



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Progettazione e realizzazione di uno scambiatore di calore
prototipico per reattori refrigerati a sodio con circuito intermedio a
sali fusi

F. Fabrizi, W. Gaggioli, L. Rinaldi, C. Rocca, R. Sturace

PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI UNO SCAMBIATORE DI CALORE PROTOTIPICO PER
REATTORI REFRIGERATI A SODIO CON CIRCUITO INTERMEDIO A SALI FUSI

F. Fabrizi, W. Gaggioli, L. Rinaldi, C. Rocca, R. Surace - ENEA

Settembre 2011

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Governo, Gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale

Progetto: Nuovo nucleare da fissione: collaborazioni internazionali e sviluppo competenze in
materia nucleare

Responsabile Progetto: Paride Meloni, ENEA

Titolo

Progettazione e realizzazione di uno scambiatore di calore prototipico per reattori refrigerati a sodio con circuito intermedio a sali fusi

Descrittori

Tipologia del documento: Rapporto Tecnico
 Collocazione contrattuale: Accordo di programma ENEA-MSE: tema di ricerca "Nuovo nucleare da fissione"
 Argomenti trattati: Trasmissione del Calore
 Termoidraulica
 Reattori nucleari veloci
 Generation IV reactors

Sommario

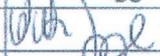
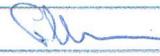
È stata progettata e messa a punto una Sezione di Prova dedicata a una campagna sperimentale volta a definire le caratteristiche di un sistema innovativo, a sicurezza intrinseca in quanto privo di elementi attivi, per la rimozione del calore di decadimento della piscina di stoccaggio elementi esauriti di una centrale nucleare.
 La Sezione di prova, consistente in uno scambiatore di calore costituito da un tubo alettato con circolazione naturale dei fluidi di scambio del calore, verrà installata sull'impianto sperimentale MOSE sito presso il CR Casaccia dell'ENEA.

Note

Autori: Fabrizio Fabrizi, Walter Gaggioli, Luca Rinaldi, Carlo Rocca, Rocco Surace

Copia n.

In carico a:

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE	13/09/2011	NOME	W. Gaggioli	M. Tarantino	P. Meloni
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA		REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

INDICE

1. Premessa.....	3
2. Termofluidodinamica dei sali fusi in circolazione naturale	4
3. Descrizione della Sezione di Prova TA.....	9
4. Specifiche tecniche.....	12
1. Item valvole di intercettazione	12
2. Item SdP Tubo Alettato	14
3. Item riscaldatore	15
4. Item cono convergente	16
5. Item valvole a congelamento.....	17
6. Item piping	18
7. Item serbatoio	19
8. Item Termocoppia Elemento tipo K.....	20
9. Item Pozzetto termometrico	21
10. Item Regolatore digitale a microprocessore.....	22
11. Item Attacco al processo	23
12. Item Trasmettitore elettronico di pressione differenziale	24

1. Premessa

Le azioni svolte per il conseguimento dell'Obiettivo Linea Progettuale n. 3 – H: 'Tecnologie SFR: Generatore di vapore per reattori SFR', inserito nell'Accordo di Programma tra il Ministero dello Sviluppo Economico ed ENEA, hanno riguardato lo sviluppo e la messa a punto, da parte dell'ENEA - Unita Tecnica Fonti Rinnovabili (UTRINN), Lab. Solare Termodinamico, di una Sezione di Prova dedicata alla fattibilità di un sistema innovativo, a sicurezza intrinseca in quanto privo di elementi attivi, di rimozione del calore di decadimento della piscina di stoccaggio elementi esauriti di una centrale nucleare.

Il sistema proposto è basato su scambiatori di calore ad alette longitudinali, a circolazione naturale dell'aria di raffreddamento, calettati sull'esterno del recipiente di contenimento degli elementi di combustibile esauriti; il recipiente di contenimento è riempito con una miscela ternaria di sali fusi composta di nitrato di litio, nitrato di sodio e nitrato di potassio invece che con sodio. Il calore prodotto dagli elementi di combustibile esauriti viene trasferito alla miscela di sali la quale, per circolazione naturale, attraversa dall'alto verso il basso gli scambiatori di calore alettati disposti circonferenzialmente intorno al recipiente e ad esso collegati da apposite tubazioni. Gli scambiatori di calore vengono raffreddati in controcorrente per convezione naturale dall'aria esterna.

Caratteristica principale della Sezione di Prova (SdP) che è stata progettata in questo ambito è quella di consentire sia una circolazione forzata che naturale di una miscela di sali fusi, costituita per il 60% da nitrato di sodio (NaNO_3) e per il 40% da nitrato di potassio (KNO_3). Per le prove sperimentali di questa SdP, dedicata alla verifica funzionale del proposto sistema di rimozione del calore, si propone di utilizzare l'impianto sperimentale MOSE, sito presso il C. R. Casaccia dell'ENEA. Tale impianto è dedicato a prove sperimentali relative alla tecnologia del Solare Termodinamico sviluppata negli ultimi anni dall'ENEA. La miscela di sali fusi che evolve in questo impianto è la suddetta miscela binaria che, se pur non uguale alla miscela ternaria prevista nel proposto sistema innovativo, è comunque adatta all'esecuzione delle prove sperimentali per la messa a punto e la verifica del sistema proposto, in condizioni di pressioni, temperature, perdite di carico e potenze scambiate paragonabili a quelle richieste. Pertanto l'impianto può essere utilmente impiegato per una prima valutazione sulla fattibilità del sistema. La SdP è stata concepita basandosi sulle caratteristiche dell'impianto MOSE per quanto riguarda portate, pressioni e temperature raggiungibili e utilizzabili.

Scopo della presente relazione è stato quello di fissare i parametri di progettazione e le specifiche della suddetta Sezione di Prova "Tubo Alettato", di seguito denominata SdP TA, al fine di poter procedere all'acquisto dei materiali e dei componenti per la sua realizzazione.

2. Termofluidodinamica dei sali fusi in circolazione naturale

Ai fini del dimensionamento della SdP TA, tramite il programma E.E.S. è stato sviluppato un modello che simula il funzionamento di un serbatoio stratificato in temperatura, contenente nella parte superiore sali fusi a temperatura uniforme $T_{sali_{in}}$, collegato ad un tubo alettato longitudinalmente attraversato dai sali in circolazione naturale. Lo schema di principio utilizzato è riportato nella Figura 1.

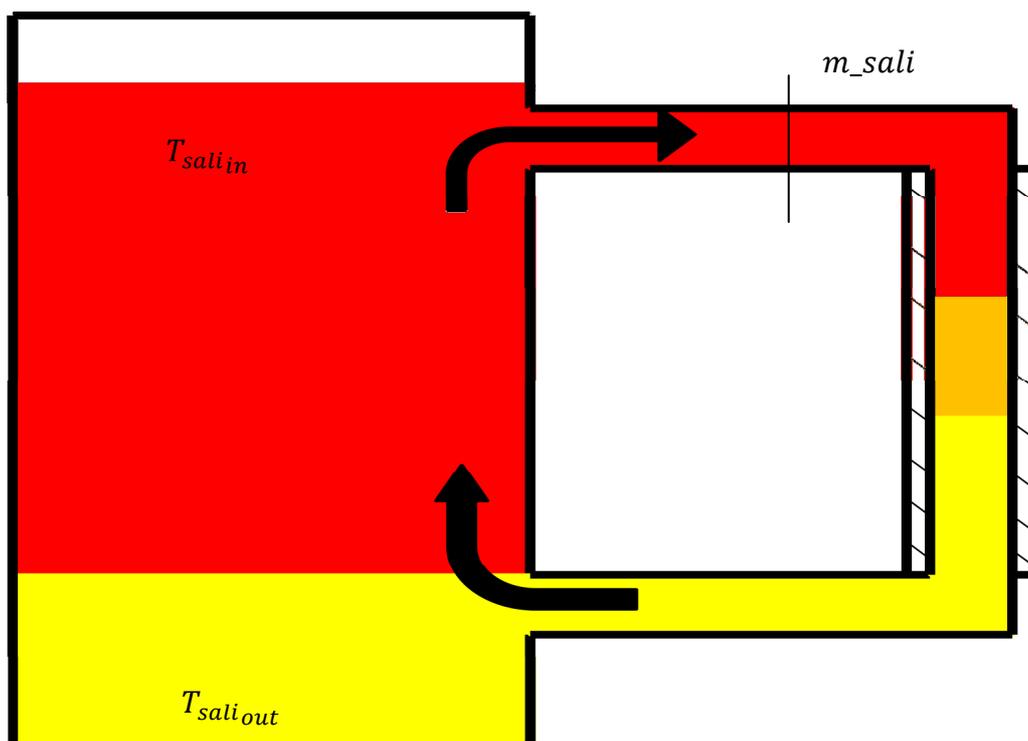


Figura 1- Schema del sistema con serbatoio e tubo alettato

Nel modello i sali che attraversano il tubo scambiano calore con l'aria esterna (lato tubo esterno il meccanismo di scambio è per convezione naturale) e di conseguenza si raffreddano; quindi, essendo più pesanti, si disporranno nella parte inferiore del serbatoio. Ne segue che la colonna di sali all'interno del tubo alettato risulta essere più pesante dell'equivalente colonna presente nel serbatoio, e quindi che si instaurerà la circolazione naturale dei sali con una certa portata m_{sali} , che dipende dall'equilibrio tra la forza fluido motrice e le perdite di carico.

La forza fluido motrice della circolazione dipende dalla variazione di densità dei sali tra ingresso ed uscita dal tubo alettato. Tale variazione è funzione della relativa variazione di temperatura, che risulta essere collegata alla potenza ceduta all'ambiente esterno. Il punto di funzionamento del sistema sarà quindi quello per cui si equilibrano sia la forza fluido motrice con le perdite di carico, che la potenza scambiata lato sali (collegata alla forza fluido motrice) con quella effettivamente scambiabile da un tubo alettato di fissata superficie. Al crescere del diametro del tubo, viene inoltre opportunamente aumentato il numero delle alette.

Nelle Figure 2,3,4,5 e 6 sono riportate gli andamenti della:

- Potenza scambiata Q_{sc}

- Temperatura dei sali in uscita $T_{sali_{out}}$
- Portata dei sali m_{sali}
- Velocità dei sali v_{sali}
- Perdite di carico (forza fluido motrice $\Delta P_{fr} = \Delta P_{fm}$)

al variare della lunghezza del tubo e per vari valori del diametro interno del tubo stesso, avendo fissato la temperatura dei sali in ingresso al tubo ($T_{sali_{in}}$) a 400 °C e quella dell'aria esterna a 20 °C.

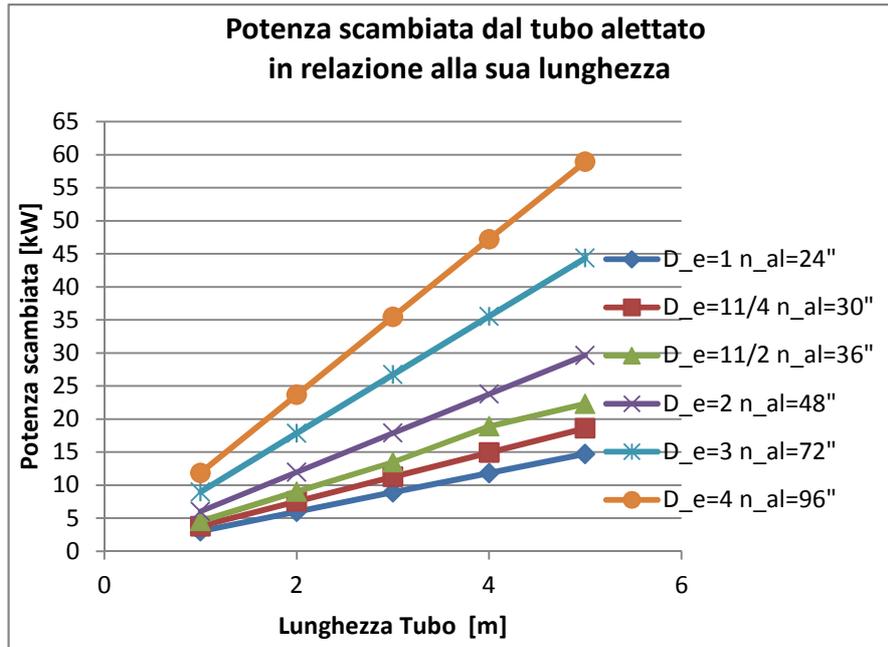


Figura 2 - Andamento della potenza scambiata al variare della lunghezza del tubo

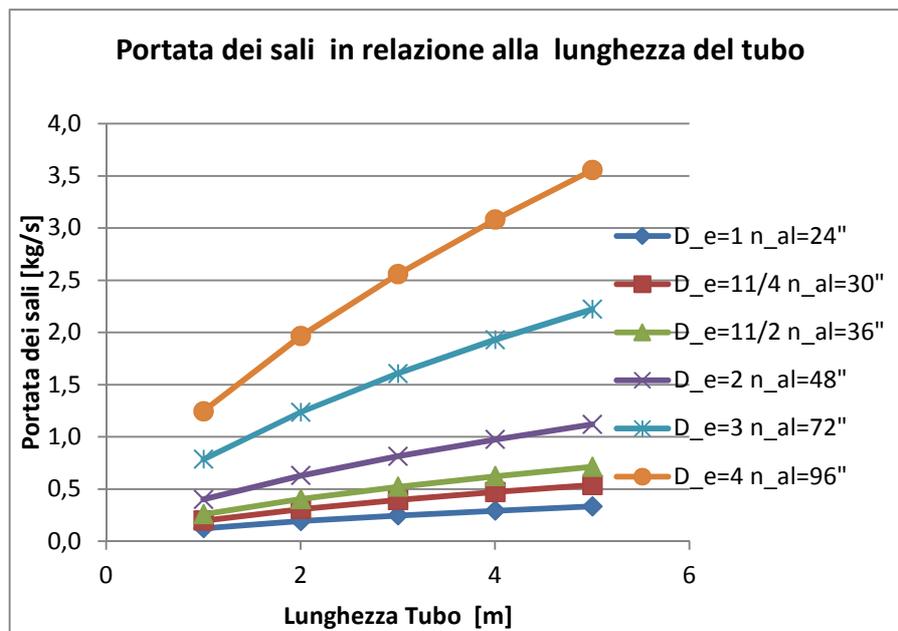


Figura 3 - Andamento della portata dei sali al variare della lunghezza del tubo

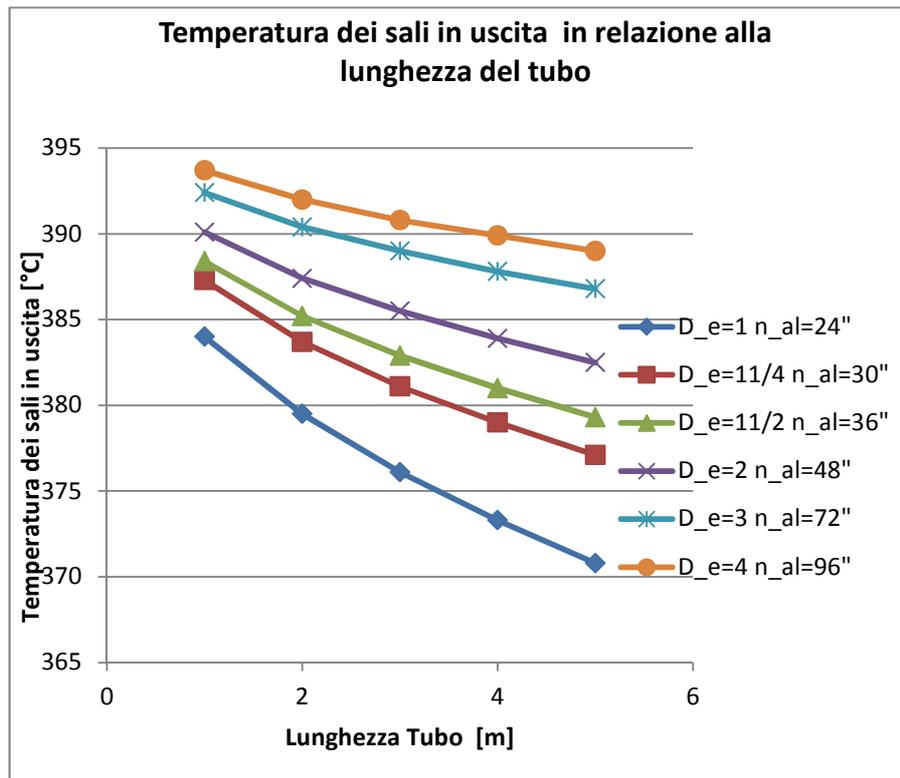


Figura 4 - Andamento della $T_{sali_{out}}$ al variare della lunghezza del tubo

L'espressioni che regolano la forza fluido motrice ΔP_{fm} e delle perdite di carico ΔP_{fr} sono:

$$\Delta P_{fm} = gL(\rho_m - \rho_{in}) \quad (1.A)$$

$$\Delta P_{fr} = ff * \frac{L}{D} * \frac{v_{sali}^2}{2 * \rho_m} + \Delta P_{cc}(v_{sali}) \quad (2.A)$$

Al crescere di L aumenta (a parità di diametro) la forza fluido motrice, di conseguenza per garantire la circolazione devono aumentare necessariamente le perdite di carico. In quest'ultime l'incremento di L ha un peso marginale, poiché per tale geometria risultano essere più rilevanti le perdite concentrate $\Delta P_{cc}(v_{sali})$. Ne segue, quindi, che per garantire l'equilibrio tra ΔP_{fm} e ΔP_{fr} deve necessariamente aumentare la velocità del sale v_{sali} (figura 2). L'incremento della velocità comporta un aumento della portata dei sali m_{sali} figura 3, in quanto stiamo considerando il caso in cui il diametro non varia, di conseguenza risulta fissata anche la sezione di passaggio, e quindi al crescere della velocità deve necessariamente aumentare la portata (la densità media dei sali all'interno del tubo può in una prima analisi essere considerata costante in quanto, come si può notare nel relativo grafico, le variazioni di temperatura tra ingresso ed uscita dal tubo sono limitate). Al crescere di L aumenta inoltre la superficie di scambio, di conseguenza il sale tende a raffreddarsi maggiormente. In particolare, però, si può notare dalla figura 4 come il decremento di temperatura sia meno che proporzionale del relativo incremento di lunghezza. Tale fenomeno è dovuto al fatto che al crescere di L aumenta la portata dei sali che evolve nel tubo, ma il coefficiente di scambio, a seguito dell'incremento di portata (velocità), aumenta

meno che proporzionalmente rispetto ad essa, e di conseguenza l'incremento di potenza, che può smaltire l'unità di superficie, è inferiore all'incremento della capacità termica oraria ($C_{sali} = m_{sali} * c_{p_{sali}}$) che rappresenta la potenza termica che deve essere estratta dalla corrente dei sali per abbassarne di un grado la temperatura.

Da quanto detto, segue ovviamente che, al crescere di L, la potenza scambiata dalla corrente dei sali aumenta (cresce sia la portata che il salto di temperatura):

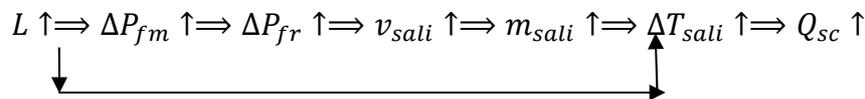
$$Q_{sc} = m_{sali} * c_{p_{sali}} * \Delta T_{sali} \quad (3.A)$$

La potenza scambiata può anche essere scritta come:

$$Q_{sc} = U_g * S * \Delta T_{ml} \quad (4.A)$$

Al crescere di L aumenta il coefficiente di scambio lato sali, ma nel caso in esame, il coefficiente che regola il meccanismo è rappresentato da quello lato aria riferito al tubo alettato. Ne segue che in prima approssimazione, al variare di L, U_g può essere considerato costante. La differenza media logaritmica delle temperature, invece, diminuisce leggermente all'aumentare di L (diminuisce $T_{sali_{out}}$); ma anch'essa in prima approssimazione può essere ritenuta costante. La superficie invece varia linearmente con la lunghezza del tubo, in particolare, se il tubo raddoppia la sua lunghezza, l'incremento della superficie risulta essere inferiore, poiché l'altezza dell'aletta rimane costante. Da quanto detto possiamo, quindi, concludere che la potenza varierà anch'essa linearmente con la lunghezza del tubo.

Riportiamo uno schema logico di quanto detto:



Per dimensionare la SdP occorre considerare il caso in cui la lunghezza del tubo alettato rimane costante ($L = 3$ m, in funzione dello spazio disponibile sull'impianto di prova), mentre il diametro varia. In particolare, riportiamo in fig. 5 l'andamento delle precedenti grandezze per la fissata lunghezza ($L = 3$ m) al variare del diametro.

Al crescere del diametro abbiamo una diminuzione della velocità dei sali v_{sali} , in quanto aumenta la sezione di passaggio. Ricordando l'espressione (2.A), in base a quanto detto, segue che le perdite di carico ΔP_{fr} dovranno necessariamente diminuire e a tale variazione sarà anche soggetta la forza fluidomotrice ΔP_{fm} , affinché sia garantito l'equilibrio tra ΔP_{fm} e ΔP_{fr} , condizione necessaria per la circolazione naturale dei sali nel serbatoio. Dall'espressione (1.A) si deduce che una diminuzione di ΔP_{fm} implica una diminuzione della densità media dei sali nel tubo (nel caso in esame ρ_{in} ed L non variano); ciò comporta necessariamente un incremento della temperatura in uscita dei sali ($T_{sali_{out}}$). Passando a considerare la potenza scambiata, segue che resta valida l'espressione (4.A), e anche in questo caso possiamo considerare in prima analisi costanti ΔT_{ml} (in realtà cresce) e U_g (in realtà diminuisce perché scende v_{sali}), mentre la superficie varia linearmente con il diametro; di conseguenza anche la potenza termica scambiata crescerà conformemente a questo andamento. In particolare, nel caso con $L = \text{cost}$, la potenza aumenta più che proporzionalmente all'incremento di D perché le superfici di scambio aumentano anch'esse più che proporzionalmente, visto l'incremento del numero delle

alette posizionate sulla superficie esterna. Nel caso precedente, invece, avevamo osservato come l'incremento della potenza era meno che proporzionale all'incremento di L , in quanto l'altezza delle alette rimaneva costante. Infine ricordando l'espressione (3.A), segue che l'incremento della potenza scambiata può essere giustificato solamente se accompagnato dall'aumento della portata dei sali m_{sali} evolvente nel tubo, conformemente quindi a quanto riportato nella Figura 5.

Riportiamo anche in questo caso uno schema logico di quanto detto precedentemente:

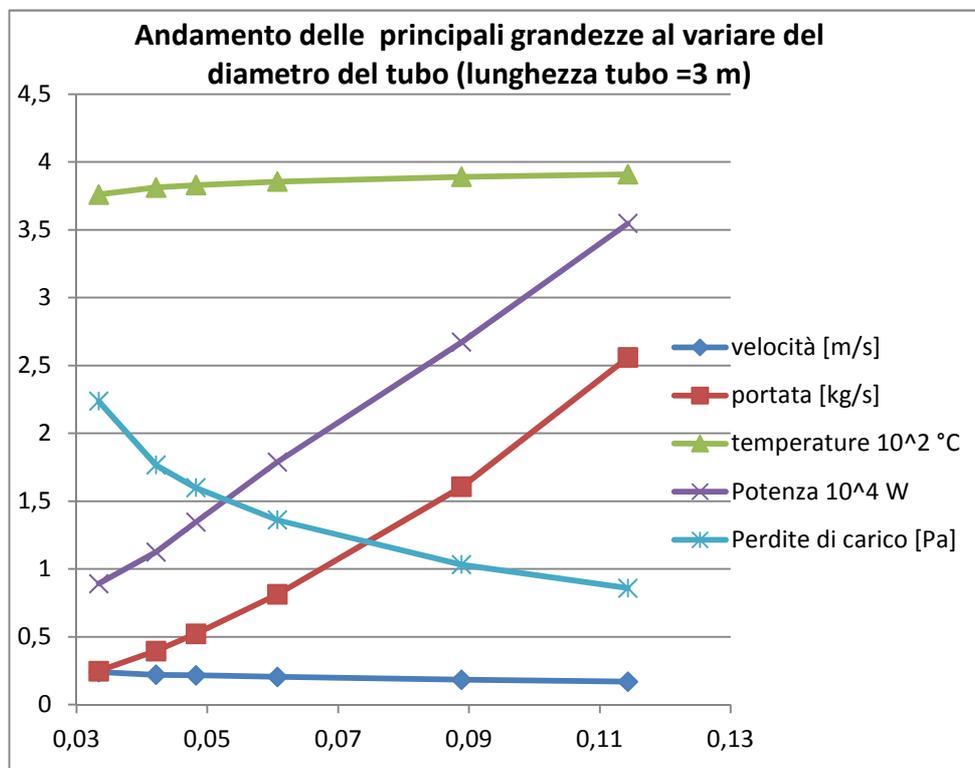
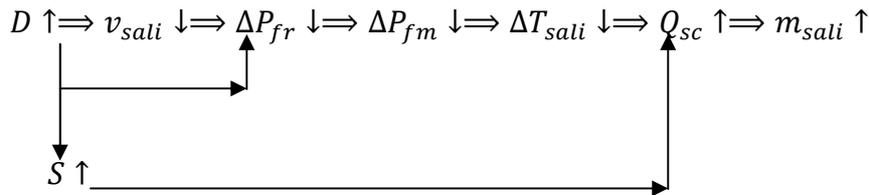


Figura 5- Andamento delle varie grandezze che caratterizzano il fenomeno al variare del diametro del tubo

Dagli andamenti di Figura 5 si possono scegliere le dimensioni della sezione del tubo alettato inserito nella Sezione di Prova, dove verranno misurati i coefficienti di scambio, e la potenza del riscaldatore elettrico che deve essere inserito nella SdP per innescare la circolazione naturale.

Nella Tabella 1 seguente, sono riportati i valori della simulazione effettuata per il tubo scelto, di diametro 1" 1/2 e per le varie lunghezze considerate.

L_aletta	0,02				
n_alette	36				
D_ext_tubo	1 1/2"	0,04826 m			
L_scambiatore[m]	5	4	3	2	1
Q[kw]	22,627	18,151	13,655	9,137	4,592
T_sali_out[°C]	381,9	383,4	385,0	387,1	389,8
m_sali[kg/s]	0,828	0,7224	0,6041	0,4675	0,299
vel_sali[m/s]	0,280	0,244	0,204	0,158	0,101
Peso[kg]	60,3	48,2	36,2	24,1	12,1

Tabella 1 – Valori calcolati per il tubo scelto e per le varie lunghezze considerate

In conclusione, date le caratteristiche dei parametri principali dell’impianto sperimentale MOSE dove va installata la SdP, e in particolare considerando che la portata di sali fusi a disposizione può arrivare al massimo intorno a 1 kg/s, e dalle discussioni e dai risultati precedenti, è stata dimensionata la Sezione di Prova, che risulta quindi costituita da un tubo ad alette longitudinali con le seguenti caratteristiche:

- Lunghezza: 3 m
- Diametro interno: 1" ½ (0.04826 m)
- Spessore: sch 40 (0.00368 m)
- N. alette longitudinali: 36
- Dimensione alette: lunghezza: 3000 mm
profondità: 20 mm
spessore: 1.5 mm

3. Descrizione della Sezione di Prova TA

Nella seguente Tavola 1 è riportato lo schema meccanico di principio della Sezione di Prova Tubo Alettato. La SdP TA risulta essere composta da un loop collegato alla tubazione principale dell’impianto sperimentale MOSE “MOlten Salt Experiments”, che è già operativo presso il Centro Ricerche “Casaccia” dell’ENEA. La scelta di creare un semplice loop, collegato ma esterno all’impianto sperimentale, deriva dal fatto che sull’impianto non è disponibile un serbatoio di capacità adeguata tale da poter essere utilmente utilizzato. Per simulare però l’innesco e il mantenimento della circolazione naturale lato miscela sali, si rende allora necessario dotare il loop di circolazione dei sali di una sorgente di energia termica che possa erogare ai sali stessi la stessa quantità di calore che verrà poi dispersa lato tubo alettato. Per questo motivo il loop è stato dotato di un riscaldatore elettrico immerso di potenza adeguata regolabile (fino a 18 kW) nel tratto inferiore del ramo simulante il serbatoio, al fine di facilitare l’innesco e la salita della miscela di sali fusi.

All’interno del loop è inserito il tubo alettato strumentato dove, a seconda delle posizioni delle valvole, può essere indotta sia una circolazione naturale dei sali fusi o una loro circolazione forzata, collegando per ottenere ciò la SdP direttamente al

piping principale dell'impianto MOSE dove il flusso è determinato dall'azione della pompa di circolazione dell'impianto stesso.

Il loop è stato dimensionato in modo tale da ridurre al minimo le perdite di carico, e questa sarà la filosofia guida per la scelta di tutti i componenti di linea ad essi afferenti.

Le valvole VM03, VM04 e VM05 sono allocate sull'impianto MOSE e svolgono rispettivamente:

- VM 04 valvola di by pass
- VM 03 e VM05 intercettazione della SdP

Le valvole VM 01 e VM 02 sono impiegate per intercettare la sezione di destra del loop di prova ed assieme alle valvole VM 03 e VM 05 sono utilizzate per discriminare il funzionamento in circolazione naturale dei sali fusi da quello forzato assistito dalla pompa PC101 dell'impianto MOSE. Le valvole VM 01 e VM 02 sono di tipo innovativo ed impiegano il fenomeno del congelamento dei sali per operare l'intercettazione della linea.

Nella stessa Tavola 1 sono indicati anche le misure e gli strumenti previsti sulla Sezione di Prova.

4. Specifiche tecniche

Di seguito sono riportate le principali caratteristiche tecniche dei componenti impiegati nel loop della SdP TA.

1. Item valvole di intercettazione

Numero valvole: V 03, V 04 e V 05

Tipo valvola: Valvola di intercettazione (a globo).

Dimensioni: 1”

Pressione di esercizio: 10 bar .

Max differenza di pressione sull’otturatore, alla quale la valvola deve comunque essere attuabile: 10 bar .

Temperatura di esercizio max: 550 °C

Fluido di processo: miscela di sali fusi (60% NaNO₃ + 40% KNO₃) a temperatura minima 270 °C e massima 550 °C

Attuatore: manuale (presenza di fine corsa e indicazione posizione valvola)

Rating attacchi: a saldare

Particolari prescrizioni: Per le particolari modalità operative dell’impianto e per la chimica del fluido di processo si informa che:

1. Le parti stellate sono accettabili per l’impiego sopra descritto
2. Le baderne in grafoil non sono compatibili con il fluido di processo. Le valvole attualmente montate sulle linee di processo sono equipaggiate con baderne in fibra ceramica.
3. Si propone una valvola con tenuta a soffietto: è inteso che tale soffietto dovrà operare alle condizioni più gravose di pressione e temperatura (10 bar g e 550 °C): soffietto Inconel 625 / 625H -2,4856
4. Le leghe della serie Hastelloy presentano un’ottima compatibilità con il fluido di processo.

Per informazione si aggiunge che, prima di avviare la circolazione della miscela di sali fusi, l’impianto vuoto verrà preriscaldato fino a temperatura dell’ordine di 300 °C tramite riscaldamento elettrico con cavi scaldanti tipo Pyrotenax.

Anche il corpo valvola verrà tracciato ovvero racchiuso in un contenitore riscaldato e termostato per assicurare la necessaria temperatura delle parti a contatto col

fluido, onde evitarne la solidificazione. Le caratteristiche della coibentazione utilizzata sono riportate in Tabella 2.

Classe di isolamento	Temperatura di esercizio [°C]	Strati di materiali di isolamento	Scopo dell'isolamento	Materiale	Diametro tubazioni	Spessore coibentazione [mm]	
					DN	MW	CS
TE 2	300 - 550	strato Foglio di inox 316	Processo e Tracciatura elettrica	Rockwool (MW) + Calcio silicato (CS)	15	30	117
		strato Materassino di lana di roccia			20	30	124
		strato Coppelle di calcio silicato			25	30	131
		strato Finitura di lamierino di alluminio					

Tabella 2 – Caratteristiche coibentazione

2. Item SdP Tubo Alettato

Sigla: SdP TA01

Funzione: analisi scambio termico aria/sali fusi.

Pressione di esercizio: 10 bar.

Max differenza di pressione sull'otturatore, alla quale la valvola deve comunque essere attuabile: 10 bar.

Caratteristiche tecniche:

DIAMETRO TUBO	mm	48,30
SPESSORE	mm	5,08
MATERIALE TUBO		AISI 316
ALETTATURA		LONGITUDINALE
MATERIALE ALETTA		AISI 316
ALTEZZA ALETTA	mm	20,00
SPESSORE ALETTA	mm	1,20
CANALINI A "U" / TUBO		18,00
ALETTE / TUBO		36,00
LUNGHEZZA TUBO	mm	3200,00
LUNGHEZZA ALETTATA	mm	3000,00
NUMERO TUBI		1,00
PESO STIMATO	KG	39,38

Temperatura di esercizio max: 550 °C

Fluido di processo: miscela di sali fusi (60% NaNO₃ + 40% KNO₃) a temperatura minima 270 °C e massima 550 °C

Rating attacchi: a saldare

3. Item riscaldatore

Sigla: RI101

Funzione: fornire potenza termica utile ad instaurare una circolazione naturale nella SdP alettata.

Caratteristiche tecniche:

- RISCALDATORE FLANGIATO 4" IN AISI 316, 150 LBS ANSI,
- N.6 ELEMENTI "WATROD" IN AISI 316 RIPIEGATI AD "U",
- Tensione alimentazione 380V TRIFASE
- Potenza elettrica: 15 KW
- LUNGHEZZA IMMERSA 699 MM.(27-1/2"),
- SCATOLA NEMA 1 (IP 20)

Accessori per funzionamento controllo:

TERMOREGOLATORE EZ ZONE PM EXPRESS (Watlow),

- ALIMENTAZIONE 100-240V,
- 1/16 DIN (48 X 48 MM), 1 INGRESSO
- UNIVERSALE, 1 USCITA LOGICA IN CONTINUA 3-32 VCC, 1
- USCITA RELE' MECCANICO, MONTAGGIO IN QUADRO

RELE' STATICO TIPO DIN-A-MITE (Watlow),

- STILE C, 3 FASI CON
- DUE RAMI CONTROLLATI, CORRENTE MAX 40° 0 °C
- ALIMENTAZIONE E TENSIONE DI CARICO 277÷600 VAC,
- SEGNALE DI INGRESSO 4,5÷32 VDC, GUIDA DIN.

4. Item cono convergente

Sigla: CC 1.01 – CC 1.02

Funzione: raccordo tra tubazione 3" e tubazione 1" introducendo le minori perdite di carico.

Pressione di esercizio: 10 bar.

Max differenza di pressione sull'otturatore, alla quale la valvola deve comunque essere attuabile: 10 bar.

Temperatura di esercizio max: 550 °C

Fluido di processo: miscela di sali fusi (60% NaNO₃ + 40% KNO₃) a temperatura minima 270 °C e massima 550 °C

Rating attacchi: a saldare

Materiale: AISI 316Ti

5. Item valvole a congelamento

Sigla: V 1.01 – V 1.02

Funzione: valvole di intercettazione base sulla proprietà di solidificazione/fusione dei sali fusi.

Pressione di esercizio: 10 bar.

Max differenza di pressione sull'otturatore, alla quale la valvola deve comunque essere attuabile: 10 bar.

Temperatura di esercizio max: 550 °C

Fluido di processo: miscela di sali fusi (60% NaNO₃ + 40% KNO₃) a temperatura minima 270 °C e massima 550 °C

Rating attacchi: a saldare

Materiale: AISI 316Ti

6. Item piping

Sigla:

Funzione: raccordo componenti di circuito.

Pressione di esercizio: 10 bar.

Max differenza di pressione sull'otturatore, alla quale la valvola deve comunque essere attuabile: 10 bar.

Temperatura di esercizio max: 550 °C

Fluido di processo: miscela di sali fusi (60% NaNO₃ + 40% KNO₃) a temperatura minima 270 °C e massima 550 °C

Rating attacchi: a saldare

Materiale: AISI 316Ti

7. Item serbatoio

Sigla: S101

Funzione: bagno Sali per accumulo energia termica da dissipare sul SdP alettata.

Pressione di esercizio: 10 bar.

Max differenza di pressione sull'otturatore, alla quale la valvola deve comunque essere attuabile: 10 bar.

Temperatura di esercizio max: 550 °C

Fluido di processo: miscela di sali fusi (60% NaNO₃ + 40% KNO₃) a temperatura minima 270 °C e massima 550 °C

Rating attacchi: a saldare

Materiale: AISI 316Ti

8. Item Termocoppia Elemento tipo K

Sigla: TC

Funzione: misura temperatura parte piping

Termocoppia:

Elemento tipo K IEC 584-2,

Giunto caldo isolato,

Guaina \varnothing 3 mm in AISI 316

Piastrina a saldare 20x20x1,5 mm in AISI 316 saldata lato giunto caldo

Lunghezza guaina mm.

Connettore compensato maschio standard

9. Item Pozzetto termometrico

Sigla:

Funzione: pozzetto inserimento termocoppia all'interno fluido processo

Pozzetto termometrico dalle seguenti caratteristiche:

Materiale : AISI 316,
Stelo conico \varnothing 14...10 mm,
Foro interno \varnothing 4 mm
Lunghezza immersione 200 mm.
Attacco al processo a saldare
Attacco allo strumento $\frac{1}{2}$ " Gas F

10.Item Regolatore digitale a microprocessore

Sigla: R

Funzione: regolazione in locale termostatazione e invio segnale a dcs

Regolatore digitale a microprocessore, doppio display, completamente configurabile, algoritmo PID, uscita 4 – 20 mA, due relè per eventuali allarmi, alimentazione da 85 a 264 Vac, dimensioni frontali 48x48mm.

Trasmittitore elettronico

Alimentazione: 12÷30 Vcc,

Esecuzione: inox AISI 316

Pressione: Relativa,

Versione: Integrale (Piezo),

Taratura 0÷16 bar

Materiale custodia: AISI 316

Attacco radiale attacco al processo: Connessione per capillare,

Materiale membrana: AISI 316,

Materiale parti bagnate: AISI 316L

Connessioni elettriche: Raccordo inox NPT 1/2" F

Segnale in uscita: 4÷20 mA 2 fili + HART®

Indicatore: Digitale, pulsanti e coperchio con oblò

Accuratezza di taratura $\pm 0,15$ % FS,

Targhetta inox

Completo di separatore

11.Item Attacco al processo

Sigla: F

Funzione: flangia per accoppiamento strumentazione

Attacco al processo: Flangia DN 1" ANSI 300 Ring Joint R20

Materiale membrana: Acciaio inox AISI 316 TI

Materiale parti bagnate: Acciaio inox AISI 316 L

Capillare: Acciaio inox AISI 304 L=2 mt

Guaina di rivestimento: Acciaio inox AISI 304 L=2 mt

Olio di riempimento: Olio silconico alte temperature 380 °C

12.Item Trasmettitore elettronico di pressione differenziale

Sigla: ΔP

Funzione: misura pressione differenziale

Trasmettitore elettronico di pressione differenziale

Tipo custodia : \varnothing 75 (2 coperchi),

Tipo misura : Differenziale

Tipo sensore : Integrato capacitivo

Campo di misura (bar) : Taratura -20....+20 mbar

Taratura -40...+40 mm c.a.

Temperatura di Lavoro 350 °C

Materiale custodia: Acciaio inox AISI 316

Attacco al processo: 2 prese a saldare per capillare

Materiale membrana: AISI 316

Materiali parti bagnate: AISI 316

Connessioni elettriche:

Raccordo NPT 1/2" F

Segnale in uscita: 4÷20 mA 2 fili + HART®

Indicatore: Digitale, pulsanti e coperchio con oblò

Accuratezza $\pm 1\%$

Statica minima di lavoro 0,5 bar /Massima 20bar

Staffa in acciaio inox per montaggio su palina 2"

Completo di N. °2 Separatori

Attacco al processo: Flangia DN 3"ANSI 300 Ring Joint R20

Materiale membrana: Acciaio inox AISI 316 TI

Materiale parti bagnate: Acciaio inox AISI 316 L

Capillare: Acciaio inox AISI 304 L=2 mt

Guaina di rivestimento: Acciaio inox AISI 304 L=2 mt

Olio di riempimento: Olio alta temp.

Temperatura: -40/+380 °C