

XV corso di Tecnologia per Tecnici Cartari
edizione 2007/2008

L'epurazione dell'impasto nella realizzazione di carta per sacchetti

di Pighi Riccardo

Scuola Interregionale di Tecnologia per Tecnici Cartari

Il corso è realizzato grazie al contributo di:

**BANCA POPOLARE
DI VERONA**

**GRUPPO BANCO POPOLARE
DI VERONA E NOVARA**



Camera di Commercio, Industria,
Artigianato e Agricoltura di Verona.



1. INTRODUZIONE

Lo scopo di questa analisi è di approfondire il processo di epurazione del macero per la produzione di fibre secondarie, partendo dalla mia esperienza nella cartiera Saci di Verona, per l'ottenimento di carta CK destinata alla produzione di imballaggi flessibili e per particolari impieghi nel settore tessile.

Prima di inoltrarci sugli aspetti tecnici inerenti alla pulizia del macero ed esaminare l'impianto di epurazione di "linea 1" delle Cartiere Saci è importante soffermarsi brevemente sul ruolo che sta assumendo il macero in questi ultimi anni in Italia.

Il mercato europeo del macero						
	Utilizzo		Raccolta			
	2004	2005	2004	2005	bilancio	
AUSTRIA	2.141	2.260	1.316	1.422	-838	importatore netto
BELGIO	921	876	2.135	2.228	1.352	esportatore netto
REP. CECA	447	480	571	644	164	esportatore netto
DANIMARCA	410	400	834	824	424	esportatore netto
FINLANDIA	740	599	796	791	192	esportatore netto
FRANCIA	5.943	5.953	6.418	6.418	6.592	esportatore netto
GERMANIA	13.219	14.354	14.312	15.063	709	esportatore netto
UNGHERIA	377	377	405	417	40	esportatore netto
IRLANDA	47	0	343	346	346	esportatore netto
ITALIA	5.474	5.488	5.593	5.792	304	esportatore netto
PAESI BASSI	2.380	2.462	2.440	2.510	48	esportatore netto
NORVEGIA	478	441	612	612	180	esportatore netto
POLONIA	979	1.041	1.137	1.248	407	esportatore netto
PORTOGALLO	297	310	439	596	286	esportatore netto
SLOVACCHIA	208	211	215	231	20	esportatore netto
SPAGNA	4.474	4.617	3.927	4.321	-296	importatore netto
SVEZIA	2.015	2.020	1.501	1.568	-452	importatore netto
SVIZZERA	969	939	1.164	1.244	305	esportatore netto
REGNO UNITO	4.625	4.507	7.204	7.790	3.283	esportatore netto
TOTALE CEPI	46.144	47.335	51.362	54.248	6.913	esportatore netto

Il nostro Paese è il terzo in Europa per livelli di macero impiegati annualmente nelle proprie produzioni, quindi per l'industria cartaria italiana la carta da macero risulta la principale materia prima. La raccolta differenziata della carta ha vissuto dal 1998 ad oggi uno straordinario sviluppo, evitando 100 discariche e portando un beneficio non solo ambientale ma anche economico.

Dopo aver superato per la prima volta il fabbisogno di carta da macero nel 2004, nel 2005 la raccolta differenziata di carta e cartone ha contribuito ad attivare un flusso di materiale che prima eravamo costretti ad acquistare solamente dall'estero, invertendo la nostra posizione da importatori a esportatori (con un saldo di oltre 303.600 tonnellate generato da un calo dell'11% delle importazioni e una crescita del 21% dell'export) e ha raggiunto una resa totale annua di 39,8 kg/abitante.

Lo sviluppo della raccolta differenziata è un elemento sempre più centrale per la crescita dell'industria cartaria italiana. Questo a causa degli alti costi di produzione, in particolare l'energia che incide per il 22% circa sui costi totali, che ha reso prioritaria la competitività di produrre materia prima dalla carta da macero invece che dalla cellulosa.

Per la valorizzazione dell'utilizzo di carta di riciclaggio sono previste solo tre possibilità: la discarica, l'incenerimento e il riutilizzo nella produzione di nuova carta. Dal punto di vista ecologico ed economico il riutilizzo deve avere la priorità assoluta; la premessa per questo è, in primo luogo, una raccolta selezionata il più possibile pulita.

Su questo fronte la qualità della raccolta registra un netto miglioramento, a causa di diversi fattori tra i quali la sensibilizzazione dell'opinione pubblica, ed un migliore e soprattutto costante sistema di raccolta. Rimangono comunque delle impurità su cui si dovrà migliorare nel prossimo futuro: dal 2000 al 2006 le frazioni estranee hanno infatti raggiunto oltre 294.000 tonnellate. Questo valore rappresenta un costo non solo economico ma anche ambientale che il sistema deve gestire. Si pone quindi il problema di realizzare impianti di termovalorizzazione legati direttamente al sistema industriale per poter gestire in modo diverso dalla discarica gli scarti che provengono dal riciclo.

Un altro aspetto fondamentale legato al riciclo della carta è l'acqua, essa infatti è presente in grandi quantità in tutte le fasi di fabbricazione.

In ogni cartiera la gestione di questa importante risorsa non può ignorare una regola essenziale: più acqua si immetterà nel sistema, più aumenterà l'investimento necessario

per gli impianti di depurazione. L'acqua che viene scaricata, cioè che esce dal ciclo produttivo, rappresenta il quantitativo in l di acqua utilizzata per kg/carta.

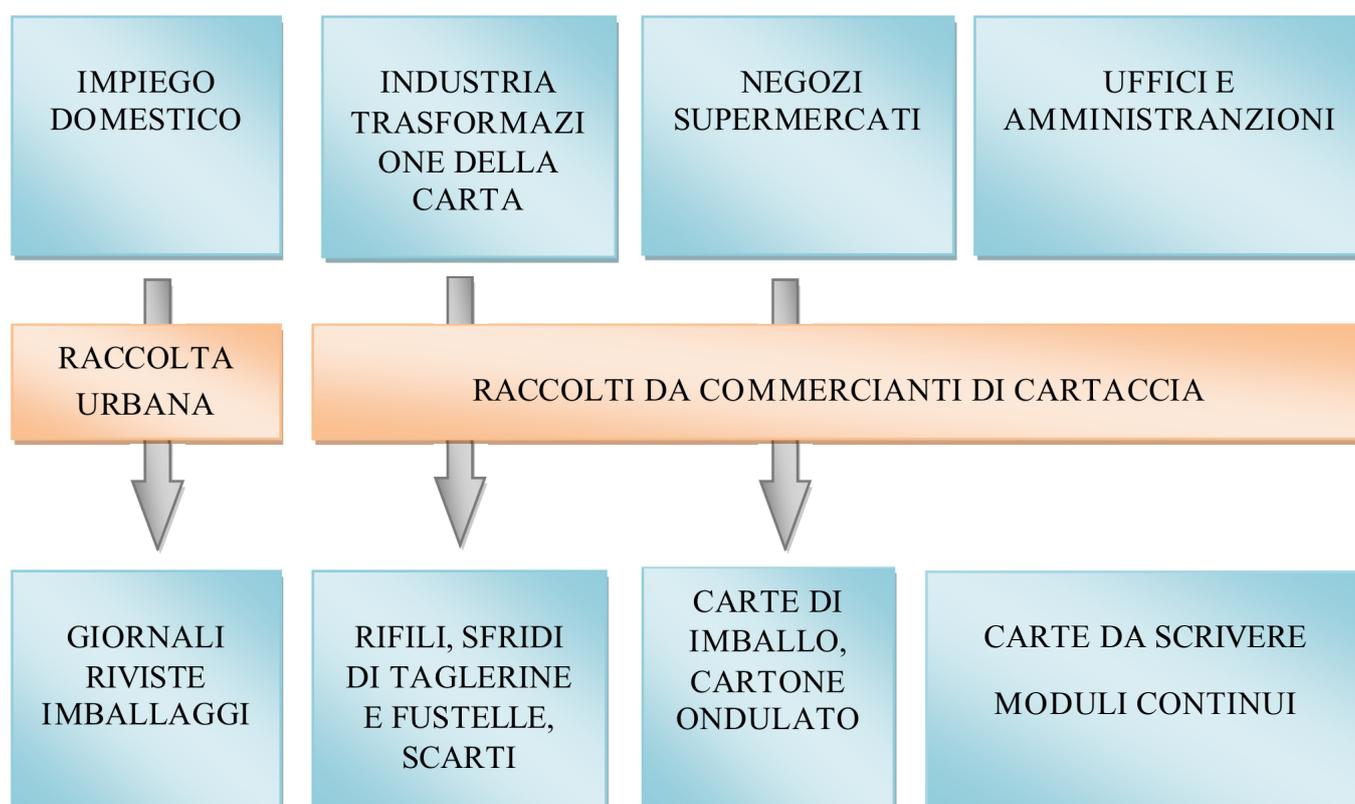
Per questo è stata rivolta una grande attenzione alla razionalizzazione dei consumi dell'acqua, ponendo maggiore attenzione alla chiusura dei cicli.

L'utilizzo di acqua comporta lo scarico di un'elevata quantità di reflui liquidi contenenti anche particelle cellulosiche sospese, sostanze che assorbono ossigeno dall'acqua (Bod e Cod). Queste emissioni nel corso degli anni sono state drasticamente ridotte attraverso impianti di trattamento fisico meccanico e biologico sempre più sofisticati e precisi, che consentono di depurare tutte le acque di processo separandole da tutti i residui solidi scartati durante la fabbricazione. Gli stabilimenti migliori sono dotati di impianti di trattamento delle acque il cui dimensionamento è in stretta correlazione col tipo di carta prodotta e di materia prima utilizzata.

2. IL CIRCUITO DELLA CARTA-FIBRA SECONDARIA

2.1. FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO

Come precedentemente anticipato, il macero rappresenta la fonte primaria per la produzione della materia prima: **la fibra secondaria**, utilizzata per le carte in oggetto. Proprio per questo, di particolare importanza sono le fonti di approvvigionamento del macero che in base alle loro diverse provenienze possono essere gestite da enti comunali o da commercianti che operano nel settore.



Nello schema si nota che, a parte il macero domestico che viene gestito dalla raccolta urbana, la maggior parte delle fonti di approvvigionamento è gestito da commercianti di cartaccia specializzati. Il loro compito è quello di selezionare il macero raccolto in base alle sue diverse caratteristiche qualitative, raggruppandolo in balle, in modo da fornire alle cartiere le materie prime necessarie alla formulazione delle ricette secondo le proprie esigenze ed esperienze.

Questi commercianti, se operano in modo onesto, cercheranno di includere all'interno delle balle di macero meno elementi estranei possibili, cioè vendendo quello che veramente viene richiesto. L'unico controllo che può fare la cartiera sulla materia prima in ingresso consiste nel prelevare dei campioni di macero dalle balle verificandone la conformità; ma siamo d'accordo sul fatto che si tratta di una verifica superficiale di tipo visivo, solo il fornitore sa quello che veramente si trova all'interno delle balle di macero.

Pertanto per una cartiera è molto importante avere fornitori di fiducia per garantirsi un rifornimento più omogeneo possibile, soprattutto per le qualità più scadenti dove è più alto il rischio di forti variabilità per non rischiare di compromettere, modificando le miscele delle ricette, le caratteristiche del prodotto finale.

2.2. CLASSIFICAZIONE DEL MACERO

Poiché esiste una vasta gamma di manufatti cartacei, le cui differenze sono molto ampie, le carte da macero sono caratterizzate da una grandissima diversificazione qualitativa.

Per questo il macero è stato classificato secondo dei criteri che permettono di diversificarlo per la tipologia di composizione, il grado di pulizia e l'omogeneità, valorizzando maggiormente quelle fibre secondarie nelle quali è presente un alto valore intrinseco.

A questo scopo il macero è stato diviso in quattro gruppi principali:

- Gruppo A (qualità inferiore);
Cartaccia, cartoni misti, raccolta urbana; si tratta di materiale molto eterogeneo con una forte presenza di contaminanti.
- Gruppo B (qualità media);
Consiste in resa di editoria, rifili stampati, libri.
- Gruppo C (qualità superiore);
Rifili bianchi, rifili colorati esenti da stampa, tabulati, scarti bianchi con o senza patina, archivio bianco.
- Gruppo D (qualità Kraft);
Cartoni ondulati, sacchi realizzati con carta Kraft.

2.3. IMPIEGHI DELLA FIBRA SECONDARIA

A causa dell'estrema eterogeneità della carta da macero la sua trasformazione in fibra secondaria è in generale assai complessa e quindi necessita di diverse fasi; il cui numero e grado di sofisticazione dipende principalmente dalla qualità del macero, dalla quantità e dal tipo dei contaminanti presenti e infine dalla qualità della fibra secondaria che si vuole ottenere, cioè dalla destinazione della carta. I trattamenti per il recupero della fibra secondaria possono far uso di mezzi esclusivamente meccanici, oppure ricorrere a sistemi più spinti che, al trattamento meccanico, abbinano anche dei trattamenti fisico/chimici, in questo caso non si tratta solamente di recuperare le fibre ma di procedere anche alla loro nobilitazione. A questo scopo il macero darà origine a tre diverse tipologie di prodotti:

- Pasta disinchiostrata, da utilizzare da sola per la produzione di carta da quotidiani, o assieme ad altri maceri per la realizzazione di cartoncini patinati o carte per scrivere e stampa non di pregio.

Questo ciclo produttivo viene anche definito “Upcycling” (riciclo verso qualità elevate) e ottimizza l'epurazione per i maceri appartenenti ai gruppi B, e in parte quelle del gruppo C; non vengono considerati i maceri appartenenti al gruppo D in quanto le paste non bianchite non si prestano al processo di disinchiostrazione.

- Carta per ondulatori come fluting, medium, camoscio o liner;
- Carta Kraft utilizzata per la produzione di sacchi o imballi resistenti.

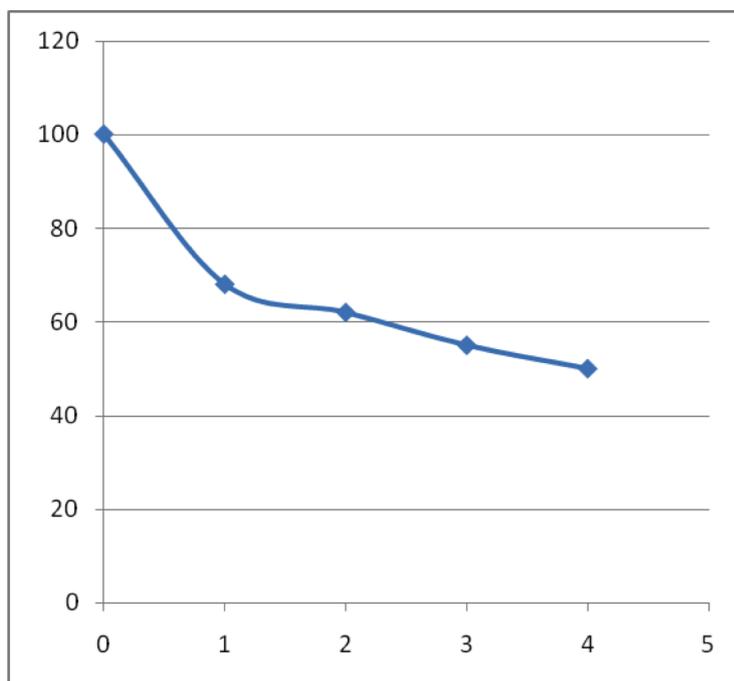
Per la produzione di centro da ondulare o di una copertina di media qualità, invece, il macero da utilizzare è prevalentemente di qualità A. La carta per sacchi o comunque ad uso Kraft ottenuta da fibre secondarie viene prodotta utilizzando macero di categoria C e D.

2.4. STRUTTURA DI INVECCHIAMENTO DELLE FIBRE ATTRAVERSO IL RICICLO

Nella produzione di fibra secondaria, indipendentemente dal prodotto finale e quindi dal ciclo produttivo, le caratteristiche della fibra attraverso i ripetuti trattamenti di riciclo della cartaccia vengono intaccate. I motivi di questo decadimento non sono solamente dovuti alla eterogeneità del macero da cui vengono recuperate le fibre, ai fenomeni degradativi che può subire, e al continuo accumulo di impurità.

Tutte le paste, dopo aver subito qualsiasi tipo di essiccamento, cioè all'aumentare dei cicli di recupero, vengono intaccate provocando un' invecchiamento della fibra, determinando così una perdita di una parte delle proprietà originarie di resistenza. Prove di laboratorio, simulanti il riciclo, hanno mostrato che le perdite maggiori si riscontrano sul legame interfibra, di conseguenza anche tutte quelle caratteristiche della carta che dipendono da questo fattore vengono compromesse, come la resistenza alla lacerazione, alla delaminazione, la trazione e lo scoppio.

% del valore originale



Il grafico mette in evidenza l'effetto del numero di ricicli sulle proprietà di resistenza di una pasta kraft. Dopo le prime fasi di riciclo, in cui il fenomeno del decadimento delle caratteristiche meccaniche è maggiore, si giunge a una situazione di stabilizzazione.

Numero di cicli

Inoltre attraverso i ripetuti trattamenti di riciclo della fibra si hanno anche inevitabili problemi con la ritenzione dell'acqua, fenomeno che si manifesta nella fase di drenaggio della sospensione fibrosa sulla tavola piana. Con l'aumentare dei numeri di cicli di lavorazione della cartaccia si osservano miglioramenti nelle caratteristiche di opacità, uniformità dei formazione, oltre che a una maggior ritenzione delle cariche.

Questo decadimento qualitativo della fibra secondaria, nel nostro caso, può essere recuperato in parte attraverso la raffinazione, intervenendo dopo il frazionamento solo sulla frazione lunga dell'impasto, in questo modo si va a ristabilire il potenziale legame tra le fibre; oppure con l'impiego dell'amido che ha proprio lo scopo di ristabilire le caratteristiche meccaniche della carta: aumenta l'indice di scoppio, la lunghezza di rottura e la resistenza allo strappo.

3. PRINCIPI DI EPURAZIONE

La carta e il cartone, al loro primo ciclo di vita, per poter servire all'uso cui sono destinati vengono combinati nelle successive lavorazioni con altri materiali e prodotti. Tutti questi materiali, indispensabili per trasformare la materia prima in prodotto finito, nella trasformazione della cartaccia in fibra secondaria vengono considerati i contaminanti da eliminare.

Tutte queste sostanze estranee all'impasto si possono dividere in:

- **Contaminanti fisici separati dalle fibre**, come film di alluminio e film di politene, prodotti per la rilegatura e il confezionamento come punti metallici, graffette e a questi si aggiungono le impurità che sono connesse con il magazzinaggio, la raccolta e il trasporto della cartaccia; come plastica, polistirolo, granelli di sabbia, vetro, terriccio e fili di ferro.
- **Contaminanti chimici legati alle fibre**, si tratta di inchiostri, vernici protettive, bitume e dorsi collati dei libri ottenuti con colle termo fusibili (hot melts). Questi ultimi contaminanti, più noti come stickies, sono molto problematici da eliminare perchè sensibili alle temperature e all'elementarizzazione in fase di pulperaggio, quindi possono facilmente rompersi o deformarsi eludendo così i sistemi di pulizia meccanici più tradizionali. Infatti un aspetto fondamentale dell'epurazione è quello di preservare l'integrità dei contaminanti, nella fase di spapolamento nel pulper, al fine di facilitarne l'immediato allontanamento nelle successive fasi di pulizia.

Il compito dell'epurazione è quindi quello di allontanare queste impurità e sporco dalla sospensione fibrosa consentendo il recupero della fibra secondaria.

Questa fase nella cartiera è di primaria importanza e i processi adottati per l'eliminazione dei contaminanti sono più o meno complessi in base al tipo di sporco presente e alla qualità che si vuole ottenere dalla fibra secondaria.

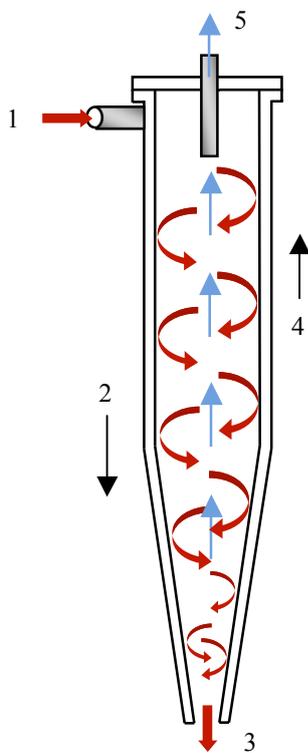
Per quanto riguarda la mia trattazione mi soffermerò sui sistemi di pulizia meccanici che rispecchiano da vicino la realtà della cartiera in cui lavoro e quindi destinati per l'allontanamento dei contaminanti fisici contenuti nel macero; tali tecnologie sarebbero pertanto inadeguate per allontanare dall'impasto tutti quei contaminanti legati chimicamente alle fibre.

Non esiste uno strumento in grado da solo di allontanare tutta questa gamma di sporco ma l'epurazione si basa sulla combinazione di due principi fondamentali che adottano due diverse tecnologie in base alla tipologia di contaminante.

Epurazione per differenza di peso specifico; gli strumenti utilizzati sono epuratori (cleaners) che allontanano le impurità più pesanti o più leggere (reverse cleaners) della sospensione fibrosa.

Epurazione per differenza di dimensione e forma; le macchine in oggetto sono gli assortitori (screen) che allontanano i contaminanti dall'impasto con dimensione e forma diversa da quella delle fibre.

3.1. EPURAZIONE PER DIFFERENZA DI PESO SPECIFICO: I CLEANERS



Schema di epuratore centrifugo:

1. *Entrata tangenziale dell'impasto*
2. *Discesa delle particelle pesanti lungo la parete esterna*
3. *Uscita dello scarto*
4. *Risalita dell'impasto fibroso nella parte centrale*
5. *Accettato*

Gli epuratori centrifughi, più comunemente chiamati cleaners, rappresentano il sistema più efficace, in termini di tempo e capacità produttiva, per allontanare dalla sospensione fibrosa i contaminanti con peso specifico superiore a quello della fibra.

Il cleaner è formato da un corpo conico unito ad una parte superiore cilindrica dove si trova l'ingresso dell'impasto e, più in alto, l'uscita dell'accettato; all'estremità inferiore del cono c'è un orifizio dal quale vengono scartate le impurità. L'impasto viene pompato tangenzialmente (1) all'interno dell'epuratore dove la pressione si converte in energia cinetica che imprime al liquido un movimento rotatorio.

L'effetto vortice che si crea all'interno del corpo cilindrico tende a separare le particelle di sporco più pesanti, spingendole all'esterno (2) e facendole scendere lungo

la parete conica dove la velocità del liquido aumenta e si ha la massima forza centrifuga, qui le impurità vengono scartate attraverso il foro di uscita (3).

Nel punto di massimo restringimento del cono, dove il liquido, essendo incomprimibile, non può più scendere e si ha un'inversione del moto (4) e la sospensione fibrosa risale verso l'alto nella zona centrale per raggiungere l'uscita dell'accettato.

L'allontanamento per gravità dei corpi estranei sospesi in un liquido è causato dai diversi effetti di una forza esterna applicata sul liquido e sulle particelle e dalla resistenza che hanno quest'ultime a muoversi nel liquido. Il moto di una particella in un flusso sotto l'influenza della forza centrifuga è descritto dalla seguente equazione:

$$u = \frac{v^2 (\varphi_s - \varphi_l) d^2}{18 \nu r}$$

dove:

u = è la velocità di sedimentazione (efficienza del cleaner);

v = velocità di flusso del liquido in un corpo cilindrico di raggio r ;

φ_s = massa volumica della particella;

φ_l = massa volumica del liquido;

d = diametro della particella;

ν = viscosità del liquido.

Questa equazione mette in evidenza:

- 1 - L'importanza del peso e delle dimensioni delle particelle di contaminante, infatti la separazione è maggiore quanto maggiore sia il valore di " φ_s " e " u " aumenta con il quadrato di " d ".
- 2 - La velocità di sedimentazione, ovvero la forza con cui si separano è proporzionale al quadrato della velocità del liquido, questo spiega quanto sia determinante un'elevata pressione data all'impasto in entrata.
- 3 - L'effetto di separazione è inversamente proporzionale al raggio dell'epuratore, ciò significa che a parità di tutte le condizioni operative l'efficienza del cleaner è maggiore quanto più piccolo è il suo diametro;
- 4 - Un ultimo aspetto che mette in luce l'equazione riguarda l'influenza dalla viscosità dell'impasto, infatti la velocità di sedimentazione diminuisce all'aumentare di " ν ".

La densità ottimale a cui operano gli epuratori centrifughi di testa macchina oscilla tra lo 0,6-0,8% , una diluizione ulteriore dell'impasto migliorerebbe le prestazioni, facendo però insorgere problemi legati all'aumento del costo energetico.

Un discorso a parte va fatto per i cleaner ad alta densità (vedi capitolo 5.3 “epuratore EPD”)

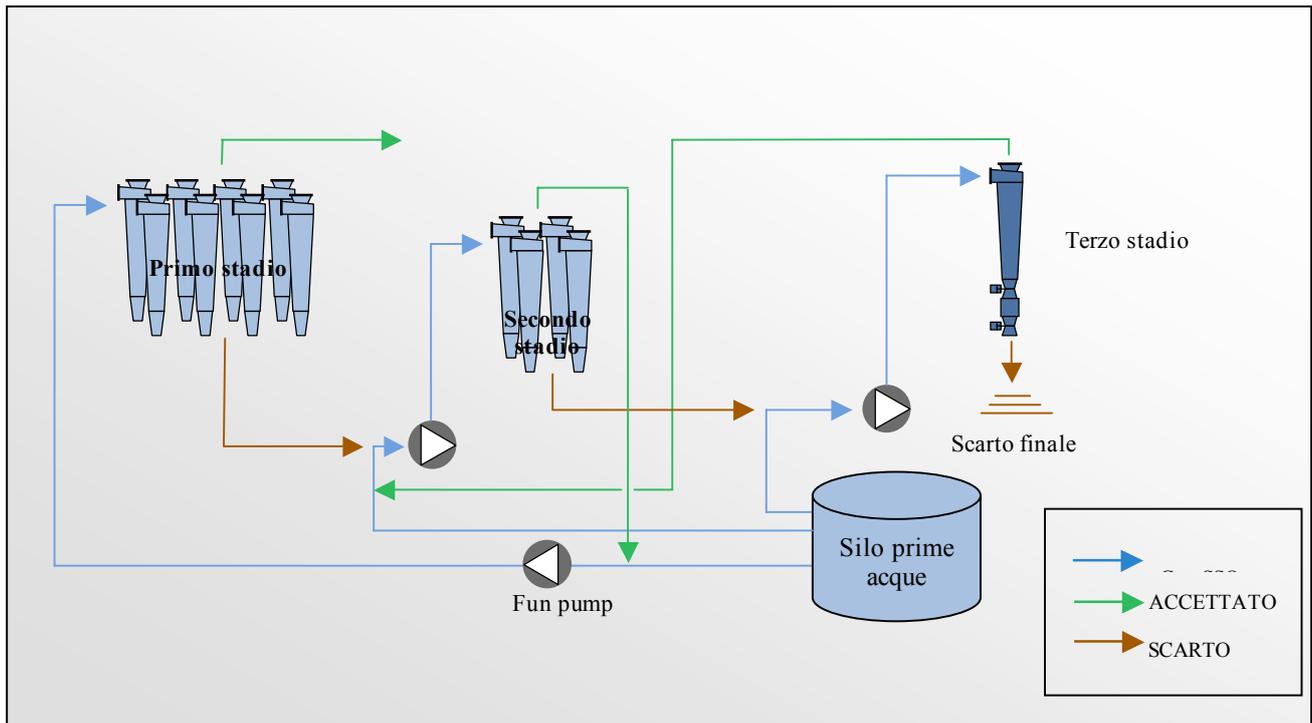
che eliminano dalla sospensione fibrosa, fino ad un secco del 5%, qualsiasi contaminante il cui peso specifico sia superiore a quello della fibra. A densità fino al 4,5% riescono a eliminare anche corpi pesanti più fini come granelli di sabbia e frammenti di vetro, trovando pertanto utilizzo nei sistemi di de-sabbiatura.

Obiettivo di un impianto di epurazione è quello di allontanare la massima quantità di sporco dall'impasto con la più bassa perdita di fibra possibile. Considerando che il 100% di efficienza non è raggiungibile, una resa soddisfacente si considera intorno al 90%.

Dal momento in cui i cleaner non hanno una camera di raccolta per lo sporco, che esce in continuo, ciò non impedisce che una parte di fibra venga scartata con il contaminante.

È per questo che nell'epurazione a bassa densità (epurazione di testa macchina) i cleaner sono installati in batterie di più stadi, in cui soltanto l'accettato del primo stadio viene inviato al centriscreen e poi alla cassa d'afflusso. Lo scarto del primo stadio diventa così l'alimentazione del secondo stadio il cui accettato torna all'alimentazione del primo stadio, mentre lo scarto del secondo stadio viene mandato in alimentazione al terzo stadio di epurazione. Nella parte inferiore del cleaner, dove si accumulano i contaminanti per essere allontanati, la densità aumenta, (infatti la densità dello scarto supera anche più del doppio la densità dell'ingresso) per questo quando lo scarto diventa l'alimentazione di uno stadio successivo deve essere nuovamente diluito, per garantirne il corretto funzionamento e per evitare l'intasamento dell'epuratore. Inoltre va ricordato che l'impasto in alimentazione allo stadio successivo ha sempre una densità inferiore allo stadio precedente, questo perché essendo più ricco di contaminante, il rendimento dell'epurazione aumenta con la diluizione.

Sull'ultimo stadio solitamente è montato, nella parte inferiore del cleaner, un stock saver (scarto temporizzato), dispositivo che tramite all'ingresso tangenziale di acqua di contro pressione ripristina il movimento rotativo, riducendo la densità dello scarto. La fibra viene separata nuovamente dallo sporco e viene spinta dall'acqua di contro pressione verso l'alto; tutto questo per ridurre ulteriormente le perdite di fibra e per concentrare le impurità che verranno poi espulse dal fondo.



Schema di impianto scleaners in cascata

FATTORE DI ADDENSAMENTO DELLO SCARTO

$$F = \frac{\text{DENSITA' DELLO SCARTO}}{\text{DENSITA' INGRESSO}}$$

I fattori che possono provocare l'addensamento dello scarto sono:

- 1 - Diametro dell'orifizio di scarto; al diminuire del diametro aumenta il grado di addensamento dei contaminanti.
- 2 - Pressione di ingresso; con l'aumentare della pressione la densità di scarto aumenta molto in quanto la velocità di sedimentazione dei contaminanti è proporzionale al quadrato della velocità del liquido, (velocità che si imprime al liquido con la pressione di ingresso).
- 3 - Densità di ingresso; con l'aumentare della densità in ingresso cresce anche il fattore di addensamento dei contaminanti, ma oltre una certa densità il cleaner non funziona più, in quanto non ci sono le condizioni interne per generare la forza di separazione tra le particelle di sporco e le fibre, e tutta la pasta che entra viene anche scartata.

3.2. EPURAZIONE PER DIFFERENZA DI DIMENSIONE E FORMA: GLI SCREEN

Lo Screen, è lo strumento per allontanare dall'impasto i contaminanti con dimensione e forma superiore e diversa da quella delle fibre.

Le variabili da considerare sono:

1 - Impasto:

Dipendono dal tipo di fibre, dalla scolantezza e dal tipo e dalla quantità di contaminante presente.

2 - Condizioni operative:

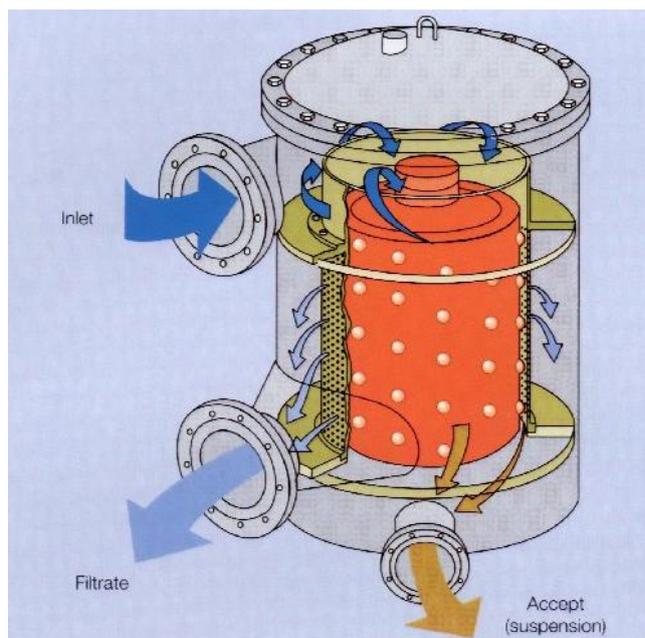
a) Per gli screen la **consistenza** dell'impasto è una variabile importante in quanto densità eccessive possono provocare l'intasamento dell'assortitore e compromettere la sua efficienza. E' proprio per questo che gli screen sono studiati e dimensionati proprio in base alla loro densità operativa. In un impianto di epurazione a media densità che lavora al 4-5% , l'impasto viene diluito progressivamente con l'avanzare degli stadi di epurazione per scongiurare ogni possibilità di intasamento, poi viene riaddensato prima di proseguire nelle fasi di processo. Lo screen di testa macchina lavora invece a densità più basse intorno allo 0,6-0,8% e la sua funzione è quella di proteggere la macchina continua da possibili impurità rimaste nell'impasto.

b) **La velocità di rotazione**, assieme alla caduta di pressione interna e alla contropressione di uscita determina il grado di pulizia.

c) **Temperatura** dell'impasto; per maceri con forte presenza di contaminante sensibile alla temperatura (adesivi) si consiglia di non andare oltre i 40°C. per non provocarne la deformazione, che renderebbe inefficiente lo screen.

3 - Screen design:

cioè il tipo di cestello e il tipo di rotore utilizzati; lo screen design è studiato in funzione alle condizioni operative dell'assortitore.



Schema di screen centrifugo con rotore interno. Nella parte superiore è visibile l'ingresso della pasta, che viene spinta dal rotore a separarsi dalle impurità che rimangono trattenute all'interno del cestello, dove vengono espulse in continuo dal basso. L'accettato "filtrato" che passa attraverso il cestello viene evacuato in basso a sinistra.

Lo screen è un corpo cilindrico chiuso e pressurizzato alimentato in continuo da un ingresso tangente per l'impasto; ha due uscite, una per l'accettato e l'altra per lo scarto. Quest'ultimo trattenuto nell'assortitore deve essere eliminato in continuo per evitare un intasamento nella zona filtrante.

Il corpo cilindrico possiede un altro ingresso, quello dell'acqua di diluizione, fondamentale per impedire l'intasamento della macchina; inoltre sulla parte superiore c'è una valvola di sfiato per l'aria; questa deareazione continua viene sfruttata soprattutto negli assortitori di testa macchina, che lavorano a basse densità, per rimuovere in parte i contaminanti leggeri presenti nell'impasto (come il polistirolo).

3.2.1. IL CESTELLO

La zona di separazione dello screen è costituita da un cilindro forato detto comunemente **cestello**, questo elemento costituisce la zona filtrante dell'assortitore, ossia il punto in cui la sospensione fibrosa viene separata dai contaminanti.

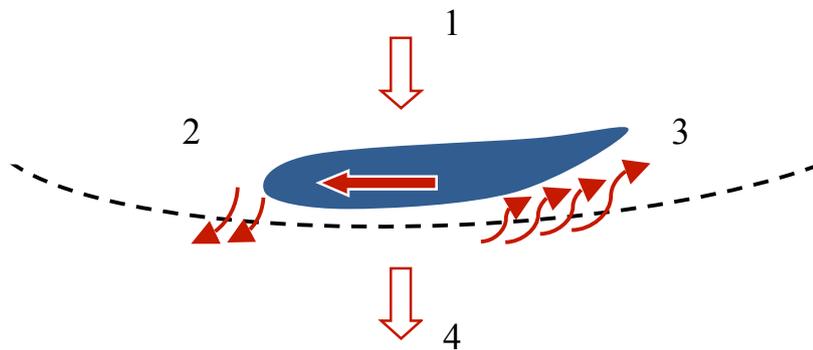
L'impasto, spinto a separarsi dalle impurità, nell'attraversare il cestello ha una caduta di pressione, in quanto quest'ultimo fa da sbarramento (ne consegue che la pressione di ingresso è sempre superiore a quella di uscita). Per evitare che lo screen si intasi è molto importante tenere sotto controllo la pressione di ingresso e di uscita, proprio per questo sono installati due manometri, uno sull'alimentazione e l'altro sull'accettato per verificare che il ΔP (differenza di pressione) sia minima (circa 0,2 bar).

I cestelli possono essere a fori o a fessure; per quelli a fori si hanno dimensioni comprese tra 1,4 e 3 mm, hanno una forma ad imbuto svasata dal lato pasta accettato per favorire la fuoriuscita della pasta ed evitare problemi di intasamento. Per il cestelli a fessure le dimensioni sono comprese tra 0,2 e 0,8 mm, sono molto più sottili ma più lunghe e questo a vantaggio della buona portata che devono garantire; anche per le fessure la forma e l'inclinazione è studiata per impedire intasamenti. Nei cestelli a fori vengono trattenute principalmente le impurità piatte, mentre in quelli a fessure le impurità cubiformi.



3.2.2. IL ROTORE

Per essere sicuri che le fessure o i fori del cestello non si occludano e che l'impasto sia spinto a dividersi dalle impurità interviene il **rotore**, un corpo rotante che si muove aderente al cestello. La sua superficie è coperta da un numero variabile di pale dal particolare profilo idrodinamico, in grado di provocare impulsi di pressione e depressione nei confronti delle aperture del cestello e dell'impasto.



Particolare sul funzionamento di una paletta in un assortitore a flusso centrifugo:

- 1 - Entrata della pasta;
- 2 - Nel bordo anteriore della paletta la pressione genera una spinta all'impasto favorendone l'uscita attraverso il cestello;
- 3 - Nella parte posteriore della paletta avviene una depressione (impulso negativo) che, agendo sull'impasto, inverte momentaneamente il flusso per mantenere pulita la superficie del cestello.
- 4 - Accettato.

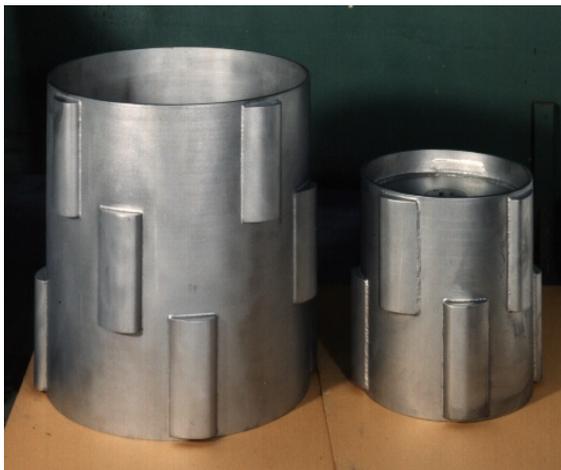
All'aumentare della velocità del rotore aumentano le forze di pulsazione che determinano un aumento delle pressioni e depressioni; di conseguenza la pulizia è più efficace.

Lo "screen design", ossia la forma costruttiva del rotore e del cestello, è determinante per generare le micro e macro turbolenze, indispensabili per l'efficienza e la portata della macchina. Per questo le palette dei rotori possono essere di numero e forma variabile per gestire al meglio anche le seguenti problematiche:

- **Volume di vuoto**, è lo spazio disponibile all'impasto, tra il rotore e cestello minore è questo volume e meno tempo ha la sospensione fibrosa per coagulare. La formazione di agglomerati di fibre all'interno degli screen è un danno in quanto potrebbero essere eliminate con lo scarto o provocare intasamenti alla macchina.
- **Riduzione delle pulsazioni**, è un'esigenza legata al mantenimento della regolarità del flusso, al fine di non interferire con il profilo della carta. Per venire incontro a questa esigenza si può intervenire in primo luogo sulla conduzione dello screen: mantenendo stabili le pressioni di ingresso e uscita e lavorando con una costante velocità del rotore. Inoltre è possibile intervenire sul design del rotore; esistono infatti configurazioni di rotori con una distribuzione uniforme delle palette su tutta la superficie del rotore, questa soluzione permette di generare impulsi di pressione e depressione costanti, evitando di imprimere all'impasto pulsazioni troppo violente.

Lo studio aerodinamico della forma delle palette dei rotori è in funzione anche della densità dell'impasto a cui l'assortitore dovrà operare.

Per le densità più basse (fino a 1%) sono preferibili palette con una forma più sottile denominata a **foils**; mentre con densità più alte (fino al 4-5%), le palette hanno una forma più grande del tipo a **bumps**. Questa diversificazione è dovuta alla diversa resistenza che oppone l'impasto al rotore al variare della consistenza.



Rotore tipo bumps



Rotore a foils

Per quanto riguarda il principio di funzionamento degli screen, il passaggio della sospensione fibrosa attraverso il cestello può avvenire dall'interno verso l'esterno (flusso centrifugo) o dall'esterno verso l'interno (flusso centripeto).

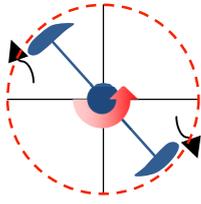


Fig.1 Flusso centrifugo con rotore interno al cestello

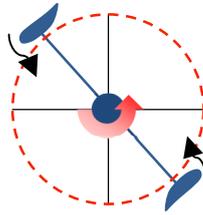


Fig.2 Flusso centripeto con rotore esterno al cestello

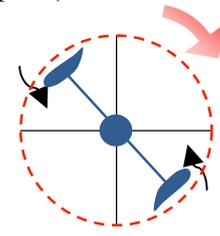


Fig. 3 Flusso centripeto con cestello rotante e rotore fisso

Inoltre, nel caso del flusso centripeto si può avere il rotore che gira esterno al cestello (fig.2), oppure il rotore fisso interno al cestello rotante (Fig.3)

Dovendo considerare le due tecnologie di screen possiamo affermare che stanno avendo molto sviluppo gli assortitori a flusso centripeto perché oltre che a presentare interessanti vantaggi sul consumo energetico presentano soluzioni migliorative ad alcuni problemi che si hanno con gli assortitori centrifughi.

Il primo aspetto negativo di uno screen centrifugo è il taglio del contaminante provocato dall'impatto tra il rotore e lo sporco più leggero come film di politene, alluminio e colle a caldo. Questo contaminante ridotto a piccole dimensioni abbinato alla forza centrifuga che spinge verso la superficie filtrante può facilmente eludere il cestello passandovi oltre. Un secondo aspetto negativo riguarda il danneggiamento della superficie del cestello che può essere causata dalla continua abrasione dei contaminanti più duri quando vengono schiacciati tra le lame del rotore e la superficie filtrante.

Negli screen centripeti con il cestello e il rotore rotante in cui il flusso avviene dall'esterno verso l'interno il primo aspetto positivo è la mancanza del rotore nell'area di ingresso della pasta, di conseguenza tutti quei contaminanti sensibili all'elementarizzazione (hot melts) non vengono rotti facilitandone così il loro allontanamento. Inoltre la superficie filtrante non viene danneggiata dai contaminanti pesanti dal momento che non vengono schiacciati tra il rotore e il cestello.

Un altro vantaggio è dato dall'effetto "lente", cioè la forma ellittica che incontra l'impasto entrando attraverso i fori del cestello, per cui il risultato di pulizia è migliore, un cestello con fori da 2,4 mm è paragonabile per qualità di pulizia a un cestello a fessure da 0,25 mm di diametro.

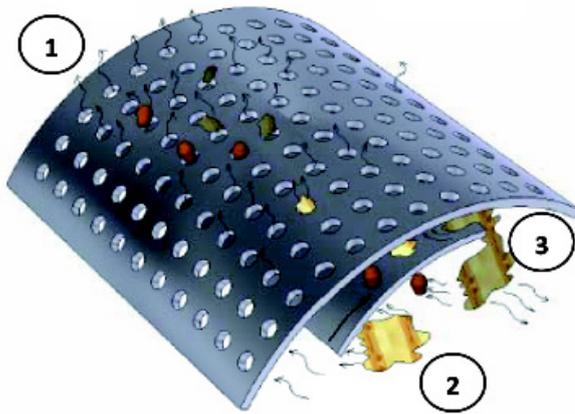


Fig. A Nell'immagine a lato si notano gli effetti di uno screen centrifugo con rotore interno rotante.

1. Lato accettato
2. Lato scarto
3. Situazione in cui si manifestano le forze di taglio sul contaminante più leggero colpito dai foils del rotore.

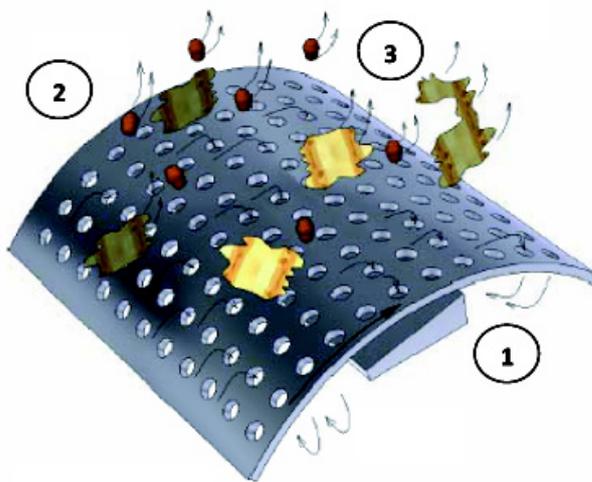
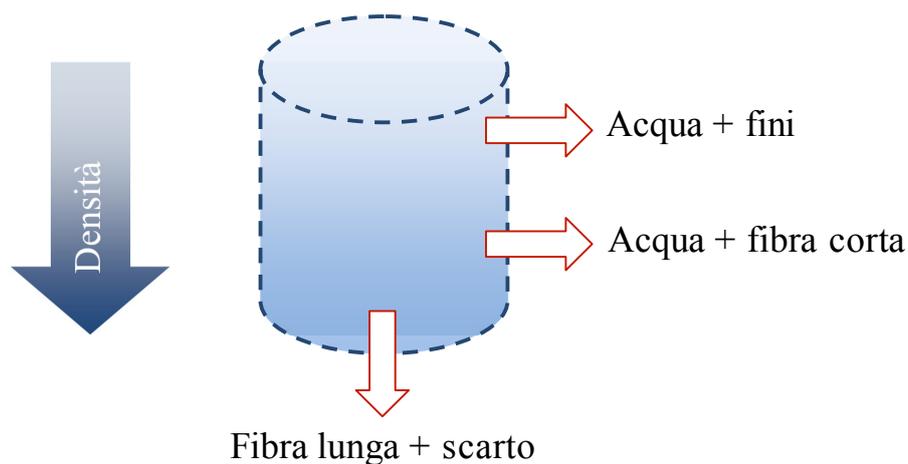


Fig. B Nell'immagine a lato si notano gli effetti di uno screen centripeto con rotore e cestello rotante..

1. Lato accettato
2. Lato scarto
3. La forza centripeta della rotazione del cestello allontana il contaminante evitando così di romperlo e di intasare il sistema.

3.2.3. IL FRAZIONAMENTO

Un'altra caratteristica molto importante legata allo screen è il frazionamento. L'impasto è una sospensione fibrosa disomogenea costituito in prevalenza da acqua, fibre corte, fini e fibre lunghe. Il frazionamento è l'esigenza di separare la frazione corta dalla frazione lunga per permettere di trattare in modo separato l'impasto. Nel caso della raffinazione è economicamente più conveniente operare solamente sulle fibre lunghe, ciò consente di gestire meglio l'energia specifica spesa per la raffinazione, che risulterebbe altrimenti sprecata su un impasto troppo disomogeneo. Nello schema riportato di seguito è possibile vedere che all'interno dello screen l'acqua e i fini, più leggeri, escono per prima seguiti dalla fibra corta; mentre le fibre lunghe tendono a scendere verso il basso, dove la densità dell'impasto aumenta per effetto dell'accumulo di fibre più pesanti e del contaminante. Per questo la frazione lunga viene scartata assieme allo sporco e serviranno ulteriori stadi di epurazione per poterla recuperare e ripulire.



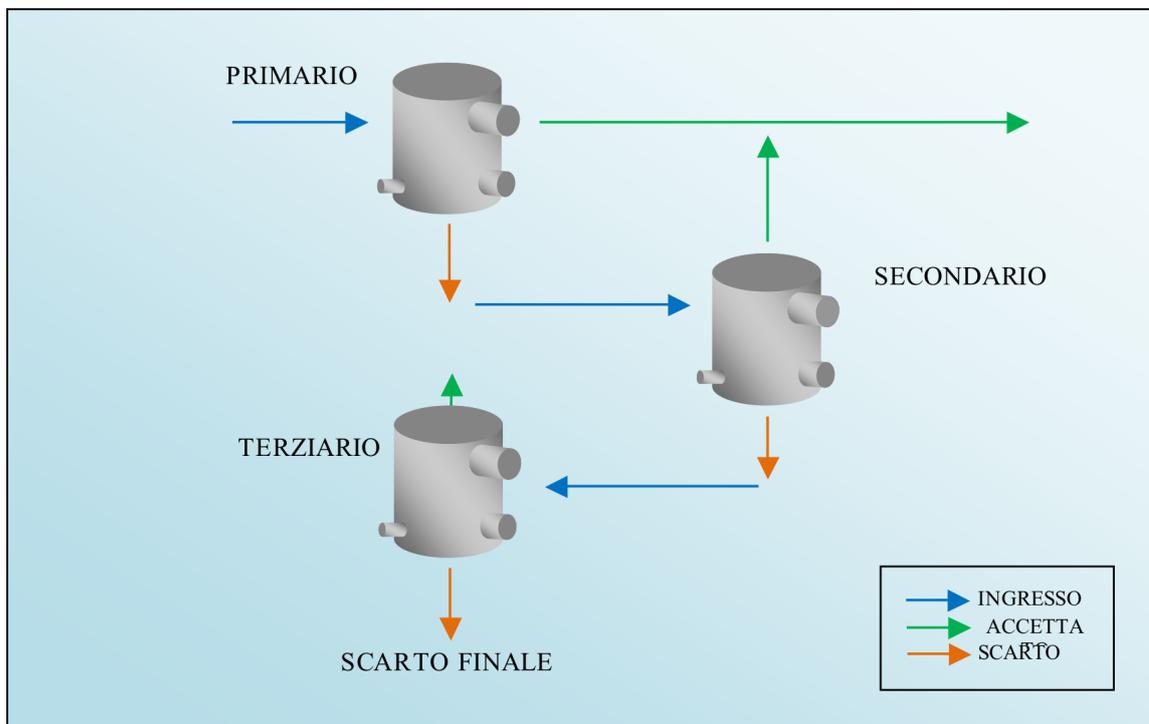
Nei frazionatori il principio non cambia, l'unica differenza è la percentuale tra accettato e scarto, che è in funzione dell'impasto e del macero che una cartiera utilizza. In un normale assortitore (che può arrivare a togliere anche l'80% dei contaminanti) lo scarto è di circa il 20% mentre un frazionatore è studiato per scartare anche il 40-50% della componente fibrosa per poterla successivamente recuperare e trattare in modo separato dalla frazione corta. È per questo che la frazione lunga subisce ulteriori stadi di epurazione per essere ripulita dal contaminante ancora presente.

3.2.4. COLLEGAMENTI DI DIVERSI TIPI DI SCREEN

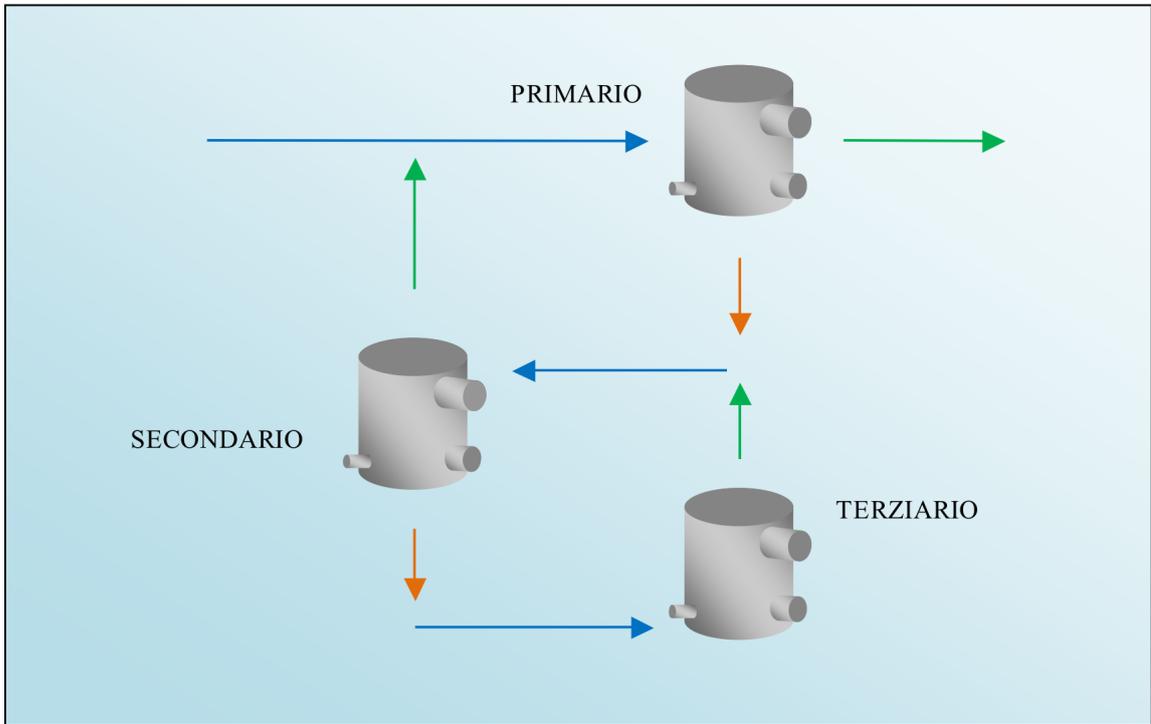
L'efficacia di un impianto di epurazione a screen non dipende solamente dalle caratteristiche dei singoli assortitori, ma anche dalla loro sequenza di disposizione.

Per ottenere buoni livelli di pulizia si dovrebbero installare assortitori a fori e a fessure in sequenza, diminuendo i diametri dei fori e delle fessure con l'avanzare degli stadi, per garantire non solo una pulizia più accurata dell'impasto ma anche un recupero della percentuale di fibre che vengono inevitabilmente scartate assieme ai contaminanti.

Negli esempi riportati di seguito si può notare che mentre l'accettato dello screen primario prosegue, il suo scarto diventa l'alimentazione del secondario. Nel caso dello schema A, l'accettato del secondario prosegue assieme all'accettato del primario, mentre nello schema B l'accettato del secondario torna ad essere l'alimentazione dello screen primario, garantendo in questo modo un miglior grado di epurazione dell'impasto. Lo scarto del secondario viene ripulito da un assortitore del terzo stadio per recuperare quelle fibre che torneranno all'alimentazione del secondo stadio.



Schema A



Schema B

4. CARATTERISTICHE DELLA CARTA “CK AVANA”

Obiettivo della seconda parte della tesi è di analizzare nel dettaglio il processo di epurazione della linea 1 della cartiera Saci. Questa linea produce carte con caratteristiche meccaniche molto diverse tra loro impiegando per questo diverse tipologie di macero, dalle qualità superiori kraft, alle cartacce e cartoni delle qualità ordinarie.

La carta presa in esame viene commercialmente identificata con la sigla “**CK Avana**”, se prendiamo in considerazione le sue caratteristiche ottiche possiamo aggiungere che si presenta di color marroncino, conferitogli dalla tonalità naturale dell’impasto, con l’aggiunta di due coloranti acidi in polvere, il rosso e l’arancione per correggere e mantenere costante la tinta. Altro aspetto fortemente caratteristico della carta “CK” è il doppio viso, quel fenomeno per cui il lato tela e il lato feltro del foglio presentano caratteristiche superficiali diverse. Questo fenomeno che è intrinseco al processo di fabbricazione della carta, se per la maggior parte delle carte viene visto come un difetto, non lo è per le carte riciclate destinate all’imballaggio, anzi questa caratteristica viene enfatizzata, per questo il lato feltro della “CK” ha una superficie liscia e soprattutto lucida.

Proprio per questo la carta “CK Avana” si contraddistingue per le tre differenti finiture superficiali, che le vengono conferite dopo la preseccheria attraverso il nip tra una pressa feltrata e il monolucido; in base al tipo di feltro marcatore installato, avremo:

- Il “**CK Avana Millerighe**”, che si presenta ricoperto di righe longitudinali larghe 2 mm e distanziate tra loro di 1mm.
- Il “**CK Avana Maxiriga**”, simile al precedente ma diviso in gruppi di 3 e 4 righe distanziati tra loro di 15 mm.
- Il “**CK Avana Monolucido**”, che ha la superficie completamente lucida.

Il principio della replicazione dipende dalle seguenti variabili:

- L’umidità della carta in ingresso: è fondamentale che la carta arrivi al nip con un determinato contenuto di umidità, nel nostro caso oscilla intorno al 35-40%, essendo presente anche una postseccheria dopo il monolucido. Umidità superiori renderebbero problematico il distacco della carta dal monolucido causandone la rottura; mentre nel caso di umidità troppo basse si determinerebbero una bassa resa in termini di lucido.

- Temperatura del monolucido: per ottenere una buona resa di lucido è importante che il monolucido abbia una temperatura più calda possibile, per questo è riscaldato da una linea di vapore indipendente alimentata a 5 bar.
- La pressione del nip con la pressa feltrata: nel punto in cui la carta abbraccia il monolucido, la pressa feltrata facilita il contatto carta-cilindro. Migliore è questo contatto più lucida sarà la carta in uscita.

Questa carta ha un range di grammatura compreso tra 55-110 gr/m².

Le sue caratteristiche meccaniche vengono misurate con frequenza attraverso le seguenti prove di laboratorio: lunghezza di rottura m.d e c.d., lacerazione, scoppio, Cobb 60 e porosità; risultando le più basse se paragonate ad altre carte prodotte sulla stessa linea. Nonostante la carta prodotta abbia basse caratteristiche, queste risultano sufficienti a garantirne lo scopo del prodotto finito, impiegato principalmente per la realizzazione di sacchetti senza idoneità all'alimentare (non possono cioè venire a diretto contatto con gli alimenti) e per specifiche lavorazioni nel settore tessile.

Le caratteristiche meccaniche della carta prodotta rispecchiano in gran parte la qualità e le caratteristiche del macero utilizzato per la formulazione della ricetta, pertanto la prima cosa importante da curare è la gestione ottimale della linea di preparazione impasti.

Selezionare al meglio il macero più adatto al tipo di carta prodotta, senza dimenticare che le caratteristiche del prodotto ultimato devono raggiungere determinati standard qualitativi; andare oltre i requisiti meccanici richiesti dal tipo di carta rappresenterebbe una perdita, non riconosciuta dal cliente.

Pertanto dopo formulazione della ricetta particolare attenzione va fatta per la fase di pulperaggio (dover una corretta gestione dell'energia specifica applicata potrà evitare inutili scarti di fibra), e di efficace pulizia dell'impasto dai contaminanti. Una buona gestione della linea deve tener anche conto di mantenere costante la densità dell'impasto per evitare ripercussioni in macchina al profilo di umidità e grammatura.

Inoltre un impasto pulito significa anche una minor usura della macchina e una maggior efficienza della stessa. In particolare in seccheria dove la diminuzione dello sporco (peci che ostruiscono la trama delle tele) si traduce in un maggior scambio termico, quindi efficienza e qualità.

Le caratteristiche meccaniche della carta prodotta possono essere migliorate agendo anche sulle seguenti variabili:

- L'utilizzo di materie prime non fibrose come l'amido cationico, che dopo la cottura nel suo impianto, la salda ottenuta viene aggiunta in continuo nella percentuale dell'1% in tina di macchina. La scelta del punto di immissione dell'amido nell'impasto è strategico per garantire un miglior ancoraggio alla fibra. I benefici dell'amido in massa non riguardano solo la resistenza del foglio ma anche l'aumento della ritenzione tra le fibre, fini e le cariche minerali.
- Conduzione della cassa d'afflusso; infatti particolare attenzione viene fatta alla quadratura che deve avere un valore due, cioè la lunghezza di rottura longitudinale doppia rispetto alla lunghezza di rottura trasversale. Per ottenere questo valore di quadratura con una cassa d'afflusso chiusa in pressione bisogna gestire il rapporto tra getto e tela in condizione di rush, ossia la velocità del getto deve essere superiore alla velocità della tela, in questo modo l'impasto cadendo sulla tela verrà in qualche modo frenato permettendo quindi alle fibre di disporsi in modo trasversale.
- Scuotitore, grazie al movimento oscillatorio che trasmette al cilindro capotela, favorisce una maggiore turbolenza e distribuzione della massa fibrosa da permettere una maggiore quadratura del forlio, conforme alle esigenze.

Per quanto riguarda la materia prima fibrosa, è importante considerare che per garantire la continuità delle caratteristiche della carta è fondamentale mantenere la ricetta pressoché inalterata, proprio per questo la costanza delle forniture di macero diventa un elemento predominante nel ciclo produttivo, che deve essere tenuta sotto controllo attraverso un archivio dati del macero in ingresso alla cartiera per facilitarne in seguito la gestione e l'utilizzo.

La ricetta per la formulazione della carta CK si compone di un 40% di fibra lunga e da un 60% di fibra corta, in particolare le categorie di macero utilizzate sono:

- **A2 Cartaccia**, composta da un misto di riviste e giornali, con un massimo del 50% di cartone. (fibra lunga presente: nessuna)
- **A5 Cartone "ondulato 100"**, comprende macero di cartone ondulato senza presenza di carte. (fibra lunga presente: 10%)

- **A6 Refili ondulatori**, comprende refili nuovi di cartone ondulato (scarti delle fustellatrici) esenti da stampa. (fibra lunga presente: 10%)
- **D1 Cartone kraft 2 nazionale**, casse, fogli e ritagli di cartone ondulato con copertina kraft. (fibra lunga presente: 30-40%)
- **D3 Cartoncino kraft TTP**, cartoncini tetrapack politenati usati. (fibra lunga presente: 100%)

Un aspetto importante da considerare sul macero è la resa, cioè il rendimento per unità di peso, ed esprime in percentuale quanto macero può diventare carta all'arrotolatore; viene calcolata attraverso la differenza di peso tra il macero scaricato in azienda e la carta finita caricata a magazzino. È un dato che deve tener conto dell'umidità del macero in ingresso, la quantità di contaminante che contiene al suo interno, il contenuto di cariche presenti e la percentuale di fibre scartate che si ha nell'impianto di epurazione. Questo valore non è uguale per tutti i maceri utilizzati e dipende proprio dalla sua qualità e dal numero e dal tipo di contaminanti presenti. Per esempio le categorie di macero prese sopra in considerazione hanno una resa 80 per la cartaccia, 90 per il cartone ondulato 100 e per i refili ondulatori, 87 per il cartone kraft nazionale, per quanto riguarda invece il tetrapack politenato la sua resa è tra le più basse, appena il 65%.

5. DESCRIZIONE DELLA PREPARAZIONE IMPASTI “LINEA 1”

Se consideriamo l’efficacia dell’epurazione, essa dipende non solo dalle caratteristiche dei singoli assortitori ma soprattutto dalla loro sequenza di disposizione, per questo bisogna fare una distinzione, nella preparazione impasti, tra l’epurazione a fori e l’epurazione a fessure. Infatti l’impianto di epurazione si compone di macchine intervallate in modo da prediligere una logica di pulizia prima a fori, poi a fessure

PULPER	Piastra forata da 14 mm	PRIMA FASE DI EPURAZIONE
PERA	Piastra forata da 4 mm	SECONDA FASE DI EPURAZIONE
CH 5	Cestello a fori da 2,5 mm	IMPIANTO EPURAZIONE FORI
DIABOLO’	Piastra forata da 3 mm	
FH 5	Cestello a fessure da 0,20 mm	IMPIANTO EPURAZIONE FESSURE
CH 7	Cestello a fessure da 0,22 mm	
CADRA	Cestello a fessure da 0,20 mm	

5.1. PRIMA FASE DI EPURAZIONE

La ricetta viene preparata sul nastro trasportatore con il macero selezionato e successivamente introdotta nel pulper che ha lo scopo di idratare le fibre riducendo la materia prima in una sospensione fibrosa pompabile, eliminando agglomerati di fibra che altrimenti verrebbero scartati successivamente, il tutto nel rispetto delle fibre.

Il pulper in questione utilizzato sulla linea 1 è un Maule da 27 m³, ha una capacità di carico pasta secca di 40q e un motore con una potenza installata di 500 kW che comporta un consumo energetico di:

$$\frac{(500 \times 0,8 \times 0,25) + (500 \times 0,5 \times 0,16)}{4t} = 35 \text{ kW h/t.}$$

Il pulper lavora ad alta densità (circa al 15%) in discontinuo, ossia prevede le seguenti fasi:

1. Caricamento H₂O
2. Caricamento ricetta
3. Spappolamento (15')
4. Prediluizione (1')
5. Scarico + diluizione (4')
6. Scarico (5')
7. Asciugatura (3')
8. Diluizione scarto (20'')
9. Scarico scarto (20'')

Le acque utilizzate dal pulper per il caricamento, la diluizione e il lavaggio dello scarto sono acque barometriche, ossia raccolte dal sottotela (seconde acque) e quelle che provengono dalla sezione presse della macchina continua, che vengono convogliate nella vasca di caricamento pulper. Un aspetto fondamentale nella fase di spappolamento è quello di preservare l'integrità dei contaminanti per poterli eliminare facilmente già nella prima fase di epurazione e nelle successive senza difficoltà.

La prima fase di epurazione della sospensione fibrosa avviene proprio nel pulper.

Al termine dello spappolamento, per mezzo dell'apertura di una valvola, la pasta viene fatta scaricare attraverso una piastra forata, composta da sei sezioni ciascuna con fori da 14 mm di diametro, che ha il compito di trattenere tutte le impurità più grossolane presenti nel macero, come pezzi di plastica, fogli di nylon, vetro, i fili di ferro che legavano le balle di macero e tutta la materia prima non sufficientemente elementarizzata. Per garantire che i fori della piastra non si intasino, compromettendo così l'efficacia della prima fase di pulizia, alla base della girante sono montati tre deflettori che ruotando aderenti ai fori della piastra, grazie alla loro particolare geometria creano degli impulsi che la mantengono pulita. Dopo la prima grossolana epurazione gli scarti trattenuti dalla griglia nel pulper vengono diluiti ed evacuati attraverso un portello nel "drum screen".

Questa macchina comunemente chiamata "trommel" è costituita da un corpo cilindrico che, ruotando su sé stesso e per mezzo di acqua di lavaggio ha la funzione di lavare i contaminanti evacuati dal pulper, per recuperare eventuali residui di fibra rimasti loro attaccati.

L'acqua ricca di fibre raccolte nella fossa trommel, assieme all'acqua drenata dalla pressa degli scarti, vengono reintrodotti nella vasca di caricamento pulper e quando questa è piena viene fatta defluire nella 5^a tina; mentre i contaminanti lavati vengono pressati attraverso una coclea a vite per ottenere la più alta percentuale di secco prima di inviarli alla discarica. Le acque raccolte nella 5^a tina vengono utilizzate per le diluizioni in tutto il processo di epurazione, mentre tutte le eccedenze escono dal processo e vengono inviate ai tre krofta sediflottatori che chiarificano le acque barometriche separandole dai fanghi leggeri (secondo il principio della flottazione) e dai fanghi pesanti (secondo il principio della decantazione).

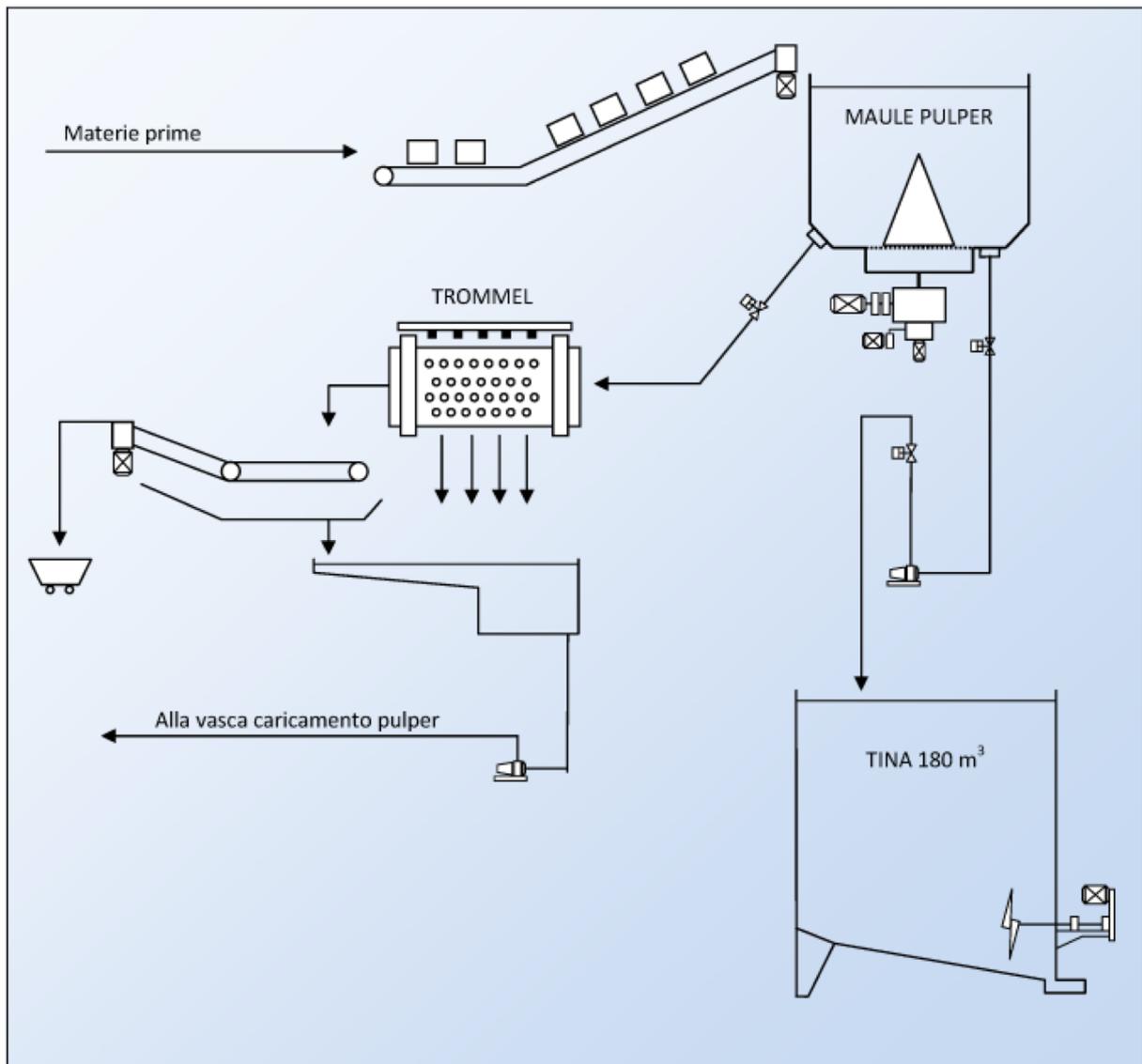
Da un'analisi visiva dei contaminanti trattenuti dalla piastra forata del pulper si possono notare soprattutto frammenti di politene e fogli di alluminio; questi scarti (fig.1) sono ricoperti da una notevole quantità di fibre che non sono riuscite a passare attraverso la griglia forata nella fase scarico della pasta dal pulper. Nella figura 2 sono



visibili gli stessi contaminanti dopo il lavaggio del trommel, come si può vedere una buona parte delle fibre che ricopriva gli scarti è stata rimossa e quindi recuperata con l'acqua di lavaggio.

Nel pulper l'impasto ha una consistenza di circa il 15%, ma terminato lo spapolamento avviene la prediluizione per favorire lo scarico del pulper, per questo una volta che l'impasto raggiunge la tina di scarico pulper (da 180 m³) ha una consistenza di circa il 6%.

In questa tina l'impasto viene lasciato per un tempo variabile in modo tale che le fibre, idratandosi meglio, possano rilasciare ancora delle impurità.



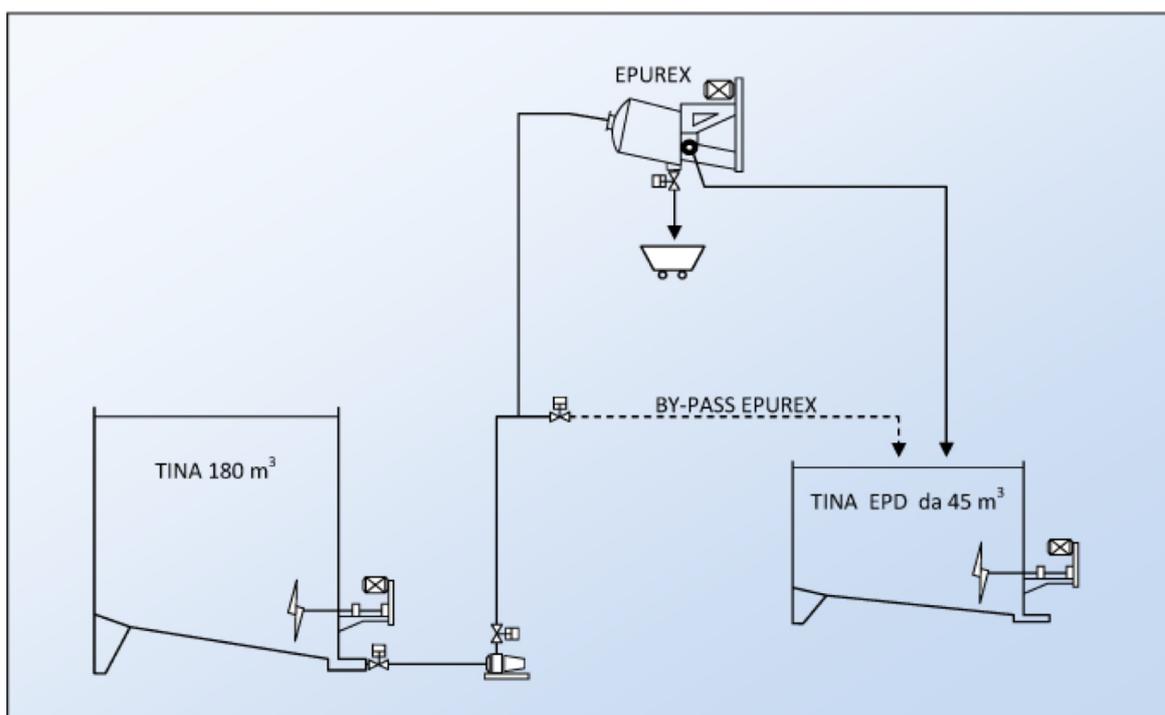
Schema 1, raffigurante la fase di spapolamento delle balle di macero.

5.2. SECONDA FASE DI EPURAZIONE: L'EPUREX

La seconda fase di epurazione della “linea 1” viene svolta dall’epurex. Si tratta di un epuratore cilindrico chiuso in pressione costituito da una piastra forata da 4 mm di diametro attraverso la quale l’impasto è spinto a separarsi dal contaminante. Aderente alla piastra forata c’è un’elica, dalla particolare forma aerodinamica, che girando impedisce allo sporco di occludere i fori, evitando così l’intasamento del sistema; inoltre il rotore dell’epurex è dimensionato per non tagliare il contaminante, altrimenti piccoli frammenti di sporco potrebbero eludere il sistema di pulizia passando attraverso la piastra.



L'epurex ha un sistema di scarico temporizzato, quando il cestello è pieno di contaminanti un ciclo di lavaggio provvede alla loro pulizia prima che lo sporco venga espulso dal basso, pressato attraverso una coclea a vite per essere disidratato.



Schema 2, raffigurante la seconda fase dell'epurazione

Nella foto in alto a destra si vede l'interno della pera, si nota l'elica e i contaminanti rimasti intrappolati nella piastra forata. L'immagine di sinistra ci mostra un campione di scarto evaquato dall'epurex e come è ben visibile dall'immagine ritengo che la fibra scartata sia considerevole, quindi mi sembra abbastanza improprio scartarlo senza ricorrere a un secondo stadio per ridurre le perdite di fibra. La perdita di fibre

scartate dalla pera è inversamente proporzionali all'energia specifica consumata dal pulper per ogni pulperata.

Questo significa che se il pulper non lavora in modo corretto per aprire tutti i fiocchi di fibre, questi agglomerati non passeranno attraverso la piastra forata da 4 mm della pera, pertanto verranno scartati assieme ai contaminanti.

L'acqua di lavaggio dei contaminati, anch'essa contenente fibre rimaste intrappolate allo sporco, viene mandata alla vasca di caricamento pulper, mentre la pasta accettata, che è passata attraverso la piastra forata, viene scaricata in una tina di svuoto da 45 m³, chiamata anche tina EPD; quando il livello di pasta scende in questa tina, l'epurex chiama pasta alla tina di scarico pulper.

5.3. L'EPURATORE A PASTA Densa: EPD

L'impasto dalla tina epd, alla densità di 4,5%, viene prelevato da una pompa e mandato alla terza fase di pulizia: il cleaner a pasta densa, che elimina dalla sospensione fibrosa qualsiasi contaminante "pesante" il cui peso specifico sia superiore a quello della fibra come graffette, sassolini e frammenti di vetro. Siccome lavora a una densità del 4,5% è in grado di allontanare dalla sospensione anche i corpi pesanti più fini. Nella figura in basso è infatti possibile notare la diversa granulometria dei corpi pesanti eliminati dall'epuratore.

La sua funzione è anche quella di proteggere i successivi sistemi di pulizia, in particolare i cestelli a fessure.

Il suo principio di funzionamento si basa sull'effetto vortice che si crea all'interno del corpo conico. Esso è determinato dalla pressione con cui il flusso entra tangente all'interno dell'epuratore, che si converte in energia cinetica (velocità) imprimendo all'impasto un movimento rotatorio che provoca la separazione delle particelle pesanti (che scendono verso il basso per essere scartate) dalla sospensione fibrosa che, più leggera, prosegue verso l'alto.

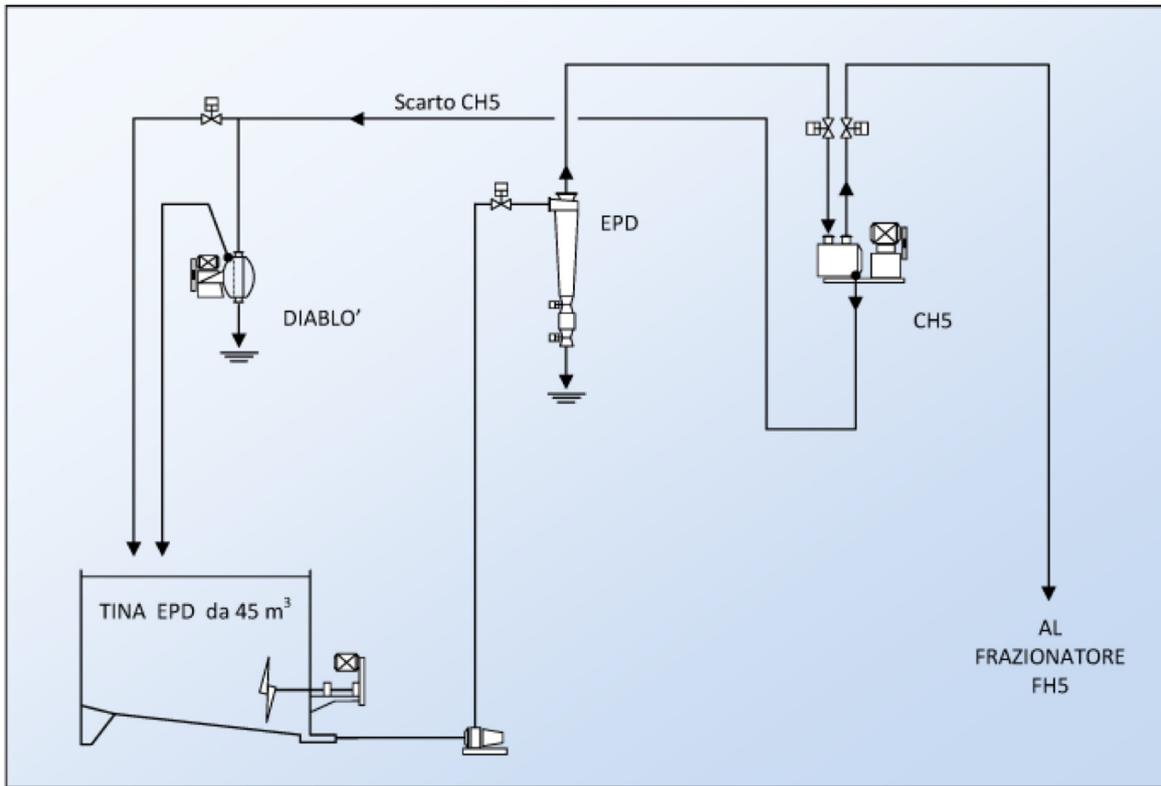
La pressione in ingresso al cleaner è di 3 bar, l'epuratore lavora con un ΔP di 1 bar, permettendo all'accettato di uscire con una pressione di 2 bar, sufficiente a far raggiungere la successiva fase di epurazione senza bisogno di una pompa.

Lo scarto è temporizzato, cioè termina con una camera di raccolta di vetro per lo sporco sulla quale è posizionato un ingresso tangenziale di acqua (provocando una riduzione della densità dello scarto) che mantiene la velocità di rotazione allo scopo di separare nuovamente le fibre rimaste attaccate al contaminante (verrebbero altrimenti

scartate), che muovendosi verso l'alto tornano con l'acqua di contro pressione nell'epuratore. La separazione tra le fibre e lo sporco è controllata per mezzo di una valvola di immissione dell'acqua di contropressione; (aumentandone la portata diminuisce lo scarto, ma esagerando c'è il rischio di far risalire lo sporco nell'epuratore facendolo uscire dall'alto con l'accettato). Lo sporco procede verso il basso accumulandosi nella camera di raccolta per un tempo pre impostato, quando interviene una valvola pneumatica che fa evacuare i contaminanti.



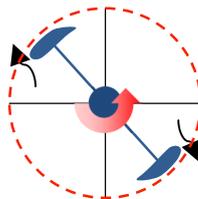
Contaminanti evacuati dalla camera di raccolta temporizzata dell'EPD.



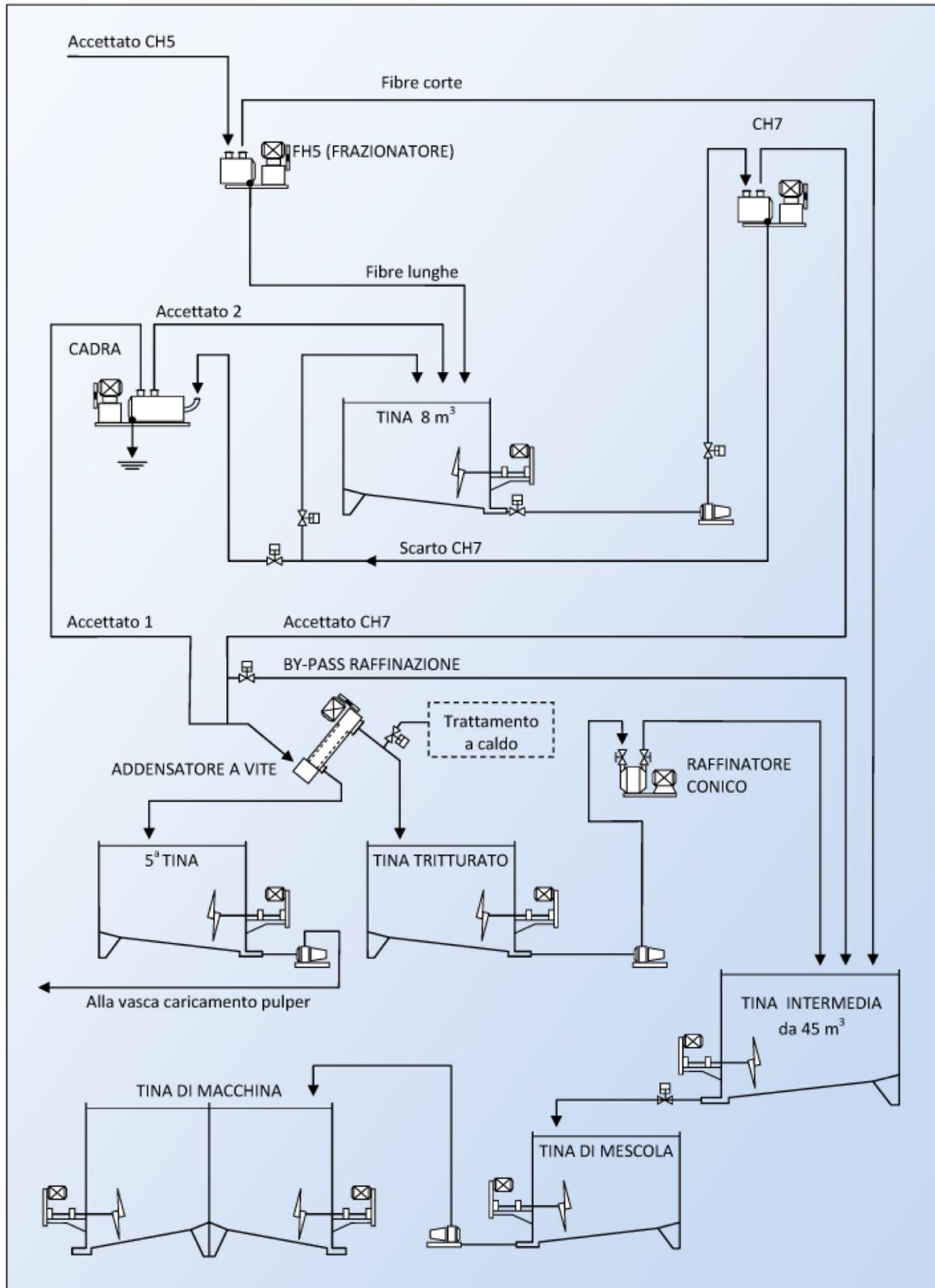
Schema 3A, raffigurante l'epuratore EPD e l'impianto screen.

5.4. L' IMPIANTO SCREEN

Gli screen utilizzati nell'impianto di epurazione della "linea 1" sono di tipo orizzontale a flusso centrifugo con rotore interno al cestello, cioè la sospensione fibrosa è spinta a separarsi dalle impurità passando attraverso il cestello, che trattiene queste ultime al suo interno per espellerle in continuo.



L'accettato dell'epuratore EPD, grazie alla sua pressione di uscita raggiunge lo screen CH5 con fori da 2,5 mm di diametro; lo scarto viene mandato al DIABLO' per essere ripulito, questa macchina non è uno screen, ma una pera con scarto temporizzato, il suo elemento filtrante pertanto è una piastra con fori da 3 mm di diametro. L'accettato del DIABLO' torna in dietro, in tina EPD, mentre lo scarto viene evacuato e mandato a una pressa per essere disidratato prima di essere stoccato per la discarica. Da questo momento termina l'epurazione a fori; l'accettato del CH5 va in alimentazione del FH5, un frazionatore a fessure da 0,20 mm di diametro che ha lo scopo di dividere l'impasto nelle sue due frazioni:



la fibra corta e la fibra lunga, per essere lavorate in modo diverso, questo comporta una migliore gestione dell'energia specifica spesa per la raffinazione.

La frazione corta viene stoccata in tina intermedia da 45m³, ed è considerata pulita.

La frazione lunga, che contiene ancora dei contaminanti, viene stoccata in una piccola tina polmone da 8m³ per essere inviata ad altri due stadi di epurazione, il primo stadio è rappresentato dal CH7, screen a fessure da 0,22 mm di diametro. Lo scarto viene inviato ad un secondo stadio, il CADRA, screen a doppio cestello con fessure da 0,20 mm che ha la funzione di recuperare le fibre residue. Il CADRA è uno screen molto avanzato che ha un sistema di lavaggio automatico che entra in funzione ogni 15'; quando inizia il ciclo di lavaggio una valvola bypassa la pasta che torna nella tina da 8m³, al termine del lavaggio l'acqua e il contaminante vengono fatti evacuare da una valvola di scarico. Il Cadra ha due accettati, l'accettato 2, più ricco di fini, torna indietro alla tina da 8m³, mentre l'accettato 1, più ricco di fibre lunghe, prosegue nel processo intercettando l'accettato del CH7.

Lo scarto del CADRA viene eliminato dalle fasi di processo di linea 1 ma riutilizzato per la linea 2, dove vengono prodotte carte come il "Fluting" e il "Camoscio C0" in cui la qualità del macero è tra le più basse e le caratteristiche meccaniche di queste carte (medio - basse) lo consentono.

La frazione lunga dell'impasto termina la sua epurazione con l'impianto screen, ma prima di ricongiungersi con la frazione corta, in tina intermedia, si avvia alla fase di addensamento, per preparare l'impasto alla raffinazione, dove un addensatore a vite porta l'impasto da una densità del 2% a un secco del 6.16%; (l'acqua recuperata dall'addensatore va in 5^a tina). L'impasto addensato viene stoccato nella tina di triturato per poi essere prelevato e inviato al raffinatore a doppio disco.

Trattandosi di un impasto fibroso ottenuto con macero bisogna considerare che le fibre, non essendo vergini, sono già state sottoposte a diversi cicli di lavorazione e per questo hanno già subito precedenti stress meccanici, cioè è già avvenuta una fibrillazione interna che ha collassato la struttura fisica della fibra (la fibra non ha più la sua rigidità originaria).

La carta "CK", a differenza di altri impasti prodotti sulla stessa linea, si compone di una bassa percentuale di cartone kraft, pertanto bisogna moderare l'energia specifica applicata all'impasto per non spingersi troppo avanti con la raffinazione altrimenti si predilige la formazione di parti fini, dovute al distacco completo di membrane e fibrille (dannose alla scolantezza dell'impasto), o ancora peggio il taglio delle fibre stesse (l'accorciamento delle fibra compromette le caratteristiche meccaniche del foglio); in poche parole la poca fibra lunga presente non deve essere maltrattata.

Nel caso della carta in questione lo scopo della raffinazione è quello di riattivare la fibrillazione esterna che porta alla generazione di membrane e filamenti che aumentano la possibilità di formazione di legami tra le fibre.

Proprio per le basse caratteristiche meccaniche previste per la carta “CK Avana” l’energia specifica necessaria per la raffinazione (espressa in kW h/t) è molto bassa, tanto che recentemente sono in corso delle prove sull’impasto bay passando il raffinatore.

L’impasto non raffinato ha determinato dei fenomeni sul comportamento della pasta in macchina tutti in relazione tra loro, producendo infine i seguenti effetti positivi:

- Impasto più magro
- Linea d’acqua sulla tavola piana più arretrata.
- Possibilità di dare più acqua, cioè di diluire maggiormente l’impasto in C.A.
- Formazione più bella.
- Aumento della produzione.

Le prove effettuate in assenza del raffinatore hanno dato origine a una carta con caratteristiche meccaniche entro i parametri consentiti per il CK , ma il decadimento delle caratteristiche della carta non tardavano a diminuire alla minima variazione della ricetta. Per ora rimangono delle prove, tentativi che ci fanno capire che la raffinazione per questo tipo di impasto non riveste una grande importanza e che può essere evitata, ma fanno ulteriormente riflettere sull’importanza di mantenere la ricetta inalterata, obiettivo non sempre facile da mantenere data la grande disuniformità del macero.

Dopo la raffinazione l’impasto viene nuovamente diluito e stoccato in una tina intermedia, per passare poi nella tina di mescola dove alla sospensione fibrosa vengono aggiunti due coloranti acidi giallo e rosso, per correggere e mantenere costante per tutta la produzione il tipico colore avana dell’impasto, prima di passare alla tina di macchina.

Si conclude il ciclo della preparazione impasti e la pulizia a media densità; ora la sospensione fibrosa, prima di entrare in cassa d’afflusso, entra nel circuito di testa macchina dove avviene l’ultima fase di epurazione, quella a bassa densità.

5.5 CENNI SUL TRATTAMENTO A CALDO

La “linea 1” prevede anche un impianto di trattamento a caldo, sebbene ormai in disuso da qualche anno vale la pena parlarne brevemente.

Il suo scopo non è quello di rimuovere ulteriormente i contaminanti rimasti nell’impasto ma di procedere alla loro dispersione, soluzione particolarmente interessante per le cere e le peci, che non vengono eliminate fisicamente, ma disintegrate e disperse ingannando in questo modo la percezione che ha l’occhio umano dello sporco.

L’impianto si sviluppa in altezza, in questo modo la pasta avanza per caduta, ed è costituito da un addensatore a vite che porta l’impasto da una densità del 2% all’8%. Segue la pressa a vite costituita da una coclea che ruota aderente all’interno di un cestello forato permettendo di raggiungere all’impasto un secco del 35%.

Dopo la fase di addensamento l’impasto viene spinto da un trasportatore a vite in un disintegratore, che frammenta i pezzi di pasta più dura per favorire un migliore scambio termico nella successiva fase. Nella fase di riscaldamento l’impasto entra in un tunnel nel quale viene immesso vapore per raggiungere la temperatura prevista, circa 80°C con l’aggiunta di perossido o acqua ossigenata. La parte finale del trattamento è svolta dal tritatore, cui scopo è quello di ridurre le particelle di sporco a dimensioni invisibili. Al termine del trattamento l’impasto viene nuovamente reidratato e riportato alla consistenza operativa.

Questo trattamento è stato abbandonato in quanto l’impianto, con i continui incrementi della produzione, è divenuto sottodimensionato per i 50q/h di carta prodotta sulla linea 1.

6. ANALISI SULLA PASTA NELL'IMPIANTO DI EPURAZIONE.

Per approfondire l'impianto di epurazione della "linea 1" ho condotto una semplice analisi per controllare la consistenza della pasta in ingresso, uscita e sullo scarto di ogni screen al fine di verificarne il corretto funzionamento.

L'analisi è stata condotta attraverso il prelievo di un campione di 250 gr. di pasta (prelevata per ogni screen) per realizzare attraverso un semplice forma fogli dei campioni, che dopo l'essiccamento in stufa sono stati pesati e portati a % di densità per gr/l.

SCREEN	% CONSISTENZA			
	INGRESSO	ACCETTATO		SCARTO
CH5	5,3	4,4		7,6
DIABOLO' (pera)	3,8	2		3,7
FH5 (frazionatore)	4	3,2 (frazione lunga)	3,8 (frazione corta)	-
CH7	3,86	2		6
CADRA	3,2	2,4 (accettato1)	0,6 (accettato2)	0,16

Considerando i dati relativi alla tabella, viene spontaneo chiedersi il perché di alcuni valori; per esempio lo scarto dello screen CH5 ha una densità del 7,6% ma risulta essere del 3,8% quando diventa l'alimentazione del DIABOLO', la stessa considerazione va fatta per lo scarto del CH7 che diventa l'alimentazione del CADRA. Come sono dunque spiegabili queste incongruenze di densità? La spiegazione è semplice: nell'impianto di epurazione l'impasto quando diventa l'alimentazione di uno stadio successivo viene diluito con acqua per ottimizzare le condizioni operative ed evitare il pericolo di intasamenti.

Sempre dalla tabella, si può constatare che la densità in ingresso è sempre superiore a quella dell'accettato, questo dato si spiega con il fatto che l'acqua, assieme ai fini è il primo elemento a passare dai fori o fessure di ogni cestello o piastra forata. Per questo l'accettato risulta sempre più diluito anche dello scarto, che si comporta in maniera opposta. Infatti se si considerano gli assortitori primari (CH5 e CH7), all'interno dei loro cestelli, le fibre lunghe e più pesanti tendono a scendere verso il basso, dove la

densità dell'impasto aumenta e vengono scartate assieme al contaminante; verranno perciò recuperate negli screen secondari.

L'analisi visiva sui campioni di pasta realizzati con i filtrini mette in chiara evidenza la riduzione dei contaminanti, nonché del loro tipo e dimensioni, man mano che l'impasto avanza nel processo di epurazione.

Le tre immagini riportate di seguito sono inerenti al Diabolò, una pera con piastra forata da 3 mm, che assolve le funzioni di assortitore secondario in quanto il suo ingresso è lo scarto del CH5. Da una mia valutazione visiva sul campione deduco che lo scarto, destinato alla discarica, presenta ancora una considerevole quantità di fibra, che potrebbe essere ridotta. Un'ipotesi potrebbe essere una maggior diluizione della pasta all'ingresso, anche se a mio parere l'intervento più corretto consiste nell'invertire le posizioni delle due macchine, mettendo il DIABOLO' al primo stadio e il CH5 al secondo, con il compito di recuperare le fibre scartate dalla pera (DIABOLO'). Questa soluzione è avvalorata dal fatto che per ottenere buoni risultati di pulizia i fori si dovrebbero ridurre con l'avanzare dell'epurazione, quindi in questo caso l'impasto dovrebbe passare prima la piastra forata da 3 mm della pera, mentre lo scarto potrebbe essere ripulito dal cestello di 2,5 mm del CH5.



INGRESSO



ACCETTATO



SCARTO

Le 4 foto riportate di seguito riguardano il CADRA, screen secondario che pulisce lo scarto del CH7, il suo cestello ha fessure da 0,20 mm. Il CADRA è quindi alimentato da una sospensione che non è riuscita a passare dalle fessure di 0,22 mm del CH7, e a mio giudizio questo dato è motivo del fatto che lo scarto è caratterizzato dalla concentrazione di sporco molto piccolo come piccoli frammenti di alluminio e polietene e fiocchi di fibre non sufficientemente elementarizzate, nonché polistirolo; inoltre anche grazie a una buona diluizione all'interno dell'assortitore la fibra scartata è minima.

È interessante osservare la differenza tra i due accettati: l'accettato 1, con una densità del 2,7% prosegue verso l'addensatore per essere raffinato, mentre l'accettato 2, caratterizzato da una densità molto bassa (0,6%) torna indietro all'alimentazione del CH7, proprio a causa dello sporco ancora presente al suo interno.



INGRESSO



ACCETTATO 1



SCARTO



ACCETTATO 2

7. EPURAZIONE A BASSA DENSITÀ.

L'ultima fase di pulizia dell'impasto è l'epurazione di testa macchina, definita anche pulizia a bassa densità perché la pasta prelevata dallo stuff box viene diluita con l'acqua del silo. La diluizione permette le condizioni interne ai cleaners ottimali per generare la forza di separazione tra le particelle di sporco e le fibre.

L'importanza dell'impianto di epurazione a bassa densità oltre che avere effetti positivi sulla pulizia della carta (eliminazione dei granelli di sabbia dalla superficie), riduce le forze di abrasione dell'impasto sugli elementi drenanti della tavola piana e su tutte le vestizioni della macchina continua, limitandone l'usura e aumentandone le prestazioni.

La pompa del primo stadio attinge l'acqua dal silo, allo stesso tempo il vuoto generato permette anche alla pasta nello stuff box di defluire attraverso le sezioni aspiranti della pompa, creando così una sospensione fibrosa alla densità del 1,3% . L'impasto entra nella batteria del primo stadio, composta da 10 cleaners, alla pressione di 1,5 bar. L'accettato del primo stadio esce ad un a pressione di 0,20 bar per raggiungere la fan pump dove viene ulteriormente diluito e inviato allo screen di testa macchina: SP-800. Lo screen a fessure da 0,20 mm ha le seguenti funzioni:

- Proteggere la cassa d'afflusso da eventuali contaminanti che non sono stati allontanati per differenza di peso, come agglomerati di fibra o materiale galleggiante (polistirolo).
- Rompere eventuali fiocchi di fibra che si sono formati, agevolando una migliore formazione del foglio.

L'accettato dell' SP 800 viene mandato in cassa d'afflusso mentre lo scarto inviato al vibrovaglio.

Il vibrovaglio è una macchina ormai obsoleta che ha il compito di recuperare la fibra agglomerata che non è passata delle fessure dell' SP 800. Data la sua scarsa efficienza, siccome scarta molta fibra, questa viene riciclata in impasti meno "nobili" sulla linea 2 .

Lo scarto evacuato in continuo dal primo stadio cleaners ha una densità di 1,8% e contiene anche una buona parte di materia fibrosa, che per recuperarla viene mandata al secondo stadio cleaners. La pompa del secondo stadio cleaners prima di inviare lo scarto del primo stadio in alimentazione al secondo lo diluisce, portandolo alla densità

operativa ottimale di 0,8%. L'impasto entra al secondo stadio (composto da 4 cleaners) con una pressione di 1,3 bar, i cleaners lavorano con un ΔP di 1,2 bar, permettendo all'accettato di uscire con una pressione di 0,29 bar alla densità di 0,8% e di tornare indietro in alimentazione del primo stadio. Lo scarto del secondo stadio esce alla pressione di 0,03 bar e ha densità di 1,1%; la pompa del terzo stadio lo diluisce ulteriormente e lo manda in alimentazione al terzo stadio, composto da un cleaners. L'ingresso al terzo stadio ha una pressione di 1,7 bar, lo scarto è temporizzato e termina in una camera di raccolta dove, per mezzo di acqua di contro pressione, si evita di scartare le fibre rimaste attaccate allo sporco. Lo sporco evacuato dal terzo stadio viene inviato alla coclea per essere disidratato e inviato alla discatica, mentre l'accettato torna in alimentazione del secondo stadio

8. BIBLIOGRAFIA

- Appunti di tecnologia cartaria del 16° corso annuale di tecnologia
- Materiale specifico del Prof. Paolo Zaninelli
- Introduzione alla fabbricazione della carta – Aticelca –
- Documentazione da internet