

INGEENIUM
Engineering Ltd

Analisi fluidodinamica CFD
Distributore di separazione liquidi

1) Generalità.

La presente relazione è tratta da un Case Studies della società nella quale è stato preservato ogni riferimento del cliente in questione per la tutela della privacy.

Per facilità di comprensione non sono riportati tutti i dati tecnici e analitici.

La presente relazione è stata sviluppata con l'obiettivo di dare evidenza di una serie di analisi fluidodinamiche simulate tramite il programma Flowworks di un sistema di separazione fra liquidi a differente densità e viscosità cinematica tramite un sistema denominato "distributore", utilizzato all'interno di un ciclo in un impianto chimico.

La problematica specifica era quella di valutare in maniera comparativa di una serie di soluzioni che permettessero di migliorare per quanto possibile l'efficienza del sistema in maniera tale da ottimizzare il comportamento del separatore.

Il sistema funziona tramite un ciclo continuo a loop che ricircola una portata elevata di liquido che viene addizionato ad un reagente chimico nella fase di pompaggio esterna.

Viene posta all'esterno del sistema una pompa di ricircolazione tra il bocchello di entrata liquido e quello di uscita liquido che genera una portata di ricircolazione pari a una portata di 300 m³/hr

A questo punto i fluidi di reazione vengono miscelati attraverso la pompa di ricircolazione, mentre i 2 prodotti di reazione devono poi miscelarsi all'interno del reattore all'uscita del bocchello S1 (deep pipe) risalendo verso il deep pipe del bocchello S3. Per mantenere calmo il fondo del reattore dove si accumula il prodotto + pesante è stato previsto un comparto, simulato nella condizione C.

Le caratteristiche dei 2 prodotti da separare sono le seguenti:

fluido leggero :

- percentuale 90 %
- densità 850
- viscosità 5 cps

fluido pesante :

- percentuale 10%
- densità 1000
- viscosità 15 cps
- particelle : il fluido pesante si forma in reazione con dimensioni particelle assunte di 100 microm

Nella zona inferiore al sistema una ulteriore area configurata a somiglianza della parte superiore si occupa di convogliare il gas separato tramite un singolo condotto ϕ 400 mm nonché di eliminare il liquido separato tramite un piccolo condotto inferiore.

Poiché la zona appare particolarmente complessa dal punto di vista fluidodinamica in quanto l'elevata massa di fluido da elaborare comporta particolari effetti di trascinamento delle gocce in caduta, che benché siano di diametro piuttosto elevato devono convivere con flussi che nella zona inferiore, e precisamente nelle immediate vicinanze della zona di scarico sono prossime ai 17 m/s e quindi causano effetti di ricircolo e di trascinamento evidenti.

L'obiettivo della presente analisi, oltre ovviamente a modellizzare in maniera compiuta quello che è il fenomeno presente all'interno del sistema, è quindi quello di realizzare una analisi funzionale relativa ad una soluzione funzionale semplice che permetta di limitare il problema.

Target simulazione: verificare la migliore configurazione del reattore per avere la migliore separazione tra i 2 fluidi:

- simulare cosa avviene con reattore avente geometria allegata
- simulare, aggiungendo 1 o 2 diaframmi posti lungo il percorso ascensionale del fluido
- simulare, spostando il deep pipe del fluido in ingresso centralmente al serbatoio, senza comparto e con un distributore installato al fondo del deep pipe con 4 uscite come da sketch allegato.

2) Elementi generali di valutazione.

Il sistema filtro è sostanzialmente composto da una serie di filtri ad asse verticale di sezione cilindrica e semipermeabili che si inseriscono in un secondo condotto, sempre a sezione cilindrica di maggior sezione tramite una flangia piana bloccata tramite una saldatura.

Sull'asse di questi filtri sono posti una serie di spruzzatori che permettono l'iniezione di liquido atto a completare la reazione chimica del sistema: all'interno del filtro dunque si combinano liquido e gas (formato da aria e acido solforico).

Il condotto a sezione cilindrica a questo punto si suddivide simmetricamente in sei parti secondo un piano verticale, dove il flusso transita nei sei differenti filtri che portano tutti ad una coppa inferiore di raccolta del liquido che parzialmente cola lungo la superficie esterna ed in parte viene soffiato dalla sovrappressione superiore sia sulle pareti interne della struttura sia in caduta verso il basso.

In questi filtri il fluido (misto fra aria, SO₂, SO₃ e liquidi di tipo organico derivanti dalla miscelazione in un reattore,) a movimento sostanzialmente assiale, viene scomposto e suddiviso in liquido e aria, che viene emessa con una direzione sostanzialmente radiale dal filtro iniziando una variazione della direzione di movimento che trasforma il sistema da sostanzialmente assiale a rotazionale: le particelle in sospensione e le gocce in caduta a questo punto dovrebbero venire depositate nella parte inferiore del sistema ove è presente uno scarico del materiale, ma l'esperienza indica che una certa aliquota di materiale ritorna in circolo.

Le pagine seguenti illustrano il risultato relativo all'analisi simulata del comportamento del sistema.

4) Risultati ottenuti.

Si tratta di una simulazione piuttosto complessa dal punto di vista fluidodinamica in quanto prevede che siano presenti due liquidi non miscibili che hanno anche viscosità e densità differenti, per cui è stato necessario simulare anche le azioni mutue relative alla interazione fra i fluidi.

In effetti il fatto che si abbia una conoscenza delle dimensioni di una delle tipologie del precipitato ha costretto alla simulazione compiuta anche dell'altra particella, assunta (non so quanto a ragione, ma nella simulazione non ho avuto modo di apprezzare sostanziali variazioni fluidodinamiche al variare del diametro medio ipotizzato) pari a 5-15 micron.

Come si vede nell'allegato file Excel, la variazione di geometria sembra essere migliorativa nel caso di utilizzo di un sistema come quello a quattro uscite e nella configurazione standard, mentre la soluzione del setto a metà del distributore risulta essere peggiorativa rispetto agli altri due sistemi.

Ovviamente a causa della complessità del sistema la simulazione è giunta solo al 45% dei valori di convergenza, ma ritengo che le idee siano già abbastanza chiare: lascerò in ogni caso che i tre computer concludano la simulazione per valutare la riconferma dei dati.

Le evidenze relative all'analisi del sistema distributore standard hanno permesso di confermare i seguenti elementi:

- 1) La distribuzione dei livelli di mass fraction di liquido elaborato ci dicono che le configurazioni migliori sono quelle fornite (benché la forma del distributore inferiore sia a nostro avviso migliorabile tramite il semplice incremento dell'altezza della zona di "ricircolo");

- 2) La seconda configurazione sembra in effetti poco efficiente, in quanto il setto (posto per default ad un'altezza pari a 300 mm dalla base del distributore) permette solo di incrementare localmente la velocità del flusso senza per questo migliorare l'effetto di separazione dei fluidi, anche a causa del notevole incremento di turbolenza a cavallo della zona in esame;
- 3) La presenza di una differente geometria del circuito di ingresso, precisamente collegata ad uno split in 4 dei tubi di mandata che terminano nella zona inferiore del serbatoio, permette in effetti una funzionalità superiore del sistema, limitando nella zona inferiore la turbolenza dei liquidi miscelati. Peraltro il posizionamento della condotta di mandata permette di eliminare effetti di ricircolazione interna al sistema, che apparentemente sono da considerare positivi in termini di separazione del flusso.
- 4) La valutazione di una soluzione con uscita a 4 flussi nonché di paratia ha di fatto confermato che il risultato funzionale relativo alla soluzione con paratia non è incoraggiante.

Sono state valutate svariate soluzioni al problema, fra cui l'adozione di una conformazione geometrica del condotto di mandata che permetta una generazione di un flusso costantemente rotazionale all'interno del serbatoio.

In allegato file Excel di simulazione.

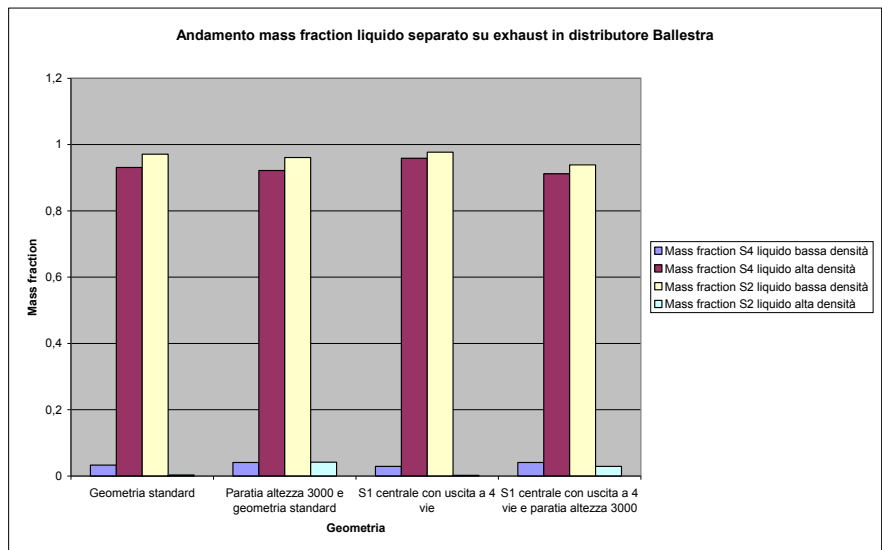




Fig. 1) Geometria distributore standard.

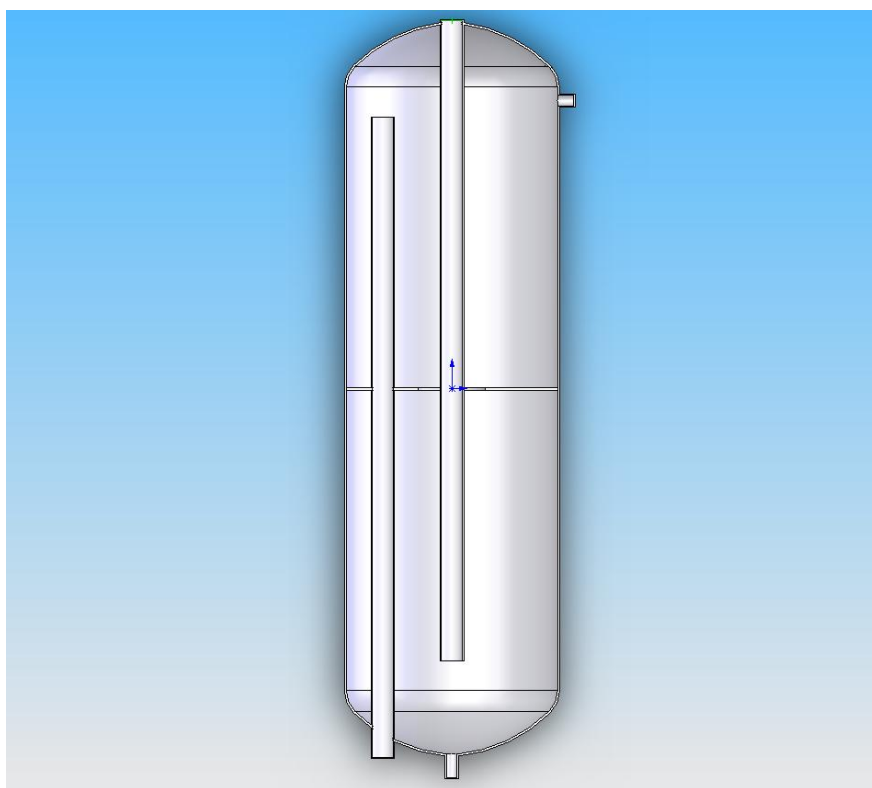


Fig. 2) Geometria distributore standard con paratia.

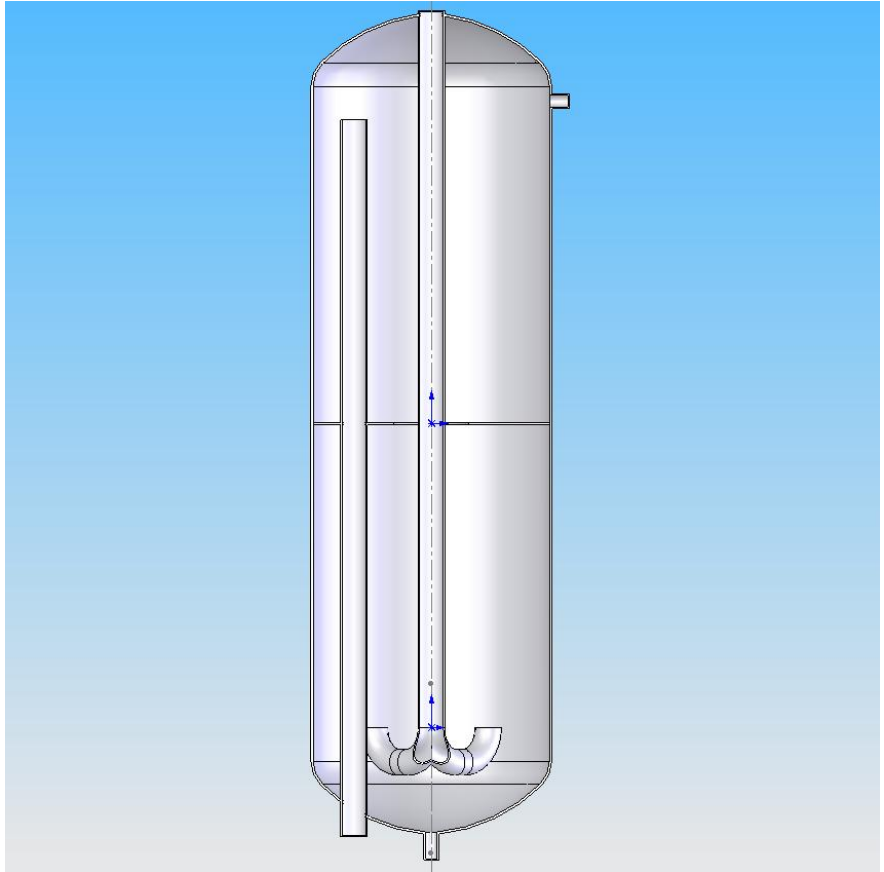


Fig. 3) Geometria distributore con uscita a 4 efflussi.

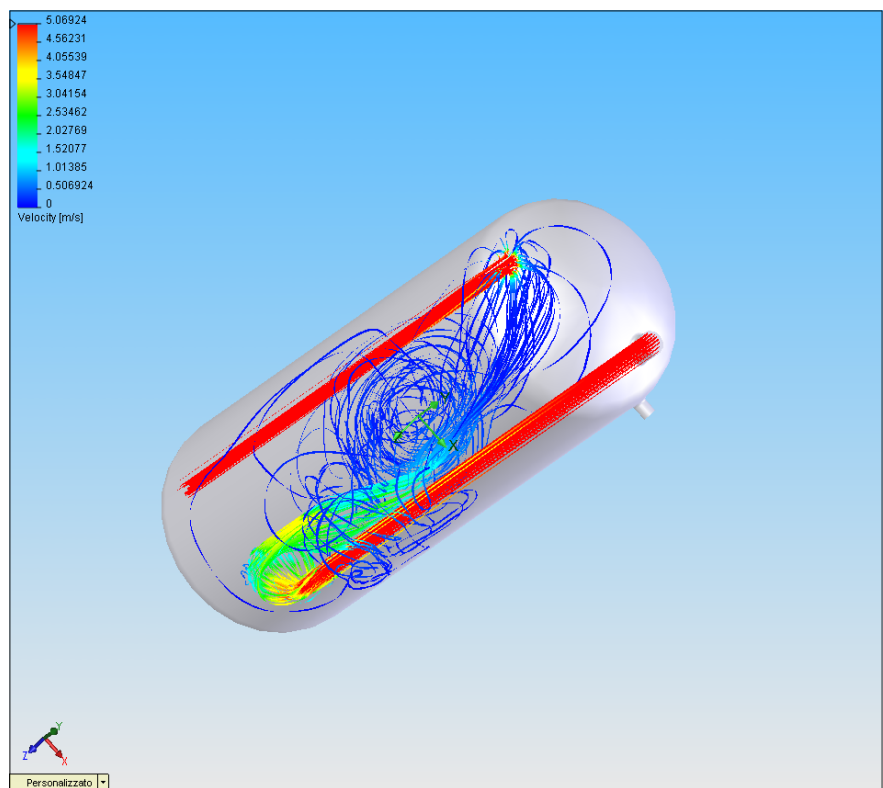


Fig. 4) Andamento velocità interno al distributore standard.

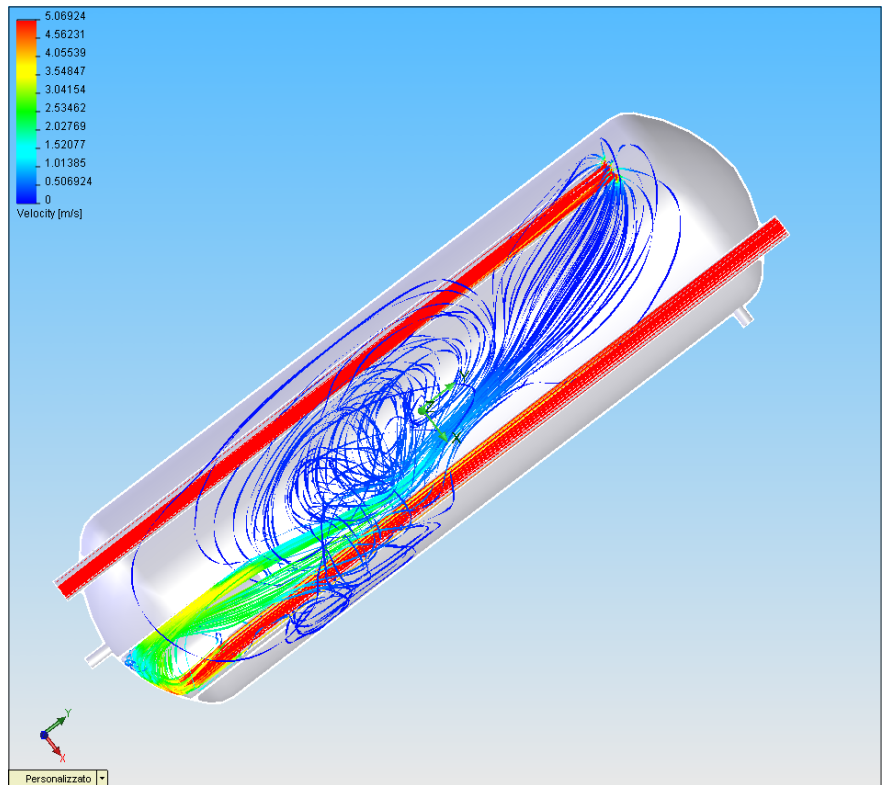
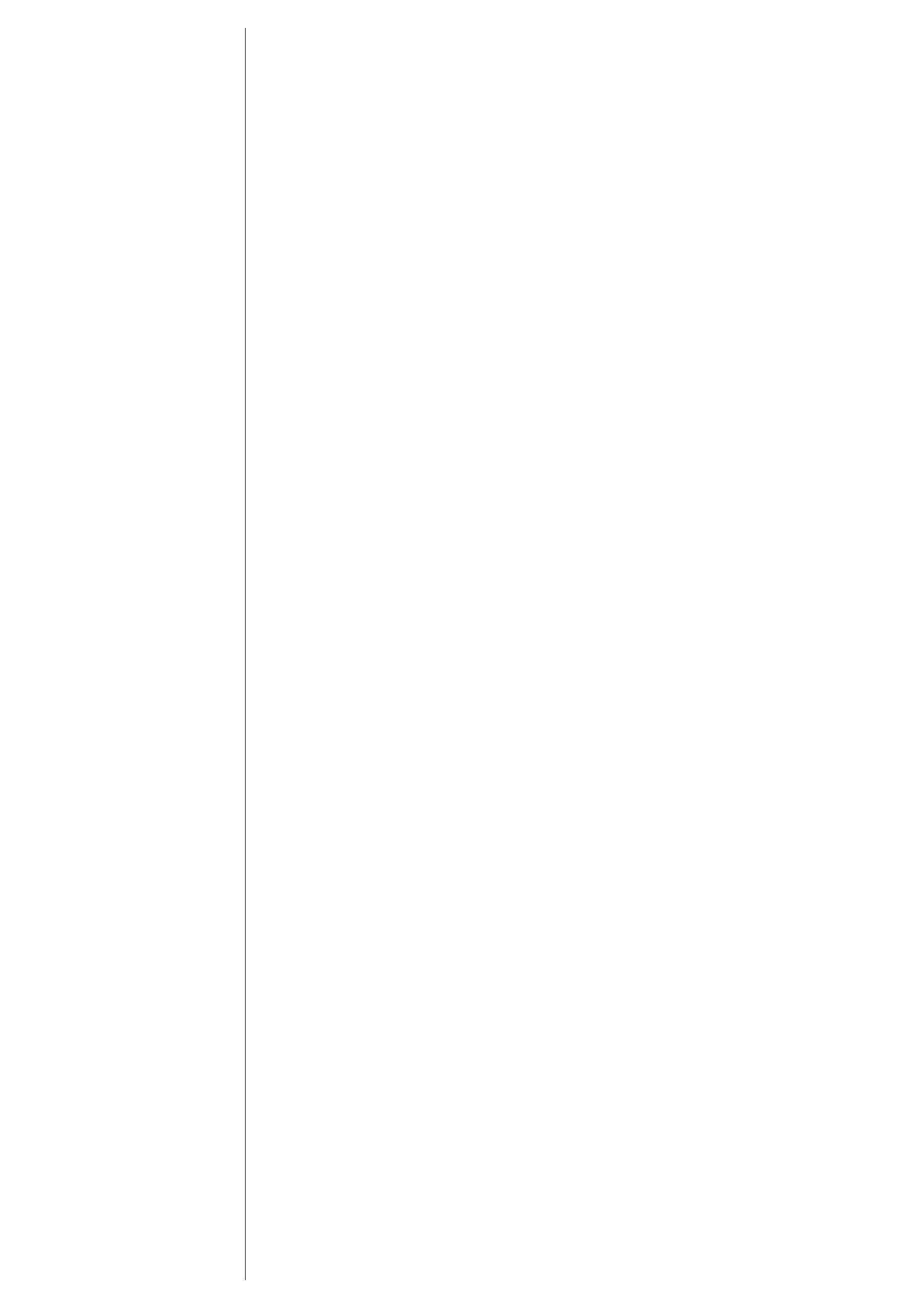


Fig. 5) Andamento velocità interno al distributore standard.



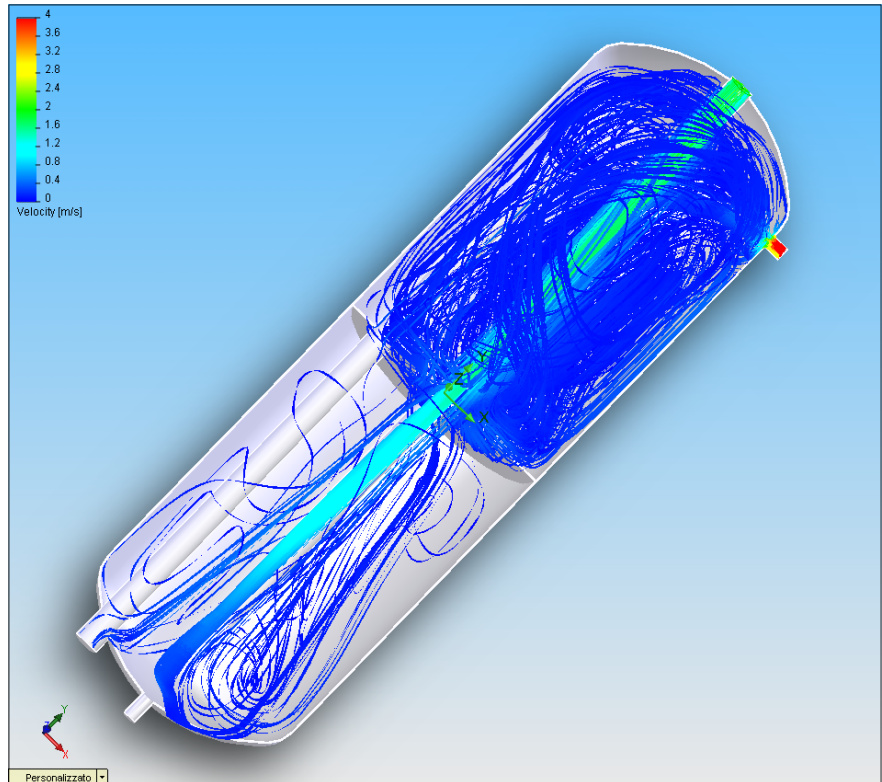


Fig. 6) Andamento velocità interno al distributore standard con paratia a 3000 mm.

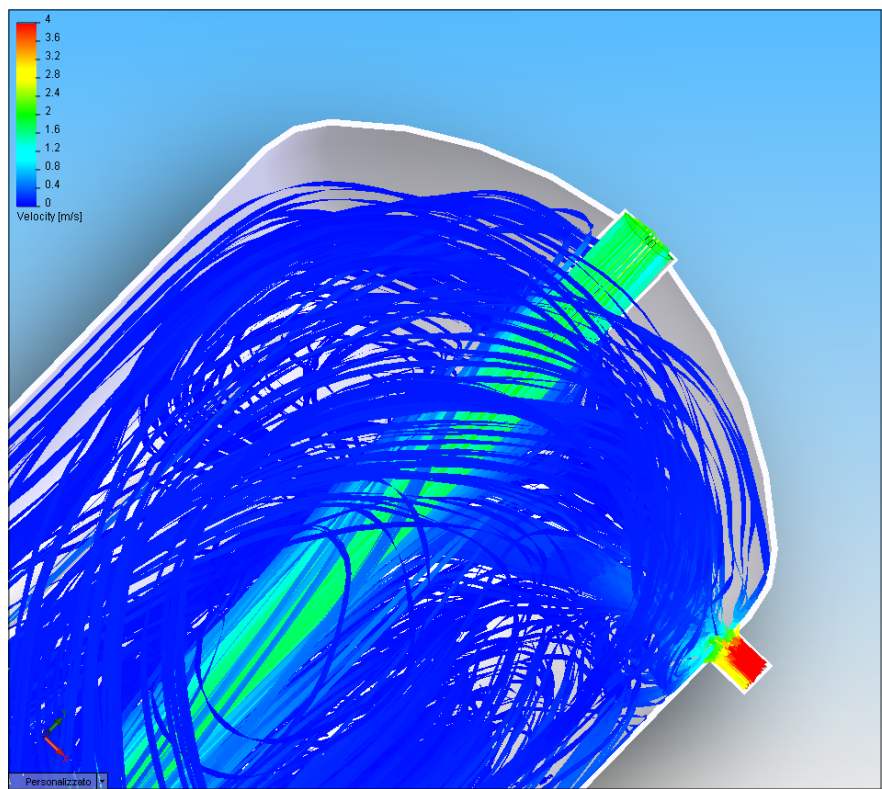
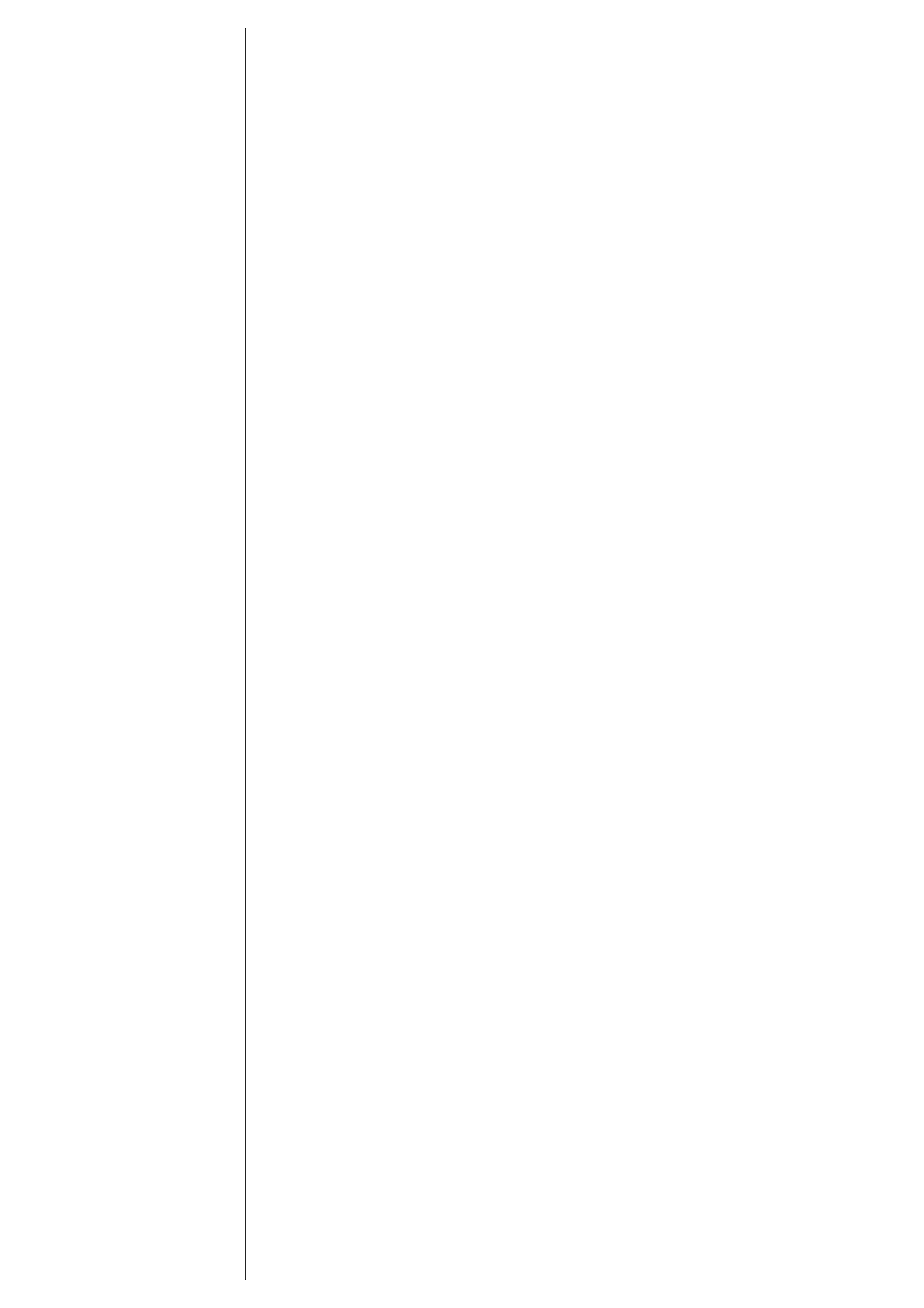


Fig. 7) Andamento velocità interno al distributore standard con paratia a 3000 mm.



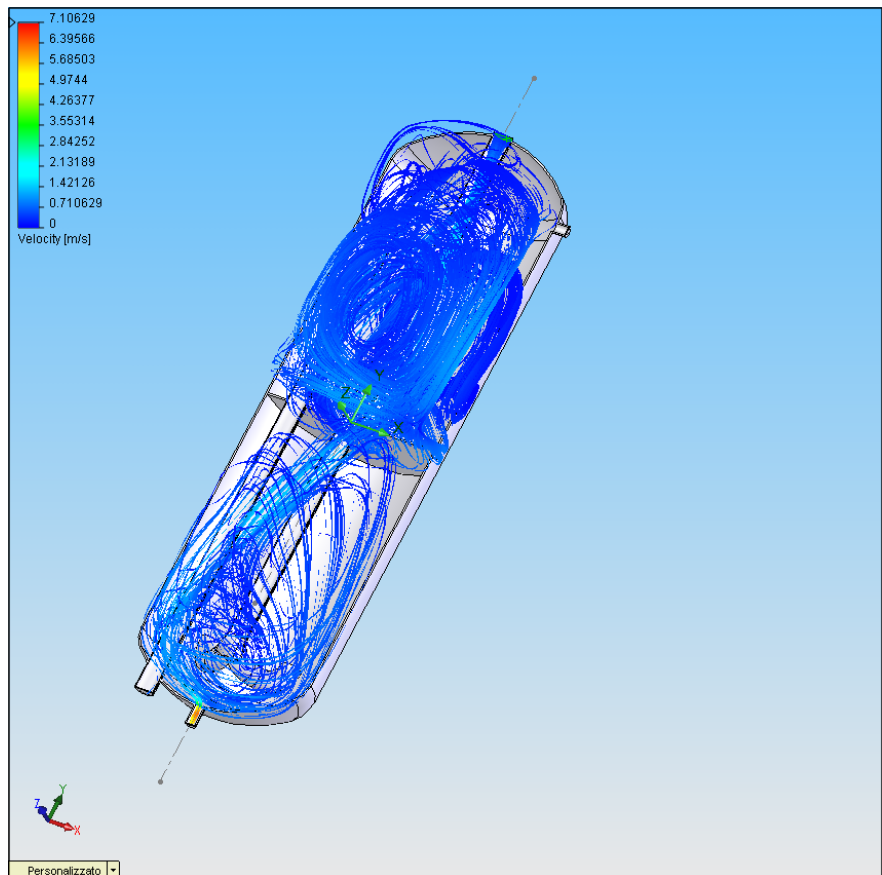


Fig. 8) Andamento velocità interno standard con distributore con uscita a 4 efflussi e paratia.

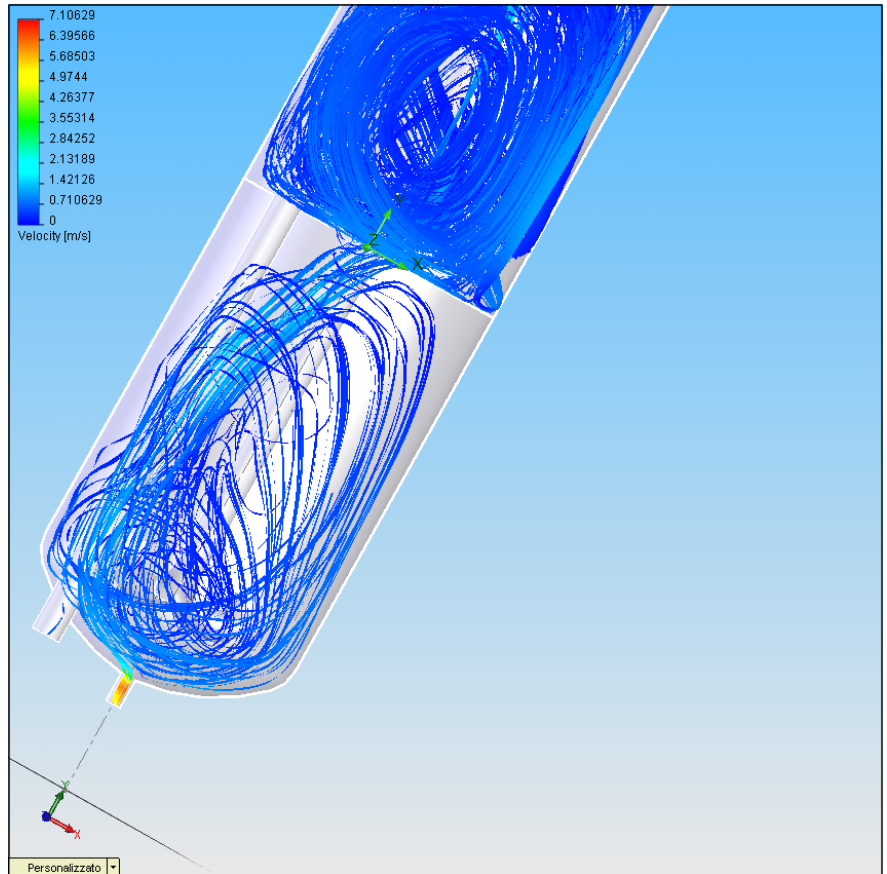


Fig. 9) Andamento velocità interno standard con distributore con uscita a 4 efflussi e paratia.