



TECNOLOGIE INNOVATIVE PER LA CAPTAZIONE DI PARTICOLATO SUBMICRONICO E NANOMETRICO DA CORRENTI GASSOSE

M. Giavazzi¹, L. D'Addio², F. Di Natale², C. Carotenuto², A. Lancia²

¹ Boldrocchi Srl., Viale Trento e Trieste 93, 20046 Biassono MB – giavazzi@boldrocchi.eu

² Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale, Università degli studi di Napoli Federico II, P.le V. Tecchio 80, 80125 Napoli - fdinatal@unina.it



Outline della presentazione



1. La Problematica delle polveri sub-microniche
2. Best Available Technology nella captazione delle polveri sub-microniche
3. Wet Electrostatic Scrubbing.....what is this? La teoria del WES
4. Le esperienze di laboratorio
5. Le esperienze a scala pilota
6. L'applicabilità nel trattamento fumi degli impianti di combustione



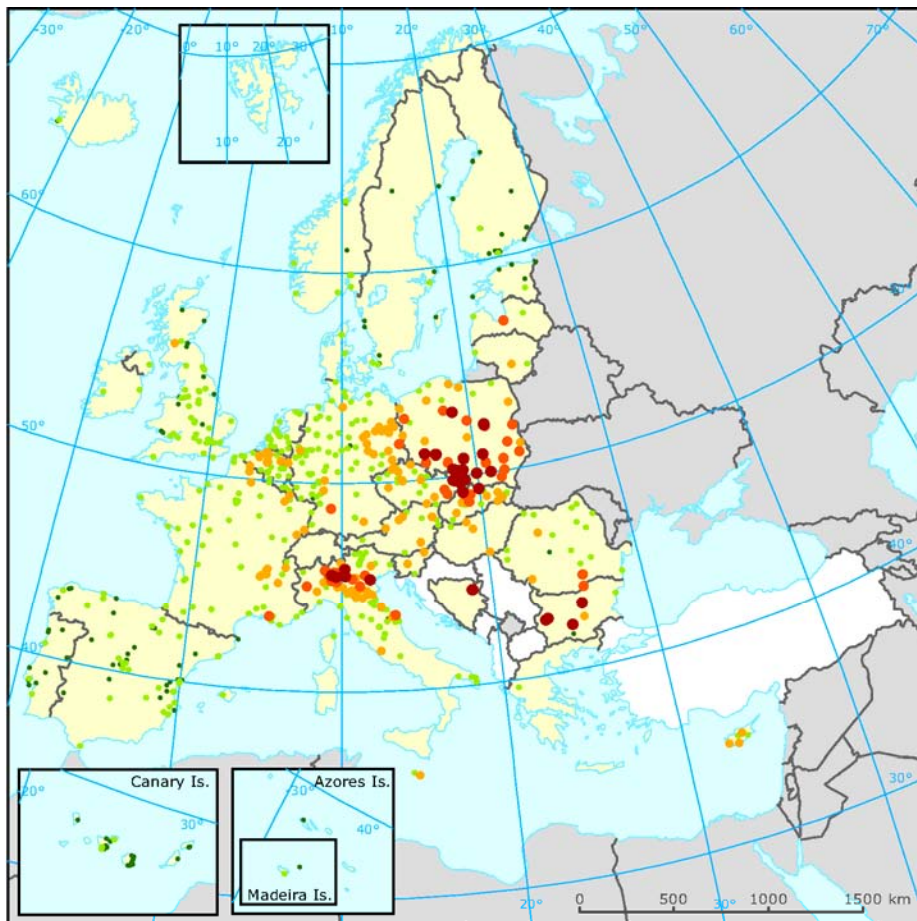
Perché una ricerca sulla captazione delle polveri sub-microniche?



La presenza in aria delle polveri «sottili» è dovuta ad una componente primaria, che è quella che deriva dal rilascio in atmosfera di polveri direttamente dalle fonti di emissione, e ad una componente secondaria, che si forma in atmosfera a seguito di processi chimici e fisici a partire dai precursori delle polveri: ossido di azoto, biossido di zolfo, ammoniaca, composti organici volatili.



Perché una ricerca sulla captazione delle polveri sub-microniche?



Dati sulle concentrazioni in atmosfera di $PM_{2.5}$
Europe Air Quality report 2013

Annual mean fine particulate matter ($PM_{2.5}$) 2010, based on annual average with percentage of valid measurements $\geq 75\%$ in $\mu g/m^3$

• ≤ 10 • 10-20 • 20-25 • 25-30 • > 30

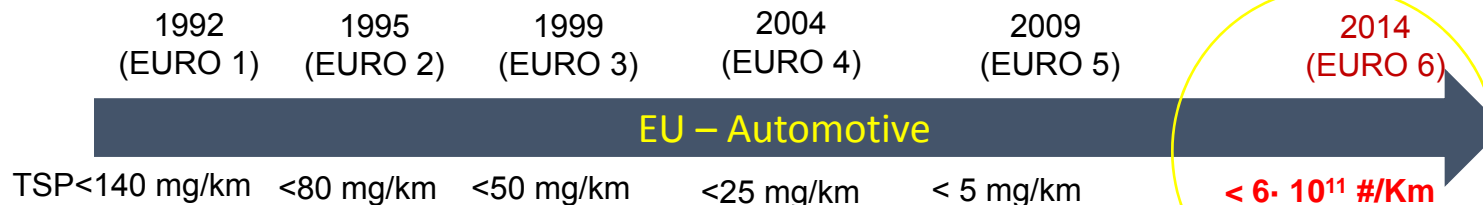
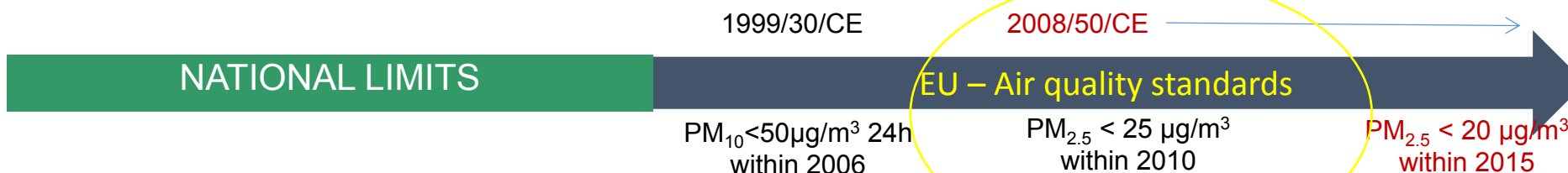
□ No data □ Countries/regions not included in the data exchange process



Aspetti normativi



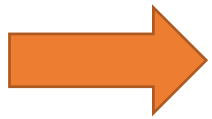
NAAQS* introduced



*National Ambient Clean air quality standards



Perché una ricerca sulla captazione delle polveri sub-microniche?



La problematica è molto avvertita dall'opinione pubblica, che ciclicamente, ogni stagione invernale, affronta i disagi correlati al superamento delle concentrazioni limite di polveri in atmosfera.



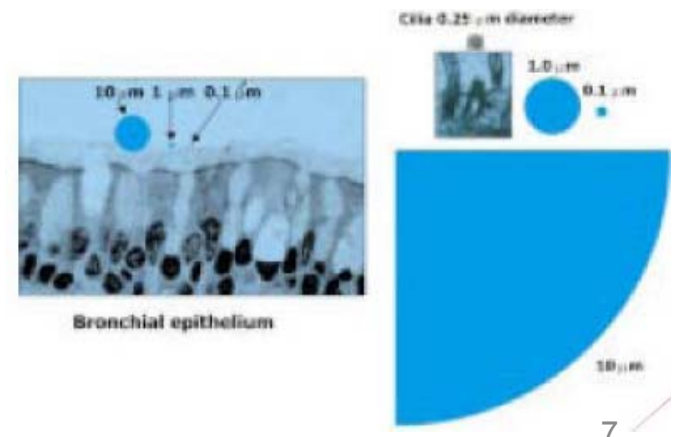
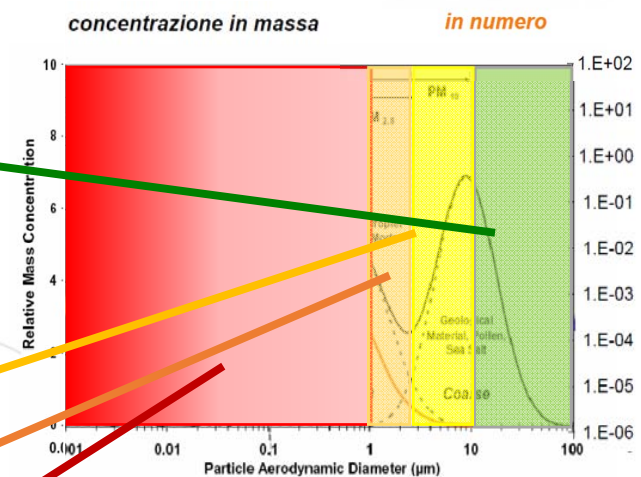
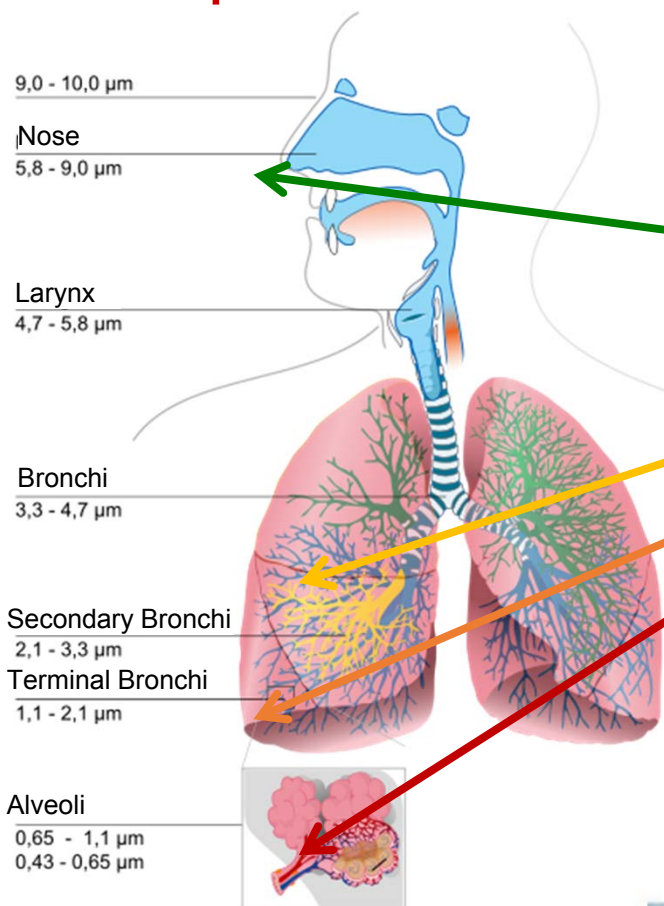
Conseguenze anche sull'accettabilità degli impianti industriali, accusati, insieme a riscaldamenti domestici e traffico autoveicolare, di concorrere al peggioramento della qualità dell'aria.



Aspetti tossicologici

Patologie associate

- Riniti
- Tracheiti
- Bronchiti
- Asma
- Riduzione della capacità polmonari
- Problemi neurologici e cardiovascolari
- Cancro (WHO 2012)

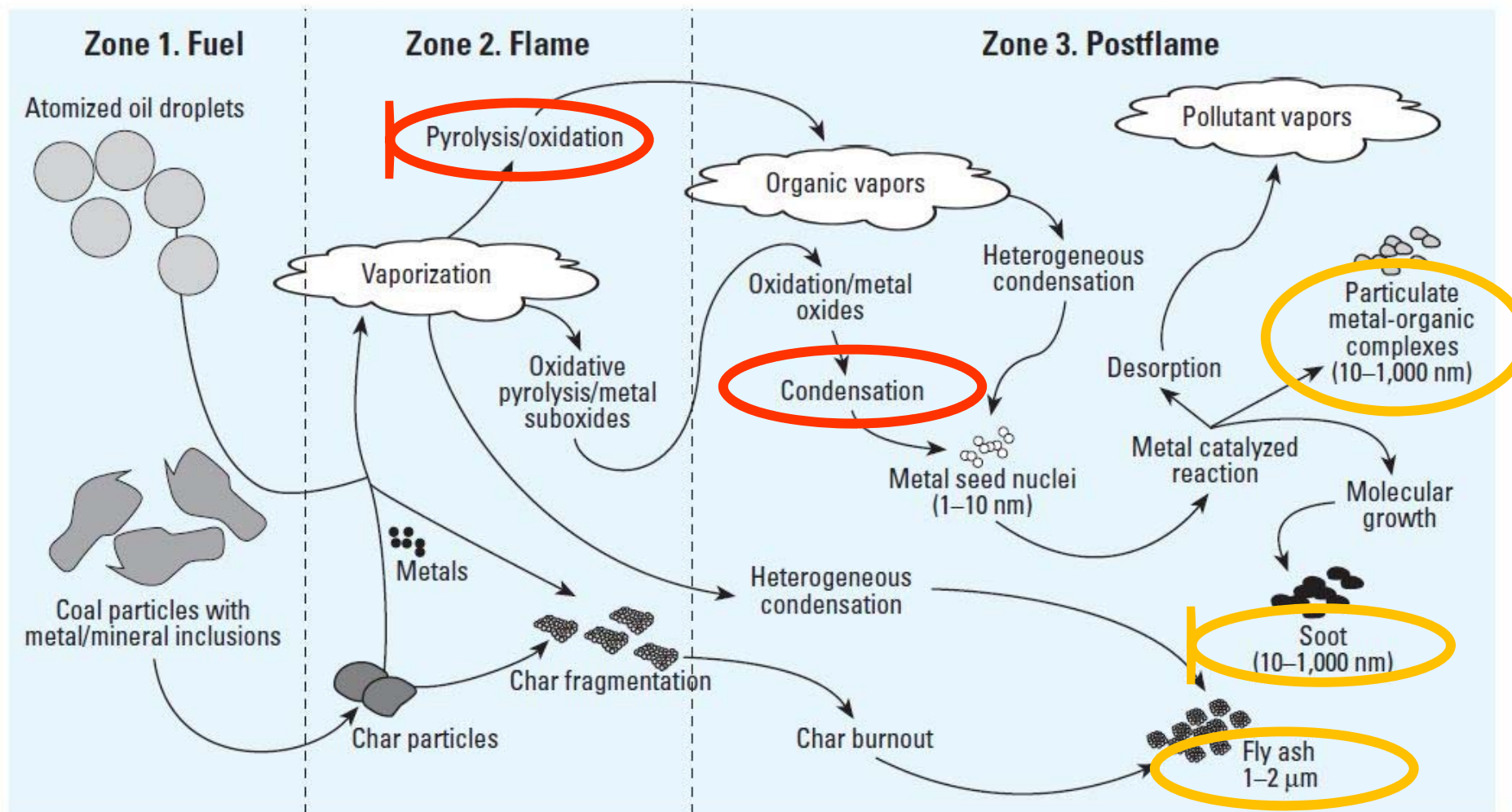


Il sistema respiratorio è quello maggiormente vulnerabile al particolato.

Il fattore di maggior rilievo ai fini degli effetti è la dimensione delle particelle: da essa dipende la capacità di penetrazione nelle vie respiratorie.



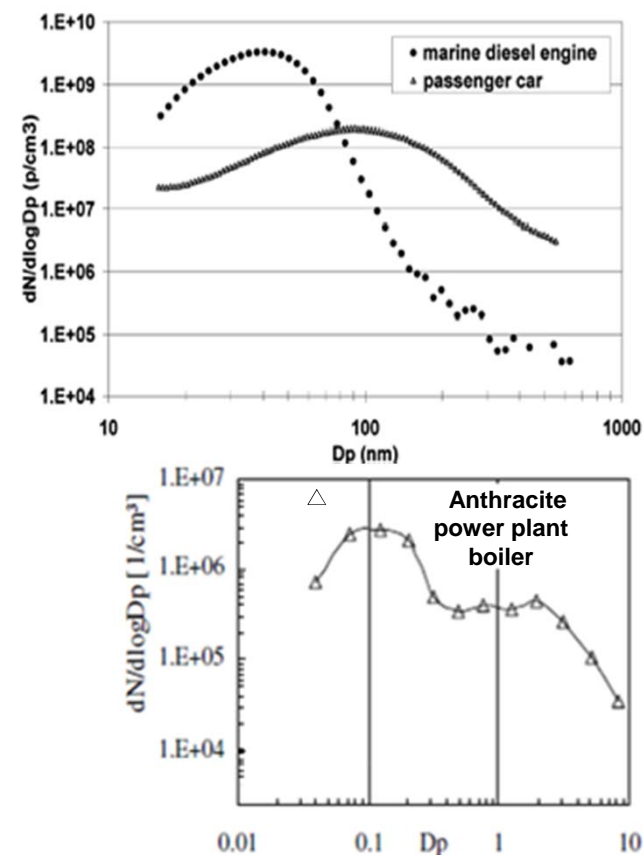
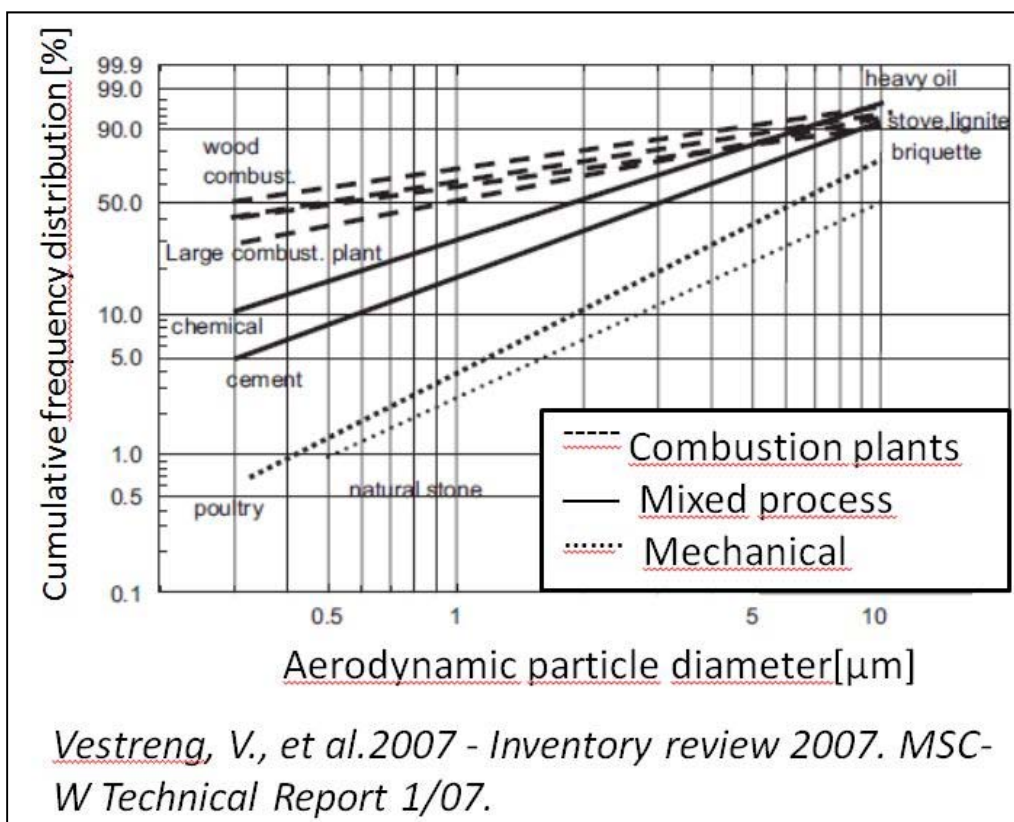
La Generazione delle polveri sottili. Il contributo dei processi di combustione



Fonte: «Origin and health Impacts of emissions of toxic by-products and fine particles from combustion and thermal treatment of hazardous wastes and materials» - S. Cormier, University of Louisiana



La Generazione delle polveri sottili. Il contributo dei processi di combustione





Che influenza ha la granulometria ed il numero di particelle rispetto al flusso di massa?

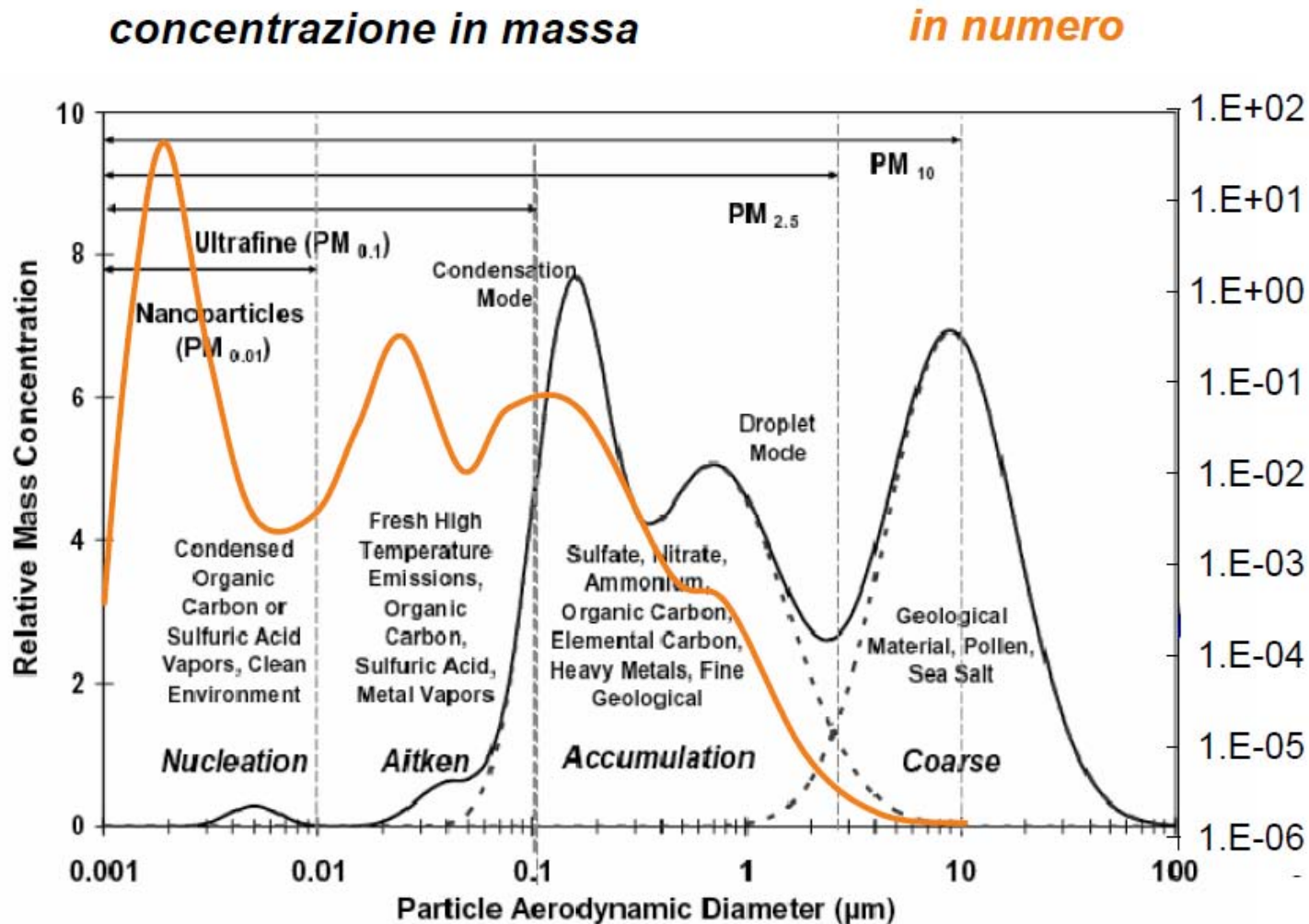


Nell'opinione pubblica è aumentata la consapevolezza che gli effetti dell'inalazione delle polveri sono maggiori tanto maggiore è il numero di particelle e tanto minore è la loro dimensione, a parità di massa totale.

La tossicità del particolato si misura in mm^2 di superficie polmonare esposta. Le particelle più piccole sono più pericolose.



Quale metrica adottare per il particolato?



1 particella 1 micron = 1E9 particelle da 1 nm



Outline della presentazione



1. La Problematica delle polveri sub-microniche

2. Best Available Technology nella captazione delle polveri sub-microniche

3. Wet Electrostatic Scrubbing.....what is this? La teoria del WES

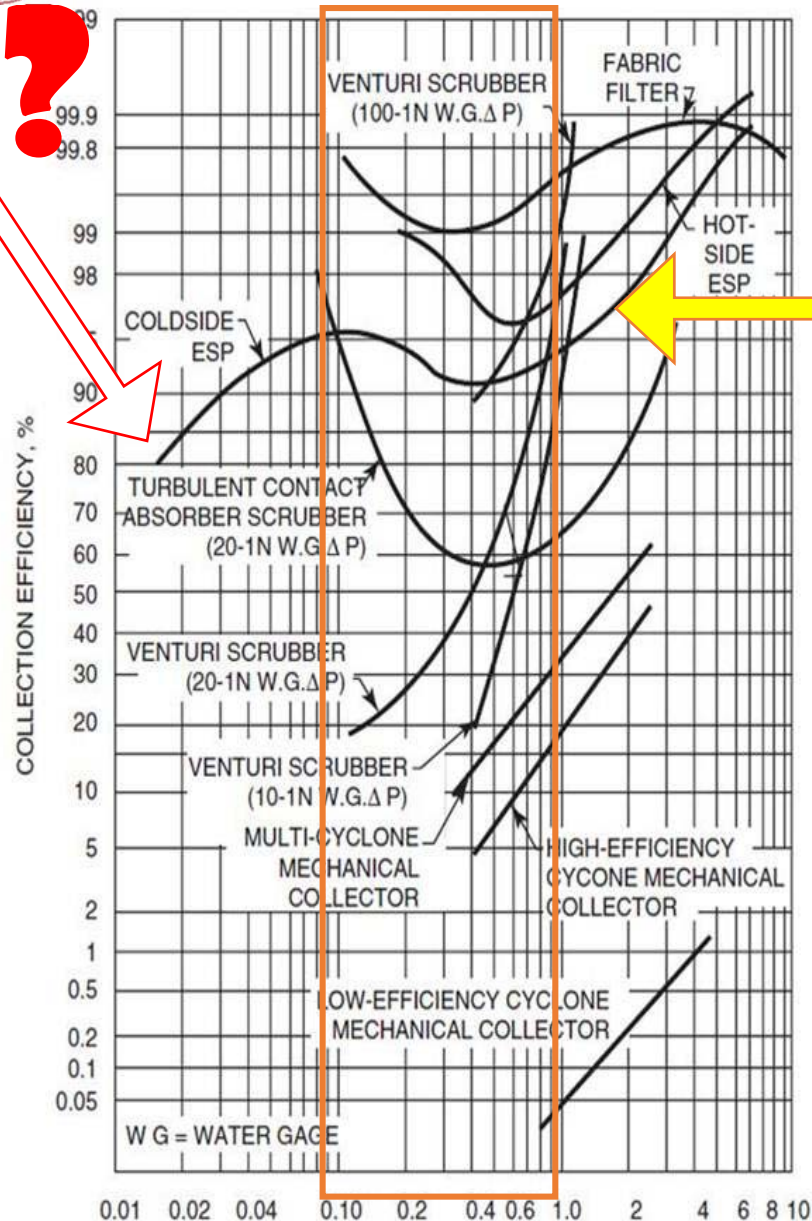
4. Le esperienze di laboratorio

5. Le esperienze a scala pilota

6. L'applicabilità nel trattamento fumi degli impianti di combustione



Tecnologie di rimozione del particolato



Le tecnologie convenzionali sono principalmente progettate e ottimizzate per il trattamento di particelle con $dp \geq 1 \mu m$. I valori delle efficienze per particelle $dp \leq 0.1 \mu m$ non noti.

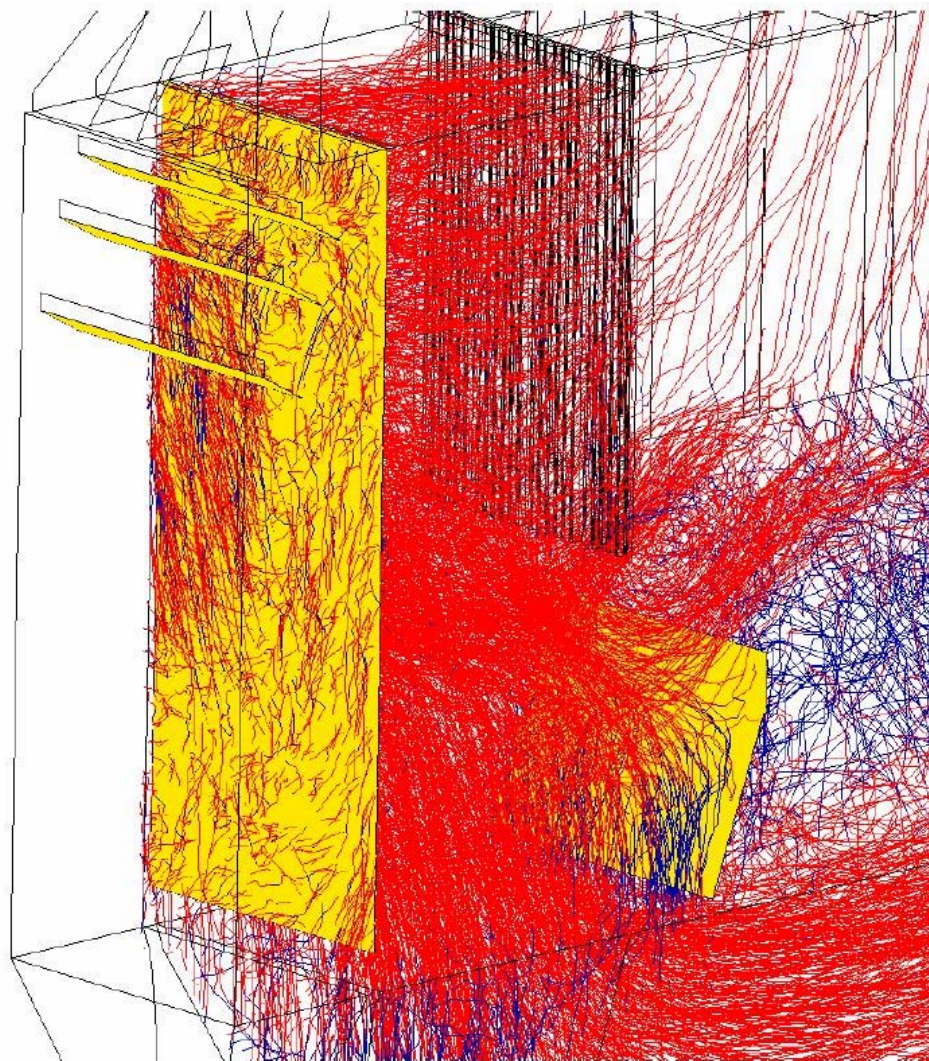
Greenfield gap:

un intervallo al quale appartengono tutte le particelle con $0.1 \mu m < dp < 1 \mu m$, dove le efficienze di rimozione dei dispositivi convenzionali si riducono notevolmente.

Le particelle appartenenti a tale range di diametri non subiscono in maniera apprezzabile né l'effetto inerziale né di diffusività Browniana.



Tecnologie di rimozione del particolato



Modellazione fluidodinamica bifase dei Filtri a Maniche



Tecnologie di rimozione del particolato



Misure Analisi Linea 1

	Valore Tal quale	Media Minuto		Media Minuto
HCL	0,3	0,2	mg/m3	0,4
CO	0,5	0,5	mg/m3	0,8
CO2	3,5	3,6	%V	3,9
NO	35,5	36,4	mg/m3	94,2
NO2	1,7	1,6	mg/m3	
SO2	0,0	0,0	mg/m3	0,0
NH3	0,5	0,4	mg/m3	0,7
N2O	0,4	0,4	mg/m3	0,4
HF	0,0	0,0	mg/m3	0,0
COT	0,4	0,4	mg/m3	0,6
PLV	1,3	0,8	mg/m3	1,8
O2	13,1	13,1	%V	14,4
H2O	8,5	8,5	%V	
TF	93,4	93,2	°C	
PF	978	978	mBar	
QF	108,60	109,77	KNm3/h	100,48
HG	0,00	0,00	ug/Nm3	

O2 Secco Processo

Modellazione fluidodinamica bifase dei Filtri a Maniche



Outline della presentazione



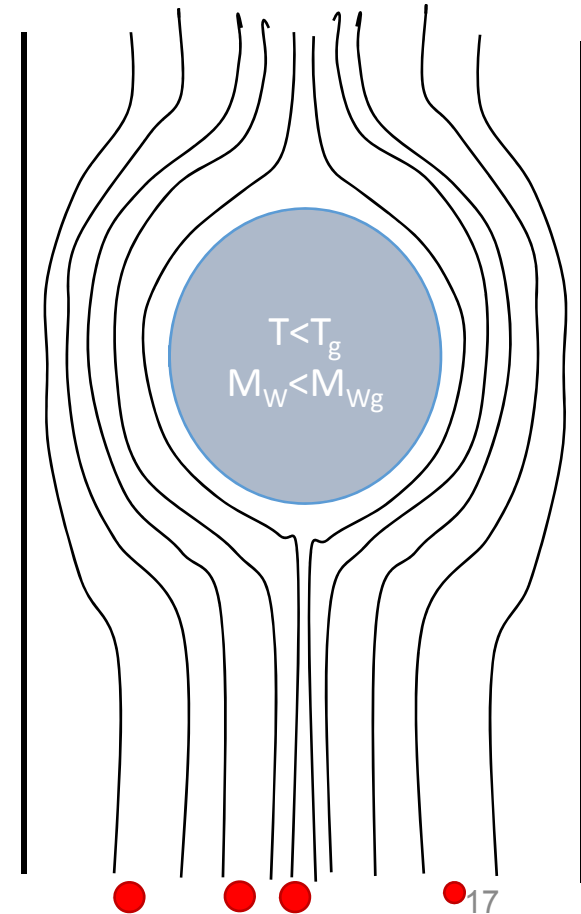
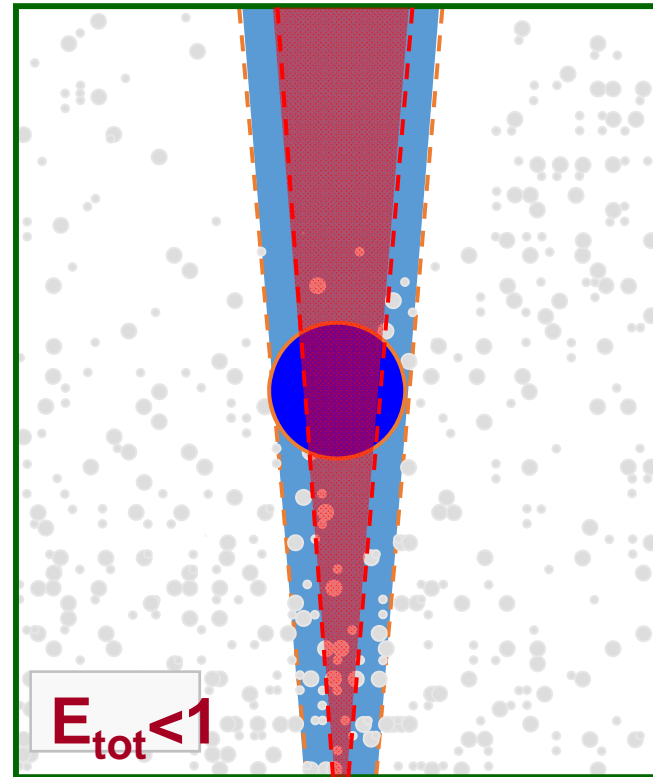
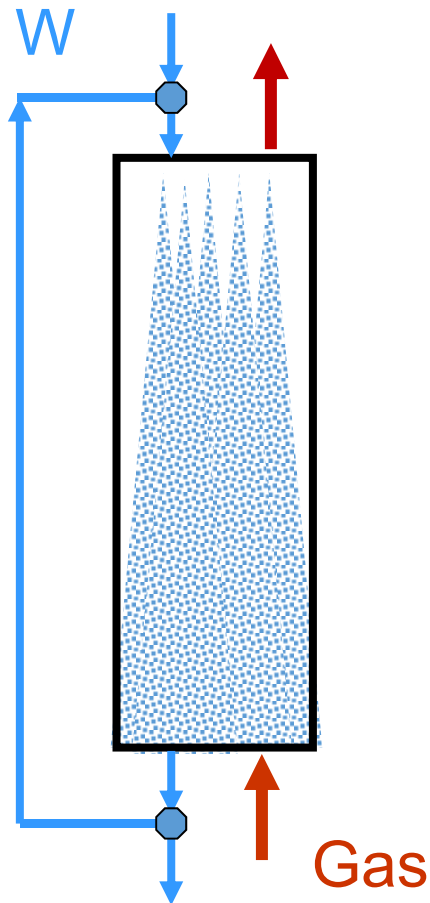
1. La Problematica delle polveri sub-microniche
2. Best Available Technology nella captazione delle polveri sub-microniche
3. Wet Electrostatic Scrubbing.....what is this? La teoria del WES
4. Le esperienze di laboratorio
5. Le esperienze a scala pilota
6. L'applicabilità nel trattamento fumi degli impianti di combustione



Come uno scrubber rimuove il particolato

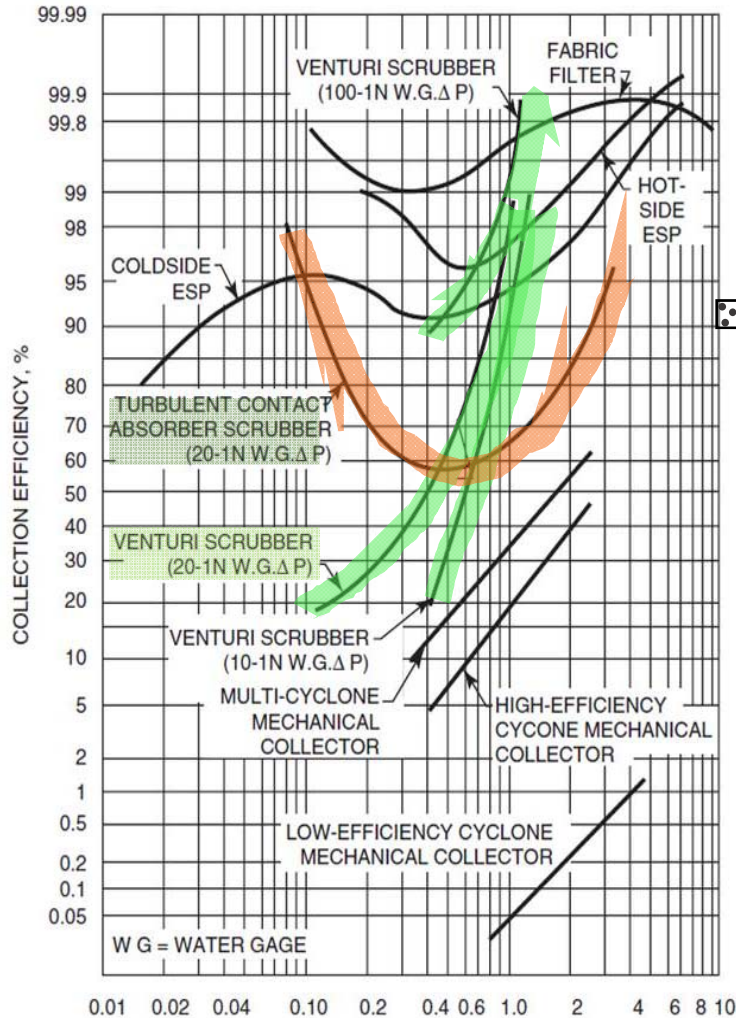
$$\text{Velocità di cattura} = \text{Concentrazione e particelle} \times \text{Volume d' impatto} \times \text{Efficienza collisionale} \times \text{Concentrazione gocce}$$

$$r(d_p, t) = n(d_p) \times \frac{\pi}{4} [D(t) + d_p]^2 \cdot U(t) \times E(D(t), d_p) \times N(D(t)) \cdot \Psi(D)$$

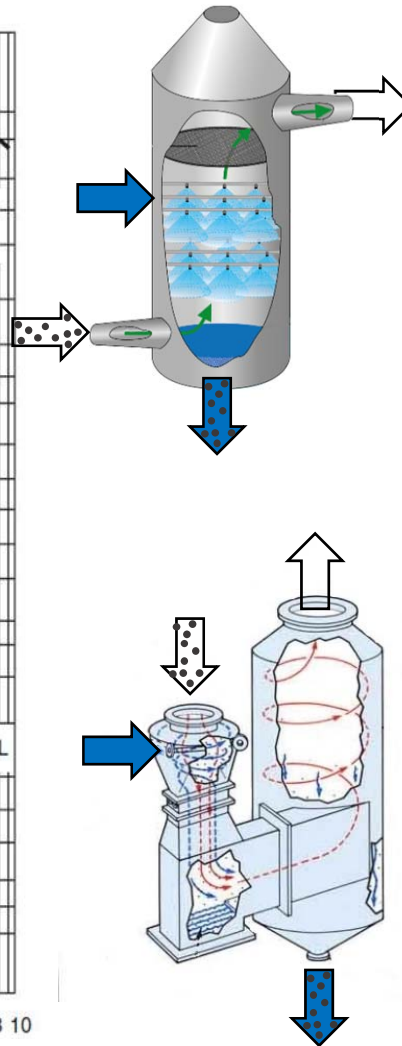




Performances di uno scrubber



McKenna [17]



Scrubber

- ΔP (mbar) – 5-12
- Capital costs (1000Nm^3) – 0.5-2-k\$
- Operating costs (1000Nm^3) – 0.8-28k\$/y
- Application limits - Up to $170,000\text{Nm}^3/\text{h}$, scrubbing water $>3\text{L}/\text{Nm}^3$, Gas up to $170,000\text{Nm}^3/\text{h}$

Venturi Scrubber

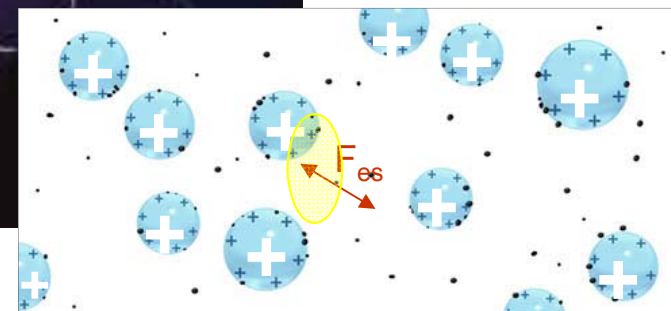
- ΔP (mbar) – 25-200
- Energy ($\text{KWh}/1000\text{Nm}^3$) – 0.5-6
- Capital costs (1000Nm^3) – 1.9-17.0 k\$
- Operating costs (1000Nm^3) – 2.4-70k\$/y
- Application limits – Gas up to $100,000\text{Nm}^3/\text{h}$, temperature up to 370°C , scrubbing water $0.5\text{-}5\text{L}/\text{Nm}^3$



Wet electrostatic scrubber



Gli insegnamenti della natura...

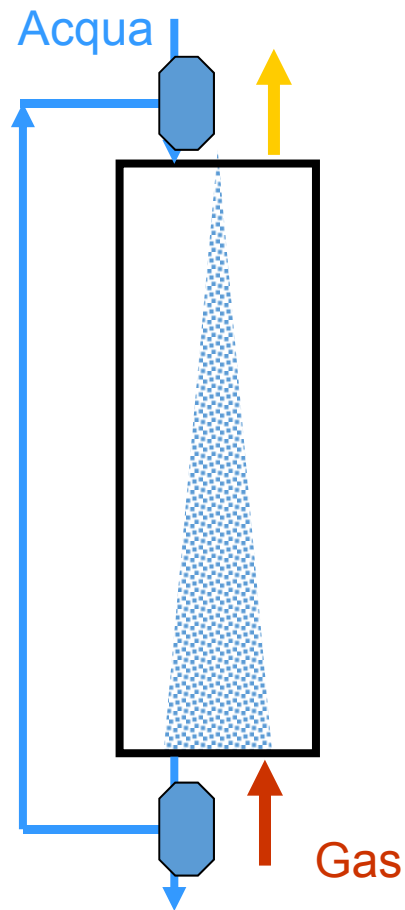




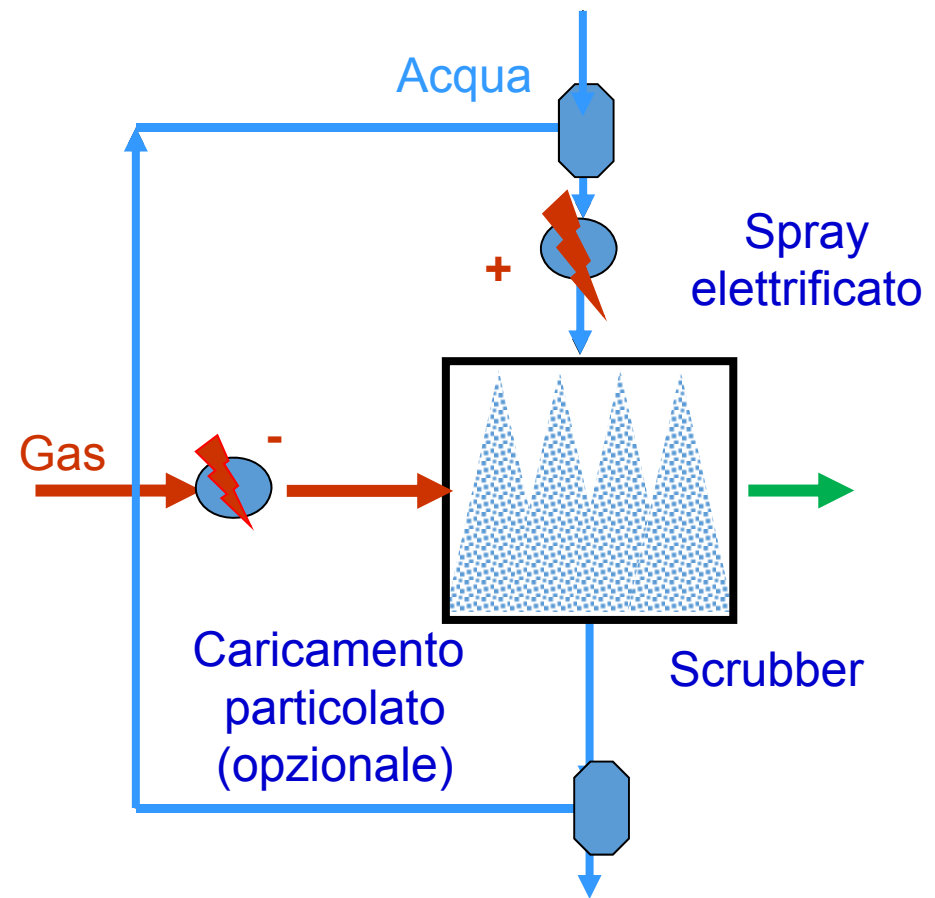
Wet electrostatic scrubber



Conventional wet scrubber



Wet electrostatic scrubber (open or closed loop)

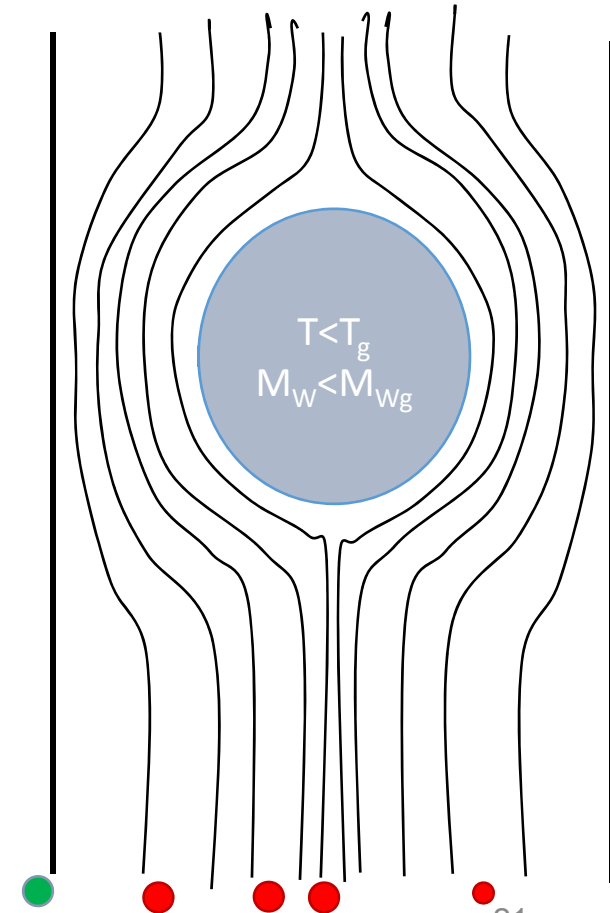
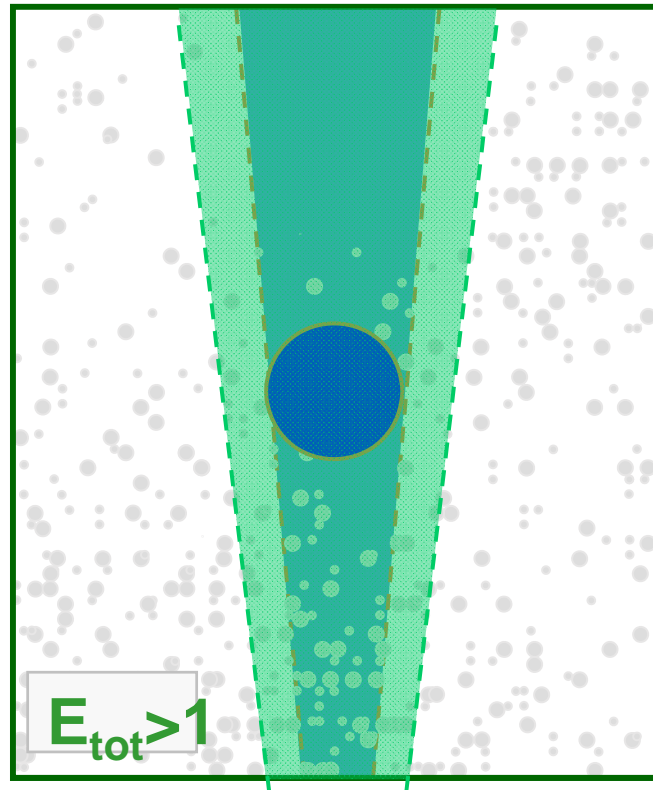
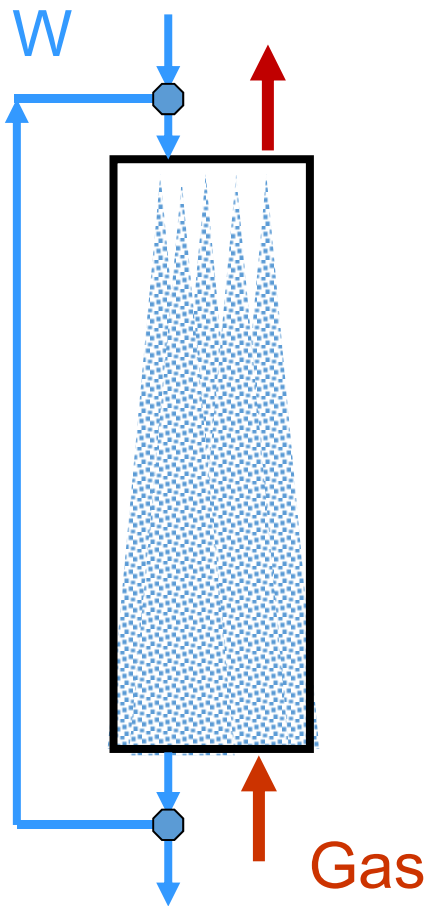




WES Vs Scrubber convenzionale

$$\text{Velocità di cattura} = \text{Concentrazione particelle} \times \text{Volume d' impatto} \times \text{Efficienza collisionale} \times \text{Concentrazione gocce}$$

$$r(d_p, t) = n(d_p) \times \frac{\pi}{4} [D(t) + d_p]^2 \cdot U(t) \times E(D(t), d_p) \times N(D(t)) \cdot \Psi(D)$$





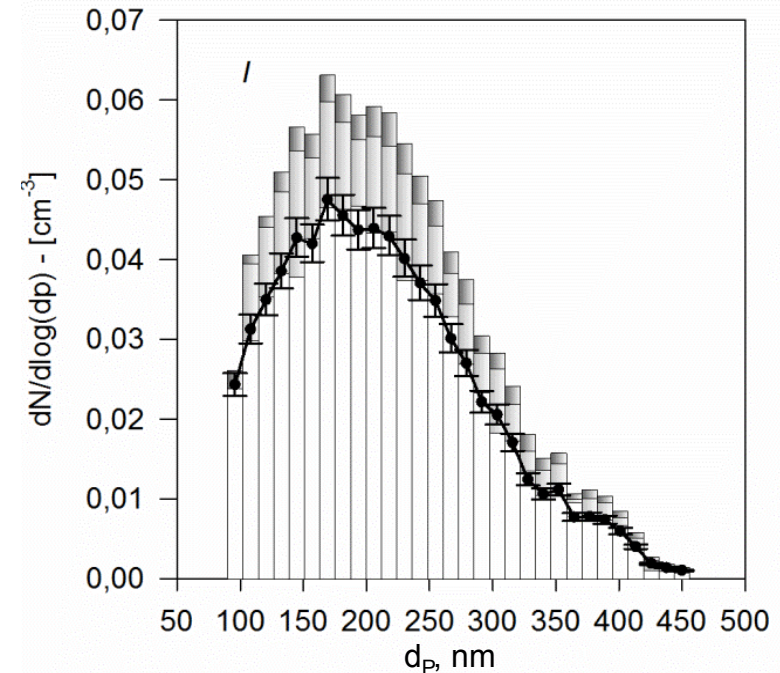
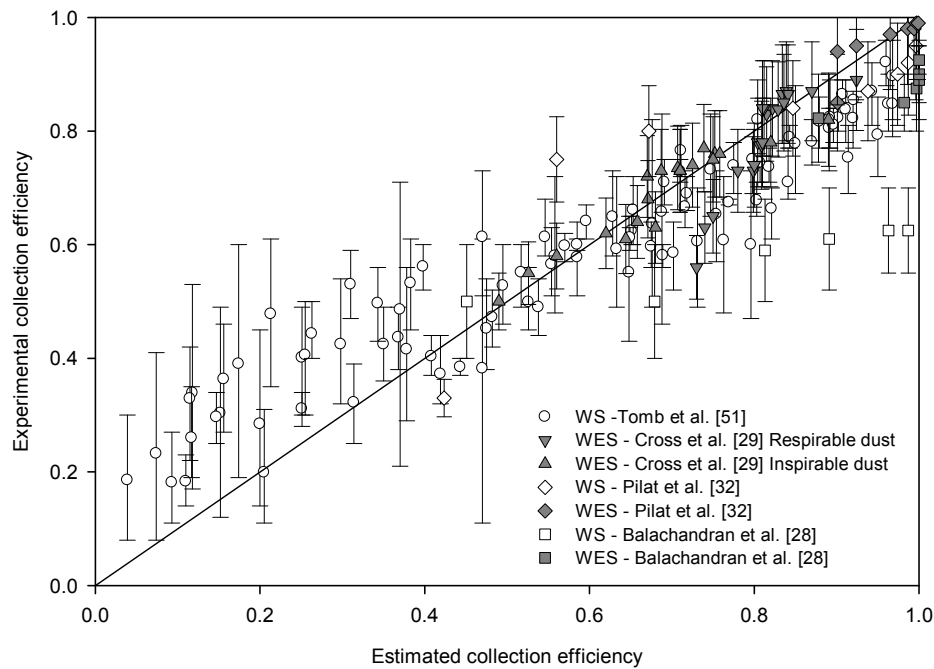
Outline della presentazione



1. La Problematica delle polveri sub-microniche
2. Best Available Technology nella captazione delle polveri sub-microniche
3. Wet Electrostatic Scrubbing.....what is this? La teoria del WES
4. Le esperienze di laboratorio
5. Le esperienze a scala pilota
6. L'applicabilità nel trattamento fumi degli impianti di combustione



Modellazione di dati sperimentali



I dati di letteratura esistenti sono in buona parte riferiti a particelle di diametro prossimo a $1 \mu\text{m}$.

Abbiamo condotto prove sperimentali in scala di laboratorio con $\text{PM}_{0.5}$

I nostri modelli danno una buona descrizione dei dati.



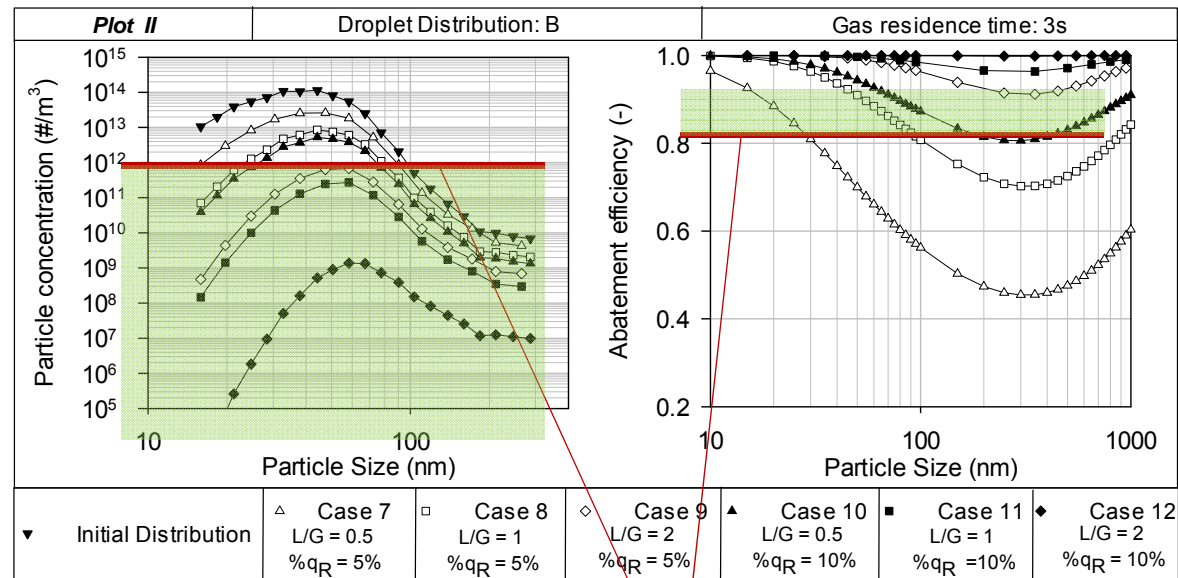
Wet electrostatic scrubber

Un esempio applicativo



Trattamento di particolato emesso da un motore diesel marino mediante spray elettrificato con gocce di 200 μm a diversi livelli di caricamento (% della carica di Rayleigh) e di rapporti ponderali liquido/gas.

Calcoli basati su dati sperimentali a scala di laboratorio e modelli numerici



Riduzione del 90% in numero



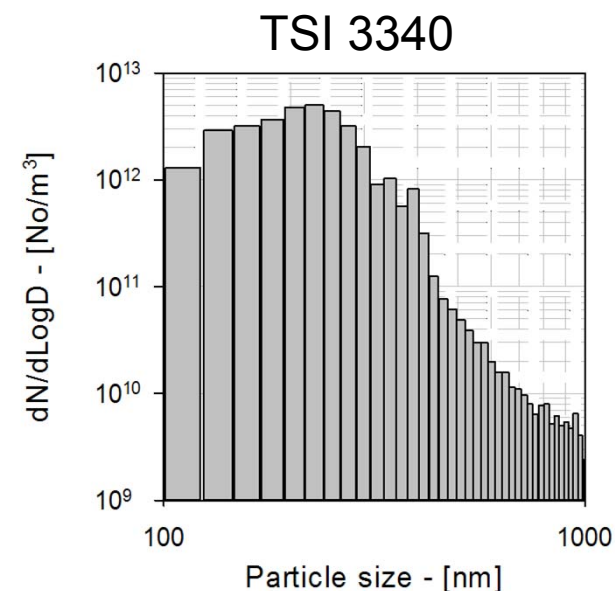
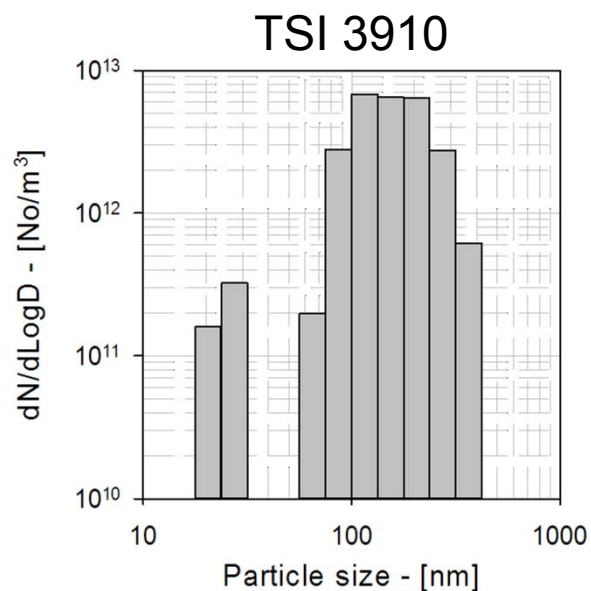
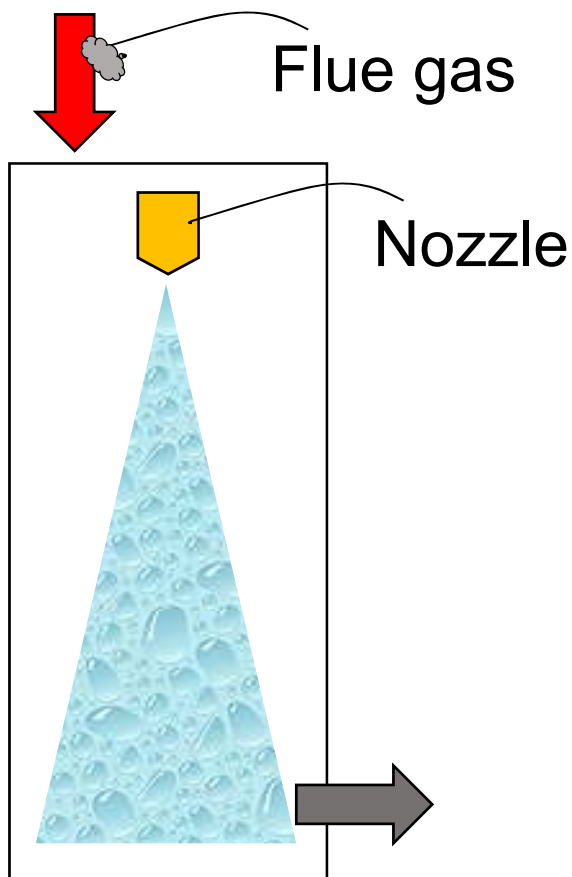
Outline della presentazione



1. La Problematica delle polveri sub-microniche
2. Best Available Technology nella captazione delle polveri sub-microniche
3. Wet Electrostatic Scrubbing.....what is this? La teoria del WES
4. Le esperienze di laboratorio
5. Le esperienze a scala pilota
6. L'applicabilità nel trattamento fumi degli impianti di combustione



Alcuni risultati sperimentali a scala pilota – il progetto DEECON



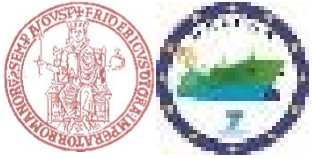
Tests con acqua di mare – Design in corso di brevetto.

Portata Gas 150 Nm³/h

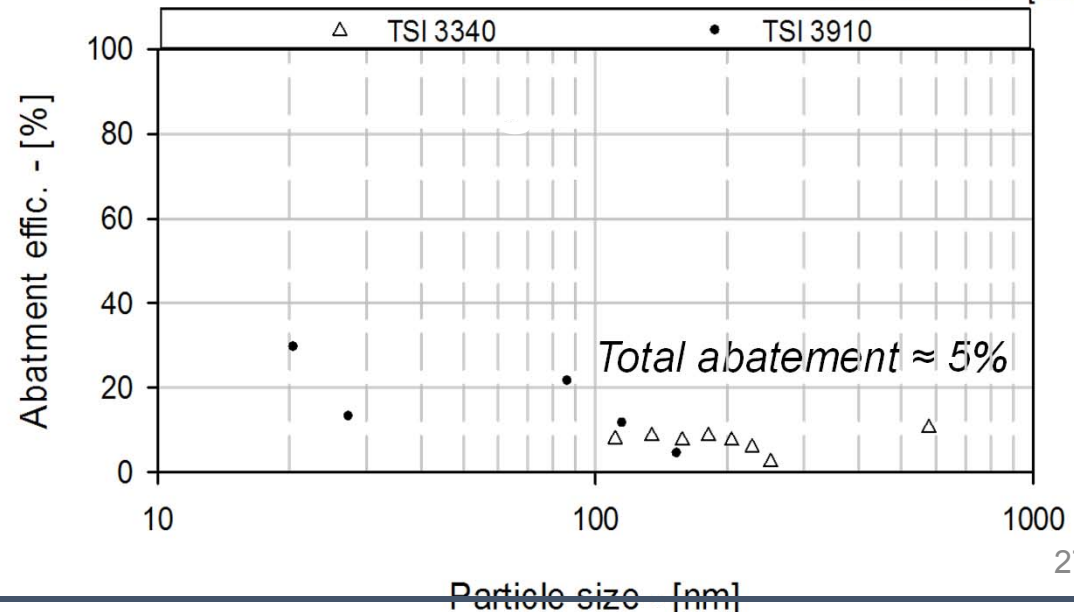
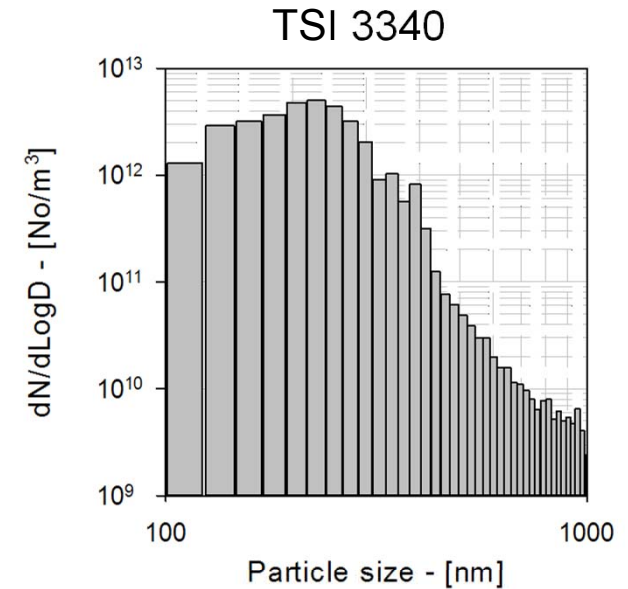
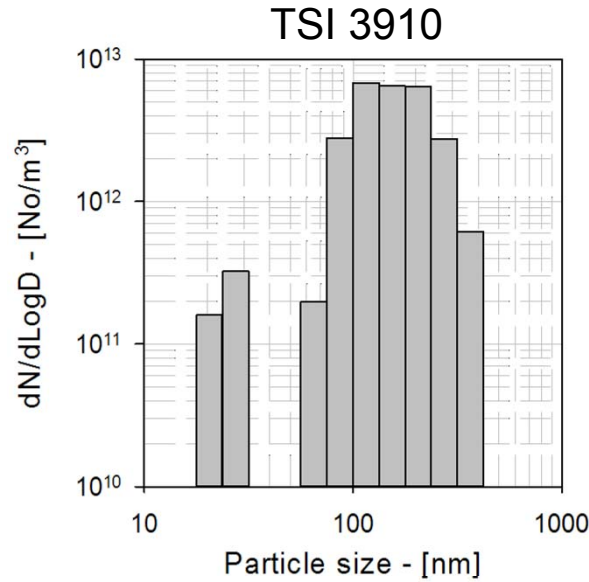
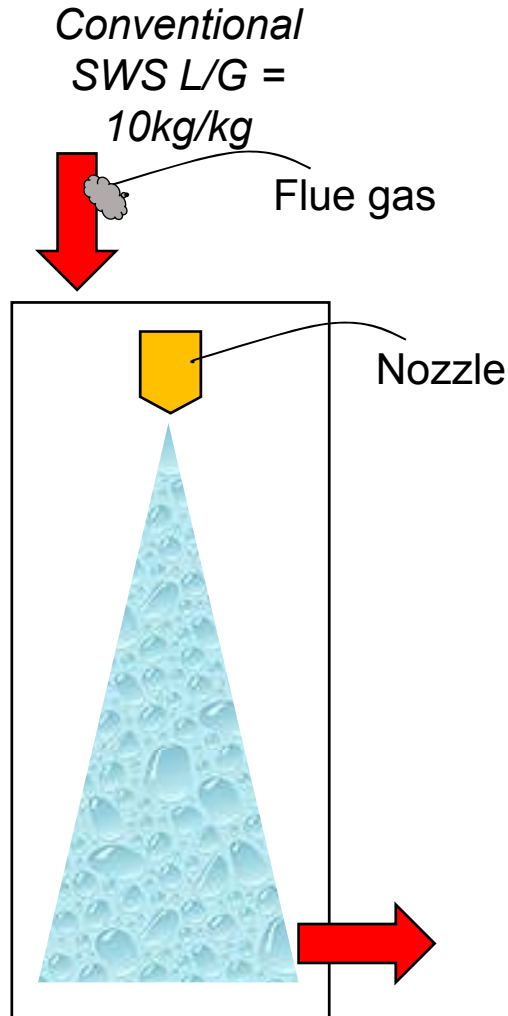
Fiamma libera di benzina in aria a 50°C e 1 bar

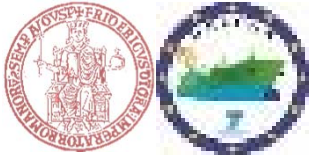
Perdita di carico <3 mbar

Rapporto liquido/gas: ~10 kg/kg scrubber convenz.
 ~1.2 kg/kg WES



Alcuni risultati sperimentali a scala pilota - il progetto DEECON

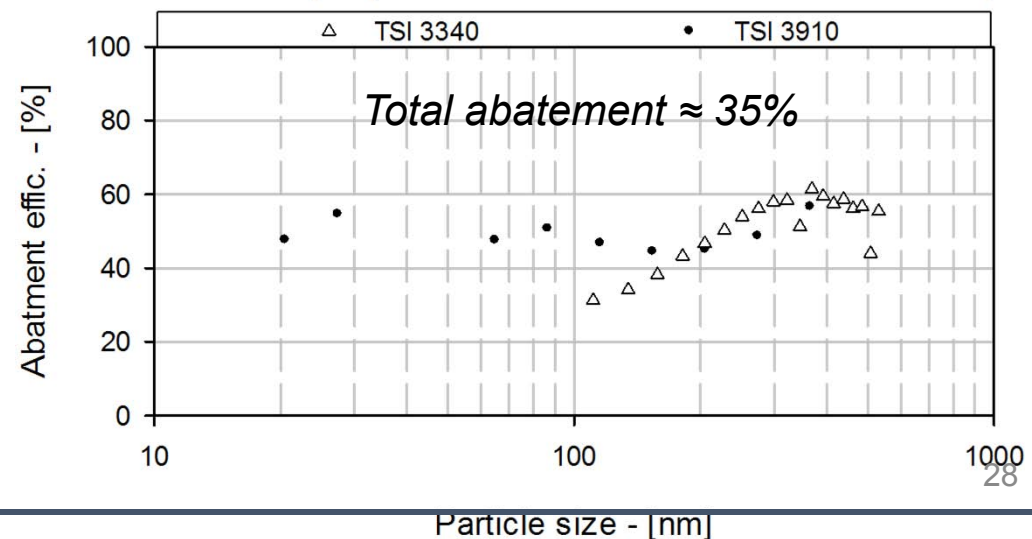
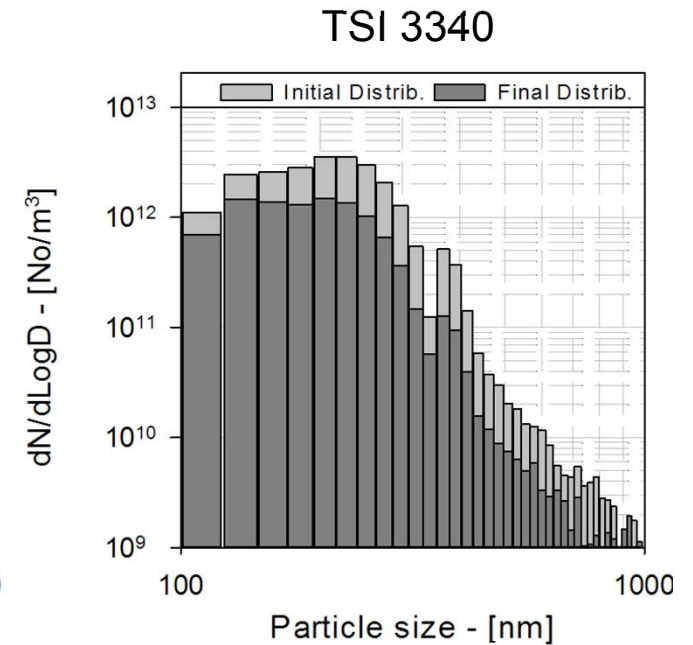
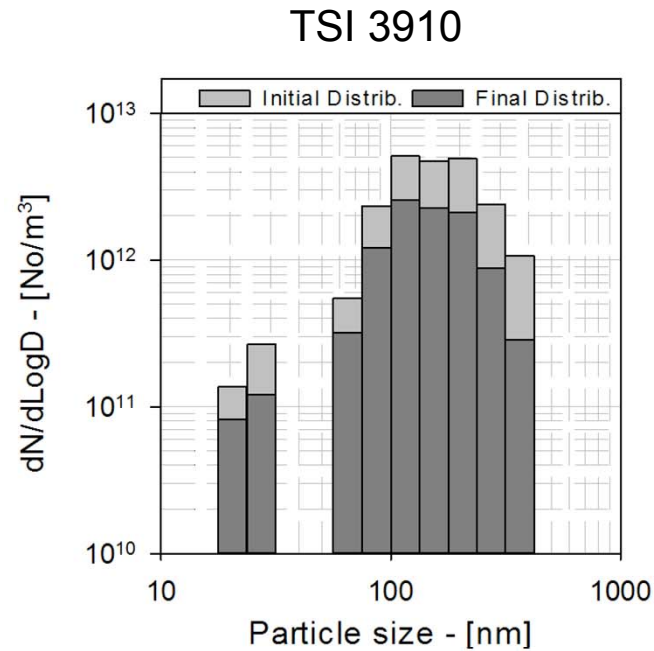
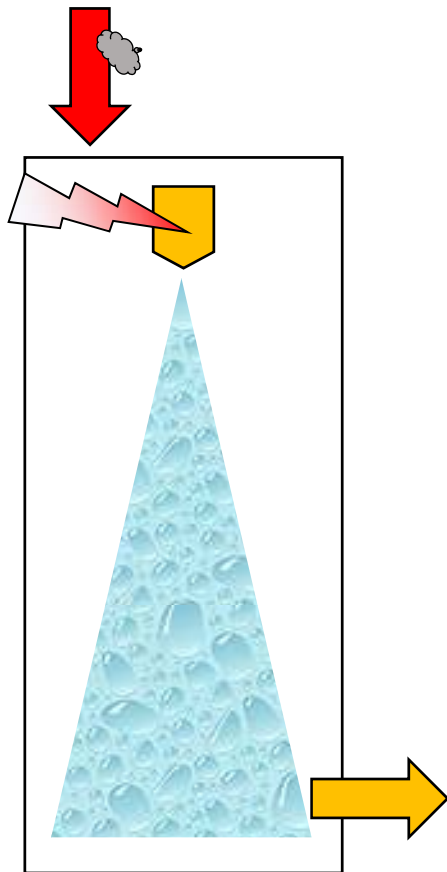


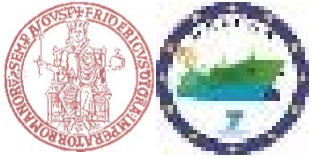


Alcuni risultati sperimentali a scala pilota - il progetto DEECON



WES charged spray
 $L/G = 1.2 \text{ kg/kg}$

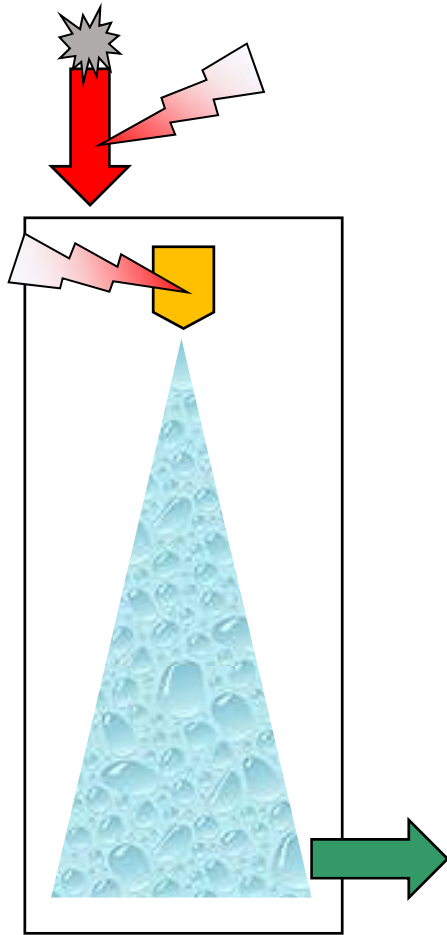




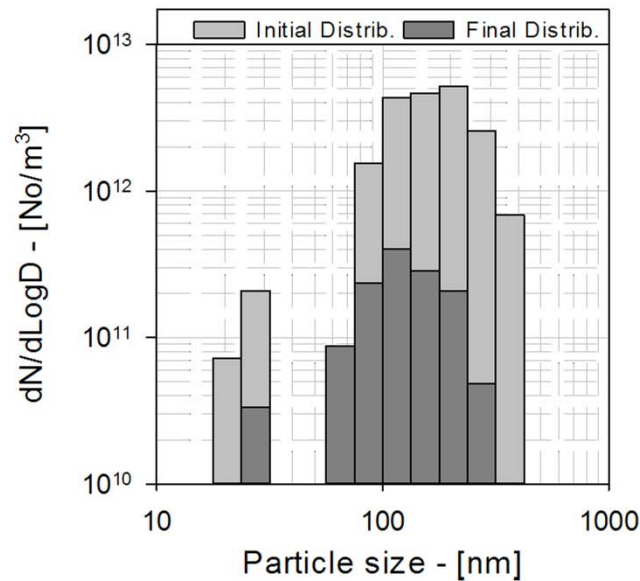
Alcuni risultati sperimentali a scala pilota - il progetto DEECON



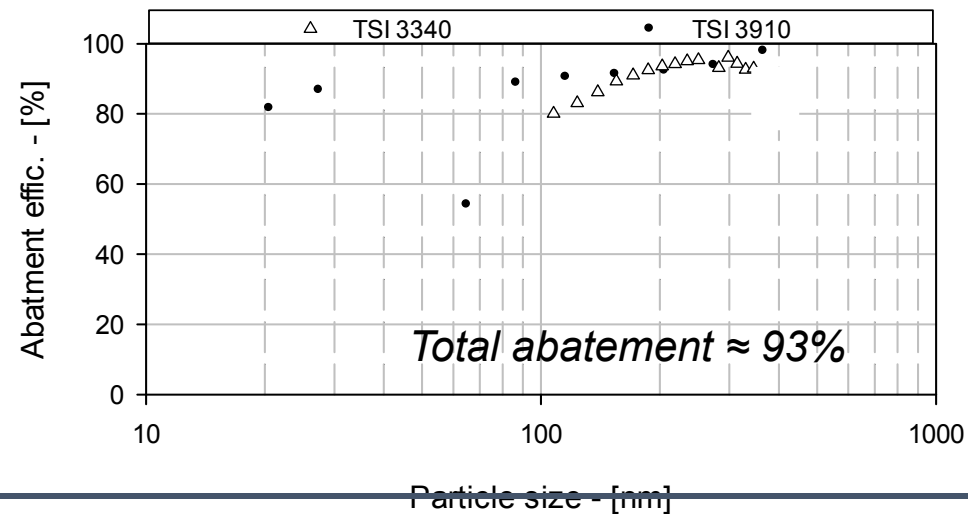
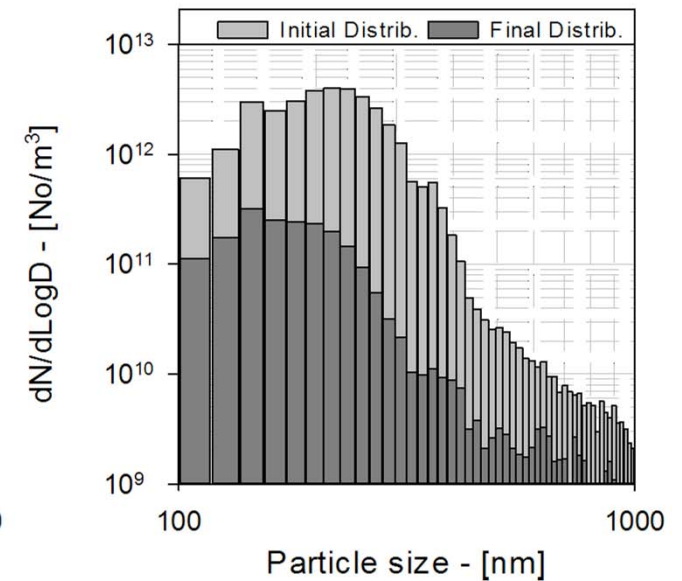
WES charged spray & particles
L/G = 1.2 kg/kg



TSI 3910



TSI 3340





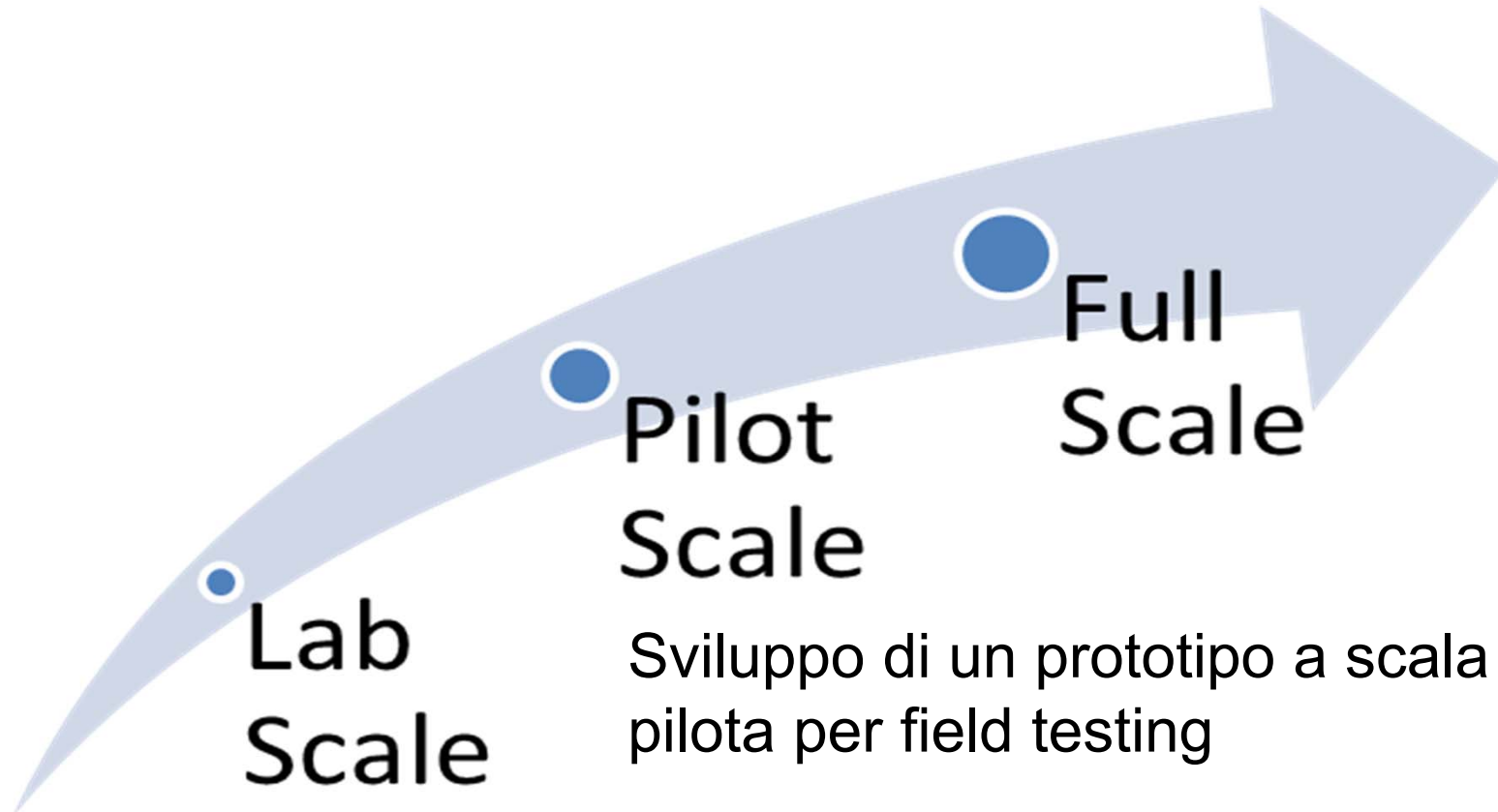
Outline della presentazione



1. La Problematica delle polveri sub-microniche
2. Best Available Technology nella captazione delle polveri sub-microniche
3. Wet Electrostatic Scrubbing.....what is this? La teoria del WES
4. Le esperienze di laboratorio
5. Le esperienze a scala pilota
6. L'applicabilità nel trattamento fumi degli impianti di combustione



Applicazione a processi industriali



Modellazione per applicazione a processi industriali
(combustione, cemento, acciaio, vetro..)



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!



 Contact us



BOLDROCCHI



Phone +39 039 2202.1
Fax +39 039 2754200
E-mail: boldrocchi@boldrocchi.eu

Head Office
viale Trento e Trieste, 93
20046 Biassono - (Milan)



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE