



PROGRAMMA
OPERATIVO REGIONALE
VALLE D'AOSTA
2014-2020



ALDEIDI: inquinamento indoor e possibili scenari di depurazione

Dott.ssa ROLLANDIN Annie – ARPA Valle d'Aosta

Ing. BLANC Laurent – libero professionista

Aosta, Maison & Loisir 21/04/2016

Il progetto

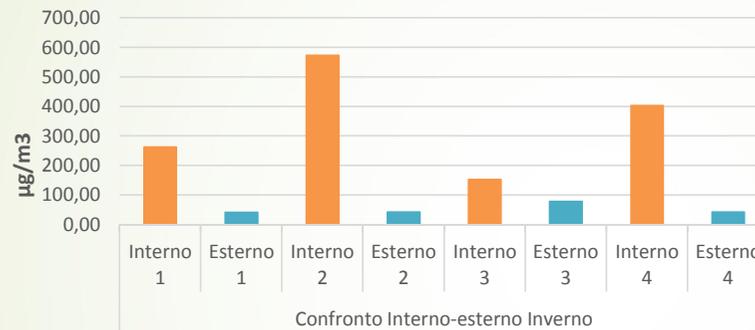
- «Attività di sperimentazione di sistemi di fitodepurazione dell'aria indoor»
- Programma POR-FESR 2007/2013, collaborazione tra:
 - ARPA Valle d'Aosta (ing. D. Panont, dott.ssa S. Pittavino, dott. A. Mammoliti Mochet)
 - Ing. L. Blanc
 - UniTO e UniUPO (prof. G. Lingua)
- **Obiettivo:** Misurazione di composti organici volatili e di aldeidi aerodispersi in ambiente confinato indoor in differenti contesti lavorativi e abitativi per prevedere diverse soluzioni di depurazione dell'aria

Perché uno studio sull'aria Indoor?

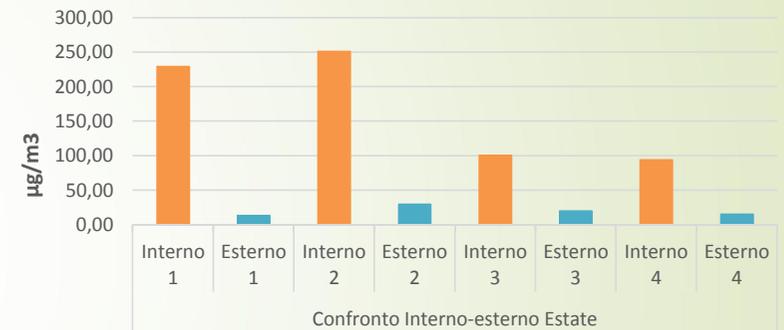
- Diversi studi hanno sottolineato come le persone passino dal 80% al 95% del loro tempo in ambienti confinati.
- Un ambito ancora poco conosciuto:
Sensibilità e attenzione dell'opinione pubblica verso le problematiche legate alla qualità dell'aria interna è in aumento.
Non esiste una normativa specifica né nazionale né comunitaria per la qualità dell'aria indoor, solo alcuni stati dell'UE hanno introdotto nella propria legislazione norme specifiche (La Francia è il Paese in cui il quadro normativo appare più sviluppato ed evoluto)
- Soprattutto l'aria interna è spesso maggiormente inquinata dell'aria esterna

Confronto tra qualità dell'aria interna ed esterna

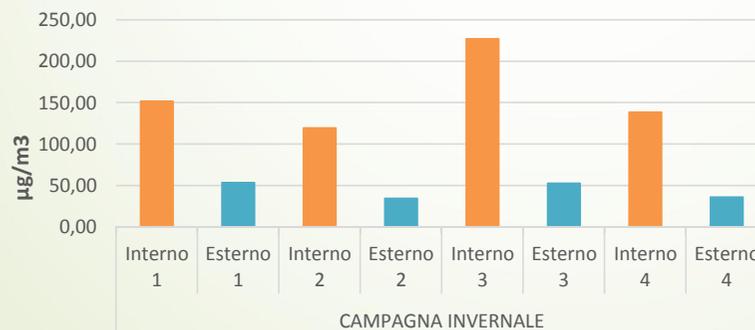
VT Ufficio Inverno – COV TOTALI



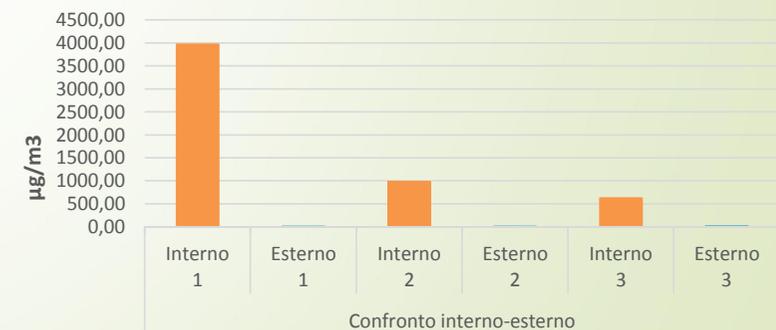
VT Ufficio Estate - COV TOTALI



Benzinaio Inverno – COV TOTALI

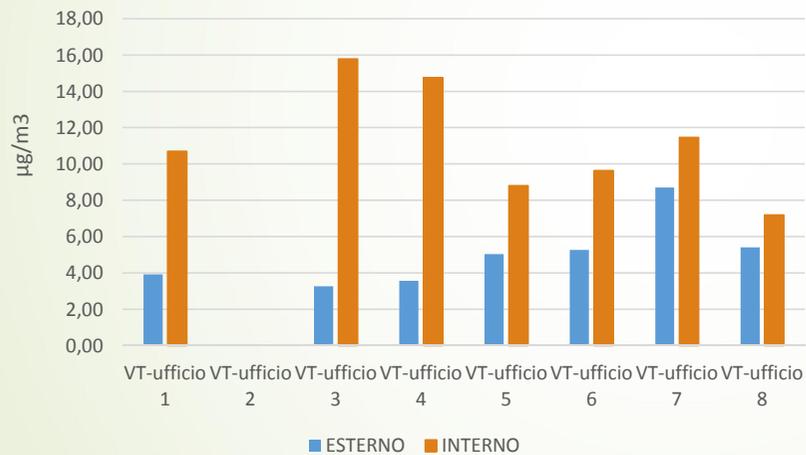


Nuova costruzione – COV TOTALI

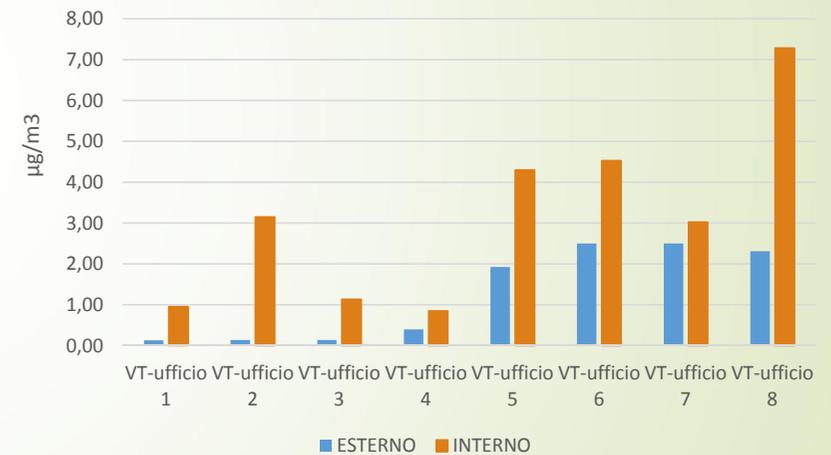


Confronto tra qualità dell'aria interna ed esterna

Confronto Esterno-Interno Ufficio -
Formaldeide



Confronto Esterno-Interno Ufficio -
Benzene



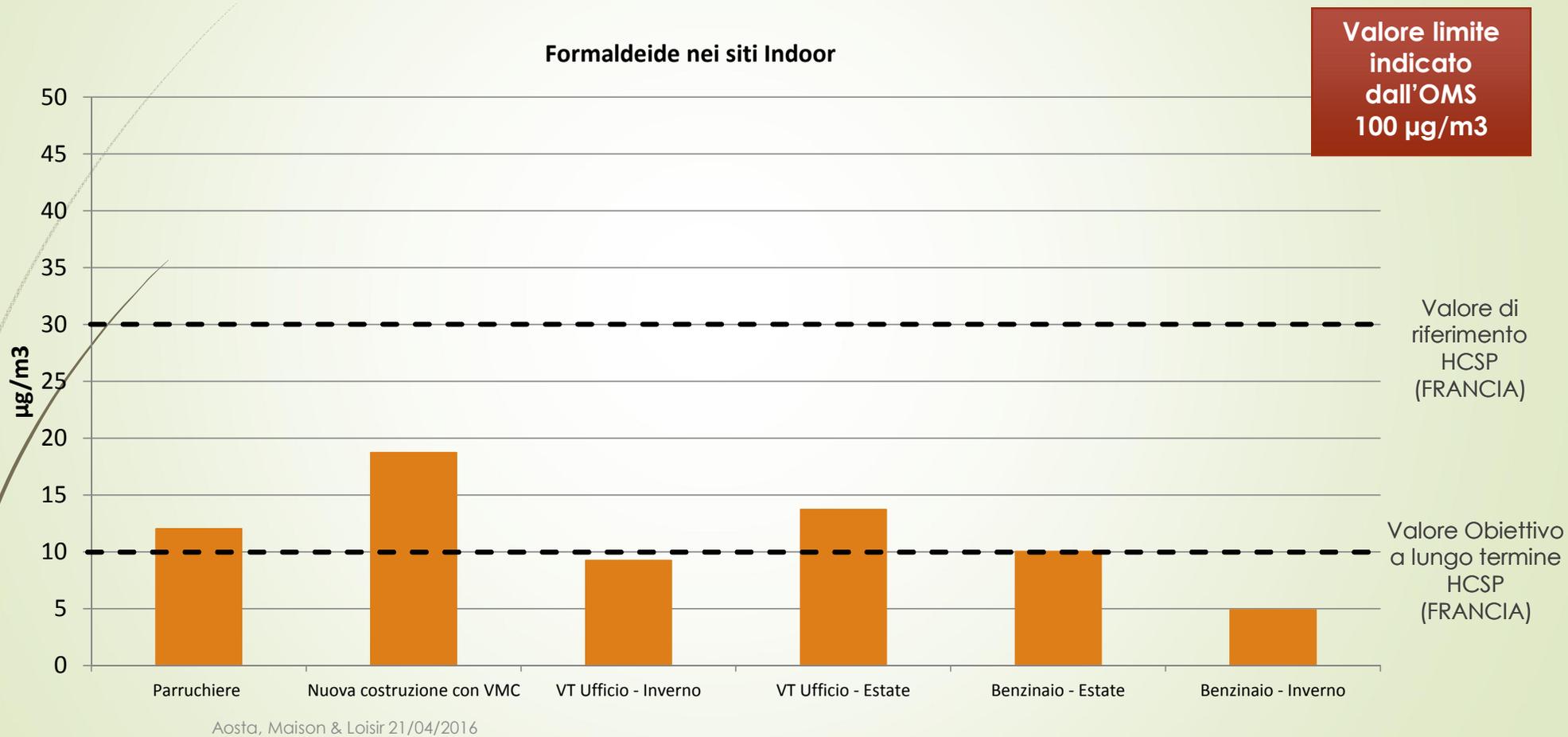
Valori guida di Formaldeide e Benzene

COMPOSTO	ESPOSIZIONE	FRANCIA		INTERNAZIONALE	
		ANSES	HCSP	Europe/Index	OMS
Formaldeide	Breve termine	50 µg/m ³ (2h)		30 µg/m ³ (30 min)	100 µg/m ³ (30 min)
	Lungo periodo	10 µg/m ³	V.a.r 100 µg/m ³ V.i.r. 50 µg/m ³ V.m. 30 µg/m ³ V.o. 10 µg/m ³	-	100 µg/m ³
Benzene	Breve termine	30 µg/m ³ (1-14 giorni)		-	-
	Lungo periodo Effetti soglia	10 µg/m ³			-
	Lungo periodo - effetti senza soglia	2 µg/m ³ per un'esposizione a vita per un livello di rischio pari a 10 ⁻⁵	V.a.r 10 µg/m ³ V.m. 5 µg/m ³ V.o. 2 µg/m ³	Concentrazione minore possibile	1.7 µg/m ³ per un'esposizione a vita per un livello di rischio pari a 10 ⁻⁵

ANSES: Agence nationale de la sécurité sanitaire en charge de l'alimentation, de l'environnement et du travail

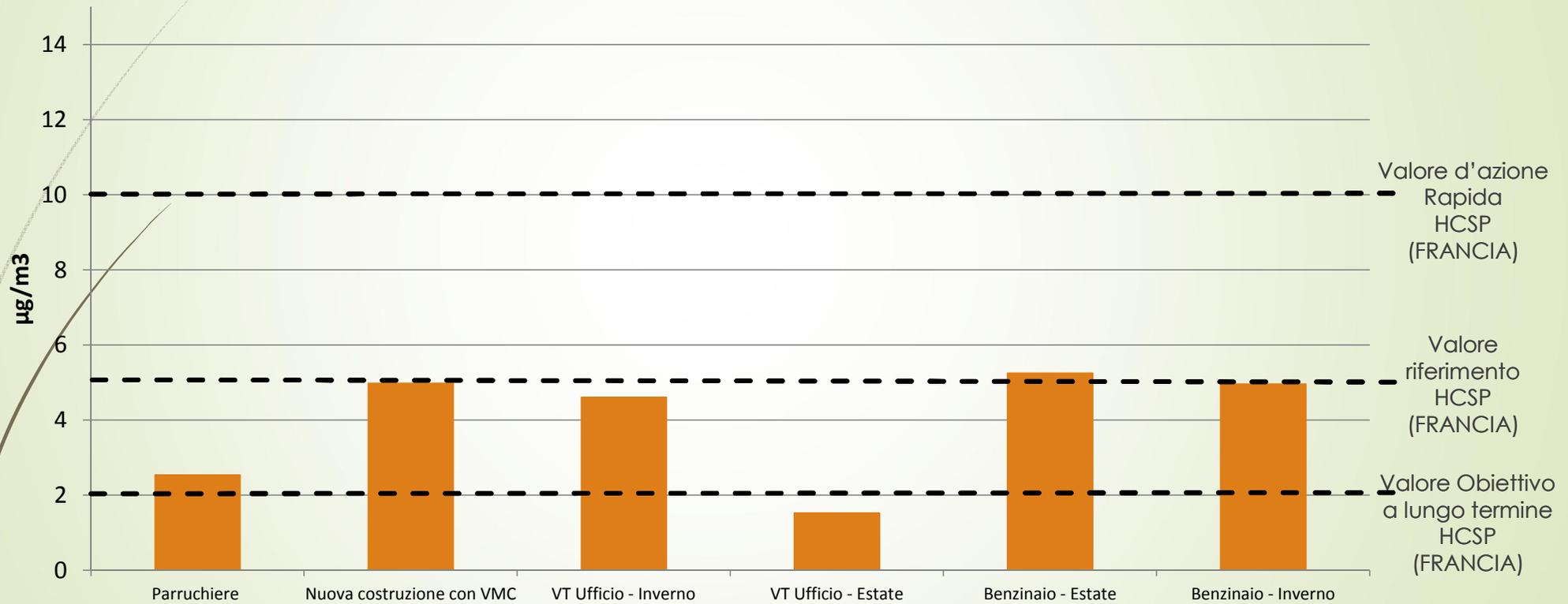
HCSP: Haut Conseil de la santé publique

Livelli di Formaldeide nei diversi siti

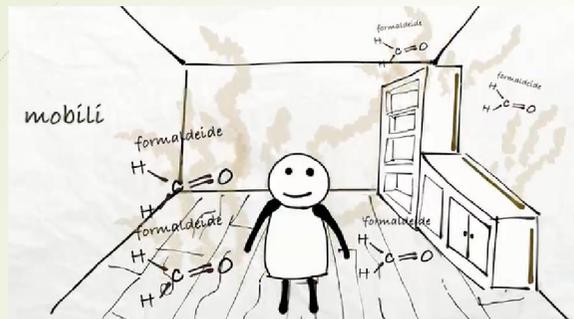


Livelli di Benzene nei diversi siti

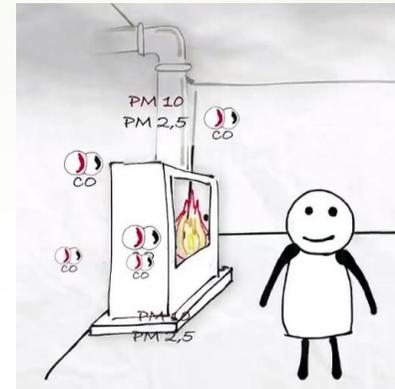
Benzene nei siti Indoor



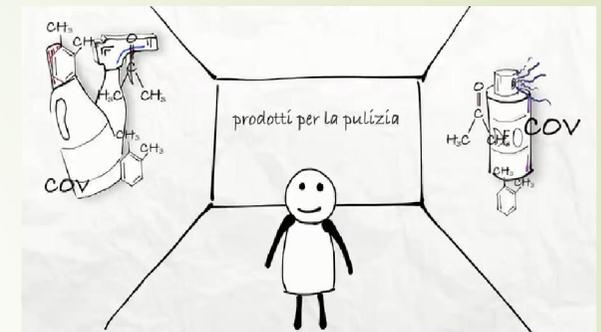
Le sorgenti indoor



- Materiali da costruzione e arredi



- Stufe e cucine

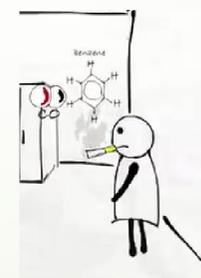


- Prodotti per la pulizia

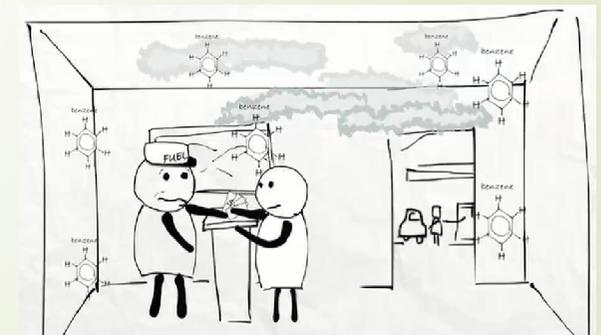


- Solventi, vernici e prodotti per il bricolage

Aosta, Maison & Loisir 21/04/2016



- Fumo di sigaretta



- Sorgenti esterne

COV e salute



COV e salute

Sick Building Syndrome (SBS)- Sindrome da edificio malato

Malattie «non specifiche» correlate alla permanenza di individui all'interno di un edificio. La SBS si manifesta con sintomi non specifici ma ripetitivi e non correlati ad un agente particolare. Tali sintomi coinvolgono più frequentemente soggetti che lavorano in ufficio, scompaiono o comunque si attenuano all'uscita dai locali e non sono accompagnati da reperti obiettivi rilevanti.



Difficile poter individuare una vera e propria “patologia” causata dalla permanenza in edifici malati, mentre si può avvertire malessere e senso di irritazione.

COV e salute

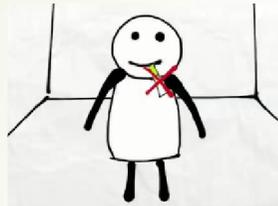
Oltre a problemi di discomfort, alla sindrome da edificio malato o all'insorgere di vere e proprie patologie dovute all'esposizione ad inquinanti particolarmente nocivi con concentrazioni elevate (Formaldeidi, benzene...), una cattiva qualità dell'aria indoor può avere influenze negative sul sistema nervoso centrale delle persone:



- ▶ Lo studio di *Mendel et al, 2005* ha messo in luce i legami tra l'influenza della scarsa qualità dell'aria indoor nelle scuole e l'abbassamento delle performance degli studenti
- ▶ Un recente studio condotto negli Stati Uniti presso un centro di ricerca specializzato (*Allen et al, 2015*) dimostra una forte influenza dei livelli di COV (composti organici volatili) e CO₂ nell'aria indoor degli uffici sulle capacità cognitive e decisionali dei lavoratori

Prevenzione e soluzioni

- Eliminare le fonti di inquinamento



- Scegliere materiali da costruzione e arredi realizzati con materiali a basso contenuto ed basse emissione di inquinanti
(Norma Francese: "*Etiquetage des émissions en polluants volatils des produits de construction et de décoration*", Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer)
- Sostituire le stufe vecchie con quelle di nuova generazione a tenuta stagna
- Ventilare periodicamente aprendo le finestre o utilizzando sistemi di ventilazione meccanizzata

L'importanza della ventilazione

- Dagli anni '70 il ricambio naturale dovuto all'infiltrazione di aria esterna all'interno degli edifici è passato da 1 Vol/h a circa 0,1 Vol/h nei nuovi fabbricati a basso consumo energetico.
- Necessità di ricambio dell'aria soprattutto nei nuovi edifici o dopo una riqualificazione energetica.



Ventilazione naturale

Aosta, Maison & Loisir 21/04/2016

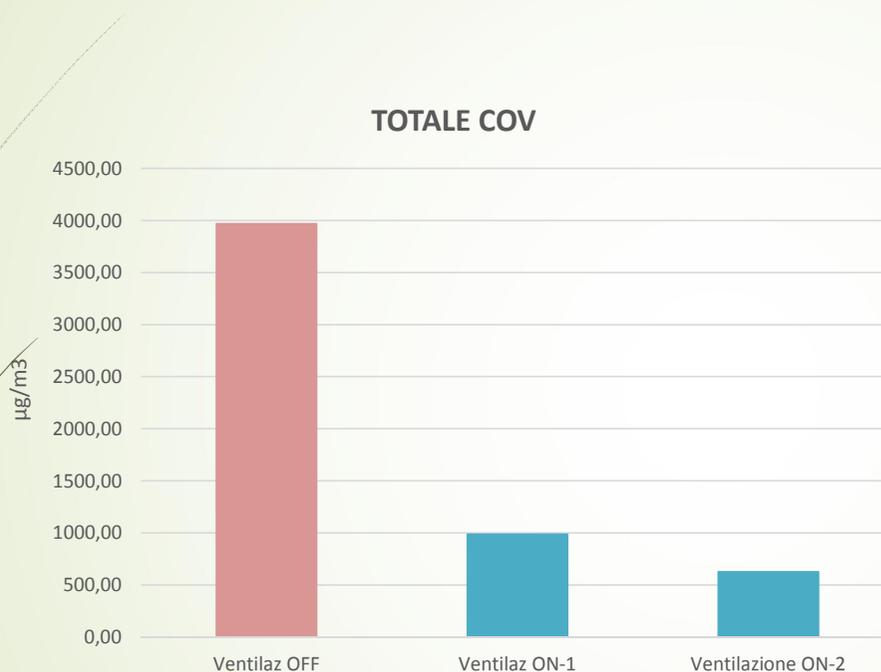


Ventilazione meccanica controllata (VMC)

Ventilazione naturale o VMC?

	VANTAGGI	SVANTAGGI
VENTILAZIONE NATURALE	Costi di investimento nulli	Legata alle sole sensazioni degli occupanti
	Manutenzione non necessaria	Spredo energetico
		Difficilmente attuabile nel periodo invernale
		Ingresso di aria esterna non trattata
VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA	Ricambio d'aria continuo	Alti costi di investimento iniziale
	Filtrazione dell'aria di rinnovo	Elevati costi di manutenzione
	Recupero energetico	Manutenzione non sempre agevole
	Qualità dell'aria indoor elevata	

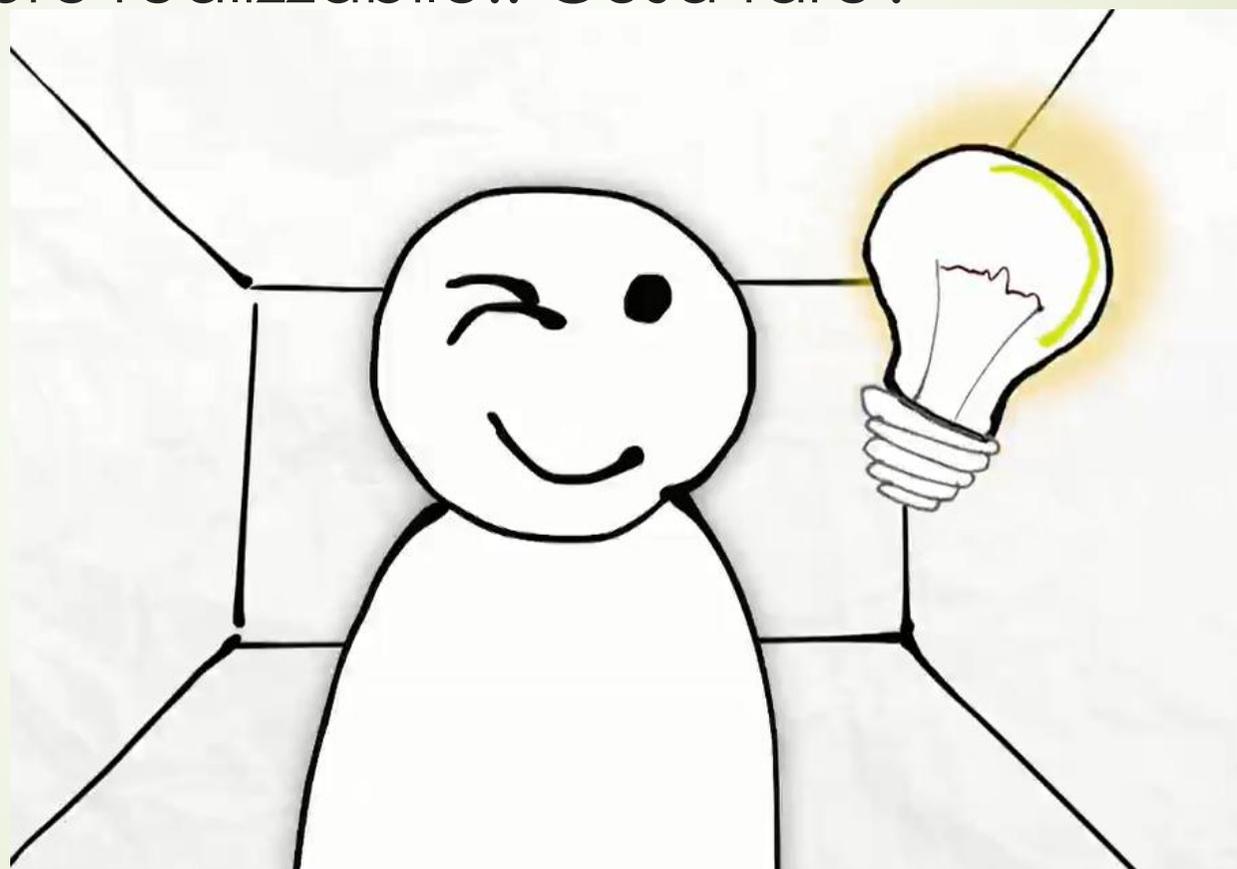
La VMC nelle nuove costruzioni



Aosta, Maison & Loisir 21/04/2016

	Ventilaz OFF	Differenza misure Ventilaz OFF con Ventilaz ON-1	Differenza misure Ventilaz OFF con Ventilaz ON-2
	µg/m3	%	%
COV			
metilcicloesano	24,80	-75,57%	-86,97%
acetato di butile	0,21	1,87%	1682,69%
metilmetacrilato	0,12	1,43%	1,43%
alcol isobutilico	0,16	1,24%	574,91%
limonene	149,85	-78,76%	-46,20%
cicloesano	56,44	-74,33%	-83,73%
n-decano	14,58	-84,12%	-91,49%
n-dodecano	41,36	-34,45%	-72,60%
n-nonano	4,75	-86,13%	-91,58%
n-undecano	32,65	-86,62%	-89,11%
benzene	11,54	-43,76%	-69,95%
etilbenzene	11,52	-76,86%	-82,31%
isopropilbenzene	2,52	-93,80%	-93,80%
toluene	2730,00	-76,68%	-87,33%
xileni (o,m,p)	14,93	-80,77%	-89,28%
acetato di etile	0,14	1,34%	2223,37%
COV TOTALI	3334,45	-76,16%	-84,09%
Aldeidi			
Formaldeide	43,93	-44,79%	-69,81%
Acetaldeide	175,32	-66,37%	-79,39%
Benzaldeide	1,33	-52,88%	-77,18%
ALDEIDI TOTALI	636,00	-69,57%	-84,59%
TOTALE (COV+Aldeidi)	3970,45	-75,10%	-84,17%

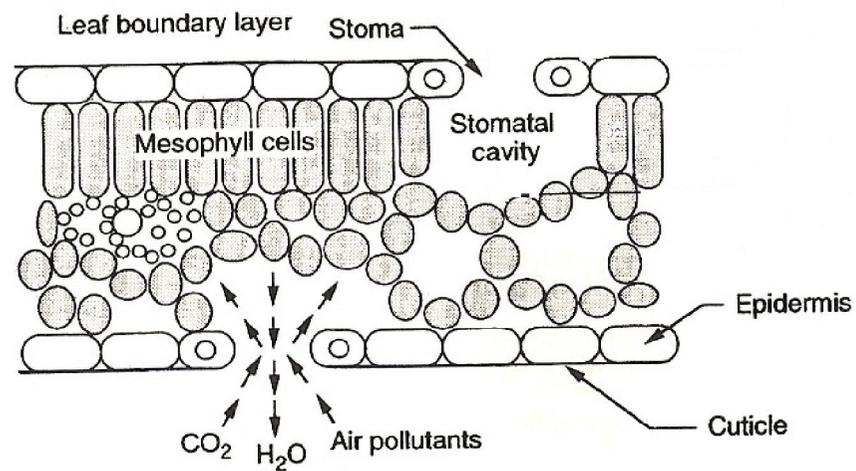
La VMC è un'ottima soluzione, ma non è sempre realizzabile.. Cosa fare?



Utilizzo di piante da arredo



Sezione di una foglia

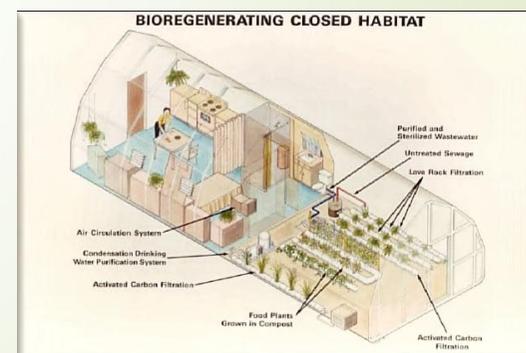


Stato dell'arte - 1

- NASA (anni '70-'80):
COV nelle navicelle spaziali



Biohome



Stato dell'arte - 2

- Progetto PHYTAIR (Francia, 2004-2011):
formaldeide, benzene e CO



fase 1) ambienti confinati e
in condizioni controllate



fase 2) ambienti reali, ma
in condizioni controllate



«Progetto fitodepurazione VdA»

- **Novità:** misurazione inquinanti in ambienti reali e abitati

- **Diverse realtà indoor:**
 - Ufficio con arredi nuovi
 - Zona produttiva con utilizzo COV
 - Gabbiotto di benzinaio
 - Salone di parrucchiere (solo indagine conoscitiva)
 - Edificio di nuova costruzione con ventilazione meccanica (no piante)

- **Campagne di campionamento:** 7/14 giorni di esposizione, 2 campagne per stagione (estiva e invernale) senza piante e 2 con piante

Utilizzo di piante da arredo



Scindapsus aureus



Dracaena marginata



Zamioculcas zamiifolia



Vari tipi di felci



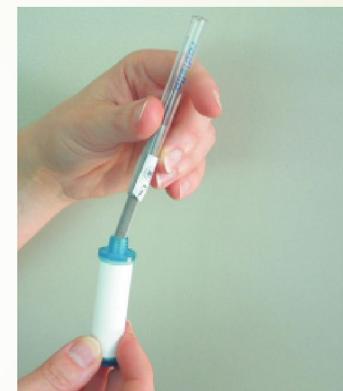
Ficus benjamina

Campionamento: Radiello®

Cartuccia con adsorbente



Corpo diffusivo



Campionamento: Radiello ® - 2

Sostegno per corpo diffusivo



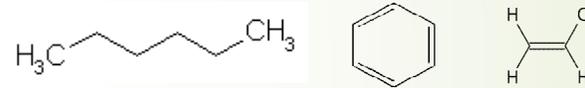
Esposizione



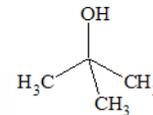
Gli inquinanti

- Composti organici volatili (COV):** diverse famiglie di con gruppi funzionali diversi, aventi comportamenti fisici e chimici differenti, ma caratterizzati da una certa volatilità (tensione di vapore di 0,01 kPa a 20°C)

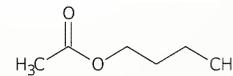
- Idrocarburi alifatici, aromatici, clorurati (n-esano, benzene, cloruro di vinile)



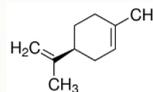
- Alcoli (alcol terz-butilico)



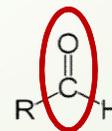
- Esteri (acetato di butile)



- Terpeni (limonene)

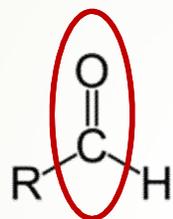


- Composti carbonilici (aldeidi e chetoni)

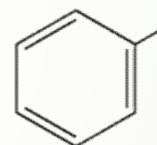


Gli inquinanti - 2

► Aldeidi:

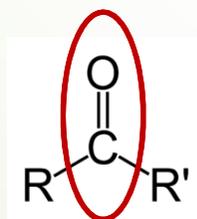


dove $\text{R} = \text{H} -$ → formaldeide
 $\text{CH}_3 -$ → acetaldeide



→ benzaldeide

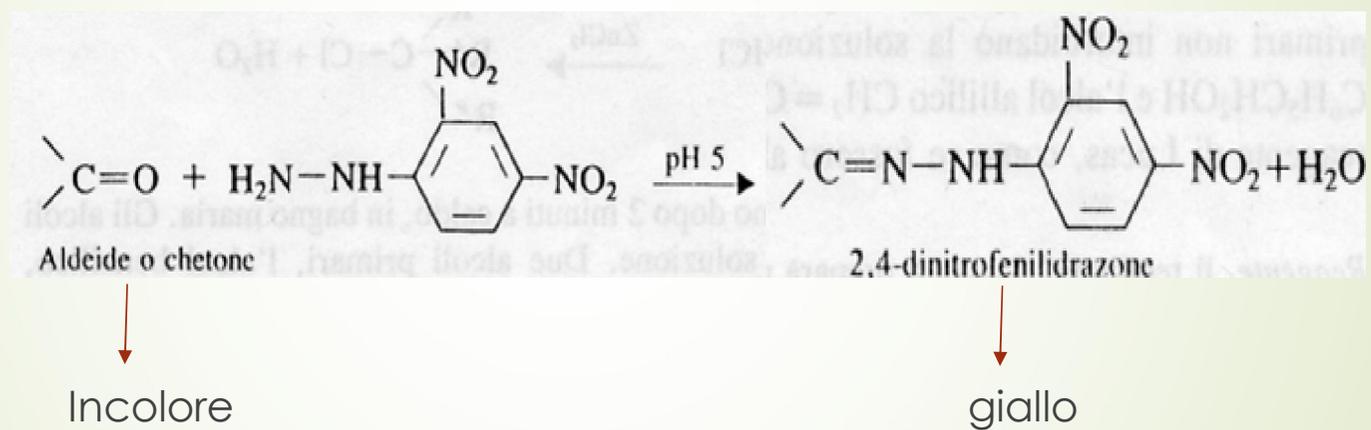
► Chetoni:



dove $\text{R} = \text{R}' = \text{CH}_3 -$ → acetone

Determinazione analitica aldeidi- 1

Rivelabilità dei composti carbonilici:

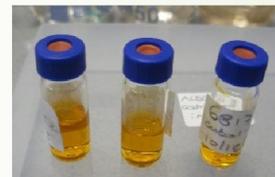


Determinazione analitica aldeidi- 2

- ▶ Estrazione con 2 ml di CH_3CN



- ▶ Filtrazione su filtri 0,45 μm



- ▶ Iniezione in HPLC – DAD, fase inversa (C18),
eluizione in gradiente $\text{CH}_3\text{CN}/\text{H}_2\text{O}$



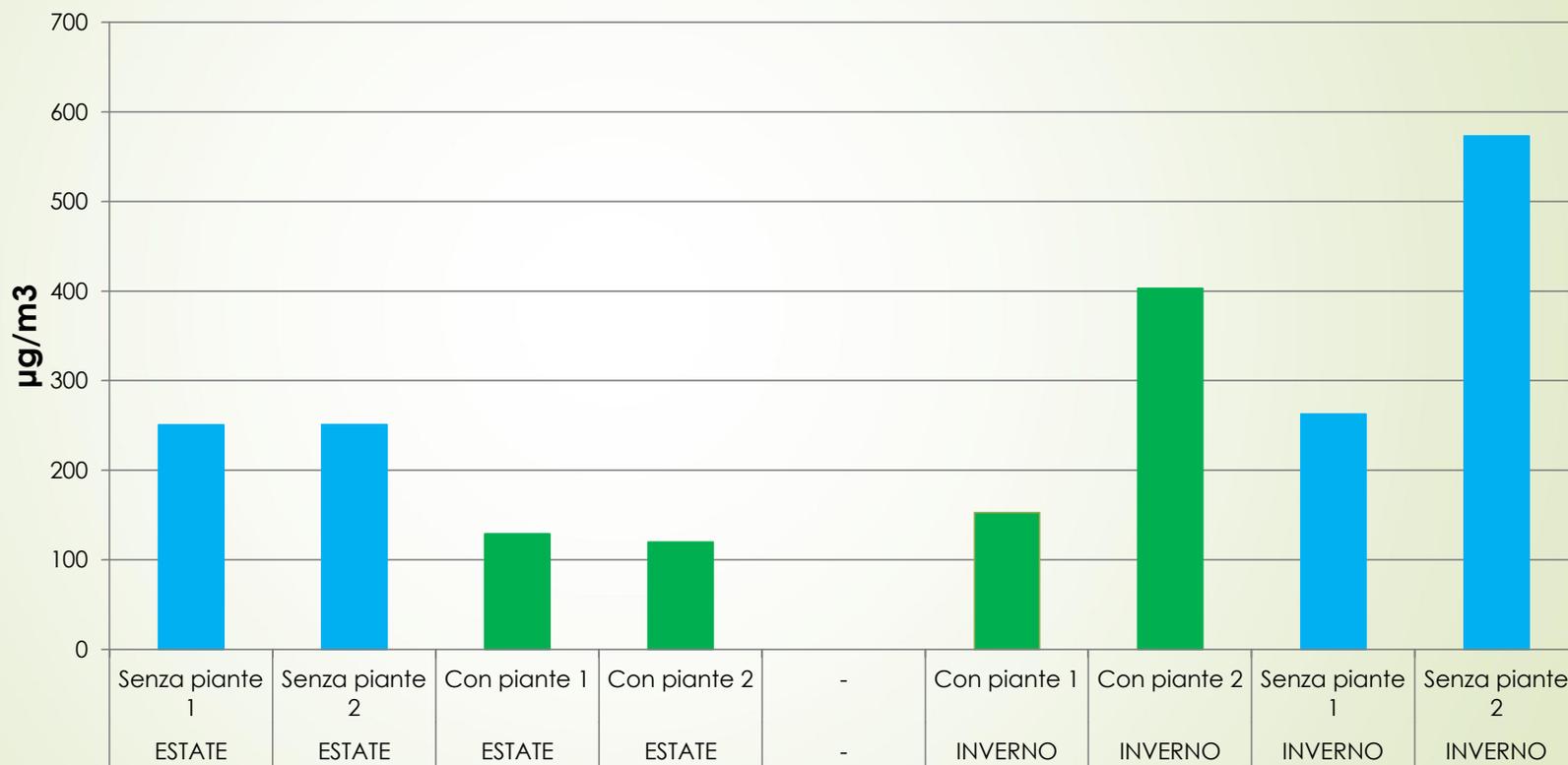
Determinazione analitica COV

- Estrazione con CS_2
- Analisi in GC con rivelatore FID e conferma in MS



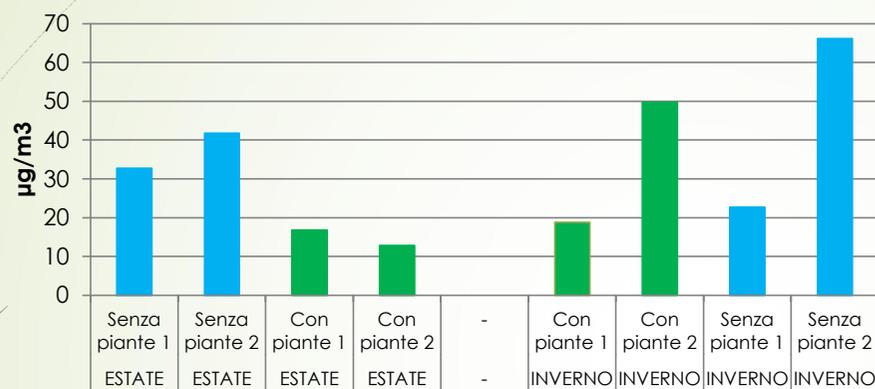
Risultati 1- COV ufficio

Ufficio - TOTALE COV (Comprese le Aldeidi)

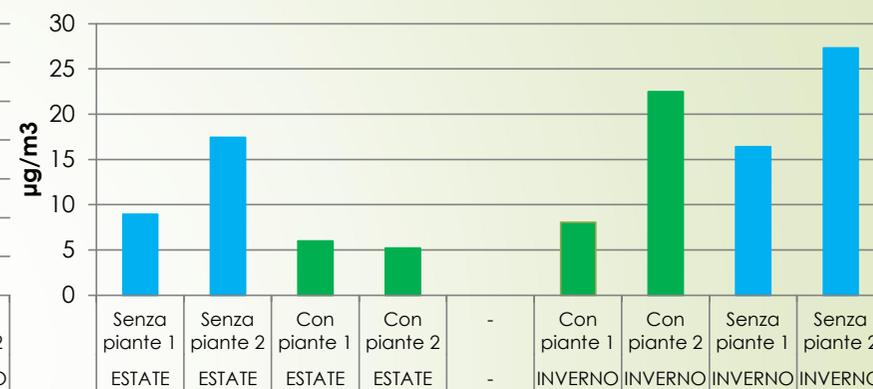


Risultati 2 – COV Ufficio

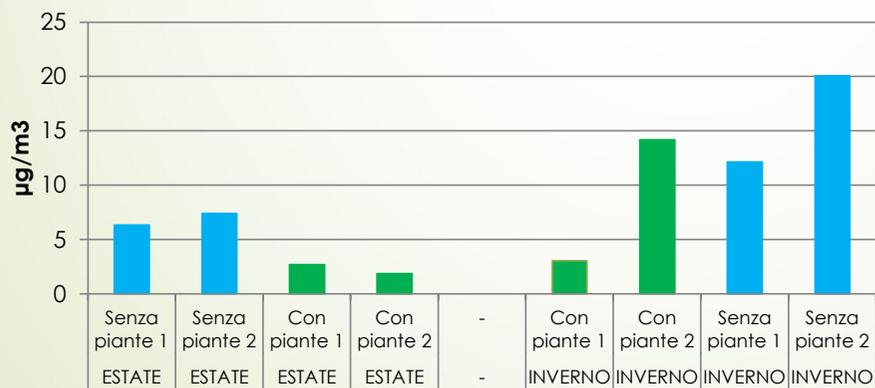
Acetato di butile



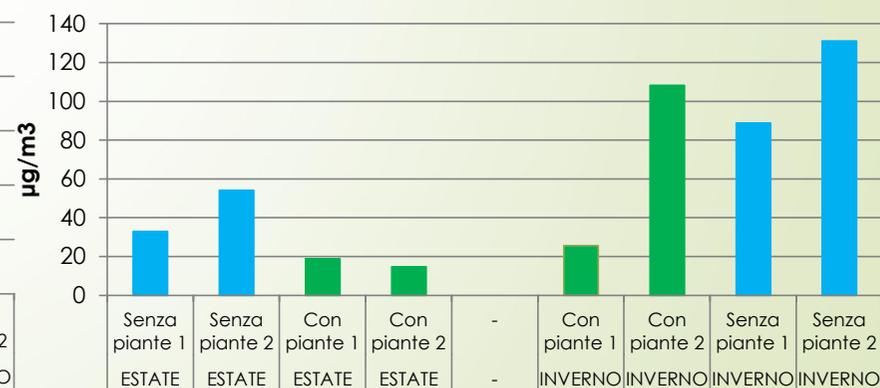
Etilbenzene



n-nonano



Xileni (o,m,p)



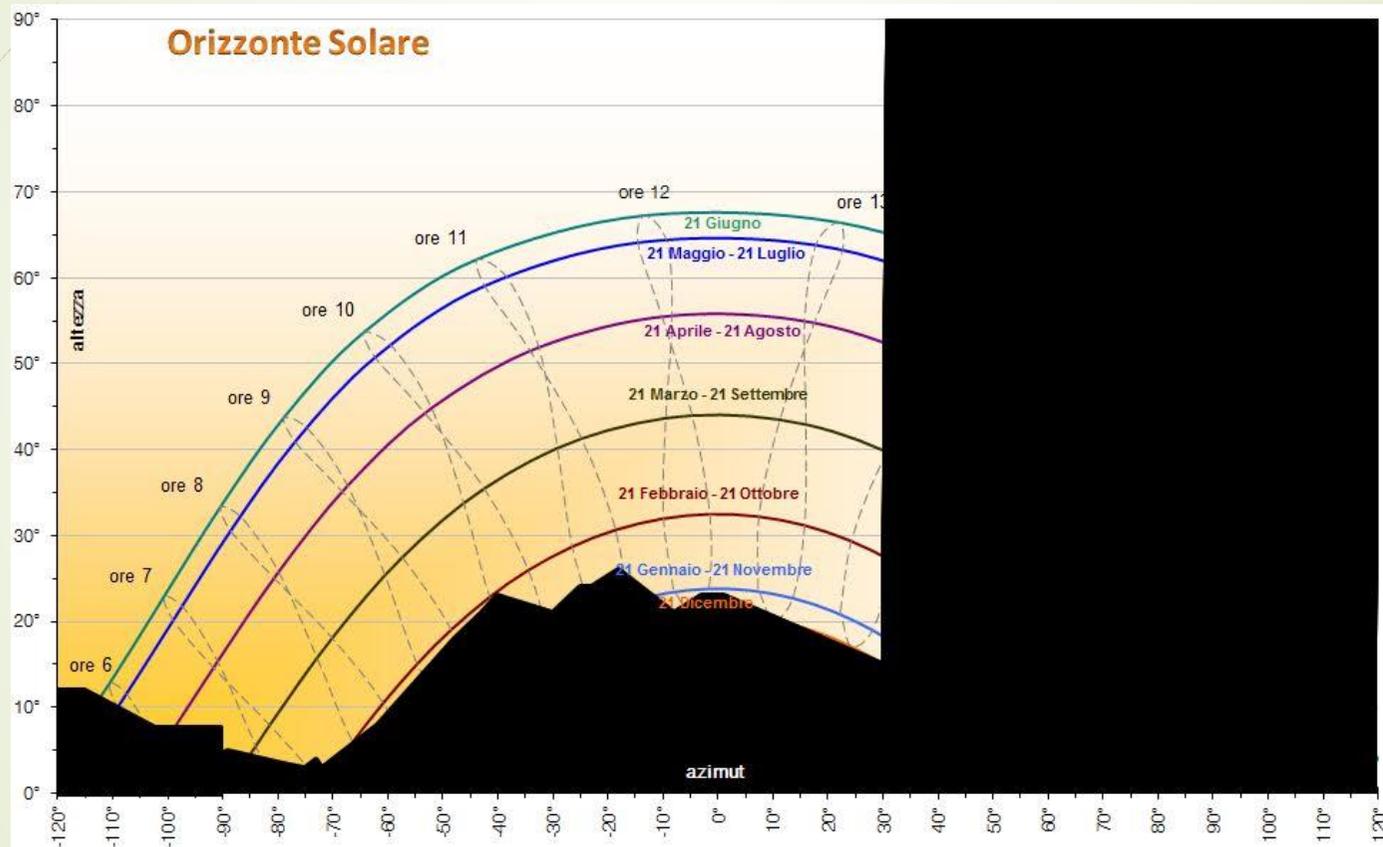
Risultati 3 – Riassunto Ufficio Estate

	Media senza piante	Differenza misure piante 1 con media senza piante	Differenza misure piante 2 con media senza piante
	µg/m ³	%	%
COV			
metilcicloesano	2.29	19.78%	14.26%
acetato di butile	37.33	-54.93%	-65.50%
metilmetacrilato	0.17	-33.35%	-33.25%
alcool isobutilico	13.55	-98.85%	-36.07%
limonene	3.25	-93.85%	-93.84%
cicloesano	7.21	-48.58%	-58.95%
n-decano	12.64	-32.98%	-47.74%
n-dodecano	33.06	-71.02%	-71.22%
n-nonano	6.89	-60.91%	-72.66%
n-undecano	28.34	-60.80%	-62.39%
benzene	2.05	-44.87%	-58.49%
etilbenzene	13.22	-54.33%	-60.27%
isopropilbenzene	2.71	-54.66%	-69.52%
toluene	8.87	-72.01%	-60.88%
xileni (o,m,p)	43.66	-56.70%	-66.11%
acetato di etile	2.87	-23.79%	1.72%
COV TOTALI	240.41	-58.22%	-60.97%
Aldeidi			
Formaldeide	10.71	47.50%	37.80%
Acetaldeide	4.56	-10.73%	-24.05%
Benzaldeide	1.83	-33.75%	-35.62%
ALDEIDI TOTALI	21.73	32.36%	20.47%
TOTALE (COV+Aldeidi)	262.14	-51.23%	-54.22%

Risultati 4 – Riassunto ufficio Inverno

	Media senza piante	Differenza misure piante 1 con media senza piante	Differenza misure piante 2 con media senza piante
	µg/m3	%	%
COV			
metilcicloesano	4.21	-64.89%	28.47%
acetato di butile	44.45	-57.62%	11.92%
metilmetacrilato	1.85	-90.51%	-90.58%
alcool isobutilico	27.20	-69.04%	33.98%
limonene	15.13	-28.93%	-13.74%
cicloesano	4.64	-15.85%	30.46%
n-decano	30.70	-71.78%	-5.30%
n-dodecano	9.72	-5.51%	27.96%
n-nonano	16.12	-81.08%	-11.97%
n-undecano	12.04	9.33%	105.68%
benzene	4.80	-10.38%	-5.69%
etilbenzene	21.89	-63.07%	2.82%
isopropilbenzene	8.38	-97.30%	-23.90%
toluene	25.24	-74.96%	-39.89%
xileni (o,m,p)	110.02	-76.65%	-1.60%
acetato di etile	10.10	-97.99%	-50.77%
COV TOTALI	397.59	-65.79%	-3.20%
Aldeidi			
Formaldeide	9.33	-5.58%	3.43%
Acetaldeide	4.15	-39.84%	-23.30%
Benzaldeide	0.81	-29.36%	-31.16%
ALDEIDI TOTALI	20.54	-18.36%	-10.56%
TOTALE (COV+Aldeidi)	418.13	-63.46%	-3.56%

Effetto della luce solare



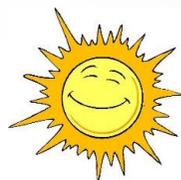
Aosta, Maison & Loisir 21/04/2016

Vantaggi della fitodepurazione

- Poco costosa



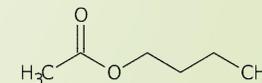
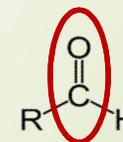
- Nessun dispendio di energia



- Esteticamente gradevole



- Applicabile a una vasta gamma di inquinanti



Considerazioni e approfondimenti

- ▶ Volumetria ambiente e ventilazione
- ▶ Cercare di tenere più sotto controllo alcuni aspetti non facilmente quantificabili (n° di piante/ambiente, calcolo superficie fogliare, microorganismi delle radici)
- ▶ Condizioni ambientali che favoriscano la fisiologia delle piante (irraggiamento solare)

Un riscontro inaspettato... La Biofilia

La riscoperta dell'*intuitivamente ovvio*: La connessione tra uomo e natura



Aosta, Maison & Loisir 21/04/2016



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

