanere competitive, le cartiere devono operare in modo efficiente.

Un sistema di misurazione e controllo del colore in linea aiuta le cartiere a garantire l'armonia dei colori e la luminosità ottimale senza dover tagliare campioni da misurare in laboratorio. Colore e luminosità sono in genere gli ultimi parametri specificati all'avvio della macchina. Un sistema di misurazione e controllo del colore in linea aiuta gli operatori delle cartiere a regolare in parallelo colore e sbiancanti ottici, e a ottenere il colore giusto con la semplice pressione di un pulsante. Permette inoltre di monitorare il colore in tutte le fasi di produzione, segnalando agli operatori ogni eventuale variazione prima di sprecare l'intera tiratura.

1.2. GENERALITÀ COLORIMETRIA.

È noto che la luce bianca del sole, per mezzo di un prisma di vetro, può essere dispersa in uno spettro costituito dai colori dell'iride.

Infatti il prisma separa l'una dall'altra le radiazioni elettromagnetiche che compongono la frazione visibile dell'irradiazione solare in singole radiazioni monocromatiche. Mentre le radiazioni monocromatiche aventi lunghezze d'onda minori di 380 nm (raggi ultravioletti) e maggiori di 770 nm (raggi infrarossi) non sono percepite dall'occhio, quelle che stanno entro i limiti indicati producono una sensazione colorata; a partire da 380 nm, nello spettro si osservano in successione, il violetto, il blu, il verde, il giallo, l'arancio, il rosso.

Quando una superficie è illuminata da una sorgente luminosa riflette, almeno in parte, le radiazioni che la colpiscono. In base al materiale di cui è composta la superficie, alla quantità e al tipo di radiazioni riflesse, la superficie assumerà un colore e una luminosità distinti.

La sequenza colorata poiché provoca sull'occhio umano uno stimolo di colore è detta spettro visibile e può essere identificato sia come Onde Elettromagnetiche specifiche che gli esseri umani possono percepire come colori, sia come l'insieme di Onde Elettromagnetiche la cui lunghezza va da 400 nm a 700 nm.

Se ricomponiamo tramite una lente convergente, l'insieme delle onde elettromagnetiche decomposte dal prisma, si ottiene sullo schermo ancora una luce bianca.

Lo stesso risultato si può ottenere con una miscela additiva di tre luci, infatti, anche in quest'esperimento nella zona dove si sovrappongono i tre colori rosso giallo e blu si ha il bianco.

Questa similitudine ci aiuta ad intuire come, dalla miscela additiva, dosando opportunamente le luci colorate, si può riprodurre i vari colori.

Nella pratica non è possibile riprodurre mediante la miscela additiva di luci colorate i colori spettrali più puri (saturi), però si possono riprodurre i toni ottenuti con una miscela sottrattiva di colore (carta colorata) la cui purezza di tono sarà sempre inferiore di quella ottenibile con le luci colorate.

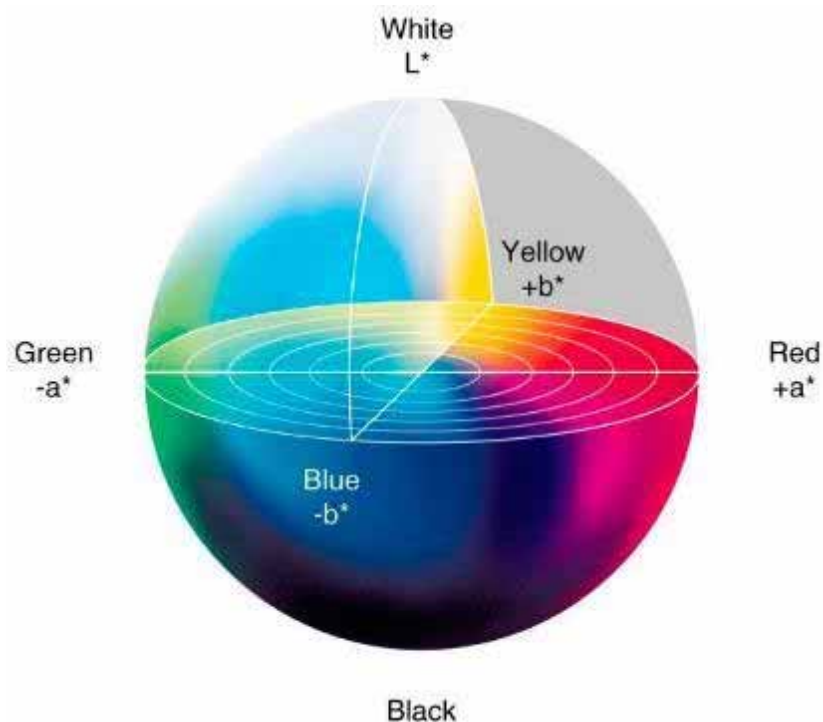
1.3. Misurazione del colore sulla carta

Lo Spazio Colorimetrico $L^*a^*b^*$ chiamato anche CIELAB è il più utilizzato nel settore cartario.

L^* indica la luminosità, mentre a^* e b^* sono le coordinate di cromaticità.

Come indicato, a^* e b^* indicano le direzioni del colore: $+a^*$ è la direzione del rosso, $-a^*$ è la direzione del verde, $+b^*$ è la direzione del giallo $-b^*$ è la direzione del blu.

Il centro è acromatico; quando i valori a^* e b^* aumentano ed il punto si sposta dal centro, la saturazione del colore aumenta.



Differenza di Colore ΔE

Esprime quanto un colore è “distante” dal suo campione di riferimento. Viene calcolata mettendo le rispettive coordinate dei due campioni in analisi nel colorimetro, il quale calcola la differenza espressa sul piano $L^*a^*b^*$.

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

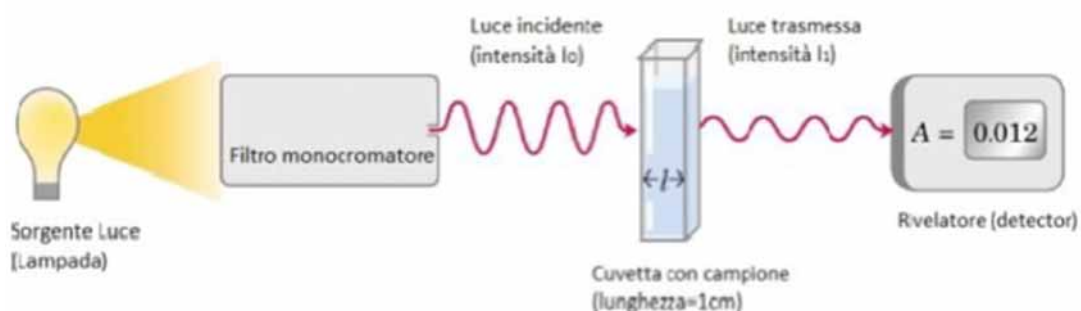
Lo spettrofotometro è quello strumento che esprime quanto un colore è “distante” dal suo campione di riferimento.

Come indicazione generale, un valore di ΔE maggiore di 2 può essere interpretato come una differenza di colore percettibile; un $1 < \Delta E < 2$ indica una differenza minima, $0,5 < \Delta E < 1$ differenza riscontrabile solo da un osservatore esperto.

Dallo spettrofotometro si ottiene una curva spettrofotometrica della luce riflessa da una superficie. Da questa curva, tramite operazioni matematiche che vengono svolte dal calcolatore dello spettrofotometro, si ottengono le coordinate L, a, b. Queste, collocate in un grafico tridimensionale, individuano un punto, il quale starà ad indicare un colore ben preciso e unico.

Lo spettrofotometro è costituito schematicamente da:

- una sorgente luminosa di luce bianca, per esempio una lampada ad incandescenza;
- un dispositivo atto a disperdere la luce e formare uno spettro della luce visibile, come un prisma o un reticolo;
- un monocromatore, cioè una fessura che isoli una parte ristretta dello spettro, in modo che la luce uscente possa essere considerata monocromatica;
- il corpo in esame, sul quale incide la luce proveniente dal monocromatore;
- una cella fotoelettrica, la quale produce una corrente fotoelettrica di intensità dipendente dall'energia contenuta nella luce incidente;
- uno strumento, indicatore o digitale o registratore, che misuri l'intensità della corrente ricevuta dalla cella fotoelettrica.



2. LA COLORAZIONE DELLA CARTA NELLO STABILIMENTO FEDRIGONI DI VARONE – STATO DELL'ARTE

Attualmente nello stabilimento Fedrigoni di Varone entrambe le macchine continue sono dotate dello stesso sistema di analisi del colore.

A valle della macchina prima del pope, il ponte di analisi ABB, tra le misure dei vari parametri di riferimento della carta, misura anche la tinta di ogni produzione. Le rilevazioni del ponte vengono inviate al DCS, tramite il quale è possibile vedere il rispetto dei vari parametri della tinta (L^* - a^* - b^* -UV). Il ponte rileva la tinta sia del lato feltro che del lato tela, parametri molto importanti nelle produzioni che richiedono il rispetto del “doppio-viso”.

Dal DCS l'assistente può agire sul dosaggio dei colori in testa macchina, fermo restando che in base alla produzione il colore può anche venir addizionato al pulper.



[Foto 1]

La foto [1] riportata descrive il funzionamento dei colori in testa macchina. Sono utilizzate 12 pompe di diversa portata (questo perché può capitare che in determinate situazioni per la corretta riuscita di una tinta vengano impiegati diversi litri di colore).

Analogamente al principio di funzionamento di testa macchina, 3 pompe vengono utilizzate per colorare la carta alla Size-press, si impiega questa funzione quando viene richiesto il doppio viso.

3. IL SISTEMA CLCC X-Rite®

I sistemi di misura colore in linea della X-Rite® GmbH contribuiscono in modo decisivo alla produzione di carta di alta qualità.

Sono possibili anche controlli anticipati con la misura del colore in massa predittivi della tonalità che si otterrà.

Variazioni di colore vengono immediatamente visualizzate e le correzioni manuali o automatiche possono così essere subito avviate.

I vantaggi del sistema X-Rite® sono:

- informazione continua sulla produzione;
- reazioni veloci alle variazioni di tinta possibili;
- cambi produzione più rapidi;
- riduzione costi coloranti per ottimizzazione dosaggio;
- riduzione dello scarto;
- regolazioni con controllo dosaggio e pompe.

La misura del colore avviene di norma senza contatto prima dell'arrotolatore e la sua risoluzione garantisce una misurazione ottimale anche per tinte critiche con tutti i tipi di carta sia bianche, con imbiancanti ottici, tinte pastello o intensive, con bassa o alta opacità.

La misurazione del colore prima dell'arrotolatore permette un'ottima correlazione con il laboratorio.

3.1. IL SISTEMA ERX50

Questo sistema di misura della famiglia X-Rite® permette di avere ottime caratteristiche di misura in linea, garantendo un rapido controllo manuale e automatico della tinta. La sua particolare struttura permette di misurare i colori di base e gli sbiancanti ottici in maniera separata, dando la possibilità di controllarli in maniera indipendente.

La luce ambientale, la velocità del nastro e il normale sfarfallio non fanno influenzare i risultati delle misurazioni, permettendo di avere maggior accuratezza. Il campione viene misurato senza contatto a 10 mm (0,4 pollici) dallo strumento. In entrambi gli spettrometri i segnali ottici di misura saranno separati in 401 differenti segnali di lunghezza d'onda tramite

reticoli concavi olografici corretti e misurati tramite 401 sensori fotoelettrici. Il risultato è una vera risoluzione di misurazione spettrale di 1 nm.

I segnali di misura verranno amplificati e digitalizzati ad alta risoluzione. Un veloce processore calcola i dati di riflettanza spettrale corretti.

Questi risultati di riflettanza 401 (da 330 nm a 730 nm) sono la base per tutti gli ulteriori calcoli colorimetrici per ogni possibile illuminante e osservatore (es. dati CIELab per illuminante D65 / 10° osservatore o illuminante C / 2° osservatore).

La calibrazione interna automatica del sistema include anche la calibrazione automatica della lunghezza d'onda per un'eccellente precisione di misura e stabilità a lungo termine. La calibrazione sarà verificata misurando un campione colorato noto. La calibrazione della parte UV della lampada sarà verificata tramite uno standard interno bianco schiarito. Ciò garantisce una precisione di misura elevata e riproducibile.

Il controllo del sistema di misurazione del colore ERX50 avviene tramite interfaccia USB da un computer (PC); i dati di misurazione verranno trasmessi al computer. L'interfaccia CAN bus consente distanze tra il computer e il sistema di misurazione fino a 1/3 di miglio. L'isolamento ottico integrato garantisce un funzionamento stabile in un ambiente di produzione reale.

Lo spettrofotometro in linea ERX50 è adatto a tutte le applicazioni in cui è necessaria la misurazione del colore di un prodotto frequente e senza contatto. Nella maggior parte dei casi sarà un prodotto continuo.

Per una misurazione, un campione sarà illuminato da luce bianca (lampada flash allo xeno, luce diurna) e luce senza componenti UV a una circonferenza di 45° per ca. 1/1000 sec. Verticalmente alla superficie del campione (sotto 0°) la luce riflessa sarà raccolta e guidata ad uno spettrometro ad alta risoluzione (figura 2). Contemporaneamente alla misurazione del campione verrà effettuata una misurazione di riferimento della lampada con un secondo spettrometro ad alta risoluzione (*design full dual beam*).

3.2. PUNTI DI FORZA DEL SISTEMA X-RITE®

A) Lettura a “Punto Fisso”

X-Rite ha da sempre puntato sull'avere una lettura a punto fisso (previa una serie di valutazioni su vantaggi e svantaggi statistici relativi a questa scelta), quindi il braccio non scorre trasversalmente lungo il formato carta.

In questo modo è possibile apprezzare le reali variazioni di colore che avvengono sulla direzione longitudinale, senza dover considerare le possibili e usuali interferenze della lettura

trasversale (profilo di grammatura/umidità/formazione) tipiche di una qualsiasi macchina continua.

Le letture di laboratorio di una campionatura trasversale su tutto il formato (carta "crema" - lettura ogni 20 cm) hanno mostrato variazioni (Δ max - min) significative se confrontate alle tolleranze di produzione ($\pm 0,25$):

$L^* \rightarrow \Delta 0,51$

$a^* \rightarrow \Delta 0,04$

$b^* \rightarrow \Delta 0,26$

Questo significa che, misurando trasversalmente, potremmo aver bisogno di correggere il colore più di quanto realmente serva, poiché mediando le letture trasversali si può perdere di vista la reale variazione del colore sul senso longitudinale del processo.

La frequenza di lettura è di 20 sec, che a 500 m/min significa circa 150 metri di carta tra i punti letti.

Pertanto, è normale che sulla longitudinale vi siano variazioni di processo della grandezza di 0,2-0,3 su ciascuna coordinata.

L'analisi di confronto delle letture del sistema X-Rite® rispetto al laboratorio ha mostrato una precisione elevatissima, base indispensabile per avere un maggior controllo sulle tinte prodotte.

B) Funzione “ τ Machine”

Il CLCC X-Rite® prevede una serie di configurazioni nei settaggi mirate ad ottimizzare il controllo in base al tipo di produzione.

Una di queste funzioni è la " τ machine" che introduce una % di "sovracolorazione temporizzata" per ciascuno step di controllo del CLCC.

La “ τ machine” è utile quando:

- occorre eseguire cambi colore con Delta L^* decisamente ampio;
- occorre compensare i cambi formato, specialmente quando si passa a carta che andrà scurita e ristretta di formato.

Questa funzione sovradosa il colorante oltre il calcolo previsto per un tempo settabile dall'operatore, avendo come conseguenza il condizionamento più veloce dell'impasto nel retro.

In pratica, il vantaggio è riuscire a raggiungere salti di L^* più ampi in tempi più corti rispetto ad un normale controllo di colore.

C) Riduzione automatica del guadagno

In CLCC esegue dei calcoli basandosi sulla distanza delle coordinate dal target e sul setting di guadagno/tempo di controllo impostati.

Quando le letture rientrano sotto la soglia di tolleranza scelta, il CLCC riduce automaticamente il guadagno degli step di controllo per evitare inutili variazioni di controllo all'interno dei limiti accettati.

D) Calcolo dell'Infinite Layer - opacità

Il sistema X-Rite®, tramite un algoritmo, ottimizza l'opacità della carta per stabilizzare le letture colorimetriche apprezzandone le variazioni anche a basse grammature. Questo artificio è fondamentale per minimizzare interferenze da " trasparenze " della carta che potrebbero essere tipiche di basse opacità.

4. PROVA SISTEMA X-Rite PM1 - Varone

La cartiera Fedrigoni è costantemente alla ricerca di miglioramenti nel ciclo produttivo per garantire una crescita di qualità dei suoi prodotti. Dalle analisi di ricerca e sviluppo è sorta la necessità di cercare un sistema che integrasse l'attuale programma ABB per l'analisi del colore durante la fase produttiva. I cambi tinta, così definiti come causale di scarto presso Fedrigoni, sono un momento di mancata produzione dovuto appunto alla modifica della fabbricazione. Essendo la cartiera di Varone il centro nevralgico del gruppo per quanto riguarda le carte colorate, si è optato per promuovere questo nuovo prodotto X-Rite® in linea alla PM1.

La prova è stata eseguita tra l'11 novembre 2021 e il 15 dicembre 2021. È stato utilizzato il modello ERX50.

L'attrezzatura consiste di uno spettrofotometro ERX50 che è stato posizionato in prossimità dello scanner di grammatura, sul lato comando.

È stato utilizzato un braccio di sostegno telescopico fornito da X-Rite, con la possibilità di regolazione dell'allineamento e sostegno carta, con integrata la placca ceramica per il calcolo della opacità e della lettura a spessore infinito.

A completamento della attrezzatura sono stati forniti:

- un box EPX per l'alimentazione e controllo della testa di lettura;
- un box ECX per l'interfaccia dei dati verso la postazione di lettura;
- un Pc/monitor integrato, con installato il software Eswin versione 5.

Il sistema X-Rite® così proposto promette tempi di reazione molto rapidi, insieme con le pompe di dosaggio la colorazione viene regolata automaticamente, o si può intervenire manualmente. Si elimina così il prelievo di campioni all'arrotolatore. Se i dati misurati indicano i valori richiesti, allora viene prelevato un campione per il laboratorio e la produzione può avere inizio.



[FOTO 2 e 3 – Dispositivo di prova]

X-Rite offre per questo differenti soluzioni di pompe, sia robuste che compatte garantendo una elevata funzionalità anche in condizioni proibitive di esercizio. Portate da 0,05 l/h fino a 260 l/h coprono ogni utilizzo, da carte bianche fino a carte intensamente colorate.

La regolazione delle pompe può essere sia manuale che automatica e può essere utilizzata anche per pompe già esistenti in fabbrica. Si possono utilizzare pompe a pistone, peristaltiche, a membrana come pure altri modelli.

Nel caso proposto a Varone, trattandosi di un test è stato svolto sfruttando le **pompe dosatrici del sistema ABB, usate in manuale.**

Operativamente, sono stati trascritti i suggerimenti di dosaggio del calcolo software X-Rite® CLCC (Closed Loop Color Control) direttamente sulla pagina dei setting del sistema ABB, per ottenere il raggiungimento del target da realizzare. Le variazioni di colore rispetto alle specifiche vengono visualizzate graficamente durante la produzione e sono riconoscibili anche a notevole distanza. I dati vengono tutti memorizzati e sono sempre disponibili in tempi successivi per ulteriori valutazioni e possono essere trasmessi ad un sistema di controllo di processo di ordine superiore (DCS).

4.1. PARAMETRI DELLA DEMO

Coordinate colorimetriche

Il sistema X-Rite® è stato settato scegliendo 8 coordinate colorimetriche, nello specifico:

- L*
- a*
- b*
- Brightness UV inclusi (Brillantezza-luminosità- riflettanza del bianco)
- Brightness UV esclusi (permette di analizzare la base senza UV)
- F (fluorescenza - quantità ultravioletti)
- WCIE (grado di bianco) (purezza, candore, bianchezza della carta)

Frequenza letture

La frequenza di lettura è stata di 3 misurazioni ogni 20 secondi. Il software rielabora le tre misurazioni per ogni coordinata e calcola un valore risultante. Il valore mostrato a display è la risultante di una media a scorrimento in linea.

Si è scelto di mediare i 3 valori, più basso è il numero dei valori mediati, maggiore è l'effetto della variazione del controllo. Per contro più alto è il numero dei valori mediati, più il trend sarà armonizzato e quindi ci saranno variazioni meno accentuate.

Accuratezza, offset e correlazione

Durante la prova si è verificata l'accuratezza di lettura di X-Rite® eseguendo delle comparazioni con i campioni di fine rotolo con le letture di laboratorio. Questo ha permesso di verificare l'offset tra laboratorio e X-Rite®.

L'identificazione dell'offset permette di effettuare la correzione di lettura che viene eseguita automaticamente con la procedura di "correlazione rotolo".

Tempo di controllo e guadagno

È stata svolta un'analisi macroscopica di quelli che mediamente potrebbero essere i tempi di controllo e guadagno del sistema X-Rite®. Non essendoci le pompe direttamente collegate, questa fase potrà essere perfezionata in seguito.

Abbiamo stimato che il tempo di controllo è di circa 225 ± 25 secondi (in funzione della velocità della Pm).

Per "tempo di controllo" s'intende il tempo che passa dal momento in cui varia il setting della pompa colore, fino a cui tutta la variazione di dosaggio si sarà stabilizzata e rilevabile dallo strumento di lettura posizionato al pope.

Nello step di controllo, Eswin (acronimo) analizza i delta lettura-target per ogni coordinata ed in base alla ampiezza elabora un calcolo di variazione sul dosaggio esistente.

Vi è anche la possibilità di intervenire sul calcolo attraverso un "filtro", chiamato guadagno ovvero quanto essere reattivi/incisivi sul dosaggio automatico delle pompe.

Funzione Automatica

Abbiamo simulato dei cambi colore e grammatura facendo guidare ad X-Rite® i setting delle pompe dosatrici del sistema ABB.

Partendo da uno stesso punto di dosaggio colore, si è avviata la funzione "**automatico**" su X-Rite® trascrivendo i suggerimenti sul setting pompe ABB.

In base al tempo di controllo e al guadagno scelti (impostabili nella pagina di controllo), il sistema automatico CLCC indica dei setting di dosaggio per ciascun step di controllo.

In questo modo si è potuto stimare il numero di step con i quali il sistema di calcolo ha compensato la distanza produzione/target.

Come prima operazione da eseguire al cambio è la verifica dell'allineamento tra le letture X-Rite® e le letture laboratorio. Eventualmente si esegue la "correlazione rotolo".

Su X-Rite si imposta lo stesso target del laboratorio e non ci sarà bisogno di variarlo per compensare le differenze di lettura (poiché lo strumento è allineato con quello in laboratorio).

Durante questa fase di analisi abbiamo campionato le misurazioni che abbiamo ritenute significative all'analisi del test, ovvero:

- letture colore ABB e target ABB,
- differenza di lettura con il Lab,
- letture colore X-Rite®,
- correlazioni rotoli,
- setting di dosaggio pompe colore,
- orari di cambi,
- cambi rotolo.
-

Tutte queste misurazioni sono state registrate attraverso un programma di estrapolazione dati OPC.

4.2. ANALISI DEI DATI

Nel corso della demo sono stati analizzati i seguenti colori:

4.2.1. FREELIFE CENTO

PAPER NAME/CODE	ARGE	HOUR	X-Rite		ABB			TRG ABB		LAB VAL		note
	Wta		Wta	P.OBA l/h	P.OBA l/h	UV	Wta	UV	Wta	Wta	Δ X-R / lab	
FREELIFE CENTO E.W. ECO 70-90 GSM (N.60)	91,5	11:40:00	90,80			14,19	89,47	11	100			START AUTOM X-RITE
FREELIFE CENTO E.W. ECO 70-90 GSM (N.60)	91,5	11:44:13	89,20	1,55		14,19	89,47	11	100	90,89	-1,69	FINE ROTOLO, CORRELAZIONE
FREELIFE CENTO E.W. ECO 70-90 GSM (N.60)	91,5	11:48:13		3,00	3,00			11	100			ORE 11:46
FREELIFE CENTO E.W. ECO 70-90 GSM (N.60)	91,5	11:52:13		3,30	3,30			11	100			
FREELIFE CENTO E.W. ECO 70-90 GSM (N.60)	91,5	11:56:13		3,50				11	100			
FREELIFE CENTO E.W. ECO 70-90 GSM (N.60)	91,5	12:00:13	92,40	2,70		12,25	89,45	11	100			
FREELIFE CENTO E.W. ECO 70-90 GSM (N.60)	91,5	12:04:13		1,87	3,73			11	100			
FREELIFE CENTO E.W. ECO 70-90 GSM (N.60)	91,5	12:08:13	91,00	2,57	6,69	11,76	88,81	11	100			
FREELIFE CENTO E.W. ECO 70-90 GSM (N.60)	91,5	12:12:13	90,80	3,42	8,09	11,52	88,62	11	100	91,16	-0,36	ROTTURA
FREELIFE CENTO E.W. ECO 70-90 GSM (N.60)	91,5	12:44:54	90,47			10,45	88,05	11	100			
FREELIFE CENTO E.W. ECO 70-90 GSM (N.60)	91,5	12:49:54	90,10	3,00	3,00	10,45	88,05	11	100			
FREELIFE CENTO E.W. ECO 70-90 GSM (N.60)	91,5	12:53:06	90,51	6,40	6,90	10,33	87,99	11	100			
FREELIFE CENTO E.W. ECO 70-90 GSM (N.60)	91,5	12:57:06	92,09	5,60	10,02	10,78	89,54	11	100			

Correlazione: allineato X-Rite a lab

Campione rotolo: X-Rite rimane allineato al lab. Non c'è bisogno di correlazione

Ripartenza dopo rottura: i due sistemi partono dallo stesso dosaggio. X-Rite®, dopo un primo aumento (6,40 L/h), corregge a ribasso (5,60 L/h) mantenendo Wta in controllo, mentre ABB (che in automatico dosa acqua) è allineato ad X-Rite® dopo 3'12", mentre continua ad aumentare (10,02 L/h) al successivo step.

Considerazioni sulla prova:

In questo primo cambio colore si è evidenziato che il setting X-Rite adottato per TC/G (tempo di controllo/ guadagno) si è rivelato troppo "prudente" (240/70).

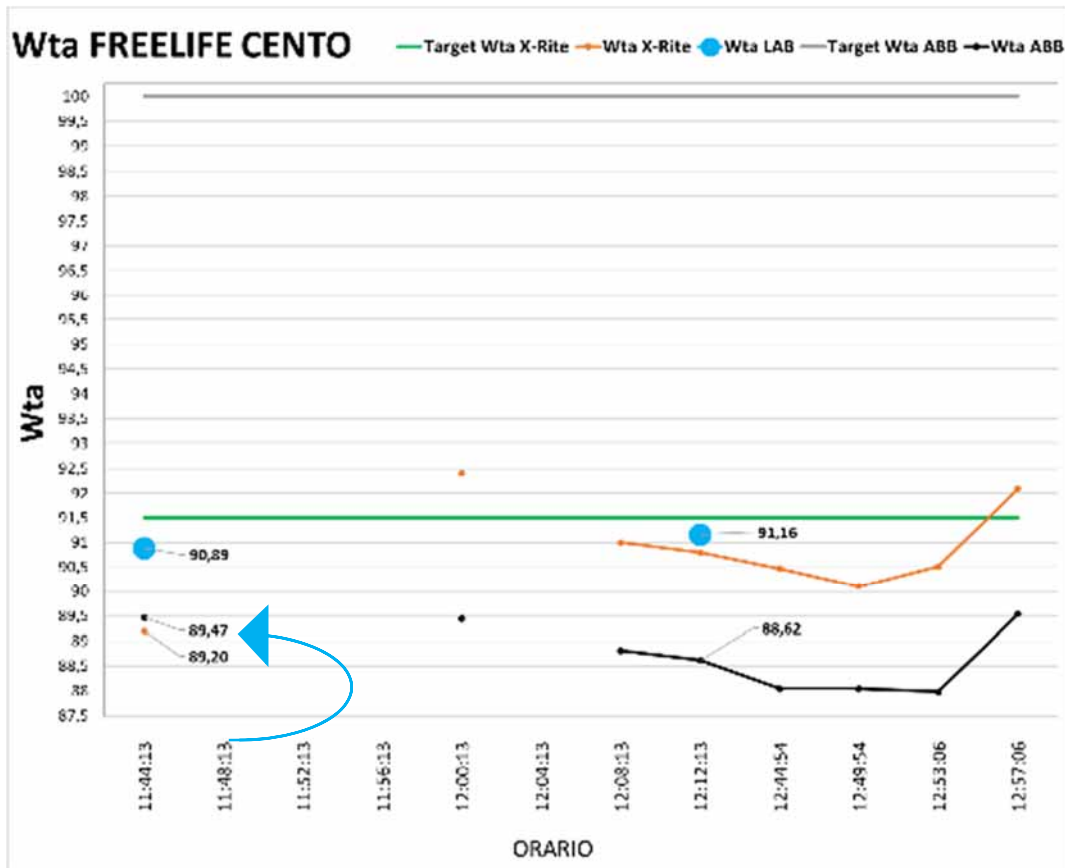
Gli operatori hanno stimato che il target sia stato raggiunto con una tempistica maggiore rispetto a quanto solitamente riesce a fare ABB.

Il test ha però permesso di vedere che lo strumento X-Rite è affidabile sulla lettura del Wta, consentendo di regolare la fluorescenza al livello di Wta UV in indicato dal target.

Il sistema ABB regola il bianco tramite coefficiente di UV.

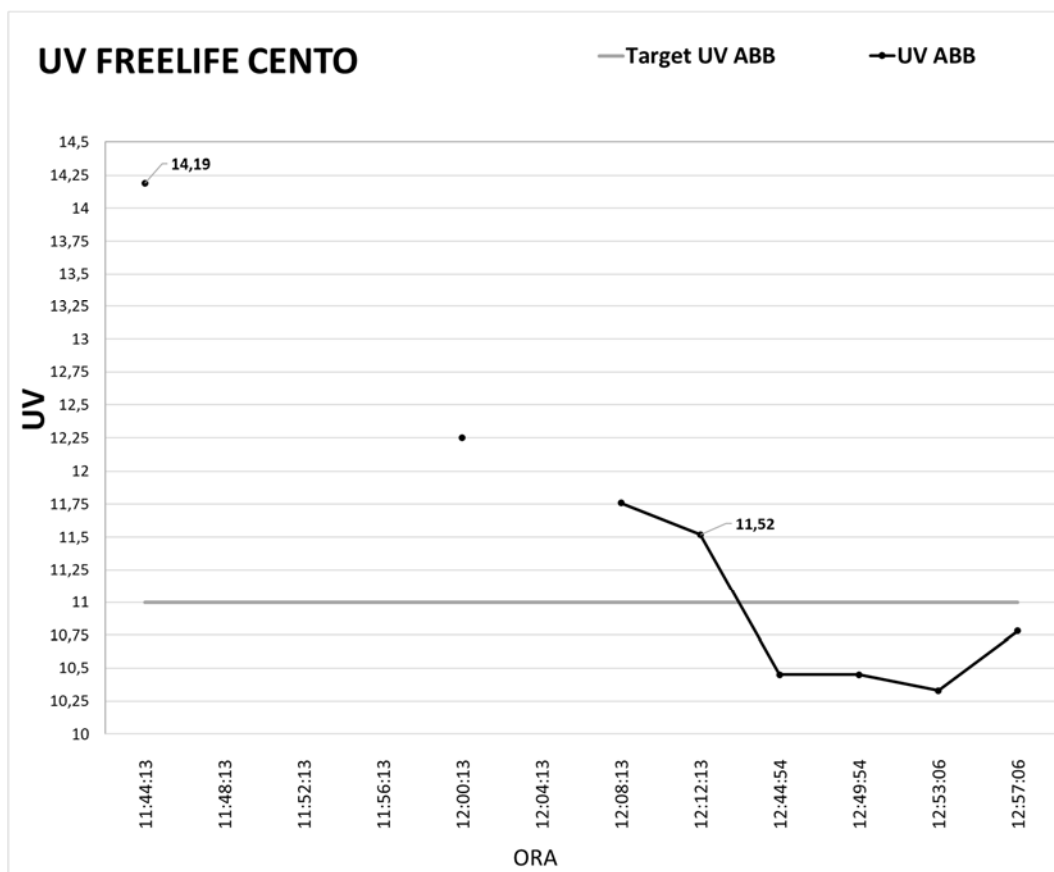
A causa di una non realistica lettura della fluorescenza, gli operatori sono costretti a variare il target per allinearsi con il laboratorio ma questa procedura non garantisce affidabilità e costanza di risultato.

Questa necessità di aggiornamento può causare facilmente un allontanamento dal capitolato, un consumo maggiore di candeggiante ottico, oppure uno scarto per fuori specifiche. Benché il setting X-Rite adottato per questo cambio sia stato prudente, il risultato raggiunto è stato eccellente, perché, rispetto ad ABB, abbiamo potuto osservare che una volta in target le coordinate colorimetriche lette dal sistema X-Rite sono risultate più accurate del sistema ABB e questo ha permesso anche una miglior linearità, stabilità di produzione e un consumo ridotto di candeggiante ottico.



Alle ore 12:44:54 X-Rite inizia a correggere dopo la rottura.

X-Rite porta il Wta leggermente sopra il target in 2 step



I valori di UV con cui ABB regolerebbe il dosaggio di OBA, sono stati meno sensibili alle correzioni.

Al termine dei 2 step non è ancora raggiunto il target. ABB avrebbe continuato ad aumentare il dosaggio in eccesso.

4.2.2. IMITLIN VVN

PAPER NAME/CODE	TARGET			HOUR	X-Rite						ABB						TARGET ABB			LAB VAL		
	L*	a*	b*		L*	a*	b*	pum. Blu l/h	pum. Ros l/h	pum. Gia l/h	pm. Blu l/h	pum. Ros l/h	pum. Gia l/h	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
IMITLIN VVN Accopp. L.Vitt. 100gsm tratt.amid. (647)	74,3	8,2	19,5	12:08:00				1,71	4	4,95	1,71	4	4,95				74,18	7,74	18,60	74,25	8,18	19,35
IMITLIN VVN Accopp. L.Vitt. 100gsm tratt.amid. (647)	74,3	8,2	19,5	13:02:31	74,60	8,01	18,74				1,8	4,16	6,32	74,23	7,71	18,65	74,18	7,74	18,60	74,35	8,29	18,96
IMITLIN VVN Accopp. L.Vitt. 100gsm tratt.amid. (647)	74,3	8,2	19,5	15:28:00	73,57	9,02	18,95	2,08	4,17	6,8	2,08	4,17	6,8	73,38	8,53	18,65	74,18	7,74	18,60			
IMITLIN VVN Accopp. L.Vitt. 100gsm tratt.amid. (647)	74,3	8,2	19,5	15:31:52	73,10	9,22	18,97	1,743	4,214	6,109	1,75	3,86	3,32	73,01	8,8	18,65	74,18	7,74	18,60			

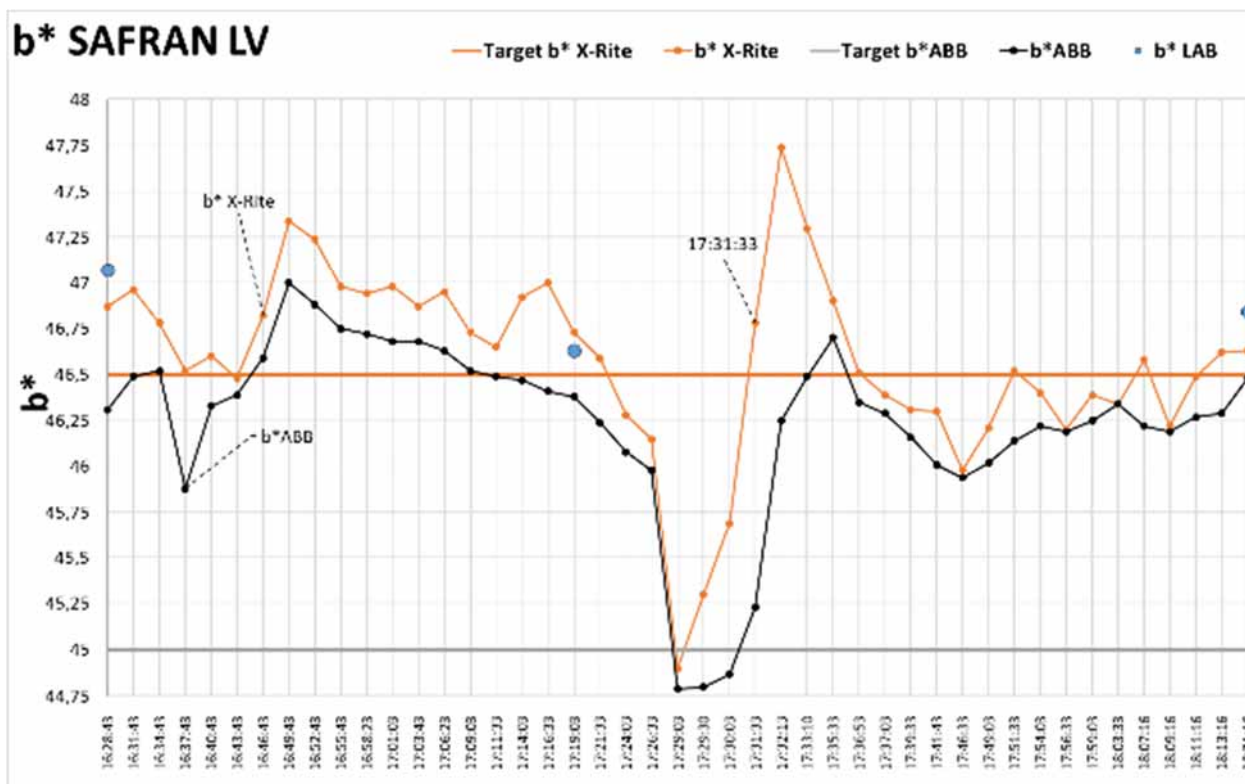
X-Rite® legge la carta più scura (73,1 vs 74,3) e più blu del target (18,97 vs 19,5); riduce i dosaggi riproporzionandoli per incrementare la b*.

ABB legge la carta più scura (73,01 vs 74,18) ma con coordinata b* di (18,65 vs 18,60); riduce i dosaggi per mantenere la “fiamma”.

4.2.3. IMITLIN SAFRAN LV

Durante questa prova si è riusciti a leggere in anticipo rispetto al sistema ABB un errore umano. L’operatore aveva trascritto in maniera errata un setting di colore Blu, dopo 4 minuti dall’avviamento della tinta, lo strumento ha rilevato un aumento vertiginoso di blu e nello step successivo ha previsto di attuare una correzione. Accorgendosi quindi dell’errore gli operatori hanno corretto in maniera tempestiva il setting delle pompe come da produzione normale.

Nel grafico sotto riportato si può vedere la variazione sulle letture.



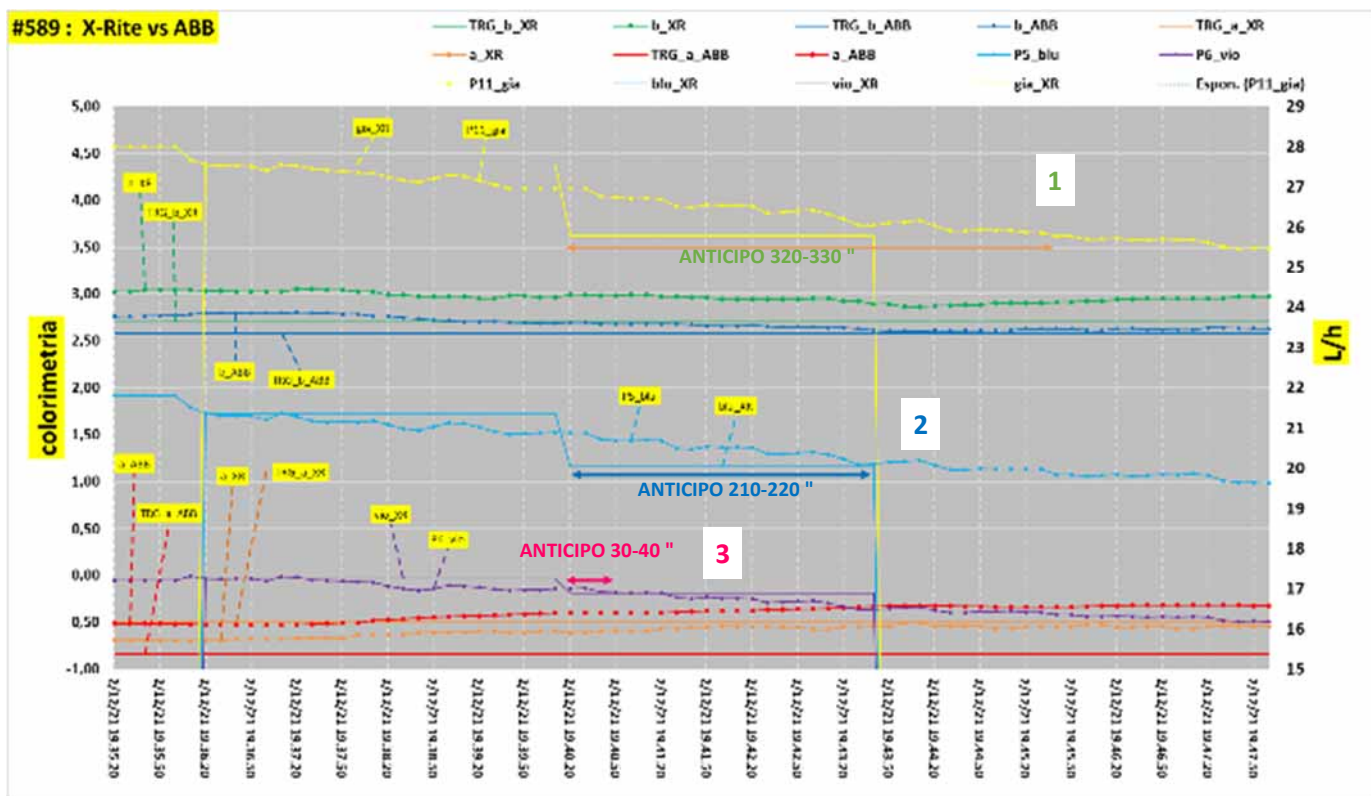
X-Rite® ha mostrato la variazione sulle letture, in particolare sulla b^* , con 100 secondi di anticipo rispetto ad ABB.

4.2.4. SIRIO GRIGIO

Questo cambio tinta è stato effettuato con la procedura classica di stabilimento. La tinta è stata utile per verificare e confrontare il metodo di lavoro automatico dei due strumenti.

Procedura:

- entrambi i sistemi sono stati correlati con il laboratorio al cambio rotolo.
- ABB comandava le pompe in automatico, i valori trascritti nel computer X-Rite e parallelamente utilizzato il CLCC X-Rite in automatico e confrontati tra loro.



Nota

Con il metodo adottato non è possibile analizzare un intervallo maggiore di 7 min (prima che avvenga il secondo step di CLCC X-Rite).

Si è evidenziato che in tale finestra temporale, entrambi i sistemi (che partivano dal medesimo punto di dosaggio) sono arrivati ad un equivalente calcolo di dosaggio finale (le piccole differenze sul risultato sono trascurabili).

Colorante 1 (Giallo)

Il dosaggio proposto da X-Rite® anticipa le mosse di ABB di circa 320-330" (visibile da proiezione tratteggiata rossa).

Analisi 2 (Blu):

Analogamente all'analisi 1, X-Rite® anticipa le mosse di ABB di circa 210-220" (corrispondente ad 1 step di correzione di X-Rite®).

Analisi 3 (Viola)

X-Rite® modifica molto poco il dosaggio del viola (**Vio_XR**) poiché a^* è in tinta (**a_XR** rispetto a **TRG_a_XR**).

ABB effettua più correzioni sulla sua pompa viola (**P6_vio**) perchè **a_ABB** risulta distante dal suo Target (**Trg_a_ABB**).

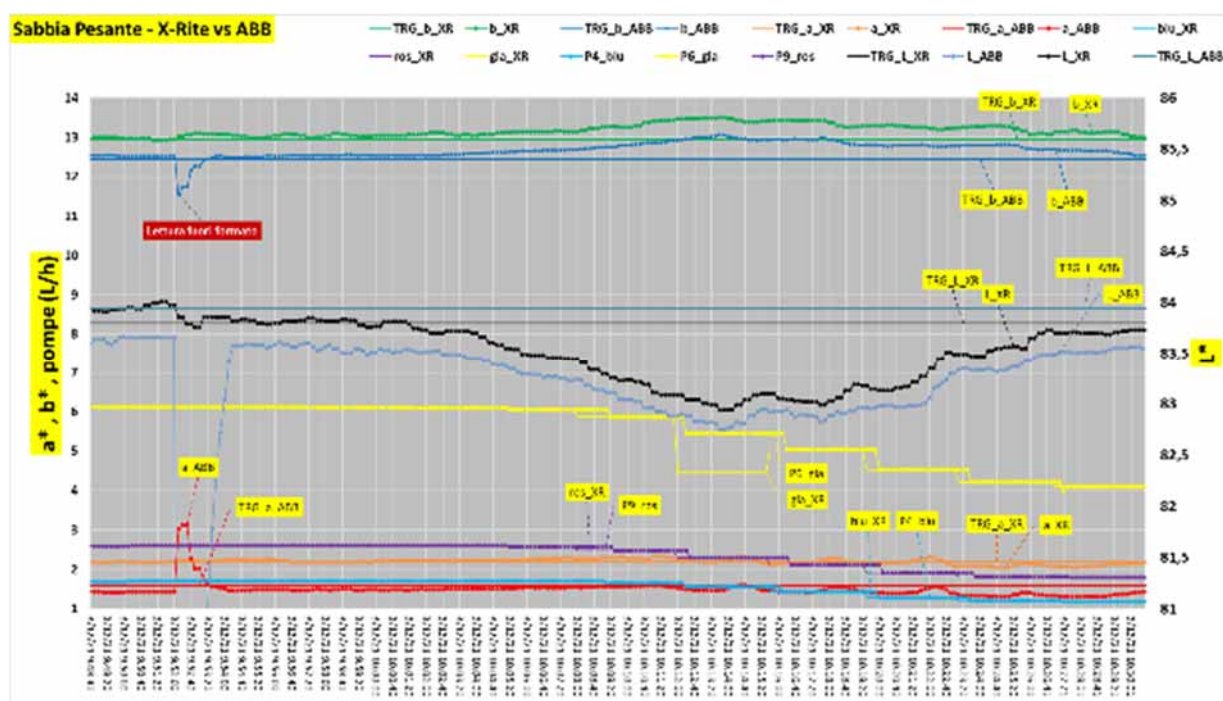
Questo effetto riduce l'anticipo rispetto alle altre due pompe (30-40").

4.2.5. SIRIO SABBIA

Durante questa prova è possibile apprezzare i cambi di formato e di grammatura come vengono gestiti dal sistema X-Rite®. Essendo questi due passaggi, cambi di colore “tono su tono”, sono gestiti in automatico.

Nota

1° Cambio grammatura (110gsm->140gsm) e formato (214cm->148cm)



In circa 40 minuti viene ristretto il formato e vengono regolate le pompe per poter mantenere stabile la tinta.

Durante tutto il processo di cambio formato e grammatura a^ e b^* rimangono sempre al di sotto di 0,5 di delta rispetto al target e sempre in controllo.*

Durante il cambio formato (durata ca. 90") si nota un violento picco sulle 3 coordinate di ABB dato dalla fuoriuscita della testa di lettura rispetto la carta.

4.2.6. IMITLIN BLU

Per difficoltà di raggiungimento target b^* (in saturazione) non è stato possibile operare confronti attendibili.

Nota

Questa ricetta evidenzia che la capacità del sistema è limitata in quanto la ricetta di partenza obbligherebbe dosaggi in saturazione. Questa esperienza ci ha permesso di stimare che in futuro le curve di riflettanza dei coloranti andranno analizzate anche a dosaggi elevati (4-6%).

4.2.7. SIRIO DARK BLUE

X-Rite® guidava i dosaggi in automatico. Gli operatori X-Rite® trasferivano i dosaggi calcolati da X-Rite sul setting pompe manuali di ABB.

Il cambio colore è tono su tono, ma le coordinate sono molto differenti fra loro (13 punti di L^* , 6 di a^* e 32 di b^*).

Note

X-Rite® sarebbe potuto partire in automatico sul cambio colore, mentre con ABB sono passati circa 5 min in quanto doveva essere avviato (lo scanner ABB non era ancora pronto).

Partiti con il controllo automatico, dopo la prima correzione, è stato necessario spostare il rosso su una pompa con portata maggiore (40 L/h).

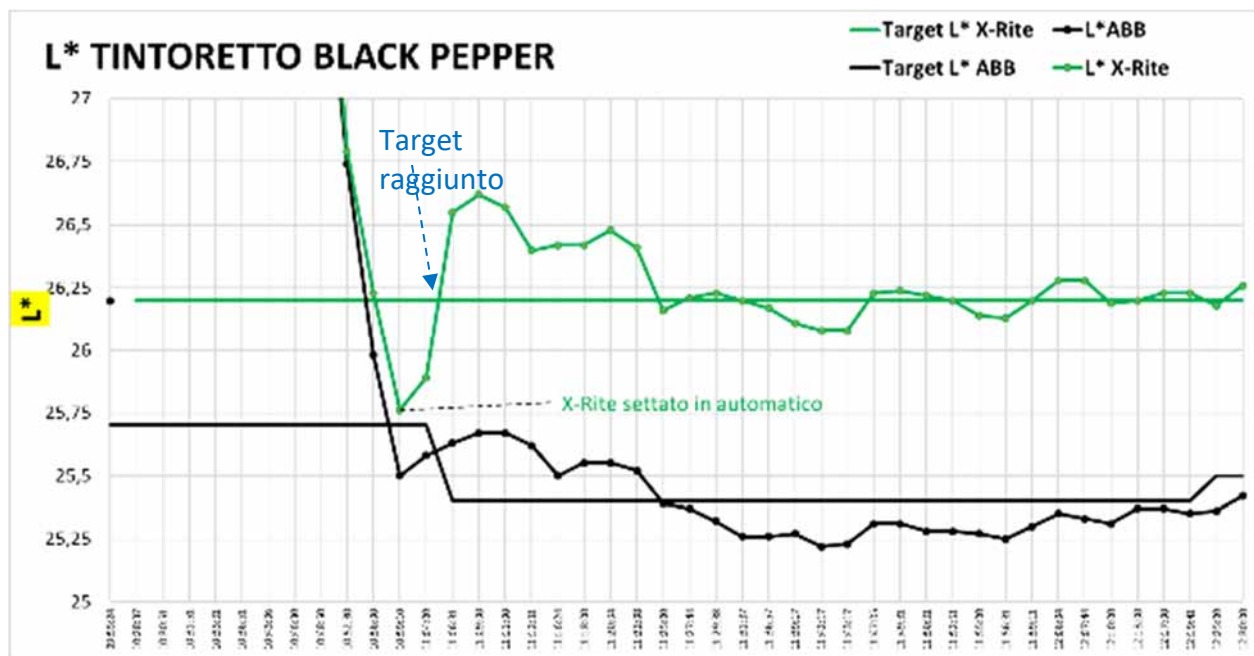
Il principio di calcolo X-Rite® prevede di raggiungere il dosaggio stimato in 2-3 step rispetto il delta attuale.

*Con questo colore abbiamo osservato che la limitazione di dosaggio della pompa è visibile già nel primo step di controllo. Questo permette di intuire la necessità di aumentare una pompa capace di compensare i litri calcolati. **Il sistema ABB applica piccoli step di 20 secondi ed impiega molti passaggi prima di arrivare alla identificazione del limite massimo della pompa.***

Pertanto, riteniamo che sui cambi colore/avviamenti, ci sia un vantaggio ulteriore di poter identificare immediatamente se la taglia della pompa è idonea.

4.2.8. TINTORETTO BLACK PEPPER

X-Rite® guidava i dosaggi in automatico. Gli operatori X-Rite® trasferivano i dosaggi calcolati da X-Rite sul setting pompe manuali di ABB.



Note

Su questo colore si è osservato che il passaggio dalla precedente produzione ha caratterizzato negativamente i tempi di controllo. La L così bassa non era raggiungibile per l'impasto precedentemente condizionato con carbonato imponendo alti dosaggi dei coloranti.*

Ristabilito il corretto impasto necessario per questa ricetta, il controllo automatico ha riportato agli equilibri di dosaggio caratteristici di questa tinta (in 7 minuti e 20" = 2 step). Non sono state osservate particolari criticità nel mantenimento del target sia attraverso il controllo di X-Rite® sia di quello ABB.

4.2.9. NERA MOLE

X-Rite® guidava i dosaggi in automatico. Gli operatori X-Rite® trasferivano i dosaggi calcolati da X-Rite® sul setting pompe manuali di ABB.

Note

Si è osservato che, in presenza di L molto bassa al limite delle possibilità produttive si valuta di trovare un compromesso tra L* più chiara e sovra colorazione cercando quindi di mediare fra tolleranza di colorazione e rilascio di colore nelle acque.*

Il controllo automatico deve essere comunque interpretato dall'operatore in base alle problematiche associate all'uso dei coloranti liquidi.

Durante il test infatti è stato necessario cambiare il target della L^ per evitare una "bronzatura" (saturazione) della carta.*

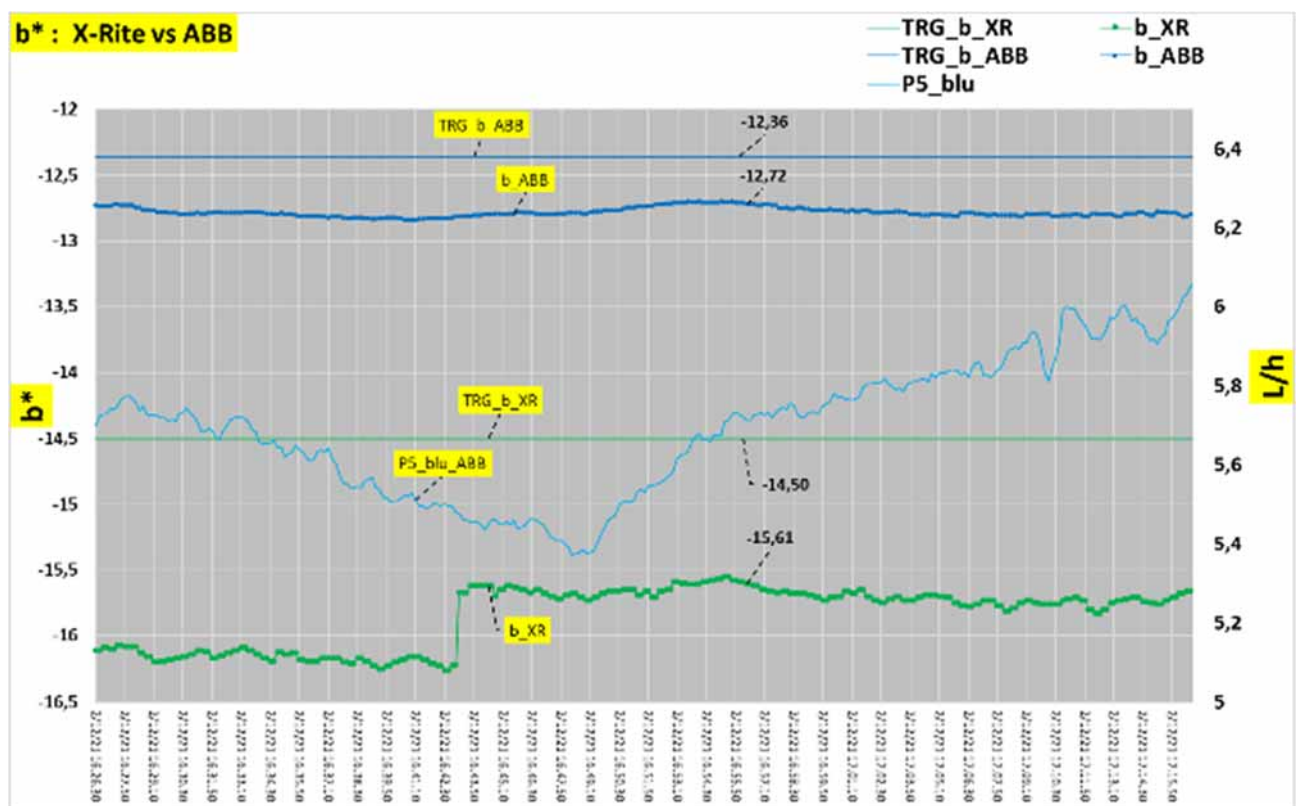
Il controllo automatico X-Rite® potrebbe aiutare a definire, attraverso un setting di limite alle pompe, un range di dosaggio coloranti che possa prevenire il sovradosaggio.

4.2.10. ARENA EXTRA WHITE

Dal grafico sotto riportato si può notare che X-Rite® è correlato al laboratorio (Trg b^* = Trg lab), mentre ABB non è correlato (si mostrano i delta b^* poiché il target è differente dal laboratorio).

Si nota che X-Rite® mostra la carta più blu del target (-15,61 vs Trg -14,50) per cui, se X-Rite® stesso fosse stato impostato in automatico, avrebbe ridotto il dosaggio di blu riportando la carta in tinta e permettendo di risparmiare colorante.

ABB in quel momento vede la carta poco più blu del target ed aumenta il dosaggio di blu (1) per mantenerla stabile.



5. IL SISTEMA XRA45 COLOR

Durante questo elaborato è giusto citare anche il sistema XRA45 color, questo perché nel caso in cui l'azienda decidesse di approvare la demo, verrà installato questo sistema al posto dell'ERX50, in quanto indubbiamente più performante del predecessore.



Il sistema permette un controllo rapido e automatico durante la produzione per una migliore qualità del colore. Progettato per soddisfare i requisiti della carta industriale e degli ambienti plastici, lo spettrofotometro in linea ColorXRA 45 misura il colore su una varietà di carta e materiali plastici, compresi quelli con superfici strutturate, finemente modellate e lucide e con gli agenti schiarenti ottici ColorXRA 45F. Montato su un telaio personalizzato sopra la linea di produzione, ColorXRA 45 misura nei punti critici senza interrompere la produzione.

L'aggiunta del software ESWin Closed Loop Color Control crea una soluzione a circuito chiuso per eseguire automaticamente le correzioni del colore e calcolare le regolazioni del colore in un

unico passaggio. Questo sistema a circuito chiuso consente regolazioni del colore precise e automatiche per:

1. ridurre le rilavorazioni causate dalle variazioni di colore,
2. aumentare la produzione,
3. accelera i tempi di avvio,
4. taglia i cambiamenti di tonalità fino al 50%,
5. risparmia sull'uso di coloranti e materiali sprecati.

ColorXRA 45 è montato sulla linea di produzione alla distanza corretta per rilevare anche le più piccole deviazioni di colore. Utilizza la misurazione a doppio fascio e la calibrazione automatica della lunghezza d'onda per garantire un'eccezionale precisione di misurazione e stabilità a breve e lungo termine. La luce ambientale, la velocità del nastro e il normale flutter non influenzano l'accuratezza della misurazione.

Correla con le misurazioni di laboratorio per ridurre al minimo le variazioni e le reiezioni con una lampada flash allo xeno, geometria di misurazione standardizzata di 45 °: 0 °, risoluzione spettrale di 1 nm e intervallo di lunghezze d'onda 330-730, ColorXRA 45 mantiene tolleranze cromatiche strette per tutta la produzione senza tagliare un campione. Lo spurgo dell'aria mantiene l'unità pulita e fresca e i sensori di rilevamento dello sporco avvertono di problemi che potrebbero influire sul colore finale. Con colorXRA 45 il colore di base e gli sbiancanti ottici possono essere misurati separatamente per un controllo ottimale su ciascun componente per misurazioni stabili anche quando il peso di base o l'opacità cambiano.

Con tutti i dati rilevati tra; cambi tinta, cambi grammatura, cambi formati, rotture carta, ecc. con le prove eseguite sulle carte, si è fatto un resoconto sulla percentuale dello scarto ridotto con questo nuovo investimento e si è capito che avrà un ritorno già in 2 anni.

6. CONCLUSIONI

A) Carte candeggiate

Calibrazione UV

La misurazione della fluorescenza è uno tra i parametri più sensibili nelle differenze di funzionamento dei sistemi di lettura generati tra differenti geometrie degli strumenti.

Il sistema X-Rite® implementa una funzione che adatta la lettura della fluorescenza alla geometria degli strumenti di riferimento utilizzati. Questo consente di allineare con il laboratorio la lettura della massima emissione di UV misurate nelle produzioni ad alto grado di fluorescenza.

Non si tratta di una correlazione con il laboratorio (come fatta per L^* , a^* , b^* , W_{Ta} , etc) ma di un vero e proprio adattamento alla scala di lettura della geometria di laboratorio.

Questo rende il sistema X-Rite® molto performante nella lettura degli UV.

Valutazioni fatte durante la demo

Su tutte le carte bianche candeggiate "affrontate" durante la demo (rif. free life cento 60 - paragrafo) è stato notato come la migliore precisione di calcolo del sistema X-rite rispetto a quello ABB, porti ad ottenere letture più "coerenti" di Whiteness Tappi (ISO 2470).

Il riscontro delle letture di laboratorio ha confermato come le letture X-Rite® siano molto più affidabili, mentre il controllo del candeggiante ottico tramite il sistema di controllo ABB (che si basa su calcoli di Indice differenziale UV) porti ad avere un Delta letture online - Letture di laboratorio molto più ampio

Conseguentemente il consumo del candeggiante ottico è risultato essere, durante le campagne osservate, fortemente ottimizzato se gestito tramite il sistema X-Rite®.

In aggiunta, è necessario sottolineare come Il **rischio di metameria** nella produzione di carte bianche aumenti fortemente se il sistema di lettura non è in grado di mantenere le misure di livello di fluorescenza stabilmente nei parametri richiesti.

B) Carte colorate

Colori “in saturazione”

Per colori in saturazione si intende tutte quelle ricette dove anche aggiunte di colore consistenti non apportano grandi variazioni sulle coordinate lette.

In questo tipo di ricette la difficoltà nel raggiungimento del target è, per entrambi i sistemi, associabile intrinsecamente alle caratteristiche del colorante e della quantità dosata.

Se i coloranti vengono dosati in saturazione, spesso il problema che limita fortemente lo spazio di azione di entrambi i sistemi è legato alla configurazione e dimensionamento delle pompe adibite al dosaggio dei coloranti.

Su questa tipologia di produzioni, con una demo così breve non è possibile stimare differenze sostanziali.

Sicuramente una riprogettazione della parte skid dosaggio apporterebbe un vantaggio considerevole.

Colori “non in saturazione”

Per le ricette dove invece si "mira" a ottenere dei target e dei dosaggi tali da evitare di prevedere una saturazione dei coloranti, è stato invece possibile avere qualche riscontro in più.

Il colore più rappresentativo di questo riscontro è stata la **ricetta #589 SIRIO GRIGIO LOWE** nella quale è stato possibile confrontare lo step di controllo colore X-Rite® vs ABB. È stato riscontrato che X-Rite® ha dosato i coloranti necessari al raggiungimento del target circa **1 step di controllo (220") in anticipo rispetto ad ABB**. Nel corso della demo non è stato possibile confrontare ulteriormente i due sistemi di calcolo in quanto le pompe di dosaggio non erano collegate direttamente ad X-Rite®.

C) Impiantistica di dosaggio chimici.

Non aver potuto collegare il sistema X-Rite® direttamente alle stazioni di dosaggio ha reso alcune valutazioni molto articolate.

Al di là di questo, risulta evidente come una buona parte delle problematiche riscontrate durante la demo sia stata legata alla parte stazione di dosaggio. Pompe troppo piccole, o troppo grandi con necessità di dover diluire i prodotti (andando in alcuni casi ad intaccarne quindi le proprietà chimico-fisiche).

Persone dedicate allo scopo, e rischi annessi e connessi, portano comunque operativamente ad una serie di complessità che potrebbero essere evitabili attraverso:

1. l'esperienza nella progettazione della parte impiantistica relativa al dosaggio dei coloranti, sviluppata da X-Rite® e BFG in tutti questi anni di presenza nel mercato carta sfruttabile in una fase successiva di progettazione;
2. la capacità di ascoltare le esigenze e, sfruttando conoscenze specifiche, progettare stazioni di dosaggio a moduli, comandabili tramite locale e remoto, con possibilità di flussaggio linee automatizzato, è una parte di questo progetto da rimarcare;

garantendo di poter massimizzare in modo esponenziale i benefici intravisti durante questa demo, dovuti essenzialmente durante il test alla sola maggiore precisione di lettura strumentale.

7. ALLEGATI

7.1. Tabella sintetica delle conclusioni durante Demo X-Rite® dal 15 Novembre al 14 Dicembre 2021

Scopo Valutazione	Colore	Conclusione
Simulazione risparmio su imbiancante ottico (OBA)	FREELIFE 100	X-Rite riduce 45% di OBA
Correlazione + calcolo tempo di controllo X-Rite	SIRIO RED	Eseguita correlazione
	TINTORETTO CREMA	Tempo di controllo 240"
Setting X-Rite primo confronto accuratezza ed automatismi X-Rite vs ABB	IMITLIN VVN	OK. Nessuna anomalia, X-Rite ed ABB allineati.
Simulazione automatismo X-Rite (trasferimento proposte su ABB + feedback)	IMITLIN SAFRAN L.V.	X-Rite legge in anticipo di ca. 100" vs ABB
Confronto accuratezza X-Rite vs ABB	ARENA EXTRA WHITE	X-Rite propone, ABB gestisce. Differenza di lettura sulla b* con potenziale risparmio di colorante blu ammettendo X-Rite in automatico
Confronto efficienza automatismo X-Rite vs ABB	SIRIO GRIGIO	X-Rite arriverebbe a target in anticipo su ABB. 320" su giallo / 210" su blu / 30" su viola
Gestione colore in saturazione	IMITLIN BLU	Ottimizzare curve di riflettanza dei coloranti a dosaggi più alti
Gestione con X-Rite in automatico	SIRIO SABBIA	a* e b* in controllo durante i 2 cambi con $\Delta < 0,5$ vs Target

	IMITLIN SAFRAN L.V.	Pompe arrivano al limite di dosaggio. Necessaria riflessione su strategia dimensionamento skid.
	SIRIO DARK BLU	Pompe arrivano al limite di dosaggio. X-Rite identifica il limite delle pompe in anticipo rispetto ABB
	TINTORETTO BLACK PEPPER	X-Rite conferma di riportare colorimetria nelle tolleranze in 2 step (7'20") dopo setup automatico
	NERO MOLE	Individuata potenziale opportunità di prevenzione sovra dosaggio (bronzatura) tramite un setting X-Rite con limiti idonei sulle pompe

7.2. Struttura del sistema CLCC X-RITE® e le pompe - Skid Bran Luebbe
<https://www.youtube.com/watch?v=x9pk46CiUyw>





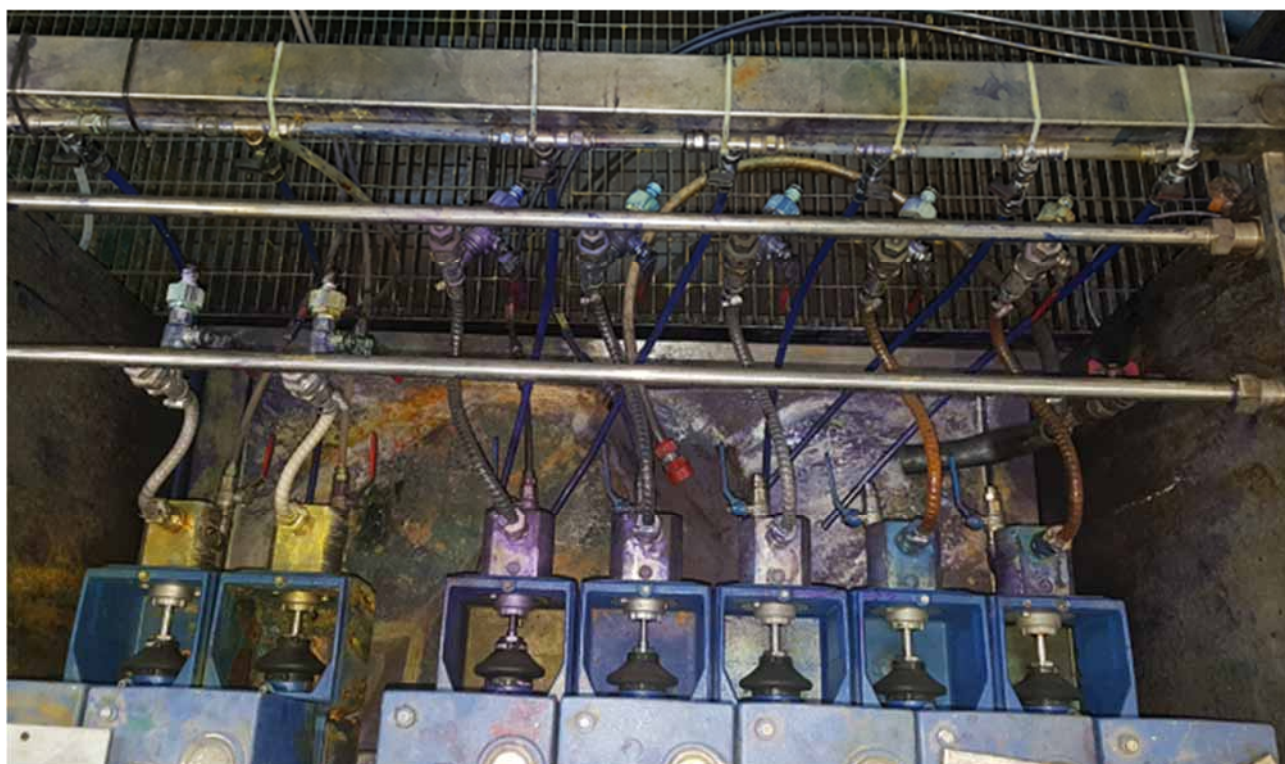
Oppure si può scegliere di opzionare solo alcune pompe a una linea, altre a un'altra, e volendo solo alcune o nessuna come scorta da collegare a entrambe le linee.

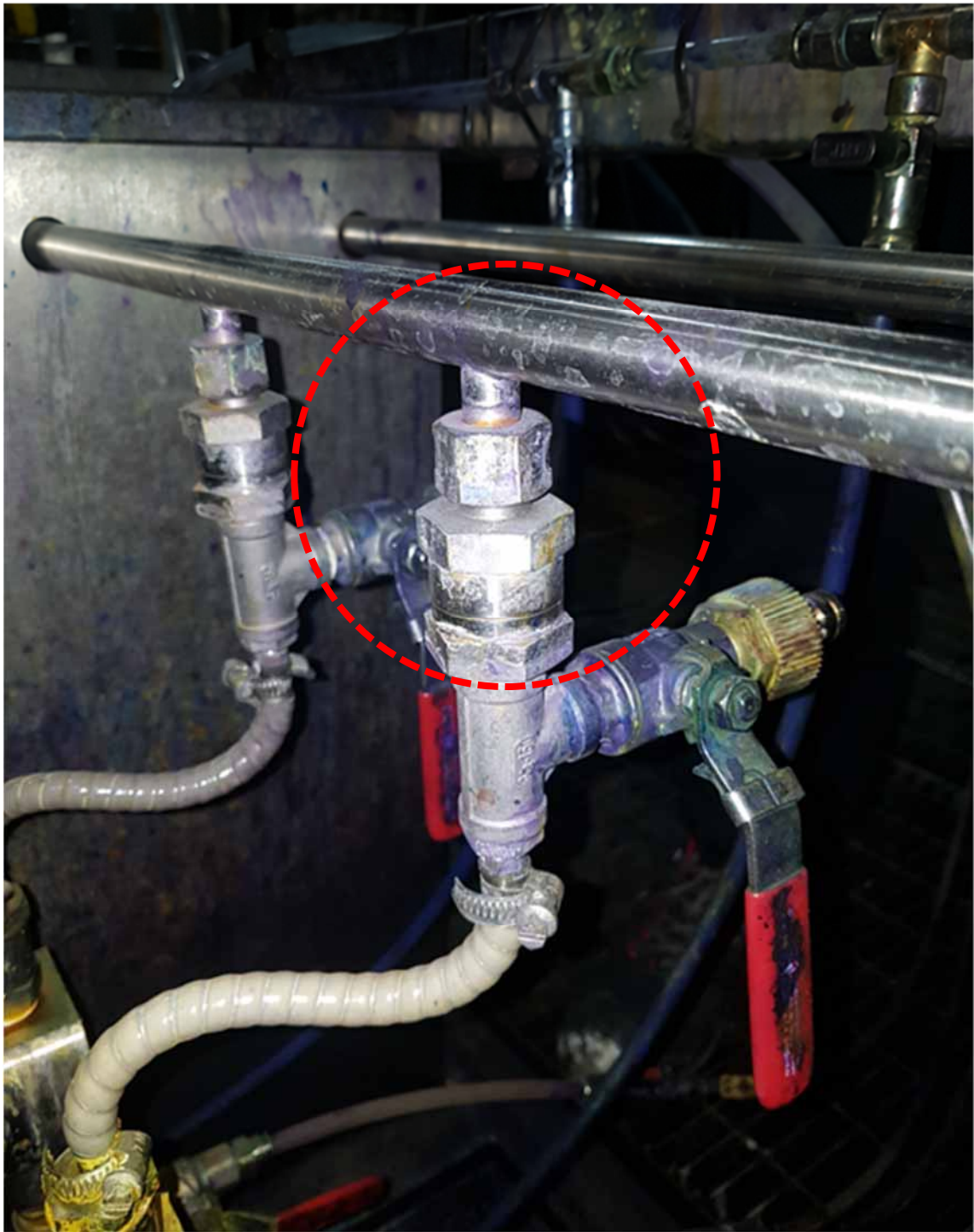
Chiudendo il passaggio è possibile fluxare la pompa per lavarla separatamente, o per innescarla di colore, aprendo una valvola di scarico in mandata.



In alternativa, quando ad esempio non c'è la valvola a 3 vie, perché la pompa è collegata esclusivamente ad una linea (come si dovrebbe installare a Varone), c'è semplicemente una valvola di apertura della mandata, e successivamente una valvola di ritegno caricata a molla, a 3 bar.

Quando apri il rubinetto di scarico il flusso esce preferenzialmente dalla linea aperta attraverso la valvola, perché la molla della valvola di ritegno diventa come una sorta di valvola chiusa.





La valvola di ritegno è questa nella foto, facilmente sostituibile per le pulizie, perché è montata su bocchettone a ghiera.

Ciascuna linea trasporto colore ha il suo indicatore e regolatore di flusso, opzionale si può collegare anche un sensore elettrico che mostra il raggiungimento della quantità impostata (tipico contatto elettromagnetico con il cono posto all'interno dell'indicatore di flusso).



Il Sistema ha un regolatore di pressione, e una elettrovalvola per chiudere l'acqua di trasporto in caso si fermi la pompa pasta, per evitare così di mandare acqua nel processo.

L'elettrovalvola è comandata dal PLC del box X-Rite® con l'apertura automatica al momento che viene lanciata la ricetta e c'è pasta in macchina



Non c'è nessun collegamento visivo della elettrovalvola con il software X-Rite®, niente che ci dica se è aperta o chiusa (idem il sensore passaggio acqua).

Eventualmente quei segnali li si può portare dal DCS per verificare il funzionamento del sistema di trasporto acqua.

Questo in linea di massima è il progetto standard.

Il flussaggio delle pompe va fatto manualmente, collegando la tubazione di aspirazione colore ad un collettore in pressione, per lavare la pompa, ma tutto manualmente.

