

Improving indoor air quality with amino alcohols

Migliorare la qualità dell'aria in ambiente interno con gli ammino alcoli

Romain Severac – ADVANCION

Amino alcohols based on Advancion chemistry can assist formulators in creating more environmentally friendly paints and coatings. Multifunctional additives from Advancion can be used to create low- and zero-VOC waterborne formulations, as well as low emissive coatings that qualify for green label certification programs. Amino alcohols are also highly effective formaldehyde scavengers that can be used to create functional coatings that improve indoor air quality. In this article, the company demonstrates how the unique functionality of amino alcohols can help improve indoor air quality by providing high-efficiency formaldehyde scavenging performance when used in waterborne architectural paints. Amino alcohol additives are highly effective at low dosages and do not require major reformulation work, enabling the creation of functional coatings to improve indoor air quality.

INTRODUCTION

Driven by environmental, health, and safety concerns, coating technologies have undergone a dramatic shift in the past few decades. Most of this movement has been driven by the reduction of VOCs and other hazardous materials in coating formulations. The continuous development and improvement of waterborne technologies has enabled many solvent-based systems to be replaced with waterborne chemistries that contain significantly lower VOC content than

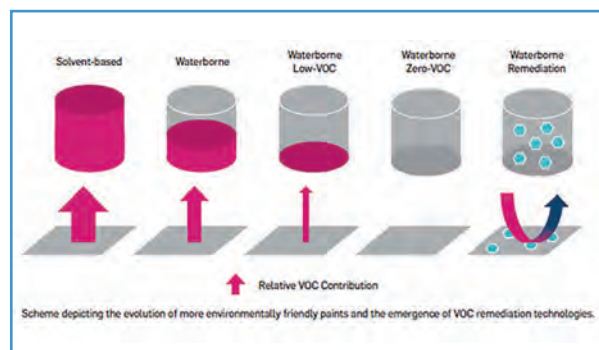
Gli ammino alcoli prodotti con il processo chimico Advancion possono facilitare i formulatori nella realizzazione di pitture e rivestimenti più ecocompatibili. Gli additivi polifunzionali Advancion possono essere utilizzati per creare formulazioni a base acquosa a basso o zero contenuto di VOC, ma anche rivestimenti a basse emissioni, idonei al programma di certificazioni eco-label. Gli ammino alcoli sono anche eccellenti soppressori della formaldeide, utilizzabili per realizzare rivestimenti funzionali che migliorano la qualità dell'aria in ambienti interni. In questo articolo, la società dimostra come la funzionalità unica degli ammino alcoli può contribuire al miglioramento della qualità dell'aria agendo da potenti soppressori della formaldeide nelle pitture decorative a base acquosa. Questi additivi sono molto efficaci in quantità ridotte e non richiedono opere di riformulazione rilevanti, consentendo di realizzare rivestimenti funzionali, a vantaggio della qualità dell'aria in ambienti interni.

Questi additivi sono molto efficaci in quantità ridotte e non richiedono opere di riformulazione rilevanti, consentendo di realizzare rivestimenti funzionali, a vantaggio della qualità dell'aria in ambienti interni.

INTRODUZIONE

A seguito della sempre più diffusa consapevolezza delle problematiche ambientali, della sicurezza e della

salute, le tecnologie dei rivestimenti hanno subito un radicale cambiamento nel corso di questi ultimi anni. Questa transizione è avvenuta principalmente grazie alla riduzione delle emissioni VOC e di altri materiali pericolosi contenuti nelle formulazioni dei rivestimenti. Lo sviluppo e il miglioramento costante delle



Material Materiale	Molecular weight (g/mol) Peso molecolare (g/mol)	pKa	pH of 1% amine solution pH dell'1% di soluzione ammina	Boiling point (°C) Punto di ebollizione (°C)	Melting point (°C) L'indice di fusione (°C)	Flash point (°C) L'indice di infiammabilità (°C)	Vapor pressure (Pa) Pressione del vapore (Pa)	Density, 20°C (g/mL) Densità 20°C (g/mL)
AMP-95	89,1	9,7	11,7	165	-11	86	10,7	0,93
AEPD VOX 1000	119,2	8,8	11,0	283	-24	>100	0,27	1,08
TRIS AMINO	121,1	8,1	10,4	>300	170	>100	0,0003	1,35

their solvent-based counterparts. VOC levels have been pushed even lower by the development of low VOC and zero-VOC water-based formulations. A functional coating with VOC remediation capability could improve indoor air quality and provide a means to scavenge VOC emissions from sources that have proven to be more challenging to address.

PRODUCTS FOR IMPROVING INDOOR AIR QUALITY

Advancion offers a unique set of materials that can assist formulators in creating paints and coatings that improve indoor air quality. These include multifunctional additives that can be used to create zero-VOC waterborne formulations and formulations that have low emissions that can qualify for green labeling programs. These additives can also be used to create functional coatings that scavenge airborne formaldehyde from indoor environments.

ADDITIVES FOR ZERO-VOC COATINGS

AMP-95 can be used in the United States and Canada to formulate zero-VOC waterborne coatings, while AEPD VOX 1000 can be used in Europe and China to meet zero-VOC regulations. AMP is the only organic amine to have a VOC exemption status from the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) and the Government of Canada. The EPA wrote in their direct final rule that “AMP’s performance as a multifunctional neutralizer, combined with its reduced ozone potential and favorable toxicity data, makes this product a preferred one compared to more toxic chemicals used for the same purpose”.

AMP, as well as AEPD and Tris amino, lack abstractable hydrogens in their molecular structure. The absence of an abstractable hydrogen leads to exceptional photochemical stability. In the case of AMP, this limits the generation of peroxy radicals, which in turn limits the generation of ground level ozone and smog. This chemical feature was an important contributing factor in the decision to exempt AMP from VOC status. The photostability of these materials also imparts excellent non-yellowing characteristics that can be beneficial for color stability

tecnologie dei prodotti a base acquosa hanno permesso di sostituire molti sistemi a base solvente con i processi chimici dei prodotti a base acquosa, che consentono di ottenere una quantità inferiore di emissioni VOC rispetto alle controparti a base solvente. I contenuti VOC sono stati ulteriormente diminuiti con lo sviluppo di formulazioni a base acquosa a basse o zero emissioni VOC. Un rivestimento funzionale, in grado di limitare le emissioni VOC, può migliorare la qualità dell'aria negli ambienti interni dando la possibilità di sopprimere le emissioni VOC da fonti che si sono dimostrate molto critiche da trattare.

I PRODOTTI CHE MIGLIORANO LA QUALITÀ DELL'ARIA IN AMBIENTI INTERNI

Advancion offre una gamma unica di materiali che possono agevolare i formulatori nella realizzazione di pitture e rivestimenti che migliorano la qualità dell'aria in ambienti interni. Fra questi si trovano gli additivi polifunzionali utilizzabili per realizzare formulazioni a base acquosa a zero-VOC oltre a formulazioni a basse emissioni, idonee ai programmi di etichettatura ecologica. Questi additivi possono essere utilizzati anche per la produzione di rivestimenti funzionali che sopprimono la formaldeide volatile dagli ambienti interni.

ADDITIVI PER RIVESTIMENTI A ZERO-VOC

AMP-95 può essere utilizzato negli Stati Uniti e in Canada per formulare rivestimenti a base acquosa a zero-VOC, mentre il prodotto AEPD VOX 1000 può essere utilizzato in Europa e in Cina per conformarsi alle normative zero-VOC. AMP è l'unica ammina organica ad aver ottenuto lo status di esenzione VOC dall'Agenzia per la Tutela dell'Ambiente statunitense (EPA) e dal governo canadese. EPA nella delibera normativa finale ha dichiarato: “La prestazione di AMP come neutralizzante polifunzionale, associato ai dati positivi sulla potenziale riduzione dell'ozono e sulla tossicità, rende questo prodotto idoneo all'uso rispetto a materiali chimici più tossici, utilizzati per lo stesso scopo”.

in paint formulations. AEPD VOX 1000 is considered a low-VOC additive in the U.S., but with a boiling point > 250 °C it is not considered a VOC in Europe or China and can be used to formulate zero-VOC paints and coatings in those regions. AEPD VOX 1000 also has an extremely low odor, making it an ideal choice for odorless paints in any region.

LOW VOLATILE EMISSIONS AND GREEN LABEL CERTIFICATIONS

Green certifications are increasingly looking at measured emissions from coatings to assess qualification. Products like AMP-95 and AEPD VOX 1000 can be used to formulate low-emissive coatings.

Formulations containing AEPD VOX 1000 and AMP-95 were evaluated for volatile emissions. Following regional emissions testing protocols from the United States/Canada, Europe, and China, representative architectural paint formulations from each region were prepared and evaluated.

AEPD VOX 1000

- Always found to be below detection limits.
- Did not contribute to total VOC emissions.

AMP-95

- Ability to detect depends on test method and/or formulation.
- When detectable, the emissions were low and did not greatly contribute to the total volatile emissions from the coating.

Results from this type of emission testing are often needed for coatings to qualify for various green label certifications, such as Greenguard or LEED. The paints formulated in this study for the United States/Canada test method with either AEPD VOX 1000 or AMP-95 would have qualified for such labels based on their emission testing results.

FORMALDEHYDE SCAVENGING

Advancion amino alcohols such as AEPD VOX 1000 and Tris amino can be used to create functional coatings that scavenge formaldehyde from indoor environments. Concentrations of pollutants are found to be significantly higher in indoor air than outdoor air¹.

Furthermore, among the most prevalent VOCs found in indoor air, aldehydes account for three of the four found at highest concentrations, with formaldehyde being the most prevalent². Formaldehyde poses serious health risks associated with respiratory issues, asthma symptoms, and carcinogenicity³.

AMP, così come AEPD e Tris amino, mancano nella loro struttura molecolare di idrogeni estraibili e questa assenza determina una eccellente stabilità fotochimica. Nel caso di AMP, ciò limita la formazione di radicali perossidi e, a sua volta, la formazione dell'ozono e dello smog a livello del suolo. Le proprietà della sostanza chimica hanno contribuito in modo considerevole alla decisione di esentare AMP dallo status di registrazione VOC. La fotostabilità di questi materiali attribuisce eccellenti caratteristiche di non ingiallimento, che possono essere vantaggiose ai fini della stabilità cromatica nelle formulazioni della pittura. AEPD VOX 1000 è considerato un additivo a basse emissioni VOC negli USA, ma con un punto di ebollizione superiore a 250 °C, non è considerato soggetto a VOC in Europa e in Cina e può essere utilizzato in questi paesi per formulare pitture e rivestimenti a zero-VOC.



Region Regione	Standard	AEPD VOX 1000	AMP-95
United States/ Canada Stati Uniti/ Canada	CDPH/EHLB/Standard method V1.2 (Sect. 01350) Metodo standard/ CDPH/EHLB	Below detection limit Sotto il limite di rilevamento	Below detection limit Sotto il limite di rilevamento
Europe Europa	ISO 16000-6	Below detection limit Sotto il limite di rilevamento	Trace levels detected Livello di tracce rilevato
China Cina	JG/T 481-2015	Below detection limit Sotto il limite di rilevamento	Not evaluated Non valutato

AEPD VOX 1000 presenta inoltre minimo odore, tale da rappresentare la scelta ideale per pitture inodori in tutti i paesi.

EMISSIONI A BASSA VOLATILITÀ E CERTIFICAZIONI GREEN LABEL

Le certificazioni ecologiche si basano sulla misura delle emissioni dei rivestimenti per valutarne la qualifica. Prodotti quali AMP-95 e AEPD VOX 1000 possono essere utilizzati per formulare rivestimenti a ridotte emissioni VOC.

Le formulazioni contenenti AEPD VOX 1000 e AMP-95 sono state valutate dal punto di vista delle emissioni volatili. In base

Material Materiale	Amount (g) Quantità
Grind/Formula	
Water/Acqua	17.18
Defoamer/Antischiuma	0.14
Cellulosic thickener/ Addensante cellulosico	0.36
Dispersant/Disperdente	0.10
Biocide/Biocida	0.10
Titanium Dioxide/TiO ₂	17.00
Calcium carbonate/Carbonato di calcio	8.50
Talc/Talco	1.00
Let Down/Impasto	
Acrylic resin/Resina acrilica	44.0
Defoamer/ Antischiuma	0.06
Associative high shear thickener Addensante associativo ad alto taglio	0.70
Associative low shear thickener Addensante associativo a basso taglio	2.75
Formaldehyde scavenger Agente anti-formaldeide	Variable/Variabile
Water/Acqua	8.11
Total/Totale	100.00

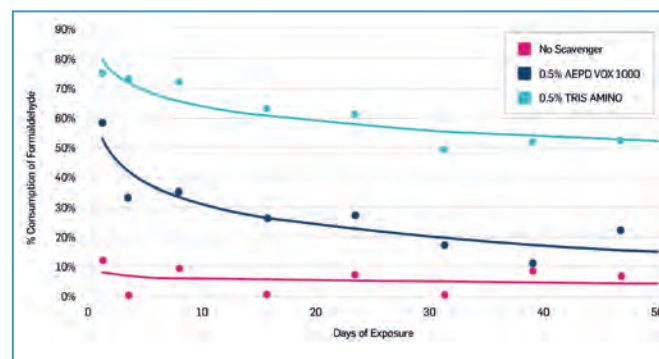
The U.S. EPA considers formaldehyde a probable human carcinogen⁴ while the U.S. National Toxicology Program (NTP) lists formaldehyde as known to be a human carcinogen⁵. Sources of formaldehyde are numerous and include furniture, cabinetry, flooring, carpets, electronics, household cleaning products, and open stoves and heaters. Approaches to reduce formaldehyde levels by targeting reductions from each individual source of formaldehyde presents a significant challenge. A more attractive solution would be to engineer remediation technologies into existing building materials that are commonly used within indoor environments.

Three coating samples were prepared:

- 0.5% AEPD VOX 1000 on total formulation weight.
- 0.5% Tris amino on total formulation weight.
- A control paint with the pH adjusted with NaOH.

AEPD VOX 1000 was added as supplied and a 40% weight Tris amino solution in deionized water was first prepared prior to addition to the paint.

Results from the ISO 16000-23 test method are reported as a percent consumption of formaldehyde versus days of exposure in the chamber. Air containing 100 µg/m³ (80 ppb) formaldehyde



ai protocolli di analisi delle emissioni per paese, forniti dagli USA/Canada, Europa e Cina, sono state preparate e valutate le formulazioni delle pitture decorative in ogni paese.

AEPD VOX 1000

- Sempre al di sotto dei limiti di detenzione.
- Nessun contributo alle emissioni totali VOC.

AMP-95

- La possibilità di rilevazione dipende dal metodo di test seguito e/o dalla formulazione.
- Quando rinvenibili, le emissioni si sono rivelate basse e non hanno contribuito alla quantità totale delle emissioni provenienti dai rivestimenti.

I risultati di questa tipologia di test delle emissioni sono spesso indispensabili per qualificare i rivestimenti e attribuire le eventuali certificazioni Green Label, quali Greenguard o LEED. Le pitture formulate in questo studio relativamente al metodo di test degli Stati Uniti/Canada con AEPD VOX 1000 o AMP-95 verrebbero qualificate per ottenere queste certificazioni, in base ai risultati forniti nel test.

DECONTAMINAZIONE DELLA FORMALDEIDE

Gli ammino alcoli Advancion, quali AEPD VOX 1000 e Tris Amino possono essere utilizzati per realizzare rivestimenti funzionali che sopprimono la formaldeide dagli ambienti interni. Le concentrazioni di contaminanti sono state ritenute significativamente più elevate nell'aria di un ambiente interno che all'esterno¹.

Inoltre, fra i VOC predominanti trovati nell'aria di un ambiente interno, l'aldeide ne rappresenta 3 dei 4 trovati a concentrazioni massime, con la formaldeide che è la principale². La formaldeide pone seri rischi per la salute, associati a

patologie respiratorie, all'asma, e alla cancerogenesi³.

L'EPA U.S. considera la formaldeide un probabile fattore cancerogeno⁴, mentre Il Programma Tossicologico Nazionale U.S. (NTP) elenca la formaldeide fra le sostanze cancerogene per l'essere umano⁵.

Le fonti da cui proviene la formaldeide sono numerose e includono i mobili d'arredamento, gli armadi, i pavimenti, i tappeti, l'elettronica, i prodotti per l'igiene della casa, caloriferi e forni aperti. Le tecniche utilizzabili per ridurre la formaldeide con riduzioni mirate da ogni singola fonte individuale di

is continually introduced to the chamber for the duration of the test at a rate of 0.5 chamber volumes per hour. These results provide strong evidence that amino alcohols like AEPD VOX 1000 and Tris amino are chemically active toward formaldehyde even when formulated into a waterborne coating. Coatings formulated with 0.5% Tris amino and 0.5% AEPD VOX 1000 were also evaluated in the Chinese standard test method, JC/T 1074-2008. Both Tris amino and AEPD VOX 1000 show excellent performance as formaldehyde scavengers in the Chinese standard test method.

- Efficiency and durability of both chemistries are far above the required limit.
- Tris amino demonstrates the highest performance efficiency.

CONCLUSION

With the use of amino alcohols based on Advancion chemistry, it is possible to create zero-VOC and low emissions coatings, as well as functional coatings that improve indoor air quality. Coatings can be formulated using either AMP-95 or AEPD VOX 1000 to meet zero-VOC requirements in the United States/Canada and Europe/ China, respectively. These same products also have no or low emissions, which can enable coating formulations to qualify for green label programs. Amino alcohols, such as AEPD VOX 1000 and Tris amino, are easily formulated into waterborne coatings and are highly effective at low use levels as scavengers of airborne formaldehyde. While Tris amino has superior formaldehyde scavenging potential, AEPD VOX 1000 can offer additional functionality as it not only scavenges formaldehyde but can also adjust solution pH, disperse pigments, and develop a synergistic effect with registered biocides leading to extended shelf life. These chemistries provide an easily accessible pathway to advance the evolution of environmentally friendly coatings by creating functionality that improves indoor air quality within homes, schools, offices, and other buildings.

TEST METHODS - FORMALDEHYDE SCAVENGING TEST BY ISO 16000-23

Dynamic airflow formaldehyde scavenging tests were performed by Eurofins Scientific according to the ISO 16000-23 test method, "Indoor air — Part 23: Performance test for evaluating the reduction of formaldehyde and other carbonyl compounds concentrations by sorptive building materials". Paint samples were first homogenized prior to brush application onto glass plate in two coats, each of a spread rate of 140 g/m² and dried for 8 hours between coats. The coated glass panels were then placed into individual 119-liter controlled temperature and humidity chambers. The airflow rate into the chamber yielded

questa sostanza rappresentano una vera e propria sfida. Una soluzione più interessante potrebbe essere lo sviluppo di tecnologie di bonifica all'interno dei materiali da costruzione esistenti, comunemente utilizzati in ambienti interni.

Sono stati preparati tre campioni di rivestimenti:

- 0,5% di AEPD VOX 1000 sul peso totale della formulazione.
- 0,5% Tris amino sul peso totale della formulazione.
- Una pittura di controllo con il pH regolato con NaOH.

È stato aggiunto AEPD VOX 1000 e, prima di aggiungerlo nella pittura, è stata preparata una soluzione al 40% in peso di Tris amino in acqua deionizzata.

I risultati ottenuti dal metodo di test ISO 16000-23 sono riportati in termini di consumi percentuali della formaldeide rispetto ai giorni di esposizione nella cabina. L'aria contenente 100 µg/m³ (80 ppb) di formaldeide viene costantemente immessa nella cabina per tutta la durata del test a un grado di 0,5 volume/cabina all'ora. Questi risultati forniscono una chiara prova del fatto che gli ammino alcoli come AEPD VOX 1000 e Tris amino sono sostanze chimicamente attive contro la formaldeide anche quando sono formulati in un rivestimento a base acquosa. I rivestimenti formulati con lo 0,5% di Tris amino e lo 0,5% di AEPD VOX 1000 sono stati anch'essi valutati con il metodo di test cinese standard, JC/T 1074-2008. Entrambi i prodotti offrono prestazioni decontaminanti eccellenti della formaldeide, secondo il metodo di test standard cinese.

- L'efficacia e la durabilità di entrambi i processi chimici si spingono oltre i limiti previsti.
- Tris amino dimostra la massima efficacia prestazionale.

CONCLUSIONI

Con l'utilizzo degli ammino alcoli realizzati con il processo chimico Advancion, è ormai possibile produrre rivestimenti a basse o zero emissioni VOC, così come rivestimenti funzionali che migliorano la qualità dell'aria negli ambienti interni.

I rivestimenti possono essere formulati con l'ausilio di AMP-95 o di AEPD-VOX 1000 conformi ai requisiti zero VOC rispettivamente negli USA/Canada, Europa e Cina. Questi stessi prodotti sono a basse o zero emissioni, consentendo alle formulazioni di rivestimenti di qualificarsi per i programmi eco-label. Gli ammino alcoli quali AEPD VOX 1000 e Tris amino possono essere formulati facilmente nei rivestimenti a base acquosa e sono molto efficaci in quantità ridotte come soppressori della formaldeide volatile. Mentre Tris amino presenta un potenziale superiore come soppressore della formaldeide, AEPD VOX 1000 offre funzionalità aggiuntive perché non solo sopprime la formaldeide ma può anche regolare il pH della soluzione, disperdere i pigmenti e sviluppare un effetto sinergico con

an air change rate of 50% chamber volumes per hour. The ratio between the coating surface and the chamber volume was set up at 1.4, corresponding to both walls and ceiling coating conditions. The air supplied to the chamber contained 100 µg/m³ formaldehyde (equivalent to 80 ppb) at 23±1 °C and 50±3% relative humidity. As a reference, the World Health Organization (WHO) considers an airborne formaldehyde concentration at or above 100 µg/m³ to be unsafe,^{6,7} so the coatings in these studies were exposed to a continuous supply of airborne formaldehyde concentration just at the WHO recommended exposure threshold. To reach a steady state in the chamber, the protocol was extended from a maximum of 28 days to 42 days.

REFERENCES

1. Salthammer, T., Mentese, S., Marutzky, R. Formaldehyde in the Indoor Environment. *Chem. Rev.* 2010, 110, 2536-2572.
2. Kirchner, S., et al. Indoor Air Quality in French Dwellings. Air Infiltration and Ventilation Centre, AIVC-CR12. 2009.
3. Golden, R. Identifying an Indoor Air Exposure Limit for Formaldehyde Considering Both Irritation and Cancer Hazards. *Critical Reviews in Toxicology.* 2011. 41(8), 672-721.
4. United States Environmental Protection Agency – Formaldehyde. <https://www.epa.gov/formaldehyde>
5. United States National Toxicology Program Report on Carcinogens, Fourteenth Edition – Formaldehyde. <https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/content/profiles/formaldehyde.pdf>
6. WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants. <https://www.who.int/publications/i/item/9789289002134>
7. Nielsen, G. D., Larsen, S. T., Wolkoff, P. Re-evaluation of the WHO (2010) Formaldehyde Indoor Air Quality Guideline for Cancer Risk Assessment. *Arch. Toxicol.* 2017, 91, 35-61.

i biocidi in uso determinando un'estensione della vita utile. Questi processi chimici aprono un percorso accessibile per far progredire l'evoluzione dei rivestimenti ecocompatibili mediante l'attivazione di funzionalità che migliorano la qualità dell'aria all'interno delle case, delle scuole, degli uffici e di altre strutture edili.

METODI DI TEST – IL TEST DELLA SOPPRESSIONE DELLA FORMALDEIDE DA ISO 16000-23

I test della decontaminazione dinamica della formaldeide nel flusso d'aria sono stati eseguiti da Eurofins Scientific, in base al metodo di test ISO 16000-23, "Aria all'interno degli ambienti – Parte 23: Test della prestazione per la valutazione della riduzione della concentrazione della formaldeide e di altri composti carbonilici grazie a materiali assorbenti nella struttura edile". I campioni di pittura sono stati uniformati prima dell'applicazione a pennello su lastra di vetro con due strati, distribuzione pari a 140 g/m² ed essiccazione per 8 ore fra gli strati. I pannelli di vetro rivestiti sono stati poi collocati in camere a temperatura e umidità controllate 119 litri. Il flusso d'aria nella camera ha determinato una depurazione dei volumi di aria del 50% all'ora. Il rapporto fra la superficie del rivestimento e il volume della camera è stato impostato a 1,4, corrispondente alle condizioni del rivestimento dei muri e del soffitto. L'aria erogata nella camera conteneva 100 µg/m³ di formaldeide (equivalente a 80 ppb) a 23 ± 1 °C e 50 ± 3% di umidità relativa. A titolo di esempio, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) considera una concentrazione di formaldeide volatile pari o superiore a 100 µg/m³ non sicura,^{6,7} quindi i rivestimenti di questi studi sono stati esposti alla costante erogazione di concentrazioni di formaldeide volatile come da indicazioni della soglia massima di esposizione raccomandata da WHO. Per raggiungere uno stato di stabilità nella camera, il protocollo è stato esteso da un massimo di 28 a 42 giorni.