



# Smart clean air city L'aquila

**Prof. Ing. Francesco Vegliò**

Dipartimento di Ingegneria industriale e  
dell'informazione e di economia

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELL' AQUILA



***Un nuovo approccio  
per la rimozione di  
inquinanti nocivi  
per la salute  
dell'uomo e  
dell'ambiente in  
aree urbane***

# *Inquinanti in aree urbane*



Polveri pm>10

Metalli pesanti

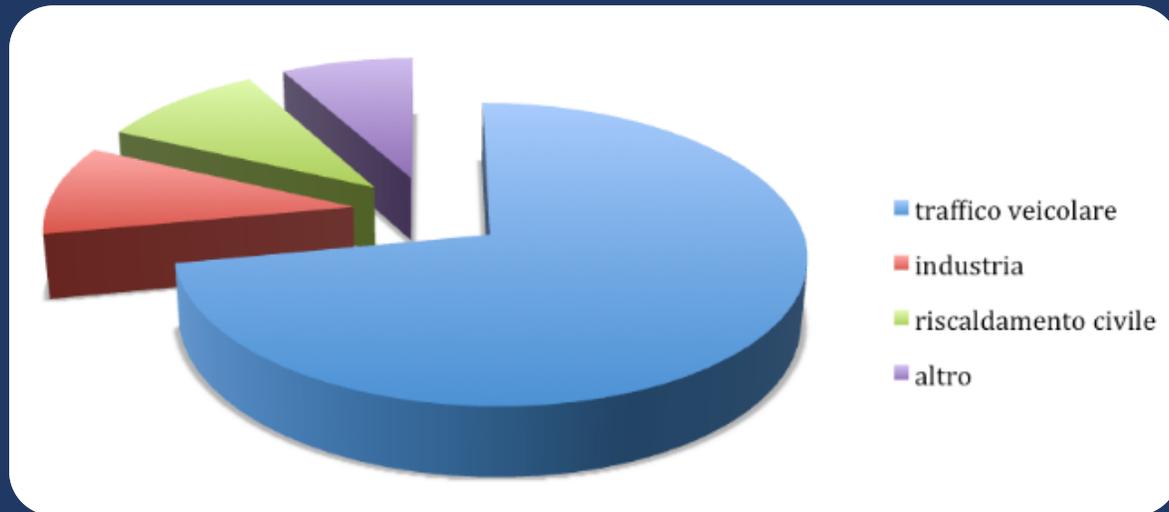
Idrocarburi leggeri (metano, benzene,..)

Ossidi di azoto

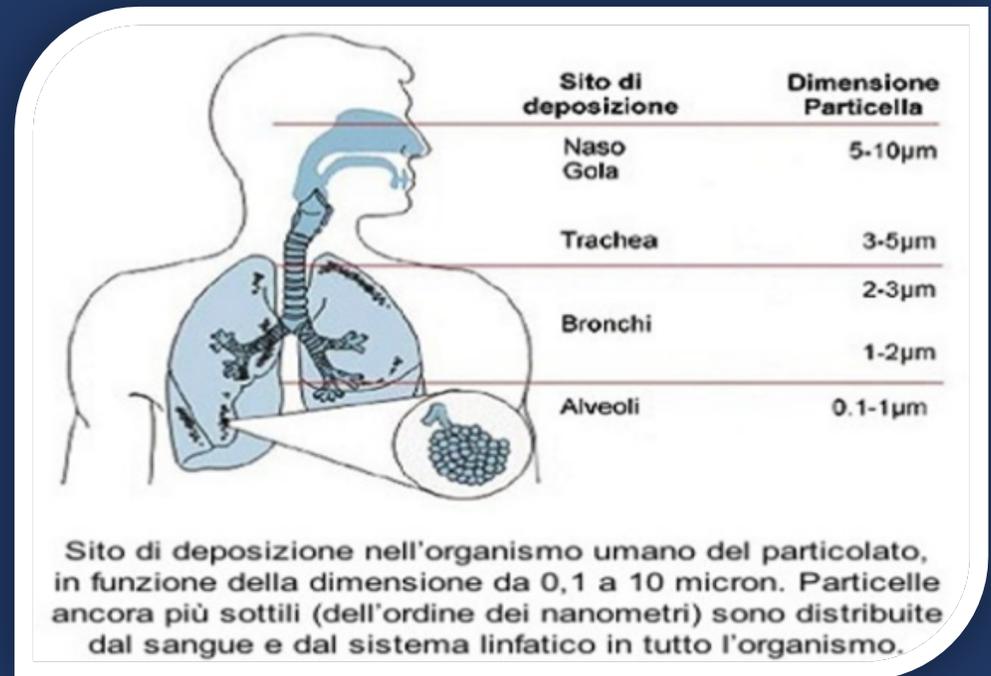
Ossidi di zolfo

Anidride carbonica

# Origine delle polveri sottili ( $pm > 10$ ) ed effetto sull'uomo



Fonte: <http://meditamed.altervista.org/inquinamento-atmosferico-pm10/>



Riduzione della funzionalità polmonare  
Aumento delle malattie respiratorie (es. bronchite)  
Aggravamento dei quadri di asma

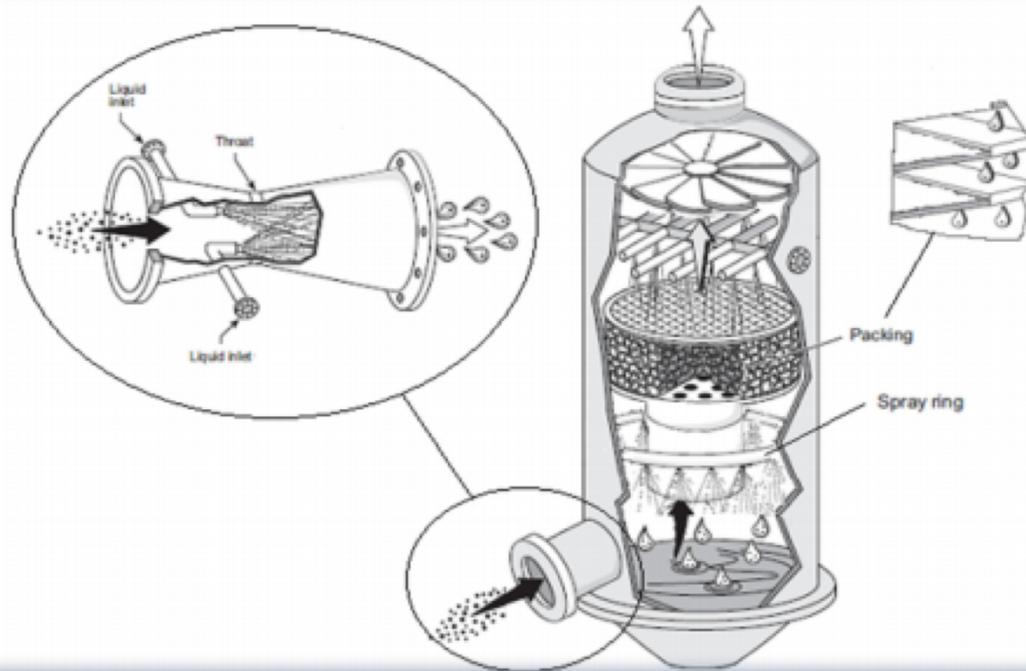
# Obiettivi del progetto Smart clean air city L'aquila

## ***Purificazione e monitoraggio dell'aria urbana***



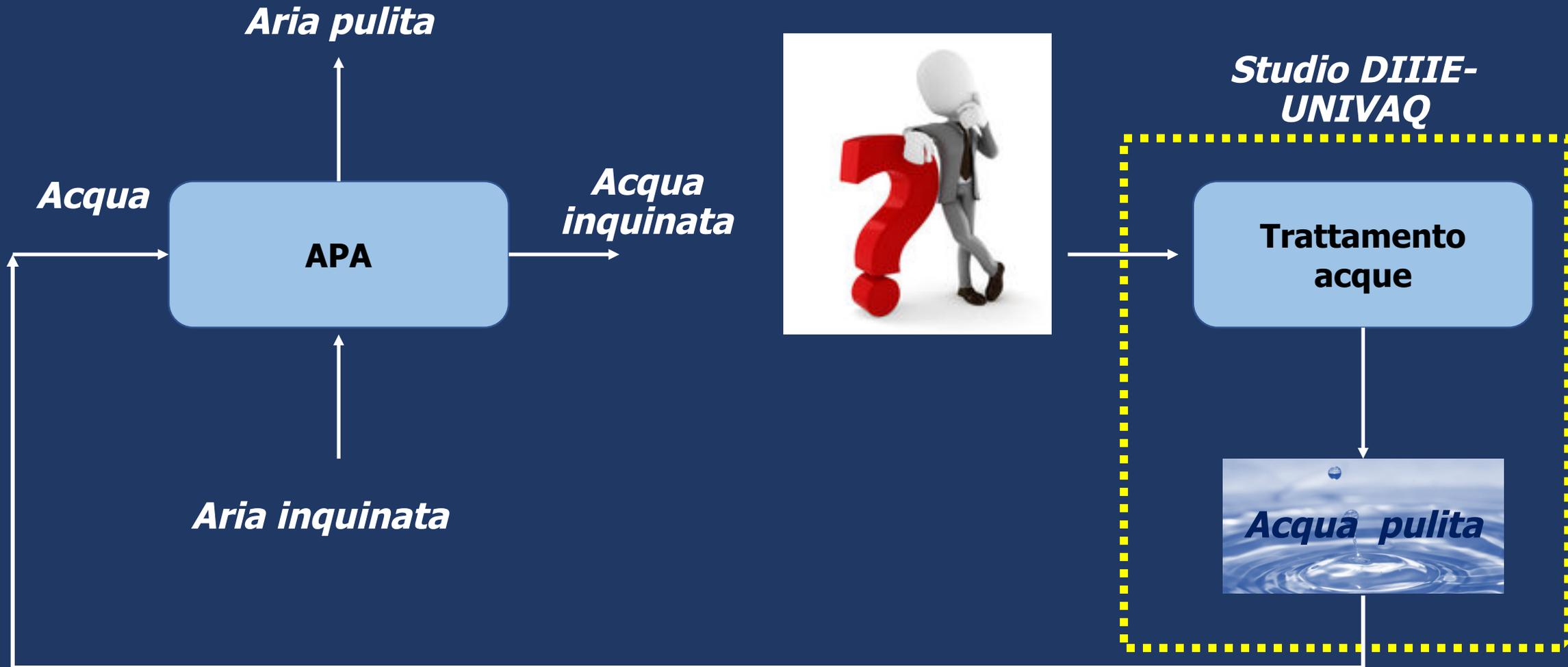
Si dotano le aree urbane di reticolati di piattaforme intelligenti multi – funzione APA (Air Pollution Abatement), creando aree decontaminate dagli inquinanti nocivi per la salute dell'uomo e l'ambiente ed abilitando all'erogazione di servizi evoluti ed innovativi ai cittadini

# All'interno dell'APA

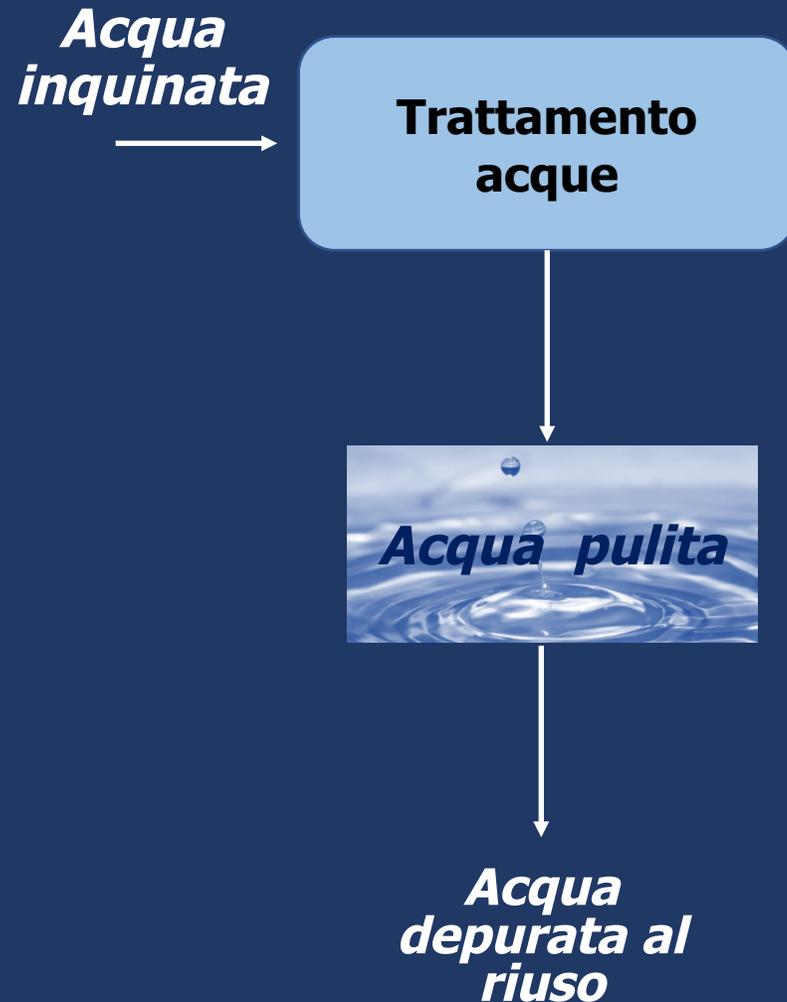


L'aria, aspirata da un apposito sistema posto a circa 1 metro dal suolo è depurata seguendo un processo fisico – chimico – meccanico che riflette il ciclo naturale della pioggia; del liquido cattura gli inquinanti sequestrati facendoli precipitare in acqua, dove si depositano prima di essere condotti, periodicamente ai sistemi ordinari di smaltimento o trattamento a seconda degli ambiti d'uso.

# *Il ciclo semplificato della tecnologia*



# *Sviluppo del sistema prototipale, design di processo e di dettaglio per il recupero delle acque di scarico dello scrubber*



## *FASI DELLA RICERCA*

*a) Attività sperimentale di laboratorio*

*b) Dimensionamento e sviluppo del sistema prototipale per l'impianto di trattamento delle acque inquinate*

# ***Sviluppo del sistema prototipale, design di processo e di dettaglio per il recupero delle acque di scarico dello scrubber***

## ***ATTIVITA' SPERIMENTALE DI LABORATORIO***

***Qual è il fattore chiave della depurazione dell'acqua?***

***La rimozione completa degli inquinanti***



Studi condotti su scala laboratorio presso il Laboratorio di Valorizzazione e Trattamento Integrato di reflui e rifiuti industriali (DIIE)



***Alcune foto del laboratorio***



# *Sviluppo del sistema prototipale, design di processo e di dettaglio per il recupero delle acque di scarico dello scrubber*

## *ATTIVITA' SPERIMENTALE DI LABORATORIO*

### *Parametri da monitorare (più comuni)*

Solidi totali

BOD/COD

TOC

Azoto totale (ammoniacale, organico, nitrati)

Fosfori

Batteri

VOC

Metalli





***ATTIVITA' SPERIMENTALE DI LABORATORIO***

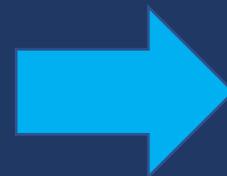
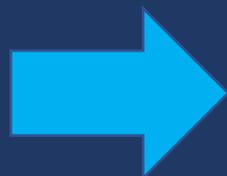
## ***SVILUPPO DI PROCESSI DI OSSIDAZIONE AVANZATA***

Questi processi hanno la capacità di generare elevate concentrazioni di radicali  $\text{OH}^*$ , forti ossidanti in grado di reagire e degradare le sostanze inquinanti.

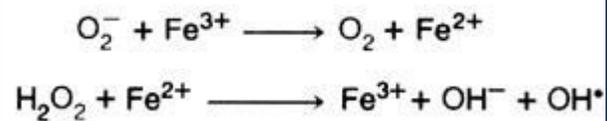
**ATTIVITA' SPERIMENTALE DI LABORATORIO**

**SVILUPPO DI PROCESSI DI  
OSSIDAZIONE AVANZATA**

Acqua inquinata  
Solfato di ferro  
Acqua ossigenata



Acqua depurata  
pronta per il riuso



# ATTIVITA' SPERIMENTALE DI LABORATORIO

## RISULTATI SPERIMENTALI

	Prima trattamento	Dopo trattamento						
		Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 0.4 g/L	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 0.2 g/L	Fenton		Carbone attivo (AC)		
						WW + AC	WW+ Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> +AC	WW+ Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> +AC
<b>pH</b>	7.72	7.59	7.32	8.11	9.98	8.39	7.23	<b>7.64</b>
<b>ST, mg/L</b>	2360	2450	2510	2970	3050	1890	2700	<b>2680</b>
<b>SST, mg/L</b>	1540	1790	1820	2520	2680	1500	2340	<b>2568</b>
<b>SDT, mg/L</b>	478	270	267	175	160	400	86	<b>89</b>
<b>TOC, mg/L</b>	16.6	15.3	16.3	13.9	10.1	14.9	14.0	<b>14.2</b>
<b>COD, mg/L</b>	174	98.4	94.5	50.6	24.6	88.1	80.3	<b>78.9</b>
<b>Fenoli, mg/L</b>	2.00	0.96	1.07	1.44	1.56	0.25	0.11	<b>0.16</b>
<b>NH3, mg/L</b>	9.52	7.42	7.07	7.60	5.89	6.53	7.45	<b>5.8</b>
<b>NH3-N, mg/L</b>	7.40	5.77	5.50	5.91	4.59	5.08	5.80	<b>5.47</b>
<b>NO3-N, mg/L</b>	2.59	1.51	1,48	2.17	1.68	6.16	5.60	<b>5.54</b>
<b>NO3, mg/L</b>	11.5	6.72	6.27	9.57	7.47	1.38	1.26	<b>1.25</b>
<b>Cloruri, mg/L</b>	1.92	1.15	1.11	0.86	1.10	1.62	0.92	<b>087</b>
<b>Fe, mg/L</b>	0.67	0.38	0.19	0.14	0.18	0.16	0.16	<b>0.16</b>
<b>Ca, mg/L</b>	0.57	0.58	0.54	3.14	2.86	0.59	0.79	<b>0.75</b>
<b>S, mg/L</b>	0.37	1.06	0.65	3.20	2.55	0.28	0.97	<b>0.90</b>
<b>Na, mg/L</b>	<b>22.71</b>	<b>22.69</b>	<b>20.28</b>	<b>19.63</b>	<b>20.33</b>	<b>18.22</b>	<b>20.76</b>	<b>19.80</b>



## ***INGEGNERIZZAZIONE DEL PROCESSO***

***Dimensionamento e  
sviluppo del sistema  
prototipale per  
l'impianto di  
trattamento delle acque  
inquinare***



# ***INGEGNERIZZAZIONE DEL PROCESSO***

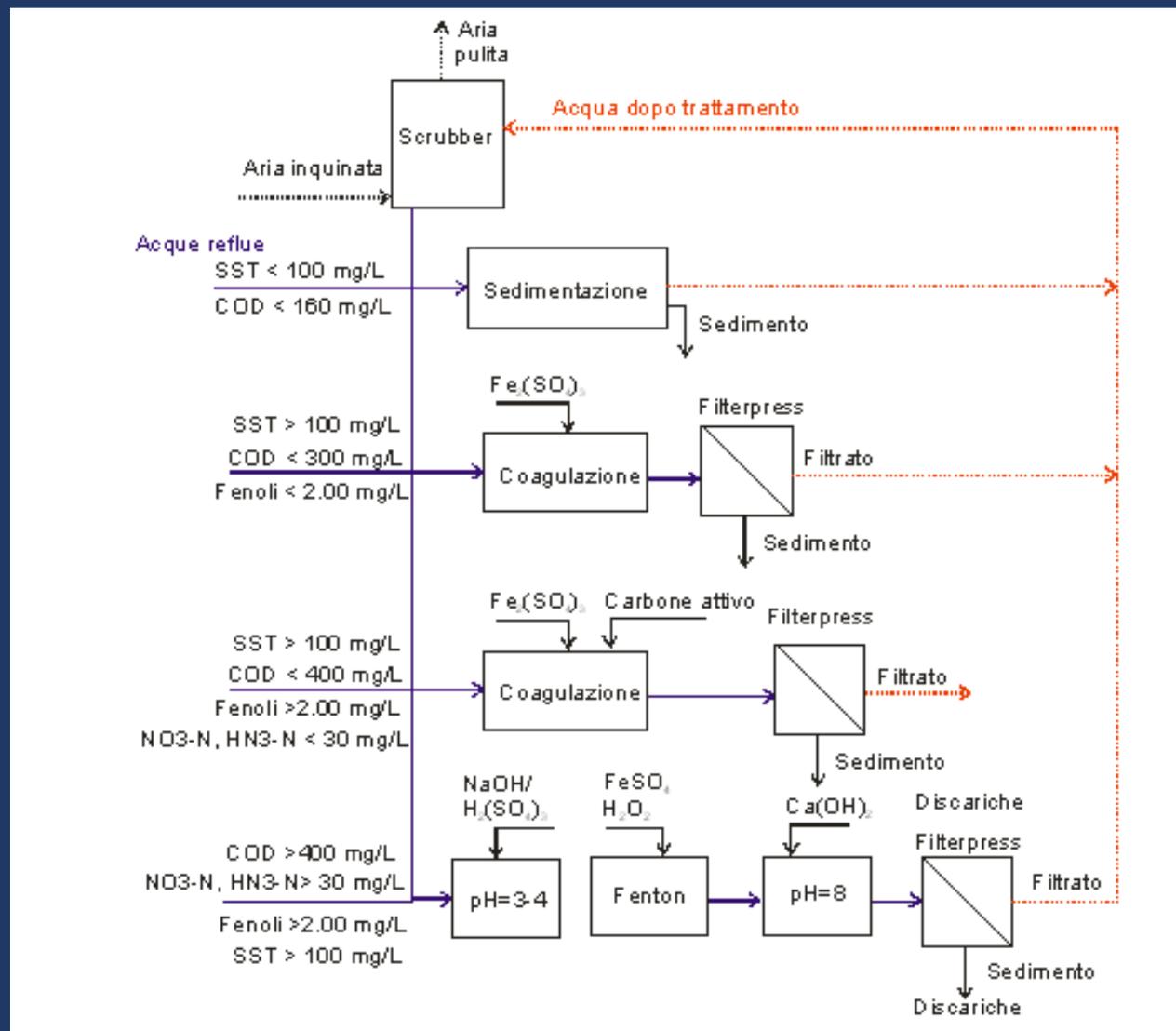
## ***Spin-off Smart Waste Engineering Srl***

- Progetto Air Clean AQ (Istech Srl)
- Progetto LIFE BITMAPS, patenting (LFoundry)
- Progetto RAEE, Gold-REC, Patenting – oro (UNIVAQ, FENIX)
  - a. LRE, FENIX
  - b. Azienda ES
  - c. Azienda Sud Africa
- Progetto Madama Oliva (trattamento acque)
- Progetto SABO (trattamento acque)
- Progetto STREAM (UNIVAQ, trattamento acque)
- Progetto Oro-Sudan (in progress)
- Progetto MEGA srl (trattamento acque)

# INGEGNERIZZAZIONE DEL PROCESSO

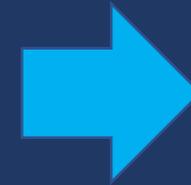
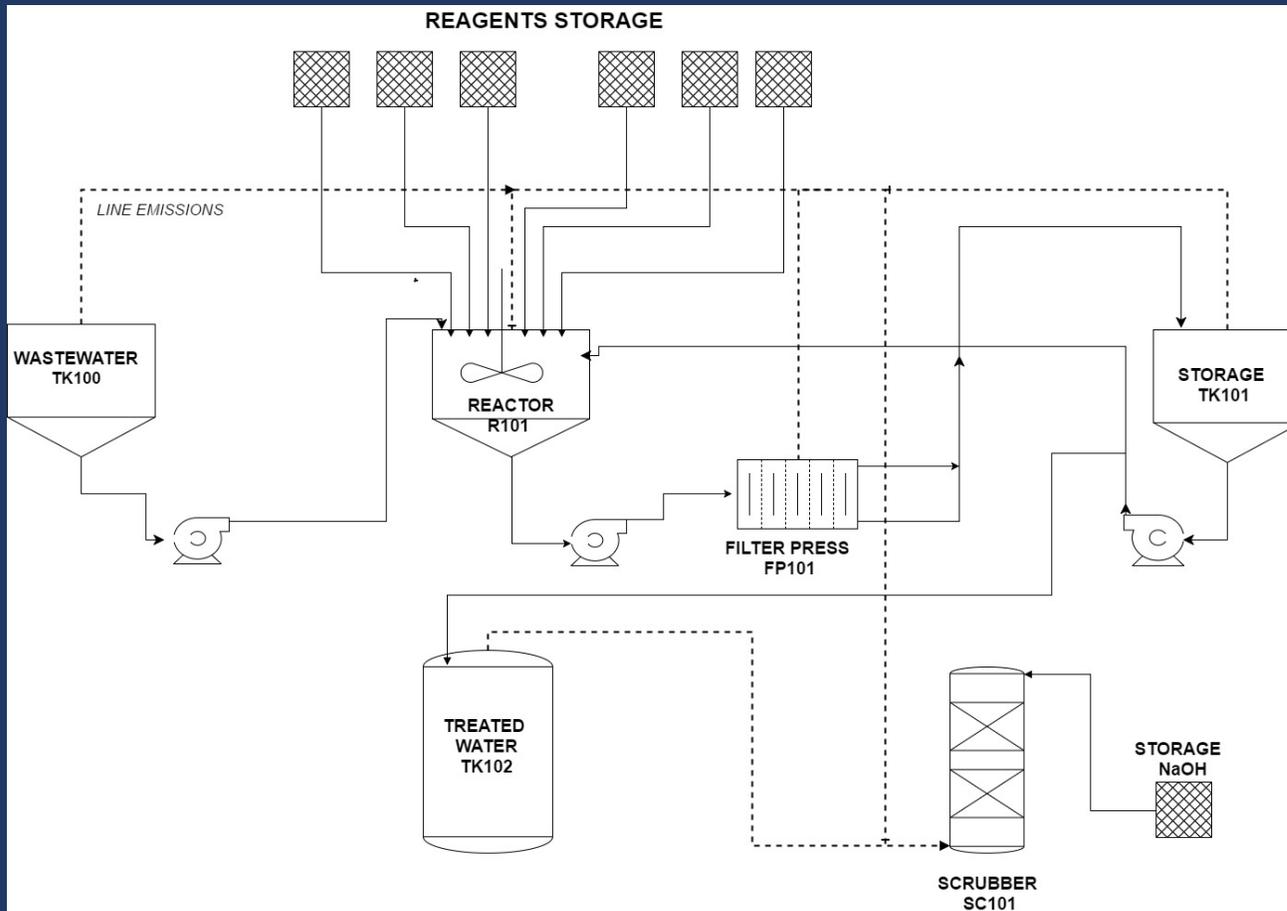
In accordo ai dati sperimentali è stata effettuata un'analisi di processo con la definizione della progettazione basic delle soluzioni proposte

L'impianto dovrà essere in grado di realizzare la linea di trattamento più complessa



*Schema a blocchi*

# INGEGNERIZZAZIONE DEL PROCESSO



*Impianto realizzato in uno skid (trasportabile)*



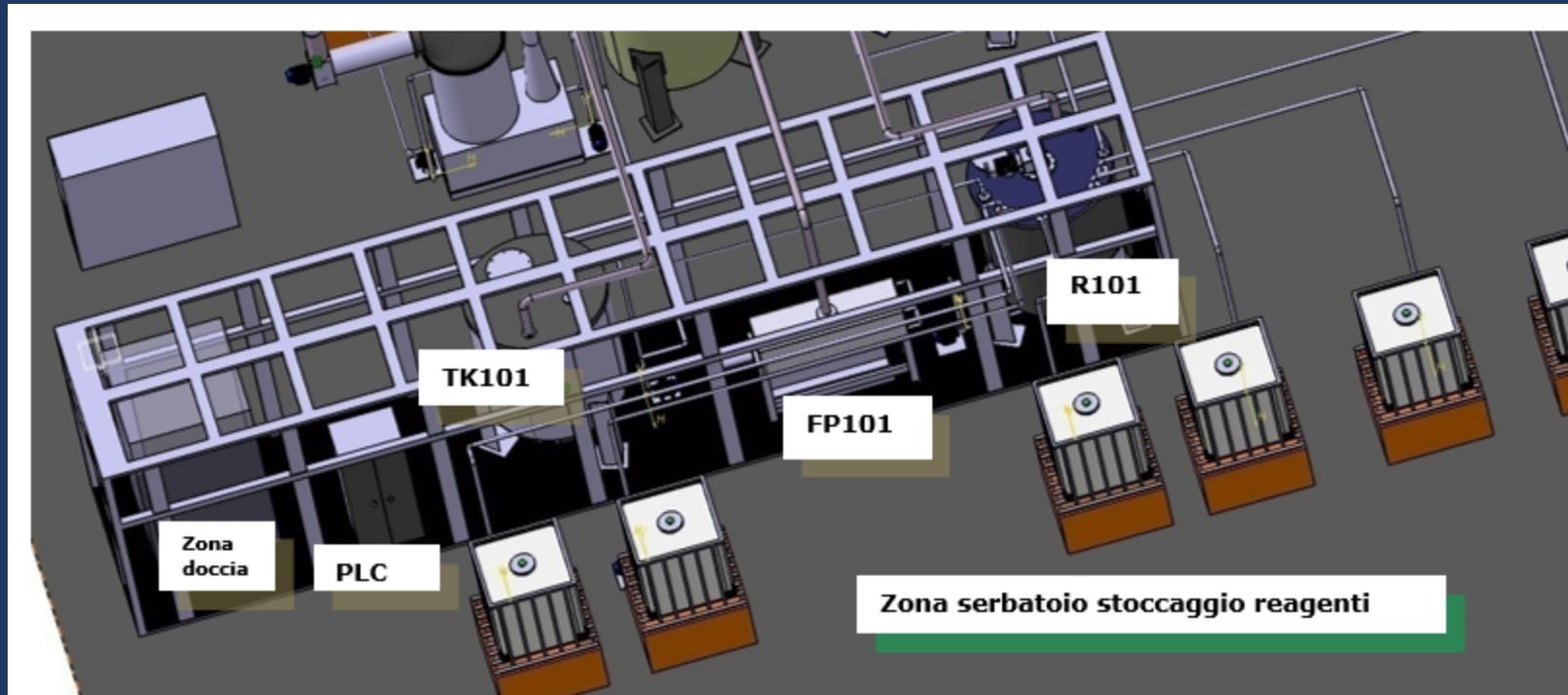
*Diagramma di flusso*

## ***CRITERI DI DIMENSIONAMENTO***

### **IPOTESI FATTE PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO**

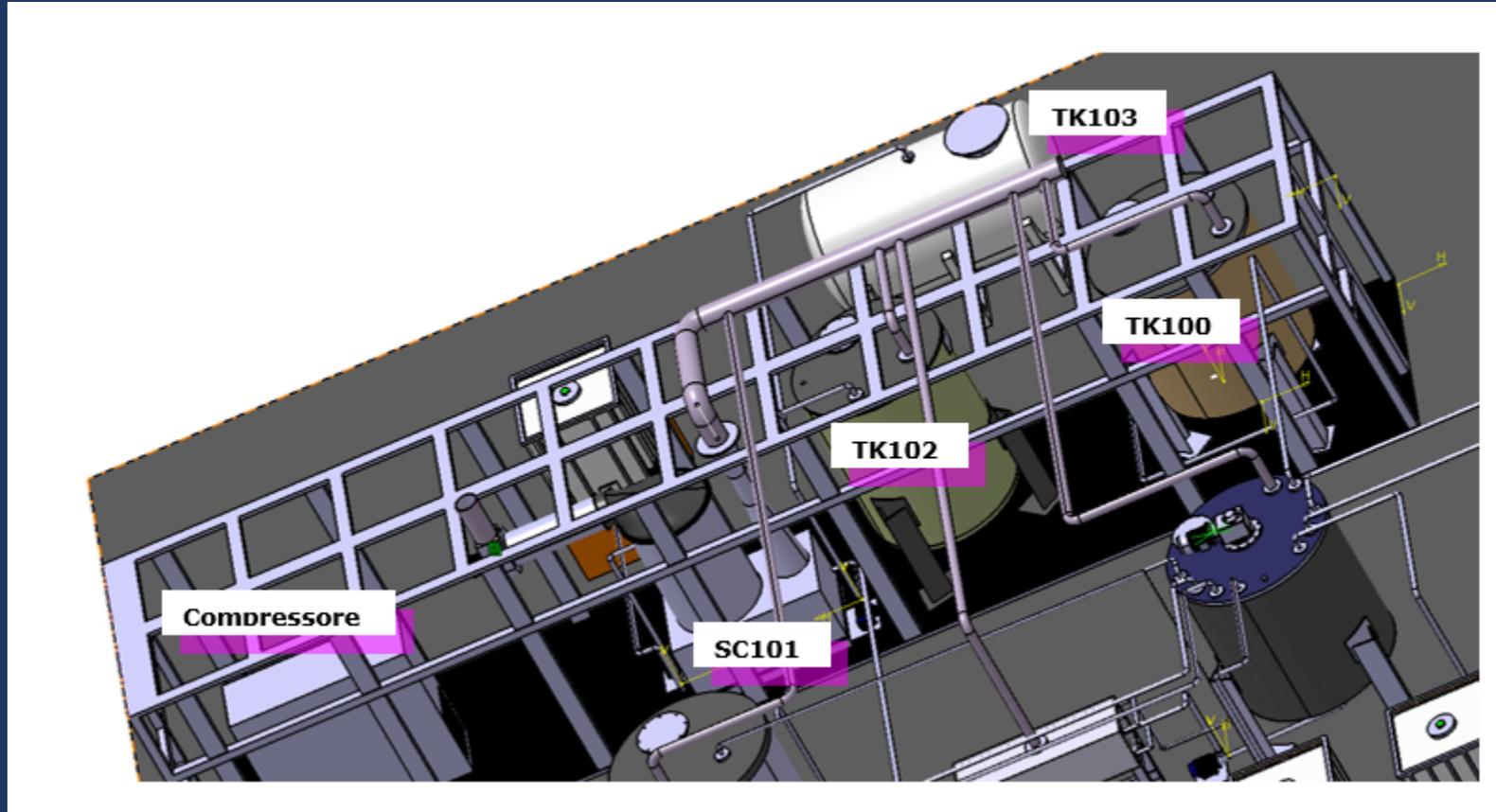
- Si ipotizza di installare 100 stazioni APA in varie zone strategiche della città.
- Ogni stazione ha una capacità di 300 L/scrubber e si ipotizza di effettuare due scarichi di acque reflue/stazione per mese
- Totale di 60 m<sup>3</sup> al mese di refluo da trattare in impianto.
- Capacità reattore di trattamento 3 m<sup>3</sup>  
(20 giorni/mese per 8 ore lavorative/giorno)

# ***PROFILO DEL PRIMO SKID E POSIZIONE DELLE PRINCIPALI APPARECCHIATURE***



***R101\_ Reattore principale trattamento reflui (4.5 m3)***  
***TK101\_ Serbatoio di accumulo dell'acqua filtrata (4.5 m3)***  
***FP101\_ Filtropressa (5 m2)***

# ***PROFILO DEL PRIMO SKID E POSIZIONE DELLE PRINCIPALI APPARECCHIATURE***

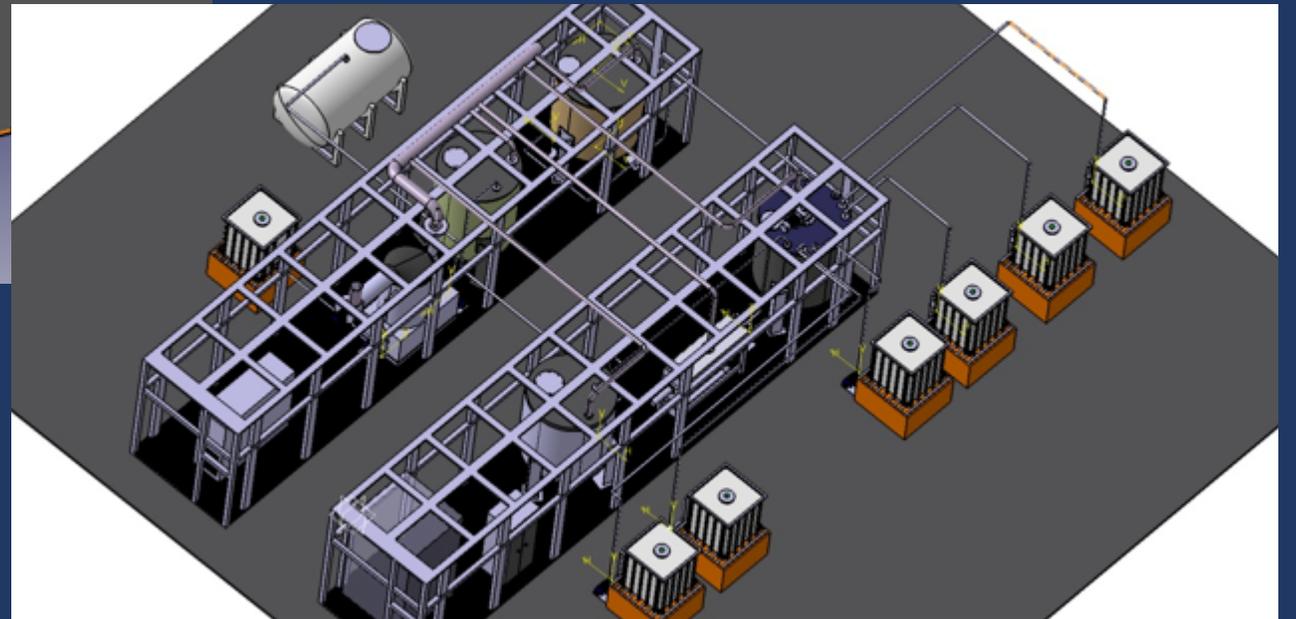
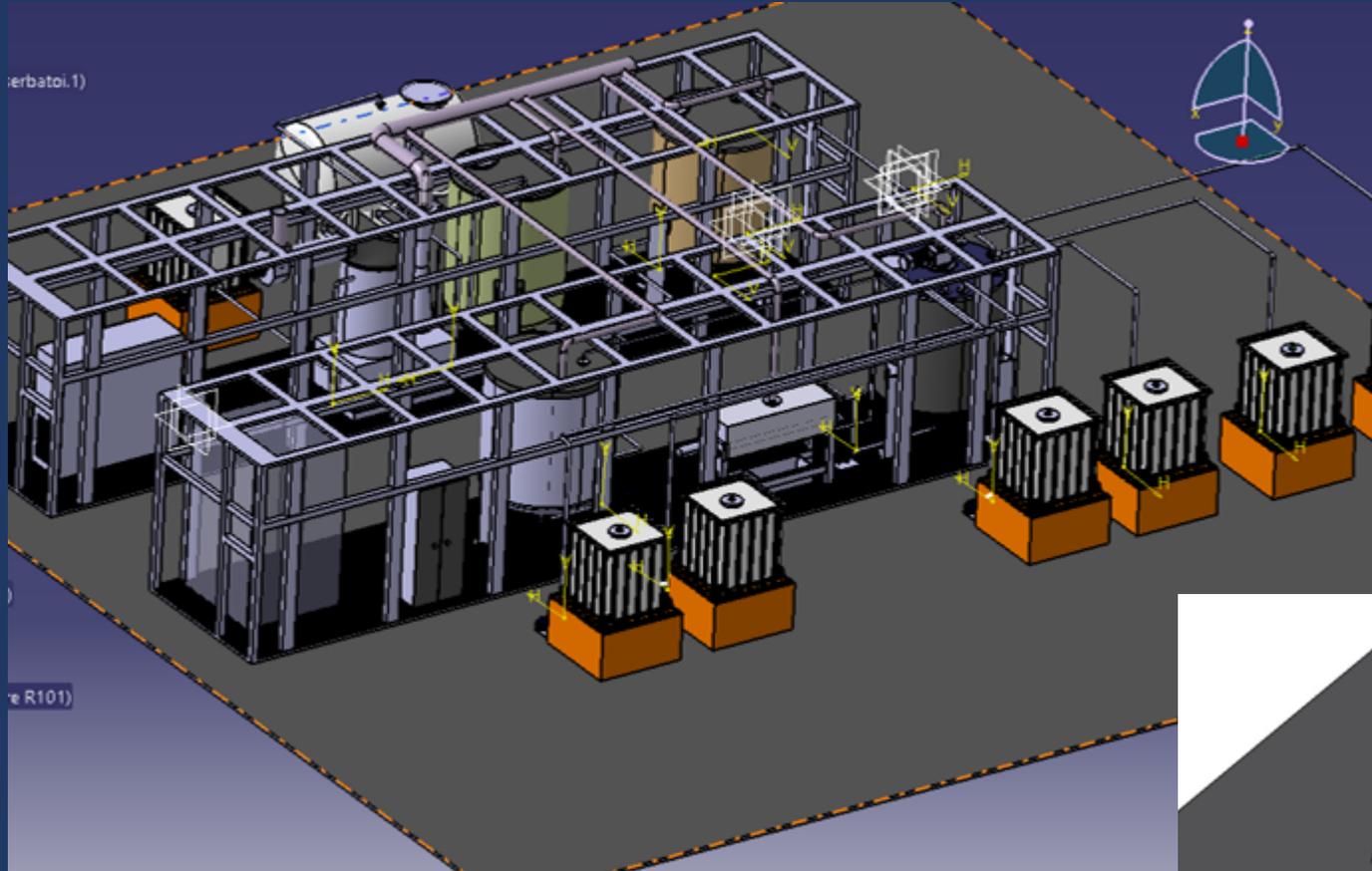


***TK100\_2 Serbatoi di accumulo dell'acqua da trattare (4.5 m<sup>3</sup>)***

***TK103\_ Serbatoio dell'acqua trattata (4.5 m<sup>3</sup>)***

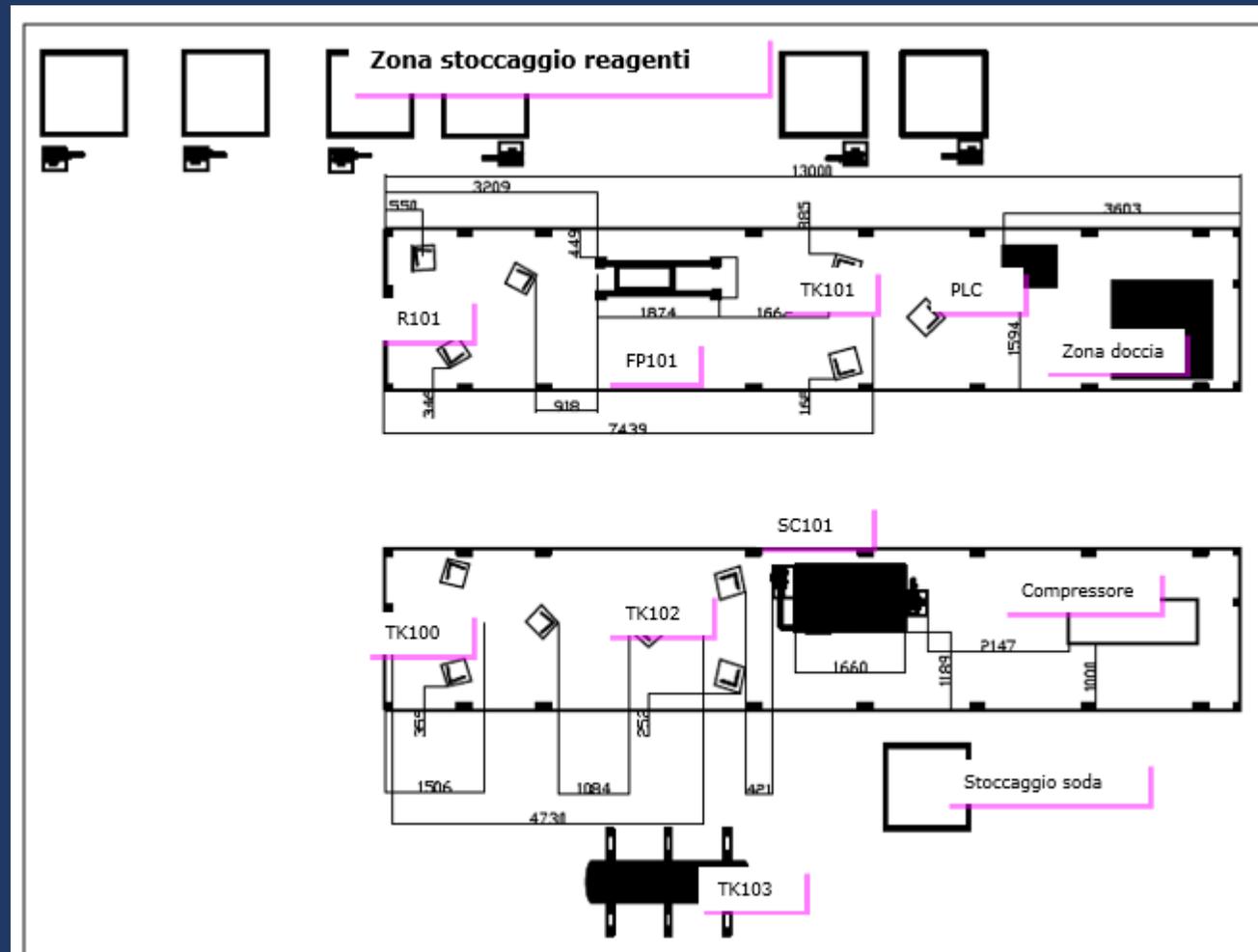
***Scrubber SC101***

# VISTA DEI DUE SKID



*Altri dispositivi di regolazione e controllo  
presenti in impianto: valvole di  
intercettazione, controlli di livello,  
temperatura, pH, ...*

# MESSA IN TAVOLA DELL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO REFLUI



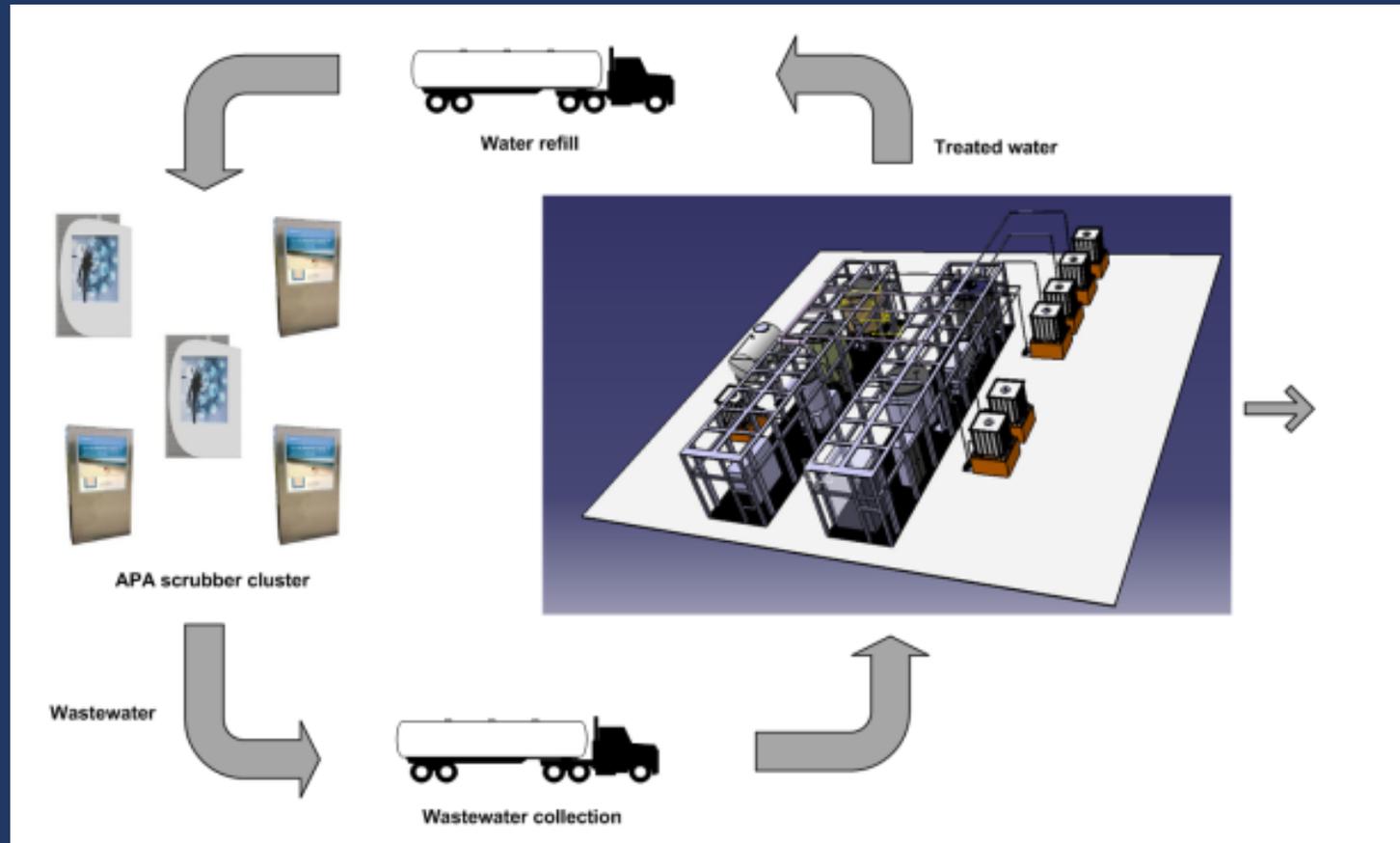
## Valutazione preliminare di mercato ed analisi dei costi di realizzazione

COSTO APPARECCHIATURE		Capacità		Prezzo
Reattore con agitatore completo di accessori (acciaio inox rivestito)	R101	4,5 m <sup>3</sup>	€	43.063,81
Serbatoio di acqua da trattare e trattata PP	TK100-3	4,5 m <sup>3</sup>	€	13.510,66
Tre serbatoi (€ 13.510,66 x3)			€	40.531,97
Filtropressa		5 m <sup>2</sup>	€	41.397,23
Scrubber			€	21.000,00
Compressore			€	15.000,00
<b>TOTALE</b>			€	<b>160.993,01</b>

# Valutazione preliminare di mercato ed analisi dei costi di realizzazione

COSTO D'INVESTIMENTO		
	<b>FCI</b>	
<b>Costo fisso d'investimento (FCI)</b>	<b>(%)</b>	<b>€</b>
Acquisto apparecchiature	50	160.993,01
Installazione	10	32.198,60
Controlli	2	6.439,72
Piping	5	16.099,30
Sistemi elettrici	4	12.879,44
Edifici	0	-
Preparazione adattamento terreno (+ acquisto terreno)	5	16.099,30
Apparecchiature servizio	0	-
Ingegneria e supervisione	8	25.758,88
Spese legali	2	6.439,72
Spese costruzioni impianto (es. struttura di sostegno in acciaio, spese fino all'avvio)	10	32.198,60
Eventualità	4	12.879,44
<b>Somma</b>	<b>100</b>	<b>321.986,02</b>
<b>Costo totale (FCI+ WC)</b>		<b>357.762,25</b>
<b>Working capital (WC)</b>		<b>35.776,22</b>

# CONCLUSIONI



***CICLO DELL'ACQUA – PROGETTO SMART CITY***

**Smart clean air city L'aquila**

# CONCLUSIONI

*Obiettivi del progetto:*

*Migliorare la qualità dell'aria in zone urbane dove sono presenti inquinanti quali polveri sottili, NO<sub>2</sub>, ...*

*Sviluppare un processo integrato con trattamento delle acque e riuso (minimizzazione delle risorse impiegate)*



E' un progetto innovativo e di  
valenza sociale, oltre che  
economica



**Prof. Ing. Francesco Vegliò**

**Dipartimento di Ingegneria  
industriale e dell'informazione e di  
economia**

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI  
DELL' AQUILA**

**[francesco.veglia@univaq.it](mailto:francesco.veglia@univaq.it)**

**+39 0862 434223**