

**PARCOL** **Steam Conditioning and Steam Turbine Bypass Systems** 1

 Associazione Italiana Strumentisti  
 ISA Italy Section

**Giornata di Studio**  ASSOCIAZIONE TERMOTECNICA ITALIANA

**VALVOLE DI INTERCETTAZIONE E DI REGOLAZIONE  
E RELATIVI ATTUATORI  
PER L'INDUSTRIA DI PROCESSO**

Milano, 8 luglio 2015  
Auditorio TECNIMONT  
Via G. De Castillia, 6/A - 20124 Milano

**STEAM CONDITIONING AND  
STEAM TURBINE BYPASS SYSTEMS**

Ambrogio Perego - PARCOL SpA

Studio di progettazione e di regolazione e controllo di sistemi per l'industria di processo  
ITT - Associazione Termotecnica Italiana - Milano, il luglio 2015

## STEAM CONDITIONING and STEAM TURBINE BYPASS SYSTEMS

*Ambrogio Perego (PARCOL Technical Manager)*

The steam conditioning is very frequently required both in industrial applications, where the technological steam ensures thermal energy for industrial processes or for the operation of particular equipment, both in thermoelectric plants, where steam is the carrier fluid for the transport and the production of energy.

This paper provides a summary of various applications of steam conditioning and of their control logic; are also presented various typologies of desuperheaters, including valves for steam pressure reduction with integrated water injection primarily used for steam turbine bypass systems, but also for steam conditioning on industrial applications.

Selection criteria, pros and cons of various solutions and desuperheater typology are summarized, together with the influence of various process and geometric parameters, such as shape and arrangement of the nozzles and the layout of the pipelines.

Particular attention is paid to systems of steam turbine bypass, where other issues, such as thermal shock and p / T cycling should be considered for a correct design and construction of the valve and of the control system.

## Why steam conditioning is required

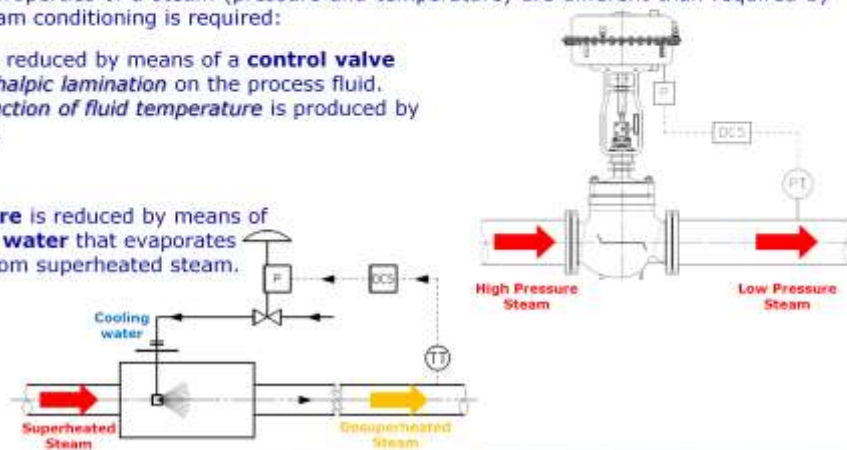
Steam conditioning is required on:

- ✓ **industrial applications**, where the technological steam ensures thermal energy for industrial processes or for the operation of particular equipment;
- ✓ **power plants**, where steam is the carrier fluid for the transport and the production of energy,

When thermodynamic properties of a steam (pressure and temperature) are different than required by specific application, steam conditioning is required:

**A. Steam Pressure** is reduced by means of a **control valve** operating an *isoenthalpic lamination* on the process fluid. *No appreciable reduction of fluid temperature* is produced by this transformation;

**B. Steam Temperature** is reduced by means of **injection of liquid water** that evaporates absorbing energy from superheated steam.



Il condizionamento del vapore è spesso richiesto in impianti di produzione vapore sia per impieghi industriali che per la produzione di energia.

I sistemi di condizionamento consentono di utilizzare un vapore con caratteristiche di pressione e temperatura superiori ai valori richiesti, riducendo pressione e temperatura fino ai valori richiesti dal processo.

La **riduzione della pressione**, qualora necessaria, viene realizzata mediante una **valvola di regolazione** che produce la pressione differenziale richiesta ed è controllata da un regolatore.

La **riduzione di temperatura** è realizzata mediante **immissione di acqua nel vapore surriscaldato**. L'evaporazione dell'acqua immessa assorbe energia dal vapore surriscaldato e produce un abbassamento della sua temperatura.

## Steam desuperheating: Enthalpy

The *enthalpy  $H$*  represents the fluid energy, it is the sum of *internal energy  $U$*  plus *mechanical energy  $p \cdot V$*  and it remains constant in a system that is not exchanging heat or work with exterior.

The *specific enthalpy  $h$*  is a *function of state* and it is *uniquely determined* by a couple of  *$p$*  and  *$T$*  values.

For this reason, the specific enthalpy  *$h$*  is used as *base for calculation, on steam conditioning systems*, by determining the required quantity of water to be mixed with the superheated steam to get the final specific enthalpy  *$h$* , correspondent to the pressure  *$p$*  and temperature  *$T$*  required.

Le condizioni termodinamiche di un vapore sono rappresentate da una coppia di valori pressione e temperatura cui corrisponde un ben preciso valore della funzione entalpia.

L'entalpia è una funzione di stato che rappresenta l'energia contenuta dal fluido: è la somma dell'energia interna, che consiste nel calore assorbito dal fluido, e dell'energia meccanica, rappresentata dal prodotto  $p \cdot V$ .

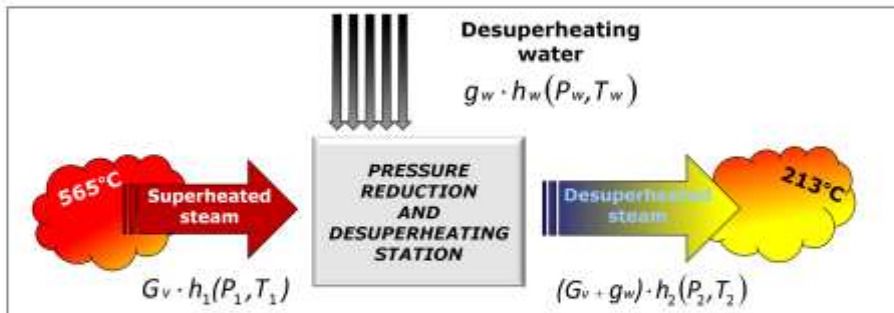
In un sistema chiuso, che non scambia calore e lavoro con l'esterno, l'entalpia rimane costante.

Per questo motivo l'entalpia specifica  $h$  del vapore è utilizzata come base per il calcolo, in sistemi di condizionamento del vapore, della quantità di acqua da miscelare con il vapore surriscaldato per ottenere l'entalpia specifica finale corrispondente alla pressione  $p$  e temperatura  $T$  richiesti.

## Steam desuperheating: water flow calculation

Law of the Conservation of Energy:

$$G_v \cdot h_1 + g_w \cdot h_w = (G_v + g_w) \cdot h_2$$



where:

$G_v$  = superheated steam flow

$h_1$  = superheated steam enthalpy (function of  $P_1, T_1$ )

$h_2$  = desuperheated steam enthalpy (function of  $P_2, T_2$ )

$g_w$  = desuperheating water flow

$h_w$  = desuperheating water enthalpy (function of  $P_w, T_w$ )

The required water flow can be easily calculated by:

$$g_w = \frac{G_v \cdot (h_1 - h_2)}{(h_2 - h_w)}$$

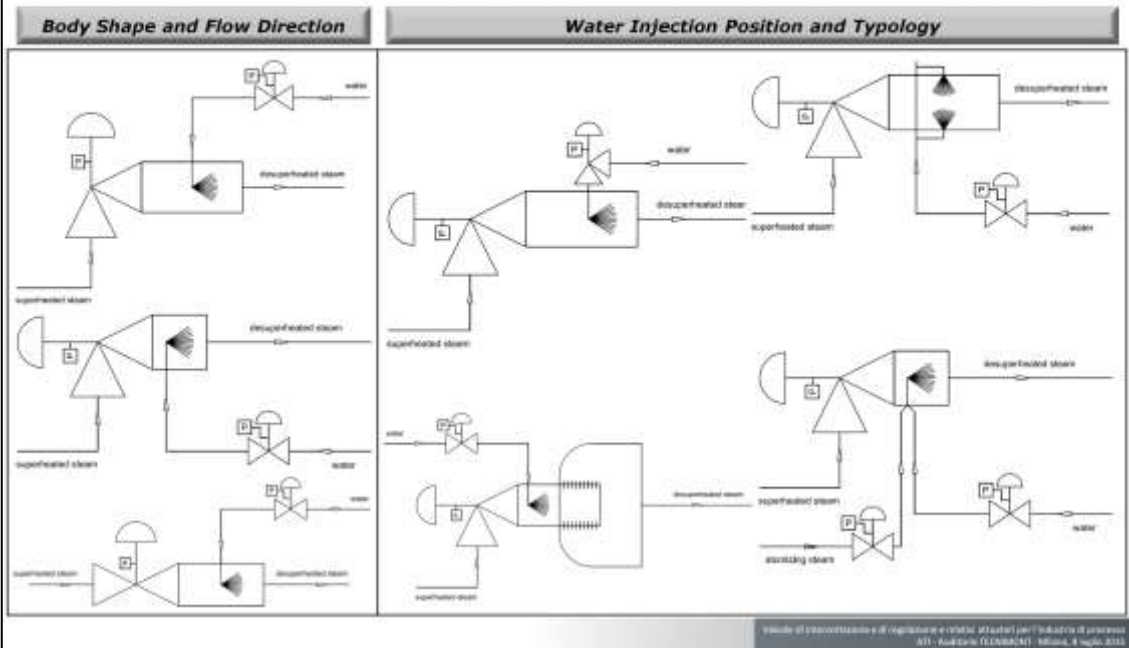
### Dimensionamento di un sistema di desurriscaldamento: bilancio entalpico.

Per la determinazione della portata di acqua di atterramento necessaria, si procede al calcolo del bilancio energetico del sistema vapore/acqua.

Applicando il principio di conservazione dell'energia ed eguagliando il valore dell'energia entrante (vapore surriscaldato + acqua di atterramento) al valore dell'energia uscente (vapore desurriscaldato), si calcola il valore della portata di acqua necessaria per ottenere il valore di entalpia specifica uscente richiesta, corrispondente al valore di temperature del vapore desurriscaldato desiderata.

Tale valore di portata è la base per il dimensionamento del sistema di iniezione dell'acqua e della valvola di regolazione della portata.

## Typical Pressure Reducing and Desuperheating Stations Configurations



L'acqua di attemperamento può essere iniettata con differenti tipi di desurriscaldatore mono o multi ugello, auto-azionati o con valvola di controllo ausiliaria, ad area fissa o ad area variabile e ad atomizzazione meccanica o assistita mediante vapore.

L'iniezione dell'acqua può essere realizzata a valle degli stadi riduzione di pressione (ma comunque a monte dei dumper nel caso di bypass a condensatore) oppure all'interno della valvola tipicamente a valle dello stadio regolante ma a monte degli ultimi stadi del silenziatore.

La valvola riduttrice di pressione può operare con flusso tendente a chiudere oppure con flusso tendente ad aprire e con corpo ad angolo oppure in linea.

La scelta del tipo di soluzione dipende essenzialmente dal servizio e dal valore dei parametri di processo, nonché dall'esperienza dei vari costruttori e dalle preferenze degli utilizzatori.

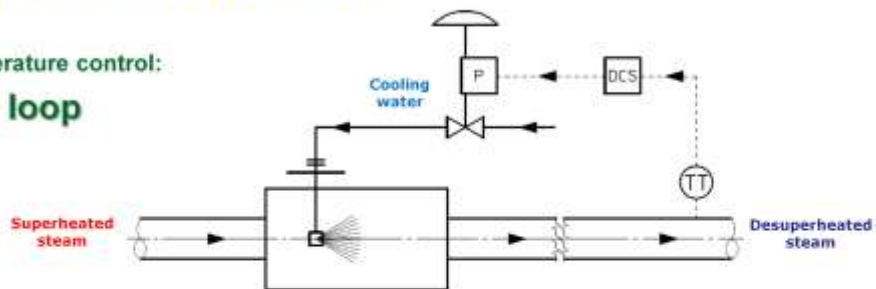
Per quanto riguarda il senso del flusso nella valvola riduttrice di pressione del vapore, si deve anche tenere in considerazione l'eventuale funzione di sicurezza che deve essere realizzata dal sistema di bypass. Qualora sia richiesta una funzione di protezione da sovrappressione del generatore di vapore secondo EN ISO 4126 parte 5 - [Controlled Safety Pressure Relief Systems \(CSPRS\)](#) oppure secondo TRD 421, inevitabilmente la scelta deve essere orientata verso la soluzione con flusso tendente ad aprire.

Negli impianti tradizionali si preferisce invece adottare la soluzione con flusso tendente a chiudere che ha una serie di vantaggi di cui parleremo successivamente.

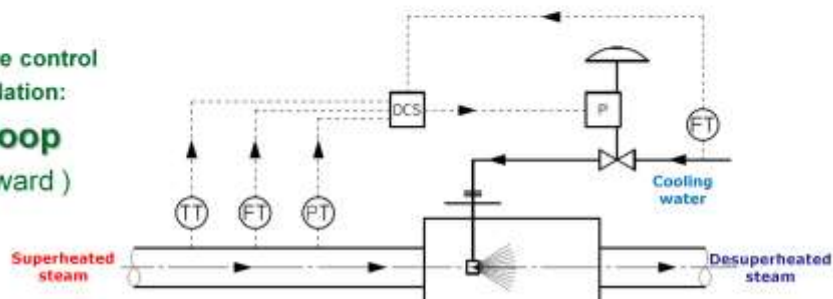


## Temperature control systems:

Direct steam temperature control:  
closed loop



Steam temperature control  
by enthalpy calculation:  
open loop  
(feed forward)



Il processo di attemperamento può essere controllato ad anello aperto oppure ad anello chiuso.

**La soluzione ad anello aperto** si basa sulla determinazione in tempo reale, mediante bilancio entalpico, della portata di acqua da immettere nel flusso di vapore surriscaldato. Tale soluzione viene comunemente chiamata "controllo entalpico" (Feed-forward, enthalpy control).

Base del calcolo sono il valore dell'entalpia specifica del vapore entrante (funzione di  $p_1$  e  $T_1$ ) ed il valore della portata di vapore surriscaldato da attemperare. La temperatura e la pressione del vapore surriscaldato determinano l'entalpia del vapore desurriscaldato, mentre l'entalpia dell'acqua è solitamente costante essendo praticamente indipendente dalla pressione ed essendo la temperatura dell'acqua quasi sempre costante.

Il metodo, tecnicamente rigoroso, è però affetto da una serie di errori di misura e, tra l'altro, non consente di considerare la porzione di acqua non evaporata inevitabilmente smaltita dagli estrattori di condensa: non consente pertanto un controllo preciso della temperatura del vapore desurriscaldato. Questa soluzione è solitamente adottata per i sistemi di bypass al condensatore dove non è importante controllare con precisione la temperatura del vapore ma è sufficiente mantenere la temperatura (e quindi l'entalpia specifica) al di sotto di determinati valori.

Nel caso di bypass al condensatore con dump tube, il valore di entalpia obiettivo è tra l'altro quasi sempre inferiore al minimo valore controllabile alla pressione a monte del dumper rendendo praticamente impossibile un controllo in temperatura.

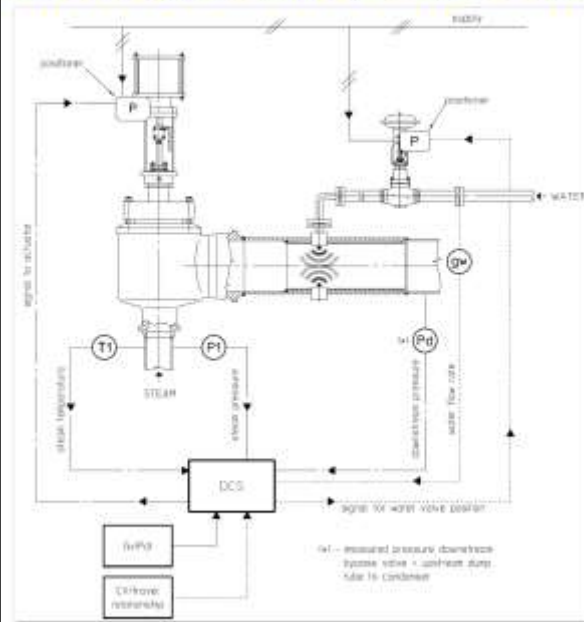
**La soluzione ad anello chiuso**, di gran lunga la più diffusa, è utilizzata nelle stazioni di attemperamento per la produzione di vapore tecnologico e nei bypass turbina tra stadi di pressione intermedi (tipicamente HP-CRH).

Il sistema prevede la misurazione della temperatura del vapore in uscita dal sistema di attemperamento mediante una sonda installata ad una distanza tale da consentire la quasi completa evaporazione dell'acqua iniettata. Il loop di regolazione agisce sulla portata di acqua di attemperamento iniettata per portare la temperatura letta al valore richiesto.

Quando viene adottata questa soluzione, il layout della tubazione a valle deve essere particolarmente curato e sono richieste lunghezze della tubazione a valle maggiori rispetto alle stazioni a controllo entalpico.

Data la lentezza di risposta del sistema di attemperamento causata dalla inevitabile distanza del sensore di temperatura dal punto di iniezione dell'acqua e dalle inerzie termiche della tubazione, se sono previste brusche variazioni del carico o della temperatura del vapore surriscaldato, è necessario affiancare il sistema di controllo basato su in tradizionale PID con una logica feed-forward.

## Open loop temperature control by enthalpy calculation



Different system configuration can be adopted to improve the accuracy of the system.

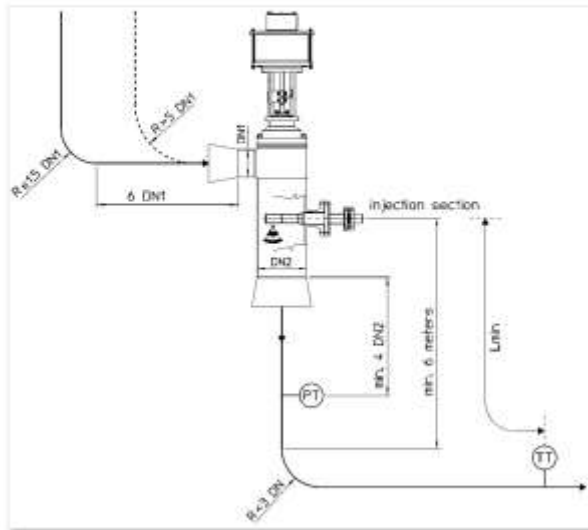
More is the required precision, higher is the number of process variables involved in the calculation algorithm.

The purpose of temperature control by enthalpy calculation is to reduce steam temperature under stated limits, avoiding to introduce excessive water amount inside steam piping.

Il sistema di controllo basato sul **calcolo entalpico** richiede una maggiore complessità del sistema di controllo che deve eseguire in tempo reale di una serie di calcoli per la determinazione della portata del vapore e del valore di entalpia del vapore in ingresso.

Anche dal punto di vista strumentale, a seconda del metodo scelto per il calcolo e/o la misura delle portate di acqua e vapore, il sistema si presenta piuttosto complesso.

## Closed loop temperature control



For all application when a precise temperature control is required, a control loop on conditioned steam temperature, is mandatory.

The control algorithm is simpler but several precautions must be taken in the design of the layout of the line downstream the water injection point, up to the temperature probes.

Nel caso di **regolazione diretta della temperatura** (sistema ad anello chiuso) l'impianto strumentale è molto più semplice, così come il sistema di regolazione, costituito da un PID oculatamente tarato eventualmente implementato con un sistema feed-forward.

Molta attenzione deve invece essere prestata al layout di piping che deve consentire all'acqua iniettata di evaporare correttamente senza essere separata dalla vena fluida e riaggregata rendendo impossibile l'evaporazione nei tempi richiesti.



## Fundamentals and basic principles of desuperheating.

1. Water evaporation requires time: evaporation time increases more than linearly with droplet diameter.
2. Smaller is the droplet diameter, more is the specific exchange surface with the superheated steam.
3. Lower is the droplet diameter and higher is the steam velocity, more easily the water droplets are dragged by the steam flow.
4. If droplets come into contact with each other or with the pipe wall, they tend to regroup in drops of larger diameter.
5. Higher is the steam velocity, higher is the heat exchange between the superheated steam and the droplet surface.



A good desuperheater must minimize the droplet size, minimize the contact of injected water with pipe wall and inject water where the steam velocity is higher.

Lo scambio termico è tanto superiore quanto maggiore è la superficie esposta e quanto maggiore è il livello di turbolenza attorno alla gocciolina.

Il processo di evaporazione dell'acqua richiede un certo tempo che dipende da una serie di parametri fisici e geometrici quali:

- Diametro della goccia di acqua iniettata
- Velocità del vapore nel punto di iniezione
- Temperatura del vapore
- La pressione del vapore
- Temperatura dell'acqua iniettata
- Diametro della tubazione
- Layout della linea a valle del punto di iniezione dell'acqua
- La distanza dal saturo della temperatura finale del vapore attemperato

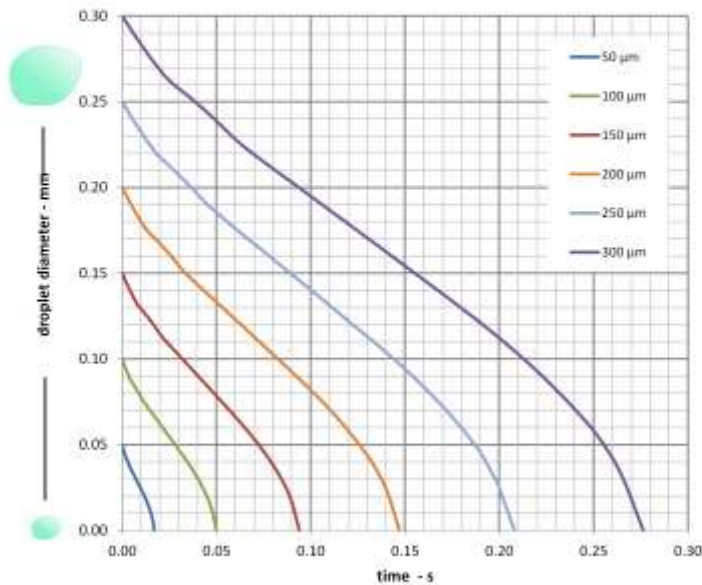
L'effetto dell'impatto acqua/vapore sull'efficienza di atomizzazione è sintetizzabile nel numero adimensionale di Weber =  $(\rho \cdot u^2 \cdot d) / \tau$

Dove:

- $\rho$  = densità vapore – kg/m<sup>3</sup> ;
- $u$  = velocità vapore – m/s ;
- $d$  = diametro goccia – m ;
- $\tau$  = tensione superficiale acqua – J/m<sup>2</sup> o N/m o kg/s<sup>2</sup>

L'energia cinetica trasmessa dal fluido supera la tensione superficiale (e rompe la goccia) quando il numero di Weber supera il valore 12.

## Fundamentals and basic principles of desuperheating / 1



### EVAPORATION TIME

...decreases more than linearly with decreasing the droplet diameter.



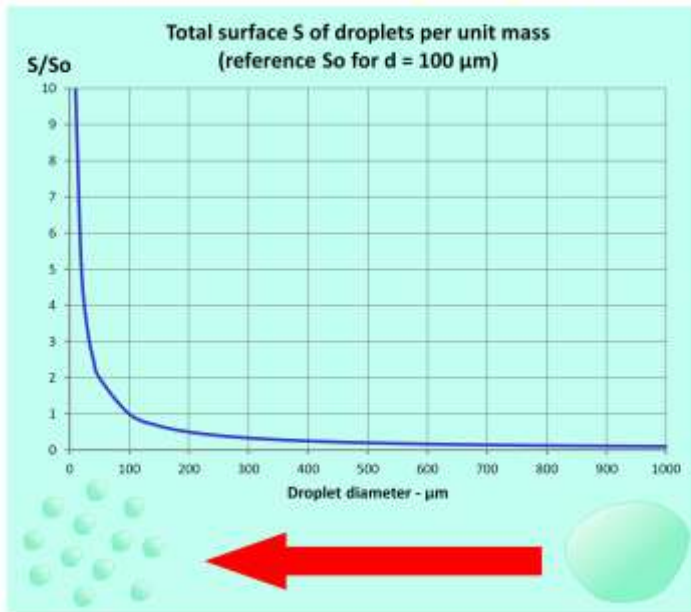
Studio di progettazione e di ingegneria e servizi di analisi per l'industria di processo  
 s.p.a. - Autostar (LUNIGIANA) - Milano, il luglio 2014

L'evaporazione dell'acqua iniettata avviene per scambio termico acqua-vapore, il calore produce l'evaporazione della parte superficiale della goccia d'acqua, contemporaneamente parte del calore si trasmette all'interno scaldando l'acqua che ha temperatura inferiore a quella del vapore e, per evaporare, deve raggiungere la temperatura di saturazione.

Il tempo di evaporazione aumenta all'incirca linearmente con il diametro della gocciolina.

Il tempo di evaporazione di una goccia con  $d=50 \mu\text{m}$  è inferiore a 0.2 s, per una goccia da  $100 \mu\text{m}$  sono necessari oltre 0.4 s.

## Fundamentals and basic principles of desuperheating /2



**SPECIFIC  
EXCHANGE  
SURFACE**

... is inversely  
proportional to the  
droplet diameter.

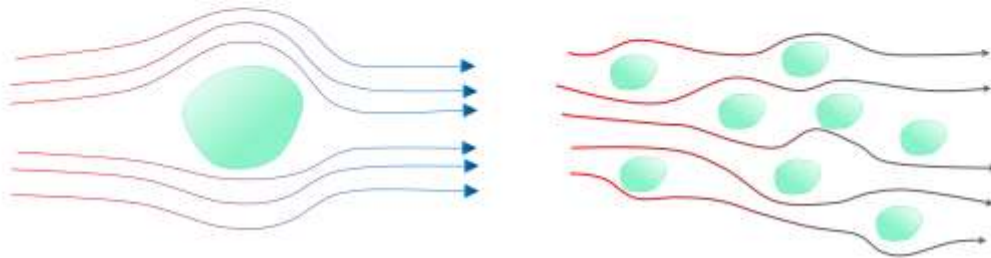
A parità di volume totale l'area esposta è tanto maggiore quanto minore è il diametro equivalente ( $d$ ) delle goccioline d'acqua.

Dato che il volume ( $V$ ) è proporzionale alla terza potenza del diametro della gocciolina mentre la superficie "S" alla seconda, ne segue che il rapporto  $S/V$  è proporzionale a  $1/d$ , l'area della superficie esposta per unità di massa è quindi inversamente proporzionale al diametro della gocciolina d'acqua.

### Fundamentals and basic principles of desuperheating /3

#### **DROPLETS DRAGGING BY SUPERHEATED STEAM**

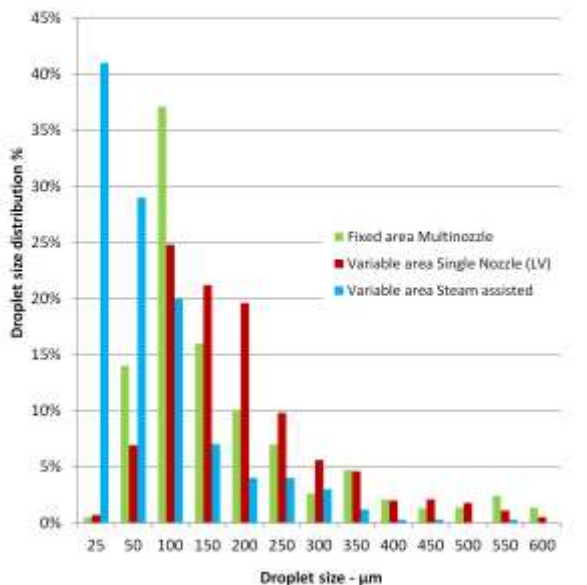
... improves with the decreasing of drops diameter and the increasing of the of steam velocity



Studio di progettazione e di ingegneria e servizi di lavoro per l'industria chimica  
S.p.A. - Azienda (L. 28/2/1987) - Milano, 3 luglio 2015

Le goccioline di diametro inferiore sono più facilmente trascinate dal vapore anche a velocità medio basse in quanto tendono a rimanere in sospensione nella vena fluida.

## Droplets Diameter Distribution



The droplets produced by a desuperheater have diameters different from each other.

Each typology of desuperheater has different distribution of the droplets size, depending also on the nozzle size and on the applied differential pressure.

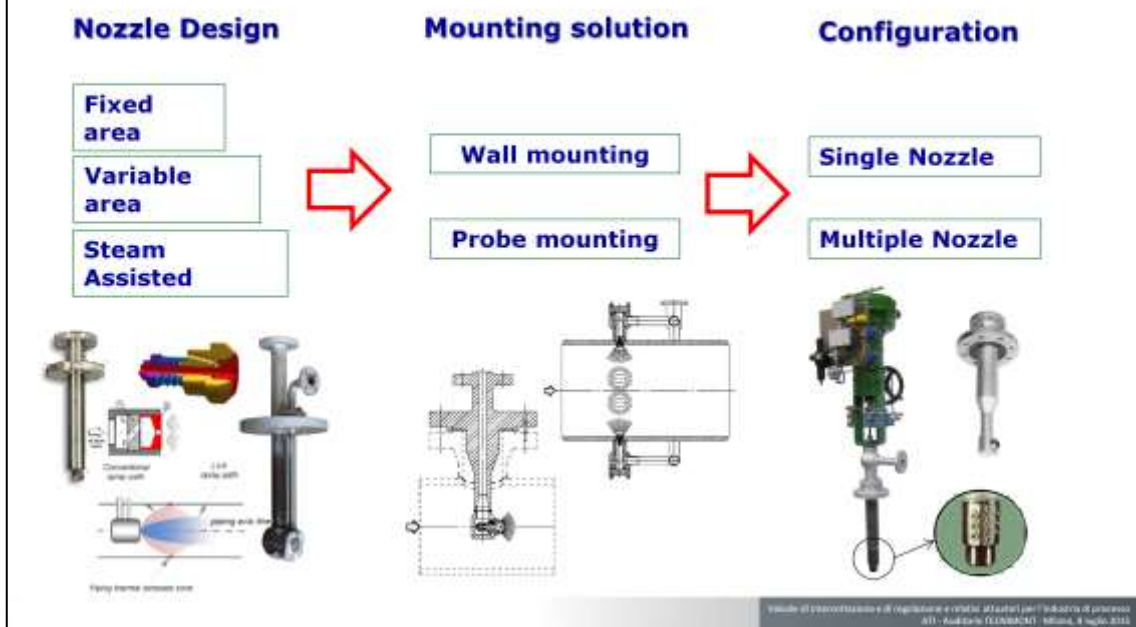
Le goccioline non hanno tutte lo stesso diametro. Il diametro medio è funzione di:

- tipo di ugello,
- dimensione ugello,
- Dp acqua vapore.

Una atomizzazione ideale prevede che la maggior parte delle goccioline abbia diametro inferiore ai 100-150 µm e che la quasi totalità delle gocce abbia diametro non superiore a 250 µm, il che corrisponde ad un tempo di evaporazione stimato attorno a poco più di 0.2 secondi in condizioni favorevoli degli altri parametri coinvolti.



## Desuperheating geometry and working principle



Le modalità di iniezione dell’acqua sono molteplici come molteplici sono le geometrie dei desurriscaldatori.

Le condizioni di processo (fisiche e termodinamiche) determinano la selezione della tipologia di attemperatore più adatta.

Una prima suddivisione, in ordine di livello tecnologico e di prestazioni, può essere fatta tra ugelli ad area fissa, i più semplici, realizzati appunto mediante percorsi fissi che nebulizzano il flusso d’acqua all’uscita ed ugelli ad area variabile in grado di adattare l’area di passaggio in uscita alle condizioni di funzionamento ottimizzando l’atomizzazione.

Esistono inoltre, per le condizioni più critiche, atomizzatori che sfruttano anche parte del vapore da attemperare come agente meccanico per la frantumazione delle gocce d’acqua.

Ciascuna di queste tipologie di ugelli può essere installata in modi differenti in modo da adattarsi alla geometria del piping.

Molto spesso inoltre, un solo ugello non è sufficiente ad assicurare la copertura di tutte le condizioni di processo ed è allora necessario raggruppare diversi ugelli a formare gruppi di due o più.

## Venturi Desuperheaters

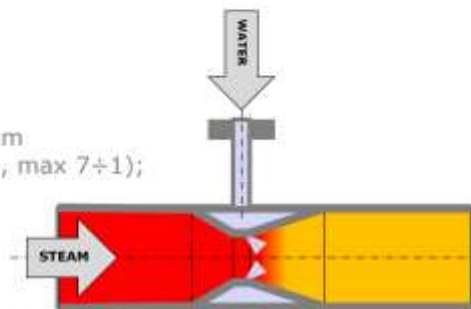
### Strengths and Limitations synthesis

#### Main benefits:

- Good water atomizing not depending to water/steam pressure drop;
- No theoretical water/steam pressure drop limitation;
- Temperature sensor can be installed very close to the water injection point;
- Suitable for small pipe size and very low water flows;
- Compact and maintenance free design.

#### Main limitations:

- Control valve for cooling water is required;
- Restricted turn down depending on the maximum allowable steam pressure drop (typically  $\approx 3\div 1$ , max  $7\div 1$ );
- Desuperheating performance dramatically decrease at low steam flows;
- Pressure drop on steam flow is required.



Studio di progettazione e di ingegneria e servizi di lavoro per l'industria chimica  
 011 - Ancona (AN) - Italia, tel. 051/211111

La vena fluida è accelerata mediante cono Venturi posto all'interno della tubazione.

L'acqua è iniettata nella sezione di massima velocità dove viene frantumata per azione meccanica.

La pressione differenziale a cavallo dei fori di iniezione dell'acqua non assume particolare rilevanza ai fini dell'efficienza di funzionamento del sistema in quanto l'azione di frantumazione della vena fluida è svolta praticamente in toto dalla elevata velocità del vapore.

Il limite di turn-down dell'attemperatore è legato alla limitazione della velocità massima all'interno del venturi e dalla minima richiesta per realizzare l'azione meccanica di atomizzazione.

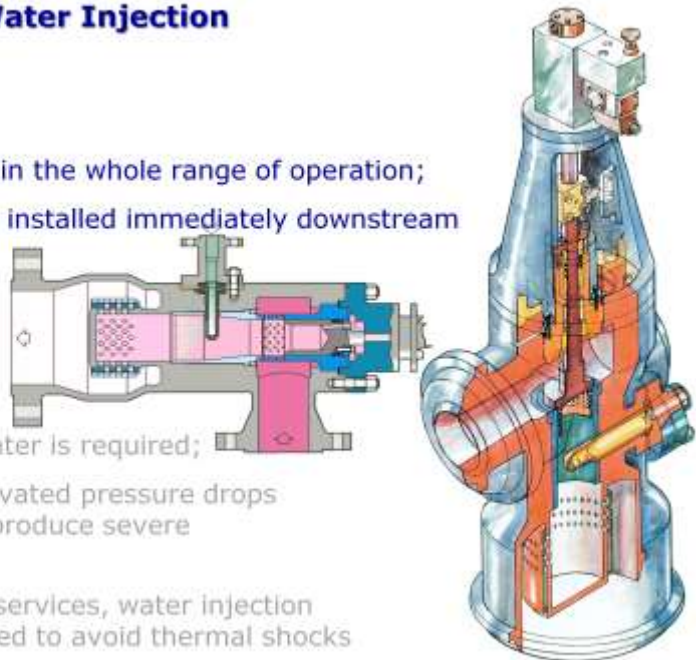
## PRDS with Integrated Water Injection

### Main benefits:

- Very good water atomizing in the whole range of operation;
- Temperature sensor can be installed immediately downstream of PRDS;
- High turn-down.

### Main limitations:

- Control valve for cooling water is required;
- Continuous service with elevated pressure drops and high temperature can produce severe erosion problems;
- For very high temperature services, water injection must be accurately controlled to avoid thermal shocks on valve body.



Valvole di parovaporizzazione e di regolazione a tre vie di Parcol per il trattamento di processo  
 017 - Autoclave (LUNARINI) - Milano, il luglio 2014

Principio simile al desurriscaldatore a cono venturi, è utilizzato nella valvole ad iniezione interna dove l'acqua è iniettata in prossimità della vena contratta della zona di riduzione di pressione del fluido, o comunque in una sezione della valvola dove è presente una elevatissima velocità del fluido.

Questo tipo di valvola ha un'alta efficienza di desurriscaldamento (bassissima percentuale di acqua non evaporata quando esercita correttamente) e richiede una distanza ridotta del sensore di temperatura dal punto di iniezione.

Chiaramente è richiesta una valvola regolazione dell'acqua di atterramento, che deve avere una rangeability molto elevata in relazione al turn down richiesto al sistema di condizionamento vapore.

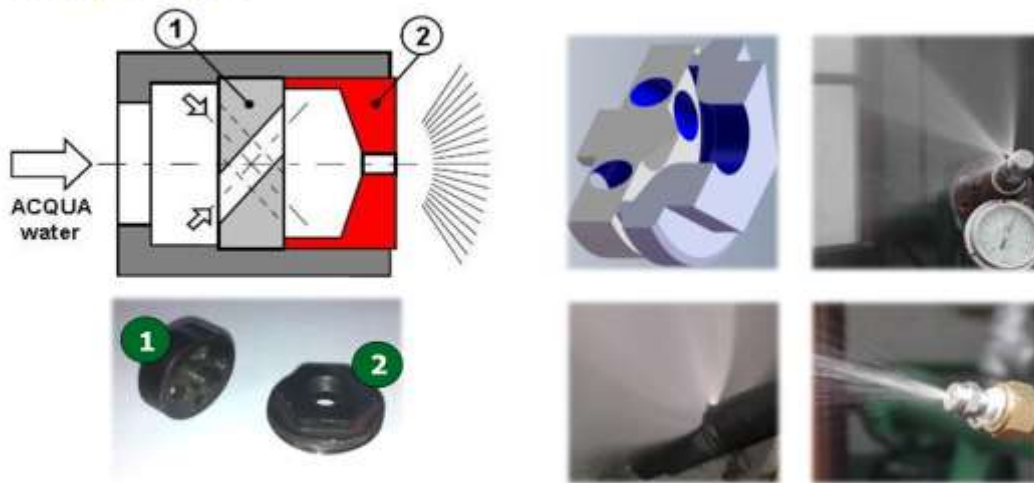
Presenta inoltre il rischio di erosione precoce della parti interne nel caso di servizio continuo e/o di gestione non ottimale.

È richiesto un controllo accurato dell'iniezione dell'acqua per evitare shock termici al corpo valvola.

Richiede una pressione dell'acqua più elevata rispetto ai metodi convenzionali che prevedono iniezione a valle dell'ultimo stadio di riduzione.

## Fixed Area Spray Nozzles Desuperheaters

### Working Principle



1) Turbulator: gives a swirling component to the water before the nozzle outlet

2) Nozzle: transforms pressure energy into kinetic energy

$R_{max} = 3$

Studio di progettazione e di ingegneria e servizi di collaudi per l'industria di processo  
S.P.A. - Autostar (CANTÙ) - Milano, il luglio 2014

L'ugello atomizzatore meccanico ad area fissa più diffuso è realizzato da un primo stadio che conferisce una componente dinamica rotatoria alla vena fluida, che acquisisce velocità tangenziale trasformando in energia cinetica parte della pressione differenziale disponibile, cui segue un ugello convergente che, porta al vena fluida verso il centro aumentando notevolmente la velocità tangenziale del fluido che, all'uscita del tratto cilindrico dell'ugello, tende ad espandersi bruscamente frantumandosi.

Questi ugelli richiedono una minima pressione differenziale per funzionare correttamente ed ammettono massime pressioni differenziali a seconda del tipo di materiale utilizzato per la loro costruzione.

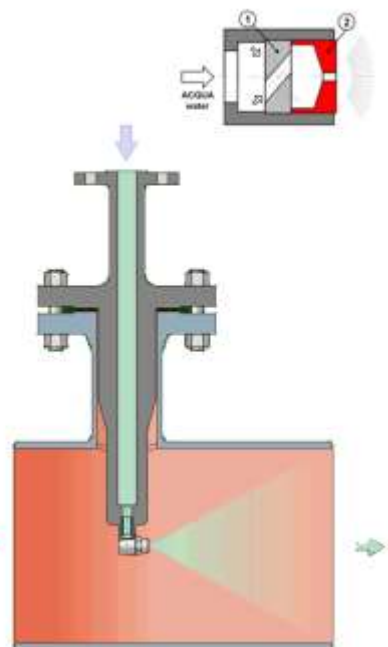
## Fixed Area Spray Nozzles Desuperheaters Strengths and Limitations synthesis

### Main benefits:

- Good water atomizing within the nominal pressure drop range (0.5÷1 to 30 bar);
- Excellent atomization, using very small nozzle ( $C_v \leq 0.05$  gpm), even at low differential pressures (applicable for low  $C_v$  values);
- No theoretical water/steam pressure drop limitation;
- Possibility to increase total capacity ( $C_v$ ) with multi nozzle systems, without nozzle size increasing.

### Main limitations:

- Control valve for cooling water is required;
- Spraying quality decrease when nozzle  $C_v$  increases; →
- Restricted spraying rangeability up to 5÷1 max;
- Maximum spraying rangeability depends on the maximum available (water/steam) pressure drop.



Studio di parametrizzazione e di regolazione a velocità di lavoro per il controllo di processo  
 011 - Azienda OLS/BA/MI - Milano, 3 luglio 2014

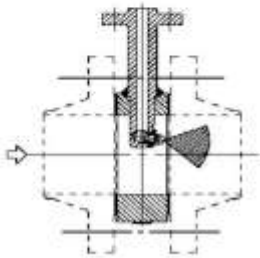
Gli ugelli ad area fissa possono essere montati singolarmente all'estremità di una sonda inserita in prossimità del centro della tubazione.

Trattandosi di perdite di carico fisse il legame tra la pressione differenziale prodotta e la portata è di tipo quadratico e pertanto il valore massimo di turn-down dell'ugello (rapporto tra la massima e la minima portata sostenibile) è pari alla radice quadra del rapporto tra la massima pressione differenziale ammessa ed la minima richiesta per produrre una qualità di spruzzo accettabile.

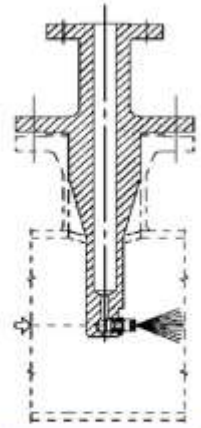
Considerando una massima pressione differenziale ammessa pari a 30 bar ed una minima richiesta poso superiore a 1 bar, si calcola un turn-down per l'ugello pari a circa 5.



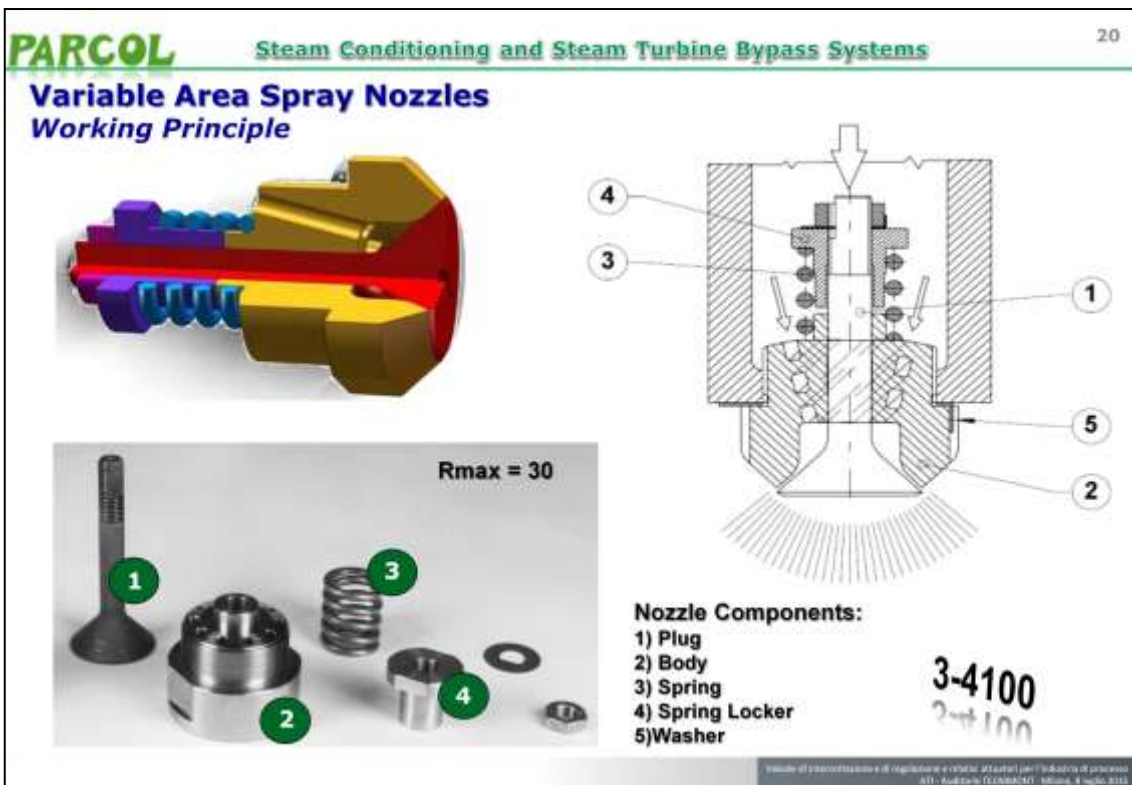
**Fixed Area Spray Nozzles Desuperheaters**  
*Single Nozzle Applications*



LFW 3-4531



LFW 3-4511



Per ovviare al basso valore di rangeability degli ugelli ad area fissa, sono stati progettati ugelli che hanno area di spruzzo variabile in funzione del valore di pressione differenziale applicata.

Gli ugelli sono costituiti da un otturatore precaricato tramite molla ad un valore prestabilito (tipicamente 1÷5 bar) e si aprono progressivamente al di sopra di questo valore.

questo consente di:

- ottenere un valore di pressione differenziale minimo anche con portate molto ridotte;
- realizzare velocità del fluido sufficientemente elevate anche con piccole portate d'acqua che attraversano sezioni di piccole dimensioni con pressioni differenziali comunque significative;

incrementando in modo significativo la rangeability (portata massima ammessa / portata minima per funzionamento accettabile).

La rangeability di spruzzo degli ugelli ad area variabile può essere estesa fino a 25 ÷ 30 contro i 3÷5 dei tipi ad area fissa.

## Variable Area Spray Nozzle Desuperheaters

### Strengths and Limitations synthesis

#### Main benefits:

- Good water atomizing within the nominal pressure drop range (3 to 30 bar);
- Extended Spraying rangeability thanks to the variable area design allowing to reach up to 30÷1 with a single nozzle;
- Possibility to increase spraying rangeability in multi nozzle systems with different nozzle setting;
- Possibility to increase total capacity (Cv) with multi nozzle systems, without nozzle size increasing;
- Nozzle set pressure (1 to 5 bar) allows to reduce cavitation damage to cooling water control valve generating backpressure also at minimum flow;



#### Main limitations:

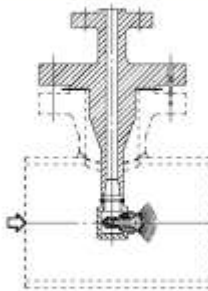
- Control valve for cooling water is required.
- Not negligible minimum steam velocity is required.

**PARCOL**

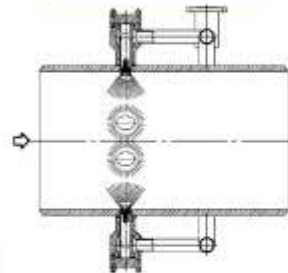
Steam Conditioning and Steam Turbine Bypass Systems

## Variable Area Spray Nozzle Applications

Single nozzle with axial  
oriented spray direction  
LV – 3-4111



Multiple nozzle with radial  
oriented spray direction  
LVM – 3-4122



Studio di progettazione e di ingegneria e servizi di analisi per l'industria di processo  
SIT - Anichini (LUNIGIANA) - Milano, il telefono 0114

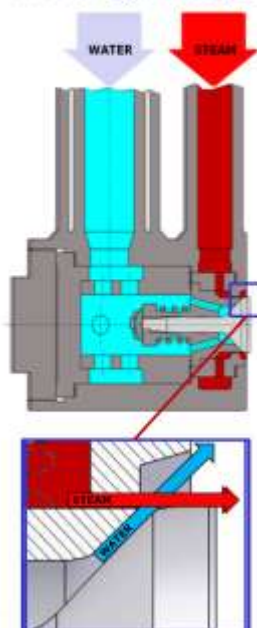
L'ugello ad area variabile Parcol 3-4100 può essere installato in corrispondenza dell'asse centrale della tubazione tramite una sonda (uno, massimo due ugelli) oppure sulla parete della tubazione orientato radialmente verso l'interno, con sistema distributore dell'acqua toroidale.

Quest'ultima configurazione permette di ottenere valori molto grandi  $C_v$ , senza sporgere all'interno della tubazione (l'area della sezione non è influenzata dalla presenza dei supporti degli ugelli), mentre la struttura è completamente free expanding.

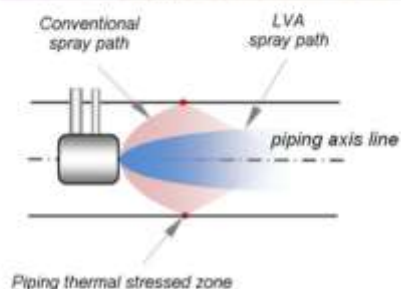
La perfetta simmetria del sistema di iniezione dell'acqua con getti convergenti all'interno, permette di concentrare acqua nebulizzata nella sezione centrale della tubazione, riducendo la possibilità di contatto con la parete del tubo e massimizza la velocità relativa acqua/vapore.

**PARCOL**

Steam Conditioning and Steam Turbine Bypass Systems

**Steam Assisted Variable Area Desuperheater****Working Principle**

LVA - 3-4211



Modello di progettazione e di ingegneria a regola d'arte per l'industria di processo  
 011 - Azienda (02)588241 - Milano, Tel. 02 514

**Atomizzazione assistita mediante vapore.**

L'atomizzazione assistita mediante vapore consente di ottenere una ottima qualità di atomizzazione sin dalle bassissime portate, questo consente di ottenere un altissimo valore del turn-down che coincide con il massimo tra la rangeability installata del sistema di controllo acqua (considerando l'effetto dell'ugello) e il rapporto tra la massima portata attemperabile e la portata del vapore di atomizzazione.

Nei sistemi ad atomizzazione tradizionale normalmente è richiesta una portata di vapore pari al 10% della portata massima dell'acqua di desurriscaldamento.

Nel caso di elevate percentuali di acqua immerse, il turn-down del sistema può essere determinato dalla portata del vapore ausiliario di atomizzazione. Ad esempio una riduzione a 5 bar, 160 °C di un vapore 30 bar, 540 °C richiede un flusso di acqua di attemperamento pari al 30% circa della portata da attemperare. La portata del vapore di atomizzazione sarà il 3% circa della massima portata di vapore. Sommando a questa la minima portata regolabile della valvola di riduzione vapore (ipotizziamo un 1% corrispondente ad una rangeability  $100 \div 1$ ), ne segue che la portata minima di vapore desurriscaldabile è pari al 4% della massima che corrisponde ad un turn-down di 25.

Nel caso di ugelli atomizzati mediante vapore con area variabile a lato acqua, la portata di atomizzazione richiesta scende al 3% della portata massima dell'acqua di attemperamento (0.9% della portata di vapore), il turn-down sarà quindi maggiore di 50 ( $1/0.019$ ).

L'iniezione di vapore mediante ugelli opportunamente sagomati consente inoltre di modificare la forma del getto di acqua atomizzata in modo da adattarlo alle dimensioni della tubazione riducendo l'impatto con la parete del tubo: l'angolo di getto può essere notevolmente ridotto nel caso di tipologia a sonda con tubazioni di piccole dimensioni mentre può essere aumentato per installazione con ugelli multipli radiali oppure con tubazioni di elevato diametro.



## Steam Assisted Desuperheaters

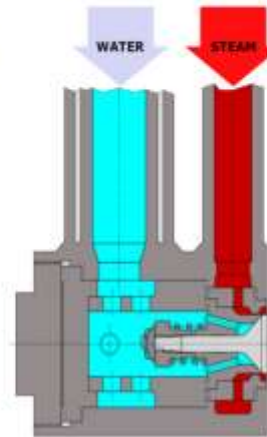
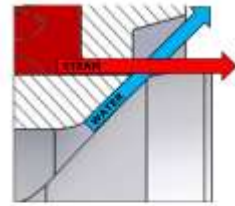
### Strengths and Limitations synthesis

#### Main benefits:

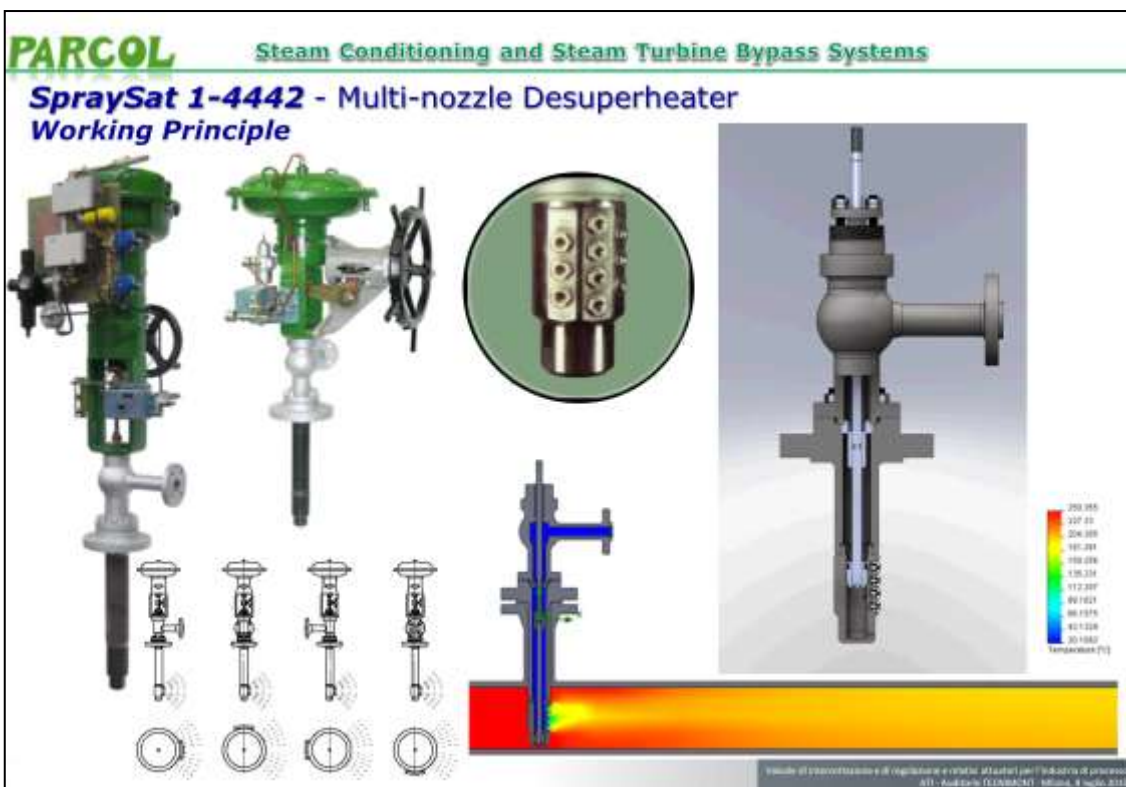
- Excellent atomization quality in the whole range of operation;
- Very high turn-down practically limited by equal to the rangeability of the water control system;
- No theoretical water/steam pressure drop limitation;
- Water jet profiling in accordance with installation layout (probe or multi-nozzle wall mounted).

#### Main limitations:

- Control valve for cooling water is required;
- Additional valve for atomizing steam is required;
- Auxiliary steam with pressure significantly higher than the one of the process steam (typically two times), is required.



Studio di progettazione e di ingegneria e servizi di collaudi per i S.A.T. di processo  
 AT - Azienda CLASBARDI - ROMA, 3 luglio 2014



**Gli attemperatori a ugelli multipli Parcol serie 1-4442 (Spraysat)** sono stati progettati per garantire le migliori performances con un elevato valore di rangeability.

Gli ugelli indipendenti, che sono scoperti da un pistone regolante, producono un'ottima nebulizzazione dell'acqua anche alle minime condizioni di portata, questo in quanto non la regolazione di portata non è realizzata riducendo la pressione differenziale sugli ugelli ma modificando il numero di ugelli aperti: gli ugelli spruzzano pertanto sempre in condizioni di pressione differenziale ottimali.

Al fine di garantire le migliori performances anche per le applicazioni più severe, quali ad esempio velocità del vapore molto bassa o pressione differenziale acqua/vapore molto bassa, possono essere installati ugelli di differenti dimensioni.

Il sistema di regolazione integrato consente di ridurre gli ingombri e massimizza l'affidabilità del sistema.

Il design split body consente la modifica dell'orientamento del bocchello di ingresso acqua rispetto alla direzione di spruzzo degli ugelli ed una facile sostituzione della sede di tenuta che peraltro, essendo completamente disaccoppiata dalla sezione regolante, ha non necessita praticamente mai di essere sostituita.

## Self Operated Multi-nozzle Desuperheaters

### Strengths and Limitations synthesis

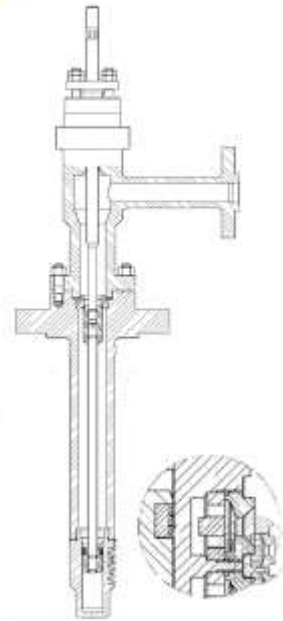
#### Main benefits:

- Good water atomizing within the nominal pressure drop range (0.5÷1 to 40-50 bar);
- Good water atomizing thanks to the constant pressure drop on all nozzles at different openings;
- High rangeability depending on number and size of spray nozzles combination allowing to reach up to 100÷1 <sup>(1)</sup>;
- No control valve for cooling water is required.

#### Main limitations:

- Maximum water/steam pressure drop typically 50-60 bar.
- Not suitable for low dimension steam lines (< 4").
- Not negligible minimum steam velocity for highest Cv nozzle combinations.

<sup>(1)</sup> Maximum system turn-down also depends on minimum and maximum steam velocity (typically not more than 50÷1).



Studio di progettazione e di ingegneria e servizi di calcolo per i sistemi di processo  
 AT - Azienda CLINBEM - Milano, 3 luglio 2014

**PARCOL** **Steam Conditioning and Steam Turbine Bypass Systems** 27

### SprayRing 1-4443 - Annular Multi-nozzle Desuperheater

**Main benefits:**

- Excellent water atomizing within the nominal pressure drop range (0.5+1 to 30 bar);
- Good water atomizing thanks to the constant pressure drop on all nozzles at different openings;
- Very high rangeability (no practical limitation: up to 200+1 and more);
- Minimum steam velocity very low also for very high Cv nozzle combination;
- No control valve for cooling water is required.

**Main limitations:**

- Maximum water/steam pressure drop 30 bar<sup>(1)</sup>;
- It requires a line-size flanged connection on the main steam line.

<sup>(1)</sup> Maximum system turn-down also depends on minimum and maximum steam velocity (typically not more than 50+1).

Prodotto e distribuito in Italia da: PARCOL S.p.A. - Via S. Maria, 1 - 20139 Milano - Tel. 02/83111111 - Fax 02/83111112 - Email: info@parcol.it

**Gli attemperatori a ugelli multipli Parcol serie 1-4443 (Spraying)** sono stati progettati per estendere l'utilizzo della serie 1-44242 in condizioni particolarmente critiche.

Il design consente l'installazione di un numero di ugelli più elevato rispetto alla versione a sonda (1-4442) anche nel caso di tubazioni di diametro particolarmente piccolo dove l'utilizzo di un attemperatore multi-nozzle sarebbe altrimenti impossibile.

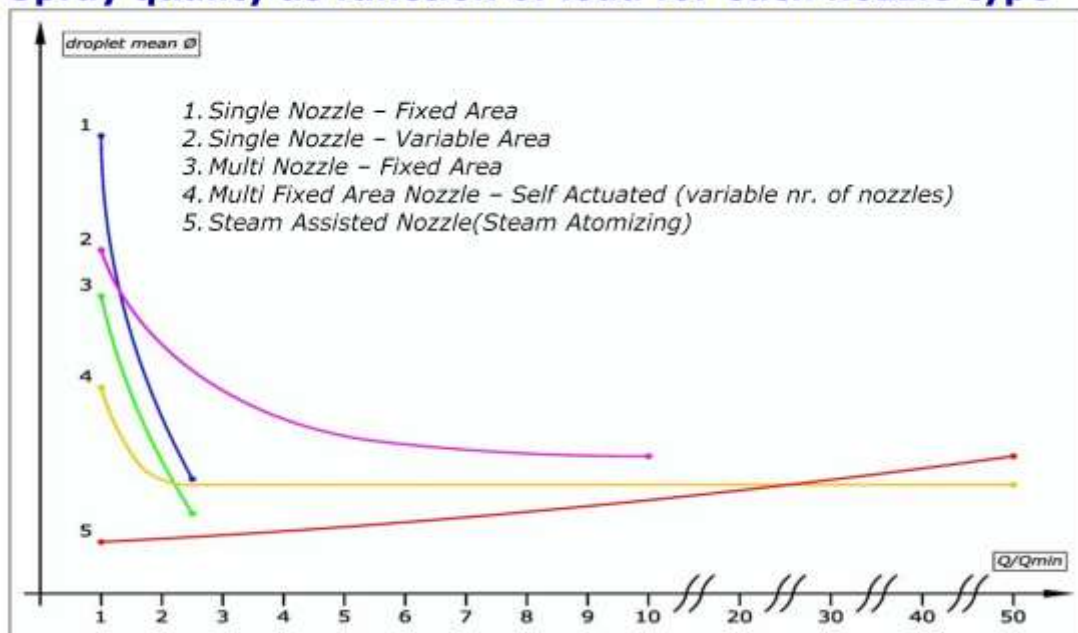
Per tubazioni di diametri maggiori la possibilità di installare un gran numero di ugelli consente l'ottenimento di coefficienti di portata elevati anche utilizzando ugelli molto piccoli, a volte richiesti per attemperamenti molto critici e/o turn-down elevati.

In questo attemperatore il pistone apre un passaggio che va ad alimentare un condotto circolare che può ospitare due o più ugelli, rendendo possibile l'installazione di oltre 100 ugelli di piccole dimensioni già su tubazione DN 20-300 mm.

Gli ugelli spruzzano con un'angolazione ottimale concentrando il flusso di atomizzazione nella sezione di massima velocità del vapore senza andare ad impattare sulle pareti della tubazione.

Anche per questo desurriscaldatore il design split body consente la modifica dell'orientamento del bocchello di ingresso acqua rispetto alla direzione di spruzzo degli ugelli ed una facile sostituzione della sede di tenuta che peraltro, essendo completamente disaccoppiata dalla sezione regolante, ha non necessita praticamente mai di essere sostituita.

## Spray quality as function of load for each nozzle type



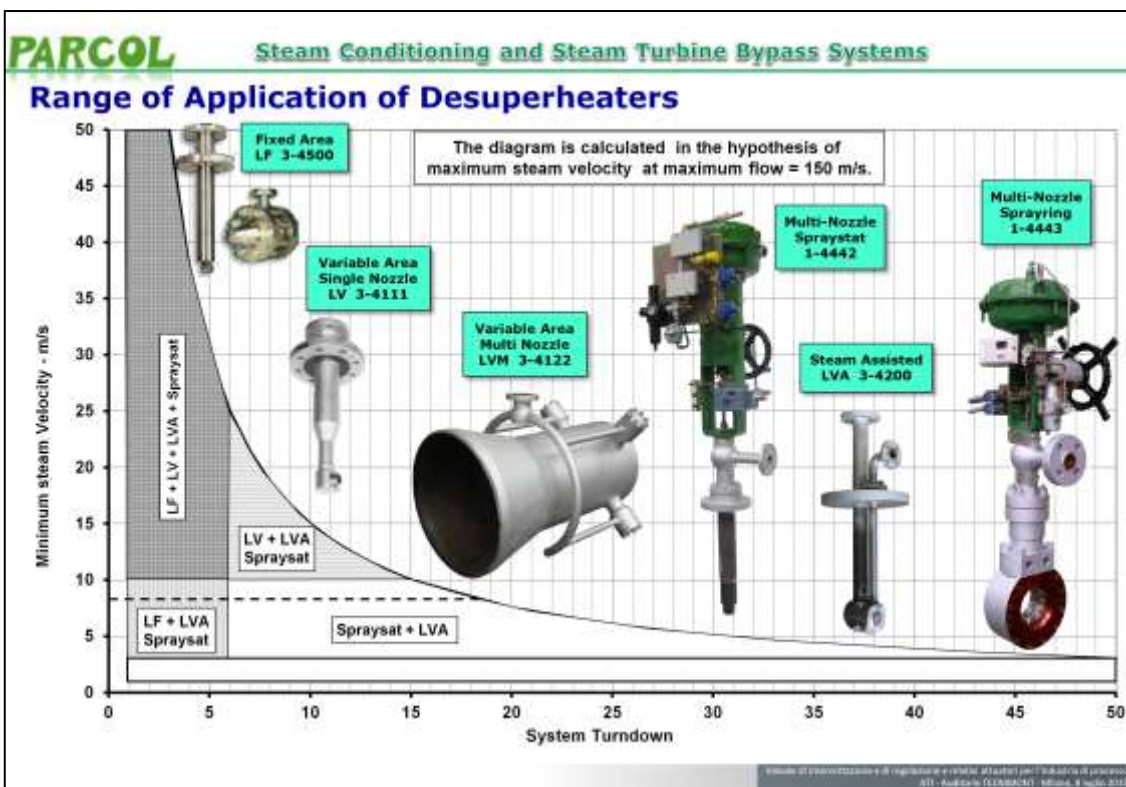
### Valutazione della dimensione della goccia media prodotta dai vari tipi di ugello in funzione del rapporto $Q/Q_{min}$ .

Una qualità di spruzzo migliore corrisponde ad un valore basso del diametro della goccia prodotta.

Il confronto si intende, nel caso di installazioni a più ugelli (3 e 4) con  $C_v$  complessivo simile.

1. *Single Nozzle – Fixed Area*  
*Ugello singolo ad area fissa*  
 La qualità di spruzzo aumenta con la portata.  
 La qualità è scadente ai valori minimi di portata e molto buona ai valori massimi ( $\max \Delta p$ )
2. *Single Nozzle – Variable Area*  
*Ugello singolo ad area variabile*  
 Alla portata minima ha qualità di spruzzo migliore dell'ugello ad area fissa, il miglioramento alle alte portate è meno marcato.
3. *Multi Nozzle – Fixed Area*  
*Ugelli multipli ad area totale fissa e variazione  $\Delta p$*   
 Simile a 1 con qualità migliore ai bassi carichi grazie al maggior numero di ugelli e quindi minor dimensione.
4. *Multi Fixed Area Nozzle – Self Actuated (variable nr. of nozzles)*  
*Ugelli multipli ad area variabile tramite variazione del numero di ugelli aperti (auto azionato)*  
 Simile a 3 nel primo tratto, poi qualità sempre ottima dato  $\Delta p$  costante sugli ugelli aperti
5. *Steam Assisted Nozzle(Steam Atomizing)*  
*Ad atomizzatore mediante vapore*  
 Qualità ottima dai carichi minimi, leggera diminuzione della qualità ai bassi carichi data la riduzione del rapporto portata vapore/portata acqua considerando che la portata del vapore di atomizzazione è costante.





#### Massima e minima velocità vapore e system turn-down

Il turn down di un sistema di attemperamento è determinato dal rapporto tra la massima portata e la minima portata di vapore correttamente attemperabili.

Definita la massima velocità ammissibile all'interno della tubazione alla massima portata di vapore, che spesso è un dato imposto dal cliente, il valore del turn down è determinato dal più restrittivo dei seguenti fattori:

- Turn-down dell'ugello
- Rangeability della valvola di regolazione dell'acqua
- Rangeability della valvola di regolazione del vapore
- Minima velocità ammissibile per il vapore che consente un corretto desurriscaldamento.

Se si considera che spesso la bassima velocità ammessa per il vapore è inferiore a 100 m/s, mentre la minima di corretto funzionamento dei normali attemperatori è 10 m/s, ne consegue un valore di turn-down «tipico» pari a 10.

Il diagramma riportato nella figura consente la valutazione del turn-down del sistema in funzione della minima velocità ammessa per il vapore, una volta definita la massima velocità ammessa.

All'interno della curva corrispondente al rapporto velocità massima/velocità minima in funzione del turndown, sono state riportate le aree corrispondenti ai vari tipi di desurriscaldatore in funzione della minima velocità del vapore richiesta per un corretto attemperamento.

Nel caso particolare il diagramma è stato costruito considerando una velocità massima del vapore nella tubazione pari a 150 m/s.

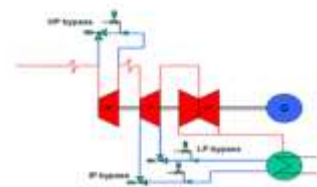
Ne segue che se la velocità minima accettabile è 3 m/s il turn-down è pari a 50, mentre ad un turn-down di 6 corrisponde una velocità di 25 m/s.

Il punto 50 m/s turn-down = 3 è puramente teorico, in quanto normalmente un turn-down di 3 è determinato dal tipo di ugello e non dal limite inferiore di velocità.

## Steam desuperheating applications: Steam Turbine Bypass

The by-pass systems allow the separation of boiler from the steam turbine during start-up, shut-down and load disturbance by allowing to:

- Avoid the intervention of the safety valves in case of turbine trip.
- Reduce fuel consumption by allowing short stops of the steam turbine while the steam generator is running at reduced load.
- Reduce start-up and reloading times.
- Reduce the consumption of treated water during the plant start-up, shut-down and turbine trip.
- Enhance operational flexibility during all transient operating modes.
- Reduce consumption of major plant components, improving lifetime.
- Maximize overhaul cycles and reduce maintenance.



Studio di parametrizzazione e di regolazione e controllo di sistemi per l'industria di processo  
BT - Analisi di CONSUMI - Milano, il luglio 2014

Nei cicli convenzionali, in caso di fermata della turbina a vapore, il generatore di vapore può essere mantenuto in funzione a carico ridotto (Maximum Continuous Rate - MCR) consentendo di ridurre i tempi di fermata ed i tempi per la ripartenza con conseguente risparmio di combustibile.

Nelle centrali convenzionali l'MCR è solitamente pari al 70÷75% del carico nominale del generatore di vapore nel caso di impianti a combustibile a basso potere calorifico (tipicamente carbone) mentre è pari a circa il 40÷50% della potenza nominale nel caso di impianti a combustibile con alto valore calorifico (Gas o Olio combustibile) che hanno camere di combustione più piccole e quindi minori inerzie termiche.

Nei cicli combinati (Turbina a gas + Generatore di vapore a recupero + Turbina a vapore) i BT sono essenziali per disaccoppiare la sezione vapore dalla sezione gas e continuare a produrre energia attraverso la turbina a gas anche in caso di fermata della turbina a vapore. In questo caso i BT devono pertanto essere dimensionati per smaltire il 100% della potenza termica nominale del generatore di vapore per non limitare la potenzialità producibile dalla TG in caso di arresto della TV.

L'utilizzo dei BT evita inoltre, in caso di trip della turbina a vapore, che intervengano le valvole di sicurezza con conseguente notevole risparmio di acqua trattata e di riduzione delle problematiche di rumore e riduzione della manutenzione delle valvole di sicurezza stesse (ripristino delle superfici di tenuta).

La flessibilità di esercizio degli impianti è quindi migliorata senza che la vita utile dell'impianto ne risenta eccessivamente. Gli intervalli tra un intervento di manutenzione e l'altro sui principali componenti dell'impianto sono dilatati e l'impatto degli interventi stessi ridotto.

## Steam Turbine Bypass

### Typical Three Level configuration Combined Cycle Power Plant

#### HP system:

- Steam bypass control valve
- Spray-water control valve
- Spray-water isolation valve

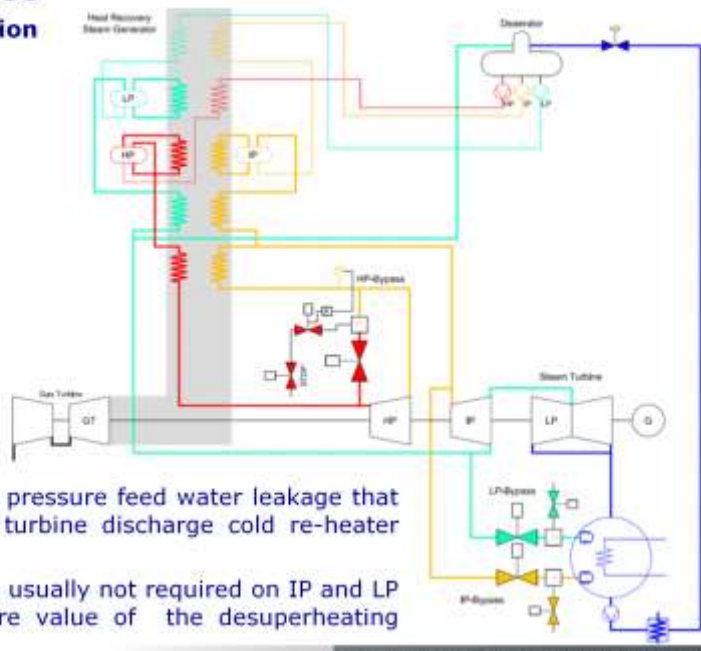
#### IP and LP systems:

- Steam bypass control valve
- Spray-water control valve

The HP bypass system spray-water line is usually provided

with isolation valve to avoid high pressure feed water leakage that can produce damage on steam turbine discharge cold re-heater line.

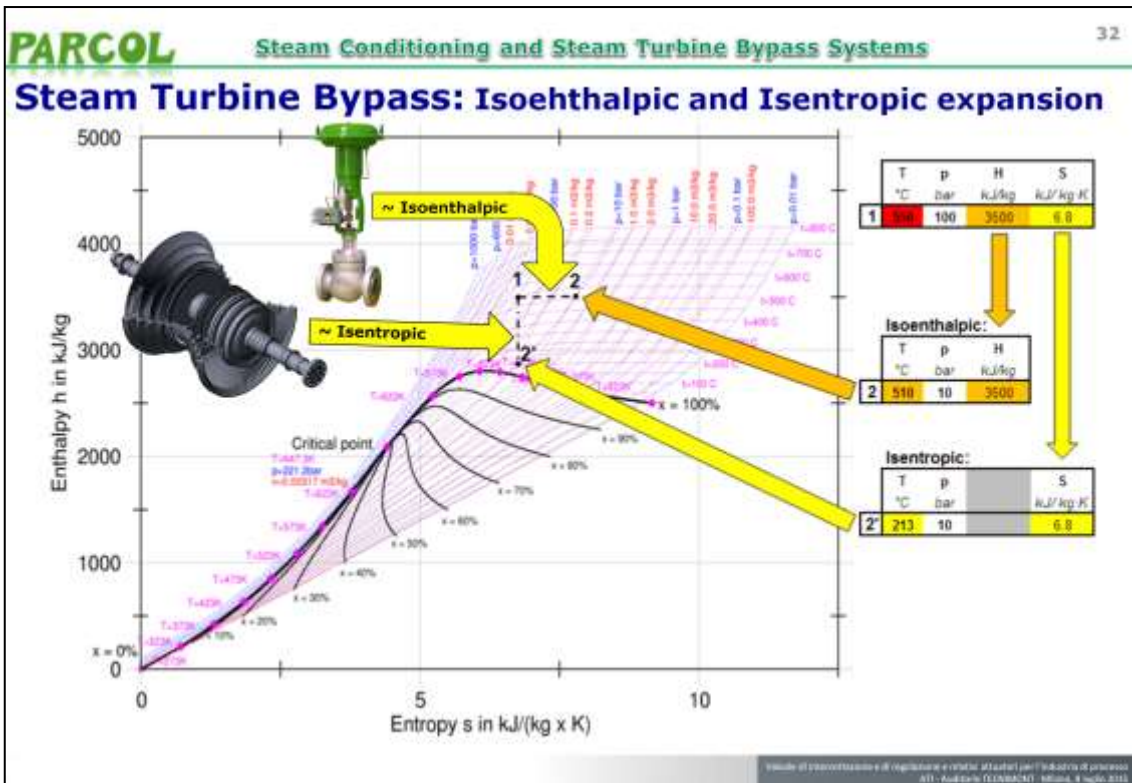
The spray-water isolation valve is usually not required on IP and LP systems due to the low pressure value of the desuperheating water.



Layout di un tipico impianto termoelettrico a ciclo combinato:

- . Gas Turbine (GT)
- . Heat Recovery Steam Generator (HRSG)
- . Steam Turbine (ST)
- Il sistema di bypass di HP comprende:
  - Valvola di riduzione del vapore con iniezione acqua integrata PRDS (Pressure Reducing and Desuperheating Station)
  - Valvola di regolazione dell'acqua di atterramento
  - Valvola di stop dell'acqua  
La valvola di stop, è talvolta richiesta per evitare danneggiamenti della valvola di regolazione dell'acqua quando la pressione dell'acqua di atterramento è particolarmente alta.
- Il sistema di bypass di IP e LP comprende:
  - Valvola di riduzione del vapore con iniezione acqua integrata PRDS (Pressure Reducing and Desuperheating Station)
  - Valvola di regolazione dell'acqua di atterramento

La valvola di stop solitamente non è richiesta in quanto le pressioni dell'acqua di atterramento non sono eccessive in queste sezioni di bypass.



La riduzione di pressione realizzata da una valvola è approssimabile con una trasformazione isoentalpica in quanto non esiste scambio di calore e di lavoro significativo con l'esterno.

La temperatura del vapore in uscita dalla valvola è pertanto di pochi gradi inferiore a quella del vapore in ingresso.

Al contrario l'espansione all'interno di una turbina a vapore, che asporta lavoro riducendo notevolmente l'entalpia specifica del fluido, produce una notevole diminuzione della temperatura del vapore.

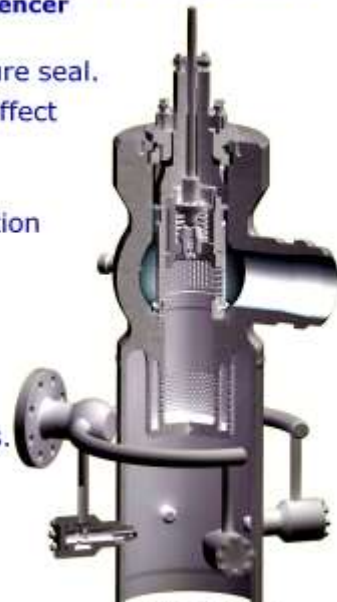
Essendo le sezioni di impianto a valle della turbina dimensionate, sia meccanicamente (idoneità dei materiali alle temperature e resistenza meccanica in temperatura) che termodinamicamente (es. scambiatore RH), per operare con vapore alla temperatura di uscita dalla turbina a vapore, si rende necessario intervenire sull'entalpia specifica del vapore processato dalla valvola riduttrice di pressione (bypass turbina) in modo da riportare la sua temperatura a valori accettabili.



## Pressure Reducing and Desuperheating Stations PRDS

Typical side inlet pressure reducing valve with built in silencer and downstream injected desuperheating water.

- Body bonnet connection high reliability metallic pressure seal.
- Specialty spherical body shape to reduce P/T fatigue effect (verified in accordance with TRD 301).
- Flow to close design that:
  - keeps all the main components in the upstream section that is thermally more stable and controllable.
  - allows the use of the pilot operated balanced plug solution for a perfect seal.
- Proprietary free expanding seat to body connection design to minimize thermal expansion effects.
- Low Noise design with micro-drilled cage and silencers.
- Built-in Limiphon silencer available for very low noise service.
- Built-in free expanding desuperheating water injection system.
- Compact design.



PARCOL 1-5700 PRDS

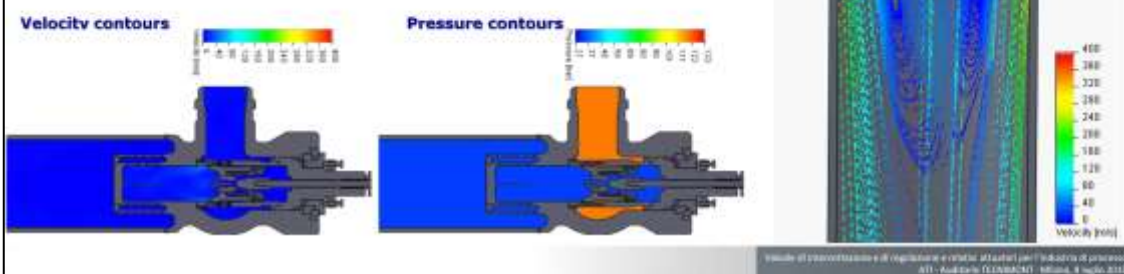
Modello di progettazione e di ingegneria di livello di stato dell'arte per l'industria di processo  
 011 - Azienda (CANTIERI) - Milano, il luglio 2014



### PRDS: built-in multistep silencer

Built-in silencer has the function to:

- Generate a suitable backpressure in order to:
  - reduce noise generated by the first stage at medium and high loads.
  - moderate the steam velocity across the seat to prevent noise generation and vibrations.
- Reduce the downstream transmission of the noise generated by first stage and seat.
- Produce a suitable velocity distribution at valve outlet to optimize downstream injected water evaporation.



L'analisi CFD mette in risalto l'andamento dei profili di velocità a valle dell'ultimo stadio del silenziatore.

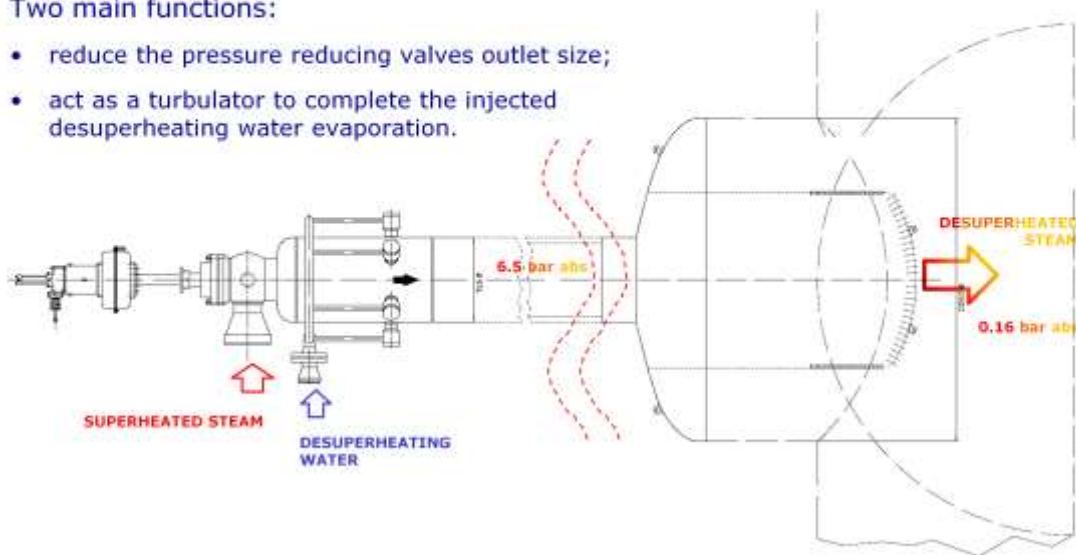
In corrispondenza della sezione anulare di massima velocità in prossimità della parete della tubazione vengono installati gli ugelli a disposizione radiale che sfruttano così un ulteriore effetto di atomizzazione prodotto dalla elevata velocità relativa acqua/vapore.

La presenza dei silenziatori a valle del primo stadio regolante, oltre alla riduzione della propagazione a valle della rumorosità prodotta dal primo stadio, produce una contropressione proporzionale alla portata smaltita dalla valvola che consente di contenere l'aumento di velocità nelle sezioni interne della valvola in tutto il range di portata.

## DUMPER to Condenser

Two main functions:

- reduce the pressure reducing valves outlet size;
- act as a turbulator to complete the injected desuperheating water evaporation.



Studio di parametrizzazione e di regolazione a tempo di sistemi per il controllo di processo  
 811 - Analisi e Sintesi di Sistemi di Controllo - Milano, 3 luglio 2015

I benefici ottenibili sul dimensionamento di una valvola di bypass a condensatore introducendo il dumper al condensatore sono facilmente intuibili confrontando la dimensione della tubazione di valle di una valvola di bypass provvista di dumper con il diametro di sbocco del dumper in un ipotetico collettore a condensatore.

Questa differenza di sezioni è dovuta al fatto che le pressioni generate dal dumper a valle della valvola sono da 20 a 40 volte la pressione di condensatore.

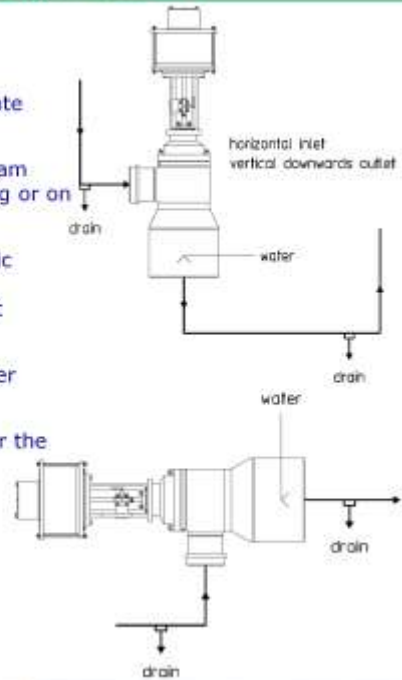
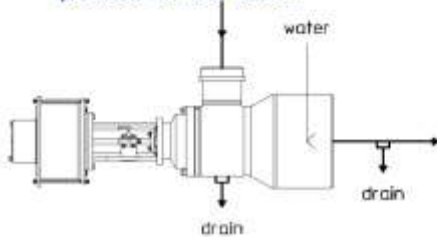
Essendo il volume specifico del vapore inversamente proporzionale alla pressione, ne consegue l'enorme differenza delle sezioni.

La presenza di dumper, oltre alla riduzione del tratto di tubazione di connessione della valvola al condensatore, ottimizza l'evaporazione dell'acqua iniettata introducendo un ulteriore stadio di riduzione della pressione, a valle dell'iniezione dell'acqua, che si presenta praticamente sempre in regime sonico e pertanto con elevate velocità del vapore attraverso i fori.

Non trascurabili sono le problematiche relative a fenomeni erosivi, acustici e vibratorii che devono essere accuratamente valutate nella selezione dei materiali e nel dimensionamento dei dumper.

**Installation**  
**Condensate Drainage**

- Upstream and downstream piping must be equipped with appropriate condensate draining systems.
- For PRDS, according to pressure reducing valve orientation, upstream condensate draining connection can be provided on upstream piping or on valve body.
- Except for self draining lines (typically to condenser) when enthalpic calculation control system is installed, condensate drain system downstream water injection must be sized taking in account for not evaporated water to avoid:
  - dangerous accumulations that may cause thermal shocks, water hammer and erosions.
  - disturbances to detection system of controlled temperature, for the presence of free water.



Studio di progettazione e di ingegneria e servizi di analisi per l'industria di processo  
S.P.A. - Indirizzo: CUSANNO (MI) - Milano, 3 luglio 2014

Particolare attenzione deve essere prestata al drenaggio della linea a valle del sistema di desurriscaldamento in quanto, a bypass in funzione, deve essere possibile estrarre l'acqua non evaporata onde evitare pericolosi accumuli che possono causare shock termici, colpi d'ariete ed erosione.

Nei bypass a condensatore, solitamente gestiti mediante controllo entalpico e provvisti di dumper, se la linea a valle è disegnata correttamente con pendenza rivolta verso il condensatore, è sufficiente che il dumper sia auto drenante per evitare accumuli di condensato.

## Installation

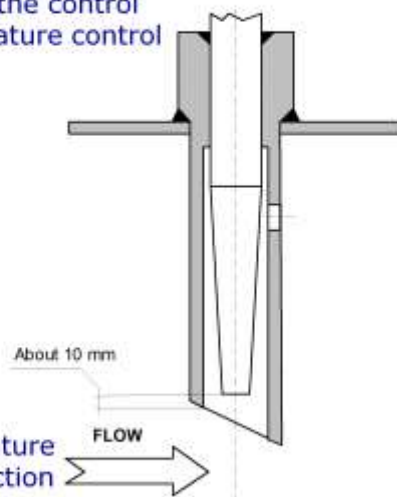
### Temperature Probes Installation and Protection

Temperature sensor is the basic element for closing the control loop in all desuperheating systems based on temperature control principle (closed loop applications).

Main parameters to be taken in consideration are:

- Distance from injection point as function of:
  - Desuperheater type
  - Piping configuration
  - Process parameters
- Temperature probe positioning

For all critical application and when a stable temperature control is required, the installation of a sensor protection is suggested.



Studio di progettazione e di ingegneria e servizi di lavori per l'industria di processo  
 011 - Audace (02/88424) - Milano, il telefono 011

### Installazione e protezione della sonda di misura della temperatura.

Nei sistemi di desurriscaldamento con controllo della temperatura, particolare attenzione deve essere prestata all'installazione della sonda di temperatura.

In funzione dei parametri di processo e della geometria della tubazione è prescritta una distanza minima a cui installare la sonda in modo tale da consentire una completa evaporazione dell'acqua iniettata.

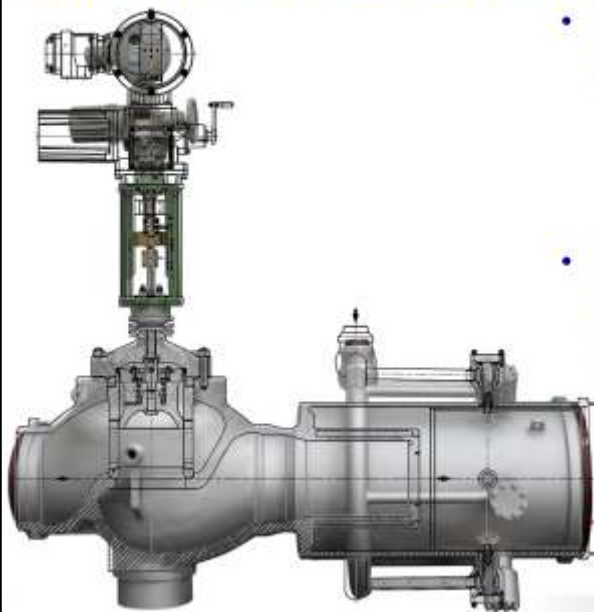
La presenza di acqua non evaporata trascinata dalla vena fluida può provocare la deposizione di un film di acqua sul pozzetto della sonda compromettendone il funzionamento in quanto la temperatura letta, tende a coincidere con la temperatura del saturo alla pressione del vapore, provocando la chiusura ingiustificata della valvola di regolazione dell'acqua.

In casi particolarmente critici, oppure quando la distanza dal punto di iniezione è inferiore alla minima richiesta, si raccomanda l'installazione di un dispositivo di protezione del pozzetto termometrico.

Il dispositivo illustrato in figura, che deve essere installato con asse verticale, provoca una separazione dell'acqua trascinata che aderisce alla superficie esposta del tubo tagliato a 45° cadendo poi verso il basso, mentre una parte del vapore privo di acqua sale verso il foro praticato nella parte superiore senza bagnare la sonda.

## Installation

### Internal Pipe Wall Protection to avoid damages for thermal fatigue



- Water dripping and/or water jet impact with pipe wall, can cause the inside pipe surface to crack due to thermal shock.



- When the difference between the superheated steam temperature and the injected water is exceeding 250 °C, a protective jacket (steam liner) for pipe wall protection is recommended.

Internal Protective Jacket

Modello di progettazione e di ingegneria e grafica di autori per l'industria di processo  
 011 - Autocore (LUSSEMBURGO) - Milano, il luglio 2014

### Protezione del punto di iniezione da fenomeni di fatica termica.

L'impatto di acqua sulla parete della tubazione lambita dal vapore, inevitabilmente discontinuo a causa delle turbolenze localizzate, causa stress termici che nel tempo, se sufficientemente elevati, possono causare sgretolamento della superficie per fatica termica oppure propagazione di micro cricche in quanto gli stress vanno a sommarsi allo stress dovuto alla pressione interna alla tubazione.

Gli stress termici sono direttamente proporzionali alla differenza di temperatura massima e minima cui la parete è sottoposta e, quindi, alla differenza tra la temperatura del vapore e quella dell'acqua iniettata.

Pertanto per evitare il manifestarsi di questo fenomeno, quando la temperatura del vapore surriscaldato è molto elevata rispetto alla temperatura dell'acqua di atterramento iniettata e il sistema di atterramento funziona in continuo per lunghi periodi, può rendersi consigliabile la protezione della parete interna della tubazione dal gocciolamento o dall'impatto diretto di parte dell'acqua iniettata.

A questo scopo si installa un liner interno alla tubazione che funge da schermo all'impatto dell'acqua sulla superficie interna della tubazione e non ha nessuna funzione meccanica di contenimento della pressione.



## Desuperheater Selection

### Main Parameters Affecting the Choice

- Superheated steam flow
- Steam pressure and temperature
- Percentage of injected water vs. steam
- Difference of required final temperature from saturation
- Required System Turndown
- Minimum and maximum steam velocity at injection point
- Minimum and maximum water-steam pressure drop
- Steam line dimensions
- Upstream and downstream piping layout
- ... ..
- Etc, etc.











### In conclusione.

Al corretto funzionamento di un sistema di condizionamento del vapore contribuiscono un gran numero di fattori con effetti non sempre immediatamente valutabili e quantificabili.

È pertanto indispensabile una valutazione completa dei parametri di processo in tutte le condizioni di esercizio prevedibili ed una meticolosa definizione del layout di impianto da sottoporre al fornitore per una corretta selezione della migliore soluzione tecnica atta a soddisfare i requisiti richiesti.

### Process and geometrical parameters influence on desuperheating efficiency

Process Parameter	Influence
1. Water to steam pressure drop	 +
2. Nozzle dimension	 -
3. Steam velocity	 +
4. Steam pressure	 +
5. Desuperheating water temperature <sup>1</sup>	 +
6. Water differential temperature to saturation <sup>2</sup>	 -
7. Percentage of desuperheating water to be injected vs. steam	 -
8. Pipe diameter (with same steam velocity)	 +

<sup>1</sup> Higher water temperature reduces surface tension helping the fragmentation to small droplets.

<sup>2</sup> Higher differential to saturation temperature increases time for water heating up to boiling temperature.

Studio di parametrizzazione e di regolazione e controllo di sistemi per l'automazione di processi  
 AT - Automazione (CUNIBATTI) - Milano, 3 luglio 2015

**Influenza indicativa dei principali parametri di processo e di impianto sul buon funzionamento di un sistema di attemperamento.**

- Pressione differenziale acqua vapore (+):** Garantisce una migliore efficienza dell'ugello e consente la selezione di ugelli di dimensione inferiore.
- Dimensione degli ugelli (-):** la dimensione della goccia è tanto più grande quanto maggiore è la dimensione dell'ugello.
- Velocità del vapore (+):** incrementa lo scambio termico, l'effetto di trascinamento e l'energia cinetica di impatto che produce una steam atomizing secondaria.
- Pressione del vapore (+):** incrementa la spinta di Archimede che aiuta a sostenere le goccioline e l'effetto di trascinamento.
- Temperatura dell'acqua iniettata (+):** riduce la tensione superficiale favorendo la frantumazione della goccia e riduce il tempo di riscaldamento per evaporazione dell'acqua.
- Differenza tra la temperatura dell'acqua iniettata e la temperatura di saturazione (-):** incrementa il tempo necessario per l'inizio dell'evaporazione
- Percentuale della portata d'acqua iniettata rispetto alla portata vapore (-):** riduce lo spazio tra le gocce iniettate aumentando il rischio di riaggregazione.
- Dimensione della tubazione vapore, a parità di velocità del vapore (+):**
  - Diminuisce possibilità di contatto del getto d'acqua con la parete della tubazione,
  - Aumenta il tempo di caduta della goccioline sul fondo della tubazione;
  - Favorisce l'apertura del getto aumentando lo spazio tra le goccioline

**Thank you for your attention**