

Capitolo 2

Descrizione impianto

2.1 Collocazione dell'impianto

L'Università degli Studi di Udine dispone di alcuni capannoni industriali per la realizzazione di laboratori di ricerca. Questi si trovano in via Sondrio a Udine, in una zona prospiciente al Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche ed al Dipartimento di Georisorse e Territorio. L'impianto per lo studio dei flussi bifase è stato realizzato nel modulo n°13 assegnato al Dipartimento di Energetica e Macchine che presenta le seguenti dimensioni:

- larghezza: 20 *m*;
- lunghezza: 30 *m*;
- altezza : 7 *m*.

Il modulo, schematizzato in figura 2.1, è accessibile attraverso una porta ed un portone situati sul lato Nord del capannone. Gli altri lati sono adiacenti ad altri moduli, alcuni di proprietà dell'Università altri adibiti ad attività commerciali. All'interno della struttura sono già stati realizzati alcuni impianti sperimentali, più precisamente la parete Ovest e l'angolo Nord-Ovest sono occupati da un impianto per lo studio della circolazione dell'olio in pressione mentre nella parte centrale si sviluppa un impianto lungo circa 10 *m* per lo studio dei ventilatori.

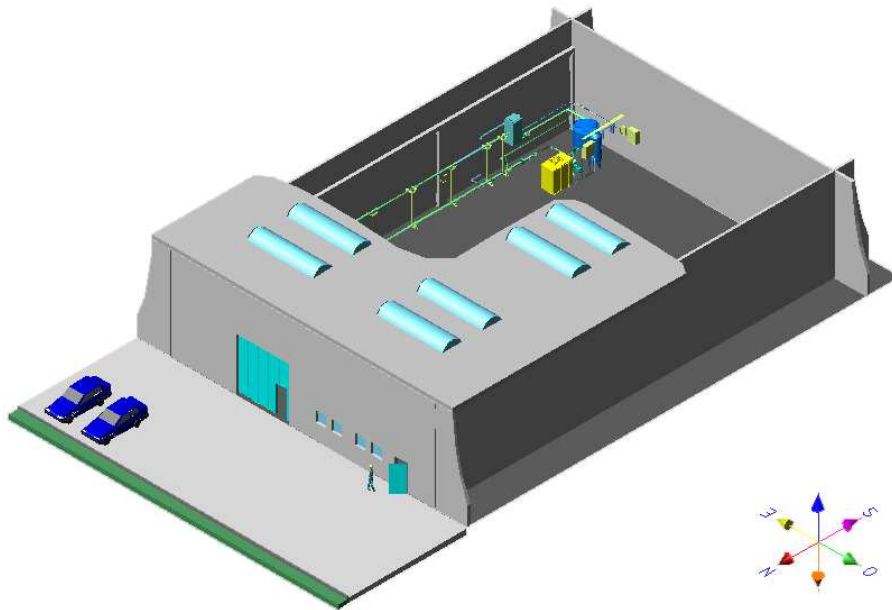


Figura 2.1: Laboratorio del Dipartimento di Energetica e Macchine

L'impianto può essere suddiviso in 2 zone. Nella prima si trovano:

- apparati di movimentazione dei fluidi;
- elementi accessori alle macchine utilizzate;
- apparati di controllo e regolazione.

mentre la seconda è quella destinata al circuito bifase vero e proprio e comprende le tubazioni flangiate e tutti gli strumenti di misura. Il problema maggiore dell'impianto è dovuto allo sviluppo longitudinale della seconda zona in quanto le tubazioni si estendono linearmente per circa 20 metri. L'impianto è stato quindi realizzato sfruttando la parete Est per la seconda zona e l'angolo a Sud-Est per la prima in quanto erano gli unici luoghi che garantivano un layout adeguato.

2.2 Descrizione dell'impianto

L'impianto si serve di una pompa ed un compressore per la movimentazione, rispettivamente dell'acqua e dell'aria che, dopo un tratto di circuito in cui ambedue i fluidi scorrono in condizione di flusso monofase, si miscelano tramite una giunzione a tee per introdursi nel circuito vero e proprio in condizioni di flusso bifase. Affinchè sia possibile osservare i regimi bifase in condizioni totalmente sviluppate, cioè senza interferenze dovute a vortici provocati dal passaggio attraverso valvole o curve, è stata utilizzata una tubazione continua di lunghezza superiore ad 80 volte il diametro della stessa.

In questa parte del circuito sono state installate tubazioni orizzontali, ma si potranno effettuare modifiche strutturali usando tubazioni sia inclinate che verticali. Per massimizzare la flessibilità dell'impianto sono state utilizzate tubazioni flangiate al posto di tubazioni saldate; queste avrebbero permesso sicuramente una maggiore economicità a scapito però della facilità di intervento nelle modifiche future. Le tubazioni sono state montate su appositi supporti che le distanziano dal muro permettendo così una più facile accessibilità ad ogni componente del circuito ed una maggiore sicurezza per gli utenti. Nella parte finale è stato installato un tratto di tubazione realizzato in *plexiglass* trasparente al fine di garantire l'osservazione diretta dei diversi regimi di flusso. Analizzando più dettagliatamente la struttura dell'impianto si possono distinguere 3 zone:

- zona monofase acqua;
- zona monofase aria;
- zona bifase.

In figura 2.2 si può osservare l'intero impianto e le tre zone in cui è suddiviso.

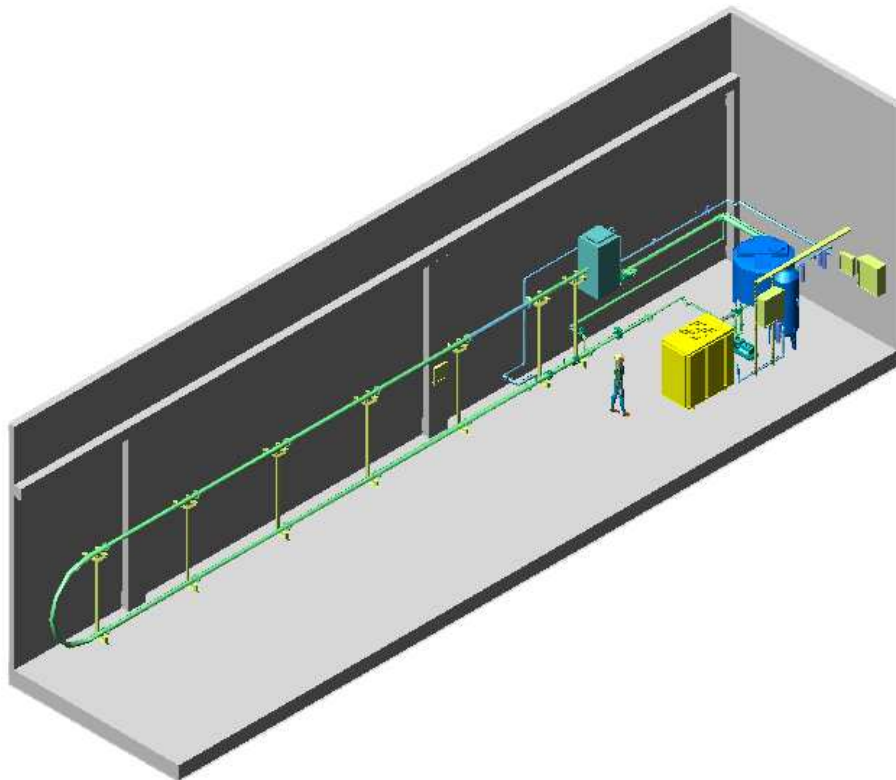


Figura 2.2: Impianto per lo studio dei flussi bifase

2.2.1 Zona monofase acqua

La zona monofase acqua comprende tutti gli apparati necessari alla movimentazione ed alla regolazione della portata della fase liquida.



Figura 2.3: Zona monofase acqua

Per evitare enormi sprechi, l'acqua utilizzata nell'impianto viene riciclata, quindi è stato installato un serbatoio per la raccolta del liquido.

E' pertanto consigliabile fare iniziare il ciclo dell'acqua proprio da questo apparato che, collocato nell'angolo Sud-Est del capannone, riceve l'acqua di scarico dal separatore ed è collegato, tramite una tubazione con diametro DN80 (80 mm), alla pompa.

La pompa di tipo centrifugo ha la caratteristica di ricevere l'acqua assialmente ed espellerla radialmente, questo è il motivo della conformazione delle tubazioni all'entrata e all'uscita della macchina (figura 2.4). Sia a monte che a valle della stessa, sono presenti una valvola a sfera, un trasduttore di pressione ed una saracinesca a corpo piatto. Le valvole a sfera sono state adottate per permettere il sezionamento del circuito in caso di eventuali operazioni di manutenzione sulla pompa.

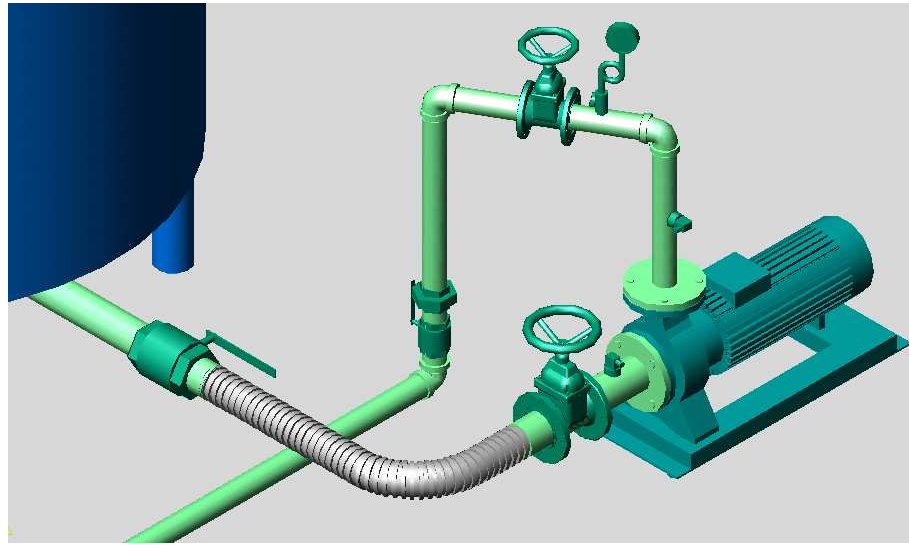


Figura 2.4: Da sinistra: 1- valvole a sfera, 2- valvole a corpo piatto, 3- trasduttori di pressione, 4- pompa centrifuga

Il trasduttore di pressione e la saracinesca a corpo piatto a valle della macchina sono necessari per controllare la variazione della portata e della pressione del fluido, oltre che per la rilevazione dei valori sperimentali necessari alla costruzione della curva caratteristica della pompa. La valvola di regolazione posta a monte è stata prevista al fine di effettuare esperimenti didattici sul fenomeno della cavitazione.

La pompa è alimentata da un inverter che regolando la frequenza di alimentazione e quindi il numero di giri modifica la portata in uscita dalla stessa. Dopo la pompa la tubazione, di diametro DN65 (65 mm), percorre parallelamente la parete Est del capannone fino ad innestarsi sul misuratore elettromagnetico di portata del fluido (figura 2.5).

Per il corretto funzionamento di questo strumento è necessario prevedere un tratto di tubazione rettilinea, priva di qualsiasi tipo di apparato, di lunghezza pari a 10 volte il diametro a monte e 5 a valle. In questo tratto la tubazione ha un diametro DN80.

Successivamente si ha una diramazione saldata che collega la condotta principale direttamente al serbatoio d'accumulo tramite un tratto di tubazione (*bypass*) di diametro DN65. Tale ramo è stato adottato per poter disporre di un piccolo circuito secondario utilizzabile per studiare esclusivamente il funzionamento della pompa.

A tale fine, sul condotto principale, immediatamente dopo la giunzione, è presente una valvola a sfera DN100, che determina il sezionamento del circuito bifase permettendo la deviazione totale del fluido attraverso il bypass.

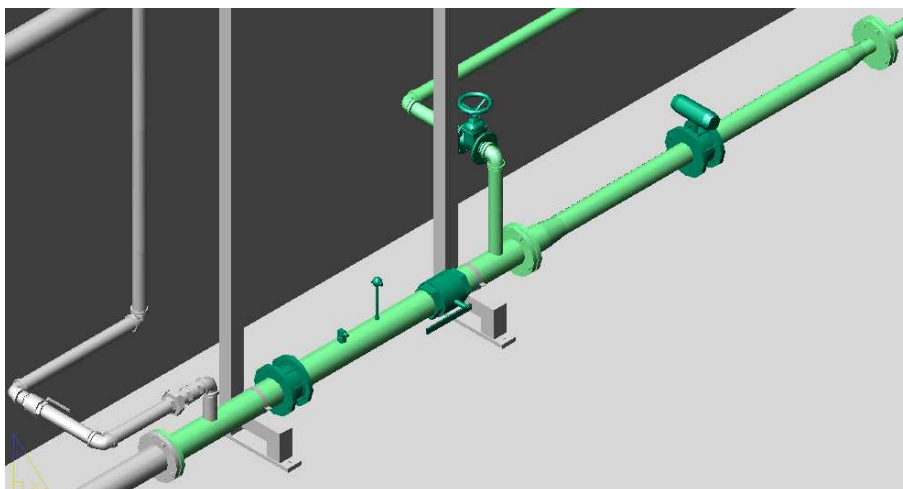


Figura 2.5: Da sinistra: 1- valvola di ritegno, 2- trasduttore di pressione, 3-trasduttore di temperatura, 4- valvola a sfera, 5- misuratore elettromagnetico di portata

Oltre la valvola si trovano un trasduttore di pressione ed uno di temperatura, una valvola di ritegno e l'intersezione con la tubazione del fluido gassoso. La valvola di ritegno è presente al fine di evitare il riflusso di fluido bifase all'interno della zona monofase acqua in quanto la presenza di aria nella pompa potrebbe comprometterne il regolare funzionamento.

2.2.2 Zona monofase aria

In questa zona (figura 2.6) sono presenti tutti i componenti necessari al trattamento, la regolazione ed il controllo dell'aria compressa.

In questo caso il fluido viene prelevato direttamente dall'ambiente e non è previsto alcun tipo di ricircolo per l'aria che, alla fine del circuito, sarà scaricata in atmosfera. L'assenza del ricircolo è realizzabile utilizzando solo l'aria come fase gassosa, nel caso si volessero utilizzare gas come cloro o metano sarebbe necessario predisporre di un circuito totalmente sigillato che complicherebbe enormemente questo impianto.

Il compressore è posizionato a una certa distanza dalle pareti, in modo da garantire un sufficiente volume d'aria necessario al suo funzionamento ed un buona libertà di movimento attorno ad esso.

La macchina è stata dotata di un sistema di filtri per la separazione della condensa e di un separatore per i residui d'olio provenienti dalla compressione in modo da ottenere un flusso d'aria sufficientemente puro.

A valle del compressore è presente un serbatoio per l'immagazzinamento dell'aria compressa con volume di circa 1000 litri. L'aria fuoriesce dal serbatoio e si immette in una tubazione con diametro DN50 (50mm) su cui è presente l'elettrovalvola di regolazione della portata.

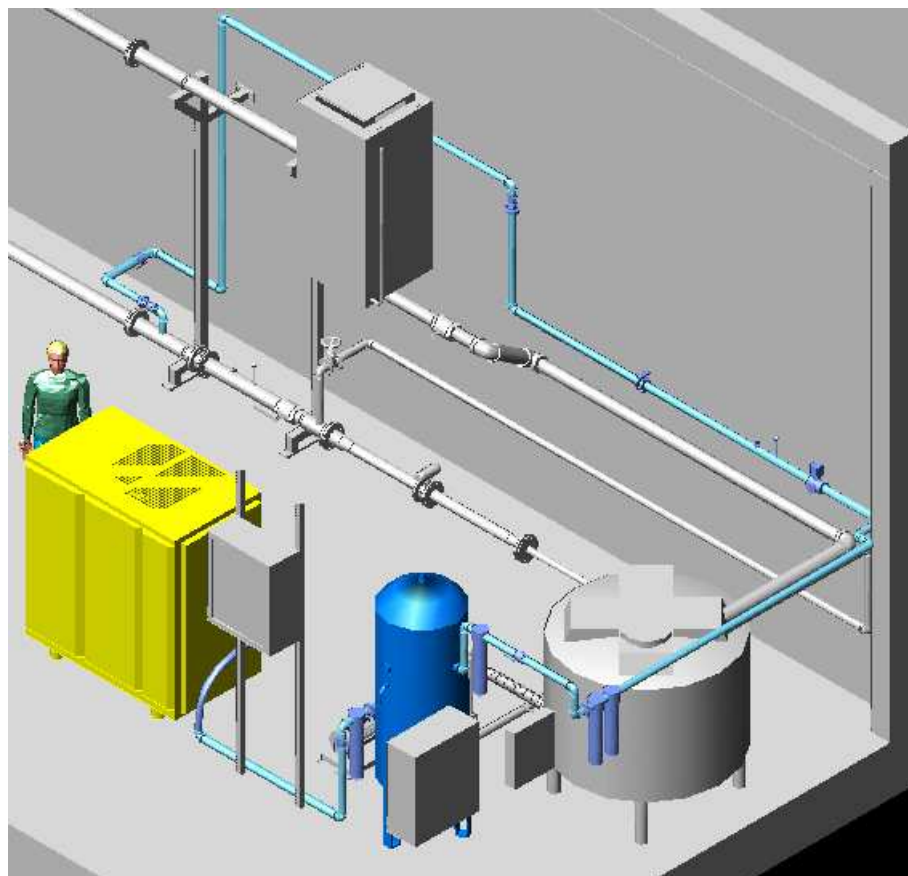


Figura 2.6: Zona monofase aria

Successivamente sono inseriti un trasduttore di temperatura ed uno di pressione per la rilevazione dei parametri termodinamici. Procedendo oltre si incontra il misuratore della portata Vortex, per il cui inserimento, è stato necessario prevedere dei tratti di tubazione libera a monte ed a valle affinché il flusso d'aria non fosse disturbato (figura 2.7).

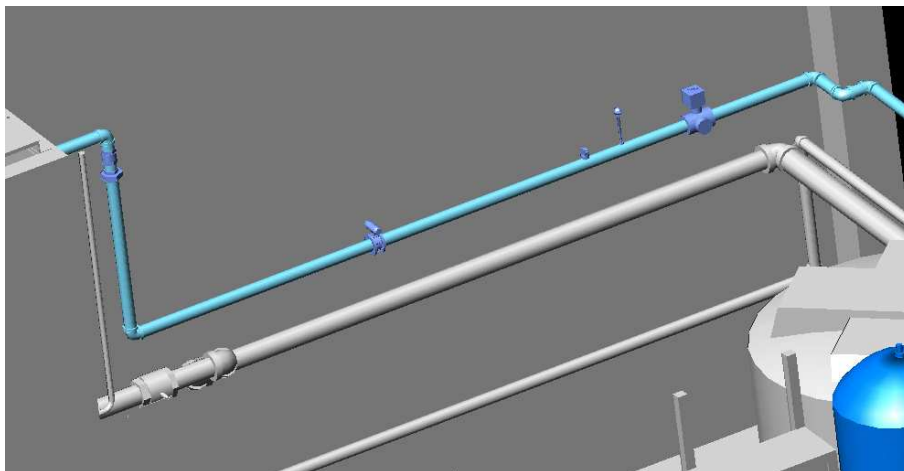


Figura 2.7: Strumentazione zona monofase aria

Prima dell'immissione nel tratto bifase sono presenti una valvola a clapet, una valvola di ritegno ed una valvola a sfera che sono state installate per evitare riflussi di acqua all'interno della zona monofase aria.

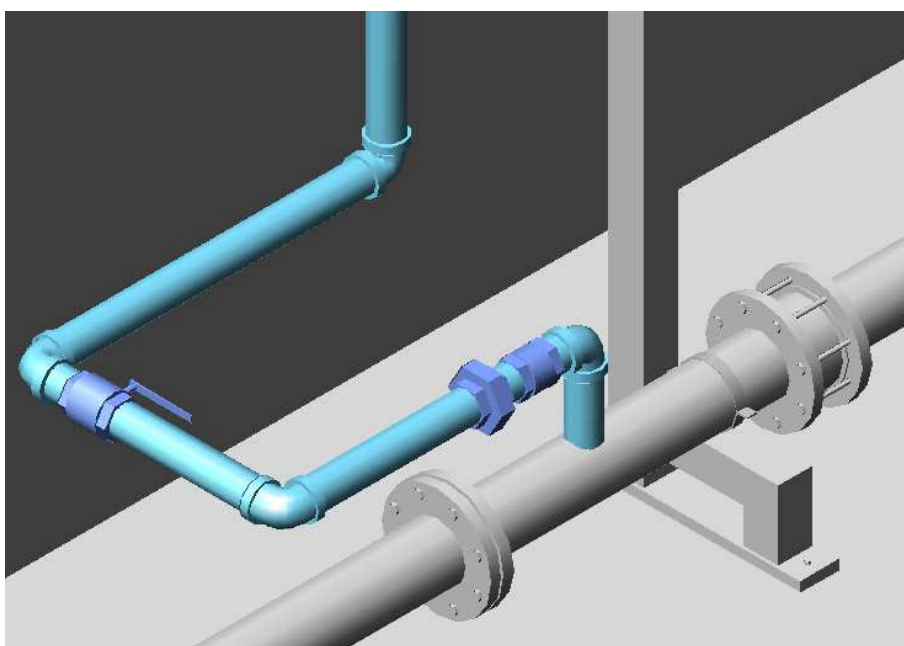


Figura 2.8: Innesto dell'aria compressa nel circuito bifase

2.2.3 Zona bifase

Questa zona rappresenta la parte più interessante di tutto il circuito. Inizia nel punto di congiunzione delle tubazioni provenienti, rispettivamente, dalle zone monofase aria ed acqua, e prosegue fino al separatore (figura 2.9).

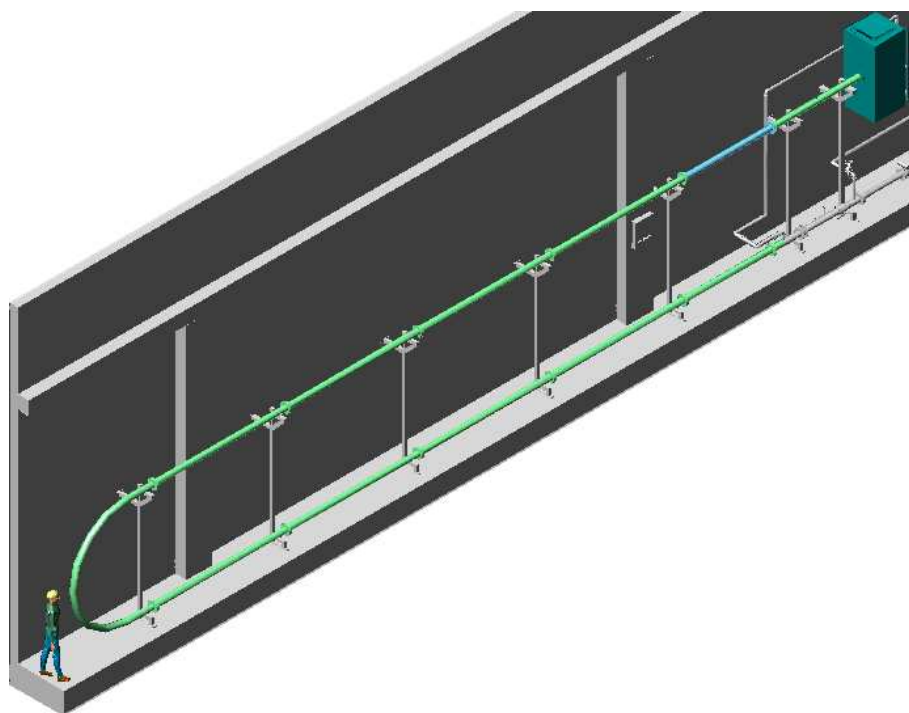


Figura 2.9: Zona bifase

I flussi bifase che si creano scorrono all'interno di una tubazione in ferro zincato, del diametro DN100 (100mm), composta da un elemento di lunghezza 2 m, una serie di 4 elementi di lunghezza 3 m, una curva di 180° del diametro di 2,4 m, seguita da altri 4 elementi da 3 m ed un ulteriore segmento di 2 m. Come penultimo elemento c'è il tratto di tubazione in materiale polimerico trasparente (*plexiglass*) in cui è possibile osservare i vari regimi dei flussi bifase.

Come già detto, tutti i segmenti e la curva sono uniti tramite flange in modo da agevolare eventuali modifiche o inserimenti di particolari apparati di misura o regolazione lungo il percorso.

Uno sviluppo longitudinale così elevato del circuito è necessario per permettere ai regimi di flusso di svilupparsi completamente senza risentire delle turbolenze generate dal passaggio attraverso valvole, curve o altri apparati.

Anche la curva a 180° è stata prevista con un raggio elevato per recare minor disturbo possibile ai regimi di flusso. Alla fine della zona bifase è presente il separatore nel quale avviene la separazione delle due fasi con il conseguente scarico in atmosfera dell'aria, che viene evacuata dall'alto, ed il recupero dell'acqua che tramite una tubazione di scarico DN100 (100 mm) fluisce nell'apposito serbatoio d'accumulo. Il diagramma di flusso dell'impianto si può osservare in figura 2.10.

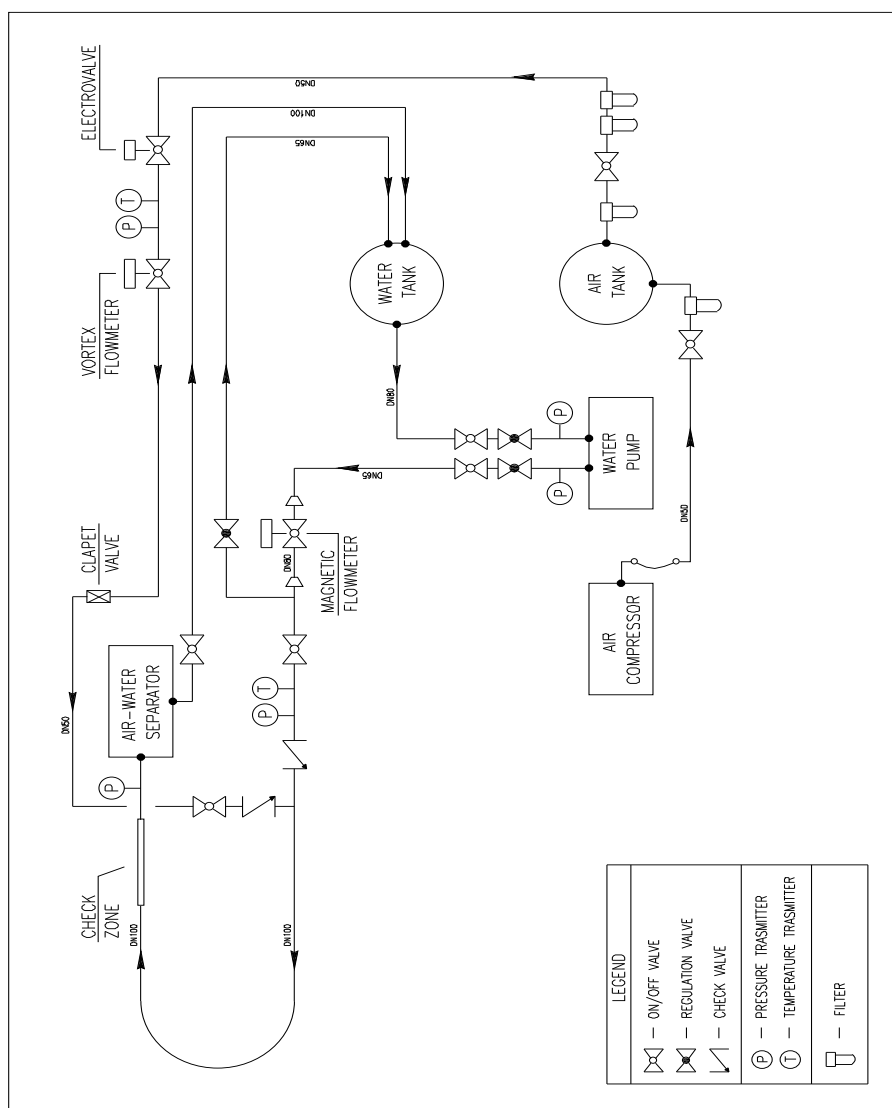


Figura 2.10: Flow diagram