

Sara Bianchi

**Sperimentazione dell'applicabilità di Hypucem per il recupero edilizio:
le coperture continue piane a verde**

tesi di dottorato
XXIV ciclo 2009 - 2011

tutors
GABRIELLA CATERINA
SERENA VIOLA
ERNESTO DI MAIO

coordinatore
MARIA RITA PINTO

aprile 2013

Indice della ricerca

Capitolo 1 - Innovazione di prodotto per la riqualificazione dei sistemi costruttivi: le coperture continue piane a verde	4
1.1 Innovazione di prodotto : HYbrid PolyUrethane CEMent	4
1.2 La Tecnologia delle Coperture a verde: normative internazionali, europee e nazionali-tipologie	13
1.3 Esigenze requisiti e prestazioni delle coperture continue piane a verde	19
1.4 Studio della Normativa UNI 11235:2007 <i>“Istruzioni per la progettazione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde”</i>	25
1.5 Sistema integrato Hypucem – Impermeabilizzante per la riqualificazione delle coperture continue piane a verde	30
Capitolo 2 – Norme e sperimentazione di Hypucem	38
2.1 Normativa di riferimento: scelta dei criteri per la progettazione delle prove in laboratorio di Hypucem	38
2.1.1 UNI 9038:1987 <i>“Edilizia. Guida per la stesura di schede tecniche per prodotti e servizi”</i>	
2.1.2 UNI EN 1510-12:2002 <i>“Metodi di prova per malte per opere murarie – Determinazione dell’aderenza al supporto di malte da intonaco esterno ed interno”</i>	40
2.1.3 ISO 5660-1:2002 <i>“ Reaction to fire testes – Heat release, smoke production and mass loss rate”</i> – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method)	44
2.1.4 ISO 5660-2:2003 <i>“ Reaction to fire testes – Heat release, smoke production and mass loss rate”</i> – Part 2 : Smoke production rate (dynamic measurement)	49
2.1.5 E 970 : 2000 <i>“Standard test method for critical radiant flux of exposed attic floor insulation using a radiant heat energy source”</i>	51

2.1.6	UNI EN ISO 9239-2:2010 “ <i>Reaction to fire tests for floorings-Parts 1: determination of the burning behaviour using a radiant heat source</i> ”	56
2.2	La progettazione delle prove di laboratorio	57
2.2.1	Prova A : Aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido (ai sensi della norma UNI 1510-12:2002)	58
2.2.2	Prova B: Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi,di perdita di massa del sistema integrato Hupucem-prodotti impermeabilizzanti (ai sensi delle norme ISO 5660-1-2:2002, ISO/TR5660-3:2003)	59
2.2.3	Prova C:. Comportamento al fuoco del sistema integrato Hupucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova stand per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante (ai sensi della norma E 970 – 2000)	59
2.3	Analisi tecnica dei prodotti impermeabilizzanti - Prove di laboratorio A –B – C	60
2.3.1	Analisi tecnica dei prodotto 1 - 2 – 3 – 4 (ai sensi della norma UNI 9038:1987)	60
2.3.2.	Prova A: Aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido (ai sensi della norma UNI 1510-12:2002)	69
2.3.3	Prova B: Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hupucem- prodotti impermeabilizzanti. (ai sensi delle norme ISO 5660-1-2:2002, ISO/TR 5660-3:2003)	95
2.3.4	Prova C: Comportamento al fuoco del sistema integrato Hupucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante (ai sensi della norma E 970 – 2000)	122
2.4	Analisi dei risultati delle prove di laboratorio	141
2.4.1	Prova A: Aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido (ai sensi della norma UNI 1510-12:2002)	141

2.4.2 Prova B: Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi ,di perdita di massa del sistema integrato Hypucem – prodotti impermeabilizzanti. (ai sensi delle norme ISO 5660-1-2:2002, ISO/TR 5660-3:2003)	144
2.4.3 Prova C:. Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem - prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante (ai sensi della norma E 970 – 2000)	149

Indice degli allegati al capitolo 2

Allegato 1

Incollaggio Malte Report - Prova A: Aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido (ai sensi della norma UNI 1510-12:2002)	4
--	---

Allegato 2

Cone Calorimetre Test Report – Prova B: Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem -prodotti impermeabilizzanti. (ai sensi delle norme ISO 5660-1-2:2002, ISO/TR 5660-3:2003)	17
--	----

Allegato 3

Flooring Radiant Panel Single Specimen Report - Prova C:. Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante (ai sensi della norma E 970 – 2009)	36
--	----

Capitolo 1 – Innovazione di prodotto per la riqualificazione dei sistemi

costruttivi: le coperture continue piane a verde

1.1 Innovazione di prodotto per le coperture piane : HYbrid PolyUrethane CEMent

Hypucem è un progetto che nasce da un'attività di ricerca che si inquadra nelle strategie regionali sulle competitività dei territori in tema di innovazione con cui il Team Hypucem¹ ha vinto la “Polymer Challenge” 2007, la business plan competition internazionale lanciata da Imast (Ingegneria dei Materiali Polimerici e Compositi e Strutture) e organizzata con il patrocinio dell'assessorato all'Università e Ricerca della Regione Campania e la collaborazione di Veneto Nanotech.²

Hypucem – acronimo inglese di “HYbrid PolyUrethane CEMent”- è un materiale costituito dall'unione di una sostanza inorganica, il cemento, ed una sostanza organica, il poliuretano espanso.³

¹ Il team Hypucem è coordinato da Salvatore Iannace ricercatore dell'Istituto per i Materiali Compositi e Biomedici del Cnr (Imcb – Cnr) e responsabile di progetto del Dipartimento di Progettazione molecolare; ne fanno parte Marino Lavorgna ricercatore Imcb – Cnr, Ernesto di Maio ricercatore Federico II, Letizia Verdolotti ricercatrice Federico II.

²Sabatino, T. 2008, Iannace: *Trasformare le idee in Business*, in <http://archivio.denaro.it/VisArticolo.aspx/VisArticolo.aspx?IdArt=525690&KeyW>

³AA.VV., *Hypucem, contro freddo e rumore*, in <http://www.spirit.it/default.asp?idtema=1&idtemacat=1&page=informazioni&action=read&index=1&idcategoria=59843&idinformazione=43310>

Le schiume poliuretatiche⁴ sono tra i più importanti e diffusi materiali plastici nel settore delle costruzioni e dell'edilizia grazie alle loro eccellenti caratteristiche come materiali isolanti – sia per isolamento termico che acustico -, proprietà di impatto (capacità di assorbimento all'urto) e più in generale per le proprietà specifiche per esempio il rapporto tra rigidità e densità, tuttavia la loro bassa resistenza e rigidità impediscono il loro uso come materiali strutturali in campo edilizio⁵, mentre cemento e calcestruzzo convenzionali rappresentano ancora i più importanti materiali da costruzione. Nonostante le proprietà fisiche e di costo relativamente basso di questi ultimi, i materiali cementizi hanno alcune limitazioni, tra cui bassa resistenza alla flessione, bassa deformazione, suscettibilità al gelo e bassa resistenza agli agenti chimici. Per superare questo problema, nella letteratura scientifica e tecnologica, si possono trovare numerose strategie finalizzate all'aumento delle proprietà meccaniche delle schiume poliuretatiche assemblando materiali compositi in cui ad un polimero organico è aggiunto cemento (inorganico), riempiendo la matrice polimerica⁶ con una

⁴ Le schiume poliuretatiche sono materiali plastici inglobanti gas all'interno della loro struttura, ottenuti per reazione di poliaddizione tra componenti a base di poli-isocianati e componenti a base alcolica (polioli). Grazie alla varietà di reagenti che rientrano in queste due classi, è possibile ottenere prodotti con caratteristiche adattabili a un ampio campo di applicazioni date le buone proprietà di resistenza ad impatto e più in generale le proprietà "intrinseche" delle schiume, come la bassa densità, l'ottima processabilità e soprattutto le proprietà di isolamento termico ed acustico, le schiume poliuretatiche risultano tra i materiali polimerici maggiormente utilizzati nel settore civile-edile per pannelli di rivestimento. Attualmente i pannelli in poliuretano sono utilizzati principalmente per l'isolamento termico e acustico di solai, pavimenti e, soprattutto, pareti. Tuttavia, nelle applicazioni in campo edile il solo poliuretano espanso presenta grossi svantaggi: scarsa aderenza verso materiali a base cementizia, infiammabilità, bassi valori di traspirabilità al vapore acqueo e fenomeni di imbarcamento, dovuti all'instabilità dimensionale dei rivestimenti delle strutture sandwich. G.Iannace, M. Masullo, E. Di Maio, L. Verdolotti (2009) *Proprietà acustiche di un nuovo materiale per l'edilizia a base di cemento e poliuretano espanso*, Nota tecnica su Rivista Italiana di Acustica, 33 p. 49

⁵ L. Verdolotti, E. Di Maio, M. Lavorgna, S. Iannace (2012), *Hydration-induced reinforcement of rigid polyurethane-cement foams: mechanical and functional properties*, Journal of Materials Science, 19, pp. 6948-6957

⁶ Nelle schiume poliuretatiche le proprietà meccaniche a compressione non sono tali da permetterne un utilizzo di tipo strutturale, molto importante per specifiche applicazioni nel settore edile. Per migliorarne tali proprietà, tradizionalmente le matrici polimeriche vengono caricate con filler solidi, ma la densità e la morfologia delle schiume vengono notevolmente influenzate dal rinforzo, al punto da cambiare totalmente le proprietà finali del sistema. Dal punto di vista scientifico, diversi sono gli autori che hanno realizzato schiume composite a matrice poliuretatiche rinforzate con fibre di vetro, polvere di silice o alluminio, fibre di nylon, polvere di argilla nanometrica, al fine di migliorarne proprietà funzionali e meccaniche. Ma in tutti questi studi si evidenzia il problema dell'adesione tra la matrice polimerica ed il filler. In particolare, per elevate concentrazioni di filler (maggiore del 30% in peso), generalmente le proprietà funzionali e meccaniche della schiuma poliuretatica peggiorano come

fase rigida.⁷ Tuttavia questo riempimento agisce sì come rinforzo, ma all'aumentare del suo contenuto, il comportamento meccanico, in genere, passa da duttile a fragile a causa della scarsa compatibilità tra filler cementizio e matrice poliuretana. Il filler irrigidisce il composito ma, allo stesso tempo, interrompe la continuità della matrice polimerica che sostiene l'intera struttura.⁸

Recentemente, nel campo delle costruzioni, è stato osservato un aumento della domanda di calcestruzzo leggero che richiede una combinazione di peso ridotto e notevoli proprietà meccaniche⁹ ed in particolare, l'interesse è volto a nuove possibili applicazioni, come il riempimento di cave o all'isolamento termico e acustico; in questa prospettiva gli studi futuri di maggior interesse sembrano riguardare la realizzazione di materiali cellulari ibridi costituiti simultaneamente da fasi organiche e inorganiche. In questi sistemi, l'adesione tra le due fasi, organica ed inorganica è molto importante, influenzando processabilità e proprietà e, di conseguenza, limitando le applicazioni in alcuni campi. Hypucem nasce dalla necessità di poter fornire un materiale alternativo a quelli tradizionali¹⁰ mediante l'unione combinata di una

conseguenza di un "non legame" tra filler e matrice polimerica. Schiume poliuretatiche rinforzate sono state preparate con vari tipi di cariche, quali fibre di vetro, nano-silice, farine di legno, argille, polvere di carbone. G.Iannace, G.Iannace, M. Masullo, E. Di Maio, L. Verdolotti (2009) *Proprietà acustiche di un nuovo materiale per l'edilizia a base di cemento e poliuretano espanso*, Nota tecnica su Rivista Italiana di Acustica, 33 p. 49-50

⁷ L. Verdolotti, E. Di Maio, M. Lavorgna, S. Iannace (2012), *Hydration-induced reinforcement of rigid polyurethane-cement foams: mechanical and functional properties*, Journal of Materials Science, 19, pp. 6948-6957

⁸ L. Verdolotti, E. Di Maio, M. Lavorgna, S. Iannace, *Soluzione silicatica di polioli da scarto per la preparazione di un materiale ibrido a matrice poliuretana e/o poliisocianuratica-legante idraulico, e relativo metodo di preparazione*, Domanda di brevetto italiano n° TO2010A000672

⁹ La produzione di calcestruzzo leggero è stato realizzato in diversi modi: (1) la sostituzione di aggregati ordinari con aggregati leggeri naturali o artificiali caratterizzati da elevata porosità e densità molto bassa (ad esempio, poli-meri espansi come polistirolo, scarti di pneumatici di gomma, scarti di schiume poliuretatiche, e argille espanse, l'insufflazione di gas all'interno della malta o l'aggiunta di specifici additivi (agenti espandenti chimici) in grado di promuovere la formazione di una struttura cellulare durante l'indurimento del cemento e la messa a punto in opportune dimensioni aggregate per creare pori tra i granuli. L. Verdolotti, E. Di Maio, M. Lavorgna, S. Iannace, L. Nicolais (2008), *Polyurethane-Cement-Based Foams: Characterization and Potential Uses*, Journal of Applied Polymer Science, 107, pp. 1-8

¹⁰ Attualmente i sistemi isolanti sono essenzialmente pannelli espansi in poliuretano o polistirene utilizzati principalmente per l'isolamento termico e acustico di solai, pavimenti e soprattutto pareti. Tuttavia, nelle applicazioni in campo edile il solo polimero espanso presenta grossi svantaggi: scarsa aderenza verso materiali a base cementizia, tipo malte e calcestruzzi, che rende necessaria la realizzazione

schiuma polimerica con cemento in cui le due fasi - organica ed inorganica - vengono continuamente e intimamente connesse tra loro per creare una struttura finale estremamente uniforme ed omogenea¹¹ - morfologia co-continua¹²; ciò rappresenta una metodologia per ottimizzare la preparazione di questi materiali compositi e la produzione di materiali leggeri di una nuova generazione¹³ rispetto ai metodi noti per la preparazione di materiali contenenti polimero e cemento.

Hypucem rappresenta un nuovo tipo di materiale leggero ibrido inorganico organico¹⁴, a base di schiuma di poliuretano e cemento idratato in cui sia la fase organica e quella inorganica co-continua (sono entrambi matrice, in contrapposizione con la denominazione matrice - filler).

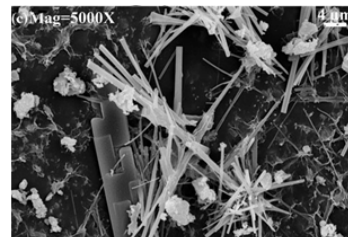
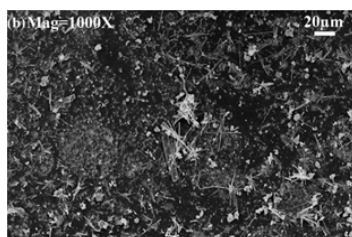
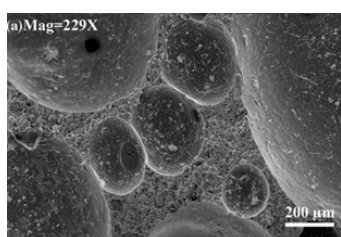


Fig. 1 9 229

Fig. 2 9 1000

Fig. 3 9 5000

Micrografie SEM di campioni selezionati di HIRP-C a diversi ingrandimenti in cui si evidenzia (fig. 3) il formarsi di filamenti che creano la struttura co-continua tra il materiale organico e quello inorganico.

di complessi sistemi di ancoraggio dei pannelli alle pareti ed a strati di cartongesso; bassi valori di traspirabilità; fenomeni di imbarcamento, dovuti all'instabilità dimensionale dei rivestimenti delle strutture sandwich (le lastre di poliuretano vengono applicate come core tra due strati di rivestimento). Inoltre, le proprietà meccaniche a compressione non sono tali da permetterne un utilizzo di tipo strutturale, molto importante per specifiche applicazioni nel settore edile. S. Iannace, L. Verdolotti, S. Colini (2008), *La storia dei materiali cellulari nell'ingegneria*, ed Cuzzulin, pp. 201,202

¹¹ L. Verdolotti, E. Di Maio, M. Lavorgna, S. Iannace, *Soluzione silicatica di polioli da scarto per la preparazione di un materiale ibrido a matrice poliuretanicca e/o poliisocianuratica-legante idraulico, e relativo metodo di preparazione*, Domanda di brevetto italiano n° TO2010A000672

¹² La morfologia co-continua è generalmente finalizzata a creare condizioni per ottenere il meccanismo più efficiente per il trasferimento di eccitazioni esterne attraverso le due fasi, in modo da massimizzare il contributo di entrambi i componenti (organico o inorganico) in riferimento alle proprietà generali degli ibridi (effetto sinergico). Questo è particolarmente auspicabile nel caso di schiume, dove la bassa densità contribuisce a proprietà funzionali, quali l'isolamento termico ed acustico, mentre il rinforzo inorganico aumenta la rigidità e la resistenza e stabilità dimensionale, nonché permeabilità al vapore acqueo, migliorando anche resistenza al fuoco e l'adesione ai leganti inorganici. L. Verdolotti, E. Di Maio, M. Lavorgna, S. Iannace (2010), *Hydration-induced reinforcement of polyurethane-cement foams: solvent resistance and mechanical properties*, Journal of Materials Science, 45, p. 3388

¹³ L. Verdolotti, E. Di Maio, M. Lavorgna, S. Iannace, L. Nicolais (2008), *Polyurethane-Cement-Based Foams: Characterization and Potential Uses*, Journal of Applied Polymer Science, 107, pp. 1-8

¹⁴ S. Iannace, E. Di Maio, L. Verdolotti, M. Lavorgna, *A foamed polymer-inorganic binder hybrid material having controlled density and morphology, method for its preparation and uses thereof*, Brevetto Italiano No. IT2006MI01325

e strettamente connesse tra loro. Il materiale finale, dunque, presenta nel contempo le caratteristiche della fase cementizia idrata e quella della fase polimerica espansa.¹⁵ Il sistema è progettato per soddisfare sia i vantaggi delle schiume poliuretatiche sia quelli del legante inorganico, per ottenere un materiale che evidenzia isolamento termico ed acustico, l'energia d'impatto tipica delle schiume poliuretatiche e permeabilità al vapore acqueo, resistenza al fuoco, elevate caratteristiche meccaniche e adesione al calcestruzzo e malte; in particolare, l'idratazione del cemento in polvere e la conseguente formazione di network inorganico all'interno delle fase polimerica (co-continuità) porta ad un notevole aumento delle proprietà meccaniche rispetto a schiume con particelle di cemento disperse (non continue). La schiuma ibrida in poliuretano e cemento dimostra di essere adatta per l'uso nel campo delle costruzioni come composito leggero non strutturale.

Attualmente Hypucem è un prototipo in via sperimentale realizzato presso laboratorio del IMBC¹⁶ di Napoli utilizzando una tecnologia idonea alla produzione industriale dei pannelli ibridi espansi. A tal fine è stato necessario effettuare una collaborazione con un'azienda tedesca di produzione di apparecchiature industriali nel campo dei poliuretani e dei materiali plastici in generale. Insieme a questa azienda è stato sviluppato un piano pilota per la produzione di materiali a matrice poliuretanicamente contenenti elevate quantità di cariche inorganiche. Grazie a tale collaborazione è stato possibile realizzare circa 40 mq di pannelli espansi con una densità intorno ai 200 Kg/m³. Durante le attività di ottimizzazione delle formulazioni e di messa a punto della

¹⁵La fase cementizia contribuisce in maniera consistente nel determinare specifiche proprietà dell'ibrido, rendendolo traspirante al vapore acqueo, resistente al fuoco (anche in assenza di ritardanti di fiamma), buon aderenza verso i materiali lapidei (intonaci, malte) e con buone proprietà meccaniche. Le fasi poliuretano e gas, invece, contribuiscono a rendere l'ibrido isolante termico, fonoassorbente nonché conferiscono proprietà di leggerezza come quelle di un calcestruzzo cellulare (dovuto alla bassa densità) e di facile processabilità (messa in opera). G.Iannace, M. Masullo, E. Di Maio, L. Verdolotti (2009), *Proprietà acustiche di un nuovo materiale per l'edilizia a base di cemento e poliuretano espanso*, Nota tecnica su Rivista Italiana di Acustica, 33 p. 49

¹⁶ Istituto per i Materiali compositi e biomedici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e del Dipartimento di ingegneria dei Materiali e della Produzione dell'Università degli Studi di Napoli Federico II.

tecnologia di produzione, sono stati studiati possibili applicazioni che potessero beneficiare delle particolari caratteristiche di isolamento termico, acustico e strutturali della schiuma ibrida. Sono state quindi analizzate soluzioni specifiche per a) un controtelaio esterno per porte e finestre, b) un rivestimento insonorizzante per colonne di scarico, c) un elemento di separazione degli spazi interni o elemento di tamponamento e d) un pannello isolante nei “sistemi a cappotto”¹⁷. Per quanto riguarda l’applicazione “cappotto”, è stato predisposto un business plan riguardante l’uso di Hypucem in sostituzione dei prodotti tradizionalmente utilizzati nell’isolamento termico in collaborazione con un’azienda italiana operante nel settore dello stampaggio di manufatti in plastica ed interessata ad una diversificazione della propria attività produttiva. Con questa società Hypucem ha siglato nel marzo 2010 una lettera di intenti finalizzata alla presentazione di un progetto comune di investimenti e successiva costituzione di un NEWCO per l’industrializzazione di Hypucem. Durante questa fase è stata condotta un’analisi di mercato sull’impiego di Hypucem nel settore del cappotto termico e di ricerca di potenziali partners industriali/commerciali. Tale analisi ha permesso di prendere contatti con le principali aziende internazionali operanti nel settore che hanno mostrato un notevole interesse ad aggiungere i pannelli Hypucem tra i loro prodotti, a valle di una serie di test sul campo dei pannelli isolanti. Nonostante la valutazione positiva da parte del soggetto pubblico che doveva finanziare l’iniziativa e il particolare interesse mostrato dai partners commerciali l’iniziativa è stata

¹⁷ In edilizia “il *cappotto* è un sistema di isolamento termico, nato circa trenta anni fa, applicabile agli edifici civili e industriali, che garantisce la massima protezione termica integrale attraverso il rivestimento continuo delle pareti opache delle facciate, che impedisce la dispersione del calore per irraggiamento e per conduzione. Negli edifici così isolati la temperatura degli ambienti resta uniforme in inverno come in estate, e la mancata dispersione del calore consente di ridurre il consumo di combustibili per il riscaldamento invernale e di energia per il condizionamento estivo, con ricadute positive in termini economici (il risparmio di combustibile ottenibile in inverno oscilla tra il 25 e il 35%) e ambientale (riduzione delle emissioni inquinanti nell’atmosfera). Il cappotto, inoltre previene la formazione di umidità e muffe e richiede ridotti interventi di manutenzione, rimanendo intatto per molti anni.”. In http://www.casaclima.com/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=45&Itemid=73

abbandonata a metà 2012 a causa delle difficoltà economiche che hanno investito il partner industriale che doveva finanziare l'iniziativa¹⁸.

Nel "sistema a cappotto" Hypucem presenterebbe notevoli vantaggi: i sistemi a cappotto tradizionali vengono applicati attraverso il loro fissaggio all'esterno delle pareti, tramite collanti e tasselli, e successivamente gli stessi vengono rasati con una speciale colla ed armati con una rete in fibra di vetro prima dell'applicazione finale del rivestimento; questi sistemi però, presentano l'inconveniente di non essere traspiranti al vapore acqueo. Tale procedura viene semplificata con l'uso dei pannelli ibridi poliuretano – cemento, in quanto data l'ottima compatibilità ibrido - parete cementizia non si rendono necessari i complessi sistemi di ancoraggio (collanti, viti ecc...)¹⁹.

L'attività di ricerca e sviluppo di Hypucem viene condotta a valle dell'individuazione di alcuni aspetti critici riguardanti il materiale e la tecnologia che in un mercato in continua espansione ed alla ricerca di nuovi materiali avanzati possano risultare fondamentali per accelerare la diffusione degli espansi ibridi. In particolare, i principali settori in cui è possibile individuare aspetti critici da superare con una ulteriore attività di ricerca e sviluppo riguardano i materiali, la tecnologia di produzione e l'individuazione di possibili applicazioni²⁰.

Attualmente però, il mondo della ricerca guarda con occhi diversi la tecnologia del sistema a cappotto la cui nascita è legata a problemi strettamente connessi alla dispersione di energia dell'edificio; la più recente normativa europea, dunque, reindirizza quelli che sono gli impegni del mondo della ricerca tecnologica. Tra vincoli ambientali e costi crescenti di combustibile occorre fare un bilancio tra consumi di energia ed emissioni di sostanze inquinanti cosicché queste tematiche spostano

¹⁸ Materiale informativo, *HYPUCEM nel "sistema cappotto" per il miglioramento energetico nei fabbricati*, vedi scheda tecnica.

¹⁹S. Iannace, L. Verdolotti, S. Colini (2008), *La storia dei materiali cellulari nell'ingegneria*, ed Cuzzulin, pp. 195-203

²⁰ Materiale informativo, *HYPUCEM nel "sistema cappotto" per il miglioramento energetico nei fabbricati*, vedi scheda tecnica.

l'impegno e l'attenzione dal singolo edificio al più ampio contesto ambientale comprendendo anche questioni quali l'abbassamento del CO₂, l'utilizzo razionale delle risorse energetiche, problematiche legate al cambiamento climatico²¹ e non è sufficiente intervenire soltanto sulla facciata esterna o interna di un fabbricato ma anche su pavimenti e soffitti.

Alla luce di tali considerazioni e dell'utilizzo iniziale prospettato dal Team Hypucem, la presente tesi è volta alla proposta di una ipotesi di nuovo e possibile impiego del materiale Hypucem spostando il campo di applicazione alle tecnologie dei tetti verdi e sperimentando l'integrazione di Hypucem con materiali impermeabilizzanti attraverso la creazione di strati mediante un *sistema integrato*.

La scelta del materiale innovativo Hypucem, inoltre è scaturita dall'aver riscontrato in esso caratteristiche e livelli prestazionali maggiori rispetto ai materiali tradizionali e che potrebbero costituire oggetto di approfondimento e di applicazione nell'ambito del Recupero Edilizio ed Ambientale. Nello specifico Hypucem presenta dei punti di forza rispetto a:

- proprietà di isolamento termico ed inerzia termica;
- proprietà di isolamento acustico e fono assorbimento;
- proprietà meccaniche.

²¹L'Unione Europea ha riconosciuto che le inefficienze sorte a seguito dell'urbanizzazione incontrollata, che caratterizza gli ultimi decenni, contribuiscono in maniera considerevole all'aumento della problematica del cambiamento climatico; gli effetti prodotti dagli interventi di impermeabilizzazione del suolo sull'ambiente urbano sono numerosi e comprendono l'incremento delle temperature medie e della produzione di polveri, l'incremento delle emissioni di sostanze inquinanti nell'aria, la generazione del deflusso superficiale, la difficoltà di regimazione delle acque meteoriche, l'inquinamento acustico, per citarne alcuni. Nel marzo 2007 i leader dell'Unione Europea hanno approvato un approccio integrato alla politica climatica ed energetica che mira a combattere il cambiamento climatico e aumentare la sicurezza energetica dell'UE rafforzando la sua competitività. Essi si sono impegnati in Europa a trasformarsi in un'alta efficienza energetica, una economia a basse emissioni. Per dare impulso a questo processo, i capi di Stato e di governo hanno fissato una serie di obiettivi ambiziosi di clima ed energia da raggiungere entro il 2020, noto come "20-20-20". Questi sono: 1) Una riduzione delle emissioni di gas serra dell'UE di almeno il 20% rispetto al 1990 2) che il 20% del consumo di energia dell'UE provenga da fonti rinnovabili 3) Una riduzione del 20% di energia primaria rispetto ai livelli previsti, da realizzarsi attraverso il miglioramento dell'efficienza energetica. In http://ec.europa.eu/clima/policies/brief/eu/package_en.htm

Attraverso la sperimentazione in laboratorio, la presente ricerca delimita il proprio campo di interesse ad una ipotesi di applicazione all'edilizia esistente, in particolare al suo impiego nelle coperture continue piane a verde indirizzando l'attenzione alla verifica della compatibilità di Hypucem con prodotti impermeabilizzanti presenti sul mercato.

Riferimenti bibliografici

- G.Iannace, M. Masullo, E. Di Maio, L. Verdolotti (2009) *Proprietà acustiche di un nuvomateriale per l'edilizia a base di cemento e poliuretano espanso*, Nota tecnica su Rivista Italiana di Acustica, 33 pp. 49-51 (7)
- L. Verdolotti, E. Di Maio, M. Lavorgna, S. Iannace (2012), *Hydration-induced reinforcement of rigid polyurethane-cement foams: mechanical and functional properties*, Journal of Materials Science, 19, pp. 6948-6957 (5)
- L. Verdolotti, E. Di Maio, M. Lavorgna, S. Iannace, *Soluzione silicatica di polioli da scarto per la preparazione di un materiale ibrido a matrice poliuretanicca e/o poliisocianurica-legante idraulico, e relativo metodo di preparazione*, Domanda di brevetto italiano n° TO2010A000672 (1)
- L. Verdolotti, E. Di Maio, M. Lavorgna, S. Iannace, L. Nicolais (2008), *Polyurethane-Cement-Based Foams: Characterization and Potential Uses*, Journal of Applied Polymer Science, 107, pp. 1-8 (3)
- L. Verdolotti, E. Di Maio, M. Lavorgna, S. Iannace (2010), *Hydration-induced reinforcement of polyurethane-cement foams: solvent resistance and mechanical properties*, Journal of Materials Science, 45, pp., 3388-3391 (4)
- S. Iannace, E. Di Maio, L. Verdolotti, M. Lavorgna, *A foamed polymer-inorganic binder hybrid material having controlled density and morphology, method for its preparation and uses thereof*, Brevetto Italiano No. IT2006MI01325 (6)
- S. Iannace, L. Verdolotti, S. Colini (2008), *La storia dei materiali cellulari nell'ingegneria*, ed Cuzzulin, pp. 195-203
- Materiale informativo, *HYPUCEM nel "sistema cappotto" per il miglioramento energetico nei fabbricati*.

Siti web consultati

- <http://archivio.denaro.it/VisArticolo.aspx/VisArticolo.aspx?IdArt=525690&KeyW>, consultato il 13.01.2011
- <http://www.spirit.it/default.asp?idtema=1&idtemacat=1&page=informazioni&action=read&index=1&idcategoria=59843&idinformazione=43310>, consultato il 13.01.2011
- http://www.casaclima.com/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=45&Itemid=73, consultato il 28.09.2012

1.2 La Tecnologia delle Coperture a verde: normative internazionali, europee e nazionali - tipologie

In un ambito di recupero delle coperture esistenti la scelta del materiale Hypucem nel nuovo campo di applicazione - la tecnologia dei tetti verdi - è tesa ad ottenere vantaggi nell'aspetto e nel comfort abitativo dell'ambiente urbano. Il rinverdimento delle coperture permetterebbe di recuperare spazi per attività all'aperto in aree normalmente poco sfruttate, valorizzando gli edifici e migliorando le prestazioni termiche interne.²²

Rispetto ad alcune criticità in area urbana che oggi si verificano la diffusione di aree verdi, e più specificamente la progettazione e realizzazione dei Green roof, si inserisce a pieno titolo tra gli strumenti di mitigazione e compensazione ambientale e rappresentano una soluzione di miglioramento ambientale, in grado non solo di creare spazi fruibili e di qualificare ambiti urbani, ma altresì di ridurre il fabbisogno energetico degli edifici, mitigare gli effetti inquinanti e le forzanti climatiche nonché regimentare il deflusso delle acque piovane del suolo.²³

Il verde pensile²⁴ è un sistema utilizzato per le coperture di numerosi tipi di edifici, la cui presenza è riscontrabile a partire dalla storia antica fino ad arrivare ad

²² http://www.bioarchitettura-rivista.it/Anticipazioni/55_TETTIVERDI.pdf

²³ Bortolotti, E. (2005), *Il verde possibile. Tecnologie costruttive per tetti verdi e i giardini pensili*, in http://www.progeasystem.net/files/NORMATIVA/Nazionale_Bioediliziaioarchitettura/Tetti%20verdi.pdf

²⁴ I pionieri dei tetti verdi sono stati Giappone Stati Uniti e Canada; in Europa, la tecnologia del tetto verde, inizia a diffondersi a partire dagli anni '60; a seguito della selvaggia urbanizzazione del dopoguerra, negli anni '70 si comincia la presa di coscienza della mancanza di aree verdi urbane e a volgere l'attenzione alle superfici inutilizzate delle coperture. Parallelamente cresce la presa di consapevolezza che le coperture delle costruzioni industriali, commerciali ed artigianali, contribuiscono, oltre che al peggioramento del microclima urbano, al dissesto nella regimazione delle acque meteoriche. In Abram, P. (2006), *Verde pensile in Italia e in Europa*, il verde editoriale editore, Milano

In Giappone, il comune di Tokyo ha scelto da alcuni anni una politica di aiuti. Nel suo piano urbanistico del 2000, il "Tokio plan 2000" (ribattezzato "Green Tokio Plan") ha stabilito che almeno il 20% delle costruzioni con un tetto di oltre 1.000 metri quadrati debba essere ricoperto di verde²⁴; in metà dei quartieri della metropoli sono previsti aiuti economici pubblici che coprono fino al 50 % dei costi di realizzazione. L'Environmental program delle Nazioni Unite stima che se a Pechino il 70% dei tetti venisse ricoperto di vegetazione, i livelli di anidride carbonica si ridurrebbero dell'80%. In <http://www.aamterranuova.it/article3386.htm>

Mentre in Europa i tetti verdi hanno già una lunga tradizione, gli Stati Uniti sono stati piuttosto lenti nell'avvicinarsi a questa nuova realtà e nel capirne i vantaggi in termini di sostenibilità ambientale. Nel

opere di Architettura contemporanea²⁵, ma che solo recentemente è diventato oggetto di ricerca; tale sistema fornisce elevate prestazioni sia sotto l'aspetto ambientale che energetico, pertanto, questo tipo di soluzione può proporsi come strategia per il recupero di chiusure orizzontali sia piane sia inclinate.²⁶

Nord America il concetto di tetto verde è stato introdotto relativamente in ritardo rispetto al Nord Europa ma negli ultimi 20 anni anche in America sono state affrontate le problematiche del tetto verde, studiando materiali e sviluppando tecnologie; sono infatti sorte molte aziende specializzate ed attualmente diversi istituti universitari si occupano di ricerca circa l'impatto del verde pensile sulla generazione dei flussi di acqua - in America del Nord e Canada, presso l'Università dello Stato del Michigan, Università dello Stato della Pennsylvania, la Pace University della città di New York, l'Università del Wisconsin- Milwaukee, l'Università del Southern Illinois a Edwardsville (SUIE) e il British Columbia Institute of Technology (BCIT). In Cooper, J. (2008), *Eco – New York*, in Architettura del Paesaggio, Aprile/Settembre, in <http://www.harpo-group.com/verdepensile/pubblicazioni/roof-garden-newyork.pdf>

A New York l'amministrazione, per rispondere ai crescenti problemi legati all'aumentata densità demografica e allo stress ambientale, ha dato un ruolo di primo piano ai tetti verdi che sono diventati un importante e innovativo terreno di sperimentazione e di monitoraggio anche per l'associazione dei paesaggisti americani. In aggiunta a quanto New York sta facendo per promuovere i tetti verdi e la sostenibilità, l'ASLA - American Society of Landscape Architects - sta portando avanti un notevole lavoro di promozione del tetto verde realizzato proprio sullo stabile che ospita il quartier generale dell'ASLA a Washington DC. In Cooper, J. (2008), *"Eco – New York"*, in Architettura del Paesaggio, Aprile/Settembre, in <http://www.harpo-group.com/verdepensile/pubblicazioni/roof-garden-newyork.pdf>

A Chicago, da sempre conosciuta come la città precursore dei tetti verdi, il programma di diffusione dei green roof è iniziato 10 anni fa: oggi ci sono più di 200 green roof per un totale di quasi 300.000 mq ed ancora sta promuovendo l'attuazione del "True nature food's rooftop victory garden", un progetto realizzato dall'architetto Dave Hampton, dello studio Hampton-Avery, in collaborazione con il biologo Michael Repkin. Il piano elaborato dai due studiosi trasformerebbe circa 4.600 m² di tetti del 48° quartiere, adiacente alla linea rossa del sistema di trasporto pubblico in superficie, in campi verdi (Red Mine Green Roofs Initiative). In AA.VV. (2009), *Chicago e Toronto città promotrici dei green roofs*, in http://www.casaclima.com/index.php?option=com_content&view=article&catid=25:theproject&id=1462:tetti-ecosostenibili-per-aumentare-la-qualita-della-vita&Itemid=65

In America del nord, precisamente il Canada, si sta occupando delle realizzazioni di tetti verdi; recentemente l'associazione "Green Roofs for healthy cities", ha annunciato i risultati di un'indagine che ha riscontrato poco meno di 280 mila mq di tetti verdi installati nel 2008, uno sviluppo del 35% rispetto all'anno precedente. La città di Toronto ha adottato una legge "verde" riguardante le nuove costruzioni residenziali che dovranno avere il 50% del tetto ricoperto da verde estensivo; nel 2009 ha lanciato un piano di sostegno economico per tutti gli edifici commerciali, industriali e istituzionali. In Clausi, M., (2009), *Il giardino sul tetto che scotta*, in <http://www.greenme.it/abitare/orto-e-giardino/353-green-roof-il-giardino-sul-tetto-che-scotta>

Environnement Canada, invece, ha dimostrato che la vegetazione del 6% della superficie di tetti di Toronto potrebbe provocare un abbassamento di uno-due gradi della temperatura in città, riducendo, di conseguenza, l'emissione di gas serra. In Carputi, V. (a cura di) (2005), *Coperture vegetali. Erba di casa mia*, in *Costruire* n° 263, Aprile

²⁵ Basti pensare ad architetti come Wright, Aalto e le Corbusier che annovera il tetto giardino come uno dei "cinque punti dell'architettura", in Nicolini, P. (a cura di) (1984), *Verso un'architettura*, Milano, Longanesi.

Celebri esempi sono la biblioteca dell'Università di Delft in Olanda (Mecanoo, 1993-95), l'Accademia delle Scienze della California (Renzo Piano, 1998-2008), l'espansione del Vancouver Convention Centre (DA/MCM + LMN Architect, 2009), la biblioteca pubblica di Des Moines (David Chipperfield, 2001-2006), la Villa One in Francia (Dominique Perrault, 1992-1995), e, in Italia, la sede del Sole 24 ore a Milano (Renzo Piano Building Workshop, 1998-2005) e la sede del villaggio olimpico a Sestriere (CASP Optigrün, 2004). M. Fiori, M., Poli, T. (2008), *Coperture a verde. Esempi di progettazione*, Maggioli Editore, Rimini

²⁶ M. Fiori, M., Poli, T. (2008), *Coperture a verde. Esempi di progettazione*, Maggioli Editore

In Italia²⁷ soltanto di recente si è registrato un aumento della domanda nell'uso della tecnologia dei tetti verdi da parte della committenza pubblica, tanto che molti sono i comuni che hanno riconosciuto il verde pensile come strumento valido, per ovviare ai problemi urbani di congestione antropica.²⁸

Nel 1996 nasce l'associazione A.I.VE.P.²⁹ Associazione italiana verde pensile, con l'intento di promuovere a livello nazionale la diffusione della tecnologia dei tetti verdi operando in ambito internazionale come membro dell'EFB. Nel 2007 l'UNI ha redatto la norma UNI 11235:2007³⁰ che fornisce istruzioni unificate relative alla progettazione all'esecuzione e all'installazione, ai successivi collaudi ed alla manutenzione delle coperture a verde strutturata secondo i seguenti capitoli: 1) *Scopo e campo di applicazione*, 2) *Riferimenti normativi*, 3) *Termini e definizioni*, 4) *Agenti e requisiti*, 5) *Istruzioni per la progettazione*, 6) *Schemi funzionali e classificazione del sistema*, 7) *Documentazione di progetto*, 8) *Materiali e*

²⁷ Il Comune di Bolzano, tramite l'obbligo del bollino CasaClima (certificazione energetica KlimaHaus) sta favorendo l'avanzare dei giardini pensili per le nuove abitazioni nel febbraio 2004 il Consiglio comunale ha approvato un progetto denominato "indice R.I.E." (Riduzione Impatto Edilizio), un indice numerico applicato al lotto edificabile che certifica la qualità dell'intervento edilizio rispetto alla permeabilità del suolo ed al verde. La procedura si applica a tutti gli interventi di trasformazione edilizia ed urbanistica del territorio comunale soggetti a concessione edilizia, sia nelle nuove costruzioni che nei risanamenti. All'interno della procedura R.I.E. il verde pensile è considerato strumento primario per compensare la sigillazione dei suoli, per l'aumento del benessere ambientale e per il miglioramento del microclima. In Abram, P., Crescini, E., Zanon, K., Largaiolli, G., Califano, I. (2004) *Più Verde per norma*, in Acer n° 4, 28-33

²⁸ L'Amministrazione Comunale di Torino, con delibera del Consiglio Comunale n. 306 del 16.9.96, ha adottato un programma di supporto tecnico e sovvenzioni per restituire alla città aree verdi, incentivando l'installazione di verde pensile²⁷; anche Roma ha previsto finanziamenti per la realizzazione di un giardino pensile, ma il risultato ad oggi maturato non è soddisfacente. In Abram, P. (2004), *Giardini Pensili. Coperture a verde e gestione delle acque meteoriche*. Sistemi Editoriali Editore, Napoli

Segnali interessanti arrivano dall'Emilia Romagna: nel regolamento edilizio del Comune di Reggio Emilia Faenza sono stati da poco introdotti incentivi per l'architettura verde in generale, tra cui la realizzazione di verde pensile per più del 50% della superficie di copertura. Anche i Comuni di Rimini e Cesenatico hanno introdotto alcuni riferimenti nei loro piani regolatori volti ad incentivare il verde pensile. A Milano, la giunta ha inserito il verde pensile fra gli aggiornamenti al Regolamento edilizio spingendone l'uso, laddove possibile, su tutte le coperture piane. In Clausi, M., (2009), *Il giardino sul tetto che scotta*, in <http://www.greenme.it/abitare/orto-e-giardino/353-green-roof-il-giardino-sul-tetto-che-scotta>

²⁹ L'Associazione Italiana Verde Pensile (AIVPEP) ha per finalità la divulgazione delle tecniche per l'inverdimento pensile. In <http://www.aivep.org>

³⁰ La norma UNI 11235 :2007 definisce i criteri di progettazione, esecuzione, controllo e manutenzione di coperture continue a verde, in funzione delle particolari situazioni di contesto climatico, di contesto edilizio e di destinazione d'impiego

componenti, 9) *Istruzioni per esecuzione ed il controllo*, 10) *Collaudi*, 11) *Manutenzione*.

I cambiamenti climatici rappresentano oggi una delle problematiche ambientali che interessano il nostro pianeta. Il mondo scientifico concorda all'unanimità sul fatto che si stia verificando un riscaldamento globale causato dalle emissioni dei gas serra o GHG (Greenhouse Gas) prodotti dalle attività umane. Sebbene la conoscenza degli effetti dei mutamenti climatici sia in continua evoluzione, un cambiamento eccessivo potrebbe avere conseguenze sull'economia e sulla qualità della vita per le generazioni odierne e future.

Le tecnologie per il verde si stanno qualificando come una probabile strada per lo sviluppo sostenibile³¹ delle città, investendo non soltanto problematiche interscalari ma restituendo un possibile elemento per la trasformazione su basi ecologiche delle città.

I vantaggi di tipo economico riguardano l'aumento della qualità dell'abitazione (fruibilità delle superfici e miglioramento dell'aspetto del contesto) e contemporaneamente l'aumento del valore degli immobili (garanzia di una maggiore durata della struttura del tetto dalle sollecitazioni termiche e meccaniche). I vantaggi di

³¹Lo sviluppo sostenibile è una forma di sviluppo della società (che comprende lo sviluppo economico, delle città, delle comunità ovvero sociale e ambientale ecc.) che non compromette la possibilità delle future generazioni di perdurare nello sviluppo stesso, preservando la qualità e la quantità del patrimonio e delle riserve naturali (che sono esauribili, mentre le risorse sono considerabili come inesauribili). L'obiettivo è di mantenere dunque uno sviluppo economico compatibile con l'equità sociale e gli ecosistemi (ecocompatibilità), operante quindi in regime di equilibrio ambientale. La prima definizione in ordine temporale è stata quella contenuta nel rapporto Brundtland (dal nome della presidente della Commissione, la norvegese Gro Harlem Brundtland) del 1987 e poi ripresa dalla Conferenza mondiale sull'ambiente e lo sviluppo dell'ONU (World Commission on Environment and Development, WCED). Lo sviluppo sostenibile si basa su due principi ecologici: 1) che il tasso di estrazione delle risorse naturali sia inferiore al tasso di rigenerazione delle stesse, 2) che il tasso di restituzione dei prodotti di rifiuto non superi il tasso di assorbimento dell'ambiente. Questi due principi vanno poi integrati con le condizioni di sostenibilità economica e sociale. La sostenibilità economica si riferisce alla realizzazione di un tasso di investimento capace di mantenere costante nel tempo le risorse di capitale nelle sue diverse forme (capitale naturale, manufatto sociale ed umano); la sostenibilità sociale, che esprime le condizioni dell'ecologia umana, richiede che si riescano a ridistribuire le opportunità soprattutto a partire dal lavoro/occupazione. Fusco Girard, L., Nijkamp, P. (1996), *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*, Franco Angeli, Milano - Fusco Girard, L. (2005), *Manutenzione e sostenibilità delle città e del territorio*, in Caterina, G. (a cura di) (2005), *Per una cultura manutentiva. Percorsi didattici ed esperienze applicative di recupero edilizio ed urbano*, Liguori, Napoli

tipo ecologico riguardano l'intercettare gli inquinanti ed i residui di combustione, il trattenere le polveri, il trasformare l'anidride carbonica in ossigeno per contrastare in parte il cambiamento climatico attraverso il miglioramento del ciclo dell'acqua e la regimazione idrica.

Tecnicamente le coperture a verde si dividono in due grandi tipologie: le coperture a verde estensivo (tetti verdi) e le coperture a verde intensivo (giardini pensili veri e propri).

Le realizzazioni estensive si riferiscono, generalmente, a superfici abbastanza estese e sono tipiche di coperture in cui la soletta ha capacità di carico ridotta oppure è inclinata e dal momento che il substrato colturale presenta spessori minimi (da 2 a 20 cm) i costi di realizzazione risultano contenuti. Inoltre anche la manutenzione richiede interventi minimi poiché la vegetazione, la cui scelta è determinata dallo spessore del substrato e dalla localizzazione geografica, è costituita da vari "miscugli" di muschi, Sedum, piantine perenni grasse, graminacee, erbacce perenni e piccoli arbusti.

Le realizzazioni intensive interessano solette che possono sopportare carichi superiori a 200 kg/m² e, grazie allo spessore maggiore del substrato (spessore minimo del sistema 30 cm) offrono possibilità di progettazione più ampie quali l'uso di piccoli e grandi arbusti, l'inserimento di soggetti d'alto fusto, la realizzazione di prati ornamentali e di ambientazioni più complesse. In questi casi la manutenzione è molto più onerosa e, a seconda dei sistemi tecnologici adottati, si deve predisporre l'irrigazione. Il verde pensile intensivo garantisce maggiori vantaggi rispetto alla copertura a verde di tipo estensivo anche se è più costoso e presenta maggiori problemi tecnici, legati soprattutto ai carichi e all'isolamento termoacustico³².

³² Bortolotti, E. (2005), *Il verde possibile. Tecnologie costruttive per tetti verdi e i giardini pensili*, in http://www.progeasystem.net/files/NORMATIVA/Nazionale_BioediliziaBioarchitettura/Tetti%20verdi.pdf

Riferimenti bibliografici

M. Fiori, M., Poli, T. (2008), *Coperture a verde. Esempi di progettazione*, Maggioli Editore, Rimini, pp.634-637

Abram, P. (2006), *Verde pensile in Italia e in Europa*, il verde editoriale editore, Milano

Nicolin, P. (a cura di) (1984), *Verso un'architettura*, Milano, Longanesi

Abram, P. (2004), *Giardini Pensili. Coperture a verde e gestione delle acque meteoriche*. Sistemi Editoriali Editore, Napoli

Abram, P., Crescini, E., Zanoner, K., Largaiolli, G., Califano, I. (2004) *Più Verde per norma*, in Acer n° 4, 28-33

Fusco Girard, L. (2005), *Manutenzione e sostenibilità delle città e del territorio*, in Caterina, G. (a cura di) (2005), *Per una cultura manutentiva. Percorsi didattici ed esperienze applicative di recupero edilizio ed urbano*, Liguori, Napoli. pp. 9-18

Fusco Girard, L., Nijkamp, P. (1996), *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*, Franco Angeli, Milano

Siti web consultati

http://ec.europa.eu/clima/policies/brief/eu/package_en.htm

European Federation of Green Roof Associations – EFB, in <http://www.efb-greenroof.eu/>, consultato il 02.02.2011

Cooper, J. (2008), *Eco – New York*, in *Architettura del Paesaggio*, Aprile/Settembre, in <http://www.harpo-group.com/verdepensile/pubblicazioni/roof-garden-newyork.pdf>, consultato il 02.02.2011

Clausi, M., (2009), *Il giardino sul tetto che scotta*, in <http://www.greenme.it/abitare/orto-e-giardino/353-green-roof-il-giardino-sul-tetto-che-scotta>, consultato il 30.01.2011

<http://www.aamterranuova.it/article3386.htm>, consultato il 03.02.2011

<http://www.aivep.org>, consultato il 02.02.2011

B. Stefani, *Istruzioni per la corretta progettazione di coperture verdi* in http://www.bioarchitettura-rivista.it/Anticipazioni/55_TETTIVERDI.pdf, consultato il 03.02.2011

Bortolotti, E. (2005), *Il verde possibile. Tecnologie costruttive per tetti verdi e i giardini pensili*, in http://www.progeasystem.net/files/NORMATIVA/Nazionale_Bioedilizia_Bioarchitettura/Tetti%20verdi.pdf, consultato il 02.02.2011

Bianchi, S. (2009), *Klimahaus a Bolzano il risparmio energetico è di casa*, in <http://www.greenme.it/abitare/risparmio-energetico/350-klimahaus-a-bolzano-il-risparmio-energetico-e-casa>, consultato il 30.01.2011

Vedova, A.M. (2009), *Tetti verdi contro il climate change*, in <http://www.greenme.it/abitare/bioedilizia-e-bioarchitettura/444-tetti-verdi-contro-il-climate-change>, consultato il 020.02.2011

Fiori, M. 2006, *Tetti verdi: il codice di pratica*, in http://www.harpo-group.com/verdepensile/pubblicazioni/tetti-verdi_codice-pratica.pdf, consultato il 17.02.2011

<http://www.eaue.de/winuwd/190.htm>, consultato il 24.11.2011

1.3 Esigenze requisiti e prestazioni delle coperture continue piane a verde

L'individuazione dell'elemento tecnico³³ copertura³⁴ come scelta di ambito di applicazione del materiale Hypucem, è avvenuta mediante una rilettura secondo la logica sistemica³⁵ degli elementi tecnici del Sistema edilizio³⁶. Le chiusure superiori³⁷, secondo questa logica, possono essere suddivise in due classi di elementi: 1) copertura 2) infisso esterno orizzontale.

Secondo lo schema riportato di seguito la copertura, a sua volta, può essere classificata in base alla morfologia, alla funzionalità, all'accessibilità, alla geometria.

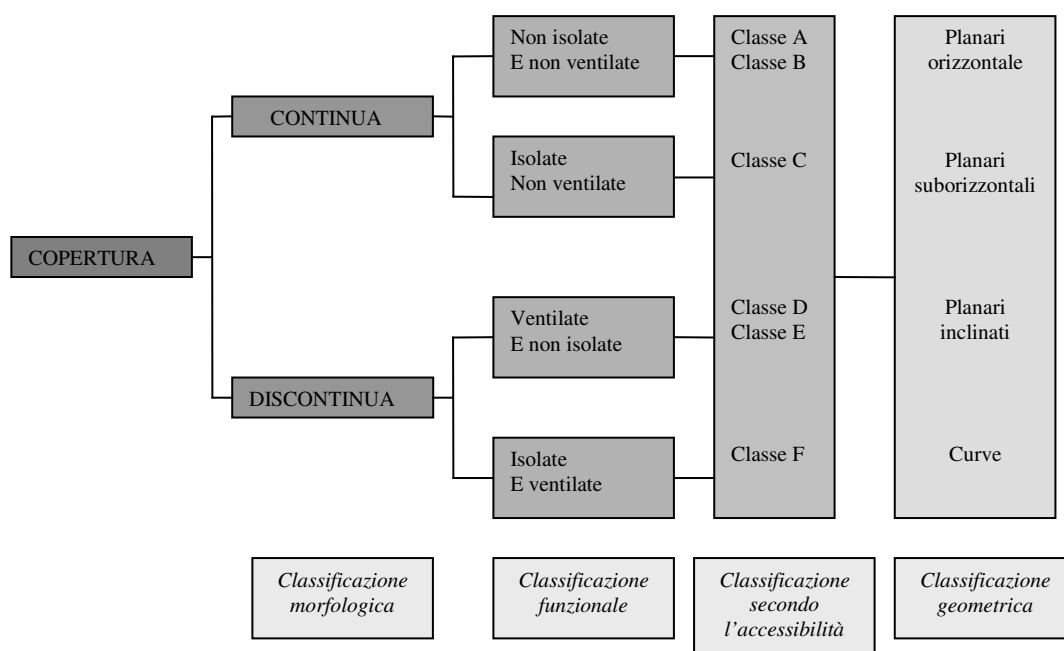
³³ *Elemento tecnico*: "prodotto edilizio più o meno complesso capace di svolgere completamente o parzialmente funzioni proprie di una o più unità tecnologiche e che si configura come componente caratterizzante di un subsistema tecnologico". UNI 10839:1999, *Edilizia – Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*.

³⁴ "Copertura, classe che sopporta i carichi naturali e quelli dovuti all'utilizzo impedendo il passaggio di persone, animali ed oggetti anche nei casi di shock meccanico; controlla il passaggio di sostanze liquide e gassose e il passaggio di energia termica fra interno ed esterno". *Manuale di progettazione edilizia* (Volume IV) – AA.VV.. Ed. Hoepli, Milano 1999, pag. 443

³⁵ La logica sistemica consente di governare la complessità della realtà contemporanea. Per *sistema* si intende un insieme strutturato di elementi connessi tra loro tramite relazioni e secondo un'algebra.

³⁶ Per Sistema edilizio si intende un "insieme strutturato di elementi spaziali e di elementi tecnici, caratterizzati dalle loro funzioni e relazioni reciproche".

³⁷ "Per chiusura superiore si intende un "insieme degli elementi tecnici orizzontali o sub-orizzontali del sistema edilizio aventi funzione di separare gli spazi interni del sistema edilizio stesso dallo spazio esterno sovrastante", UNI 8290-1:1981, *Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Classificazione e terminologia*.



Classificazione della copertura: morfologico-funzionale³⁸

- in base alla **morfologia** - le coperture vengono differenziate *in relazione alla loro continuità, cioè all'assenza di strato di tenuta dell'acqua, determinando due sottoclassi alle quali fanno riferimento i modelli funzionali: le coperture continue e le coperture discontinue*, le prime realizzano la tenuta all'acqua indipendentemente dalla pendenza della superficie della struttura, le seconde realizzano la tenuta all'acqua a condizione che la pendenza sia considerevole³⁹
- In base alla **funzionalità** – le coperture si differenziano con riferimento agli strati funzionali caratteristici che determinano il comportamento termo igrometrico della classe di elementi tecnici e si suddividono in : coperture **non isolate e non ventilate** che non controllano la trasmissione del calore ed il comportamento termo igrometrico attraverso strati funzionali specifici; **coperture isolate e non ventilate** che controllano la trasmissione di calore attraverso uno strato funzionale specifico ma non controllano il comportamento igrometrico; le **coperture ventilate e non**

³⁸ AA.VV. 1999, *Manuale di progettazione edilizia* (Volume IV), Ed. Hoepli, Milano, pag. 444

³⁹ Ivi, p. 443

isolate che controllano il comportamento termo igrometrico attraverso uno strato funzionale specifico ma non controllano la trasmissione di calore; le *coperture isolate e ventilate* che controllano il comportamento termo igrometrico e la trasmissione di calore attraverso strati funzionali specifici⁴⁰.

- In base all'**accessibilità** – le coperture vengono differenziate secondo il grado di accessibilità determinato dagli strati funzionali impiegati e dalle loro caratteristiche e sono: **coperture di classe A**, accessibili esclusivamente per la sua manutenzione; **coperture di classe B**, accessibile per la sua manutenzione e per quella degli impianti su di essa installati, **copertura di classe C**, accessibile ai pedoni (carico 400kg/m²); **copertura di classe D**, accessibile ai veicoli leggeri (< 2 t per asse); **copertura di classe E**, accessibile ai veicoli pesanti (> 2 t per asse), **coperture di classe F**, soddisfa le funzioni relative al giardino pensile (sollecitazioni meccaniche e chimiche)⁴¹.
- In base alla **geometria** – le coperture sono differenziate in relazione alle caratteristiche geometriche e sono: **coperture planari orizzontali** con pendenza < a 1%; **coperture planari sub orizzontali** con pendenza varia da 1% a 5%; **coperture planari inclinate** con pendenza > a 5%; **coperture curve** che presentano la superficie dell'estradosso con un andamento curvo regolare o irregolare⁴².

Per l'applicazione di Hypucem il percorso seguito secondo le classificazioni descritte per la determinazione della scelta dell'elemento tecnico è stato **copertura continua- copertura isolata e ventilata – copertura classe F – copertura planari sub orizzontali** che verrà indicato come **copertura continua piana a verde**.

⁴⁰ *Ibidem*

⁴¹ *Ibidem*

⁴² *Ibidem*

Le coperture continue piane a verde sono regolamentate dalla norma UNI 11235:2007⁴³ che ne detta i requisiti⁴⁴ tali da consentire di definire la qualità richiesta, le prestazioni⁴⁵ e le classi di esigenze⁴⁶ per l'elemento tecnico su cui impostare la sperimentazione di Hypucem; l'analisi della norma ha condotto all'individuazione delle prove di laboratorio.

La normativa ripropone, per le coperture a verde, gli stessi requisiti delle coperture continue piane introducendone alcuni specifici relativi allo strato colturale definiti come: capacità drenante, capacità di aereazione dello strato colturale, capacità agronomica, capacità di accumulo idrico e capacità di areazione dello strato drenante⁴⁷.

Le classi di esigenze individuate dalla norma UNI 8289:1981 e successivamente dalla UNI 11277:2008 – sono:

1. Sicurezza⁴⁸
2. Benessere⁴⁹
3. Aspetto⁵⁰

⁴³ UNI 11235:2007 “Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde”

⁴⁴“ *Requisito*, traduzione di un'esigenza in fattori atti a individuare le condizioni di soddisfacimento da parte di un organismo edilizio o di sue parti spaziali o tecniche, in determinate condizioni di uso e/o di sollecitazione”. UNI 10839:1999, *Edilizia – Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*, p. 4

⁴⁵“ *Prestazione*, comportamento reale dell'organismo edilizio e/o delle sue parti nelle effettive condizioni di uso e di sollecitazione”. *Ibidem*

⁴⁶“ *Classe di esigenza*, esplicitazione di bisogni dell'utenza finale tenuto conto dei vincoli che l'ambiente naturale pone all'ambiente costruito. La loro individuazione passa attraverso l'analisi dei bisogni da soddisfare confrontati con fattori di tipo ambientale, culturale ed economico”. UNI 8289:1981- *Edilizia Terminologia*

⁴⁷ *Capacità drenante della copertura*: Attitudine della copertura a consentire il drenaggio di acqua di origine naturale e d artificiale. *Capacità di aereazione dello strato colturale* : Attitudine dello strato colturale a mantenere una sufficiente aereazione per consentire idonee condizioni di ossigenazione. *Capacità agronomica*: Attitudine di un sistema e/o di un suo componente a favorire e mantenere nel tempo le condizioni agronomiche necessarie al corretto sviluppo della vegetazione in funzione del contesto. *Capacità di accumulo idrico*: Attitudine di elementi o del sistema nel suo complesso ad assumere acqua piovana o di irrigazione e di trattenerla rendendola disponibile per la vegetazione. *Capacità di aereazione dello strato drenante*: Attitudine dello strato drenante a mantenere una sufficiente aereazione per consentire idonee condizioni di ossigenazione, in UNI 11235:2007 “Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde, Termini e Definizioni, pagg. 3,4

⁴⁸“ *Sicurezza*, Insieme delle condizioni relative alla incolumità degli utenti, nonché alla difesa e prevenzione di danni in dipendenza da fattori accidentali, nell'esercizio del sistema edilizio”. UNI 8289:1981 *Edilizia. Esigenze dell'utenza finale. Classificazione*.

⁴⁹“ *Benessere*, insieme delle condizioni relative stati del sistema edilizio adeguati alla vita, alla salute ed allo svolgimento delle attività degli utenti”. *Ibidem*

4. Fruibilità⁵¹
5. Gestione⁵²
6. Integrabilità⁵³
7. Salvaguardia dell'ambiente⁵⁴
8. Utilizzo razionale delle risorse⁵⁵

I requisiti si riferiscono all'elemento tecnico anche se, alcuni di essi sono relativi a specifici strati tecnici costituenti l'elemento. Nella seguente tabella si riportano i requisiti in relazione alle classi di esigenze delle coperture continue piane evidenziando quelli specifici delle coperture a verde.

⁵⁰ “Aspetto, insieme delle condizioni relative alla fruizione percettiva del sistema edilizio da parte degli utenti”. *Ibidem*

⁵¹ “Fruibilità, insieme delle condizioni relative all'attitudine del sistema edilizio ad essere adeguatamente usato dagli utenti nello svolgimento delle attività”. *Ibidem*

⁵² “Gestione, insieme delle condizioni relative all'economia di esercizio del sistema edilizio”. *Ibidem*

⁵³ “Integrabilità, insieme delle condizioni relative all'attitudine delle unità e degli elementi del sistema edilizio a connettersi funzionalmente tra di loro”. *Ibidem*

⁵⁴ “Salvaguardia dell'ambiente, insieme delle condizioni relative al mantenimento e miglioramento degli stati dei sovrasistemi di cui il sistema edilizio fa parte”. *Ibidem*

⁵⁵ “Utilizzo razionale delle risorse, insieme delle condizioni per utilizzare le risorse dell'ambiente in modo coerente nei confronti degli utenti e dell'ambiente stesso con un regime economico/ambientale definito”. *UNI 11277:2008 Sostenibilità in edilizia - Esigenze e requisiti di eco compatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione*

Classe di esigenza	Requisiti
Sicurezza	Resistenza meccanica ai carichi statici
	Resistenza meccanica ai carichi dinamici
	Resistenza agli urti
	Resistenza all'abrasione
	Comportamento in caso di incendio
	Sicurezza alle esplosioni
	Sicurezza ai fenomeni elettromagnetici
	Resistenza alle deformazioni
	Resistenza alle intrusioni
	Resistenza allo shock termico
	Resistenza agli agenti chimici, biologici e radiativi
	Resistenza al gelo
	Stabilità dimensionale
Benessere	Tenuta all'acqua
	Permeabilità all'aria
	Isolamento termico
	Inerzia termica
	Controllo delle condensazioni interstiziali
	Isolamento acustico
	Non rumorosità
	Non emissione di sostanze nocive
	Comfort tattile
	Capacità drenante della copertura
	Capacità di aerazione dello strato colturale
Aspetto	Regolarità di aspetto
	Capacità agronomica
Fruibilità	Attrezzabilità
Gestione	Contenimento dei consumi energetici
	Durabilità e manutenzione
Integrabilità	Attitudine alla connessione funzionale delle parti costituenti
	Attitudine alla connessione funzionale con gli elementi contigui
	Attitudine all'integrazione impiantistica
Salvaguardia dell'ambiente	
Utilizzo razionale delle risorse	Capacità di accumulo idrico

Classi di esigenze e requisiti delle coperture⁵⁶

Tra tutti i requisiti richiesti, quello fondamentale per la funzionalità della copertura a verde è la tenuta dell'acqua, che dipende dalla garanzia di continuità dello strato impermeabile da cui l'ipotesi di creare un "sistema integrato" Hypucem – prodotti impermeabilizzanti da sottoporre alle prove di laboratorio per consentire la verifica dell'impiego di Hypucem nelle coperture continue piane e verde

⁵⁶ AA.VV. 1999, *Manuale di progettazione edilizia* (Volume IV), Ed. Hoepli, Milano, pag. 445

Riferimenti bibliografici

AA.VV. 1999, *Manuale di progettazione edilizia* (Volume IV), Ed. Hoepli, Milano, pag. 443

UNI 10839:1999, *Edilizia Terminologia*

UNI 8289:1981, *Edilizia Terminologia*

UNI 11277:2008, *Edilizia Terminologia*

1.4 Studio della Normativa UNI 11235:2007 “Istruzioni per la progettazione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde”

La normativa UNI 11235:2007 definisce le “Istruzioni di progettazione, esecuzione, manutenzione e controllo di coperture a verde”.

A livello internazionale esistevano già linee guida su questo argomento. Attualmente come linee guida si può far riferimento alle tedesche “*Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen*” redatte dall’FLL. (*Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau* - Associazione di ricerca dei costruttori del paesaggio) - che però, in Italia, presentano difficoltà applicative per differenti situazioni culturali, di contesto climatico, di tecnologie costruttive. Di conseguenza, la nuova UNI 11235, partendo dalle esperienze progettuali italiane, ha costruito uno strumento operativo per progettisti, direttori lavori, collaudatori, produttori, applicatori delle opere o manutentori, fornendo regole unificate.

La normativa distingue due principali tipologie : quello a verde estensivo e quello a verde intensivo, che si distinguono per costi di costruzione, oneri di manutenzione e prestazioni globali.

Per verde estensivo si intende un sistema che utilizza specie vegetali in grado di adattarsi e svilupparsi nelle condizioni ambientali in cui sono poste, che richiede spessori di substrato di coltivazione limitati e minimi interventi di manutenzione mentre per verde intensivo si intende un sistema che richiede maggiori cure rispetto al precedente e

l'ausilio di una manutenzione di maggiore intensità, in funzione delle associazioni di specie vegetali.

La norma UNI 11235/2007 è strutturata in 11 capitoli:

1. *Scopo e campo di applicazione*⁵⁷: “coperture a verde con elemento di tenuta realizzato con membrane bituminose, in poliolefine o in polivinilcloruro, in funzione delle particolari situazioni di destinazione d’uso, di contesto climatico e di contesto edilizio.”
2. *Riferimenti normativi*⁵⁸: “la normativa rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni.”
3. *Termini e definizioni*.⁵⁹
4. *Agenti e requisiti*⁶⁰: “agenti interferenti sul sistema “coperture a verde” e requisiti richiesti agli elementi o strati delle coperture a verde.”
5. *Istruzioni per la progettazione*⁶¹: gli obiettivi per cui si sceglie di utilizzare una copertura a verde possono essere molteplici, ad esempio se si vuole realizzare “uno spazio atto allo svolgimento di un’attività all’aperto” bisognerà valutare correttamente “l’usura dello strato di vegetazione, i carichi che dovrà sopportare e il grado conseguente di manutenzione” necessaria. In altri casi si può realizzare “un elemento solamente estetico che abbia valenza puramente architettonica e paesaggistica”; ancora: se si richiede ad esempio “una variazione delle prestazioni ambientali interne dell’edificio bisognerà dare molta importanza al progetto prestazionale della copertura, in particolar modo per quanto riguarda quello termico ed acustico.”

Un ulteriore obiettivo potrebbe essere quello delle “variazioni delle condizioni di contesto ambientale esterno all’edificio”; si tratta in sostanza “della capacità della

⁵⁷ UNI 11235:2007 *“Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde”*, Capitolo 1, p. 1

⁵⁸ *Ibidem*

⁵⁹ *Ivi*, p. 3

⁶⁰ *Ivi*, p. 5

⁶¹ *Ibidem*

copertura a verde di assorbire polveri, di costituire un eventuale elemento di assorbimento acustico e di regimazione idrica e di mitigazione della temperatura² ed ancora l'obiettivo potrebbe essere legato alla problematica delle compensazione ambientale.⁶²

La norma sottolinea anche un'analisi del contesto attraverso la necessità di effettuare un'indagine dal punto di vista climatico e territoriale in modo da identificare le variabili che possono influenzare, in particolare, la tipologia della vegetazione. “Le specie vegetali risentono infatti in maniera sensibile del contesto climatico; la loro scelta deve quindi tenere conto delle caratteristiche del sito, come per esempio: la temperatura media giornaliera dell'aria, l'escursione termica giornaliera e annua, l'umidità, le precipitazioni, il vento, la cui conoscenza è necessaria per una corretta progettazione.” È evidente che, “più ci si discosta dalle condizioni ottimali di crescita di una specie vegetale, più sarà necessario apportare energia al sistema sia in fase costruttiva sia in fase manutentiva.”

Dovranno inoltre essere valutate altre condizioni particolari come, ad esempio, l'esposizione solare, i venti prevalenti, i carichi di neve, le emissioni di aria o di fumi da impianti tecnici, l'eventuale esposizione alla salsedine o l'inquinamento da polveri.⁶³

Ancora vengono indicati i “requisiti specifici”⁶⁴, con riferimento alle coperture continue, riguardanti “elementi, strati e impianti componenti il sub-sistema”⁶⁵, nonché indicazioni sulla “progettazione degli elementi o strati ed impianti componenti il sub sistema”⁶⁶ maggiormente significativi per le coperture a verde e compatibilità fra gli strati.⁶⁷

⁶² *Ibidem*

⁶³ Ivi, p. 6

⁶⁴ Ivi, p. 7

⁶⁵ *Ibidem*

⁶⁶ *Ibidem*

⁶⁷ Ivi, pp. 5-6

La norma UNI 11235, fornisce le specifiche e i criteri di calcolo per la progettazione riguardanti la composizione di tutti gli elementi o strati primari (portante, di tenuta, di protezione dall'azione delle radici, drenanti, di accumulo idrico, filtranti, strati colturali e di vegetazione), e di quelli secondari (strato di barriera a vapore, strato di schermo al vapore, strato termoisolante, strato di pendenza, di regolarizzazione, di imprimitura, di continuità, di diffusione e/o equalizzazione delle pressioni al vapore, di irrigidimento o ripartizioni dei carichi, di protezione, di zavorramento, strato antierosione, impianti di irrigazione)⁶⁸. Per quanto riguarda lo strato colturale la norma fornisce anche gli spessori minimi da utilizzare in base al tipo di vegetazione.⁶⁹

SPessori MINIMI DELLO STRATO COLTURALE COMPRESO COEFFICIENTE DI COMPATTAZIONE⁷⁰

Tipo di vegetazione	Spessore dello strato colturale (cm)							
	8	10	15	20	30	50	80	100
Sedum	■							
Erbacee perenni a piccolo sviluppo		■						
Grandi erbacee perenni, piccoli arbusti tappezzanti			■					
Tappeti erbosi			■					
Arbusti di piccola taglia				■				
Arbusti di grande taglia e piccoli alberi					■			
Alberi di III grandezza						■		
Alberi di II grandezza							■	
Alberi di I grandezza								■

6. *Schemi funzionali e classificazione del sistema⁷¹*: le coperture a verde vengono suddivise in schemi funzionali: coperture a verde con elemento di accumulo idrico

⁶⁸ Ivi, pp.7-14

⁶⁹ Ivi, pp-14-15

⁷⁰ Ivi, p. 18

e copertura a verde senza elemento di accumulo idrico, con i relativi elementi: elemento di tenuta, elemento drenante, elemento di protezione dall'azione delle radici, elemento di protezione meccanica, elemento di accumulo idrico, elemento drenante, elemento filtrante, strato culturale, strato di vegetazione.

In seguito sono classificate secondo diversi parametri⁷²: la fruibilità della copertura, la pendenza superficiale, la manutenzione del sistema verde, il controllo delle condizioni ambientali interne, la mitigazione ambientale per l'intorno territoriale.

7. *Documentazione di progetto*: la normativa rimanda, per quel che concerne i lavori pubblici, alla documentazione indicata nella legislazione vigente con, in più, l'indicazione della classificazione della copertura.⁷³
8. *Materiali e componenti*⁷⁴: per ogni singolo elemento o strato sono elencati i materiali attualmente e prevalentemente utilizzati, fornendo anche le indicazioni sulle più importanti caratteristiche che devono essere valutate in fase di scelta del prodotto e per ognuno di essi vengono indicati i requisiti e il relativo metodo di prova.

Dove è possibile la norma inserisce i valori limite delle caratteristiche di ciascun materiale, supportate da un riferimento normativo.

9. *Istruzioni per esecuzione ed il controllo*⁷⁵: “per un corretto funzionamento della copertura nel tempo, è necessario che tutto il processo di esecuzione delle opere sia accuratamente controllato” dall'elemento di tenuta alla preparazione del supporto e posa, ai particolari tecnici (angoli e simili) , alle condizioni ambientali di posa,

⁷¹ *Ibidem*

⁷² Ivi, pp. 18-21

⁷³ *Ibidem*

⁷⁴ Ivi, pp. 21-29

⁷⁵ Ivi, pp. 30-32

all'elemento di protezione all'azione delle radici, allo strato culturale e strato di vegetazione considerando coperture estensive e coperture intensive.

10. *Collaudi*⁷⁶: sono previsti quelli che “devono assicurare che gli interventi edili ed agronomici rispondano alle prescrizioni di progetto” e riguardano: controllo dello strato di supporto dell'elemento di tenuta, controllo iniziale dell'elemento di tenuta, controllo finale dell'elemento di tenuta all'acqua del sistema, effettuato al termine dei lavori relativi alla copertura a verde, prima della posa dello strato di vegetazione, controllo delle stratigrafie e degli impianti accessori idrico, elettrico, ecc...), controllo delle opere a verde, effettuato entro un anno dal termine dei lavori.

11. *Manutenzione*⁷⁷: le tipologie sono classificate in maniera seguente: manutenzione delle opere a verde con le relative sottotipologie (manutenzione di avviamento al controllo, manutenzione di avviamento al regime – solo per estensivo -, manutenzione ordinaria, manutenzione straordinaria), manutenzione del sistema di drenaggio, manutenzione del sistema delle acque meteoriche e dell'elemento di tenuta.

Riferimenti bibliografici

UNI 11235:2007 “ *Istruzioni per la progettazione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde*”

1.5 Sistema integrato Hypucem – Impermeabilizzante per la riqualificazione delle coperture continue piane a verde

La scelta culturale dell'ambito specifico delle coperture continue piane a verde, cui applicare il materiale innovativo Hypucem, si inserisce in un contesto più esteso ed attuale, concernente le problematiche mondiali che ultimamente vengono definite

⁷⁶ Ivi, pp. 33-34

⁷⁷ Ivi, pp. 34-36

come sfide della società⁷⁸ e che riguardano soprattutto la salvaguardia ambientale, il cambiamento climatico, l'abbattimento del CO₂, oppure l'utilizzo più razionale ed adeguato delle risorse ed il risparmio energetico. Le coperture a verde, infatti, vengono viste come una delle tecnologie del settore in grado di apportare soluzioni parziali alle dette problematiche. Infatti, attraverso l'utilizzo delle summenzionate tecnologie, si possono avere vantaggi sia in scala edilizia sia in scala urbana: nel primo caso, infatti, intervenendo sul singolo edificio, tali tecnologie esprimono prestazioni relative ai requisiti specifici di: capacità drenante, capacità di aereazione dello strato colturale, capacità agronomica, capacità di accumulo idrico e capacità di aereazione dello strato drenante⁷⁹; nel secondo, invece, elaborando un progetto in scala urbana, si possono avere dei vantaggi come l'assorbimento dell'acqua piovana e dunque lo smaltimento più lento delle acque meteoriche e ancora un rallentamento del processo di obsolescenza delle reti fognarie, filtraggio dell'inquinamento urbano, riduzione dell'anidride carbonica. La presenza del verde sul tetto riduce la velocità del vento, favorisce l'insediamento di ecosistemi, riduce gli effetti delle isole di calore urbano ed ancora può essere utilizzato come uno strumento per nuovi linguaggi architettonici, per cui sarà molto più piacevole avere del verde come landscape, piuttosto che tetti con i tipici manti bituminosi.

⁷⁸ Nel corso del vertice 10 anniversario del processo di Barcellona nel 2005, i partner euromediterranei si sono impegnati ad aumentare gli sforzi per ridurre sostanzialmente l'inquinamento del Mediterraneo entro il 2020, in quello che divenne noto come il "iniziativa Horizon 2020" (H2020). Orizzonte 2020 è stato approvato durante la Conferenza dei Ministri dell'Ambiente svoltasi al Cairo nel novembre 2006 ed è oggi una delle iniziative fondamentali approvati dalla Unione per il Mediterraneo (UpM) al suo lancio a Parigi nel 2008. L'iniziativa "Horizon 2020" mira a disinquinare il Mediterraneo entro il 2020 affrontando le fonti di inquinamento, che rappresentano circa l'80% dell'inquinamento totale del Mediterraneo: i rifiuti urbani, le acque reflue urbane e l'inquinamento industriale. L'iniziativa è costruita attorno a quattro elementi: 1) i progetti per ridurre le fonti di inquinamento più significative incentrate sulle emissioni industriali, i rifiuti urbani e delle acque reflue urbane, responsabili per un massimo di 80% di inquinamento nel Mar Mediterraneo, 2) potenziamento delle capacità per aiutare i paesi limitrofi creare amministrazioni nazionali ambientali che sono in grado di sviluppare e di polizza leggi ambientali; 3) utilizzo del bilancio di ricerca della Commissione di sviluppare e condividere la conoscenza delle questioni ambientali rilevanti per il Mediterraneo, 4) lo sviluppo di indicatori per monitorare il successo di Orizzonte 2020, in http://ec.europa.eu/environment/enlarg/med/horizon_2020_en.htm

⁷⁹ UNI 11235:2007 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde", Termini e Definizioni pp. 3-4

Prendendo in considerazione le classi di esigenze delle coperture continue piane a verde, riportate nella tabelle del capitolo 1 paragrafo 3, la scelta del materiale innovativo Hypucem è stata effettuata in relazione ai maggiori livelli prestazionali che esso riscontra, rispetto ad alcuni requisiti richiesti che, nello specifico, si riportano di seguito:

- *Isolamento termico ed inerzia termica:* Hypucem è un materiale con proprietà termiche rilevanti (conduttività termica $\lambda = 36 \text{ W/mK}$) simile ai prodotti isolanti per eccellenza come schiume di polistirene e poliuretano; rispetto a queste ultime però presenta una densità più elevata che consente il raggiungimento di migliori proprietà di inerzia termica che garantiscono un corretto sfasamento rispetto ai cicli giorno – notte. Inoltre Hypucem con la sua caratteristica “schiuma celle chiuse”⁸⁰ connessa ad una “componente cementizia” garantisce ottime proprietà di isolamento termico consentendo il superamento delle prescrizioni previste dal DPR 02.04.2009 (aggiornamento del DLgs 192.2005 e 311.2006)⁸¹.
- *Proprietà meccaniche:* le caratteristiche meccaniche in compressione (resistenza maggiore di 2 MPa) e a flessione (1,6 MPa) pongono Hypucem a confronto con materiali inorganici alleggeriti come il calcestruzzo cellulare e rispetto a quest’ultimo presenta densità notevolmente inferiore con un elevato guadagno della proprietà

⁸⁰ A seconda del tipo e delle quantità relative dei reagenti e additivi nella miscela di partenza è possibile ottenere una enorme varietà di schiume. Generalmente esse sono distinte in base alla morfologia e possono essere suddivise in due classi: 1) schiume a celle chiuse, 2) schiume a celle aperte. Le prime sono costituite da sfere chiuse adiacenti contenenti gas. Il polimero è confinato principalmente negli spazi tra tre o più sfere adiacenti. Le pareti di due sfere adiacenti sono separate da una sottilissima membrana di polimero. Nelle seconde le sfere sono interconnesse. La sottile membrana presente nella struttura a celle chiuse viene forata durante il processo di espansione e stabilizzazione. In realtà la maggior parte delle schiume ha una morfologia intermedia e si parla di inter – connessione. Naturalmente, al variare della struttura variano le caratteristiche fisiche e meccaniche dell’espanso finale indipendentemente dalle proprietà intrinseche del polimero. Le schiume a celle chiuse presentano proprietà meccaniche superiori in quanto le pareti cellulari, seppur sottilissime, forniscono un contributo aggiuntivo alla rigidità. La morfologia della schiuma influenza notevolmente anche le proprietà di isolamento termico ed acustico: le schiume a celle aperte hanno ottime proprietà fonoassorbenti mentre quelle a celle chiuse sono utilizzate per l’isolamento termico. S. Iannace, L. Verdolotti, S. Colini (2008), *La storia dei materiali cellulari nell’ingegneria*, ed. Cuzzulin.

⁸¹ L. Verdolotti, E. Di Maio, M. Lavorgna, S. Iannace (2012), *Hydration-induced reinforcement of rigid polyurethane-cement foam: mechanical and functional properties*, Journal of Materials Science, 19

specifica. Queste caratteristiche sono dovute alla formazione della fase cementizia continua che costituisce un'impalcatura rigida alla schiuma poliuretana⁸².

- *Isolamento acustico e fono assorbimento*: le proprietà acustiche di Hypucem sono dovute alla struttura porosa che garantisce un assorbimento acustico α pari a 0.85 dB (misurato a 5500 Hz) con un andamento a campana con un massimo intorno a 800 Hz. Questo comportamento è dovuto alla presenza di cavità che accrescono, a queste frequenze, le capacità di assorbimento del suono. Altra importante proprietà acustica è la perdita di trasmissione pari, per un pannello di cm 5, a 34 dB che garantisce un'ottima performance da isolamento dai rumori esterni⁸³.
- *Non emissione di sostanze nocive*: Hypucem può essere classificato come rifiuto non pericoloso assimilabile a rifiuto urbano (DLgs 22/97)⁸⁴.

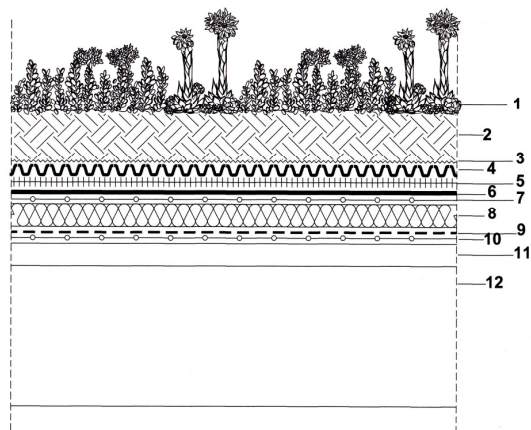
Alla luce dei requisiti sopra elencati si desume che il materiale Hypucem presenta dei punti forti nell'ambito dell'isolamento termo acustico.

Dall'analisi di stratigrafie tipo di tetto estensivo si evince che il pannello termoisolante è sempre posto al di sotto di uno strato di materiale impermeabilizzante; dunque, in riferimento all'impiego di Hypucem nei solai di copertura, è stato ipotizzato un *pacchetto*, ovvero un sistema integrato, costituito da Hypucem associato con prodotti impermeabilizzanti esistenti sul mercato, da poter sottoporre alle prove di laboratorio che al contempo sono state individuate (cfr cap. 2, par. 2.2, sottopar. 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3).

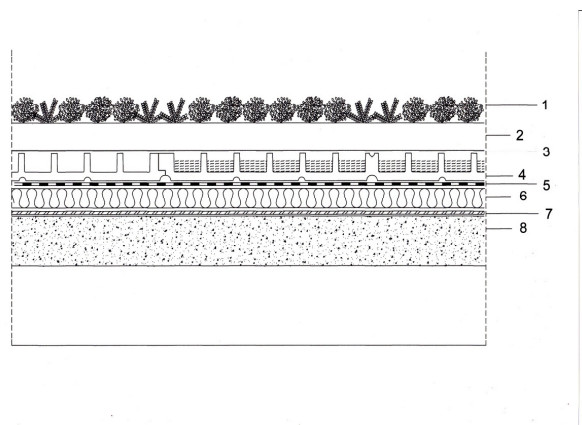
⁸² L. Verdolotti, E. Di Maio, M. Lavorgna, S. Iannace (2012), *Hydration-induced reinforcement of rigid polyurethane-cement foams: mechanical and functional properties*, Journal of Materials Science, 19

⁸³ G.Iannace, M. Masullo, E. Di Maio, L. Verdolotti (2009) *Proprietà acustiche di un nuovo materiale per l'edilizia a base di cemento e poliuretano espanso*, Nota tecnica su Rivista Italiana di Acustica, 33

⁸⁴ Brochure informativa, *HYPUCEM nel "sistema cappotto" per il miglioramento energetico nei fabbricati*, vedi scheda tecnica.



Stratigrafia tipo di verde estensivo ditta Seic: 1) Inverdimento Estensivo, 2) Miscela di substrato SEIC per inverdimenti estensivi, 3) Telo filtrante (MediFilter MF1), 4) Strato di accumulo , drenaggio aerazione (MediDrain MD 25 Sp. Ca. 2,5 cm), 5) Feltro di protezione e accumulo (MediPro MP 300), **6) Impermeabilizzazione** con membrana antiradice (HarpoPlan ZDUV), 7) Geotessile di separazione (MediTex MX 12), **8) Isolamento termico**, 9) Barriera al vapore, 10) Eventuale strato di regolarizzazione o compensazione, 11) Strato di pendenza in malta cementizia, 12) Substrato: piano di copertura in c.a.⁸⁵



Stratigrafia tipo di verde estensivo ditta Daku: 1) Miscela di sedum, 2) Miscela di substrato (Daku roof Soil 2), 3) Geotessile di separazione ((Daku Stabifilter SFE), 4) Strato di protezione, drenaggio e accumulo idrico (daku FSD 30 – 80 mm), 5) **Impermeabilizzazione** con membrana antiradice, 6) **Isolamento termico**, 7) Barriera al vapore, 8) Substrato: piano di copertura in c.a.⁸⁶

Riguardo l'ipotesi del *sistema integrato Hypucem – prodotto impermeabilizzante* l'attività si è svolta secondo le seguenti fasi di lavoro: in una prima fase sono state individuate due tipologie di prodotti impermeabilizzanti da applicare ad un prototipo di

⁸⁵ <http://wwwseic.it/>

⁸⁶ <http://wwwdaku.it/>

pannello Hypucem fornito dalla Hypucem S.r.l.⁸⁷ (materiale ibrido espanso a base di poliuretano e cemento a celle chiuse + componente cementizia con densità $\rho=230 - 300$ kg/m³) di dimensioni cm 50x50, spessore cm 6, da cui sono stati realizzati i provini da testare in laboratorio. Di seguito sono riportate le tipologie:

- Tipologia 1: Materiali monocomponenti e bicomponenti⁸⁸
- Tipologia 2: Membrana bituminosa⁸⁹

Una seconda fase del lavoro si è concentrata sulla scelta di prodotti impermeabilizzanti esistenti sul mercato seguendo le tipologie scelte; sono state individuate quattro ditte con i relativi prodotti impermeabilizzanti:

1. Kerakoll - Nanoflex Eco - Membrana impermeabile monocomponente⁹⁰
2. Mapei - Mapelastic – Malta cementizia bicomponente⁹¹
3. Rapid Mix (Azko Nobel) - An Beton R Last 20 - Malta cementizia bicomponente⁹²
4. Imper - Paralon NT 4 Plus - Membrana bituminosa⁹³

Per ogni prodotto impermeabilizzante è stata fatta una analisi tecnica di prodotto secondo la norma UNI 9038:1987 (cfr cap. 2 par. 2.3. sottopar. 2.3.1)

Una terza fase è stata dedicata alla realizzazione dei campioni da sottoporre alle prove in laboratorio avvenuta presso un cantiere edile secondo le seguenti modalità:

- Il pannello Hypucem di dimensioni cm 50x50, spessore cm 6 è stato tagliato fino ad ottenere otto pannelli di dimensioni cm 25x12,5.

⁸⁷ Società di spin – off dell’Istituto per i Materiali compositi e biomedici (IMBC) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e del Dipartimento di ingegneria dei Materiali e della Produzione dell’Università degli Studi di Napoli Federico II.

⁸⁸ AA.VV. 1999, *Manuale di progettazione edilizia* (Volume V), Ed. Hoepli, Milano

⁸⁶ *Ibidem*

⁹⁰ www.kerakoll.it

⁹¹ www.mapei.it

⁹² www.azkonobel.it

⁹³ www.imper.it

- Su quattro di questi pannelli sono stati applicati i prodotti impermeabilizzanti; in seguito, per alcune prove, i pannelli Hypucem sono stati ulteriormente tagliati, secondo le dimensioni richieste dalla norma.
- Per quanto riguarda l'applicazione dei prodotti della tipologia 1 (materiali monocomponenti e bicomponenti), al fine di ottenere uno spessore idoneo per le prove di laboratorio (circa cm 8), in particolar modo con riferimento alla prova di aderenza per trazione diretta (ai sensi della norma UNI EN 1015-12:2002), la realizzazione dei provini ha richiesto dei tempi relativamente lunghi, dovendo applicare, al pannello/supporto Hypucem, più mani di prodotto con i relativi tempi di stagionatura. Per il prodotto della tipologia 2 (membrana bituminosa) il tempo di applicazione è stato immediato.

Riferimenti bibliografici

AA.VV. 1999, *Manuale di progettazione edilizia* (Volume V), Ed. Hoepli, Milan

L. Verdolotti, E. Di Maio, M. Lavorgna, S. Iannace (2012), Hydration-induced reinforcement of rigid polyurethane-cement foams: mechanical and functional properties, *Journal of Materials Science*, 19, pp. 6948- 6957 (5)

G.Iannace, M. Masullo, E. Di Maio, L. Verdolotti (2009) *Proprietà acustiche di un nuovo materiale per l'edilizia a base di cemento e poliuretano espanso*, Nota tecnica su *Rivista Italiana di Acustica*, 33 pp. 49-51 (7)

S. Iannace, L. Verdolotti, S. Colini (2008), *La storia dei materiali cellulari nell'ingegneria*, ed Cuzzulin, pp. 195-203

Brochure informativa, *HYPUCEM nel "sistema cappotto" per il miglioramento energetico nei fabbricati*, vedi scheda tecnica.

UNI 11235:2007 *"Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde"*

Siti web consultati

http://ec.europa.eu/environment/enlarg/med/horizon_2020_en.htm, consultato il 13.03.2012

<http://www.seic.it/> , consultato il 04.04.2011

<http://www.daku.it/> , consultato il 18.04.2011

<http://keracoll.it>, consultato il 27.06.2011

<http://mapei.it>, consultato il 27.06.2011

<http://azknobel.it>, consultato il 27.06.2011

<http://imper.it>, consultato il 27.06.2011

Capitolo 2 – Norme e sperimentazione di Hypucem

2.1 Normativa di riferimento: scelta dei criteri per la progettazione delle prove in laboratorio di Hypucem

Un intento della presente ricerca è stato di confrontarsi con normative UNI vigenti dalle quali sono state estrapolate le parti che sono andate a costituire la progettazione del protocollo delle prove stesse; la sperimentazione, attraverso le prove di laboratorio è stata fatta secondo delle prove esistenti e normate, analizzate nei seguenti paragrafi.

2.1.1. UNI 9038:1987 *“Edilizia. Guida per la stesura di schede tecniche per prodotti e servizi”*

La norma UNI 9038:1987 è strutturata in tre capitoli; di seguito vengono riportati le parti della norma che sono state ritenute necessarie per la stesura delle schede di prodotto dei materiali impermeabilizzanti, associati al materiale Hypucem, utilizzati per creare i provini da sottoporre alle prove di laboratorio:

“Scopo e' fornire istruzioni sufficientemente esaustive ed unitarie per indirizzare tutti gli operatori che intendono elaborare schede tecniche di prodotti edilizi e servizi al fine di contribuire, con tale strumento di comunicazione, a migliorare l' omogeneità dell' informazione tecnica del settore. Le indicazioni sono in massima parte rivolte alla preparazione di schede su supporto cartaceo; per gli altri tipi di supporto si e' ritenuto di non dover specificare nulla, dato il loro limitato impiego finora registrato e gli sviluppi prevedibili a breve termine, oltre che la possibilità per tutti gli altri tipi di

sopporto(fotografici, magnetici, ecc.) di essere ricondotti in forma cartacea. Appendice: contiene una serie di considerazioni e chiarimenti.”¹

*Blocco 1 – Informazioni sull’origine del prodotto*²

Scopo del blocco è di individuare con chiarezza la paternità del prodotto che di seguito viene schedato in termini tecnici. In tale blocco devono essere riportate le indicazioni seguenti:

a) Informazioni anagrafiche sulla ditta fornitrice/produttrice

- ragione sociale della ditta che commercializza il prodotto (nome e sigla dell’azienda; tipo di società; indirizzo completo della sede; telefono e fax.....)
- ragione sociale della ditta che produce il prodotto (se diversa dalla precedente) (nome e sigla dell’azienda; tipo di società; indirizzo completo della sede; telefoni e fax.....)

b) Informazioni accessorie

- altri tipi di produzioni in atto nella ditta

*Blocco 2 – Informazioni tecniche descrittive del prodotto*³

Scopo del blocco è fornire indicazioni morfologiche - descrittive sul prodotto e sulle sue caratteristiche. nel blocco devono essere riportate le indicazioni seguenti.

a) identificazione fisica del prodotto

- denominazione commerciale
- modello, sigla, marchio, ecc...
- finalizzazione d’uso del prodotto

c) identificazione tecnologica del prodotto

- materiali costituenti,
- caratteristica di.....

d) confezioni

- tipo e caratteristiche delle confezioni in cui viene commercializzato il prodotto

*Blocco 3 – Informazioni tecniche sulle prestazioni del prodotto*⁴

¹ UNI 9038:1987 “*Edilizia. Guida per la stesura di schede tecniche per prodotti e servizi*”, *Scopo e campo di applicazione, pag. 1*

² Ivi, p. 3

³ *Ibidem*

⁴ Ivi, p. 4

Scopo del blocco è fornire indicazioni sulle prestazioni del prodotto, in previsioni di ben precisati impieghi. Nel blocco devono essere riportate le indicazioni seguenti.

a) identificazione funzionale del prodotto

- prestazioni di.....

*Blocco 4 - Informazioni per il corretto uso del prodotto*⁵

Scopo del blocco è fornire a tutti i potenziali utilizzatori del prodotto alcune indicazioni specifiche. Nel blocco devono essere riportate le indicazioni seguenti.

b) riferimento generale

- istruzioni per la preparazione del prodotto
- istruzioni per la posa e/o messa in opera
- materiali ed attrezzi speciali necessari per la posa e/o messa in opera

*Blocco 6 – Informazioni sugli aspetti economici – commerciali del prodotto*⁶

Scopo del blocco è fornire indicazioni (forzatamente di prima approssimazione soprattutto per quanto riguarda l'aspetto economico) per l'avvio del processo di fornitura del prodotto. Nel blocco devono essere riportate le indicazioni seguenti.

a) informazioni generali

- condizioni generali di fornitura (modalità d'ordine, di consegna, di pagamento)

b) informazioni economiche

- espressioni di parametri o classi di prezzo (riferimenti listini, collegamento a prezzari)

c) organizzazione commerciale

- rete di vendita
- rete di assistenza post – vendita

2.1.2 UNI EN 1510-12:2002 “Metodi di prova per malte per opere murarie – Determinazione dell’aderenza al supporto di malte da intonaco esterno ed interno”

La norma UNI EN 1510-12:2002 è strutturata in dieci capitoli; di seguito si riportano le parti della norma che sono state ritenute necessarie per la progettazione della prova A di laboratorio tra il materiale Hypucem ed i prodotti impermeabilizzanti.

⁵ *Ibidem*

⁶ *Ivi*, p. 5

1. *Scopo e campo di applicazione*⁷

La presente norma europea specifica un metodo per la determinazione dell'aderenza tra malta d'intonaco e un supporto.

3. *Principio*⁸

La forza di adesione è determinata come lo sforzo massimo di trazione mediante carico diretto perpendicolare alla superficie della malta da intonaco applicata su un supporto. La forza di trazione è applicata tramite una piastrina incollata sulla superficie di prova della malta. La forza di adesione è il rapporto tra il carico di rottura e l'area della superficie di prova.

5. *Apparecchiatura*⁹

- Anelli cilindrici a profilo troncoconico, di acciaio inossidabile o bronzo, aventi diametro interno di $(50 \pm 0,1)$ mm e $(25 \pm 0,5)$ mm in altezza. Lo spessore minimo della parete dell'anello alla sommità deve essere 5,0 mm. Il diametro esterno alla base deve essere $(51 \pm 0,1)$ mm.
- Piastrine metalliche di acciaio inossidabile aventi diametro di $(50 \pm 0,1)$ mm e spessore minimo di 10 mm, con un dispositivo centrale di raccordo all'apparecchio di trazione diretta.
- Adesivo a base di resina, per esempio resina epossidica o resina di metilmetacrilato.
- Apparecchiatura per carotaggio, corredato di un utensile avente diametro interno di 50 mm idoneo ad estrarre dei campioni di malte indurite e di supporti.
- Macchina per prova a trazione diretta di appropriata capacità e sensibilità per la prova specificata. La macchina deve essere in grado di applicare la forza alla piastrina di trazione tramite un dispositivo appropriato di raccordo che elimini ogni forza di taglio.

7. *Preparazione e conservazione dei provini*¹⁰

- Supporto

Per sistemi di intonaco destinati a specifici supporti per esempio: laterizio, elementi di silicalcite, elementi di calcestruzzo, pannelli o elementi di calcestruzzo preparati in situ, ecc. è opportuno utilizzare questi materiali come sottofondi in condizioni di equilibrio con l'aria secca. L'assorbimento d'acqua per capillarità degli elementi

⁷ UNI EN 1510-12:2002 "Metodi di prova per malte per opere murarie – Determinazione dell'aderenza al supporto di malte da intonaco esterno ed interno", p. 1

⁸ *Ibidem*

⁹ Ivi, p. 1-2

¹⁰ Ivi, pp. 3-4

utilizzati nel substrato deve essere registrata, se nota, o eventualmente, se appropriato, determinato in conformità al pr EN 772-11

- Applicazione

La miscela di malta fresca deve essere applicata al supporto seguendo le indicazioni del produttore e la destinazione d'uso. Il supporto deve essere mantenuto verticale nel corso dell'applicazione. A meno di diversa specifica lo spessore totale dello strato di malta deve essere (10 ± 1) mm.

Superfici di prova: preparazione

Le superfici circolari di prova aventi diametro di circa 50 mm devono essere ritagliate nello strato di malta, sia nella malta fresca sia nella malta indurita secondo. Il diametro dell'area di prova circolare deve essere misurata e registrata per ogni campione. Devono essere preparati cinque provini.

- Malta fresca

Dopo l'applicazione e l'inizio di presa iniziale dello strato di malta, gli anelli cilindrici a profilo troncoconico, puliti e lubrificati con un sottile strato di olio minerale, devono essere premuti, con il bordo tagliente contro lo strato di malta fresca, con un leggero effetto rotatorio, fino a raggiungere il completo contatto con il supporto. La distanza minima tra gli anelli e i bordi liberi del supporto intonacato, e la distanza tra i singoli anelli, deve essere 50 mm.

- Malta indurita

Dopo la stagionatura della malta da intonaco, i provini devono essere ritagliati utilizzando una attrezzatura per carotaggio. L'utensile deve penetrare fino ad una profondità di circa 2 mm entro il supporto. I provini danneggiati devono essere scartati.

- Conservazione e condizioni di stagionatura

Quando la malta è sufficientemente indurita i provini di intonaco devono essere imballati in un involucro costituito da un foglio di polietilene a tenuta e mantenuti per 7 giorni alla temperatura di (20 ± 2) °C. I provini devono essere successivamente rimossi e conservati all'aria a una temperatura di (20 ± 2) °C e ad un'umidità relativa del (65 ± 5) % per altri 21 giorni.

8. *Procedimento*¹¹

Incollare le piastrine metalliche con l'adesivo centrando sulle aree di prova, evitando che l'adesivo debordi e possa rendere difficoltose le incisioni delle aree di prova.

Effettuare la prova sui provini alla scadenza di 28 giorni subito dopo averli rimossi dall'ambiente di conservazione.

Usando la macchina di prova, applicare la forza a trazione perpendicolarmente all'area di prova tramite le piastrine di estrazione. Applicare la forza in modo graduale e senza strappi. Utilizzare un incremento di carico secondo la forza di adesione attesa e in modo che il distacco avvenga in un tempo compreso tra 20 s e 60 s. Registrare la forza di distacco. Scartare qualsiasi prova in cui il distacco è avvenuto per frattura dello strato adesivo tra la piastrina di estrazione e la malta

9. *Espressione dei risultati*¹²

- Le possibili modalità di frattura che portano a risultati validi sono riportati di seguito. Nel caso in cui la frattura si produca quando non c'è cedimento all'interfaccia tra malta e supporto, i risultati ottenuti devono essere considerati come valori limiti inferiori. Questi valori devono essere tenuti validi per il calcolo del valore medio della forza di adesione.

Tipo di frattura a - Frattura di adesione - Frattura all'interfaccia tra la malta ed il supporto. Il valore di prova è uguale alla forza di adesione

Tipo di frattura b - Frattura di coesione - Frattura all'interno della malta stessa. La forza di adesione è maggiore del valore di prova

Tipo di frattura c - Frattura di coesione - Frattura del supporto. La forza di adesione è maggiore del valore di prova.

10. *Resoconto di prova*¹³

Il resoconto di prova deve contenere le informazioni seguenti:

- a) il numero, il titolo e la data di pubblicazione della presente norma europea;
- b) il luogo, la data e l'ora in cui è stato prelevato il campione globale di prova;
- c) il metodo utilizzato per prelevare il campione globale di prova (se noto) come pure il nome dell'organismo che ha effettuato il prelievo;
- d) il tipo, l'origine e la designazione della malta facendo riferimento alla pertinente parte del prEN 998;

¹¹ *Ibidem*

¹² Ivi, pp. 4-5

¹³ Ivi, p. 6

- e) il metodo di preparazione;
- f) il tipo e la descrizione del supporto compreso il coefficiente di assorbimento di acqua per capillarità dell'elemento di muratura (se pertinente) che costituisce il supporto;
- g) ogni specifica preparazione del supporto fatta seguendo le indicazioni del produttore;
- h) la data e l'ora di prova;
- i) il valore di consistenza della malta sottoposta a prova determinata secondo la EN 1015-3;
- j) la descrizione dettagliata dei provini, incluso il numero, le dimensioni, ecc. (se pertinente);
- k) i valori singoli di tensione di adesione arrotondati al più prossimo 0,05 N/mm² e il valore medio arrotondato al più prossimo 0,1 N/mm² come pure la descrizione della modalità di frattura prendendo a riferimento le figure da 2 a 4;
- l) eventuali commenti.

2.1.3 ISO 5660-1:2002 “ *Reaction to fire testes – Heat release, smoke production and mass loss rate*” – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method)

La norma ISO 5660-1:2002 è strutturata in tredici capitoli; di seguito si riportano le parti della norma che sono state ritenute necessarie per la progettazione della prova B di laboratorio tra il materiale Hypucem ed i prodotti impermeabilizzanti.

*1. Scope*¹⁴

This part of ISO 5660 specifies a method for assessing the release rate of specimen exposed in the horizontal orientation to controlled levels of irradiance with an external igniter. The heat release rate is determined by measurement of the oxygen consumption derived from the oxygen concentration and the flow rate in the combustion product stream. The time to ignition (sustained flaming) is also measured in this test.

¹⁴ ISO 5660-1-2:2002 “ *Reaction to fire testes – Heat release, smoke production and mass loss rate*” – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method) , p. 1

5. Principle¹⁵

This test method is based on the observation that, generally, the net heat of combustion is proportional to the amount of oxygen required for combustion. The relationship is that approximately $13,1 \times 10^3$ kJ of heat are released per kilogram of oxygen consumed. Specimens in the test are burned under ambient air conditions, while being subjected to a predetermined external irradiance within the range of 0 KW/m² and measurements are made of oxygen concentrations and exhaust gas flow rates.

The test method is used to assess the contribution that the product under test can make to the rate of evolution of heat during its on fire. These properties are determined on small representative specimens.

6. Apparatus¹⁶

- Cone-shaped radiant electrical heater

The active element of the heater shall consist of an electrical heater rod, capable of delivering 5000 W at the operating voltage, tightly wound into the shape of a truncated cone. The heater shall be encased on the outside with a double-wall stainless-steel cone, filled with a refractory fibre blanket of nominal thickness 13 mm and nominal density 100 kg/m³. The irradiance from the heater shall be maintained at a preset level by controlling the average temperature of three thermocouples (type k stainless-steel sheathed thermocouples have proved suitable but inconel or other high performance materials are also acceptable), symmetrically positioned and in contact with, but not welded to, the heater element.

- Radiation shield

The cone heater shall be provided with a removable radiation shield to protect the specimen from the irradiance prior to the start of a test. The shield shall be made of non-combustible material, with a total thickness not exceeding 12 mm.

- Irradiance control

The irradiance control system shall be properly tuned so that it maintains the average temperature of the heater thermocouples during the calibration at the preset level to within ± 10 °C.

- Weighing device

¹⁵ Ivi, p. 3

¹⁶ Ivi, pp. 3-6

The weighing device shall have an accuracy of $\pm 0,1$ g. The weighing device shall be capable of measuring the mass of specimens of at least 500 g.

- Specimen holder

The specimen holder shall have the shape of a square pan with an opening of (106 ± 1) mm x (106 ± 1) mm at the top, and a depth of (25 ± 1) mm. The holder shall be constructed of stainless steel with a thickness of $(2,4 \pm 0,15)$ mm. It shall include a handle to facilitate insertion and removal, and a mechanism to ensure central location of the specimen under the heater and proper alignment with the weighing device. The bottom of the holder shall be lined with a layer of low density (nominal density 65 kg/m³) refractory fibre blanket with a thickness of at least 13 mm. The distance between the bottom surface of the cone heater and the top of the specimen shall be adjusted to be (25 ± 1) mm, except for dimensionally unstable materials for which the distance shall be (60 ± 1) mm.

- Retainer frame

The frame shall be constructed of stainless steel with a thickness of $(1,9 \pm 0,1)$ mm, in the shape of a box with an inside dimension of each side (111 ± 1) mm and a height of (54 ± 1) mm. The opening for the specimen face shall be $(94,0 \pm 0,5)$ mm square.

- Exhaust gas system with flow measuring instrumentation

The exhaust gas system shall consist of a centrifugal exhaust fan rated for the operating temperatures, a hood, intake and exhaust ducts for the fan, and an orifice plate flow meter. The distance between the bottom of the hood and the specimen surface shall be (210 ± 50) mm. The exhaust system shall be capable of developing flow up to 0,024 m³/s. under standard conditions of temperature and pressure.

A restrictive orifice with an internal diameter of (57 ± 3) mm shall be located between the hood and the duct to promote mixing.

A ring sampler shall be located in the fan intake duct for gas sampling, (685 ± 15) mm from the hood. The ring sampler shall contain 12 small holes with a diameter of $(2,2 \pm 0,1)$ mm, to average the stream composition, with the holes facing away from the flow to avoid clogging with soot.

- Gas sampling apparatus

The gas sampling apparatus shall incorporate a pump, a filter to prevent entry of soot, a cold trap to remove most of the moisture, a by-pass system set to divert all flow except that required for the gas analysers, a further moisture trap and a trap for CO₂ removal.

- Ignition circuit

External ignition is accomplished by a spark plug powered from a 10 kV transformer or spark igniter. The spark plug shall have a gap of $(3,0 \pm 0,5)$ mm. The electrode length and location of the spark plug shall be such that the spark gap is located (13 ± 2) mm above the centre of the specimen, except for dimensionally unstable materials for which the distance shall be (48 ± 2) mm.

- Ignition timer

The ignition timer shall be capable of recording elapsed time to the nearest second and shall be accurate to within

1 s in 1 h.

- Oxygen analyser

The oxygen analyser shall be of the paramagnetic type, with a range of at least 0 % oxygen to 25 % oxygen. The analyser shall exhibit a drift of not more than 50 parts per million of oxygen over a period of 30 min, and a noise of not more than 50 parts per million of oxygen during this 30-min period. Since oxygen analysers are sensitive to stream pressures, the stream pressure shall be regulated (upstream of the analyser) to minimize flow fluctuations, and the readings from the analyser compensated with an absolute pressure transducer to allow for atmospheric pressure variations. The analyser and the absolute pressure transducer shall be located in an isothermal environment. The temperature of the environment shall be maintained to within 2 °C of a preset value between 30 °C and 70 °C. The oxygen analyser shall have a 10% to 90% of full-scale response time of less than 12 s.

- Heat flux meter

The working heat flux meter shall be used to calibrate the heater. It shall be positioned at a location equivalent to the centre of the specimen face during this calibration. This heat flux meter shall be of the Schmidt-Boelter (thermopile) type with a design range of (100 ± 10) kW/m². The target receiving the heat shall be flat, circular, of approximately 12,5 mm in diameter and coated with a durable matt black finish of surface emissivity $E = 0,95 \pm 0,05$.

- Calibration burner

The calibration burner shall be constructed from tube with a square or circular orifice with an area of (500 ± 100) mm² covered with wire gauze through which the methane diffuses. The tube is packed with refractory fibre to improve uniformity of flow. The calibration burner is suitably connected to a metered supply of methane of at

least 99,5% purity. The accuracy of the flow meter shall be $\pm 2\%$ of the readout, corresponding to a heat release rate of 5 kW.

- Data collection and analysis system

The data collection and analysis system shall have facilities for recording the output from the oxygen analyser, the orifice meter, the thermocouples and the weighing device. The data collection system shall have an accuracy corresponding to at least 50 parts per million of oxygen for the oxygen channel, 0,5 °C for the temperature measuring channels, 0,01 % of full-scale instrument output for all other instrument channels, and at least 0,1 % for time. The system shall be capable of recording data every second. The system shall be capable of storing a minimum of 720 data per parameter. The raw data recorded for each test shall be stored so that it can be recovered and used to check the accuracy of the software.

*8. Preparation*¹⁷

A conditioned specimen shall be wrapped in a single layer of aluminium foil, with the shiny side towards the specimen. The aluminium foil shall be pre-cut to a size to cover the bottom and sides of the specimen and extend 3 mm or more beyond the upper surface of the specimen. The specimen shall be placed in the middle of the foil and the bottom and sides shall be wrapped. The excess foil above the top surface shall be cut if necessary so that it does not extend more than 3 mm above the top surface of the specimen. The excess foil at the corners shall be folded around the corners to form a seal around the top surface of the specimen. After wrapping, the wrapped specimen shall be placed in the specimen holder and covered by a retainer frame. No aluminium foil shall be visible after the procedure is completed.

*11. Test procedure*¹⁸

Start data collection. Collect 1 min of baseline data. Insert the radiation shield in position.

Remove the thermal barrier protecting the weighing device. Place the specimen holder and specimen on the weighing device. Insert the spark plug and remove the radiation shield in the correct sequence according to the type of shield that is used.

Record the times when flashing or transitory flaming occurs. When sustained flaming occurs, record the time, turn off the spark, and remove the spark igniter. If the flame

¹⁷ Ivi, p. 8

¹⁸ Ivi, p. 13

extinguishes after turning off the spark, re-insert the spark re-insert igniter and turn on the spark within 5 s, and do not remove the spark until the entire test is completed.

Collect all data until

- a) 32 min after the time to sustained flaming (the 32 min consist of a 30-min test period and an additional 2-min post-test period to collect data that will be time-shifted)
- b) 30 min have elapsed and the specimen has not ignited,
- c) X₀₂ returns to the pretest value within 100 parts per million of oxygen concentration for 10 min, or
- e) the mass of specimen becomes zero.

13. Test report¹⁹

The following essential information shall also be given in the test report:

- a) name and address of test laboratory;
- c) name and address of manufacturer/supplier;
- d) date of the test;
- e) operator;
- f) trade name and specimen identification code or number;
- g) composition or generic identification;
- h) specimen ,thickness expressed in millimetres;
- j) details specimen preparation by the testing laboratory.

2.1.4 ISO 5660-2:2002 “ Reaction to fire testes – Heat release, smoke production and mass loss rate”– Part 2 : Smoke production rate (dynamic measurement)

La norma ISO 5660-2:2002 è strutturata in tredici capitoli; di seguito si riportano le parti della norma che sono state ritenute necessarie per la progettazione della prova B di laboratorio tra il materiale Hypucem ed i prodotti impermeabilizzanti.

1. Scope²⁰

This part of ISO 5660 specifies a small-scale method for assessing the dynamic smoke production rate of essentially flat specimens exposed to controlled levels of radiant

¹⁹ Ivi, p. 16

²⁰ ISO 5660-1-2:2002 “ Reaction to fire testes – Heat release, smoke production and mass loss rate” – Part 2: Smoke production rate (dynamic measurement), p. 1

heating under well-ventilated condition with or without an external igniter. The rate of smoke production is calculated from measurement of the attenuation of a laser light beam by the combustion product stream. Smoke obscuration is recorder for the entire test, regardless of whether the specimen is flaming or not.

2. *Principle*²¹

This test method is based on the observation that, generally, the intensity of light that is transmitted through a volume of combustion products is an exponentially decreasing function of distance. This is commonly referred to as Bouguer's law. Specimens in the test are burned in ambient air conditions, while being subjected to a predetermined external irradiance within the range 0 kW·m⁻² to 100 kW·m⁻² and measurements are made of smoke obscuration,

exhaust gas flow rate, and mass loss rate of the specimen. Smoke obscuration is measured as the fraction of laser light intensity that is transmitted through the smoke in the exhaust duct. This fraction is used to calculate the extinction coefficient according to Bouguer's law. The test results are reported in terms of smoke production and smoke production rate-both normalized to the exposed specimen surface area. Smoke production rate is calculated as the product of the extinction coefficient and the volume flow rate of the smoke in the exhaust duct. Smoke production is calculated by numerical integration of the smoke production rate over the time interval being considered. The variables reported are normalized to area because smoke production is proportional to area.

The test method is used to assess the contribution that the product under test can make to the rate of evolution of smoke and to the amount of smoke produced during its involvement in a well-ventilated fire. These properties are determined on small representative specimens.

3. *Apparatus*²²

The apparatus is identical to that specified in ISO 5660-1:2002, except for the additional equipment described below.

Smoke obscuration measuring system, for measuring the attenuation of laser light in the exhaust duct. The system comprises a helium-neon laser between 0,5 mW and 2

²¹ Ivi, p. 2

²² Ivi, pp.3, 4

mW, polarized), silicon photodiodes as main beam and reference detectors, and appropriate electronics to derive the extinction coefficient and to set the zero reading. small diameter tubes welded onto each side of the exhaust duct serve as part of the light baffling for the purging air and also allow for any smoke that may enter, despite the purge flow, to be deposited on the tube walls before reaching the optical elements. Additional thermocouple, to measure the temperature of the gas stream near the smoke meter. Optical filters, to calibrate the smoke obscuration measuring system.

12. Test report²³

In addition to the items listed in clause 13 of ISO 5660-1:2002, the following essential information shall also be given in the test report:

- a) total smoke production per unit area of exposed specimen aver the non-flaming phase far every specimen (S_{A,1});
- b) total smoke production per unit area of exposed specimen aver the flaming phase far every specimen (S_{A,2});
- c) total smoke production per unit area of exposed specimen far every specimen (S_A = S_{A,1} + S_{A,2})

2.1.5 E 970 :2000 “Standard test method for critical radiant flux of exposed attic floor insulation using a radiant heat energy source”

La norma E 970:2000 di riferimento è un ASTM standard (American Society for Testing and Materials) ed è strutturata in sedici capitoli. Per quanto concerne questa norma verrà considerata esclusivamente la parte che riguarda la metodologia della prova poiché è stata armonizzata alla corrispettiva italiana UNI EN ISO 9239-1:2002, mentre la modalità di calcolo dei risultati finali è completamente diversa e dunque per il resoconto di prova, nell’elaborato Prova C, si farà riferimento alla EN ISO9239-1:2002 ; di seguito si riportano le parti della norma E 970:2000 che sono state ritenute

²³ Ivi, p. 7

necessarie per la progettazione della prova C di laboratorio tra il materiale Hypucem ed i prodotti impermeabilizzanti.

1. Scope²⁴

1. This fire-test-response standard describes a procedure for measuring the critical radiant flux of exposed attic floor insulation subjected to a flaming ignition source in a graded radiant heat energy environment in a test chamber. The specimen is any attic floor insulation.

2. This fire-test-response standard measures the critical radiant flux at the point at which the flame advances the farthest. It provides a basis for estimating one aspect of fire exposure behavior for exposed attic floor insulation. This fire-test-response standard was developed to simulate an important fire exposure component of fires that develop in attics, but is not intended for use in estimating flame spread behaviour of insulation installed other than on the attic floor.

5. This standard is used to measure and describe the response of materials, products, or assemblies to heat and flame under controlled conditions, but does not by itself incorporate all factors required for fire hazard or fire risk assessment of the materials, products, or assemblies under actual fire conditions.

6. This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

4. Summary of Test Method²⁵

- A horizontally mounted insulation specimen is exposed to the heat from an air-gas radiant heat energy panel located above and inclined at $30 \pm 5^\circ$ to the specimen. After a short preheat, the hottest end of the specimen is ignited with a small calibrated flame. The distance to the farthest advance of flaming is measured, converted to kilowatts per square meter from a previously prepared radiant flux profile graph, and reported as the critical radiant flux.

²⁴ E 970 – 2000 “Standard test method for critical radiant flux of exposed attic floor insulation using a radiant heat energy source”, p.1

²⁵ Ivi, p. 2

6. Apparatus²⁶

Radiant Panel Test Chamber , located in a draft-protected laboratory that maintains a temperature from 10.0 to 26.7°C (50 to 80°F) and a relative humidity from 30 to 70 %. The radiant panel test chamber shall consist of an enclosure 1400 mm (55 in.) long by 500 mm (19 1/2 in.) deep by 710 mm (28 in.) above the test specimen. The sides, ends, and top shall be of 13-mm (1/2-in.) calcium silicate, 740-kg/m³(46-lb/ft³) nominal density, insulating material⁶ with a thermal conductivity at 177°C (350°F) of 0.128 W/(m·K) (0.89 Btu · in./(h·ft²·°F)). One side shall be provided with an approximately 100 by 1100 mm (4 by 44 in.) draft-tight fire-resistant glass window so that the entire length of the test specimen is visible from outside the fire test chamber. On the same side and below the observation window is a door which, when open, allows the specimen platform to be moved out for mounting or removal of test specimens. At the low flux end of the chamber on the 500 mm side, a draft-tight fire-resistant window is permitted for additional observations.

The bottom of the test chamber shall consist of a sliding steel platform which has provisions for rigidly securing the test specimen holder in fixed and level position. The free, or air access, area around the platform shall be in the range from 0.2580 to 0.3225 m² (400 to 500 in.²).

When the flame front advance is to be measured, a metal scale marked with 10 mm intervals shall be installed on the back of the platform or on the back wall of the chamber.

The top of the chamber shall have an exhaust stack with interior dimensions of 102 ±3 mm (4 ± 0.13 in.) wide by 380 ± 3 mm (15.00±0.13 in.) deep by 318 ± 3 mm (12.50± 0.13 in.) high at the opposite end of the chamber from the radiant energy source.

Radiant Heat Energy Source , a panel of porous refractory material mounted in a cast iron or steel frame, with a radiation surface of 305 by 457 mm (12 by 18 in.).

The radiant heat energy panel is mounted in the chamber at 30 ± 5° to the horizontal specimen plane.

Radiation Pyrometer for standardizing the thermal output of the panel, suitable for viewing a circular area 254 mm (10 in.) in diameter at a range of about 1.37 m (54 in.).

Voltmeter, high-impedance or potentiometric, with a suitable millivolt range shall be used to monitor the output of the radiation pyrometer.

²⁶ Ivi, pp. 2 a 6

Dummy Specimen Holder , constructed from heat-resistant stainless steel (UNS N08330 (AISI Type 330) or equivalent) having a thickness of 1.98 mm (0.078 in.) and an overall dimension of 1140 by 320 mm (45 by 12³/₄ in.) with a specimen opening of 200 by 1000 mm (7.9 by 39.4 in.). Six slots shall be cut in the flange on either side of the holder to reduce warping. The holder shall be fastened to the platform with two stud bolts at each end.

Dummy Specimen, used in the flux profile determination, made of 19-mm (3/4-in.) - kg/m³ (46-lb/ft³) nominal density calcium silicate board . It is 250 mm (10 in.) wide by 1070 mm (42 in.) long with 27-mm (1¹/₁₆-in.) diameter holes.

To provide proper and consistent seating of the flux meter in the hole openings, a stainless steel or galvanized steel bearing plate shall be mounted and firmly secured to the underside of the calcium silicate board with holes corresponding to those specified above. The bearing plate shall run the length of the dummy specimen board and have a width of 76 mm (3.0 in.). The maximum thickness of the bearing plate shall not exceed 3 mm (1/8 in.).

Specimen Tray , constructed from 14-gage heat-resistant stainless steel (UNS-N08330 (AISI Type 330) or equivalent), thickness 1.98 mm (0.078 in.). The depth of the tray is 50 mm (2 in.). The flanges of the specimen tray are drilled to accommodate two stud bolts at each end; the bottom surface of the flange is 21 mm (0.83 in.) below the top edge of the specimen tray. The overall dimensions of the tray and the width of the flanges shall be such that the tray fills the open space in the sliding platform. The tray must be adequate to contain a specimen at least 1000 mm (40 in.) long and 250 mm (10 in.) wide.

Pilot Burner, used to ignite the specimen, is a nominal 6 mm (1/4 in.) inside diameter, 10 mm (3/8 in.) outside diameter stainless steel tube line burner having 19 evenly spaced 0.7 mm (0.028 in.) diameter (No. 70 drill) holes drilled radially along the centerline and 16 evenly spaced 0.7 mm (0.028 in.) diameter (No. 70 drill) holes drilled radially 60 below the centerline .

The holes in the pilot burner shall be kept clean.

The pilot burner is positioned no more than 5° from the horizontal so that the flame generated will impinge on, and reach out over the specimen from the zero distance point .

Thermocouples—A 3.2-mm (1/8-in.) stainless steel sheathed grounded junction Chromel-Alumel thermocouple (6.8.1) shall be located in the radiant panel test chamber

. The chamber thermocouple is located in the longitudinal central vertical plane of the chamber 25 mm (1 in.) down from the top and 102 mm (4 in.) back from the inside of the exhaust stack.

Exhaust Duct, with a capacity of 28.3 to 85 m³/min (1000 to 3000 ft³/min) at standard temperature and pressure decoupled from the chamber stack by at least 76 mm (3 in.) on all sides and with an effective area of the canopy slightly larger than plane area of the chamber with the specimen platform in the OUT position, is used to remove combustion products from the chamber. With the panel turned on and the dummy specimen in place, the air flow through the stack shall be 76.2 to 152 m³/min. (250 to 650 ft³/min.)

A timing device with a minimum resolution of 0.10 min shall be used to measure preheat, pilot contact, time of maximum flame travel, and when all flaming goes out.

12. Procedure²⁷

With the sliding platform out of the chamber, turn on the exhaust fan, and ignite the radiant panel. Allow the unit to heat for 1.5 h. Read the panel blackbody temperature and the chamber temperature. If these temperatures are in agreement to within 6 °C (41°F) with those determined in accordance with 10.9, the chamber is ready for use.

Ignite the pilot burner, move the specimen into the chamber, and close the door. Start the timer. After 2 min ± 5 s preheat, with the pilot burner on and set so that the flame is horizontal and 50 mm (2 in.) above the specimen, bring the pilot burner flame into contact with the specimen at the 0-mm mark. Leave the pilot burner flame in contact with the specimen for 2 min, then remove to a position 50 mm above the specimen, and turn the pilot burner off.

If the specimen does not ignite within 2 min following pilot burner flame application, terminate the test. For specimens that do ignite, continue the test until all specimen flaming goes out.

When the test is completed, open the door and pull out the specimen platform.

Measure the distance burned, that is, the point of farthest advance of the flame front, to the nearest 1 mm. From the flux profile curve, convert the distance to kilowatts per square metre critical radiant heat flux. Read to two significant figures.

Remove the specimen and its mounting frame from the movable platform.

²⁷ Ivi, pp.8-10

2.1.6 UNI EN ISO 9239-2.2010 “Reaction to fire tests for floorings-Parts 1: determination of the burning behaviour using a radiant heat source”

La norma UNI EN ISO 9239-2.2010 è strutturata in dieci capitoli.; di seguito si riportano le parti della norma E 970:2000 che sono state ritenute necessarie per la progettazione della prova C di laboratorio tra il materiale Hypucem ed i prodotti impermeabilizzanti.

*9 Expression of results*²⁸

9.1 From the heat flux profile curve, convert the observed distances of flame spread to kilowatts per square metre and determine the critical heat flux. Read to the nearest 0,2 kW/m². Specimens that do not ignite or which spread flame less than 110 mm have a critical heat flux of ≥ 11 kW/m². Tests specimens with flame-spread distances longer than 910 mm have a critical heat flux $\leq 1,1$ kW/m². The specimens which are extinguished by the operator at 30 min do not have a GHF value, but only a HF-30 value.

9.2 Report the results from the tests in terms of CHF and/or HF-30 values with the appropriate directional description. Calculate the mean value for the critical flux (CHF and/or HF-30) from the specimens from the same orientation.

9.3 For test duration longer than 30 min, record the time of flame extinguishment and the most distant point of flame spread and convert this to CHF.

9.4 Report the time at which the flame reach each 50 mm mark and record the flame-spread distance at each 10 min interval, in order to determine the HF-X value as required, e.g. Hf-10, HF-20, HF-30. Also record the extinguishing time and the final maximum flame-spread distance.

9.5 If required, report the result of smoke measurement.

*10 Test report*²⁹

The test report shall include at least the following information. A clear distinction shall be made the data provided by the sponsor and data determined by the laboratory.

a) name and address of testing laboratory,

²⁸ UNI EN ISO 9239-2.2010 “Reaction to fire tests for floorings-Parts 1: determination of the burning behaviour using a radiant heat source”, p. 9

²⁹ *Ibidem*

- b) reference standard,
- c) information on testing
- d) information on report
- e) Operators of the test
- f) Identification of the specimen
- g) Generic composition, identification of the specimen
- i) Information on the specimen

2.2 La progettazione delle prove di laboratorio

Si progetta un sistema di prove di laboratorio su cui andare a testare il sistema integrato Hypucem – prodotti impermeabilizzanti; di seguito sono elencate le prove condotte in questo studio:

1. Prova A: Aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido (ai sensi della norma UNI EN 1510-12:2002)
2. Prova B: Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem - prodotti impermeabilizzanti. (ai sensi delle norme ISO 5660-1-2:2002, ISO/TR 5660-3:2003)
3. Prova C: Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem - prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante (ai sensi della norma E 970 – 2000).

I provini sottoposti alle tre prove di laboratorio sono stati realizzati, presso un cantiere edile, secondo quattro configurazioni di seguito descritte:

- Configurazione 1: Sistema integrato Hypucem – Nanoflex Eco – Kerakoll;
- Configurazione 2: Sistema integrato Hypucem – Mapelastic – Mapei;
- Configurazione 3: Hypucem – An Beton R Last 20 – Rapid Mix;

- Configurazione 4: Sistema integrato Hypucem – Paralon NT 4 plus - Imper (per la prova A);
- Configurazione 4: Hypucem pannello tal quale (per le prove B e C)

Nel seguito si descrivono, in dettaglio, le modalità di esecuzione delle prove.

2.2.1. Prova A : Aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido (ai sensi della norma UNI 1510-12:2002)

Per valutare la possibilità di utilizzo dei prodotti impermeabilizzanti applicati ad Hypucem è stata effettuata una prova di aderenza per trazione diretta descritta dalla norma UNI EN 1015-12:2002. Per ragioni di utilizzo di materiali diversi da quello considerato dalla norma, quale la malta , a quest'ultimo sono stati sostituiti i prodotti impermeabilizzanti.

La prova di aderenza ha come obiettivo la verifica della compatibilità tra il pannello Hypucem e i prodotti impermeabilizzanti scelti, allo scopo di valutare quale sia il prodotto più compatibile, dal punto di vista meccanico, con Hypucem nell'ottica dell'utilizzo del sistema integrato Hypucem – prodotto impermeabilizzante nell'ambito del recupero dei solai delle coperture continue piane a verde.

I campioni di prova, costituiti da pannelli (sistema integrato Hypucem – Prodotti impermeabilizzanti), in numero di quattro - dimensioni cm 25x12,5, spessore cm 6 (Hypucem) + cm 0,8 (prodotto impermeabilizzante) per le Configurazioni 1, 2, 3 – dimensioni cm 6 (Hypucem) + cm 0,4 (prodotto impermeabilizzante) per la Configurazione 4 - , sono stati sottoposti alla prova di laboratorio descritta nell'elaborato Prova A (cfr. cap. 2, par. 2.3.2).

2.2.2. Prova B: Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti (ai sensi delle norme ISO 5660-1-2:2002, ISO/TR5660-3:2003)

La Prova B, nel settore delle costruzioni, risulta utile per la classificazione secondo la norma europea UNI EN 13501:2011 “Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione – Parte 1: classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco”.

Il calorimetro a cono, apparecchiatura con cui viene effettuata la sperimentazione, permette di investigare importanti proprietà al fuoco dei materiali legate alla conoscenza dell’ HRR (heat release rate), al tenore di CO, CO₂, ed alla perdita di massa durante la combustione essendo questi ormai citati nella maggior parte delle norme e richiesti dagli Euro codici.

I campioni di prova sono stati testati in scala ridotta secondo le seguenti dimensioni dettate dalla normativa: per le Configurazioni 1, 2, 3 (sistema integrato Hypucem – Prodotti impermeabilizzanti), dimensioni cm 10x10 , spessore cm 6 (Hypucem) + cm 0,2 (prodotto impermeabilizzante) per le Configurazioni 4, dimensioni cm 10x10, spessore cm 1,5 (Hypucem tal quale). I provini così configurati e dimensionati sono stati sottoposti alla prova di laboratorio descritta nell’elaborato Prova B (cfr. cap. 2, par. 2.3.3.).

2.2.3. Prova C:. Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante (ai sensi della norma E 970 – 2000)

La Prova C consiste nell’analisi dell’infiammabilità e della propagazione della fiamma sui materiali e valutazione del loro comportamento al fuoco: la velocità con cui un materiale brucia è correlata con il calore emesso durante la combustione del materiale (Total Heat Released - THR); esso è utile per conoscere il contributo del

materiale in un eventuale incendio. In particolare, minore è la velocità di propagazione della fiamma maggiore sarà la possibilità di evacuare un gran numero di persone. La presente prova segue la normativa ISO 9239 -1-2. Questa normativa riguarda la classificazione di materiali da adoperare a pavimento o a soffitto. Rispetta quella che è la classificazione per i prodotti da costruzione degli euro codici e la normativa n 13501 per la definizione delle classi. E' una prova che permette di classificare sia la classe di impiego che va dalla A alla F sia la classe di generazione di fumi che va da S0 a S9.

I provini sono stati sottoposti alla prova di laboratorio descritta nell'elaborato Prova C (cfr. cap. 2, par. 2.3.4.)

2.3 Analisi tecnica dei prodotti impermeabilizzanti - Prova A – Prova B – Prova C

2.3.1 Analisi tecnica dei prodotti impermeabilizzanti (ai sensi della norma UNI 9038:1987)

Prodotti impermeabilizzanti: SCHEDE TECNICHE DI PRODOTTO

Rif. UNI 9038:1987

Analisi tecnica di prodotto 1

NANOFLEX ECO – Kerakoll

Analisi tecnica di prodotto 2

MAPELASTIC – Mapei

Analisi tecnica di prodotto 3

AN BETON R LAST 20 – Rapid Mix

Analisi tecnica di prodotto 4

PARALON NT 4 PLUS - Imper

ANALISI TECNICA DI PRODOTTO 1

Prodotto	<h1 style="margin: 0;">NANOFLEX ECO</h1> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 20px;">  <div style="font-size: small;"> <p>Prodotti e Servizi per costruire nel rispetto dell'ambiente e del benessere abitativo</p> </div> </div>	
-----------------	---	---

Informazioni sull'origine del prodotto

Informazioni anagrafiche sulla ditta fornitrice/produttrice

Ragione sociale della ditta che commercializza il prodotto:
Nome e sigla dell'azienda: KERAKOLL The Green Building Company
Tipo di società: S.p.A.
Indirizzo della sede: Via dell'Artigianato, 9 – 41049 – Sassuolo (MO), Italia
Tel: +390536816511 **Fax:** +390536816581 **e.mail:** info@kerakoll.com **Url:** www.kerakoll.it

Ragione sociale della ditta che produce il prodotto:
Nome e sigla dell'azienda: KERAKOLL GreenLab
Indirizzo della sede: Via Pedemontana 25 - 41049 Sassuolo (MO), Italia

Informazioni accessorie

Tipi di produzioni	Prodotti per l'edilizia (Linea ECO – Linea BIO)
---------------------------	---

Informazioni tecniche descrittive del prodotto

Identificazione fisica del prodotto

Denominazione commerciale	NANOFLEX ECO
Tipologia di prodotto	Membrana impermeabile monocomponente eco compatibile a tecnologia Nanotech
Finalizzazione d'uso del prodotto	Prodotto innovativo a basso impatto ambientale nato per l'edilizia contemporanea sostenibile per la realizzazione di membrane impermeabili prima della posa di rivestimenti in ceramica, pietra naturale e mosaici. Rappresenta una soluzione contro le infiltrazioni di acqua.

Identificazione tecnologica del prodotto

Materiale costituente	Minerali naturali polimeri a reticolo Nanotech cemento
Caratteristiche	<ul style="list-style-type: none"> Aspetto della superficie: rugoso Fruibilità: non calpestabile

Confezioni

Caratteristiche delle confezioni	Sacco di carta da 20 Kg con manico
---	------------------------------------

Informazioni tecniche sulle prestazioni del prodotto

Indicazione funzionale del prodotto

Prestazioni	<ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilità all'acqua secondo la UNI EN 14891:2007 • Adesione al calcestruzzo secondo la UNI EN 1542:2000 • Compatibilità termica ai cicli di gelo e disgelo con Sali disgelanti, misurata come adesione secondo la UNI EN 1542:2000
--------------------	---

Informazioni per il corretto uso del prodotto

Preparazione del prodotto	Impastare Nanoflex Eco esclusivamente con acqua pulita per ottenere un impasto omogeneo, privo di grumi e della consistenza desiderata
Posa e/o messa in opera	Applicare Nanoflex Eco con spatola liscia in spessori di 1–2 mm premendo per ottenere la massima adesione al sottofondo

Informazioni sugli aspetti economici-commerciali del prodotto

Informazioni commerciali

Condizioni generali di fornitura	25.000 rivendite partner specializzate Centri di assistenza autorizzati GreenBuilding Point
---	--

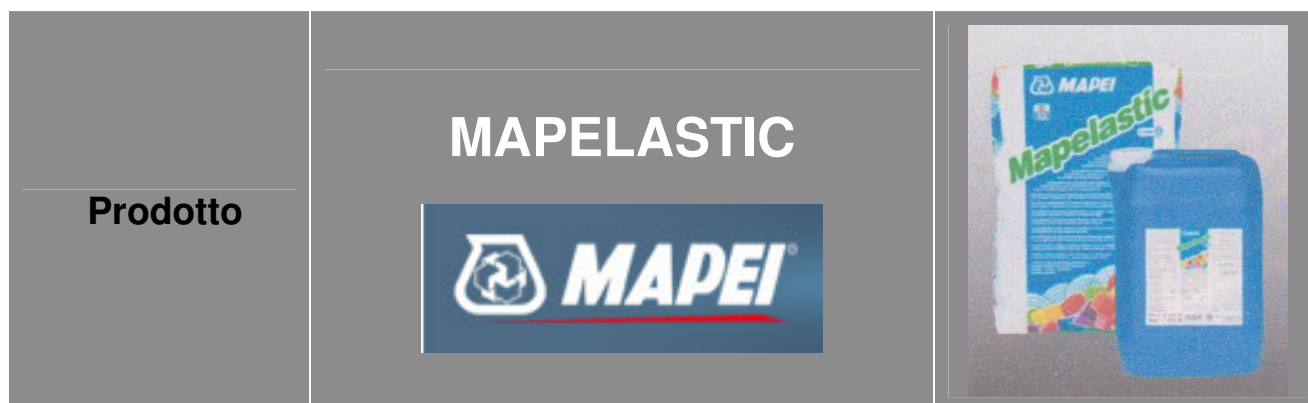
Informazioni economiche

Prezzo di listino	3.630 Euro/Kg
--------------------------	---------------

Organizzazione commerciale

Rete di vendita	25.000 rivendite partner specializzate Centri di assistenza autorizzati GreenBuilding Point
Rete di assistenza post vendita	Assistenza di un tecnico incaricato

ANALISI TECNICA DI PRODOTTO 2



Informazioni sull'origine del prodotto

Informazioni anagrafiche sulla ditta fornitrice/produttrice

Ragione sociale della ditta che commercializza il prodotto:

Nome e sigla dell'azienda: MAPEI S.p.A.

Tipo di società: S.p.A.

Indirizzo della sede: Via Cafiero, 22 - 20158 – (Mi), Italia

Tel: +39-02-376731 **Fax:** +39-02-37673214 **e.mail:** mapei@mapei.it **Url.:** www.mapei.it

Ragione sociale della ditta che produce il prodotto:

Nome e sigla dell'azienda: Mapei S.p.A.

Indirizzo della sede: Strada Provinciale, 159 - Robbiano di Mediglia (MI) – Italia

Tel: + 39-02-906911 **Fax:** + 39-02-90660575 **e.mail:** mapei@mapei.it **Url.:** www.mapei.it

Nome e sigla dell'azienda: Mapei S.p.A.

Indirizzo della sede:

Via Mediana S.S.148 km 81,3 - Latina (Roma) – Italia

Tel: + 39-0773-2548 **Fax:** + 39-0773-250391 **e.mail:** mapei@mapei.it **Url.:** www.mapei.it

Informazioni accessorie

Tipi di produzioni	Prodotti per l'edilizia (adesivi, sigillanti, prodotti chimici)
---------------------------	---

Informazioni tecniche descrittive del prodotto

Identificazione fisica del prodotto

Denominazione commerciale	MAPELASTIC
Tipologia di prodotto	Malta cementizia bicomponente elastica
Finalizzazione d'uso del prodotto	Prodotto per la protezione e l'impermeabilizzazione di superfici in calcestruzzo, balconi, terrazze, bagni e piscine

Identificazione tecnologica del prodotto

Materiale costituente	Leganti cementizi Aggregati selezionati a grana fine Additivi speciali Polimeri sintetici a dispersione acquosa
Caratteristiche	<ul style="list-style-type: none"> Aspetto della superficie: rugoso Fruibilità. non calpestabile

Confezioni	
Caratteristiche delle confezioni	Unità da 32 kg: sacco di carta da 24 Kg (comp. A) + tanica da 8 kg (comp. B) Unità da 16 kg: 2 sacchi di carta da 6 kg (comp. A) + tanica da 1 kg (comp. B)

Informazioni tecniche sulle prestazioni del prodotto

Indicazione funzionale del prodotto	
Prestazioni	<ul style="list-style-type: none"> Impermeabilità all'acqua secondo la UNI EN 14891:2007 Adesione al calcestruzzo secondo la UNI EN 1542:2000 Compatibilità termica ai cicli di gelo e disgelo con Sali disgelanti, misurata come adesione secondo la UNI EN 1542:2000

Informazioni per il corretto uso del prodotto

Preparazione del prodotto	Versare il componente B (liquido) in idoneo recipiente pulito; aggiungere lentamente, sotto agitazione meccanica il componente A (polvere). Mescolare Mapelastic per qualche minuto, avendo cura di asportare dalle pareti e dal fondo del recipiente la polvere non perfettamente dispersa. La miscelazione dovrà protrarsi fino a completa omogeneità dell'impasto.
Posa e/o messa in opera	Applicazione manuale: Mapelastic va posto in opera entro 60 minuti dalla miscelazione effettuando una rasatura a zero di Mapelastic impiegando una spatola liscia. Stendere sul primo strato fresco una seconda mano. Applicazione a spruzzo con intonacatrice.

Informazioni sugli aspetti economici-commerciali del prodotto

Informazioni commerciali	
Condizioni generali di fornitura	Rivendite partner specializzate Centri di assistenza autorizzati Mapei
Garanzie di qualità del prodotto fornito	CRI Carpet and Rug Institute EMICODE EC1 "a bassissima emissione di sostanze organiche volatili" EMICODE EC1 PLUS "a bassissima emissione di sostanze organiche volatili - PLUS" Der Blaue Engel

Informazioni economiche	
Prezzo di listino	3.05 Euro/Kg
Organizzazione commerciale	
Rete di vendita	Rivendite partner specializzate Centri di assistenza autorizzati Mapei
Rete di assistenza post vendita	Assistenza di un tecnico incaricato

ANALISI TECNICA DI PRODOTTO 3

Prodotto	<p>AN BETON R LAST 20</p>  	
-----------------	---	---

Informazioni sull'origine del prodotto

Informazioni anagrafiche sulla ditta fornitrice/produttrice

Ragione sociale della ditta che commercializza il prodotto:

Nome e sigla dell'azienda: AKZO NOBEL Coatings S.p.A.

Tipo di società: S.p.A.

Indirizzo della sede: Via C. Goldoni, 38/40 – Trezzano sul Naviglio (MI) - Italia

Tel: +39-02-484881 **Fax:** +39-02-37673214 **e.mail:** servizio.clienti@cst.akzonobel.com **Url:** www.sikkens.it

Informazioni accessorie

Tipi di produzioni	Produzione e commercializzazione di prodotti vernicianti per l'edilizia professionale con il marchio Sikkens e Rapid Mix: principale Fabbricazione di pitture, vernici e smalti, inchiostri da stampa, mastici, solventi e diluenti a base organica e inorganica e prodotti svernicianti)
---------------------------	---

Informazioni tecniche descrittive del prodotto

Identificazione fisica del prodotto

Denominazione commerciale	AN BETON R LAST 20
Tipologia di prodotto	Malta cementizia bicomponente
Finalizzazione d'uso del prodotto	<p>Prodotto per:</p> <ul style="list-style-type: none"> Impermeabilizzazioni di terrazze, balconi, superfici in calcestruzzo, vasche e serbatoi di raccolta acqua. Impermeabilizzazione di muri contro terra, fondazioni ed interrati. Protezione di intonaci che presentano fessurazioni da ritiro, contro la penetrazione di acque aggressive. Protezione dalla penetrazione dell'anidride carbonica di strutture in calcestruzzo. Rasatura di superfici in calcestruzzo soggette a deformazioni sotto carico

Identificazione tecnologica del prodotto

Materiale costituente	<p>Leganti cementizi Inerti fini di granulometria selezionata Additivi speciali Polimeri in dispersione acquosa</p>
Caratteristiche	<ul style="list-style-type: none"> Aspetto della superficie: rugoso Fruibilità: non calpestabile

Confezioni	
Caratteristiche delle confezioni	Unità da 24 kg: sacco di carta da 24 Kg (comp. A) + tanica da 8 kg (comp. B)

Informazioni tecniche sulle prestazioni del prodotto

Indicazione funzionale del prodotto	
Prestazioni	<ul style="list-style-type: none"> Impermeabilità all'acqua secondo la UNI EN 14891:2007 Adesione al calcestruzzo secondo la UNI EN 1542:2000 Compatibilità termica ai cicli di gelo e disgelo con Sali disgelanti, misurata come adesione secondo la UNI EN 1542:2000

Informazioni per il corretto uso del prodotto

Preparazione del prodotto	Versare il componente B (liquido) in un recipiente pulito e successivamente aggiungere il componente A (polvere) lentamente e sotto agitazione meccanica. Miscelare per il tempo necessario all'ottenimento di un impasto omogeneo e privo di grumi. Asportare accuratamente ogni residuo di polvere non perfettamente dispersa.
Posa e/o messa in opera	Stendere tramite spatola metallica liscia una rasatura a zero di AN BETON LAST 20 e successivamente un secondo strato di prodotto. A prodotto indurito e comunque non oltre le 24 ore successive stendere la seconda mano in direzione incrociata rispetto alla prima.

Informazioni tecniche sugli aspetti economici-commerciali del prodotto

Informazioni commerciali	
Condizioni generali di fornitura	Rivendite partner specializzate Centri di assistenza autorizzati Akzo Nobel
Garanzie di qualità del prodotto fornito	Normative e Raccomandazioni CEE: Metodo LCA (Life Cycle Analysis) – Qualità Ambientale di un prodotto Direttiva 89/106/CEE- Regolamento CEE (Ecolabel) Regolamento CEE 1836/93 (Eco-Audit) – Qualità Ambientale del ciclo di produzione Normativa ISO 14000 (Sistema Gestione Ambientale)
Informazioni economiche	
Prezzo di listino	2.56 Euro/Kg
Organizzazione commerciale	
Rete di vendita	Rivendite partner specializzate (vendita a grossisti/distributori vendita diretta ad applicatori, professionisti, imprese) Centri di assistenza autorizzati Akzo Nobel
Rete di assistenza post vendita	Assistenza di un tecnico incaricato

ANALISI TECNICA DI PRODOTTO 4

Prodotto	<h1>PARALON NT 4 plus</h1> 	
-----------------	--	---

Informazioni sull'origine del prodotto

Informazioni anagrafiche sulla ditta fornitrice/produttrice

Ragione sociale della ditta che commercializza il prodotto:

Nome e sigla dell'azienda: IMPER Italia S.p.A.

Tipo di società: S.p.A.

Indirizzo della sede: Via Volta, 8 - 10071 Fraz. Mappano - Borgaro Torinese (TO). - Italia

Tel: +39-011- 2225500

Fax: +39- 011-2225480

e.mail: imper@imper.it

Url: www.imper.it

Informazioni accessorie

Tipi di produzioni

- Produzione d'idrofughi, sigillanti ed emulsioni bituminose
- Fabbricazione di rivestimenti speciali
- Produzione di formulati per la protezione, la manutenzione e il ripristino delle opere in calcestruzzo
- Produzione di membrane impermeabilizzanti bitume-polimero e di membrane sintetiche

Informazioni tecniche descrittive del prodotto

Identificazione fisica del prodotto

Denominazione commerciale	PARALON NT 4 PLUS
Tipologia di prodotto	Membrana bituminosa
Finalizzazione d'uso del prodotto	Realizzazione di opere di impermeabilizzazione delle coperture, tetti "rovesci" con protezione pesante ad invaso d'acqua, bacini in cls o in terra, canali, opere idrauliche, impalcati viari e ferroviari (ponti, viadotti, sottopassi, ecc), estradossi di gallerie artificiali, giardini pensili, terrazze, parcheggio, fondazioni e strutture interrato.
Identificazione tecnologica del prodotto	
Materiale costituente	Compound PARALLOY: <ul style="list-style-type: none"> • Resine metalloceniche con peso molecolare selezionato disperse in bitume • Armatura in "non tessuto" di poliestere da filo continuo o stabilizzato

Caratteristiche	<ul style="list-style-type: none"> • Aspetto della superficie: rugoso • Fruibilità. calpestabile
Confezioni	
Caratteristiche delle confezioni	Rotolo sp.4 mm 10x1 (-1%)

Informazioni tecniche sulle prestazioni del prodotto

Indicazione funzionale del prodotto	
Prestazioni	<ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilità all'acqua secondo la UNI EN 14891:2007 • Adesione al calcestruzzo secondo la UNI EN 1542:2000 • Compatibilità termica ai cicli di gelo e disgelo con Sali disgelanti, misurata come adesione secondo la UNI EN 1542:2000

Informazioni per il corretto uso del prodotto

Posa e/o messa in opera	Si installa a fiamma con l'ausilio di un cannello a gas propano o con fissaggio meccanico previa preparazione e pulizia del supporto, seguito dal trattamento di imprimitura con idoneo primer.
--------------------------------	---

Informazioni sugli aspetti economici-commerciali del prodotto

Informazioni commerciali	
Condizioni generali di fornitura	Rivendite partner specializzate Centri di assistenza autorizzati Imper Italia S.p.A.
Garanzie di qualità del prodotto fornito	Normative e Raccomandazioni CEE: Metodo LCA (Life Cycle Analysis) – Qualità Ambientale di un prodotto Direttiva 89/106/CEE- Regolamento CEE (Ecolabel) Regolamento CEE 1836/93 (Eco-Audit) – Qualità Ambientale del ciclo di produzione Normativa ISO 14000 (Sistema Gestione Ambientale)

Informazioni economiche

Prezzo di listino	9,62 Euro/m ²
Organizzazione commerciale	
Rete di vendita	Rivendite partner specializzate (vendita a grossisti/distributori vendita diretta ad applicatori, professionisti, imprese) Centri di assistenza autorizzati Imper Italia S.p.A.
Rete di assistenza post vendita	Assistenza di un tecnico incaricato

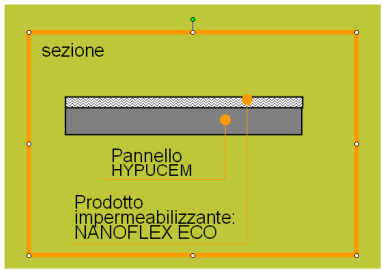
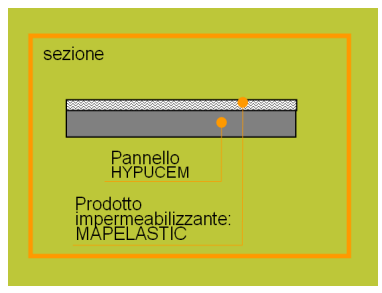
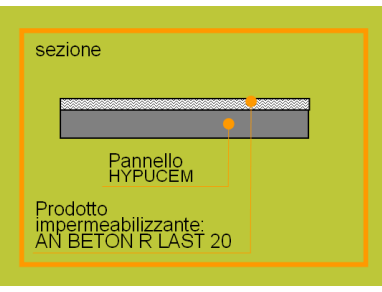
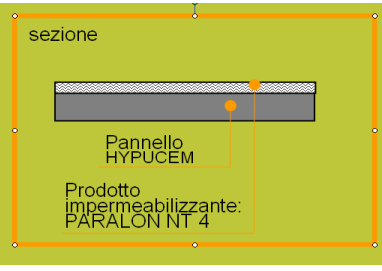
2.3.2. Prova A: Aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido (ai sensi della norma UNI EN 1510-12:20

PROVA A

Aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido




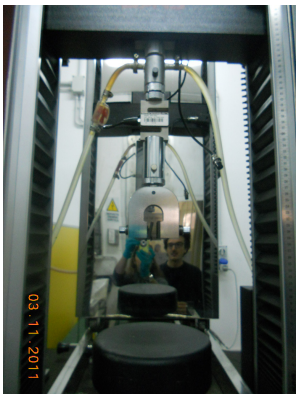
Rif. UNI EN 1015-12:2002

CONFIGURAZIONI DI PROVA

<p><u>Configurazione 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) ▪ TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA MONOCOMPONENTE PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: NANOFLEX ECO - Kerakoll 	
<p><u>Configurazione 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) ▪ TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA BICOMPONENTE PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MAPELASTIC – Mapei 	
<p><u>Configurazione 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) ▪ TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA BICOMPONENTE PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: AN BETON R LAST 20 – AkzoNobel - Rapid Mix 	
<p><u>Configurazione 4</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) ▪ TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MEMBRANA BITUMINOSA PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: Paralon NT 4 plus- Imper 	

Prova A

Resistenza dell'aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido

Scopo e campo di applicazione	Misurare la resistenza dell'aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti esistenti sul mercato con il materiale ibrido HYPUCEM	
Principio	Il metodo di prova consiste nell'esercitare una trazione diretta di una piastra di acciaio fatta aderire alla superficie del prodotto, avendo definito l'area di prova ottenuta per carotaggio sulla superficie del campione. Lo sforzo di adesione è il rapporto tra il carico di rottura e l'area della superficie di prova.	
Apparecchiatura	Piastrine metalliche di acciaio inossidabile aventi diametro di $(50 \pm 0,1)$ mm e spessore minimo di 10 mm, con un dispositivo centrale di raccordo all'apparecchio di trazione diretta	
	Adesivo a base di resina	
	Apparecchiatura per carotaggio: fresatrice corrodato di un utensile avente diametro di mm 50 idoneo ad estrarre campioni di materiale indurito e di supporti.	
	Dinamometro: macchina di prova a trazione diretta in grado di applicare la forza alla piastrina di trazione. Il funzionamento elettromeccanico è composto essenzialmente da: 1) attrezzatura di applicazione del carico e di bloccaggio del provino (ammorsaggio); 2) sistema elettronico di controllo; 3) sistema di movimentazione della traversa superiore 4) trasduttori e sensori di forza e spostamento 5) computer di acquisizione ed elaborazione dei dati.	

Prova A

Resistenza dell'aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido

Configurazione 1	<ul style="list-style-type: none"> SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA MONOCOMPONENTE PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: NANOFLEX ECO - Kerakoll 	
-------------------------	--	--

PREPARAZIONE DEI PROVINI

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Operaio semplice			
Data inizio (gg/mm/aaaa): 21.07.2011			
Data termine (gg/mm/aaaa): 10.10.2011			
Luogo prova: Cantiere edile sito in Via Manzoni 276, Napoli			
Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato	Ambiente non confinato

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Taglio	Il pannello di materiale HYPUCEM, inizialmente di dimensioni 50x50 (cm), è stato tagliato mediante un seghetto e ridotto in 8 pannelli di dimensioni 25x12,5 (cm)	Seghetto con lama dentata	
Preparazione della superficie	Eliminazione della pelle superficiale di materiale, al fine di ottenere una superficie adatta alla presa del prodotto da applicare.	Flex con disco a smeriglio	
Miscelazione	Miscelazione del prodotto NANOFLEX ECO con acqua per ottenere un impasto omogeneo, privo di grumi e della consistenza necessaria.	Miscelatore a basso numero di giri	

Applicazione	Applicazione del prodotto NANOFLEX ECO fino al raggiungimento di 1-2 mm di spessore adatto alla sperimentazione. E' stato necessario effettuare più mani in diverse riprese	Frattono	
CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL PROVINO			
Lunghezza (cm) 25 Larghezza (cm) 12,5 Spessore (cm) 6 + 0.8 Stagionatura: 24 h in buone condizioni climatiche e di temperatura			

PROCEDIMENTO DI PROVA		
FASI		
Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature
Carotaggio	Fissare la punta per forare il campione in modo che non possa muoversi o allentarsi. Il trapano dovrebbe essere esente da vibrazioni e non dovrebbe consentire alcun movimento laterale della punta di centraggio. Forare con una corona diamantata con un'asse a $90^{\circ} \pm 1^{\circ}$ rispetto alla superficie. Perforare il prodotto fino ad una profondità di 20 mm nel substrato di Hypucem. Rimuovere la carotatrice senza danneggiare il campione di prova.	Fresatrice e fresa da 50 mm
Applicazione dell'adesivo sul tassello	Dopo aver pulito il tassello e averlo sgrassato ed asciugato, applicare uno strato di adesivo sulla superficie del tassello in modo che l'adesivo formi uno strato uniforme tra il tassello ed il supporto.	Piccola spatola
Posizionamento del tassello sul pannello di supporto	Posizionare il tassello sulla faccia del foro, in modo che il centro del tassello coincida con il centro del foro. Applicare al tassello una pressione sufficiente per espellere l'aria.	Manuale
Pulitura del tassello	Rimuovere immediatamente l'adesivo che viene estruso a seguito della pressione.	Piccola spatola
Indurimento dell'adesivo	Posizionare il campione ottenuto in una stufa per un tempo overnight e una temperatura di circa 90°C .	Stufa a vuoto
Messa in opera dell'apparecchiatura di misurazione dell'aderenza per trazione diretta	Posizionare l'apparecchiatura di estrazione concentricamente al tassello e a $90^{\circ} \pm 1^{\circ}$ rispetto alla superficie forata. Ammorsare la piastra in modo tale che la sua posizione non cambi nel corso della prova.	Dinamometro




Applicazione del carico	Mediante la macchina di prova applicare la forza di trazione perpendicolarmente all'area di prova tramite le piastrine di estrazione. Applicare la forza in modo graduale e senza strappi. Utilizzare un incremento di carico in modo che lo sforzo aumenti con una velocità compresa tra 0,003 N/(mm ² x s) e 0.001 N/(mm ² x s) secondo la forza di adesione attesa ed in modo che il distacco avvenga in un tempo compreso tra i 20 s e i 60 s . Registrare la forza di distacco. Scartare qualsiasi prova in cui il distacco è avvenuto per frattura dello strato adesivo tra la piastrina di estrazione e la malta.	Dinamometro
Determinazione del tipo di rottura	Mediante valutazione visiva , determinare il tipo di frattura avvenuta.	


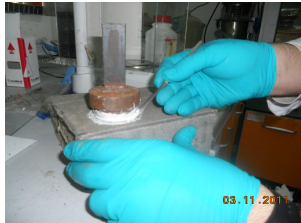


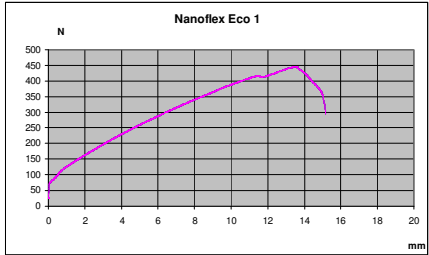
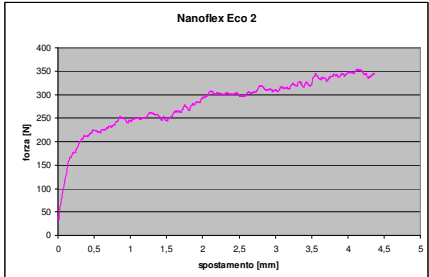
ESECUZIONE DELLA PROVA

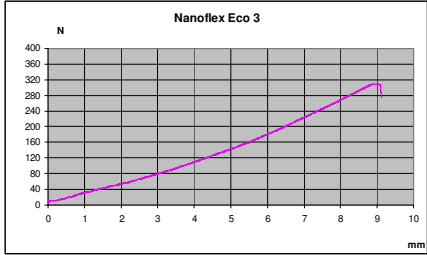
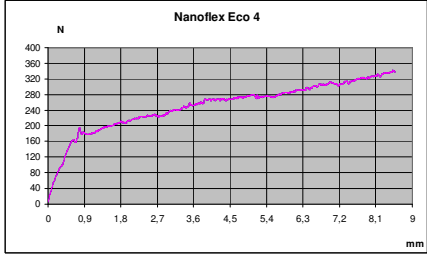

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Dott. Letizia Verdolotti, ing Ernesto Di Maio, tecnico di laboratorio Fabio Docimo			
Data inizio (gg/mm/aaaa): 03.11.2011			
Data termine (gg/mm/aaaa): 02.02.2012			
Luogo prova	CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) sede in Portici (Na)		
	Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato
			Ambiente non confinato

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Carotaggio	Dopo aver fissato la punta per forare il campione, è stato effettuato un foro fino ad una profondità di 20 mm nel substrato del sistema integrato Hypucem – Nanoflex Eco.	Fresatrice e fresa da 50 mm	 
Applicazione dell'adesivo sul tassello	Dopo aver pulito il tassello e averlo sgrassato ed asciugato, è stato applicato uno strato di adesivo Superflex - kerakoll sulla superficie del tassello.	Piccola spatola	

<p>Posizionamento del tassello sul supporto sistema integrato Hypucem – Prodotto impermeabilizzante</p>	<p>E' stato posizionato il tassello, con applicato lo strato di adesivo, sulla faccia del foro (superficie carotata), in modo che il centro del tassello coincida con il centro del foro, mediante una pressione sufficiente per espellere l'aria.</p>	<p>Manuale</p>	
<p>Pulitura del tassello dall'adesivo estruso</p>	<p>E' stato rimosso immediatamente l'adesivo che estruso a seguito della pressione.</p>	<p>Piccola spatola</p>	
<p>Indurimento dell'adesivo</p>	<p>E' stato posizionato il campione ottenuto in una stufa per un tempo e una temperatura adeguata all'indurimento dell'adesivo. (90c° per circa 24 ore)</p>	<p>Stufa MEMMERT</p>	
<p>Messa in opera dell'apparecchiatura di misurazione dell'aderenza per trazione diretta</p>	<p>E' stata posizionata l'apparecchiatura di estrazione concentricamente al tassello e a $(90\pm 1)^\circ$ rispetto alla superficie forata ed è stata fissata l'apparecchiatura in modo tale che la sua posizione non potesse cambiare nel corso della prova.</p>	<p>Dinamometro</p>	
<p>Applicazione del carico (provino 1)</p>	<p>E' stata applicata una forza di trazione, aumentando il carico in modo continuo ed uniforme, fino a che si è verificata la frattura . E' stato registrato il carico al momento della frattura di 445,96 N</p>	<p>Dinamometro</p>	
<p>Applicazione del carico (provino 2)</p>	<p>E' stata applicata una forza di trazione, aumentando il carico in modo continuo ed uniforme, fino a che si è verificata la frattura . E' stato registrato il carico al momento della frattura di 353,89 N</p>	<p>Dinamometro</p>	

<p>Applicazione del carico (provino 3)</p>	<p>E' stata applicata una forza di trazione, aumentando il carico in modo continuo ed uniforme, fino a che si è verificata la frattura . E' stato registrato il carico al 309,6 N</p>	<p>Dinamometro</p>	
<p>Applicazione del carico (provino 4)</p>	<p>E' stata applicata una forza di trazione, aumentando il carico in modo continuo ed uniforme, fino a che si è verificata la frattura . E' stato registrato il carico al momento della frattura di 341,93 N</p>	<p>Dinamometro</p>	
<p>Determinazione del tipo di rottura</p>	<p>Mediante valutazione visiva , si è determinato il tipo di frattura avvenuta. Nel caso della configurazione 1 è avvenuta una frattura di coesione – frattura all'interfaccia tra lo strato di adesivo e lo strato di prodotto impermeabilizzate. Si conclude che la forza di adesione è maggiore della forza di prova.</p>		

RESOCONTO DI PROVA

<p>a) norma di riferimento</p>	<p>Num: 1015-12 Titolo. Metodi di prova per le malte per opere murarie – determinazione dell'aderenza al supporto di malte da intonaco esterno ed interno Data di pubblicazione: 01-.05.2002</p>
<p>b) prelevamento del campione globale di prova</p>	<p>Luogo: CNR di Portici (NA) Data: 03.11.2011 Ora: 11:30</p>
<p>c) Metodo utilizzato prelevare il campione globale di prova</p>	<p>Carotaggio mediante fresatrice</p>
<p>d) prodotto impermeabilizzante</p>	<p>Tipo: malta monocomponente Designazione: Nanoflex Eco – KeraKoll</p>
<p>f) Supporto Hycucem</p>	<p>Tipo: pannello isolante termo – acustico di schiuma ibrida in poliuretano – Cemento Descrizione: pannello a celle chiuse - $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$</p>
<p>g) preparazione del supporto Hycucem</p>	<p>Eliminazione della SKIN (strato di pelle superficiale) al fine di ottenere una superficie adatta alla migliore presa del prodotto da applicare</p>
<p>h) prova di laboratorio</p>	<p>Data: 10.11.2011 Ora : 16.30</p>
<p>j) descrizione dei provini</p>	<p>Lunghezza: (cm) 25 Larghezza: (cm) 12,5 Spessore: (cm) 6 + 0.8 Aspetto della superficie: rugosa</p>

k) valori di tensione, di adesione, modalità di frattura	Provino 1 Tensione: 0,227 N/mm ² (MPa) Adesione: > 0,277 N/mm ² (MPa) Tipo di frattura: frattura di coesione
	Provino 2 Tensione: 0,180 N/mm ² (MPa) Adesione: > 0,180 N/mm ² (MPa) Tipo di frattura: frattura di coesione
	Provino 3 Tensione: 0,157 N/mm ² (MPa) Adesione: > 0,157 N/mm ² (MPa) Tipo di frattura: frattura di coesione
	Provino 4 Tensione: 0,174 N/mm ² (MPa) Adesione: > 0,174 N/mm ² (MPa) Tipo di frattura: frattura di coesione
l) eventuali commenti	Il tipo di frattura avvenuta è di coesione, con avvenuta frattura del supporto Hypucem: la forza di adesione tra Hypucem e l'impermeabilizzante è maggiore del valore di prova.

Prova A

Resistenza dell'aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido

Configurazione 2

- SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$)
- TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA BICOMPONENTE
 PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MAPELASTIC – Mapei



PREPARAZIONE DEI PROVINI

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Operaio semplice





Data inizio (gg/mm/aaaa): 21.07.2011


Data termine (gg/mm/aaaa): 10.10.2011

Luogo prova | Cantiere edile sito in Via Manzoni 276, Napoli


Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato	Ambiente non confinato
--------------------	---	------------------------	------------------------

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Taglio	Il pannello di materiale HYPUCEM, inizialmente di dimensioni 50x50 (cm), è stato tagliato mediante un seghetto e ridotto in 8 pannelli di dimensioni 25x12,5 (cm)	Seghetto con lama dentata	 
Preparazione della superficie	Eliminazione della pelle superficiale di materiale, al fine di ottenere una superficie adatta alla presa del prodotto da applicare.	Flex con disco a smeriglio	 
Miscelazione	Miscelazione del prodotto MAPELASTIC (comp. A) con additivo speciale e polimeri sintetici in dispersione acquosa (comp. B) per ottenere un impasto omogeneo, privo di grumi e della consistenza necessaria.	Miscelatore a basso numero di giri	

Applicazione	Applicazione del prodotto MAPELSATIC fino al raggiungimento di 1-2 mm – Per ottenere uno spessore adatto alla sperimentazione è stato necessario effettuare più mani in diverse riprese	Frattono	
--------------	---	----------	---

CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL PROVINO

Lunghezza (cm) 25 Larghezza (cm) 12,5 Spessore (cm) 6 + 0.8 Stagionatura: 24 h in buone condizioni climatiche e di temperatura	
---	---

PROCEDIMENTO DI PROVA

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature
Carotaggio	Fissare la punta per forare il campione in modo che non possa muoversi o allentarsi. Il trapano dovrebbe essere esente da vibrazioni e non dovrebbe consentire alcun movimento laterale della punta di centraggio. Forare con una corona diamantata con un'asse a $90^{\circ} \pm 1^{\circ}$ rispetto alla superficie. Perforare il prodotto fino ad una profondità di 20 mm nel substrato di Hypucem. Rimuovere la carotatrice senza danneggiare il campione di prova.	Fresatrice e fresa di 50 mm
Applicazione dell'adesivo sul tassello	Dopo aver pulito il tassello e averlo sgrassato ed asciugato, applicare uno strato di adesivo sulla superficie del tassello in modo che l'adesivo formi uno strato uniforme tra il tassello ed il supporto.	Piccola spatola
Posizionamento del tassello sul pannello di supporto	Posizionare il tassello sulla faccia del foro, in modo che il centro del tassello coincida con il centro del foro. Applicare al tassello una pressione sufficiente per espellere l'aria.	Manuale
Pulitura del tassello	Rimuovere immediatamente l'adesivo che viene estruso a seguito della pressione.	Piccola spatola
Indurimento dell'adesivo	Posizionare il campione ottenuto in una stufa per un tempo e una temperatura adeguata all'indurimento dell'adesivo.	Stufa a vuoto
Messa in opera dell'apparecchiatura di misurazione dell'aderenza per trazione diretta	Posizionare l'apparecchiatura di estrazione concentricamente al tassello e a $90^{\circ} \pm 1^{\circ}$ rispetto alla superficie forata. Fissare l'apparecchiatura in modo tale che la sua posizione non cambi nel corso della prova.	Dinamometro

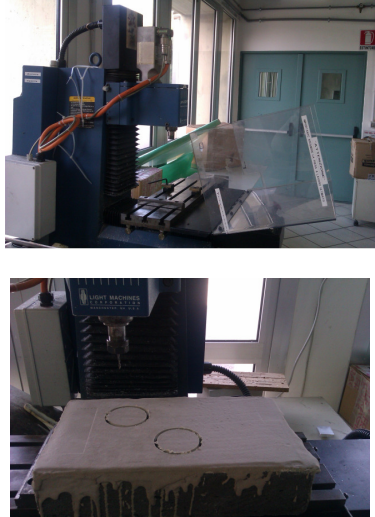

Applicazione del carico	Mediante la macchina di prova applicare la forza di trazione perpendicolarmente all'area di prova tramite le piastrine di estrazione. Applicare la forza in modo graduale e senza strappi. Utilizzare un incremento di carico in modo che lo sforzo aumenti con una velocità compresa tra 0,003 N/(mm ² x s) e 0,001 N/(mm ² x s) secondo la forza di adesione attesa ed in modo che il distacco avvenga in un tempo compreso tra i 20 s e i 60 s . Registrare la forza di distacco. Scartare qualsiasi prova in cui il distacco è avvenuto per frattura dello strato adesivo tra la piastrina di estrazione e la malta.	Dinamometro
Determinazione del tipo di rottura	Mediante valutazione visiva , determinare il tipo di frattura avvenuta.	


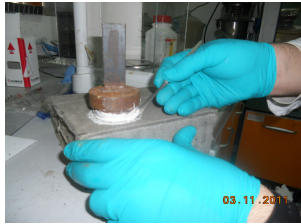

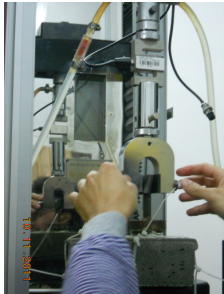
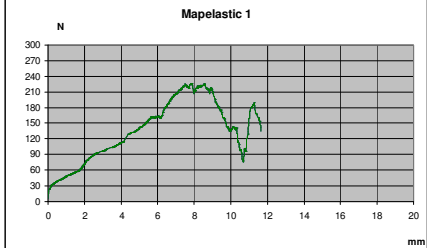
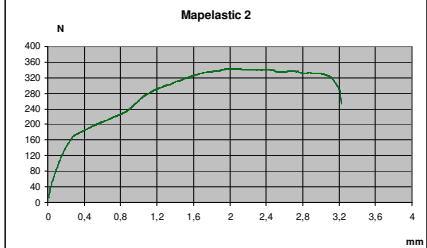
ESECUZIONE DELLA PROVA

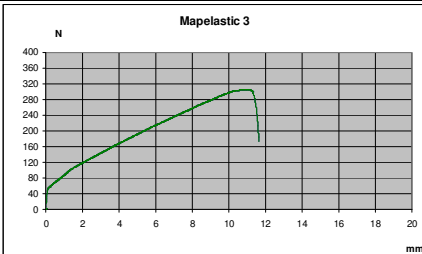
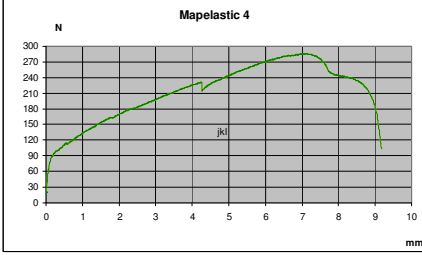

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Dott. Letizia Verdolotti, ing Ernesto Di Maio, tecnico di laboratorio Fabio Docimo			
Data inizio (gg/mm/aaaa): 03.11.2011			
Data termine (gg/mm/aaaa): 10.11.2011			
Luogo prova	CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) sede in Portici (Na)		
	Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato
			Ambiente non confinato

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Carotaggio	Dopo aver fissato la punta per forare il campione, è stato effettuato un foro fino ad una profondità di 20 mm nel substrato del sistema integrato Hypucem – Nanoflex Eco.	Fresatrice e fresa da 50mm	
Applicazione dell'adesivo sul tassello	Dopo aver pulito il tassello e averlo sgrassato ed asciugato, è stato applicato uno strato di adesivo Superflex - kerakoll sulla superficie del tassello.	Piccola spatola	

<p>Posizionamento del tassello sul supporto sistema integrato Hypucem – Prodotto impermeabilizzante</p>	<p>E' stato posizionato il tassello, con applicato lo strato di adesivo, sulla faccia del foro (superficie carotata), in modo che il centro del tassello coincida con il centro del foro, mediante una pressione sufficiente per espellere l'aria.</p>	<p>Manuale</p>	
<p>Pulitura del tassello dall'adesivo estruso</p>	<p>E' stato rimosso immediatamente l'adesivo che estruso a seguito della pressione.</p>	<p>Piccola spatola</p>	
<p>Indurimento dell'adesivo</p>	<p>E' stato posizionato il campione ottenuto in una stufa per un tempo e una temperatura adeguata all'indurimento dell'adesivo. (90c° per circa 24 ore)</p>	<p>Stufa MEMMERT</p>	
<p>Messa in opera dell'apparecchiatura di misurazione dell'aderenza per trazione diretta</p>	<p>E' stata posizionata l'apparecchiatura di estrazione concentricamente al tassello e a 90°±1° rispetto alla superficie forata ed è stata fissata l'apparecchiatura in modo tale che la sua posizione non potesse cambiare nel corso della prova.</p>	<p>Dinamometro</p>	
<p>Applicazione del carico (provino 1)</p>	<p>E' stata applicata una forza di trazione, aumentando il carico in modo continuo ed uniforme, fino a che si è verificata la frattura . E' stato registrato il carico al momento della frattura di 226,44 N</p>	<p>Dinamometro</p>	
<p>Applicazione del carico (provino 2)</p>	<p>E' stata applicata una forza di trazione, aumentando il carico in modo continuo ed uniforme, fino a che si è verificata la frattura . E' stato registrato il carico al momento della frattura di 342,58 N</p>	<p>Dinamometro</p>	

Applicazione del carico (provino 3)	E' stata applicata una forza di trazione, aumentando il carico in modo continuo ed uniforme, fino a che si è verificata la frattura . E' stato registrato il carico al momento della frattura di 305,68 N	Dinamometro	
Applicazione del carico (provino 4)	E' stata applicata una forza di trazione, aumentando il carico in modo continuo ed uniforme, fino a che si è verificata la frattura . E' stato registrato il carico al momento della frattura di 285,64 N	Dinamometro	
Determinazione del tipo di rottura	Mediante valutazione visiva , si è determinato il tipo di frattura avvenuta. In questo caso il distacco è avvenuto tra lo strato adesivo e il supporto Hypucem e dunque la prova è da scartare ((secondo normativa).		

RESOCONTO DI PROVA

a) norma di riferimento	Num: 1015-12 Titolo. Metodi di prova per le malte per opere murarie – determinazione dell'aderenza al supporto di malte da intonaco esterno ed interno Data di pubblicazione: 01-.05.2002
b) prelevamento del campione globale di prova	Luogo: CNR di Portici (NA) Data: 03.11.2011 Ora: 11:30
c) Metodo utilizzato prelevare il campione globale di prova	Carotaggio mediante fresatrice
d) prodotto impermeabilizzante	Tipo: malta monocomponente Designazione: Mapelastic - Mapei
f) Supporto Hypucem	Tipo: pannello isolante termo – acustico di schiuma ibrida in poliuretano – Cemento Descrizione: pannello a celle chiuse - $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$
g) preparazione del supporto Hypucem	Eliminazione della SKIN (strato di pelle superficiale) al fine di ottenere una superficie adatta alla migliore presa del prodotto da applicare
h) prova di laboratorio	Data: 10.11.2011 Ora : 14:00
j) descrizione dei provini	Lunghezza: (cm) 25 Larghezza: (cm) 12,5 Spessore: (cm) 6 + 0.8 Aspetto della superficie: rugosa
k) valori di tensione, di adesione, modalità di frattura	Provino 1 Tensione: 0,115 N/mm ² (MPa) Adesione: > 0,115 N/mm ² (MPa) Tipo di frattura: frattura di adesione

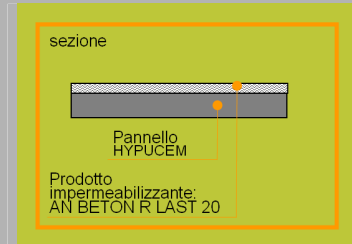
	<p>Provino 2 Tensione: 0,174 N/mm² (MPa) Adesione: > 0,174 N/mm² (MPa) Tipo di frattura: frattura di adesione</p>
	<p>Provino 3 Tensione: 0,104 N/mm² (MPa) Adesione: > 0,104 N/mm² (MPa) Tipo di frattura: frattura di adesione</p>
	<p>Provino 4 Tensione: 0,160 N/mm² (MPa) Adesione: > 0,160 N/mm² (MPa) Tipo di frattura: frattura di adesione</p>
l) eventuali commenti	<p>Dal momento che il distacco è avvenuto tra lo strato adesivo e il supporto Hypucem la prova è da scartare ((secondo normativa).</p>

Prova A

Resistenza dell'aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido

Configurazione 3

- SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$)
- TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA BICOMPONENTE
 PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: AN BETON R LAST 20 - AkzoNobel - Rapid Mix



PREPARAZIONE DEI PROVINI

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Operaio semplice



Data inizio (gg/mm/aaaa): 21.07.2011


Data termine (gg/mm/aaaa): 10.10.2011

Luogo prova | Cantiere edile sito in Via Manzoni 276, Napoli


Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato	Ambiente non confinato
--------------------	---	------------------------	------------------------

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Taglio	Il pannello di materiale HYPUCEM, inizialmente di dimensioni 50x50 (cm), è stato tagliato mediante un seghetto e ridotto in 8 pannelli di dimensioni 25x12,5 (cm)	Seghetto con lama dentata	
Preparazione della superficie	Eliminazione della pelle superficiale di materiale, al fine di ottenere una superficie adatta alla presa del prodotto da applicare.	Flex con disco a smeriglio	
Miscelazione	Miscelazione del prodotto AN BETON R LAST 20 (comp. A) con additivo speciale e polimeri sintetici in dispersione acquosa (comp. B) per ottenere un impasto omogeneo, privo di grumi e della consistenza necessaria.	Miscelatore a basso numero di giri	

Applicazione	Applicazione del prodotto AN BETON R LAST 20 fino al raggiungimento di 1-2 mm – Per ottenere uno spessore adatto alla sperimentazione è stato necessario effettuare più mani in diverse riprese	Frattono	
--------------	---	----------	--

CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL PROVINO

<p>Lunghezza (cm) 25 Larghezza (cm) 12,5 Spessore (cm) 6 + 0.8 Stagionatura: 24 h in buone condizioni climatiche e di temperatura</p>	
--	---

PROCEDIMENTO DI PROVA

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature
Carotaggio	Fissare la punta per forare il campione in modo che non possa muoversi o allentarsi. Il trapano dovrebbe essere esente da vibrazioni e non dovrebbe consentire alcun movimento laterale della punta di centraggio. Forare con una corona diamantata con un'asse a $90^{\circ} \pm 1^{\circ}$ rispetto alla superficie. Perforare il prodotto fino ad una profondità di 20 mm nel substrato di Hypucem. Rimuovere la carotatrice senza danneggiare il campione di prova.	Fresatrice e fresa di 50 mm
Applicazione dell'adesivo sul tassello	Dopo aver pulito il tassello e averlo sgrassato ed asciugato, applicare uno strato di adesivo sulla superficie del tassello in modo che l'adesivo formi uno strato uniforme tra il tassello ed il supporto.	Piccola spatola
Posizionamento del tassello sul pannello di supporto	Posizionare il tassello sulla faccia del foro, in modo che il centro del tassello coincida con il centro del foro. Applicare al tassello una pressione sufficiente per espellere l'aria.	Manuale
Pulitura del tassello	Rimuovere immediatamente l'adesivo che viene estruso a seguito della pressione.	Piccola spatola
Indurimento dell'adesivo	Posizionare il campione ottenuto in una stufa per un tempo overnight e una temperatura di circa 90 °C.	Stufa a vuoto
Messa in opera dell'apparecchiatura di misurazione dell'aderenza per trazione diretta	Posizionare l'apparecchiatura di estrazione concentricamente al tassello e a $(90 \pm 1)^{\circ}$ rispetto alla superficie forata. Fissare l'apparecchiatura in modo tale che la sua posizione non cambi nel corso della prova.	Dinamometro




Applicazione del carico	Mediante la macchina di prova applicare la forza di trazione perpendicolarmente all'area di prova tramite le piastrine di estrazione. Applicare la forza in modo graduale e senza strappi. Utilizzare un incremento di carico in modo che lo sforzo aumenti con una velocità compresa tra 0,003 N/(mm ² x s) e 0.001 N/(mm ² x s) secondo la forza di adesione attesa ed in modo che il distacco avvenga in un tempo compreso tra i 20 s e i 60 s . Registrare la forza di distacco. Scartare qualsiasi prova in cui il distacco è avvenuto per frattura dello strato adesivo tra la piastrina di estrazione e la malta.	Dinamometro
Determinazione del tipo di rottura	Mediante valutazione visiva , determinare il tipo di frattura avvenuta.	





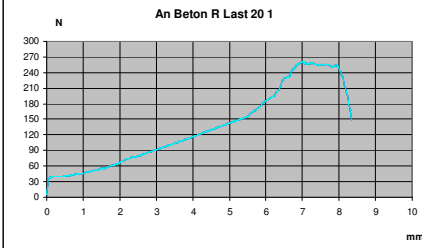
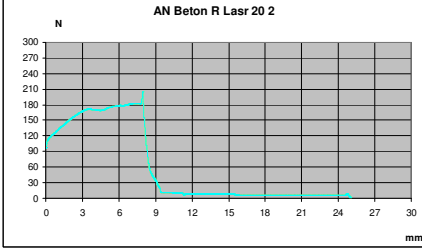
ESECUZIONE DELLA PROVA

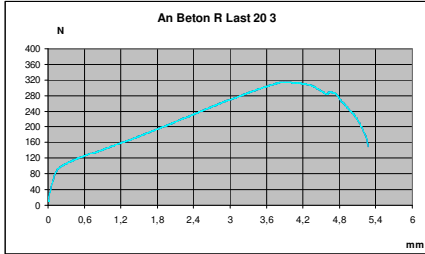
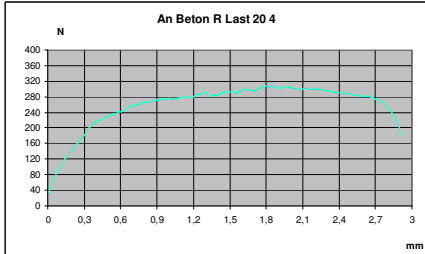

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Dott. Letizia Verdolotti, ing Ernesto Di Maio, tecnico di laboratorio Fabio Docimo			
Data inizio (gg/mm/aaaa): 11.11.2011			
Data termine (gg/mm/aaaa):16.11.2011			
Luogo prova	CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) sede in Portici (Na)		
	Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato
			Ambiente non confinato

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Carotaggio	Dopo aver fissato la punta per forare il campione, è stato effettuato un foro fino ad una profondità di 20 mm nel substrato del sistema integrato Hypucem – Nanoflex Eco.	Fresatrice e fresa da 50 mm	 
Applicazione dell'adesivo sul tassello	Dopo aver pulito il tassello e averlo sgrassato ed asciugato, è stato applicato uno strato di adesivo Superflex - kerakoll sulla superficie del tassello.	Piccola spatola	

<p>Posizionamento del tassello sul supporto sistema integrato Hypucem – Prodotto impermeabilizzante</p>	<p>E' stato posizionato il tassello, con applicato lo strato di adesivo, sulla faccia del foro (superficie carotata), in modo che il centro del tassello coincida con il centro del foro, mediante una pressione sufficiente per espellere l'aria.</p>	<p>Manuale</p>																									
<p>Pulitura del tassello dall'adesivo estruso</p>	<p>E' stato rimosso immediatamente l'adesivo che estruso a seguito della pressione.</p>	<p>Piccola spatola</p>																									
<p>Indurimento dell'adesivo</p>	<p>E' stato posizionato il campione ottenuto in una stufa per un tempo e una temperatura adeguata all'indurimento dell'adesivo. (90c° per circa 24 ore)</p>	<p>Stufa MEMMERT</p>																									
<p>Messa in opera dell'apparecchiatura di misurazione dell'aderenza per trazione diretta</p>	<p>E' stata posizionata l'apparecchiatura di estrazione concentricamente al tassello e a $90^{\pm 1^{\circ}}$ rispetto alla superficie forata ed è stata fissata l'apparecchiatura in modo tale che la sua posizione non potesse cambiare nel corso della prova.</p>	<p>Dinamometro</p>																									
<p>Applicazione del carico</p>	<p>E' stata applicata una forza di trazione, aumentando il carico in modo continuo ed uniforme, fino a che si è verificata la frattura . E' stato registrato il carico al momento della frattura di 261,38 N</p>	<p>Dinamometro</p>	 <table border="1"> <caption>Data for An Beton R Last 20 1</caption> <thead> <tr> <th>Displacement (mm)</th> <th>Load (N)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>30</td></tr> <tr><td>2</td><td>60</td></tr> <tr><td>3</td><td>90</td></tr> <tr><td>4</td><td>120</td></tr> <tr><td>5</td><td>150</td></tr> <tr><td>6</td><td>180</td></tr> <tr><td>7</td><td>261.38</td></tr> <tr><td>8</td><td>150</td></tr> <tr><td>9</td><td>0</td></tr> <tr><td>10</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Displacement (mm)	Load (N)	0	0	1	30	2	60	3	90	4	120	5	150	6	180	7	261.38	8	150	9	0	10	0
Displacement (mm)	Load (N)																										
0	0																										
1	30																										
2	60																										
3	90																										
4	120																										
5	150																										
6	180																										
7	261.38																										
8	150																										
9	0																										
10	0																										
<p>Applicazione del carico</p>	<p>E' stata applicata una forza di trazione, aumentando il carico in modo continuo ed uniforme, fino a che si è verificata la frattura . E' stato registrato il carico al momento della frattura di 205,55 N</p>	<p>Dinamometro</p>	 <table border="1"> <caption>Data for AN Beton R Lasr 20 2</caption> <thead> <tr> <th>Displacement (mm)</th> <th>Load (N)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>150</td></tr> <tr><td>6</td><td>180</td></tr> <tr><td>9</td><td>205.55</td></tr> <tr><td>12</td><td>0</td></tr> <tr><td>15</td><td>0</td></tr> <tr><td>18</td><td>0</td></tr> <tr><td>21</td><td>0</td></tr> <tr><td>24</td><td>0</td></tr> <tr><td>27</td><td>0</td></tr> <tr><td>30</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Displacement (mm)	Load (N)	0	0	3	150	6	180	9	205.55	12	0	15	0	18	0	21	0	24	0	27	0	30	0
Displacement (mm)	Load (N)																										
0	0																										
3	150																										
6	180																										
9	205.55																										
12	0																										
15	0																										
18	0																										
21	0																										
24	0																										
27	0																										
30	0																										

Applicazione del carico	E' stata applicata una forza di trazione, aumentando il carico in modo continuo ed uniforme, fino a che si è verificata la frattura . E' stato registrato il carico al momento della frattura di 314,56 N	Dinamometro	
Applicazione del carico	E' stata applicata una forza di trazione, aumentando il carico in modo continuo ed uniforme, fino a che si è verificata la frattura . E' stato registrato il carico al momento della frattura di 307,6 N	Dinamometro	
Determinazione del tipo di rottura	Mediante valutazione visiva , si è determinato il tipo di frattura avvenuta. In questo caso il distacco è avvenuto tra lo strato adesivo e il supporto Hypucem e dunque la prova è da scartare ((secondo normativa).		

RESOCONTO DI PROVA

a) norma di riferimento	Num: 1015-12 Titolo. Metodi di prova per le malte per opere murarie – determinazione dell'aderenza al supporto di malte da intonaco esterno ed interno Data di pubblicazione: 01-.05.2002
b) prelevamento del campione globale di prova	Luogo: CNR di Portici (NA) Data: 10.11.2011 Ora: 14:40
c) Metodo utilizzato prelevare il campione globale di prova	Carotaggio mediante fresatrice
d) prodotto impermeabilizzante	Tipo: malta monocomponente Designazione: An Beton R Last 20 – Rapid mix
f) Supporto Hypucem	Tipo: pannello isolante termo – acustico di schiuma ibrida in poliuretano – Cemento Descrizione: pannello a celle chiuse - $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$
g) preparazione del supporto Hypucem	Eliminazione della SKIN (strato di pelle superficiale) al fine di ottenere una superficie adatta alla migliore presa del prodotto da applicare
h) prova di laboratorio	Data: 16.11.2011 Ora : 12:00
j) descrizione dei provini	Lunghezza: (cm) 25 Larghezza: (cm) 12,5 Spessore: (cm) 6 + 0.8 Aspetto della superficie: rugosa
k) valori di tensione, di adesione, modalità di frattura	Provino 1 Tensione: 0,133 N/mm ² (MPa) Adesione: > 0,133 N/mm ² (MPa) Tipo di frattura: frattura di adesione

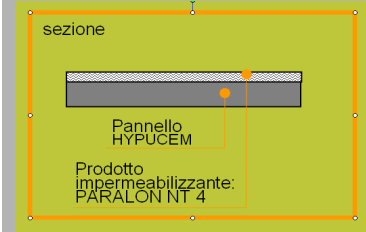
	Provino 2 Tensione: 0,145 N/mm ² (MPa) Adesione: > 0,145 N/mm ² (MPa) Tipo di frattura: frattura di adesione
	Provino 3 Tensione: 0,160 N/mm ² (MPa) Adesione: > 0,160 N/mm ² (MPa) Tipo di frattura: frattura di adesione
	Provino 4 Tensione: 0,156 N/mm ² (MPa) Adesione: > 0,156 N/mm ² (MPa) Tipo di frattura: frattura di adesione
l) eventuali commenti	Dal momento che il distacco è avvenuto tra lo strato adesivo e il supporto Hypucem la prova è da scartare ((secondo normativa).

Prova A

Resistenza dell'aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido

Configurazione 4

- SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$)
- TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MEMBRANA BITUMINOSA
- PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: Paralon NT 4 plus – Imper



PREPARAZIONE

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Operaio semplice

Data inizio (gg/mm/aaaa): 21.07.2011

Data termine (gg/mm/aaaa): 21.07.2011

Luogo prova | Cantiere edile sito in Via Manzoni 276, Napoli

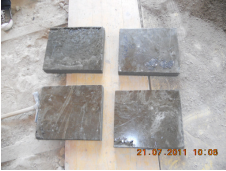





Ambiente confinato

X


Ambiente semiconfinato

Ambiente non confinato

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Taglio di HYPUCEM	Il pannello di materiale HYPUCEM, inizialmente di dimensioni 50x50 (cm), è stato tagliato mediante un seghetto e ridotto in 8 pannelli di dimensioni 25x12,5 (cm)	Seghetto con lama dentata	 
Taglio della membrana bituminosa	Taglio del foglio di membrana bituminosa secondo la dimensione del pannello HYPUCEM	Coltello con lama seghettata	 
Applicazione	Applicazione della membrana bituminosa PARALON NT 4 plus al materiale HYPUCEM	Fiamma ossidrica	 

CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL PROVINO

Lunghezza (cm) 25 Larghezza (cm) 12,5 Spessore (cm) 6 + 0,4	
---	---

PROCEDIMENTO DI PROVA

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature
Carotaggio	Fissare la punta per forare il campione in modo che non possa muoversi o allentarsi. Il trapano dovrebbe essere esente da vibrazioni e non dovrebbe consentire alcun movimento laterale della punta di centraggio. Forare con una corona diamantata con un'asse a $90^{\circ} \pm 1^{\circ}$ rispetto alla superficie. Perforare il prodotto fino ad una profondità di 20 mm nel substrato di Hypucem. Rimuovere la carotatrice senza danneggiare il campione di prova.	Apparecchiatura per carotaggio: fresatrice
Applicazione dell'adesivo tassello sul	Dopo aver pulito il tassello e averlo sgrassato ed asciugato, applicare uno strato di adesivo sulla superficie del tassello in modo che l'adesivo formi uno strato uniforme tra il tassello ed il supporto.	Piccola spatola
Posizionamento del tassello sul pannello di supporto	Posizionare il tassello sulla faccia del foro, in modo che il centro del tassello coincida con il centro del foro. Applicare al tassello una pressione sufficiente per espellere l'aria.	Manuale
Pulitura del tassello	Rimuovere immediatamente l'adesivo che viene estruso a seguito della pressione.	Piccola spatola
Indurimento dell'adesivo	Posizionare il campione ottenuto in una stufa per un tempo overnight ed a una temperatura di circa 90 °C.	Stufa a vuoto
Messa in opera dell'apparecchiatura di misurazione dell'aderenza per trazione diretta	Posizionare l'apparecchiatura di estrazione concentricamente al tassello e a $90^{\circ} \pm 1^{\circ}$ rispetto alla superficie forata. Fissare l'apparecchiatura in modo tale che la sua posizione non cambi nel corso della prova.	Dinamometro
Applicazione carico del	Mediante la macchina di prova applicare la forza di trazione perpendicolarmente all'area di prova tramite le piastrine di estrazione. Applicare la forza in modo graduale e senza strappi. Utilizzare un incremento di carico in modo che lo sforzo aumenti con una velocità compresa tra 0,003 N/(mm ² x s) e 0,001 N/(mm ² x s) secondo la forza di adesione attesa ed in modo che il distacco avvenga in un tempo compreso tra i 20 s e i 60 s . Registrare la forza di distacco. Scartare qualsiasi prova in cui il distacco è avvenuto per frattura dello strato adesivo tra la piastrina di estrazione e la malta.	Dinamometro
Determinazione del tipo di rottura	Mediante valutazione visiva , determinare il tipo di frattura avvenuta.	

PROCEDIMENTO DI (ESECUZIONE DELLA) PROVA**DATI IDENTIFICATIVI**

Esecutore: : Dott. Letizia Verdolotti, ing Ernesto Di Maio, tecnico di laboratorio Fabio Docimo

Data inizio (gg/mm/aaaa): 03.11.2011

Data termine (gg/mm/aaaa): 03.11.2011

Luogo prova CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) sede in Portici (Na)



Ambiente confinato


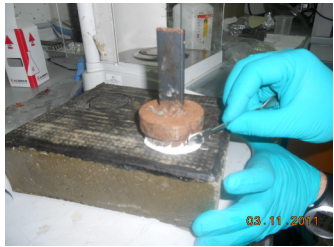




X

Ambiente semiconfinato

Ambiente non confinato

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Carotaggio	Dopo aver fissato la punta per forare il campione, è stato effettuato un foro fino ad una profondità di 20 mm nel substrato del sistema integrato Hypucem – Nanoflex Eco.	Fresatrice e fresa da 50 mm	
Applicazione dell'adesivo sul tassello	Dopo aver pulito il tassello e averlo sgrassato ed asciugato, è stato applicato uno strato di adesivo Superflex - kerakoll sulla superficie del tassello.	Piccola spatola	

<p>Posizionamento del tassello sul supporto sistema integrato Hypucem – Prodotto impermeabilizzante</p>	<p>E' stato posizionato il tassello, con applicato lo strato di adesivo, sulla faccia del foro (superficie carotata), in modo che il centro del tassello coincida con il centro del foro, mediante una pressione sufficiente per espellere l'aria.</p>	<p>Manuale</p>	
<p>Pulitura del tassello dall'adesivo estruso</p>	<p>E' stato rimosso immediatamente l'adesivo che estruso a seguito della pressione.</p>	<p>Piccola spatola</p>	
<p>Indurimento dell'adesivo</p>	<p>Posizionare il campione ottenuto in una stufa per un tempo e una temperatura adeguata all'indurimento dell'adesivo. (90c° per circa 3 ore)</p>	<p>Stufa MEMMET</p>	
<p>Messa in opera dell'apparecchiatura di misurazione dell'aderenza per trazione diretta</p>	<p>Non è stato possibile effettuare la prova di laboratorio perché è avvenuto il distacco tra la superficie dell'adesivo e lo strato dell'impermeabilizzante ancora prima di posizionare il provino sul Dinamometro.</p>		
<p>Applicazione del carico</p>			
<p>Determinazione del tipo di rottura</p>			

RESOCONTO DI PROVA

a) norma di riferimento	Num: 1015-12 Titolo. Metodi di prova per le malte per opere murarie – determinazione dell'aderenza al supporto di malte da intonaco esterno ed interno Data di pubblicazione: 01-.05.2002
b) prelevamento del campione globale di prova	Luogo: CNR di Portici (NA) Data: 10.11.2011 Ora: 14:40
c) Metodo utilizzato prelevare il campione globale di prova	Carotaggio mediante fresatrice
d) prodotto impermeabilizzante	Tipo: membrana bituminosa Designazione: Paralon NT 4 Plus - Imper
f) Supporto Hypucem	Tipo: pannello isolante termo – acustico di schiuma ibrida in poliuretano – Cemento Descrizione: pannello a celle chiuse - $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$
g) preparazione del supporto Hypucem	Pulitura della superficie
h) prova di laboratorio	Data: 03.11.2011 Ora : 15:30
j) descrizione dei provini	Lunghezza: (cm) 25 Larghezza: (cm) 12,5 Spessore: (cm) 6 + 0.4 Aspetto della superficie: liscia
k) valori di tensione, di adesione, modalità di frattura	
l) eventuali commenti	Non è stato possibile effettuare la prova di laboratorio perché è avvenuto il distacco tra la superficie dell'adesivo e lo strato dell'impermeabilizzante ancora prima di posizionare il provino sul Dinamometro.

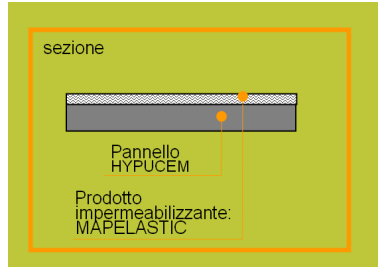
2.3.3. Prova B: Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti. (ai sensi delle norme ISO 5660-1-2:2002, ISO/TR 5660-3:2003)

PROVA B

Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti

Rif. ISO 5660-1-2:2002

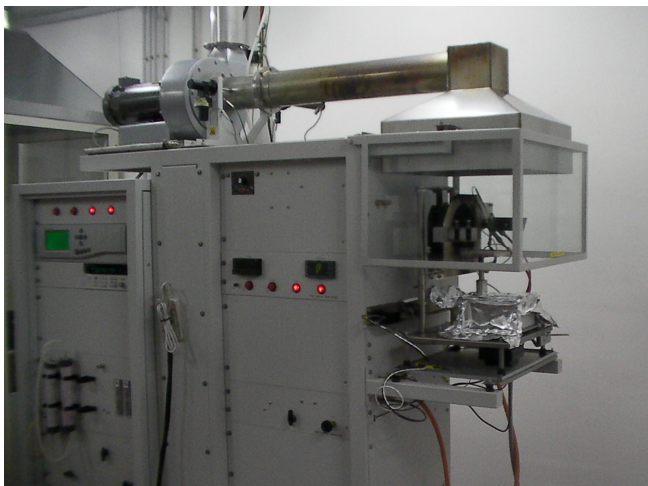
CONFIGURAZIONI DI PROVA

<p><u>Configurazione 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) ▪ TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA MONOCOMPONENTE PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: NANOFLEX ECO - Kerakoll 	 <p>sezione</p> <p>Pannello HYPUCEM</p> <p>Prodotto impermeabilizzante: NANOFLEX ECO</p>
<p><u>Configurazione 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) ▪ TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA BICOMPONENTE PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MAPELASTIC – Mapei 	 <p>sezione</p> <p>Pannello HYPUCEM</p> <p>Prodotto impermeabilizzante: MAPELASTIC</p>
<p><u>Configurazione 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) ▪ TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA BICOMPONENTE PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: AN BETON R LAST 20 – AkzoNobel - Rapid Mix 	 <p>sezione</p> <p>Pannello HYPUCEM</p> <p>Prodotto impermeabilizzante: AN BETON R LAST 20</p>
<p><u>Configurazione 4</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPPORTO HYPUCEM GREZZO (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) 	 <p>sezione</p> <p>Pannello grezzo HYPUCEM</p>

Prova B	Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti
----------------	--

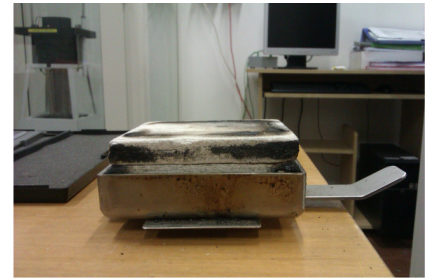
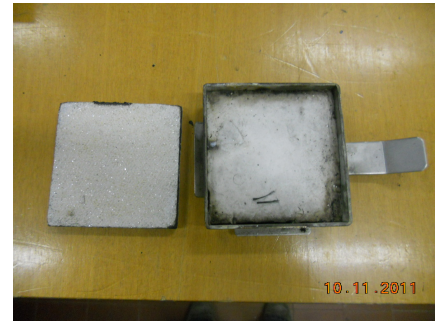
Scopo e campo di applicazione	Investigare proprietà al fuoco del sistema integrato Hypucem – Prodotti impermeabilizzanti legate alla conoscenza dell' heat release rate, al tenore di CO, di CO ₂ , di O ed alla perdita di massa durante la combustione. Valutare il prodotto impermeabilizzante che meglio interfaccia con il materiale ibrido Hypucem.
--------------------------------------	--

Principio	<p>Parte 1 - Il metodo di prova è utilizzato per valutare i contributi che il prodotto in prova può rendere in relazione alla velocità di sviluppo di calore durante il suo coinvolgimento in un incendio; queste proprietà sono determinate su piccoli campioni rappresentativi.</p> <p>Parte 2 - Il metodo di prova è utilizzato per valutare i contributi che il prodotto in prova può rendere in relazione alla velocità di evoluzione di fumo e per la quantità dello stesso prodotto durante il suo coinvolgimento in un incendio ben ventilato; queste proprietà sono determinate su piccoli campioni rappresentativi.</p>
------------------	---

Apparecchiatura	<p>Calorimetro a cono ("dual cone calorimeter" della Fire Testing Technology Limited, FTT) Il calorimetro a cono permette di valutare i seguenti parametri: velocità di rilascio del calore (heat release rate, HRR), tenore di CO, di CO₂ nei gas di combustione, perdita di massa durante la combustione attualmente richiesti dalle norme e dagli Eurocodici per la progettazione strutturale. La sorgente radiante è posta nella posizione orizzontale ed il provino è nella configurazione finale di utilizzo. La sorgente radiante serve per indagare il contributo all'incendio del materiale e viene fissata ad un preciso valore per studi inerenti anche il tempo di accensione del provino. L'accensione avviene mediante un accenditore automatico che infiama i gas provenienti dalla pirolisi del campione sottoposto al flusso termico stabilito.</p>	
------------------------	---	--

Apparecchiatura

Porta campione in acciaio inossidabile con all'interno uno strato di fibra di vetro, un materiale a base di silicati altamente termo isolante al fine di separare termicamente il provino dal porta provino.

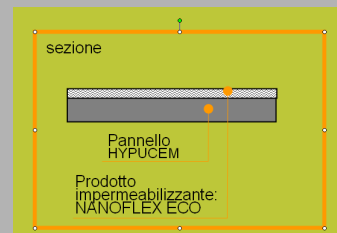


Prova B

Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti

Configurazione 1

- SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$)
- TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA MONOCOMPONENTE
- PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: NANOFLEX ECO - Kerakoll



PREPARAZIONE DEI PROVINI

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Operaio semplice

Data inizio (gg/mm/aaaa): 21.07.2011


Data termine (gg/mm/aaaa): 22.07.2011

Luogo prova | Cantiere edile sito in Via Manzoni 276, Napoli

Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato		Ambiente non confinato
--------------------	---	------------------------	--	------------------------


FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Taglio	Il pannello di materiale HYPUCEM, inizialmente di dimensioni 50x50 (cm), è stato tagliato mediante un seghetto e ridotto in 4 pannelli di dimensioni 25x25 (cm)	Seghetto con lama dentata	 
Preparazione della superficie	Eliminazione della pelle superficiale di materiale, al fine di ottenere una superficie adatta alla presa del prodotto da applicare.	Flex con disco a smeriglio	 
Miscelazione	Miscelazione del prodotto NANOFLEX ECO con acqua per ottenere un impasto omogeneo, privo di grumi e della consistenza necessaria.	Miscelatore a basso numero di giri	

Applicazione	Applicazione del prodotto NANOFLEX ECO fino al raggiungimento di 1-2 mm	Frattono	
--------------	---	----------	---

Il provino è stato ulteriormente tagliato e ridotto secondo le dimensioni del porta campione di acciaio inox

CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL PROVINO

<p>Lunghezza (cm) 10 Larghezza (cm) 10 Spessore (cm) 5 + 0.2 Stagionatura: 24 h in buone condizioni climatiche e di temperatura</p>	
--	--

PROCEDIMENTO DI PROVA

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature
Posizionamento del provino nel calorimetro a cono	Il provino, avvolto in un foglio di alluminio per protezione dei bordi, collocato nel porta provino, è posizionato all'interno della camera là dove avverrà la combustione. Nello specifico il provino viene poggiato al di sopra di una bilancia idraulica la quale analizzerà istante per istante, durante la combustione, la perdita di peso del materiale.	Calorimetro a cono/bilancia idraulica
Preparazione del calorimetro a cono	Dopo aver aperto gli shutter (otturatori che non permettono alla sorgente radiante del radiatore di irraggiare il provino) ha inizio la prova	shutter
Stadio di pre flash over	Il provino è posto ad un flusso di circa 50 Kw/m ² che rappresenta lo stadio di pre flash over dell'incendio ovvero punto in cui non è possibile più intervenire per la propagazione dell'incendio.	
Combustione e analisi dei gas (O, CO, CO ₂) – perdita di peso, variazione di pressione e variazione di temperatura	Avviene quella che è la vera e propria combustione con tutte le trasformazioni chimiche che avvengono durante il processo di bruciatura. Viene analizzato, mediante un analizzatore posto a valle della cappa e tramite un orifizio che preleva i gas durante la combustione, il tenore di ossigeno di monossido di carbonio e di CO ₂ istante per istante viene monitorata la perdita in peso, la variazione di pressione e la variazione di temperatura.	Camera di combustione/analizzatore dei fumi
Elaborazione dell'HRR	viene elaborato quello che è il parametro fondamentale ossia l'HRR (Heat Release Rate) ossia il rilascio di calore del materiale durante la combustione che è un indice che permette di capire il grado di compartecipazione del materiale nell'eventuale incendio in scala reale	

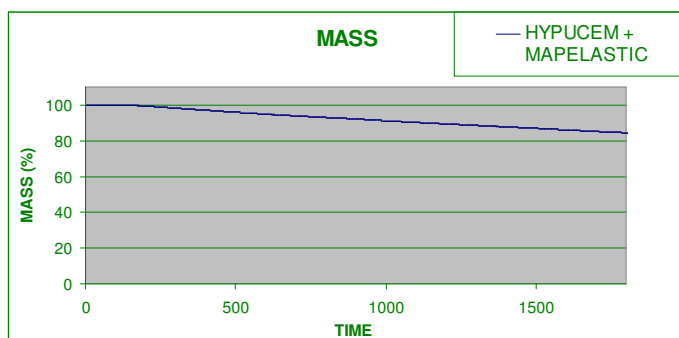
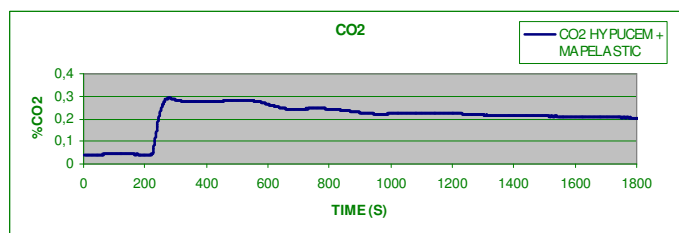
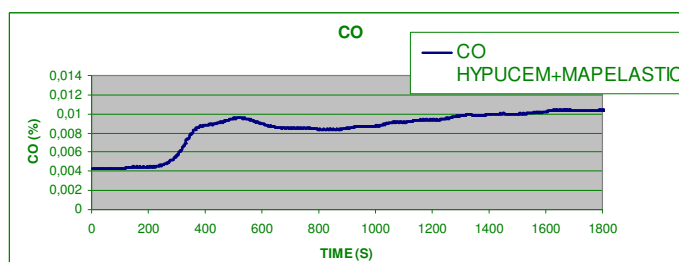
ESECUZIONE DELLA PROVA						
DATI IDENTIFICATIVI						
Esecutore: Ing. Giovanni Ortale, dottorando in chimica Paolo Vollaro						
Data inizio (gg/mm/aaaa): 10.11.2011						
Data termine (gg/mm/aaaa): 10.11.2011						
Luogo prova	IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e STrutture) sede in Portici (Na)					
	Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato		Ambiente non confinato	
FASI						
Fase	Descrizione		Documentazione fotografica			
Posizionamento del provino nel calorimetro a cono	<p>Il provino di dimensioni 100x100 cm² è stato avvolto in un foglio di alluminio di spessore definito dalla norma; in questo modo si proteggono i bordi per cui si eliminano gli effetti di bordo dovuti alla successiva combustione. Il provino è stato posto di sopra di un porta provini in acciaio inossidabile che ha all'interno uno strato di fibra di vetro quindi un materiale a base di silicati altamente termo isolante al fine di separare termicamente il provino dal porta provino.</p>					
Preparazione del calorimetro a cono e stadio di pre flash over	<p>Vengono aperti gli shutter, ovvero gli otturatori che non permettono alla sorgente radiante del radiatore di irraggiare il provino per cui si attendono i secondi minimi per iniziare la prova. Il provino è posto ad un flusso di circa 50 Kw/m² che rappresenta lo stadio di pre flash over dell'incendio quindi il punto in cui non è possibile più intervenire per la propagazione dell'incendi</p>					

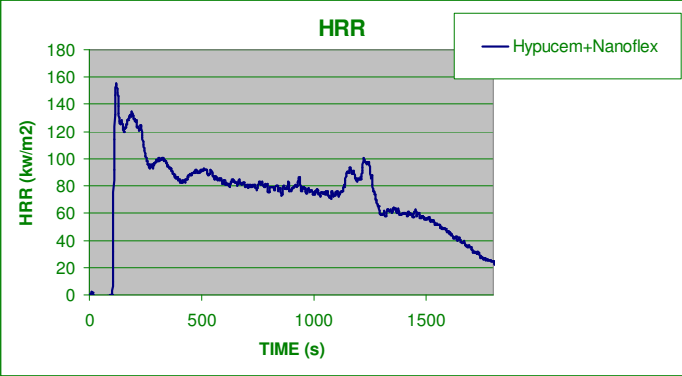

Combustione e analisi dei gas (O, CO, CO₂) – perdita di peso, variazione di pressione e variazione di temperatura

Test Time start: 93 (s)
 Time to Ignition: 93 (s)
 Time Flame Out: 900 (s)

Nei grafici sono riportati i valori medi della percentuale di CO e CO₂ prodotti durante la combustione. Si nota che la massima produzione di CO e CO₂ avviene in prossimità del massimo della velocità del rilascio del calore in quanto avviene una completa combustione del materiale con un minimo rilascio di incombusti o particolato

Il grafico mette in evidenza che durante la combustione il campione in esame perde peso con velocità ridotta durante lo smouldering. Tale comportamento è evidenziato dalla minore inclinazione delle curve



<p>Elaborazione dell'HRR</p>	<p>Il grafico mostra l'HRR del materiale per diversi valori di irraggiamento. Il materiale in esame mostra picchi nella curva di rilascio del calore, di cui il primo più pronunciato.</p>	
<p>Analisi finale del campione</p>	<p>Le foto mostrano quelli che sono i residui della combustione cioè il materiale completamente combusto che ha formato un residuo comunque carbonoso dovuto alla combustione del poliuretano che fuoriuscito dallo scheletro cementizio producendo volatili e realizzando quella che è il vero tempo di innesco della combustione dovuta alla combustione dei volatili che si liberano durante l'esposizione al radiatore. Infine si è aperto il provino per capire se tutto il poliuretano presente all'interno del cemento fosse evaporato oppure fossero rimaste delle sacche all'interno del materiale stesso.</p>	

RESOCONTO DI PROVA ISO 5660-1-2:2002	
ISO 5660-1:2002	
a) Laboratorio di prova	Nome: IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e Strutture) Indirizzo: Piazzale E. Fermi, 1 – 80055 - Portici (NA)
b) norma di riferimento	Num: 5660 Titolo. Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti. Data di pubblicazione: 15.12.2002
c) Informazioni sulla prova	Data: 10.11.2011 Ora: 12.08
d) Informazioni sul report	Data: 16.11.2011
e) Operatori	Ing. Giovanni Ortale, dottorando in chimica Paolo Vollaro
f) Identificazione del provino	Nome commerciale del pannello di supporto: Hypucem Brevetto: WO2008/007181 Nome commerciale del prodotto impermeabilizzante: Nanoflex Eco
g) Composizione generica identificazione del provino	Supporto Hypucem: pannello isolante termo – acustico di schiuma ibrida in poliuretano – Cemento a celle chiuse - $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$ Prodotto impermeabilizzante: Nanoflex Eco – KeraKoll (malta monocomponente)

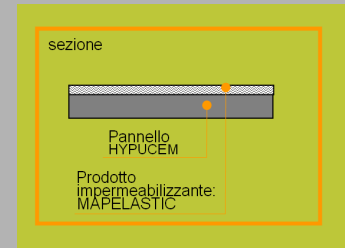
h) informazioni sul provino	Lunghezza: (cm) 10 Larghezza: (cm) 10 Spessore: (cm) 5+ 0.2 Massa iniziale: 230.1 g Area: 100cm ² Flusso di calore: 50 kw/m ² Orientamento: orizzontale Colore: grigio Aspetto della superficie: rugosa
i) Condizioni pre prova	Temperatura: 21 ° Pressione: 101,864 kPa Umidità Relativa: 56%
l) Tempo di Prova	Tempo di combustione: 93 s Tempo di Flame Out: 900 s Fine della prova: 1840 s
m) Risultati della prova	Tra i 93 e i 1840 s: Rilascio di calore totale: 130.7 Mj/m ² Consumo totale di ossigeno: 98,5 g Perdita di massa: 58,6 g Valore medio della velocità perdita di massa (MLR): 3.74 g/(s·m ²) Rilascio totale di fumi: 2323,0 m ² / m ² Produzione totale di fumi: 83,0 kw/ m ²
o)eventuali commenti	
ISO 5660-2:2002	
a) Produzione totale di Fumo per unità di superficie campione esposto sulla fase non fiammeggiante	(0 s – 93 s) = 29,8 m ² / m ²
b) Produzione totale di fumo per unità di superficie campione esposto oltre fase di fuoco	(93 s – 1840 s) = 2323,0 m ² / m ²
c) Produzione totale di fumo superficie della prova completa	(0 s – 1840 s) = 2352,9 m ² / m ²

Prova B

Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti

Configurazione 2

- SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$)
- TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA BICOMPONENTE
- PRODOTTI IMPERMEABILIZZANTE: MAPELASTIC – Mapei



PREPARAZIONE DEI PROVINI

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Operaio semplice

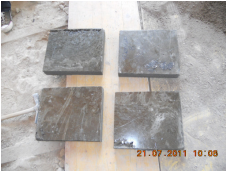




Data inizio (gg/mm/aaaa): 21.07.2011

Data termine (gg/mm/aaaa): 22.07.2011

Luogo prova | Cantiere edile sito in Via Manzoni 276, Napoli

Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato	Ambiente non confinato
--------------------	---	------------------------	------------------------

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Taglio	Il pannello di materiale HYPUCEM, inizialmente di dimensioni 50x50 (cm), è stato tagliato mediante un seghetto e ridotto in 4 pannelli di dimensioni 25x25 (cm)	Seghetto con lama dentata	 
Preparazione della superficie	Eliminazione della pelle superficiale di materiale, al fine di ottenere una superficie adatta alla presa del prodotto da applicare.	Flex con disco a smeriglio	 
Miscelazione	Miscelazione del prodotto MAPLELASTIC con il bicomponente per ottenere un impasto omogeneo, privo di grumi e della consistenza necessaria.	Miscelatore a basso numero di giri	

Applicazione	Applicazione del prodotto	Frattoni	
--------------	---------------------------	----------	--

	MAPELASTIC fino al raggiungimento di 1-2 mm		
Il provino è stato ulteriormente tagliato e ridotto secondo le dimensioni del porta campione di acciaio inox			
CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL PROVINO			
Lunghezza (cm) 10 Larghezza (cm) 10 Spessore (cm) 5 + 0.2 Stagionatura: 24 h in buone condizioni climatiche e di temperatura			

PROCEDIMENTO DI PROVA		
FASI		
Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature
Posizionamento del provino nel calorimetro a cono	Il provino, avvolto in un foglio di alluminio per protezione dei bordi, collocato nel porta provino, è posizionato all'interno della camera là dove avverrà la combustione. Nello specifico il provino viene poggiato al di sopra di una bilancia idraulica la quale analizzerà istante per istante, durante la combustione, la perdita di peso del materiale.	Calorimetro a cono/bilancia idraulica
Preparazione del calorimetro a cono	Dopo aver aperto gli shutter (otturatori che non permettono alla sorgente radiante del radiatore di irraggiare il provino, per cui si attendono i secondi minimi per iniziare la prova) ha inizio la prova	shutter
Stadio di pre flash over	Il provino è posto ad un flusso di circa 50 Kw/m ² che rappresenta lo stadio di pre flash over dell'incendio ovvero punto in cui non è possibile più intervenire per la propagazione dell'incendio.	
Combustione e analisi dei gas (O, CO, CO ₂) – perdita di peso, variazione di pressione e variazione di temperatura	Avviene quella che è la vera e propria combustione con tutte le trasformazioni chimiche e cinetiche che avvengono durante un processo molto complesso che è quello della bruciatura. Viene analizzato, mediante un analizzatore posto a valle della cappa e tramite un orifizio che preleva i gas durante la combustione, il tenore di ossigeno di monossido di carbonio e di CO ₂ istante per istante viene monitorata la perdita in peso, la variazione di pressione e la variazione di temperatura.	Camera di combustione/analizzatore dei fumi
Elaborazione dell'HRR	viene elaborato quello che è il parametro fondamentale ossia l'HRR (Heat Release Rate) ossia il rilascio di calore del materiale durante la combustione che è un indice che permette di capire il grado di partecipazione del materiale nell'eventuale incendio in scala reale	

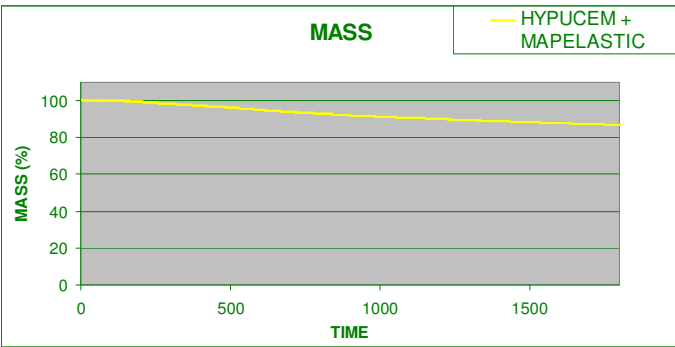
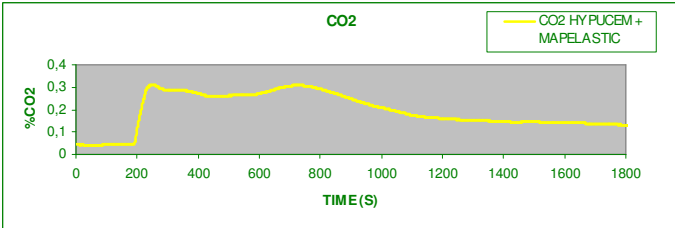
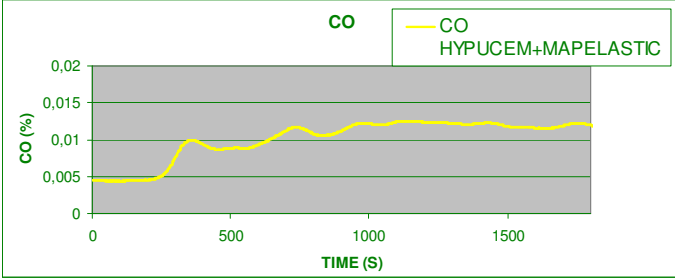
ESECUZIONE DELLA PROVA				
DATI IDENTIFICATIVI				
Esecutore: Ing. Giovanni Ortale, dottorando in chimica Paolo Vollaro				
Data inizio (gg/mm/aaaa): 10.11.2011				
Data termine (gg/mm/aaaa): 10.11.2011				
Luogo prova	IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e STrutture) sede in Portici (Na)			
	Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato	Ambiente non confinato
FASI				
Fase	Descrizione	Documentazione fotografica		
Posizionamento del provino nel calorimetro a cono	Il provino di dimensioni 100x100 cm ² è stato avvolto in un foglio di alluminio di spessore definito dalla norma; in questo modo si proteggono i bordi per cui si eliminano gli effetti di bordo dovuti alla successiva combustione. Il provino è stato posto di sopra di un porta provini in acciaio inossidabile che ha all'interno uno strato di fibra di vetro quindi un materiale a base di silicati altamente termo isolante al fine di separare termicamente il provino dal porta provino.			
Preparazione del calorimetro a cono e stadio di pre flash over	Vengono aperti gli shutter, ovvero gli otturatori che non permettono alla sorgente radiante del radiatore di irraggiare il provino per cui si attendono i secondi minimi per iniziare la prova. Il provino è posto ad un flusso di circa 50 Kw/m ² che rappresenta lo stadio di pre flash over dell'incendio quindi il punto in cui non è possibile più intervenire per la propagazione dell'incendi			

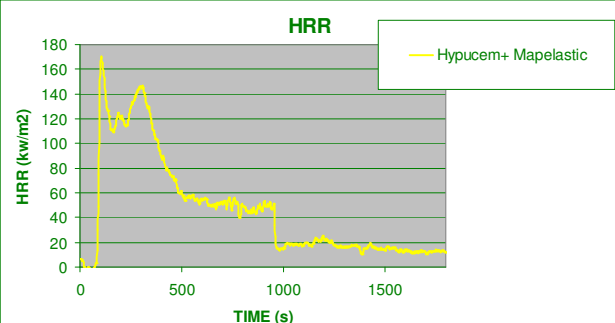
Combustione e analisi dei gas (O, CO, CO₂) – perdita di peso, variazione di pressione e variazione di temperatura

Test Time start: 106 (s)
 Time to Ignition: 74 (s)
 Time Flame Out: 995 (s)

Nei grafici sono riportati i valori medi della percentuale di CO e CO₂ prodotti durante la combustione. Si nota che la massima produzione di CO e CO₂ avviene in prossimità del massimo della velocità del rilascio del calore in quanto avviene una completa combustione del materiale con un minimo rilascio di incombusti o particolato

Il grafico mette in evidenza che durante la combustione il campione in esame perde peso con velocità ridotta durante lo smouldering . Tale comportamento è evidenziato dalla minore inclinazione delle curve



Elaborazione dell'HRR	Il grafico mostra l'HRR del materiale per diversi valori di irraggiamento. Il materiale in esame mostra picchi nella curva di rilascio del calore, di cui il primo più pronunciato.	
-----------------------	---	--

Analisi finale del campione	Le foto mostrano quelli che sono i residui della combustione cioè il materiale completamente combusto che ha formato un residuo comunque carbonoso dovuto alla combustione del poliuretano che fuoriuscito dallo scheletro cementizio producendo volatili e realizzando quella che è il vero tempo di innesco della combustione dovuta alla combustione dei volatili che si liberano durante l'esposizione al radiatore. Infine si è aperto il provino per capire se tutto il poliuretano presente all'interno del cemento fosse evaporato oppure fossero rimaste delle sacche all'interno del materiale stesso.	
-----------------------------	--	---

RESOCONTO DI PROVA ISO 5660-1-2:2002	
ISO 5660-1:2002	
a) Laboratorio di prova	Nome: IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e Strutture) Indirizzo: Piazzale E. Fermi, 1 – 80055 - Portici (NA)
b) norma di riferimento	Num: 5660 Titolo. Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti. Data di pubblicazione: 15.12.2002
c) Informazioni sulla prova	Data: 10.11.2011 Ora: 14.35
d) Informazioni sul report	Data: 16.11.2011
e) Operatori	Ing. Giovanni Ortale, dottorando in chimica Paolo Vollaro
f) Identificazione del provino	Nome commerciale del pannello di supporto: Hypucem Brevetto: WO2008/007181 Nome commerciale del prodotto impermeabilizzante: Mapelastic
g) Composizione generica identificazione del provino	Supporto Hypucem: pannello isolante termo – acustico di schiuma ibrida in poliuretano – Cemento a celle chiuse - $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$ Prodotto impermeabilizzante: Mapelastic – Mapei (malta bicomponente)
h) informazioni sul provino	Lunghezza: (cm) 10 Larghezza: (cm) 10

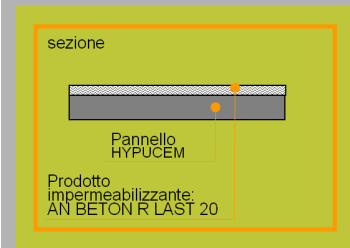
	Spessore: (cm) 5+ 0.2 Massa iniziale: 238 g Area: 100cm ² Flusso di calore: 50 kw/m ² Orientamento: orizzontale Colore: grigio Aspetto della superficie: rugosa
i) Condizioni pre prova	Temperatura: 21 ° Pressione: 101,814 kPa Umidità Relativa: 60%
l) Tempo di Prova	Tempo di combustione: 74 s Tempo di Flame Out: 995 s Fine della prova: 1804 s
m) Risultati della prova	Tra i 74e i 1804 s: Rilascio di calore totale: 83,2 MJ/m ² Consumo totale di ossigeno: 63,8 g Perdita di massa: 43,7 g Valore medio della velocità perdita di massa (MLR): 2.92 g/(s·m ²) Rilascio totale di fumi: 1712,2 m ² / m ² Produzione totale di fumi: 17,1 kw/ m ²
o)eventuali commenti	
ISO 5660-2:2002	
a) Produzione totale di Fumo per unità di superficie campione esposto sulla fase non fiammeggiante	(0 s – 74 s) = 16,3 m ² / m ²
b) Produzione totale di fumo per unità di superficie campione esposto oltre fase di fuoco	(74 s – 1804 s) = 1712,2 m ² / m ²
c) Produzione totale di fumo superficie della prova completa	(0 s – 1804 s) = 1728,5 m ² / m ²

Prova B

Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti

Configurazione 3

- SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$)
- TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA BICOMPONENTE
 PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: AN BETON R LAST 20 – AkzoNobel - Rapid Mix






PREPARAZIONE DEI PROVINI

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Operaio semplice			
Data inizio (gg/mm/aaaa): 21.07.2011			
Data termine (gg/mm/aaaa): 22.07.2011			
Luogo prova	Cantiere edile sito in Via Manzoni 276, Napoli		
	Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato
			Ambiente non confinato

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Taglio	Il pannello di materiale HYPUCEM, inizialmente di dimensioni 50x50 (cm), è stato tagliato mediante un seghetto e ridotto in 4 pannelli di dimensioni 25x25 (cm)	Seghetto con lama dentata	 
Preparazione della superficie	Eliminazione della pelle superficiale di materiale, al fine di ottenere una superficie adatta alla presa del prodotto da applicare.	Flex con disco a smeriglio	 
Miscelazione	Miscelazione del prodotto AN BETON R LAST 2° con il bicomponente per ottenere un impasto omogeneo, privo di grumi e della consistenza necessaria.	Miscelatore a basso numero di giri	

Applicazione	Applicazione del prodotto MAPELASTIC fino al raggiungimento di 1-2 mm	Frattono	
Il provino è stato ulteriormente tagliato e ridotto secondo le dimensioni del porta campione di acciaio inox			
CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL PROVINO			
Lunghezza (cm) 10 Larghezza (cm) 10 Spessore (cm) 5 + 0.2 Stagionatura: 24 h in buone condizioni climatiche e di temperatura			

PROCEDIMENTO DI PROVA		
FASI		
Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature
Posizionamento del provino nel calorimetro a cono	Il provino, avvolto in un foglio di alluminio per protezione dei bordi, collocato nel porta provino, è posizionato all'interno della camera là dove avverrà la combustione. Nello specifico il provino viene poggiato al di sopra di una bilancia idraulica la quale analizzerà istante per istante, durante la combustione, la perdita di peso del materiale.	Calorimetro a cono/bilancia idraulica
Preparazione del calorimetro a cono	Dopo aver aperto gli shutter (otturatori che non permettono alla sorgente radiante del radiatore di irraggiare il provino, per cui si attendono i secondi minimi per iniziare la prova) ha inizio la prova	shutter
Stadio di pre flash over	Il provino è posto ad un flusso di circa 50 Kw/m ² che rappresenta lo stadio di pre flash over dell'incendio ovvero punto in cui non è possibile più intervenire per la propagazione dell'incendio.	
Combustione e analisi dei gas (O, CO, CO ₂) – perdita di peso, variazione di pressione e variazione di temperatura	Avviene quella che è la vera e propria combustione con tutte le trasformazioni chimiche e cinetiche che avvengono durante un processo molto complesso che è quello della bruciatura. Viene analizzato, mediante un analizzatore posto a valle della cappa e tramite un orifizio che preleva i gas durante la combustione, il tenore di ossigeno di monossido di carbonio e di CO ₂ istante per istante viene monitorata la perdita in peso, la variazione di pressione e la variazione di temperatura.	Camera di combustione/analizzatore dei fumi
Elaborazione dell'HRR	viene elaborato quello che è il parametro fondamentale ossia l'HRR (Heat Release Rate) ossia il rilascio di calore del materiale durante la combustione che è un indice che permette di capire il grado di compartecipazione del materiale nell'eventuale incendio in scala reale	

ESECUZIONE DELLA PROVA

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Ing. Giovanni Ortale, dottorando in chimica Paolo Vollaro

Data inizio (gg/mm/aaaa): 10.11.2011

Data termine (gg/mm/aaaa): 10.11.2011

Luogo prova | IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e STrutture) sede in Portici (Na)



Ambiente confinato

X

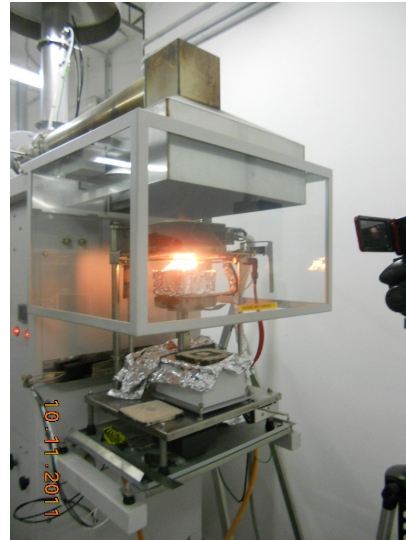
Ambiente semiconfinato

Ambiente non confinato

FASI

Fase	Descrizione	Documentazione fotografica
<p>Posizionamento del provino nel calorimetro a cono</p>	<p>Il provino di dimensioni 100x100 cm² è stato avvolto in un foglio di alluminio di spessore definito dalla norma; in questo modo si proteggono i bordi per cui si eliminano gli effetti di bordo dovuti alla successiva combustione. Il provino è stato posto di sopra di un porta provini in acciaio inossidabile che ha all'interno uno strato di fibra di vetro quindi un materiale a base di silicati altamente termo isolante al fine di separare termicamente il provino dal porta provino.</p>	
<p>Preparazione del calorimetro a cono e stadio di pre flash over</p>	<p>Vengono aperti gli shutter, ovvero gli otturatori che non permettono alla sorgente radiante del radiatore di irraggiare il provino per cui si attendono i secondi minimi per iniziare la prova. Il provino è posto ad un flusso di circa 50 Kw/m² che rappresenta lo stadio di pre flash over dell'incendio quindi il punto in cui non è possibile più intervenire per la propagazione dell'incendi</p>	

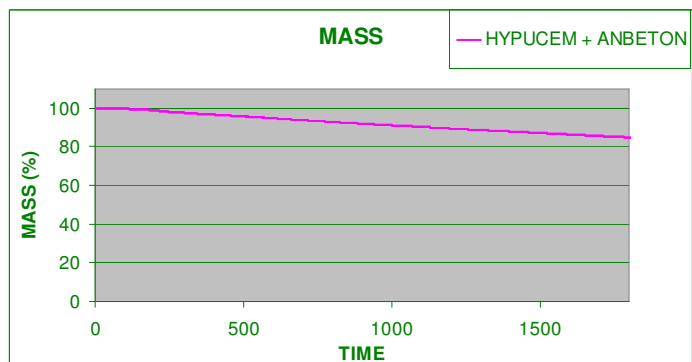
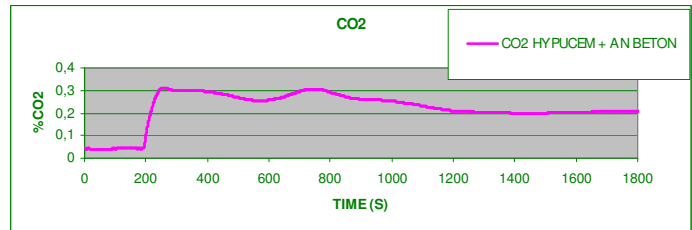
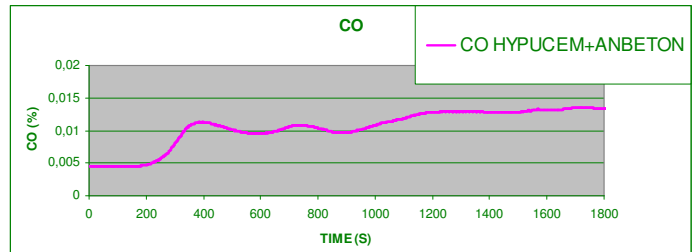
Test Time start: 106 (s)
 Time to Ignition: 74 (s)
 Time Flame Out: 995 (s)

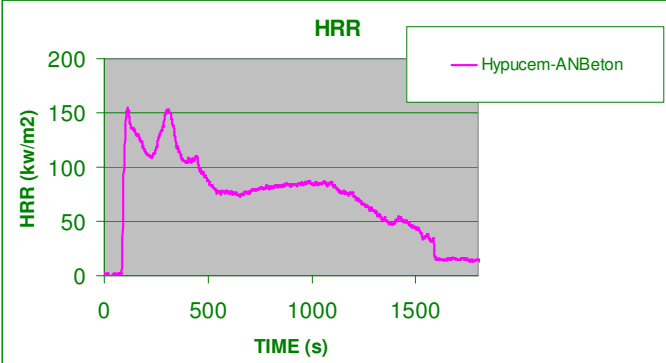



Combustione e analisi dei gas (O, CO, CO₂) – perdita di peso, variazione di pressione e variazione di temperatura

Nei grafici sono riportati i valori medi della percentuale di CO e CO₂ prodotti durante la combustione. Si nota che la massima produzione di CO e CO₂ avviene in prossimità del massimo della velocità del rilascio del calore in quanto avviene una completa combustione del materiale con un minimo rilascio di incombusti o particolato

Il grafico mette in evidenza che durante la combustione il campione in esame perde peso con velocità ridotta durante lo smouldering. Tale comportamento è evidenziato dalla minore inclinazione delle curve



Elaborazione dell'HRR	Il grafico mostra l'HRR del materiale per diversi valori di irraggiamento. Il materiale in esame mostra picchi nella curva di rilascio del calore, di cui il primo più pronunciato.	
Analisi finale del campione	Le foto mostrano quelli che sono i residui della combustione cioè il materiale completamente combusto che ha formato un residuo comunque carbonoso dovuto alla combustione del poliuretano che fuoriuscito dallo scheletro cementizio producendo volatili e realizzando quella che è il vero tempo di innesco della combustione dovuta alla combustione dei volatili che si liberano durante l'esposizione al radiatore. Infine si è aperto il provino per capire se tutto il poliuretano presente all'interno del cemento fosse evaporato oppure fossero rimaste delle sacche all'interno del materiale stesso.	

RESOCONTO DI PROVA ISO 5660-1-2:2002	
ISO 5660-1:2002	
a) Laboratorio di prova	Nome: IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e Strutture) Indirizzo: Piazzale E. Fermi, 1 – 80055 - Portici (NA)
b) norma di riferimento	Num: 5660 Titolo. Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hycuem-prodotti impermeabilizzanti. Data di pubblicazione: 15.12.2002
c) Informazioni sulla prova	Data: 10.11.2011 Ora: 13.13
d) Informazioni sul report	Data: 16.11.2011
e) Operatori	Ing. Giovanni Ortale, dottorando in chimica Paolo Vollarò
f) Identificazione del provino	Nome commerciale del pannello di supporto: Hycuem Brevetto: WO2008/007181 Nome commerciale del prodotto impermeabilizzante: An Beton R Last 20
g) Composizione generica identificazione del provino	Supporto Hycuem: pannello isolante termo – acustico di schiuma ibrida in poliuretano – Cemento a celle chiuse - $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$ Prodotto impermeabilizzante: An Beton R Last 20 – Rapid Mix (malta bicomponente)
h) informazioni sul provino	Lunghezza: (cm) 10 Larghezza: (cm) 10 Spessore: (cm) 5+ 0.2

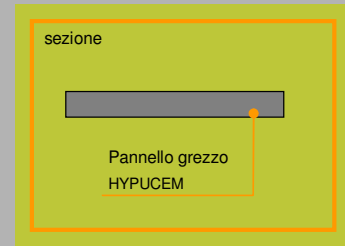
	Massa iniziale: 258 g Area: 100cm ² Flusso di calore: 50 kw/m ² Orientamento: orizzontale Colore: grigio Aspetto della superficie: rugosa
i) Condizioni pre prova	Temperatura: 22° Pressione: 101,854 kPa Umidità Relativa: 55%
l) Tempo di Prova	Tempo di combustione: 74 s Tempo di Flame Out: 1800 s Fine della prova: 1874 s
m) Risultati della prova	Tra i 74e i 1874 s: Rilascio di calore totale: 129,8 Mj/m ² Consumo totale di ossigeno: 98,1 g Perdita di massa: 62,1 g Valore medio della velocità perdita di massa (MLR): 3,89 g/(s'm ²) Rilascio totale di fumi: 2837,4 m ² / m ² Produzione totale di fumi: 28,4 kw/ m ²
o)eventuali commenti	
ISO 5660-2:2002	
a) Produzione totale di Fumo per unità di superficie campione esposto sulla fase non fiammeggiante	(0 s – 74 s) = 16,3 m ² / m ²
b) Produzione totale di fumo per unità di superficie campione esposto oltre fase di fuoco	(74 s – 1804 s) = 1712,2 m ² / m ²
c) Produzione totale di fumo superficie della prova completa	(0 s – 1804 s) = 1728,5 m ² / m ²

Prova B

Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti

Configurazione 4

- SUPPORTO HYPUCEM GREZZO (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$)



PREPARAZIONE DEI PROVINI

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Operaio semplice

Data inizio (gg/mm/aaaa): 21.07.2011

Data termine (gg/mm/aaaa): 22.07.2011

Luogo prova: Cantiere edile sito in Via Manzoni 276, Napoli


Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato	Ambiente non confinato
--------------------	---	------------------------	------------------------

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Taglio	Il pannello di materiale HYPUCEM, inizialmente di dimensioni 50x50 (cm), è stato tagliato mediante un seghetto e ridotto in 4 pannelli di dimensioni 25x25 (cm)	Seghetto con lama dentata	 
Preparazione della superficie	Eliminazione della SKIN (strato superficiale)	Flex con disco a smeriglio	 

Il provino è stato ulteriormente tagliato e ridotto secondo le dimensioni del porta campione di acciaio inox

CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL PROVINO

<p>Lunghezza (cm) 10 Larghezza (cm) 10 Spessore (cm) 1,5</p>	
--	---

PROCEDIMENTO DI PROVA

FASI		
Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature
Posizionamento del provino nel calorimetro a cono	Il provino, avvolto in un foglio di alluminio per protezione dei bordi, collocato nel porta provino, è posizionato all'interno della camera là dove avverrà la combustione. Nello specifico il provino viene poggiato al di sopra di una bilancia idraulica la quale analizzerà istante per istante, durante la combustione, la perdita di peso del materiale.	Calorimetro a cono/bilancia idraulica
Preparazione del calorimetro a cono	Dopo aver aperto gli shutter (otturatori che non permettono alla sorgente radiante del radiatore di irraggiare il provino, per cui si attendono i secondi minimi per iniziare la prova) ha inizio la prova	shutter
Stadio di pre flash over	Il provino è posto ad un flusso di circa 50 Kw/m ² che rappresenta lo stadio di pre flash over dell'incendio ovvero punto in cui non è possibile più intervenire per la propagazione dell'incendio.	
Combustione e analisi dei gas (O, CO, CO ₂) – perdita di peso, variazione di pressione e variazione di temperatura	Avviene quella che è la vera e propria combustione con tutte le trasformazioni chimiche e cinetiche che avvengono durante un processo molto complesso che è quello della bruciatura. Viene analizzato, mediante un analizzatore posto a valle della cappa e tramite un orifizio che preleva i gas durante la combustione, il tenore di ossigeno di monossido di carbonio e di CO ₂ istante per istante viene monitorata la perdita in peso, la variazione di pressione e la variazione di temperatura.	Camera di combustione/analizzatore dei fumi
Elaborazione dell'HRR	viene elaborato quello che è il parametro fondamentale ossia l'HRR (Heat Release Rate) ossia il rilascio di calore del materiale durante la combustione che è un indice che permette di capire il grado di compartecipazione del materiale nell'eventuale incendio in scala reale	



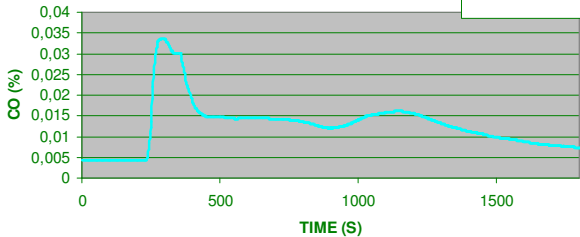
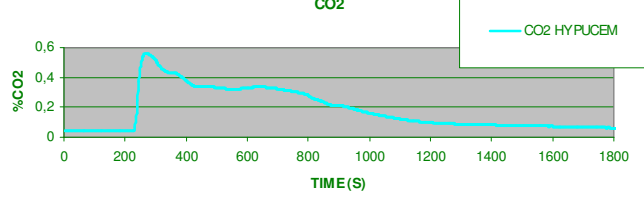
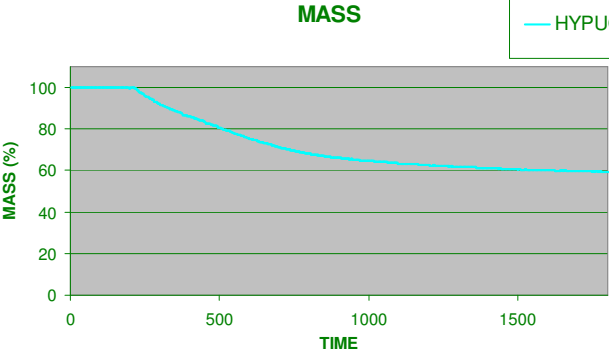
ESECUZIONE DELLA PROVA

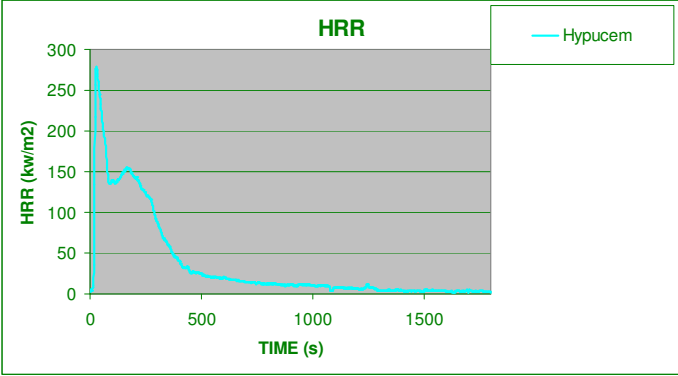

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Ing. Giovanni Ortale, dottorando in chimica Paolo Vollaro			
Data inizio (gg/mm/aaaa): 10.11.2011			
Data termine (gg/mm/aaaa): 10.11.2011			
Luogo prova	IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e STrutture) sede in Portici (Na)		
	Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato
			Ambiente non confinato

FASI

Fase	Descrizione	Documentazione fotografica
Posizionamento del provino nel calorimetro a cono	<p>Il provino di dimensioni 100x100 cm² è stato avvolto in un foglio di alluminio di spessore definito dalla norma; in questo modo si proteggono i bordi per cui si eliminano gli effetti di bordo dovuti alla</p> <p>successiva combustione. Il provino è stato posto di sopra di un porta provini in acciaio inossidabile che ha all'interno uno strato di fibra di vetro quindi un materiale a base di silicati altamente termo isolante al fine di separare termicamente il provino dal porta provino.</p>	

<p>Preparazione del calorimetro a cono e stadio di pre flash over</p>	<p>Vengono aperti gli shutter, ovvero gli otturatori che non permettono alla sorgente radiante del radiatore di irraggiare il provino per cui si attendono i secondi minimi per iniziare la prova. Il provino è posto ad un flusso di circa 50 Kw/m² che rappresenta lo stadio di pre flash over dell'incendio quindi il punto in cui non è possibile più intervenire per la propagazione dell'incendi</p>	
<p>Combustione e analisi dei gas (O, CO, CO₂) – perdita di peso, variazione di pressione e variazione di temperatura</p>	<p>Test Time start: 106 (s) Time to Ignition: 74 (s) Time Flame Out: 995 (s)</p> <p>Nei grafici sono riportati i valori medi della percentuale di CO e CO₂ prodotti durante la combustione. Si nota che la massima produzione di CO e CO₂ avviene in prossimità del massimo della velocità del rilascio del calore in quanto avviene una completa combustione del materiale con un minimo rilascio di incombusti o particolato</p> <p>Il grafico mette in evidenza che durante la combustione il campione in esame perde peso con velocità ridotta durante lo smouldering . Tale comportamento è evidenziato dalla minore inclinazione delle curve</p>	 <div data-bbox="774 999 1457 1301"> <p>CO</p>  </div> <div data-bbox="774 1312 1457 1541"> <p>CO₂</p>  </div> <div data-bbox="774 1621 1457 1995"> <p>MASS</p>  </div>

<p>Elaborazione dell'HRR</p>	<p>Il grafico mostra l'HRR del materiale per diversi valori di irraggiamento. Il materiale in esame mostra picchi nella curva di rilascio del calore, di cui il primo più pronunciato.</p>	
<p>Analisi finale del campione</p>	<p>Le foto mostrano quelli che sono i residui della combustione cioè il materiale completamente combusto che ha formato un residuo comunque carbonoso dovuto alla combustione del poliuretano che fuoriuscito dallo scheletro cementizio producendo volatili e realizzando quella che è il vero tempo di innesco della combustione dovuta alla combustione dei volatili che si liberano durante l'esposizione al radiatore. Infine si è aperto il provino per capire se tutto il poliuretano presente all'interno del cemento fosse evaporato oppure fossero rimaste delle sacche all'interno del materiale stesso.</p>	

RESOCONTO DI PROVA ISO 5660-1-2:2002	
ISO 5660-1:2002	
a) Laboratorio di prova	Nome: IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e Strutture) Indirizzo: Piazzale E. Fermi, 1 – 80055 - Portici (NA)
b) norma di riferimento	Num: 5660 Titolo. Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti. Data di pubblicazione: 15.12.2002
c) Informazioni sulla prova	Data: 10.11.2011 Ora: 13.13
d) Informazioni sul report	Data: 16.11.2011
e) Operatori	Ing. Giovanni Ortale, dottorando in chimica Paolo Vollaro
f) Identificazione del provino	Nome commerciale del pannello di supporto: Hypucem Brevetto: WO2008/007181
g) Composizione generica identificazione del provino	Supporto Hypucem: pannello isolante termo – acustico di schiuma ibrida in poliuretano – Cemento a celle chiuse - $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$
h) informazioni sul provino	Lunghezza: (cm) 10 Larghezza: (cm) 10 Spessore: (cm) 1,5 Massa iniziale: 65 g

	Area: 100cm ² Flusso di calore: 50 kw/m ² Orientamento: orizzontale Colore: grigio Aspetto della superficie: rugosa
i) Condizioni pre prova	Temperatura: 22° Pressione: 101,786 kPa Umidità Relativa: 58%
l) Tempo di Prova	Tempo di combustione: 6 s Tempo di Flame Out: 534 s Fine della prova: 1798 s
m) Risultati della prova	Tra i 6 e i 1798 s: Rilascio di calore totale: 63,7 MJ/m ² Consumo totale di ossigeno: 49,3 g Perdita di massa: 28,4g Valore medio della velocità perdita di massa (MLR): 3,71 g/(s·m ²) Rilascio totale di fumi: 281669,2 m ² / m ² Produzione totale di fumi: 16,7 kw/ m ²
o)eventuali commenti	
ISO 5660-2:2002	
a) Produzione totale di Fumo per unità di superficie campione esposto sulla fase non fiammeggiante	(0 s – 6 s) = 0,2 m ² / m ²
b) Produzione totale di fumo per unità di superficie campione esposto oltre fase di fuoco	(6 s – 1798s) = 1669,2 m ² / m ²
c) Produzione totale di fumo superficie della prova completa	(0 s – 1798 s) = 1669,4 m ² / m ²

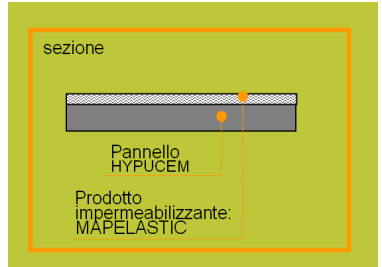
2.3.4. Prova C: Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante (ai sensi della norma E 970 – 2000

PROVA C

Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante

Rif. E 970:2000

CONFIGURAZIONI DI PROVA


<p><u>Configurazione 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) ▪ TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA MONOCOMPONENTE PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: NANOFLEX ECO - Kerakoll 	 <p>sezione</p> <p>Pannello HYPUCEM</p> <p>Prodotto impermeabilizzante: NANOFLEX ECO</p>
<p><u>Configurazione 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) ▪ TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA BICOMPONENTE PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MAPELASTIC – Mapei 	 <p>sezione</p> <p>Pannello HYPUCEM</p> <p>Prodotto impermeabilizzante: MAPELASTIC</p>
<p><u>Configurazione 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) ▪ TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA BICOMPONENTE PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: AN BETON R LAST 20 – AkzoNobel - Rapid Mix 	 <p>sezione</p> <p>Pannello HYPUCEM</p> <p>Prodotto impermeabilizzante: AN BETON R LAST 20</p>
<p><u>Configurazione 4</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPPORTO HYPUCEM GREZZO (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) 	 <p>sezione</p> <p>Pannello grezzo HYPUCEM</p>

Prova C	Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante
----------------	---

Scopo e campo di applicazione	Investigare proprietà al fuoco del sistema integrato Hypucem – Prodotti impermeabilizzanti legate alla conoscenza del Total Heat Released (THR). E' una prova di infiammabilità e di propagazione della fiamma.
--------------------------------------	---

Principio	Esso è utile per conoscere il contributo del materiale ad un eventuale incendio. In particolare, minore è la velocità di propagazione della fiamma maggiore sarà la possibilità di evacuare un gran numero di persone.
------------------	--

Apparecchiatura	<p>Floorig Radiant Panel</p> <p>La macchina si presenta come un forno. Prima di inserire il provino si esegue quella che è una curva di calibrazione che parte da un flusso che è 12 kw/m² per poi scendere a seconda della distanza dalla sorgente radiante – alimentata a gas propano - fino ad un flusso di circa 2 kw/m². ed ha un'inclinazione di circa 15°. Quest'inclinazione è dovuta al fatto che in questa configurazione si crea un gradiente termico che permette alla fiamma di propagarsi in una direzione che è quella della lunghezza del provino. Un bruciatore secondo la modalità della norma ISO viene applicato sull'intera superficie iniziale del provino. Si registra la propagazione della fiamma ogni 50 mm ,espressa come mm/s, che ne permette la catalogazione secondo la norma ISO e quindi secondo gli euro codici per le costruzioni. E' inoltre possibile classificare la trasmissione di luce e quindi la densità dei fumi che vengono aspirati durante la combustione da questa camera.</p>	
------------------------	---	---

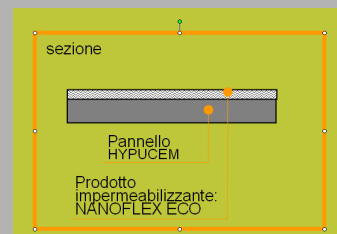
Apparecchiatura	Porta campione in acciaio inossidabile	
------------------------	--	--

Prova C

Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante

Configurazione 1

- SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$)
- TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA MONOCOMPONENTE
 PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: NANOFLEX ECO - Kerakoll



PREPARAZIONE DEI PROVINI


DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Operaio semplice			
Data inizio (gg/mm/aaaa): 21.07.2011			
Data termine (gg/mm/aaaa): 22.07.2011			
Luogo prova Cantiere edile sito in Via Manzoni 276, Napoli			
Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato	Ambiente non confinato

FASI

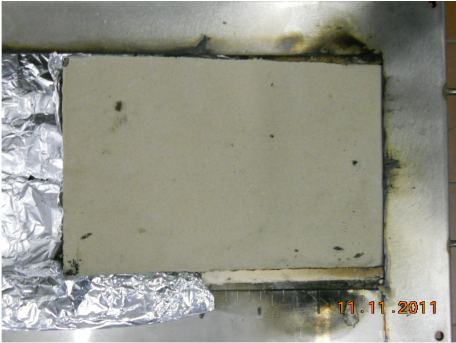
Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Taglio	Il pannello di materiale HYPUCEM, inizialmente di dimensioni 50x50 (cm), è stato tagliato mediante un seghetto e ridotto in 4 pannelli di dimensioni 25x12,5 (cm)	Seghetto con lama dentata	 
Preparazione della superficie	Eliminazione della SKIN al fine di ottenere una superficie adatta alla migliore presa del prodotto da applicare	Flex con disco a smeriglio	 
Miscelazione	Miscelazione del prodotto NANOFLEX ECO con acqua per ottenere un impasto omogeneo, privo di grumi e della consistenza necessaria.	Miscelatore a basso numero di giri	

Applicazione		Frattoni	
--------------	--	----------	--

	Applicazione del prodotto NANOFLEX ECO fino al raggiungimento di 1-2 mm		
--	---	--	---

Il provino è stato ulteriormente tagliato e ridotto secondo le dimensioni del porta campione di acciaio inox

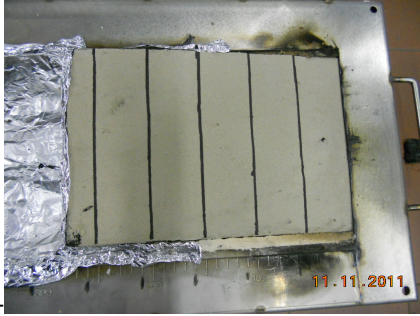



CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL PROVINO

<p>Lunghezza (cm) 30 Larghezza (cm) 18 Spessore (cm) 5 + 0.2 Stagionatura: 24 h in buone condizioni climatiche e di temperatura</p>	
--	--

PROCEDIMENTO DI PROVA

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature
Calibrazione del Flooring Radiant Panel	Si esegue una curva di calibrazione che parte da un flusso che è 12 kw/m ² per poi scendere a seconda della distanza dalla sorgente radiante fino ad un flusso di circa 2 kw/m ² . Questa curva è quella tipica riscontrata all'interno di abitazioni quando si verifica un incendio a pavimento oppure per quanto riguarda i soffitti. La sorgente radiante è una sorgente radiante alimentata a gas propano capace di emettere fino a 15 kw/m ² sorgente radiante è inclinata di un'inclinazione di circa 15° (25°). Quest'inclinazione è dovuta al fatto che in questa configurazione si crea un gradiente termico che permette alla fiamma di propagarsi in una direzione che è quella della lunghezza del provino.	Flooring Radiant Panel
Posizionamento del provino all'interno della camera di prova	Il provino viene immesso all'interno della camera di prova che è ad una temperatura prefissata secondo norma intorno ai 400 C°. Viene precedentemente avvolto all'interno di un foglio di alluminio per evitare sempre gli effetti di bordo e per evitare che il materiale possa volare durante la combustione.	Camera di prova
Applicazione dei Burner	Dopo i primi 120 secondi viene applicata un burner, un bruciatore secondo la modalità della norma ISO. Viene applicato sull'intera superficie iniziale del provino. Viene applicato per 10 minuti alla fine dei quali viene represso al fine di simulare quella che è l'accensione del materiale. La fiamma riesce ad auto propagarsi grazie al continua applicazione del flusso radiante dovuta alla sorgente radiante. Si registra la propagazione della fiamma ogni 50 mm per cui questa macchina permette di avere la velocità di propagazione della fiamma espressa come mm/s	Burner
Elaborazione dell'CHF	Viene ricavato il parametro più importante da tale prova ovvero il Critical Heat Flux, ossia il minimo flusso di calore che permette alla fiamma di auto sostenersi.	

ESECUZIONE DELLA PROVA						
DATI IDENTIFICATIVI						
Esecutore: Ing. Giovanni Ortale, dott. in chimica Paolo Vollaro						
Data inizio (gg/mm/aaaa): 11.11.2011						
Data termine (gg/mm/aaaa): 11.11.2011						
Luogo prova	IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e STrutture) sede in Portici (Na)					
	Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato		Ambiente non confinato	
FASI						
Fase	Descrizione	Documentazione fotografica				
Posizionamento del provino nel calorimetro a cono	Il provino di dimensioni cm 30x18 sp cm 5 è stato avvolto in un foglio di alluminio in questo modo si proteggono i bordi per cui si eliminano gli effetti di bordo per evitare che il materiale possa volare durante la combustione. Il provino è stato posto di sopra di un porta provini in acciaio inossidabile.					
Calibrazione del Flooring Radiant Panel e posizionamento del provino all'interno della camera di prova	Prima di posizionare il provino nella camera di prova ad una temperatura prefissata di 400°si è proceduto alla esecuzione della curva di calibrazione della macchina mediante un flusso che è 12 kw/m ² per poi scendere a seconda della distanza dalla sorgente radiante fino ad un flusso di circa 2 kw/m ² .					
Applicazione del Burner	Dopo i primi 120 secondi è stato applicato il Burner, (bruciatore). Il Burner viene applicato sull'intera superficie iniziale del provino per 10 minuti alla fine dei quali viene retratto. Il burner viene applicato al fine di simulare quella che è l'accensione del materiale.	 				
Elaborazione dell'CHF	L'apparecchiatura, attraverso due elabora Il principale parametro ottenibile da questa prova ovvero il Critical Heat Flux (CHF), ossia il minimo flusso di calore che permette alla fiamma di auto sostenersi.	Nel caso della Configurazione 1 non si è avuta l'elaborazione del CHF poiché non è avvenuta l'estinzione della fiamma (flameout)				

<p>Analisi finale del campione</p>	<p>Le foto mostrano quelli che sono i residui della combustione avvenuta superficialmente con la formazione di residuo carbonioso che è una specie di barriera alla propagazione del flusso termico all'interno del materiale.</p>	
------------------------------------	--	--

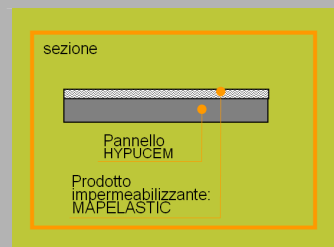
RESOCONTO DI PROVA	
<p>a) Laboratorio di prova</p>	<p>Nome: IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e Strutture) Indirizzo: Piazzale E. Fermi, 1 – 80055 - Portici (NA)</p>
<p>b) norma di riferimento</p>	<p>Num: UNI EN ISO 9239-1:2010 Titolo. Prove di reazione al fuoco dei pavimenti. Parte 1: valutazione del comportamento al fuoco utilizzando una sorgente di calore radiante Data di pubblicazione: luglio 2010</p>
<p>c) Informazioni sulla prova</p>	<p>Data: 11.11.2011</p>
<p>d) Informazioni sul report</p>	<p>Data:</p>
<p>e) Operatori</p>	<p>Ing. Giovanni Ortale, dott. in chimica Paolo Vollaro</p>
<p>f) Identificazione del provino</p>	<p>Nome commerciale del pannello di supporto: Hypucem Brevetto: WO2008/007181 Nome commerciale del prodotto impermeabilizzante: Nanoflex Eco</p>
<p>g) Composizione generica identificazione del provino</p>	<p>Supporto Hypucem: pannello isolante termo – acustico di schiuma ibrida in poliuretano – Cemento a celle chiuse - $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$ Prodotto impermeabilizzante: Nanoflex Eco – KeraKoll (malta monocomponente)</p>
<p>h) informazioni sul provino</p>	<p>Lunghezza: (cm) 30 Larghezza: (cm) 18 Spessore: (cm) 5+ 0.2 Orientamento: orizzontale Colore: grigio Aspetto della superficie: rugosa</p>

Prova C

Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante

Configurazione 2

- SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$)
- TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA BICOMPONENTE
- PRODOTTI IMPERMEABILIZZANTE: MAPELASTIC – Mapei





PREPARAZIONE DEI PROVINI

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Operaio semplice			
Data inizio (gg/mm/aaaa): 21.07.2011			
Data termine (gg/mm/aaaa): 22.07.2011			
Luogo prova	Cantiere edile sito in Via Manzoni 276, Napoli		
	Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato
			Ambiente non confinato

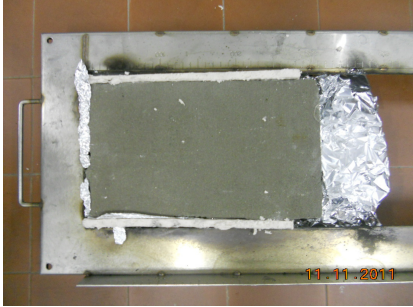
FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Taglio	Il pannello di materiale HYPUCEM, inizialmente di dimensioni 50x50 (cm), è stato tagliato mediante un seghetto e ridotto in 4 pannelli di dimensioni 25x12,5 (cm)	Seghetto con lama dentata	 
Preparazione della superficie	Eliminazione della SKIN al fine di ottenere una superficie adatta alla migliore presa del prodotto da applicare	Flex con disco a smeriglio	 
Miscelazione	Miscelazione del prodotto MAPLELASTIC con il bicomponente per ottenere un impasto omogeneo, privo di grumi e della consistenza necessaria.	Miscelatore a basso numero di giri	

Applicazione	Applicazione del prodotto MAPELASTIC fino al raggiungimento di 1-2 mm	Frattono	
--------------	---	----------	---

Il provino è stato ulteriormente tagliato e ridotto secondo le dimensioni del porta campione di acciaio inox

CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL PROVINO

<p>Lunghezza (cm) 30 Larghezza (cm) 18 Spessore (cm) 5 + 0.2 Stagionatura: 24 h in buone condizioni climatiche e di temperatura</p>	
--	--

PROCEDIMENTO DI PROVA

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature
Calibrazione del Flooring Radiant Panel	Si esegue una curva di calibrazione che parte da un flusso che è 12 kw/m ² per poi scendere a seconda della distanza dalla sorgente radiante fino ad un flusso di circa 2 kw/m ² . Questa curva è quella tipica riscontrata all'interno di abitazioni quando si verifica un incendio a pavimento oppure per quanto riguarda i soffitti. La sorgente radiante è una sorgente radiante alimentata a gas propano capace di emettere fino a 15 kw/m ² sorgente radiante è inclinata di un'inclinazione di circa 15° (25°). Quest'inclinazione è dovuta al fatto che in questa configurazione si crea un gradiente termico che permette alla fiamma di propagarsi in una direzione che è quella della lunghezza del provino.	Flooring Radiant Panel
Posizionamento del provino all'interno della camera di prova	Il provino viene immesso all'interno della camera di prova che è ad una temperatura prefissata secondo norma intorno ai 400 C°. Viene precedentemente avvolto all'interno di un foglio di alluminio per evitare sempre gli effetti di bordo e per evitare che il materiale possa volare durante la combustione.	Camera di prova
Applicazione dei Burner	Dopo i primi 120 secondi viene applicata un burner, un bruciatore secondo la modalità della norma ISO. Viene applicato sull'intera superficie iniziale del provino. Viene applicato per 10 minuti alla fine dei quali viene represso al fine di simulare quella che è l'accensione del materiale. La fiamma riesce ad auto propagarsi grazie al continua applicazione del flusso radiante dovuta alla sorgente radiante. Si registra la propagazione della fiamma ogni 50 mm per cui questa macchina permette di avere la velocità di propagazione della fiamma espressa come mm/s	Burner
Elaborazione dell'CHF	Viene ricavato il parametro più importante da tale prova ovvero il Critical Heat Flux, ossia il minimo flusso di calore che permette alla fiamma di auto sostenersi.	

ESECUZIONE DELLA PROVA

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Ing. Giovanni Ortale, dott. in chimica Paolo Vollaro




Data inizio (gg/mm/aaaa): 11.11.2011


Data termine (gg/mm/aaaa): 11.11.2011

Luogo prova | IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e STrutture) sede in Portici (Na)

Ambiente confinato | X | Ambiente semiconfinato | | Ambiente non confinato

FASI

Fase	Descrizione	Documentazione fotografica
Posizionamento del provino nel calorimetro a cono	Il provino di dimensioni cm 30x18 sp cm 5 è stato avvolto in un foglio di alluminio in questo modo si proteggono i bordi per cui si eliminano gli effetti di bordo per evitare che il materiale possa volare durante la combustione. Il provino è stato posto di sopra di un porta provini in acciaio inossidabile.	
Calibrazione del Flooring Radiant Panel e posizionamento del provino all'interno della camera di prova	Prima di posizionare il provino nella camera di prova ad una temperatura prefissata di 400°si è proceduto alla esecuzione della curva di calibrazione della macchina mediante un flusso che è 12 kw/m ² per poi scendere a seconda della distanza dalla sorgente radiante fino ad un flusso di circa 2 kw/m ² .	
Applicazione del Burner	Dopo i primi 120 secondi è stato applicato il Burner, (bruciatore). Il Burner viene applicato sull'intera superficie iniziale del provino per 10 minuti alla fine dei quali viene represso. Il burner viene applicato al fine di simulare quella che è l'accensione del materiale.	
Elaborazione dell'CHF	L'apparecchiatura, elabora il principale parametro ottenibile da questa prova ovvero il Critical Heat Flux (CHF), ossia il minimo flusso di calore che permette alla fiamma di auto sostenersi.	6.94 kw/m ²


<p>Analisi finale del campione</p>	<p>Le foto mostrano quelli che sono i residui della combustione avvenuta superficialmente con la formazione di residuo carbonioso che è una specie di barriera alla propagazione del flusso termico all'interno del materiale.</p>	
------------------------------------	--	---

RESOCONTO DI PROVA	
a) Laboratorio di prova	Nome: IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e Strutture) Indirizzo: Piazzale E. Fermi, 1 – 80055 - Portici (NA)
b) norma di riferimento	Num: UNI EN ISO 9239-1:2010 Titolo. Prove di reazione al fuoco dei pavimenti. Parte 1: valutazione del comportamento al fuoco utilizzando una sorgente di calore radiante Data di pubblicazione: luglio 2010
c) Informazioni sulla prova	Data: 11.11.2011
d) Informazioni sul report	Data:
e) Operatori	Ing. Giovanni Ortale, dott. in chimica Paolo Vollaro
f) Identificazione del provino	Nome commerciale del pannello di supporto: Hypucem Brevetto: WO2008/007181 Nome commerciale del prodotto impermeabilizzante: Mapelastic
g) Composizione generica identificazione del provino	Supporto Hypucem: pannello isolante termo – acustico di schiuma ibrida in poliuretano – Cemento a celle chiuse - $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$ Prodotto impermeabilizzante: Mapelastic – Mapei (malta bicomponente)
h) informazioni sul provino	Lunghezza: (cm) 30 Larghezza: (cm) 18 Spessore: (cm) 5+ 0.2 Orientamento: orizzontale Colore: grigio Aspetto della superficie: rugosa

Prova C	Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante
----------------	---

Configurazione 3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPPORTO DA IMPERMEABILIZZARE: HYPUCEM (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) ▪ TIPOLOGIA DI PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: MALTA BICOMPONENTE PRODOTTO IMPERMEABILIZZANTE: AN BETON R LAST 20 – AkzoNobel - Rapid Mix 	<p>sezione</p> <p>Pannello HYPUCEM</p> <p>Prodotto impermeabilizzante: AN BETON R LAST 20</p>
-------------------------	--	---

PREPARAZIONE DEI PROVINI					
DATI IDENTIFICATIVI					
Esecutore: Operaio semplice					
Data inizio (gg/mm/aaaa): 21.07.2011					
Data termine (gg/mm/aaaa): 22.07.2011					
Luogo prova: Cantiere edile sito in Via Manzoni 276, Napoli					
Ambiente confinato		X	Ambiente semiconfinato		Ambiente non confinato
FASI					
Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica		
Taglio	Il pannello di materiale HYPUCEM, inizialmente di dimensioni 50x50 (cm), è stato tagliato mediante un seghetto e ridotto in 4 pannelli di dimensioni 25x12,5 (cm)	Seghetto con lama dentata			
Preparazione della superficie	Eliminazione della SKIN al fine di ottenere una superficie adatta alla migliore presa del prodotto da applicare	Flex con disco a smeriglio			
Miscelazione	Miscelazione del prodotto AN BETON R LAST 2° con il bicomponente per ottenere un impasto omogeneo, privo di grumi e della consistenza necessaria.	Miscelatore a basso numero di giri			

Applicazione	Applicazione del prodotto MAPELASTIC fino al raggiungimento di 1-2 mm	Frattono	
Il provino è stato ulteriormente tagliato e ridotto secondo le dimensioni del porta campione di acciaio inox			
CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL PROVINO			
Lunghezza (cm) 30 Larghezza (cm) 18 Spessore (cm) 5 + 0.2 Stagionatura: 24 h in buone condizioni climatiche e di temperatura			

PROCEDIMENTO DI PROVA		
FASI		
Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature
Calibrazione del Flooring Radiant Panel	Si esegue una curva di calibrazione che parte da un flusso che è 12 kw/m ² per poi scendere a seconda della distanza dalla sorgente radiante fino ad un flusso di circa 2 kw/m ² . Questa curva è quella tipica riscontrata all'interno di abitazioni quando si verifica un incendio a pavimento oppure per quanto riguarda i soffitti. La sorgente radiante è una sorgente radiante alimentata a gas propano capace di emettere fino a 15 kw/m ² sorgente radiante è inclinata di un'inclinazione di circa 15° (25°). Quest'inclinazione è dovuta al fatto che in questa configurazione si crea un gradiente termico che permette alla fiamma di propagarsi in una direzione che è quella della lunghezza del provino.	Flooring Radiant Panel
Posizionamento del provino all'interno della camera di prova	Il provino viene immesso all'interno della camera di prova che è ad una temperatura prefissata secondo norma intorno ai 400 C°. Viene precedentemente avvolto all'interno di un foglio di alluminio per evitare sempre gli effetti di bordo e per evitare che il materiale possa volare durante la combustione.	Camera di prova
Applicazione dei Burner	Dopo i primi 120 secondi viene applicata un burner, un bruciatore secondo la modalità della norma ISO. Viene applicato sull'intera superficie iniziale del provino. Viene applicato per 10 minuti alla fine dei quali viene retratto al fine di simulare quella che è l'accensione del materiale. La fiamma riesce ad auto propagarsi grazie al continua applicazione del flusso radiante dovuta alla sorgente radiante. Si registra la propagazione della fiamma ogni 50 mm per cui questa macchina permette di avere la velocità di propagazione della fiamma espressa come mm/s	Burner
Elaborazione dell'CHF	Viene ricavato il parametro più importante da tale prova ovvero il Critical Heat Flux, ossia il minimo flusso di calore che permette alla fiamma di auto sostenersi.	

ESECUZIONE DELLA PROVA

DATI IDENTIFICATIVI

Esecutore: Ing. Giovanni Ortale, dott. in chimica Paolo Vollaro




Data inizio (gg/mm/aaaa): 11.11.2011

Data termine (gg/mm/aaaa): 11.11.2011

Luogo prova | IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e STrutture) sede in Portici (Na)

Ambiente confinato | X | Ambiente semiconfinato | | Ambiente non confinato

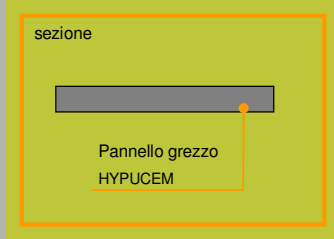
FASI

Fase	Descrizione	Documentazione fotografica
Posizionamento del provino nel calorimetro a cono	Il provino di dimensioni cm 30x18 sp cm 5 è stato avvolto in un foglio di alluminio in questo modo si proteggono i bordi per cui si eliminano gli effetti di bordo per evitare che il materiale possa volare durante la combustione. Il provino è stato posto di sopra di un porta provini in acciaio inossidabile.	
Calibrazione del Flooring Radiant Panel e posizionamento del provino all'interno della camera di prova	Prima di posizionare il provino nella camera di prova ad una temperatura prefissata di 400°si è proceduto alla esecuzione della curva di calibrazione della macchina mediante un flusso che è 12 kw/m ² per poi scendere a seconda della distanza dalla sorgente radiante fino ad un flusso di circa 2 kw/m ² .	
Applicazione del Burner	Dopo i primi 120 secondi è stato applicato il Burner, (bruciatore). Il Burner viene applicato sull'intera superficie iniziale del provino per 10 minuti alla fine dei quali viene represso. Il burner viene applicato al fine di simulare quella che è l'accensione del materiale.	
Elaborazione dell'CHF	L'apparecchiatura, attraverso due elabora Il principale parametro ottenibile da questa prova ovvero il Critical Heat Flux (CHF), ossia il minimo flusso di calore che permette alla fiamma di auto sostenersi.	2.15 kw/m ²

<p>Analisi finale del campione</p>	<p>Le foto mostrano quelli che sono i residui della combustione avvenuta superficialmente con la formazione di residuo carbonioso che è una specie di barriera alla propagazione del flusso termico all'interno del materiale.</p>	
------------------------------------	--	--

RESOCONTO DI PROVA	
a) Laboratorio di prova	Nome: IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e Strutture) Indirizzo: Piazzale E. Fermi, 1 – 80055 - Portici (NA)
b) norma di riferimento	Num: UNI EN ISO 9239-1:2010 Titolo. Prove di reazione al fuoco dei pavimenti. Parte 1: valutazione del comportamento al fuoco utilizzando una sorgente di calore radiante Data di pubblicazione: luglio 2010
c) Informazioni sulla prova	Data: 11.11.2011
d) Informazioni sul report	Data:
e) Operatori	Ing. Giovanni Ortale, dott. in chimica Paolo Vollaro
f) Identificazione del provino	Nome commerciale del pannello di supporto: Hypucem Brevetto: WO2008/007181 Nome commerciale del prodotto impermeabilizzante: An Beton R Last 20
g) Composizione generica identificazione del provino	Supporto Hypucem: pannello isolante termo – acustico di schiuma ibrida in poliuretano – Cemento a celle chiuse - $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$ Prodotto impermeabilizzante: An Beton R last 20 – Rapid Mix (malta bicomponente)
h) informazioni sul provino	Lunghezza: (cm) 30 Larghezza: (cm) 18 Spessore: (cm) 5+ 0.2 Orientamento: orizzontale Colore: grigio Aspetto della superficie: rugosa

Prova C	Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante
----------------	---

Configurazione 4	<ul style="list-style-type: none"> SUPPORTO HYPUCEM GREZZO (schiuma a celle chiuse + componente cementizia $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$) 	
-------------------------	---	---

PREPARAZIONE DEI PROVINI

DATI IDENTIFICATIVI

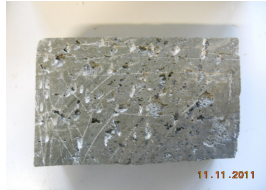
Esecutore: Operaio semplice			
Data inizio (gg/mm/aaaa): 21.07.2011			
Data termine (gg/mm/aaaa): 22.07.2011			
Luogo prova	Cantiere edile sito in Via Manzoni 276, Napoli		
	Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato
			Ambiente non confinato

FASI

Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature	Documentazione fotografica
Taglio	Il pannello di materiale HYPUCEM, inizialmente di dimensioni 50x50 (cm), è stato tagliato mediante un seghetto e ridotto in 4 pannelli di dimensioni 25x12,5 (cm)	Seghetto con lama dentata	 
Preparazione della superficie	Eliminazione della SKIN (strato superficiale)	Flex con disco a smeriglio	 

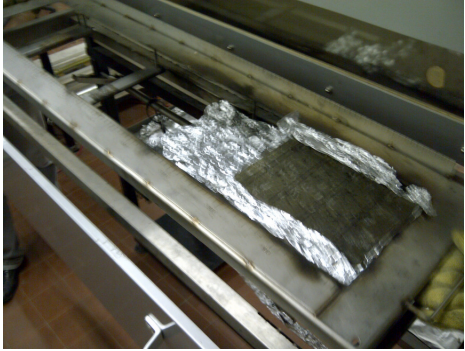


Il provino è stato ulteriormente tagliato e ridotto secondo le dimensioni del porta campione di acciaio inox

CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL PROVINO

Lunghezza (cm) 13 Larghezza (cm) 23 Spessore (cm) 5	
---	---

PROCEDIMENTO DI PROVA		
FASI		
Fase	Descrizione	Strumenti/ apparecchiature
Calibrazione del Flooring Radiant Panel	Si esegue una curva di calibrazione che parte da un flusso che è 12 kw/m ² per poi scendere a seconda della distanza dalla sorgente radiante fino ad un flusso di circa 2 kw/m ² . Questa curva è quella tipica riscontrata all'interno di abitazioni quando si verifica un incendio a pavimento oppure per quanto riguarda i soffitti. La sorgente radiante è una sorgente radiante alimentata a gas propano capace di emettere fino a 15 kw/m ² sorgente radiante è inclinata di un'inclinazione di circa 15° (25°). Quest'inclinazione è dovuta al fatto che in questa configurazione si crea un gradiente termico che permette alla fiamma di propagarsi in una direzione che è quella della lunghezza del provino.	Flooring Radiant Panel
Posizionamento del provino all'interno della camera di prova	Il provino viene immesso all'interno della camera di prova che è ad una temperatura prefissata secondo norma intorno ai 400 C°. Viene precedentemente avvolto all'interno di un foglio di alluminio per evitare sempre gli effetti di bordo e per evitare che il materiale possa volare durante la combustione.	Camera di prova
Applicazione dei Burner	Dopo i primi 120 secondi viene applicata un burner, un bruciatore secondo la modalità della norma ISO. Viene applicato sull'intera superficie iniziale del provino. Viene applicato per 10 minuti alla fine dei quali viene represso al fine di simulare quella che è l'accensione del materiale. La fiamma riesce ad auto propagarsi grazie al continua applicazione del flusso radiante dovuta alla sorgente radiante. Si registra la propagazione della fiamma ogni 50 mm per cui questa macchina permette di avere la velocità di propagazione della fiamma espressa come mm/s	Burner
Elaborazione dell'CHF	Viene ricavato il parametro più importante da tale prova ovvero il Critical Heat Flux, ossia il minimo flusso di calore che permette alla fiamma di auto sostenersi.	

ESECUZIONE DELLA PROVA			
DATI IDENTIFICATIVI			
Esecutore: Ing. Giovanni Ortale, dott. in chimica Paolo Vollaro			
Data inizio (gg/mm/aaaa): 11.11.2011			
Data termine (gg/mm/aaaa): 11.11.2011			
Luogo prova	IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e STrutture) sede in Portici (Na)		
	Ambiente confinato	X	Ambiente semiconfinato
			Ambiente non confinato
FASI			
Fase	Descrizione	Documentazione fotografica	
Posizionamento del provino nel calorimetro a cono	Il provino di dimensioni cm 23x13 sp cm 5 è stato avvolto in un foglio di alluminio in questo modo si proteggono i bordi per cui si eliminano gli effetti di bordo per evitare che il materiale possa volare durante la combustione. Il provino è stato posto di sopra di un porta provini in acciaio inossidabile.		

<p>Calibrazione del Flooring Radiant Panel e posizionamento del provino all'interno della camera di prova</p>	<p>Prima di posizionare il provino nella camera di prova ad una temperatura prefissata di 400°si è proceduto alla esecuzione della curva di calibrazione della macchina mediante un flusso che è 12 kw/m² per poi scendere a seconda della distanza dalla sorgente radiante fino ad un flusso di circa 2 kw/m².</p>	
<p>Applicazione del Burner</p>	<p>Dopo i primi 120 secondi è stato applicato il Burner, (bruciatore). Il Burner viene applicato sull'intera superficie iniziale del provino per 10 minuti alla fine dei quali viene represso. Il burner viene applicato al fine di simulare quella che è l'accensione del materiale.</p>	
<p>Elaborazione dell'CHF</p>	<p>L'apparecchiatura, attraverso due elabora Il principale parametro ottenibile da questa prova ovvero il Critical Heat Flux (CHF), ossia il minimo flusso di calore che permette alla fiamma di auto sostenersi.</p>	<p>1.73 kw/m²</p>
<p>Analisi finale del campione</p>	<p>Le foto mostrano quelli che sono i residui della combustione avvenuta superficialmente con la formazione di residuo carbonioso che è una specie di barriera alla propagazione del flusso termico all'interno del materiale.</p>	

RESOCONTO DI PROVA	
a) Laboratorio di prova	Nome: IMAST (Ingegneria dei Materiali polimerici e compositi e Strutture) Indirizzo: Piazzale E. Fermi, 1 – 80055 - Portici (NA)
b) norma di riferimento	Num: UNI EN ISO 9239-1:2010 Titolo. Prove di reazione al fuoco dei pavimenti. Parte 1: valutazione del comportamento al fuoco utilizzando una sorgente di calore radiante Data di pubblicazione: luglio 2010
c) Informazioni sulla prova	Data: 11.11.2011
d) Informazioni sul report	Data:
e) Operatori	Ing. Giovanni Ortale, dott. in chimica Paolo Vollaro
f) Identificazione del provino	Nome commerciale del pannello di supporto: Hypucem Brevetto: WO2008/007181
g) Composizione generica identificazione del provino	Supporto Hypucem: pannello isolante termo – acustico di schiuma ibrida in poliuretano – Cemento a celle chiuse - $\rho = 230 - 300 \text{ kg/m}^3$
h) informazioni sul provino	Lunghezza: (cm) 13 Larghezza: (cm) 23 Spessore: (cm) 5+ Orientamento: orizzontale Colore: grigio Aspetto della superficie: rugosa

2.4 Lettura critica dei risultati delle prove di laboratorio

2.4.1. Risultati Prova A: Aderenza per trazione diretta di prodotti

impermeabilizzanti ad un materiale ibrido (ai sensi della norma UNI EN 151012:2002)

Dalla lettura dei risultati delle dodici prove effettuate - quattro prove per le tre configurazioni del sistema integrato Hypucem –Impermeabilizzante - si può concludere che, nell’ottica di utilizzare Hypucem nel sistema coperture, i tre prodotti impermeabilizzanti utilizzati sono caratterizzati da adeguate proprietà di adesione al supporto Hypucem.

In effetti , nel sottoporre il sistema costituito da supporto Hypucem, impermeabilizzante, adesivo, cilindro di trazione, sono possibili, così come previsto dalla norma UNI, tre tipi di frattura :

1. “Frattura a - Frattura di adesione – Frattura tra l'impermeabilizzante ed il supporto Hypucem. Il valore di prova è uguale alla forza di adesione” ¹²³ (il risultato della prova, in questo caso, fornisce proprio la forza necessaria a rimuovere l'impermeabilizzante dal supporto, la forza di adesione).
2. “Frattura b – Frattura di coesione – Frattura all'interno dell'impermeabilizzante stesso – La forza di adesione è maggiore del valore di prova “¹²⁴ (in questo caso, è l'impermeabilizzante, nel suo spessore, a cedere prima dell'interfaccia tra impermeabilizzante e il supporto. In questo caso la forza di adesione risulta maggiore della resistenza coesiva dell'impermeabilizzante. Si può concludere, in questo caso, che la forza di adesione è maggiore della forza massima misurata durante la prova.
3. “Frattura c – Frattura di coesione – Frattura del supporto Hypucem - La forza di adesione è maggiore del valore di prova ” ¹²⁵ (anche in questo caso, l'adesione tra supporto e impermeabilizzante non può essere determinata; invece si può affermare che la forza di adesione è maggiore della forza massima misurata durante la prova)

Per quanto riguarda le prove con la configurazione Hypucem – Nanoflex Eco si è avuta sempre una frattura di tipo c; nei casi di configurazione Hypucem – Mapelastic e Hypucem – An Beton R Last 20 la frattura è avvenuta in una modalità non contemplata dalla norma; si è

verificato, infatti uno scollamento tra l'adesivo utilizzato per incollare l'impermeabilizzante al cilindro di trazione e l'impermeabilizzante stesso. Anche in questo caso non può essere determinato il valore della forza di adesione ma si può asserire che questo valore sia maggiore della forza massima misurata durante la prova.

Si indicherà , nel seguito, questa frattura, con il codice d.

Nella tabella che segue, si riportano i risultati delle 12 prove.

¹²³ UNI-EN 1015-12:2002 “ *Metodi di prova per malte per opere murarie – Determinazione dell'aderenza al supporto di malte da intonaco esterno ed interno* ” , p. 5

¹²⁴ *Ibidem*

¹²⁵ *Ibidem*

REPORT DEI DATI (UNI 1510 -12 : 2002)

Dinamometro

Dati Prodotti	Tipo di frattura	Carico al momento delle frattura (N)	Valore di tensione N/mm ² (MPa)	Valore di adesione N/mm ² (MPa)
Nanoflex Eco	c	445,96	0,227	> 0,227
Nanoflex Eco	c	353,89	0,180	> 0,180
Nanoflex Eco	c	309,02	0,157	> 0,157
Nanoflex Eco	c	341,93	0,174	> 0,174
Mapelastic	d	226,44	0,115	>0,115
Mapelastic	d	342,58	0,174	>0,174
Mapelastic	d	305,68	0,104	>0,104
Mapelastic	d	285,64	0,160	>0,160
An Beton R Last 20	d	261,38	0,133	>0,133
An Beton R Last 20	d	205,55	0,145	>0,145
An Beton R Last 20	d	314,56	0,160	>0,160
An Beton R Last 20	d	307,6	0,156	>0,156

Per quanto riguarda l'impermeabilizzante Nanoflex Eco – Kerakoll il tipo di frattura avvenuta è di tipo c, ovvero Frattura di coesione – Frattura del supporto Hypucem. La forza di adesione è maggiore del valore della forza massimo letto durante la prova.

Per gli altri due prodotti, Mapelastic – Mapei e An beton R Last 20 – Rapid Mix (Azko Nobel) si è verificata una frattura non contemplata dalla norma di riferimento, infatti la frattura è avvenuta tra l'interfaccia dell'adesivo con il prodotto impermeabilizzante. Nonostante i differenti tipi di frattura, i valori massimi della forza di trazione dimostrano, comunque, che l'adesione impermeabilizzante-supporto sia sufficiente, in quanto sicuramente maggiori, come spiegato in precedenza, dei valori di forza massimi registrati nella prova.

In definitiva, per Nanoflex Eco – Kerakoll, la resistenza dell'adesione Impermeabilizzante - Hypucem è maggiore della coesione del supporto stesso quindi, nell'ipotesi di utilizzo di Hypucem in edilizia, sicuramente questo prodotto garantisce l'adesione (al limite, si rompe il supporto ma non l'interfaccia impermeabilizzante-

supporto); per Mapelastic – Mapei e An Beton R Last 20 – Rapid Mix (Azko Nobel) i valori di trazione ai quali è avvenuto il distacco dell'adesivo è comunque elevato e vicino alla rottura di coesione (riferito al valore 0,227 MPa di Nanoflex Eco – Kerakoll) e quindi anche per questi prodotti si può affermare che siano adatti ad essere utilizzati in combinazione con il prodotto Hypucem.

In conclusione, l'interfaccia Hypucem - impermeabilizzante per tutti i prodotti impermeabilizzanti in analisi, garantiscono sufficiente adesione al supporto in esame e garantiscono le effettive possibilità di utilizzo di Hypucem per l'applicazione considerata nelle modalità descritte in questo lavoro.

2.4.2. Risultati Prova B: Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti (ai sensi delle norme ISO 5660-1-2:2002, ISO/TR5660-3:2003)

Il calorimetro a cono permette di valutare i seguenti parametri: velocità di rilascio del calore (heat release rate, HRR), tenore di CO, CO₂ nei gas di combustione, consumo di ossigeno, perdita di massa durante la combustione che sono attualmente richiesti dalle norme e dagli Eurocodici essendo questi ultimi norme europee per la progettazione strutturale.

I provini rispettano le misure definite dalla norma ISO 5660: 100x100 mm².

In combustione i materiali esaminati formano un residuo carbonioso dovuto soprattutto al materiale di natura poliuretanic in grossa percentuale nei materiali testati.

Il grafico 1 mostra l'HRR nel tempo durante la prova per i differenti accoppiamenti Hypucem – impermeabilizzanti. I provini in esame mostrano picchi nella curva di rilascio del calore, di cui il primo più pronunciato. Il primo picco è dovuto alla combustione del poliuretano che essudando va in superficie e genera volatili combustibili. Il poliuretano gradualmente si esaurisce e lascia i soli inerti

esposti al flusso radiante, in alcuni casi (curva gialla) si nota un collasso della struttura inerte che provoca un salto dell'HRR. Il sistema con le prestazioni migliori risulta Hypucem addizionato con Mapelastatic, poiché la curva dell'HRR ha un picco più basso e procede in modo costante durante tutto il periodo della combustione. Si possono riscontrare notevoli miglioramenti di tutti i materiali rispetto al materiale base ossia al solo Hypucem. Infatti vi è un notevole abbassamento del picco massimo della combustione ed un aumento del tempo di accensione.

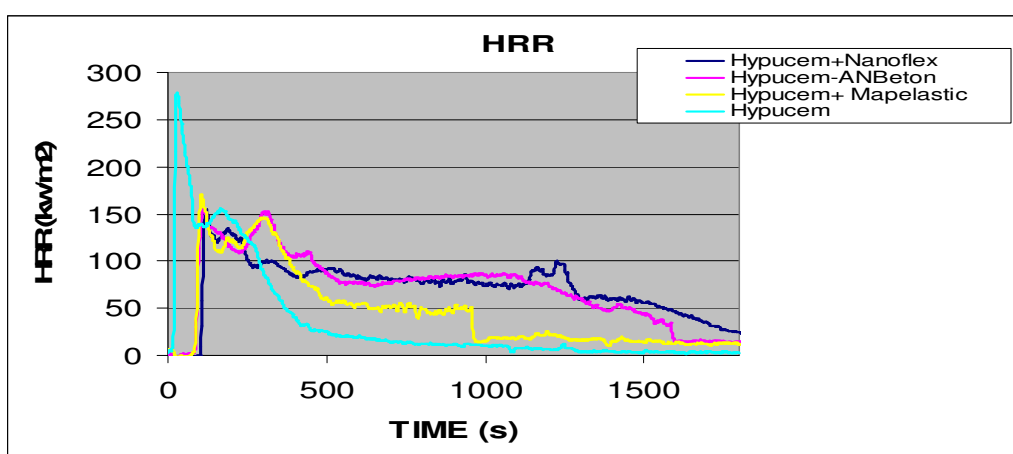


Grafico 1 - Valori dell'HRR per diversi irraggiamenti delle configurazioni

Nei grafici 2 e 3 sono riportati i valori medi della percentuale di CO e CO₂ prodotti durante la combustione. Si nota che la massima produzione di CO e CO₂ avviene in prossimità del massimo della velocità del rilascio del calore in quanto avviene una completa combustione del materiale con un minimo rilascio di incombusti o particolato .

Dopo l'estinzione della fiamma, si nota che la produzione di CO e di CO₂ prosegue accompagnata da produzione di calore. Questo si evince confrontando i grafici 1, 2, 3; tale andamento si riscontra a tutti gli irraggiamenti a cui sono state effettuate le prove e può essere spiegato da una parziale combustione del materiale per ossidazione diretta del solido, senza fiamma ("smouldering").

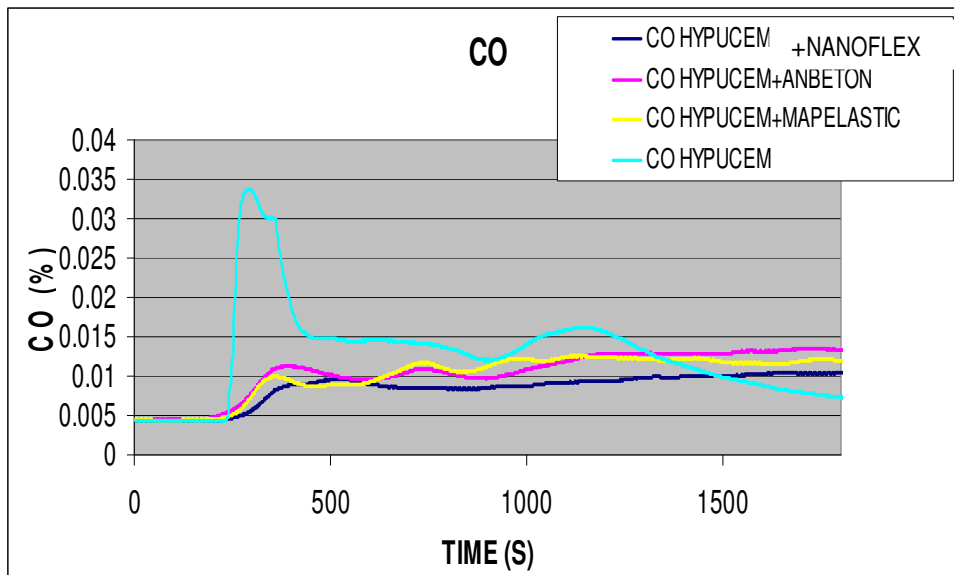


Grafico 2 - Valori della CO per diversi irraggiamenti delle configurazioni

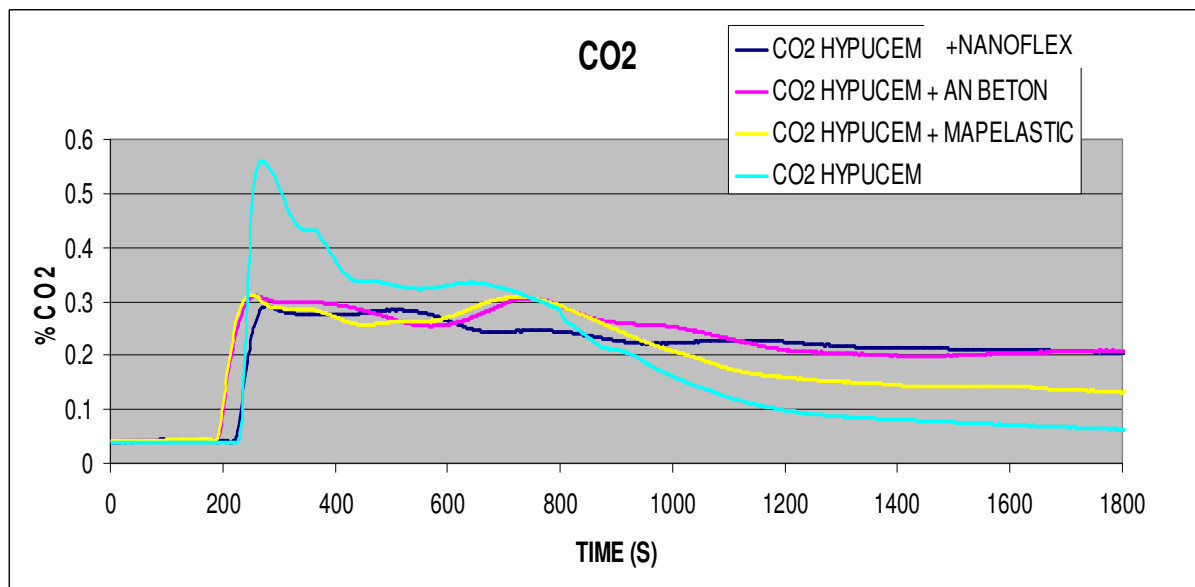


Grafico 3 - Valori della CO₂ per diversi irraggiamenti delle configurazioni

Il grafico 4 mette in evidenza che, durante la combustione, il campione in esame perde peso con velocità ridotta durante lo smouldering. Tale comportamento è evidenziato dalla minore inclinazione delle curve mostrate nel grafico sottostante.

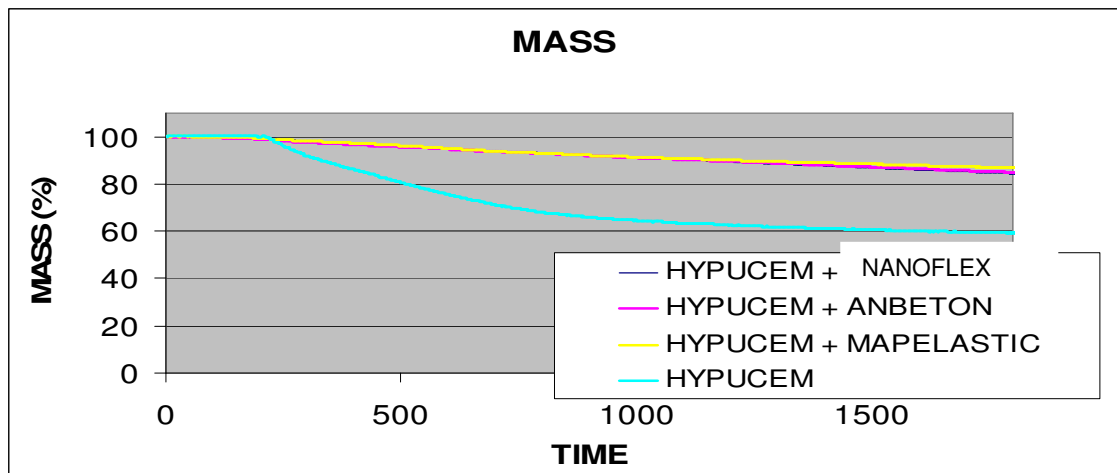


Grafico 4 - Valori medi della massa persa durante la combustione per diversi irraggiamenti delle configurazioni

Prova B **Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti**

REPORT DEI DATI (ISO 5660 – 1 :2002)					
Calorimetro a cono					
Dati	Prodotti	Hypucem-Nanoflex Eco	Hypucem-Mapelastic	Hypucem-An Beton R Last 20	Hypucem tal quale
Total heat release (Mj/m ²)		130,7	83,2	129,8	63,7
Total oxygen consumed (g)		98,5	63,8	98,1	49,3
Mass lost (g)		58,6	43,7	62,1	28,4
Average specific MLR (g/s·m ²)		3,74	2,92	3,89	3,71
Total smoke release (m ² /m ²)		2323,0	1712,2	2837,4	1669,2
Total smoke production (m ²)		83,0	17,1	28,4	16,7
REPORT DEI DATI (ISO 5660 – 2 :2002)					
Calorimetro a cono					
Dati	Prodotti	Hypucem-Nanoflex Eco	Hypucem-Mapelastic	Hypucem-An Beton R Last 20	Hypucem tal quale
Total smoke release: non-flaming phase (m ² / m ²)		(0 s – 93 s) = 29,8	(0 s – 74 s) = 16,3	(0 s – 80 s) = 16,3	63,7(0 s – 6 s) = 0,2
Total smoke release : flaming phase (m ² / m ²)		(93 s – 1840 s) = 2323,0	(74 s – 1804 s) = 1712,2	(74 s – 1814 s) = 1615,2	(6 s – 1798s) = 1669,2
Total smoke release: whole test (m ² / m ²)		(0 s – 1840 s) = 2352,9	(0 s – 1804 s) = 1728,5	(0 s – 1814 s) = 1623,5	(0 s – 1798 s) = 1669,4

2.4.3 Risultati Prova C.: Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem - prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante

Sono state effettuate prove per l'analisi della propagazione della fiamma utilizzando il flooring radiant panel per pannelli sandwich.

Per tali prove si è scelto di adoperare il flusso radiante pari a 12 kW/m^2 come stabilito dalla norma ISO 9239. Tale valore di flusso termico è quello normalmente riscontrato in incendi di media entità; il parametro più importante ricavato da tale prova è il Critical Heat Flux, (CHF) ossia il minimo flusso di calore che permette alla fiamma di auto sostenersi. Il materiale in analisi produce un residuo carbonioso o "char" che forma una barriera per la trasmissione del calore al materiale sottostante.

La propagazione della fiamma avviene essenzialmente in superficie e non si propaga nello spessore a meno di piccoli parti dei bordi lambiti dalla fiamma. L'elaborazione dati relativa alla prova FRP, in realtà, non fornisce risultati esaurienti, infatti, la ridotta propagazione della fiamma ha determinato l'acquisizione di un basso numero di punti.

Nel grafico 1 è riportato il Flusso di calibrazione della macchina.

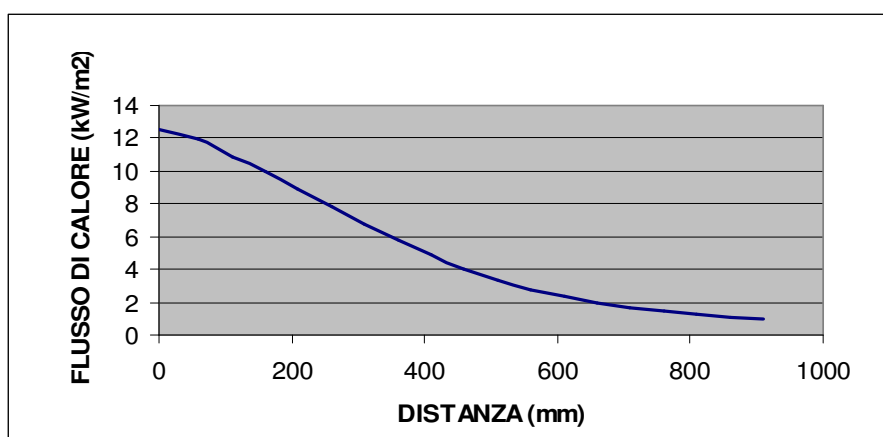


Grafico 1 – Flusso di calibrazione del Flooring Radiant Panel

Nel grafico 2 è riportata la velocità di propagazione della fiamma, sui provini(in misura ridotta rispetto a quelli contemplati nelle norme).

Si nota dalla figura che la velocità di propagazione della fiamma è notevolmente più bassa nei materiali trattati rispetto al pannello di Hypucem tal quale. Il trattamento superficiale riesce a creare una barriera tra la fonte radiante e la superficie sottoposta ma quando il materiale presenta fessurazioni, i volatili fuoriescono ed alimentano il fronte di fiamma. Hypucem con trattamento Nanoflex Eco risulta la scelta migliore.

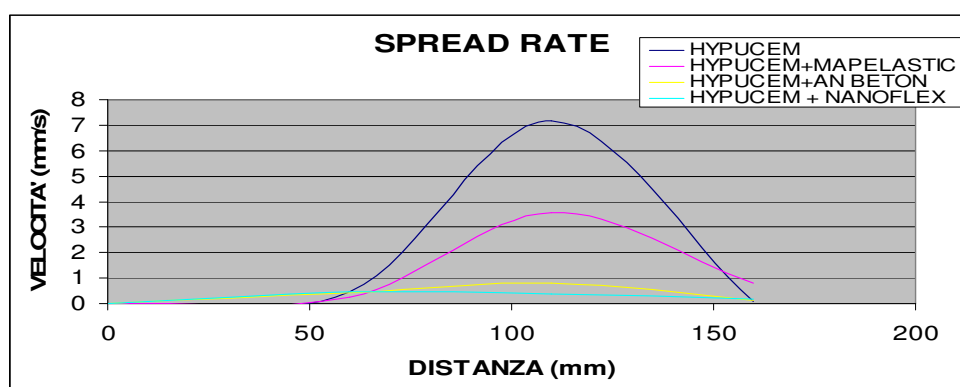


Grafico 2 - Velocità di propagazione del fronte di fiamma in funzione flusso di calore radiante e della posizione.

Nel grafico 3 è riportato, infine, l'andamento della trasmissione della luce dovuta alla produzione di fumi, secondo norma DIN 50055.

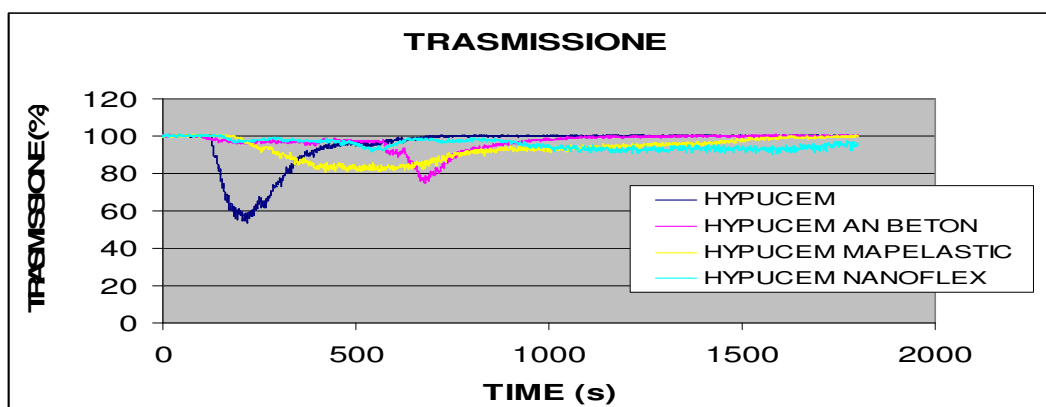


Fig. 2.2.31- Trasmissione della luce in funzione del tempo durante il test di propagazione della fiamma. L'area integrale della curva ne permette la classificazione.

I valori precedentemente citati servono per avere un'idea per una successiva classificazione del materiale secondo gli Eurocodici.

M.,Infatti la classe di applicabilità va dalla A alla F in base al flusso critico (CHF) e dalla trasmissione si ricava il grado di fumosità che va da s0 ad s9.

Prova C	Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante
----------------	---

REPORT DEI DATI (UNI EN ISO 9239-1:2010)				
Floorig Radiant Panel				
Dati \ Prodotti	Hypucem-Nanoflex Eco	Hypucem-Mapelastic	Hypucem-An Beton R Last 20	Hypucem tal quale
Time to ignition	2 minutes 16 seconds	3 minutes 30 seconds	2 minutes 30 seconds	2 minutes 10 seconds
Time to flameout	Not recorded	24 minutes 30 seconds	19 minutes 38 seconds	10 minutes 03 seconds
Extend of burning (mm)	600	300	636	700
Critical flux at extinguishment (kW/m ²)	N/A (no flameout)	6.94	2.15	1.73
Peak light attenuation (%)	9.86	19.16	25.17	46.26
Time to peak light attenuation	26 minutes 17 seconds	7 minutes 03 seconds (11 minutes 18 seconds	3 minutes 38 seconds
Total integrated smoke (%.min)	130.41	199.83	89.58	135.47
Potential classification	A2(fl)/B(fl)	C(fl)	E(fl)	E(fl)
Smoke production classification	s1	s1	s1	s1

Riferimenti bibliografici

UNI-EN 1015-12:2002 “ *Metodi di prova per malte per opere murarie – Determinazione dell’aderenza al supporto di malte da intonaco esterno ed interno*”.

Sara Bianchi

**Sperimentazione dell'applicabilità di Hypucem per il recupero edilizio:
le coperture continue piane a verde**

Allegati

tesi di dottorato
XXIV ciclo 2009 - 2011

tutors
GABRIELLA CATERINA
SERENA VIOLA
ERNESTO DI MAIO

coordinatore
MARIA RITA PINTO

aprile 2013

Indice della ricerca

Capitolo 1 - Innovazione di prodotto per la riqualificazione delle sistemi costruttivi: le coperture continue piane a verde	4
1.1 Innovazione di prodotto : HYbrid PolyUrethane CEMent	4
1.2 La Tecnologia delle Coperture a verde: normative internazionali, europee e nazionali-tipologie	13
1.3 Esigenze requisiti e prestazioni delle coperture continue piane a verde	19
1.4 Studio della Normativa UNI 11235:2007 “ <i>Istruzioni per la progettazione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde</i> ”	25
1.5 Sistema integrato Hypucem – Impermeabilizzante per la riqualificazione delle coperture continue piane a verde	30
Capitolo 2 – Norme e sperimentazione di Hypucem	38
2.1 Normativa di riferimento: scelta dei criteri per la progettazione delle prove in laboratorio di Hypucem	38
2.1.1 UNI 9038:1987 “ <i>Edilizia. Guida per la stesura di schede tecniche per prodotti e servizi</i> ”	38
2.1.2 UNI EN 1510-12:2002 “ <i>Metodi di prova per malte per opere murarie – Determinazione dell’aderenza al supporto di malte da intonaco esterno ed interno</i> ”	40
2.1.3 ISO 5660-1:2002 “ <i>Reaction to fire testes – Heat release, smoke production and mass loss rate</i> ” – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method)	44
2.1.4 ISO 5660-2:2003 “ <i>Reaction to fire testes – Heat release, smoke production and mass loss rate</i> ” – Part 2 : Smoke production rate (dynamic measurement)	49

2.1.5	E 970 : 2000 “ <i>Standard test method for critical radiant flux of exposed attic floor insulation using a radiant heat energy source</i> ”	51
2.1.6	UNI EN ISO 9239-2.2010 “ <i>Reaction to fire tests for floorings-Parts 1: determination of the burning behaviour using a radiant heat source</i> ”	56
2.2	La progettazione delle prove di laboratorio	57
2.2.1	Prova A : Aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido (ai sensi della norma UNI 1510-12:2002)	58
2.2.2	Prova B: Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti (ai sensi delle norme ISO 5660-1-2:2002, ISO/TR5660-3:2003)	59
2.2.3	Prova C:. Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova stand per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante (ai sensi della norma E 970 – 2000)	59
2.3	Analisi tecnica dei prodotti impermeabilizzanti - Prove di laboratorio A –B – C	60
2.3.1	Analisi tecnica dei prodotto 1 - 2 – 3 – 4 (ai sensi della norma UNI 9038:1987)	60
2.3.2.	Prova A: Aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido (ai sensi della norma UNI 1510-12:2002)	69
2.3.4	Prova B: Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem- prodotti impermeabilizzanti. (ai sensi delle norme ISO 5660-1-2:2002, ISO/TR 5660-3:2003)	95
2.3.4	Prova C: Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante (ai sensi della norma E 970 – 2000)	122
2.4	Analisi dei risultati delle prove di laboratorio	141

2.4.1 Prova A: Aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido (ai sensi della norma UNI 1510-12:2002)	141
2.4.2 Prova B: Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi ,di perdita di massa del sistema integrato Hypucem – prodotti impermeabilizzanti. (ai sensi delle norme ISO 5660-1-2:2002, ISO/TR 5660-3:2003)	144
2.4.3 Prova C:. Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem - prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante (ai sensi della norma E 970 – 2000)	148

Indice degli allegati al capitolo 2

Allegato 1

Incollaggio Malte Report - Prova A: Aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido (ai sensi della norma UNI 1510-12:2002)	4
--	---

Allegato 2

Cone Calorimetre Test Report – Prova B: Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem -prodotti impermeabilizzanti. (ai sensi delle norme ISO 5660-1-2:2002, ISO/TR 5660-3:2003)	17
--	----

Allegato 3

Flooring Radiant Panel Single Specimen Report - Prova C:. Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante (ai sensi della norma E 970 – 2009)	36
--	----

Allegato 1

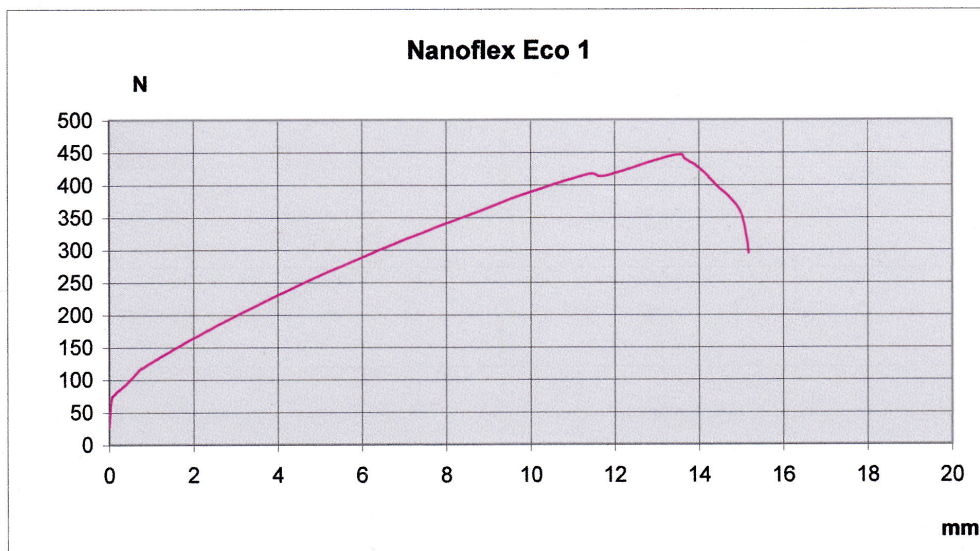
Incollaggio Malte Report – Prova A: Aderenza per trazione diretta di prodotti impermeabilizzanti ad un materiale ibrido (ai sensi della norma UNI 1510-12: 20029)

Incollaggio Malte Report

Thickness of specimen 0.8 mm
 Width of specimen 13 mm
 Length of specimen 100 mm

	Thickness of specimen	Width of specimen	Length of specimen	Maximum force
	mm	mm	mm	N
No.1	0,8	13	100	445,96
No.2	0,8	13	100	445,96

	Modulus of elasticity	Percentage elongation at break
	N	%
No.1		
No.2		

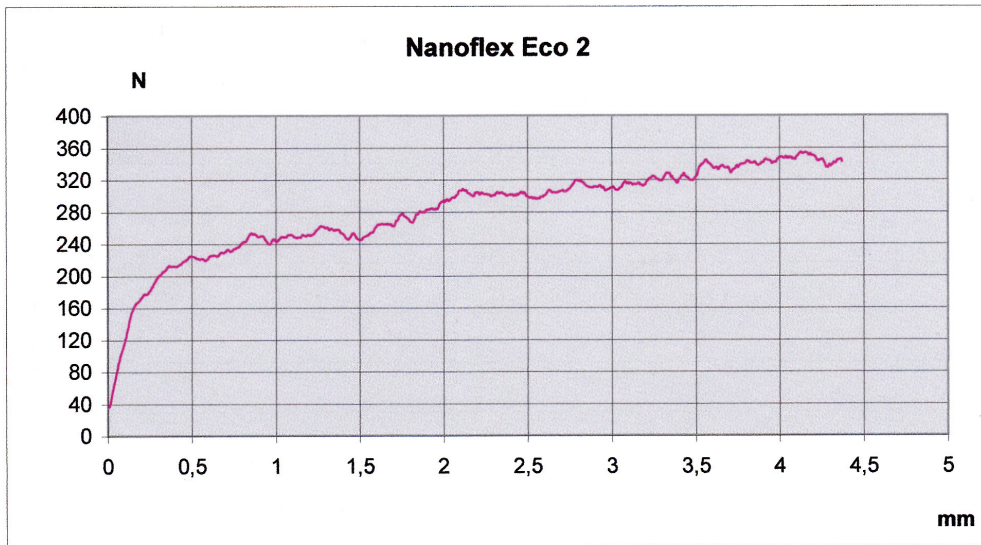


Incollaggio Malte Report

Thickness of specimen 0.8 mm
 Width of specimen 13 mm
 Length of specimen 100 mm

	Thickness of specimen	Width of specimen	Length of specimen	Maximum force
	mm	mm	mm	N
No.1	0,8	13	100	353,89
No.2	0,8	13	100	353,89

	Modulus of elasticity	Percentage elongation at break
	N	%
No.1		
No.2		

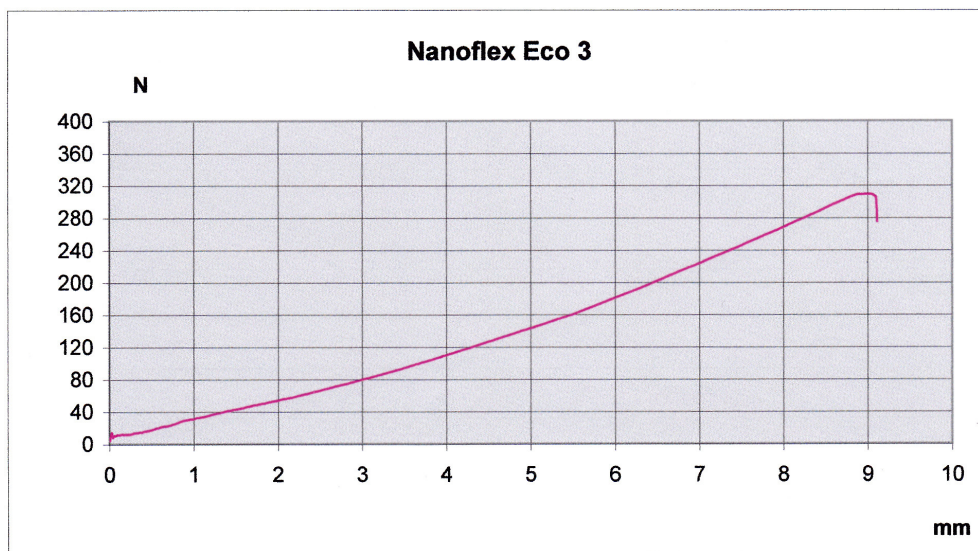


Incollaggio Malte Report

Thickness of specimen 0.8 mm
Width of specimen 13 mm
Length of specimen 100 mm

	Thickness of specimen	Width of specimen	Length of specimen	Maximum force
	mm	mm	mm	N
No.1	0,8	13	100	309,02
No.2	0,8	13	100	309,02

	Modulus of elasticity	Percentage elongation at break
	N	%
No.1	-4,61	
No.2	-4,61	

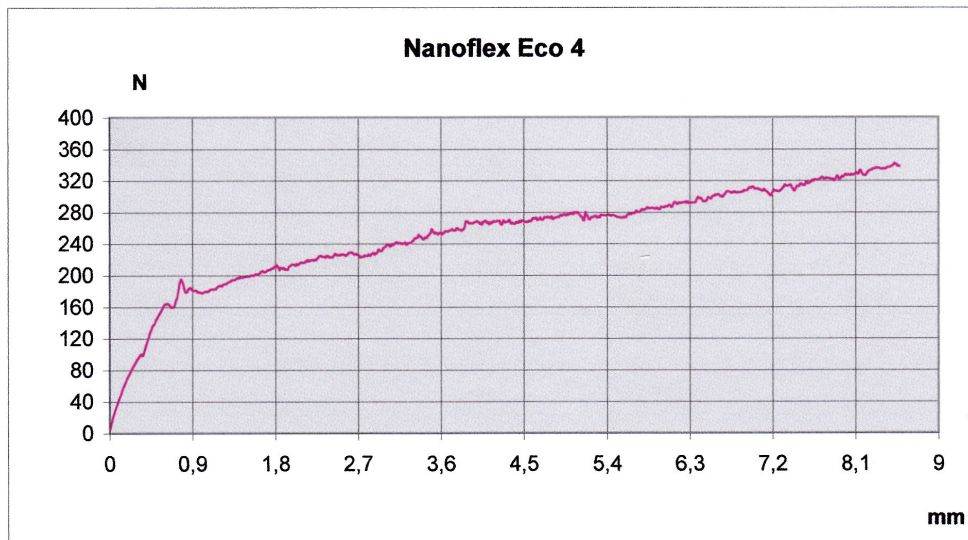


Incollaggio Malte Report

Thickness of specimen 0.8 mm
 Width of specimen 13 mm
 Length of specimen 100 mm

	Thickness of specimen	Width of specimen	Length of specimen	Maximum force
	mm	mm	mm	N
No.1	0,8	13	100	341,93
No.2	0,8	13	100	341,93

	Modulus of elasticity	Percentage elongation at break
	N	%
No.1		
No.2		

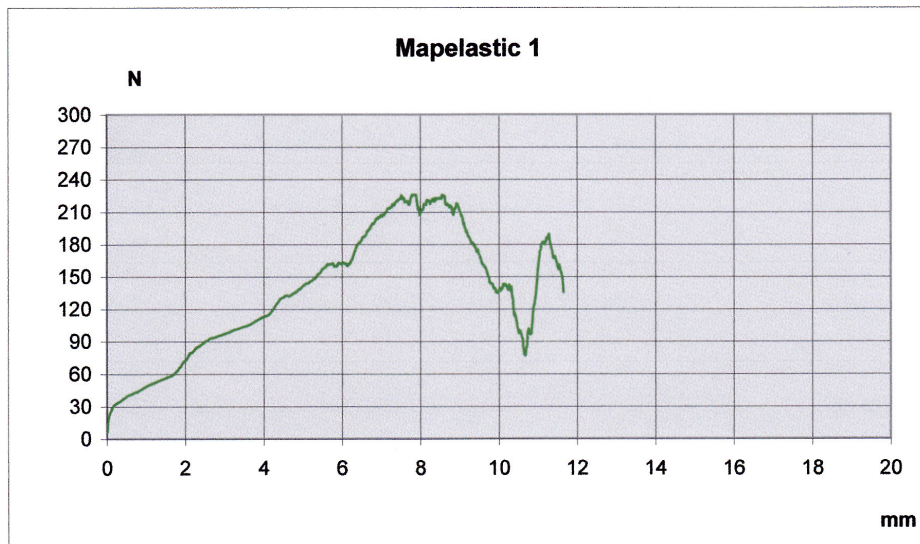


Incollaggio Malte Report

Thickness of specimen 0.8 mm
 Width of specimen 13 mm
 Length of specimen 100 mm

	Thickness of specimen	Width of specimen	Length of specimen	Maximum force
	mm	mm	mm	N
No.1	0,8	13	100	226,44
No.2	0,8	13	100	226,44

	Modulus of elasticity	Percentage elongation at break
	N	%
No.1		
No.2		

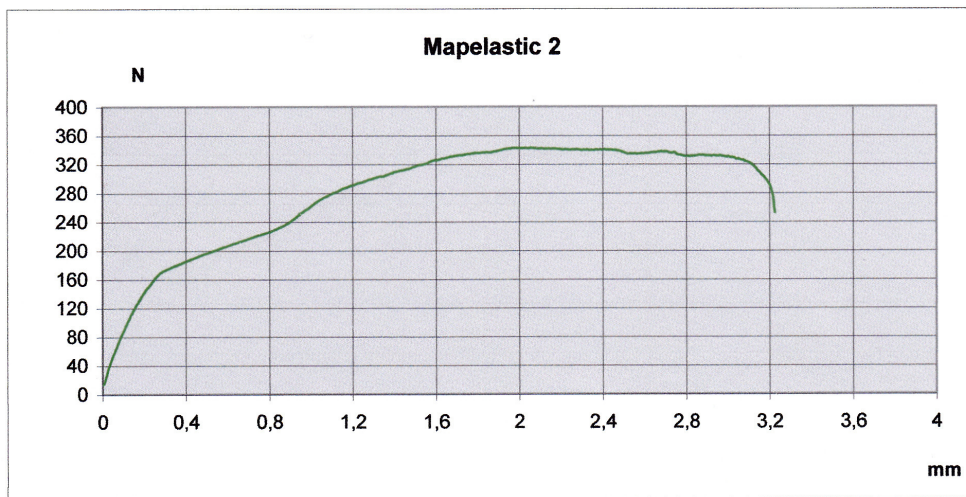


Incollaggio Malte Report

Thickness of specimen 0.8 mm
 Width of specimen 13 mm
 Length of specimen 100 mm

	Thickness of specimen	Width of specimen	Length of specimen	Maximum force
	mm	mm	mm	N
No.1	0,8	13	100	342,58
No.2	0,8	13	100	342,58

	Modulus of elasticity	Percentage elongation at break
	N	%
No.1		
No.2		

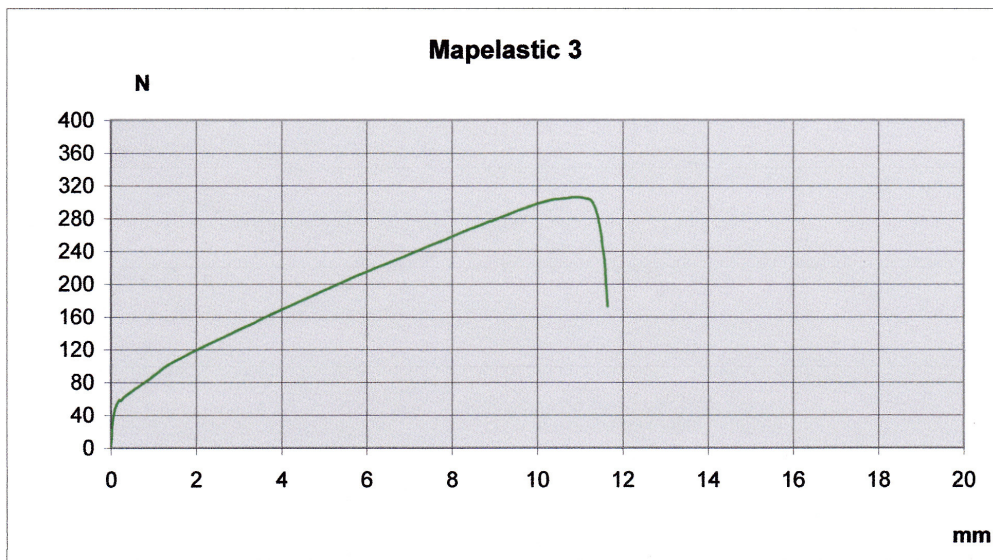


Incollaggio Malte Report

Thickness of specimen 0.8 mm
 Width of specimen 13 mm
 Length of specimen 100 mm

	Thickness of specimen	Width of specimen	Length of specimen	Maximum force
	mm	mm	mm	N
No.1	0,8	13	100	305,68
No.2	0,8	13	100	305,68

	Modulus of elasticity	Percentage elongation at break
	N	%
No.1		
No.2		

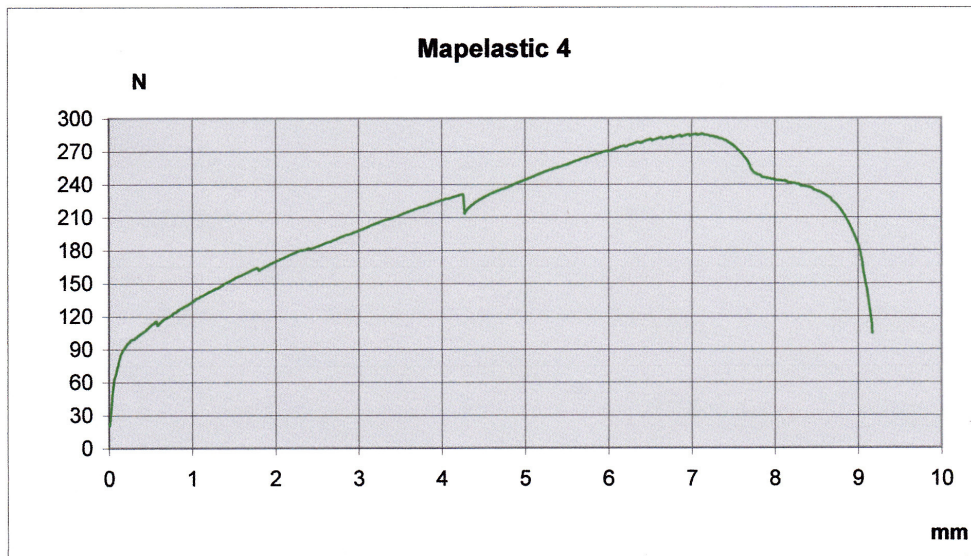


Incollaggio Malte Report

Thickness of specimen 0.8 mm
 Width of specimen 13 mm
 Length of specimen 100 mm

	Thickness of specimen	Width of specimen	Length of specimen	Maximum force
	mm	mm	mm	N
No.1	0,8	13	100	285,64
No.2	0,8	13	100	285,64

	Modulus of elasticity	Percentage elongation at break
	N	%
No.1		
No.2		

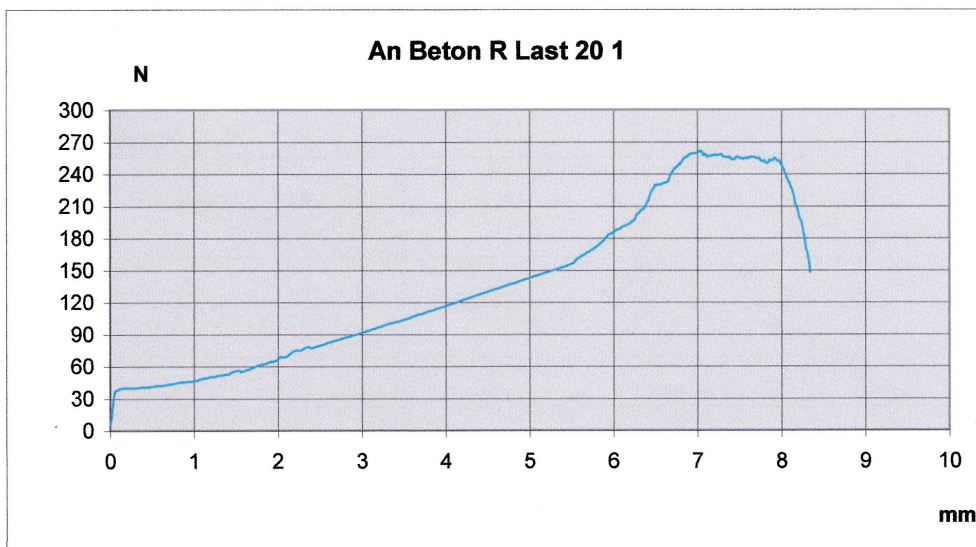


Incollaggio Malte Report

Thickness of specimen 0.8 mm
 Width of specimen 13 mm
 Length of specimen 100 mm

	Thickness of specimen	Width of specimen	Length of specimen	Maximum force
	mm	mm	mm	N
No.1	0,8	13	100	261,38
No.2	0,8	13	100	261,38

	Modulus of elasticity	Percentage elongation at break
	N	%
No.1		
No.2		

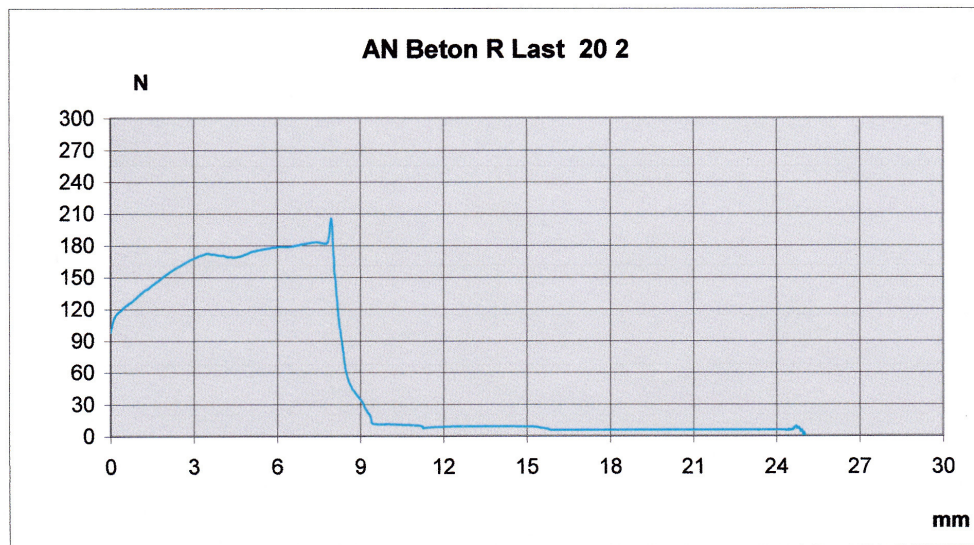


Incollaggio Malte Report

Thickness of specimen 0.8 mm
 Width of specimen 13 mm
 Length of specimen 100 mm

	Thickness of specimen	Width of specimen	Length of specimen	Maximum force
	mm	mm	mm	N
No.1	0,8	13	100	205,55
No.2	0,8	13	100	205,55

	Modulus of elasticity	Percentage elongation at break
	N	%
No.1		
No.2		

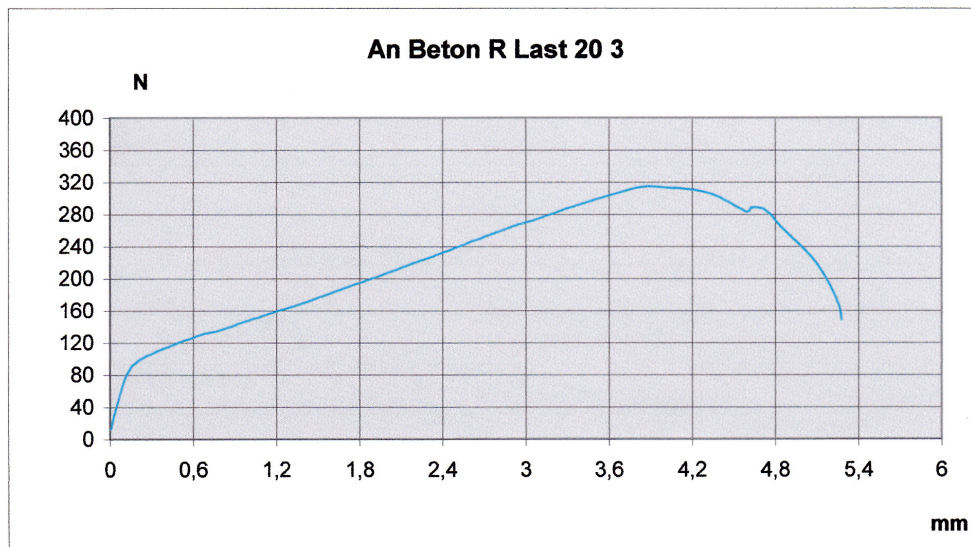


incollaggio MalteReport

Thickness of specimen 0.8 mm
Width of specimen 13 mm
Length of specimen 100 mm

	Thickness of specimen	Width of specimen	Length of specimen	Maximum force
	mm	mm	mm	N
No.1	0,8	13	100	314,56
No.2	0,8	13	100	314,56

	Modulus of elasticity	Percentage elongation at break
	N	%
No.1		
No.2		

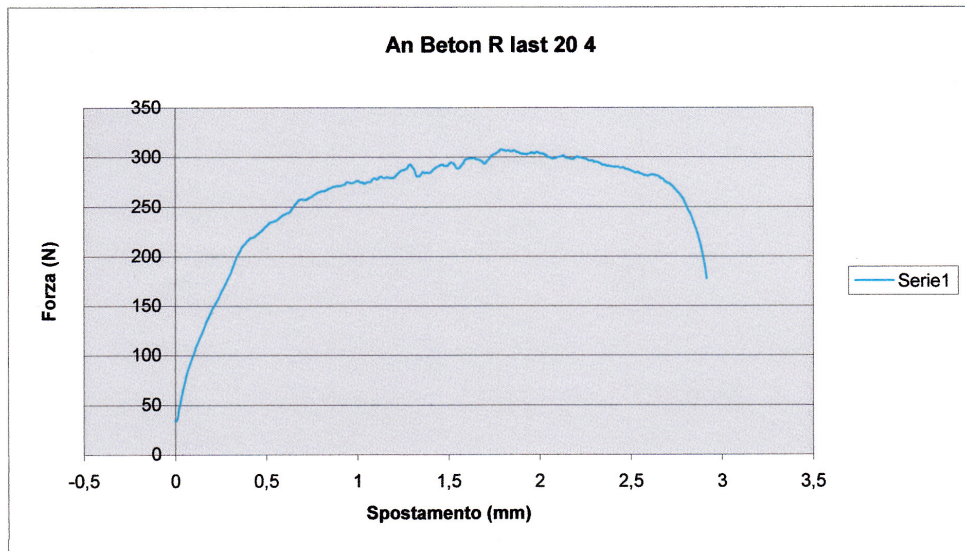


Incollaggio Malte Report

Thickness of specimen 0.8 mm
Width of specimen 13 mm
Length of specimen 100 mm

	Thickness of specimen	Width of specimen	Length of specimen	Maximum force
	mm	mm	mm	N
No.1	0,8	13	100	307,6
No.2	0,8	13	100	307,6

	Modulus of elasticity	Percentage elongation at break
	N	%
No.1		
No.2		



Allegato 2

Cone Calorimetre Test Report – Prova B: Resistenza al fuoco – Velocità di rilascio del calore, di produzione di fumi, di perdita di massa del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti. (ai sensi delle norme ISO 5660-1-2:2002, ISO/TR 5660-3:2003)

Cone Calorimeter Test Report

Laboratory name IMAST ITALY
 Operator GMO-MLD
 Filename C:\CC5\Data\10 11 2011\259.csv
 Report name
 Sample description Hypucem + Nanoflex Eco
 Material name/ID

Specimen information

E	13.1 MJ/kg	Specimen number	1	Conditioned?	Yes
Thickness	50 mm	Nominal duct flow rate	24 l/s	Temperature	23°C
Initial mass	230.1 g	Edge frame used?	No	RH	50%
Surface area	100 cm ²	Grid used?	No		
Heat flux	50 kW/m ²	Manufacturer	cnr imcb		
Separation	25 mm	Sponsor			
Orientation	Horizontal				

Test

Standard used ISO 5660-1
 Date of test 10/11/2011
 Time of test 12:08
 Date of report 16/11/2011

Pre-test conditions

Ambient temperature 21°C
 Ambient pressure 101.864 kPa
 Relative humidity 56%

Test times

Time to ignition 93 s
 Time to flameout 900 s
 End of test criterion ISO 5660-1:2002
 End of test time 1840 s
 (for calculations)

Apparatus specifications

C-factor 0.04292
 Duct diameter 0.114 m
 O₂ delay time 2 s
 CO₂ delay time 2 s
 CO delay time 2 s
 OD corr. factor 1.1147

Initial conditions

Baseline ambient oxygen 20.643%
 Baseline oxygen 20.930%
 Baseline carbon dioxide 0.0395%
 Mass at sustained flaming 229.2 g

Heat Release Results

THR (0-300) 22.91 MJ/m²
 THR (0-600) 49.82 MJ/m²
 THR (0-1200) 97.47 MJ/m²
 Fuel load 5.68 MJ/kg

Test results (between 93 and 1840 s)

		Mean	Peak	at time (s)	
Total heat release	130.7 MJ/m ²	Heat release rate (kW/m ²)	74.83	155.24	118
Total oxygen consumed	98.5 g	Effective heat of comb. (MJ/kg)	22.30	79.26	630
Mass lost	58.6 g	Mass loss rate (g/s)	0.034	0.153	1840
Average specific MLR	3.74 g/(s·m ²)	Specific extinction area (m ² /kg)	396.04	4636.79	1180
Total smoke release	2323.0 m ² /m ²	Carbon monoxide yield (kg/kg)	0.0454	11.9710	1786
Total smoke production	23.2 m ²	Carbon dioxide yield (kg/kg)	1.82	145.52	1786
MAHRE	83.0 kW/m ²				

Test averages

from ignition to ignition plus...	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	0 s - 93 s	93 s - 1840 s
Heat release rate (kW/m ²)	102.79	115.43	113.30	109.44	105.90	102.41	-2.08	74.83
Effective heat of comb. (MJ/kg)	18.70	20.76	21.53	21.42	21.27	21.24	-2.19	22.30
Mass loss rate (g/s)	0.055	0.056	0.053	0.051	0.050	0.048	0.009	0.034
Specific extinction area (m ² /kg)	166.11	198.81	198.88	205.73	217.30	235.12	334.89	396.04
Carbon monoxide yield (kg/kg)	0.0027	0.0100	0.0150	0.0172	0.0184	0.0193	0.0014	0.0454
Carbon dioxide yield (kg/kg)	1.06	1.35	1.55	1.62	1.66	1.69	0.14	1.82

Smoke results

Total smoke release: non-flaming phase (0 s - 93 s) 29.8 m²/m²
 Total smoke release: flaming phase (93 s - 1840 s) 2323.0 m²/m²
 Total smoke release: whole test (0 s - 1840 s) 2352.9 m²/m²

The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

Cone Calorimeter Test Report

Laboratory name IMAST ITALY
Operator GMO-MLD
Filename C:\CC5\Data\10 11 2011\259.csv
Report name
Sample description Hypucem
Material name/ID

Additional specimen preparation information

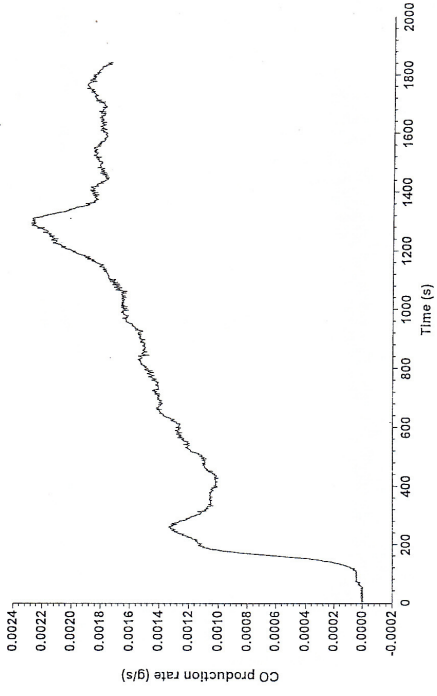
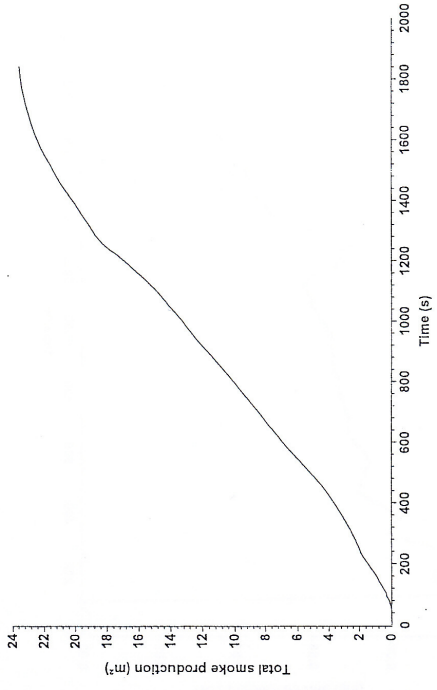
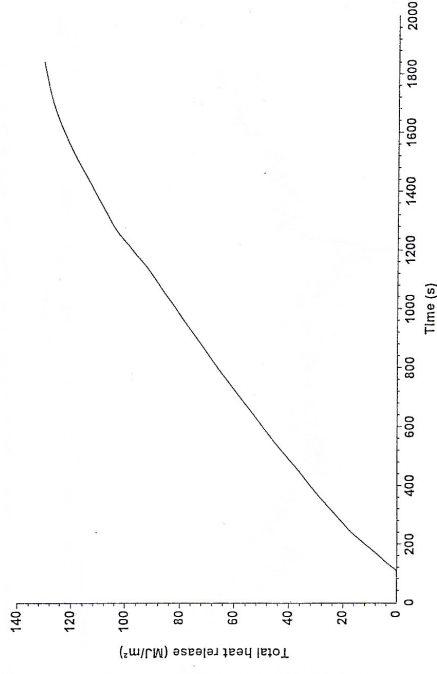
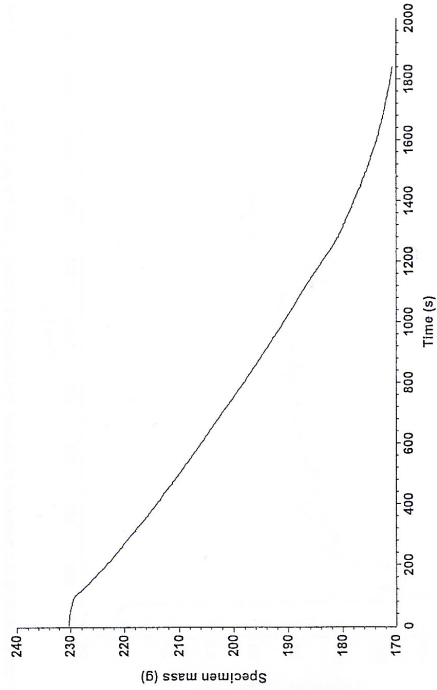
Pre-test comments accensione con scintilla

After-test comments no flameout

Recorded events

The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

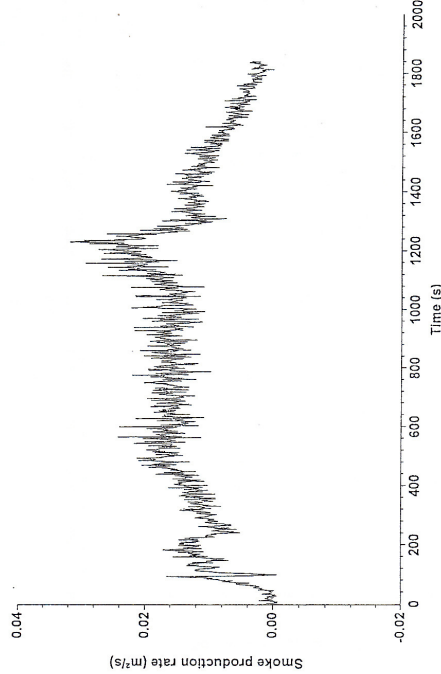
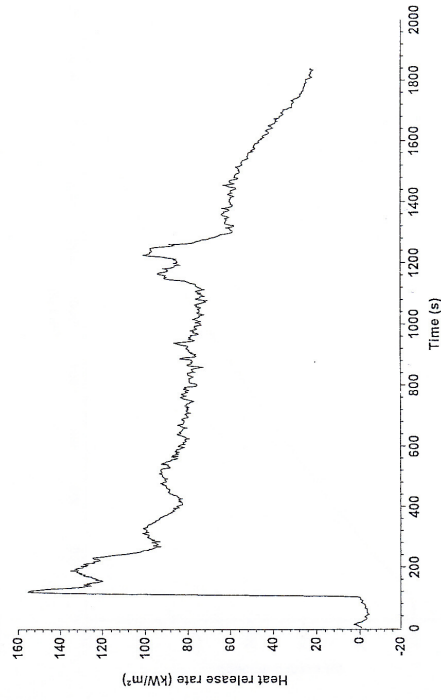
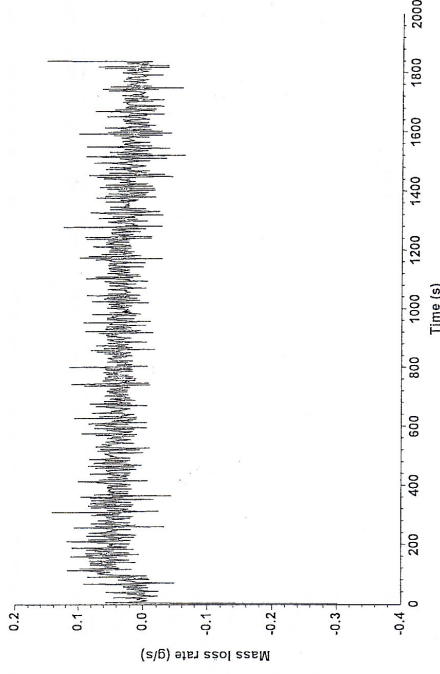
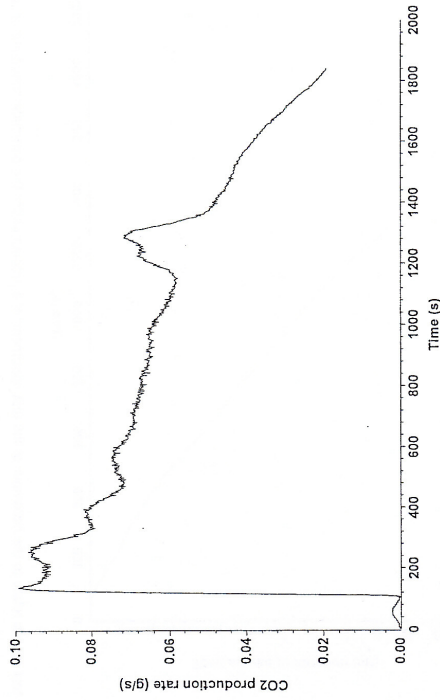
Report produced with the Fire Testing Technology software
Filename: C:\CC5\Data\10 11 2011\259.csv Report name:



The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

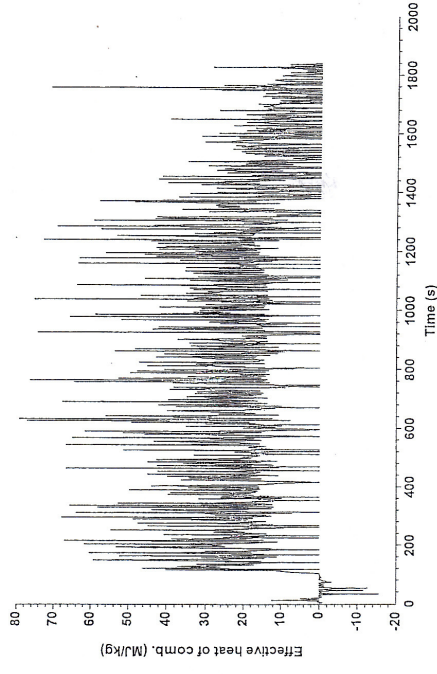
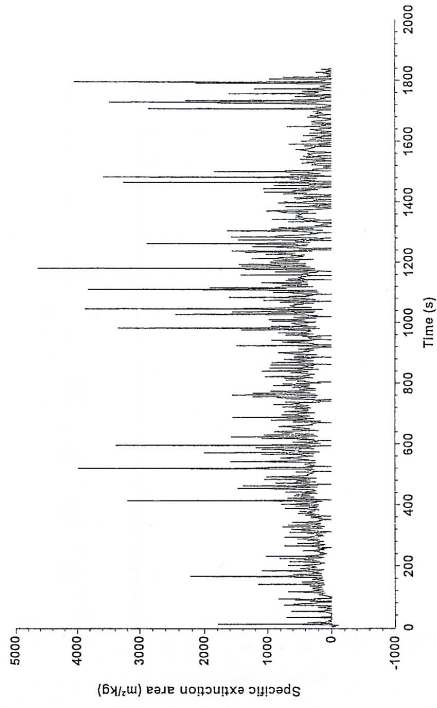
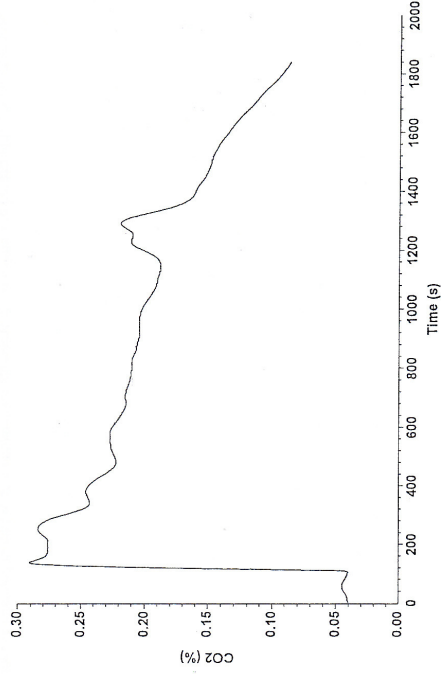
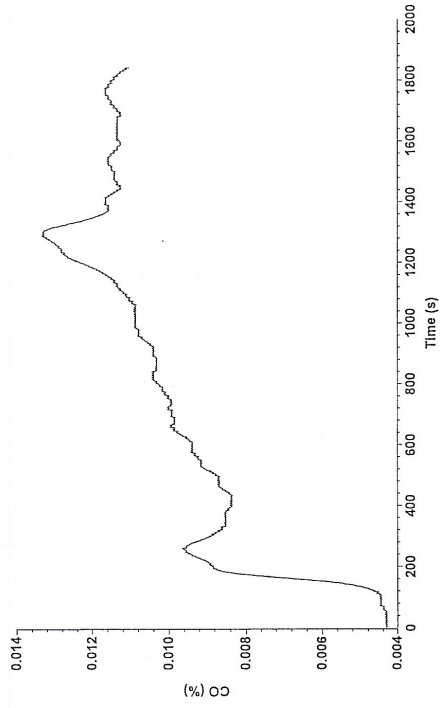
Report produced with the Fire Testing Technology ConeCalc software

Filename: C:\CC5\Data\10 11 2011\259.csv Report name:



The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

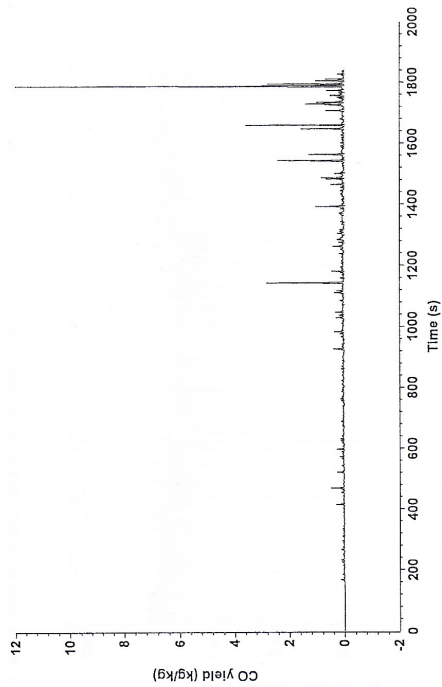
Report produced with the Fire Testing Technology Software
Filename: C:\CC5\Data\10 11 2011\259.csv Report name:



The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

Report produced with the Fire Testing Technology ConeCalc software

Filename: C:\CC5\Data\10 11 2011\259.csv Report name:



The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

Cone Calorimeter Test Report

Laboratory name IMAST ITALY
 Operator GMO-MLD
 Filename C:\CC5\Data\10 11 2011\261.csv
 Report name
 Sample description Hypucem + mapelastic
 Material name/ID

Specimen information

E	13.1 MJ/kg	Specimen number	2	Conditioned?	Yes
Thickness	50 mm	Nominal duct flow rate	24 l/s	Temperature	23°C
Initial mass	238 g	Edge frame used?	No	RH	50%
Surface area	100 cm ²	Grid used?	No		
Heat flux	50 kW/m ²	Manufacturer	CNR-Imcb		
Separation	25 mm	Sponsor			
Orientation	Horizontal				

Test	Pre-test conditions	Test times	
Standard used	ISO 5660-1	Time to ignition	74 s
Date of test	10/11/2011	Time to flameout	995 s
Time of test	14:35	End of test criterion	ISO 5660-1:2002
Date of report	16/11/2011	End of test time	1804 s
		(for calculations)	
Apparatus specifications	Initial conditions	Heat Release Results	
C-factor	0.04292	THR (0-300)	27.17 MJ/m ²
Duct diameter	0.114 m	THR (0-600)	52.06 MJ/m ²
O ₂ delay time	2 s	THR (0-1200)	74.31 MJ/m ²
CO ₂ delay time	2 s	Fuel load	3.49 MJ/kg
CO delay time	2 s		
OD corr. factor	1.1147		
	Baseline ambient oxygen	20.639%	
	Baseline oxygen	20.947%	
	Baseline carbon dioxide	0.0420%	
	Mass at sustained flaming	236.9 g	

Test results (between 74 and 1804 s)

	Mean	Peak	at time (s)
Total heat release	83.2 MJ/m ²		
Total oxygen consumed	63.8 g		
Mass lost	43.7 g		
Average specific MLR	2.92 g/(s·m ²)		
Total smoke release	1712.2 m ² /m ²		
Total smoke production	17.1 m ²		
AHRE	97.9 kW/m ²		
Heat release rate (kW/m ²)	48.07	170.46	106
Effective heat of comb. (MJ/kg)	19.01	76.07	1022
Mass loss rate (g/s)	0.025	0.211	1804
Specific extinction area (m ² /kg)	391.49	4884.17	1748
Carbon monoxide yield (kg/kg)	0.0745	20.0115	1718
Carbon dioxide yield (kg/kg)	1.58	232.55	646

Test averages

From ignition to ignition plus...	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	0 s - 74 s	74 s - 1804 s
Heat release rate (kW/m ²)	107.32	112.15	114.77	121.24	121.58	116.27	0.45	48.07
Effective heat of comb. (MJ/kg)	20.50	24.05	23.41	24.13	24.06	23.60	0.31	19.01
Mass loss rate (g/s)	0.052	0.047	0.049	0.051	0.051	0.049	0.013	0.025
Specific extinction area (m ² /kg)	187.88	183.16	180.57	234.95	270.47	288.57	146.63	391.49
Carbon monoxide yield (kg/kg)	0.0016	0.0125	0.0154	0.0170	0.0200	0.0225	-0.0005	0.0745
Carbon dioxide yield (kg/kg)	1.06	1.62	1.61	1.62	1.69	1.76	0.04	1.58

Smoke results

Total smoke release: non-flaming phase (0 s - 74 s) 16.3 m²/m²
 Total smoke release: flaming phase (74 s - 1804 s) 1712.2 m²/m²
 Total smoke release: whole test (0 s - 1804 s) 1728.5 m²/m²

The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

Cone Calorimeter Test Report

Laboratory name IMAST ITALY
Operator GMO-MLD
Filename C:\CC5\Data\10 11 2011\261
Report name C:\CC5\Data\10 11 2011\260.csv
Sample description Hypucem + mapelastic
Material name/ID

Additional specimen preparation information

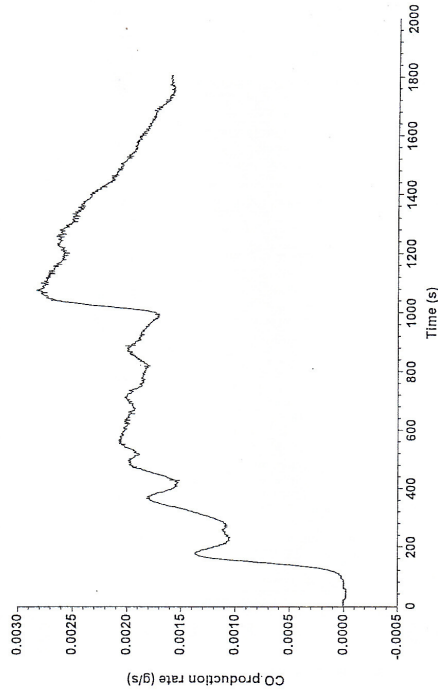
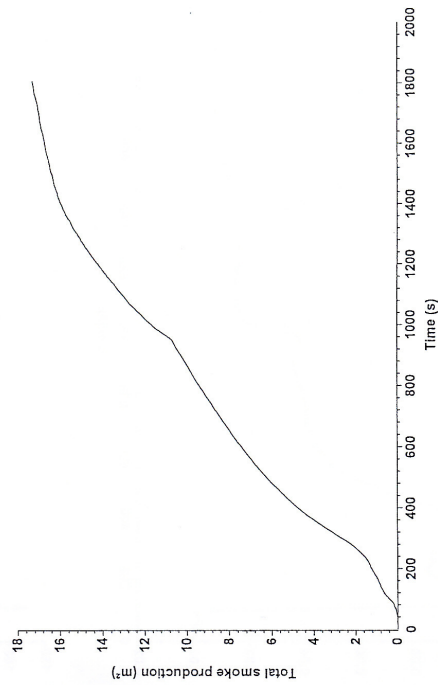
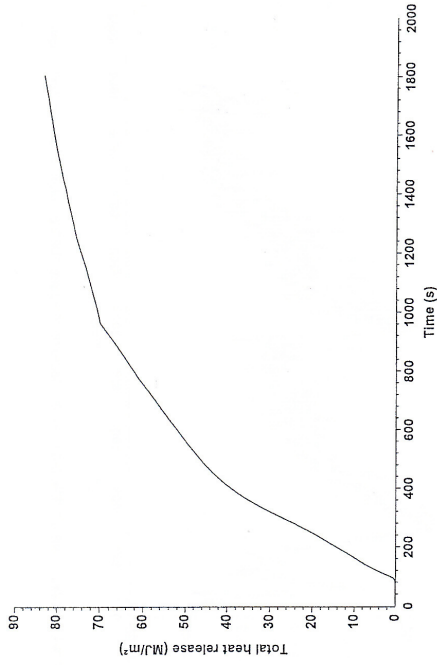
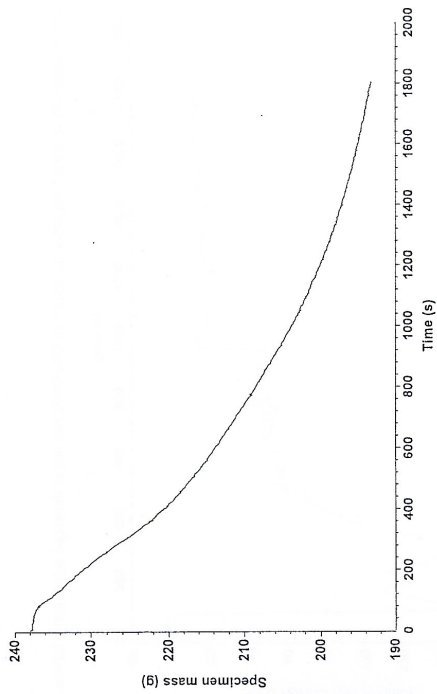
Pre-test comments accensione con scintilla

After-test comments

Recorded events

The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

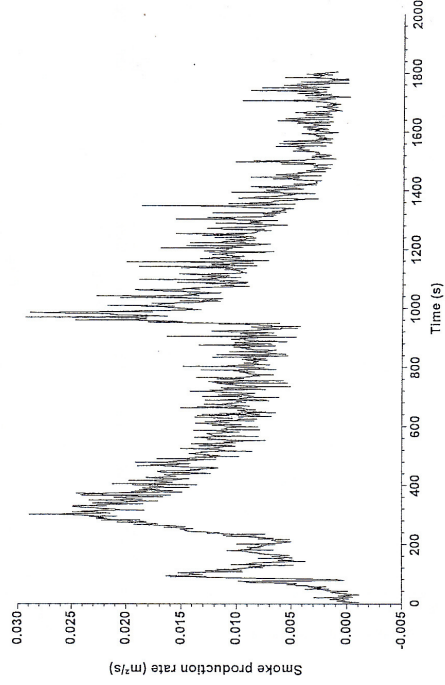
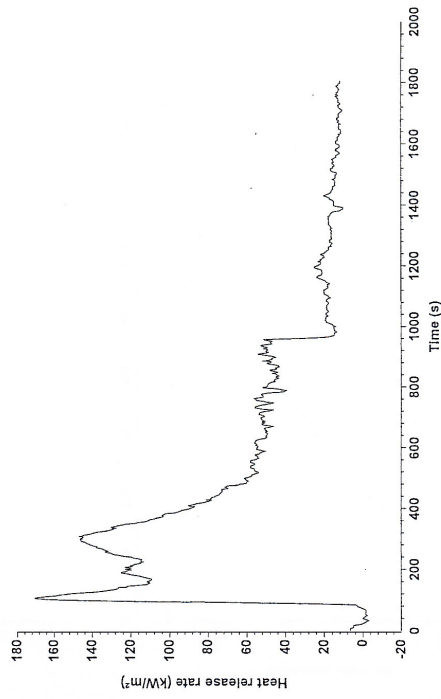
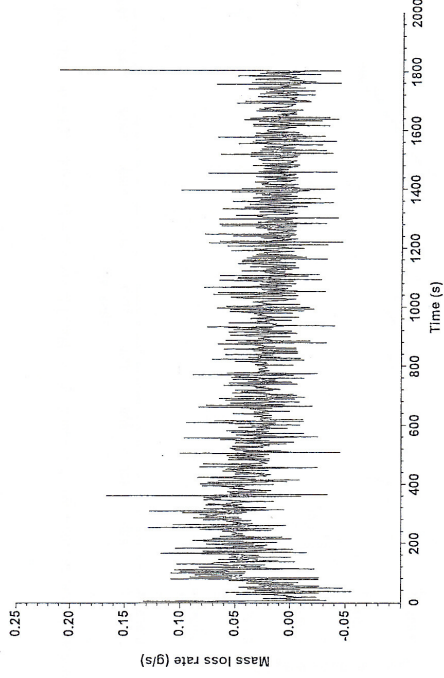
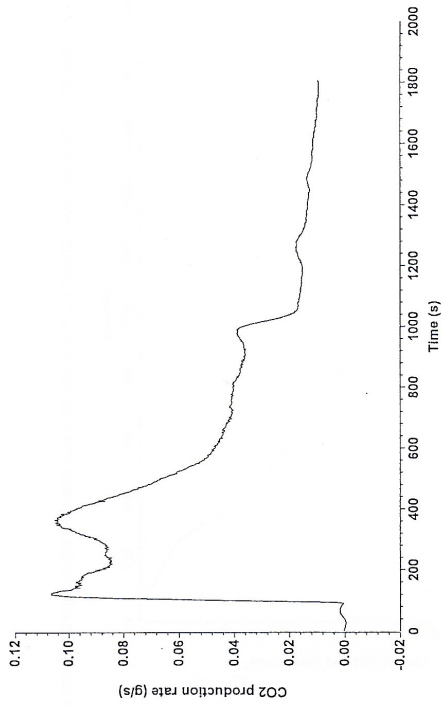
Filename: C:\CC5\Data\10 11 2011\261.csv Report name:



The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

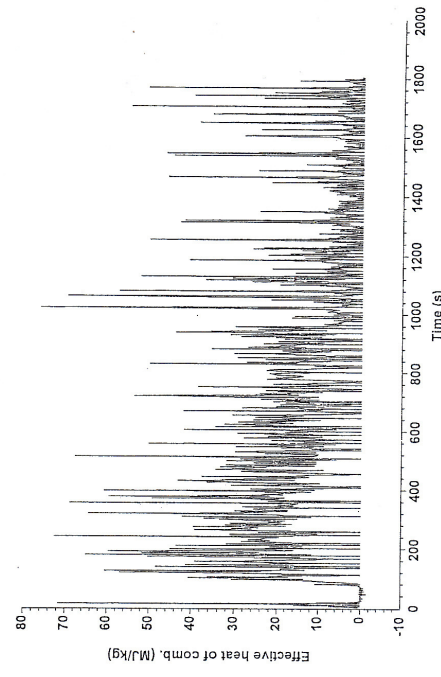
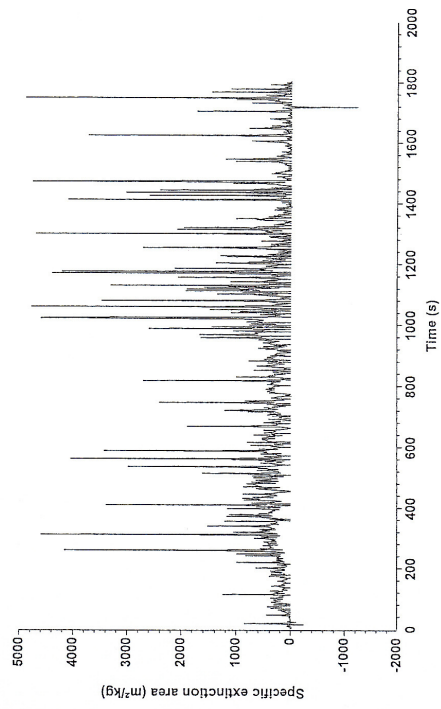
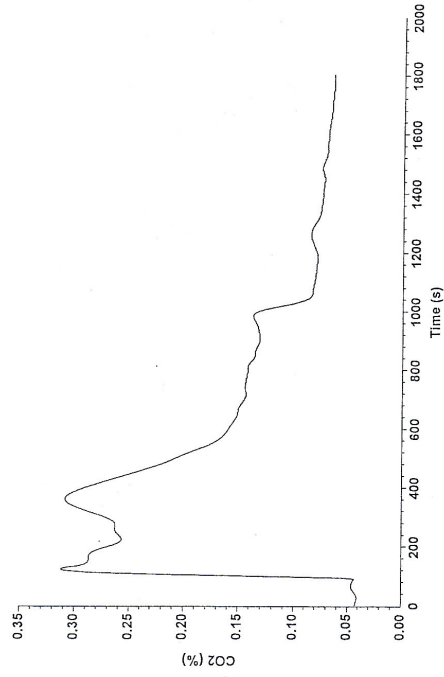
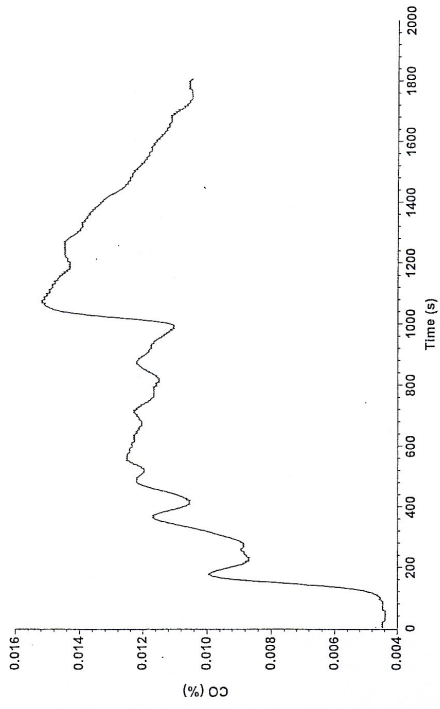
Report produced with the Fire Testing Technology ConeCalc software

Filename: C:\CC5\Data\10 11 2011\261.csv Report name:



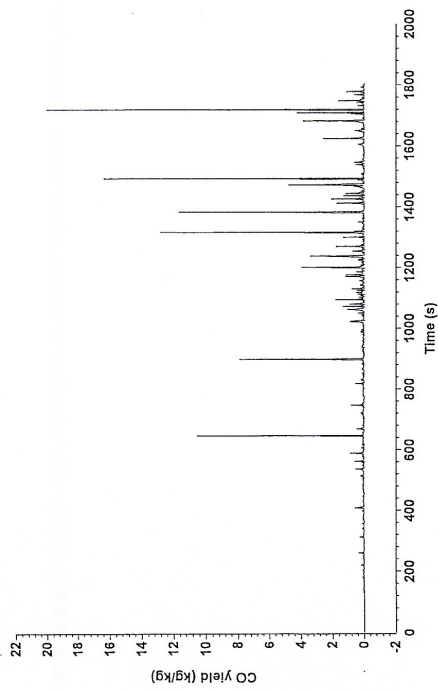
The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

Filename: C:\CC5\Data\10 11 2011\261.csv Report Name:



The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

Filename: C:\CC5\Data\10 11 2011\261.csv Report name:



The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

Cone Calorimeter Test Report

Laboratory name IMAST ITALY
 Operator GMO-MLD
 Filename C:\CC5\Data\10 11 2011\259.csv
 Report name
 Sample description Hypucem +An Beton R Last 20
 Material name/ID

Specimen information

E	13.1 MJ/kg	Specimen number	3	Conditioned?	Yes
Thickness	50 mm	Nominal duct flow rate	24 l/s	Temperature	23°C
Initial mass	230.1 g	Edge frame used?	No	RH	50%
Surface area	100 cm ²	Grid used?	No		
Heat flux	50 kW/m ²	Manufacturer	cnr imcb		
Separation	25 mm	Sponsor			
Orientation	Horizontal				

Test		Pre-test conditions		Test times	
Standard used	ISO 5660-1	Ambient temperature	21°C	Time to ignition	80 s
Date of test	10/11/2011	Ambient pressure	101.864 kPa	Time to flameout	990 s
Time of test	12:08	Relative humidity	56%	End of test criterion	ISO 5660-1:2002
Date of report	16/11/2011			End of test time	1814 s
				(for calculations)	
Apparatus specifications		Initial conditions		Heat Release Results	
C-factor	0.04292	Baseline ambient oxygen	20.643%	THR (0-300)	22.91 MJ/m ²
Duct diameter	0.114 m	Baseline oxygen	20.930%	THR (0-600)	49.82 MJ/m ²
O ₂ delay time	2 s	Baseline carbon dioxide	0.0395%	THR (0-1200)	97.47 MJ/m ²
CO ₂ delay time	2 s	Mass at sustained flaming	229.2 g	Fuel load	5.68 MJ/kg
CO delay time	2 s				
OD corr. factor	1.1147				

Test results (between 93 and 1840 s)

	Mean	Peak	at time (s)
Total heat release	129,8 MJ/mq		
Total oxygen consumed	98,1 g		
Mass lost	32,1 g		
Average specific MLR	3,89 g/s" mq		
Total smoke release	2837,4 mq/mq		
Total smoke production	28,4 mq		
MAHRE	90 kW/mq		
Heat release rate (kW/m ²)	74.83	155.24	118
Effective heat of comb. (MJ/kg)	22.30	79.26	630
Mass loss rate (g/s)	0.034	0.153	1840
Specific extinction area (m ² /kg)	396.04	4636.79	1180
Carbon monoxide yield (kg/kg)	0.0454	11.9710	1786
Carbon dioxide yield (kg/kg)	1.82	145.52	1786

Test averages

from ignition to ignition plus...	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	0 s - 80 s	80 s - 1814 s
Heat release rate (kW/m ²)	102.79	115.43	113.30	109.44	105.90	102.41	-2.08	74.83
Effective heat of comb. (MJ/kg)	18.70	20.76	21.53	21.42	21.27	21.24	-2.19	22.30
Mass loss rate (g/s)	0.055	0.056	0.053	0.051	0.050	0.048	0.009	0.034
Specific extinction area (m ² /kg)	166.11	198.81	198.88	205.73	217.30	235.12	334.89	396.04
Carbon monoxide yield (kg/kg)	0.0027	0.0100	0.0150	0.0172	0.0184	0.0193	0.0014	0.0454
Carbon dioxide yield (kg/kg)	1.06	1.35	1.55	1.62	1.66	1.69	0.14	1.82

Smoke results

Total smoke release: non-flaming phase (0 s – 80 s)	18,1 mq/mq
Total smoke release: flaming phase (80 s – 1814 s)	1615,2 mq/mq
Total smoke release: whole test (0 s – 1814 s)	1623,5 mq/mq

The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

Cone Calorimeter Test Report

Laboratory name IMAST ITALY
Operator GMO-MLD
Filename C:\CC5\Data\10 11 2011\261.csv
Report name
Sample description Hypucem +An Beton R Last 20
Material name/ID

Additional specimen preparation information

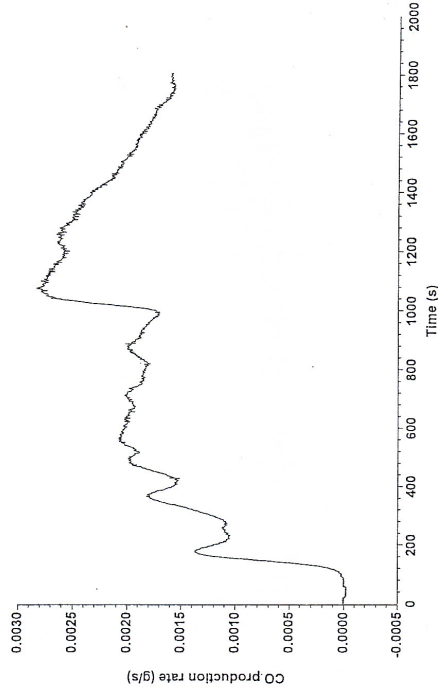
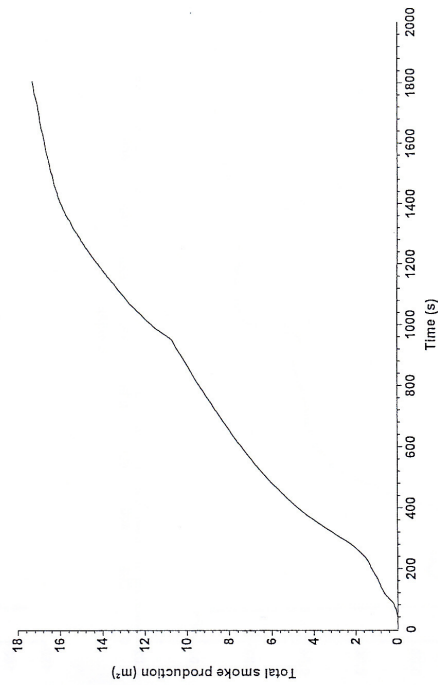
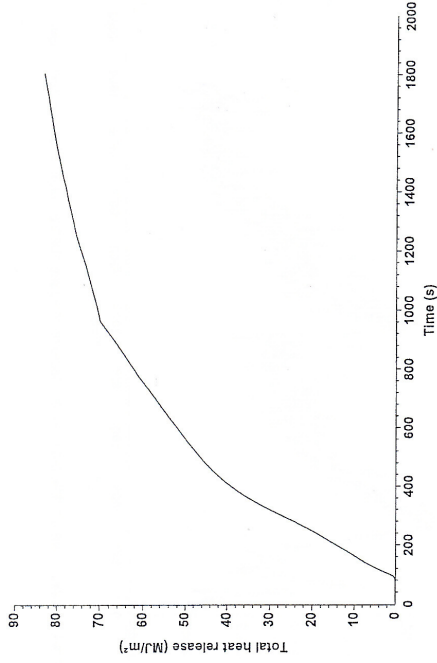
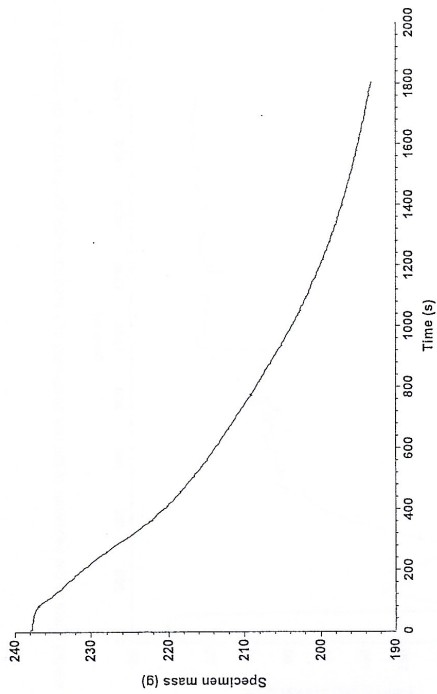
Pre-test comments accensione con scintilla

After-test comments

Recorded events

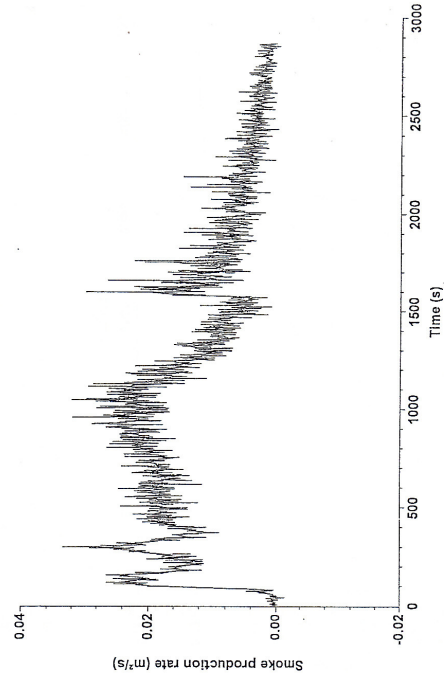
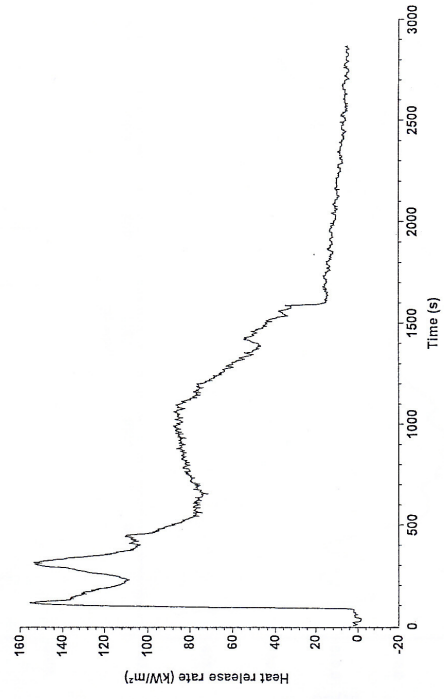
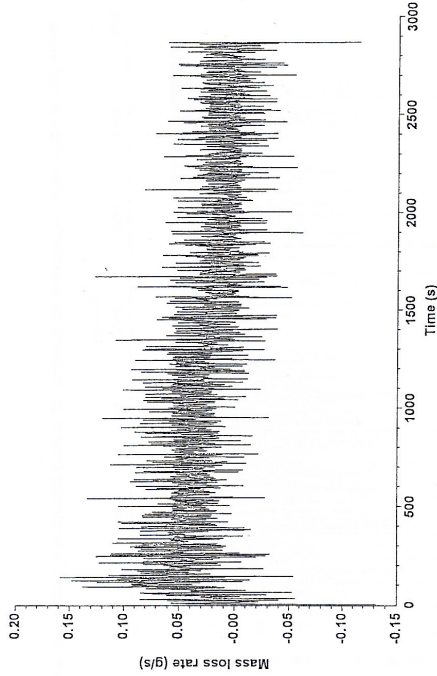
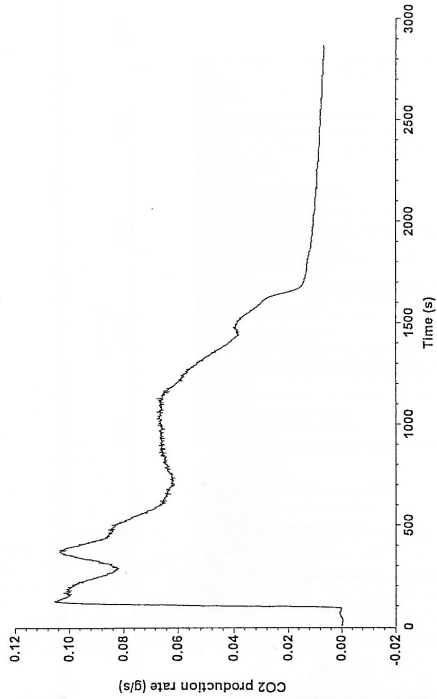
The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

Filename: C:\CC5\Data\10 11 2011\261.csv Report name:



The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

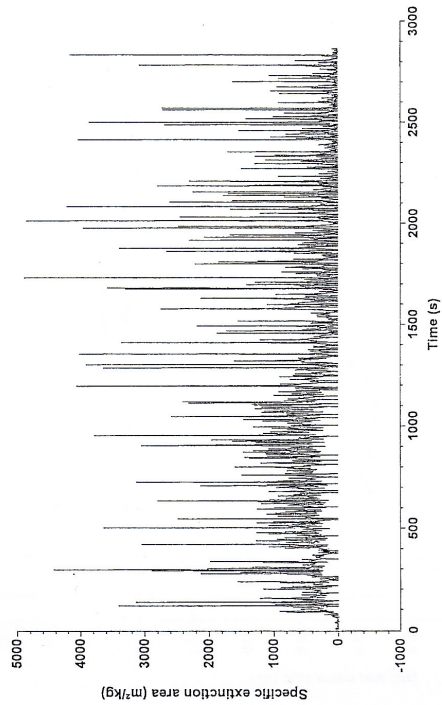
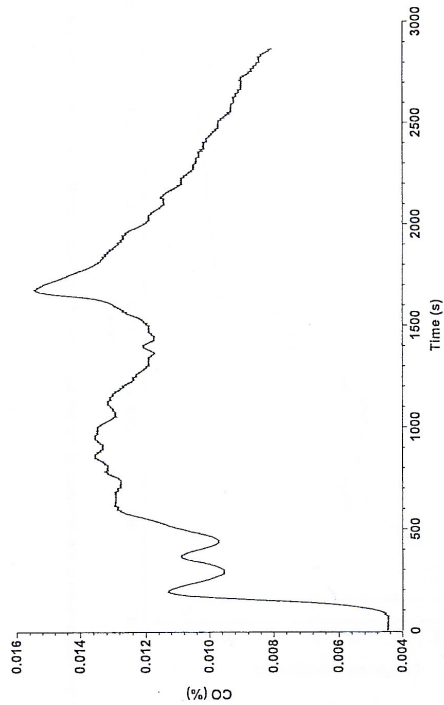
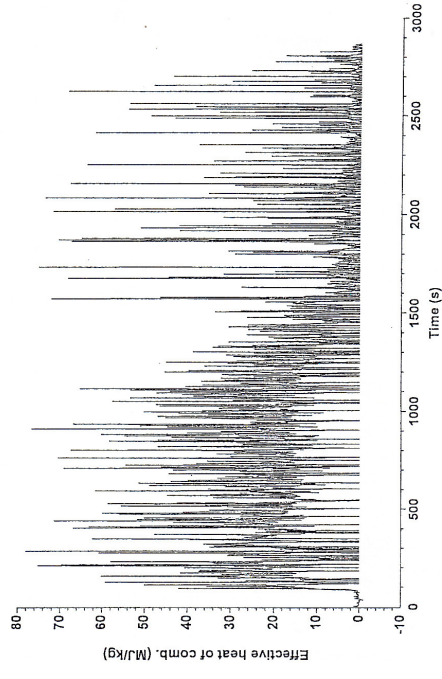
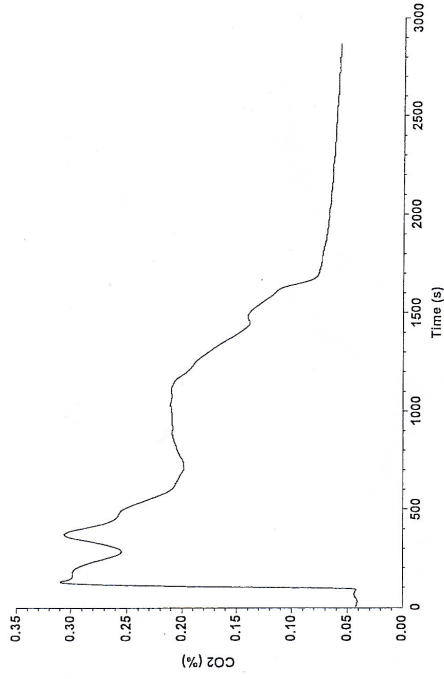
Filename: C:\CC5\Data\10 11 2011\Z60.csv Report name:



The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

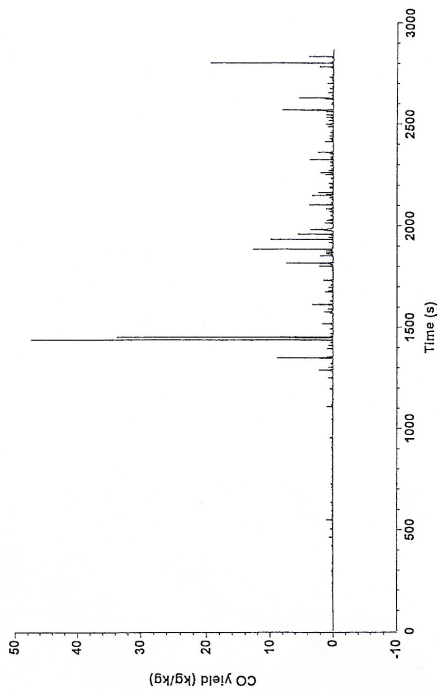
Report produced with the Fire Testing Technology ConeCalc software

Filename: C:\CCS\Data\10 11 2011\260.csv Report name:



The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

Filename: C:\CC5\Data\10 11 2011\260.csv Report name:



The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

Allegato 3

Flooring Radiant Panel Single Specimen Report - Prova C.: Comportamento al fuoco del sistema integrato Hypucem-prodotti impermeabilizzanti con metodo di prova standard per il flusso radiante critico di sistemi a soffitto mediante una sorgente di energia termica radiante (ai sensi della norma E 970 – 2000)

Flooring Radiant Panel Single Specimen Report

Standard : EN ISO 9239-1:2002
Laboratory : IMAST Italy
Sponsor : CNR IMCB
Date of test : Nov. 11 2011

Specimen description : hypucem nanoflex
Test name : hypucem nanoflex
File name : C:\FRPSOFT\DATA\11 11 2011\HYPUCEM NANOFLEX.CSV
Test number in series : 3

Flux calibration file name : C:\FRPSOFT\CALIB\FLX11004.CSV

Thickness (mm) : 55
Density (kg/m³) : 260

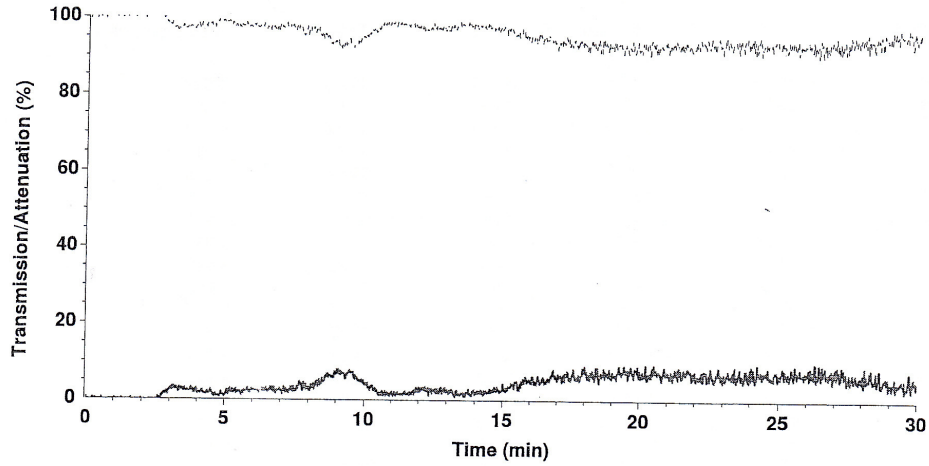
Test duration : 30 minutes (1800 s)
Substrate used? : Yes
Substrate : none
Fixing method : none
Conditioned? : No
Conditioning temp. (°C) : N/A
Conditioning RH (%) : N/A

Test Results

Time to ignition : 2 minutes 16 seconds (136 s)
Time to flameout : Not recorded
Extent of burning (mm) : 600
Critical flux at extinguishment (kW/m²) : N/A (no flameout)
HF-10 (kW/m²) : >= 10.9
HF-20 (kW/m²) : >= 10.9
HF-30 (kW/m²) : >= 10.9
Flame spread at 10 minutes (mm) : 0
Flame spread at 20 minutes (mm) : 0
Flame spread at 30 minutes (mm) : 0
Peak light attenuation (%) : 9.86
Time to peak light attenuation : 26 minutes 17 seconds (1577 s)
Total integrated smoke (%.min) : 130.41

Potential classification : **A2(f1)/B(f1)**
Smoke production classification : **s1**

Smoke Graph



Test name : hypucem nanaflex

File name : C:\FRPSOFT\DATA\11 11 2011\HYPUCEM NANOFLEX.CSV

Rake Results

Position (mm)	Time (s)	Flux (kW/m ²)	Qsb (MJ/m ²)	Position (mm)	Time (s)	Flux (kW/m ²)	Qsb (MJ/m ²)
60	266	11.9	3.165	510	-	3.3	-
110	-	10.9	-	560	-	2.8	-
160	-	10.0	-	610	-	2.3	-
210	-	8.9	-	660	-	2.0	-
260	-	7.8	-	710	-	1.7	-
310	-	6.7	-	760	-	1.4	-
360	-	5.8	-	810	-	1.2	-
410	-	4.9	-	860	-	1.1	-
460	-	4.1	-	910	-	1.0	-

Comments

Specimen was extinguished manually after end of test.

Tabulated Results

Time (s)	T (%)	Attenuation (%)	Time (s)	T (%)	Attenuation (%)
0	99.46	0.539			
30	100.6	-0.564	1230	93.06	6.941
60	100	-0.043	1260	92.61	7.39
90	100.1	-0.096	1290	91.98	8.024
120	100.3	-0.277	1320	92.99	7.01
150	100.2	-0.214	1350	93.63	6.366
180	97.13	2.867	1380	95.21	4.793
210	97.87	2.129	1410	94.08	5.922
240	97.88	2.118	1440	92.07	7.93
270	97.36	2.641	1470	93.42	6.582
300	99.17	0.827	1500	94.14	5.863
330	97.69	2.309	1530	92.66	7.345
360	97.58	2.423	1560	93.07	6.927
390	97.57	2.435	1590	93.75	6.253
420	97.49	2.515	1620	93.66	6.34
450	97.85	2.148	1650	95.02	4.976
480	96.76	3.238	1680	95.11	4.892
510	94.24	5.759	1710	94.67	5.329
540	93.21	6.793	1740	95.4	4.599
570	92.69	7.308	1770	96.05	3.954
600	95.32	4.681	1800	96.4	3.598
630	98.23	1.767			
660	98.34	1.659			
690	97.62	2.376			
720	96.72	3.282			
750	97.39	2.613			
780	97.13	2.875			
810	98.22	1.783			
840	98.5	1.502			
870	97.71	2.292			
900	97.15	2.848			
930	95.09	4.915			
960	95.12	4.885			
990	93.85	6.155			
1020	94.05	5.955			
1050	94.65	5.352			
1080	91.82	8.183			
1110	91.24	8.762			
1140	94.26	5.736			
1170	91.5	8.498			
1200	93.81	6.193			

Flooring Radiant Panel Single Specimen Report

Standard : EN ISO 9239-1:2002
Laboratory : IMAST Italy
Sponsor : CNR IMCB
Date of test : Nov. 11 2011

Specimen description : hypucem mapelastic
Test name : hypucem mapelastic
File name : C:\FRPSOFT\DATA\11 11 2011\HYPUCEM MAPELASTIC.CSV
Test number in series : 2

Flux calibration file name : C:\FRPSOFT\CALIB\FLX11004.CSV

Thickness (mm) : 55
Density (kg/m³) : 260

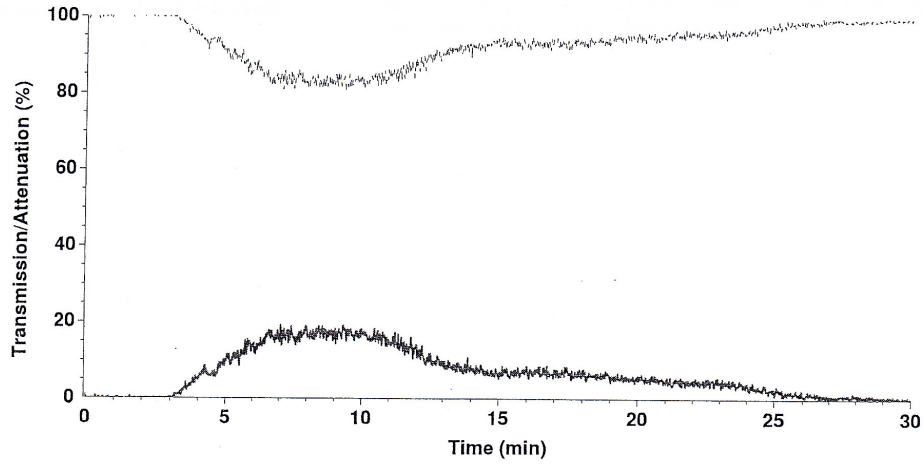
Test duration : 30 minutes (1800 s)
Substrate used? : Yes
Substrate : none
Fixing method : none
Conditioned? : No
Conditioning temp. (°C) : N/A
Conditioning RH (%) : N/A

Test Results

Time to ignition : 3 minutes 43 seconds (223 s)
Time to flameout : 24 minutes 30 seconds (1470 s)
Extent of burning (mm) : 300
Critical flux at extinguishment (kW/m²) : 6.94
HF-10 (kW/m²) : >= 10.9
HF-20 (kW/m²) : >= 10.9
HF-30 (kW/m²) : >= 10.9
Flame spread at 10 minutes (mm) : 0
Flame spread at 20 minutes (mm) : 0
Flame spread at 30 minutes (mm) : 0
Peak light attenuation (%) : 19.16
Time to peak light attenuation : 7 minutes 03 seconds (423 s)
Total integrated smoke (%.min) : 199.83

Potential classification : C(fl)
Smoke production classification : s1

Smoke Graph



Test name : hypucem mapelastic
 File name : C:\FRPSOFT\DATA\11 11 2011\HYPUCEM MAPELASTIC.CSV

Rake Results

Position (mm)	Time (s)	Flux (kW/m ²)	Qsb (MJ/m ²)	Position (mm)	Time (s)	Flux (kW/m ²)	Qsb (MJ/m ²)
60	237	11.9	2.820	510	-	3.3	-
110	314	10.9	3.417	560	-	2.8	-
160	648	10.0	6.463	610	-	2.3	-
210	-	8.9	-	660	-	2.0	-
260	-	7.8	-	710	-	1.7	-
310	-	6.7	-	760	-	1.4	-
360	-	5.8	-	810	-	1.2	-
410	-	4.9	-	860	-	1.1	-
460	-	4.1	-	910	-	1.0	-

Comments

Specimen extinguished naturally.

Tabulated Results

Time (s)	T (%)	Attenuation (%)	Time (s)	T (%)	Attenuation (%)
0	99.19	0.806			
30	99.86	0.14	1230	94.42	5.577
60	100.4	-0.395	1260	95.62	4.38
90	100.5	-0.455	1290	95.74	4.259
120	99.92	0.083	1320	95.26	4.744
150	100.1	-0.096	1350	94.79	5.207
180	99.92	0.084	1380	95.52	4.477
210	97.24	2.764	1410	95.54	4.465
240	95.28	4.716	1440	95.85	4.15
270	93.77	6.229	1470	97.62	2.378
300	89.85	10.146	1500	98.02	1.983
330	90.93	9.074	1530	98.09	1.909
360	86	13.996	1560	99.1	0.903
390	83.28	16.72	1590	98.94	1.062
420	84.7	15.297	1620	99	0.998
450	82.74	17.26	1650	99.21	0.787
480	81.35	18.652	1680	98.79	1.214
510	82.51	17.487	1710	98.93	1.068
540	84.28	15.725	1740	99.63	0.369
570	83.56	16.444	1770	99.45	0.554
600	81.75	18.247	1800	99.98	0.024
630	84.97	15.033			
660	84.82	15.18			
690	85.43	14.574			
720	85.82	14.185			
750	90.01	9.993			
780	91.47	8.531			
810	92.1	7.9			
840	91.23	8.774			
870	92.57	7.433			
900	93.6	6.397			
930	93.6	6.398			
960	91.54	8.464			
990	93.99	6.008			
1020	92.36	7.645			
1050	93.42	6.585			
1080	92.56	7.442			
1110	94.15	5.854			
1140	94.61	5.389			
1170	94.7	5.296			
1200	95.13	4.874			

Flooring Radiant Panel Single Specimen Report

Standard : EN ISO 9239-1:2002
Laboratory : IMAST Italy
Sponsor : CNR IMCB
Date of test : Nov. 11 2011

Specimen description : cemento con trattamento imperm
Test name : hypucem a.beton
File name : C:\FRPSOFT\DATA\11 11 2011\HYPUCEM AN.BETON.CSV
Test number in series : 1

Flux calibration file name : C:\FRPSOFT\CALIB\FLX11004.CSV

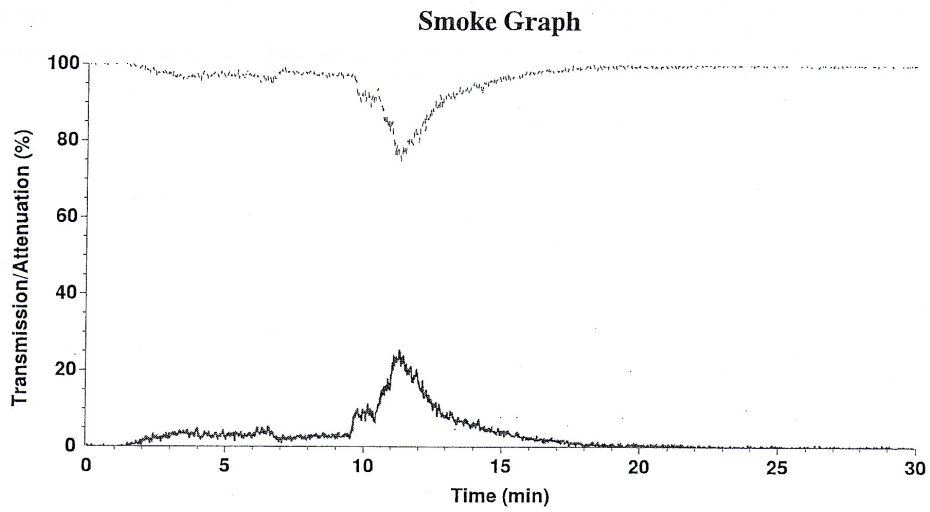
Thickness (mm) : 55
Density (kg/m³) : 260

Test duration : 30 minutes (1800 s)
Substrate used? : Yes
Substrate : none
Fixing method : none
Conditioned? : No
Conditioning temp. (°C) : N/A
Conditioning RH (%) : N/A

Test Results

Time to ignition : 2 minutes 30 seconds (150 s)
Time to flameout : 19 minutes 38 seconds (1178 s)
Extent of burning (mm) : 636
Critical flux at extinguishment (kW/m²) : 2.15
HF-10 (kW/m²) : >= 10.9
HF-20 (kW/m²) : >= 10.9
HF-30 (kW/m²) : >= 10.9
Flame spread at 10 minutes (mm) : 0
Flame spread at 20 minutes (mm) : 0
Flame spread at 30 minutes (mm) : 0
Peak light attenuation (%) : 25.17
Time to peak light attenuation : 11 minutes 18 seconds (678 s)
Total integrated smoke (%.min) : 89.58

Potential classification : **E(f1)**
Smoke production classification : **s1**



Test name : hypucem a.beton

File name : C:\FRPSOFT\DATA\11 11 2011\HYPUCEM AN BETON.CSV

Rake Results

Position (mm)	Time (s)	Flux (kW/m ²)	Qsb (MJ/m ²)	Position (mm)	Time (s)	Flux (kW/m ²)	Qsb (MJ/m ²)
60	212	11.9	2.522	510	-	3.3	-
110	373	10.9	4.059	560	-	2.8	-
160	635	10.0	6.333	610	-	2.3	-
210	-	8.9	-	660	-	2.0	-
260	-	7.8	-	710	-	1.7	-
310	-	6.7	-	760	-	1.4	-
360	-	5.8	-	810	-	1.2	-
410	-	4.9	-	860	-	1.1	-
460	-	4.1	-	910	-	1.0	-

Comments

Specimen extinguished naturally.

Tabulated Results

Time (s)	T (%)	Attenuation (%)	Time (s)	T (%)	Attenuation (%)
0	101.3	-1.251			
30	99.96	0.041	1230	99.25	0.749
60	100.4	-0.431	1260	99.63	0.373
90	99.68	0.316	1290	99.1	0.904
120	99	1.004	1320	99.75	0.254
150	97.48	2.521	1350	100.1	-0.087
180	97.83	2.175	1380	99.83	0.169
210	96.12	3.877	1410	99.95	0.053
240	95.52	4.483	1440	99.56	0.439
270	97.56	2.443	1470	100.3	-0.263
300	97.5	2.502	1500	99.89	0.112
330	97.34	2.656	1530	100	-0.001
360	97.13	2.875	1560	100.6	-0.573
390	96.92	3.076	1590	99.37	0.633
420	97.92	2.076	1620	99.68	0.317
450	97.98	2.02	1650	99.88	0.125
480	97.51	2.493	1680	99.63	0.367
510	97.32	2.683	1710	100.5	-0.514
540	97.3	2.696	1740	100	-0.01
570	97.66	2.342	1770	100.1	-0.113
600	90.74	9.258	1800	100.2	-0.226
630	90.29	9.71			
660	81.42	18.576			
690	78.76	21.242			
720	82.86	17.14			
750	88.07	11.932			
780	92.07	7.926			
810	93.27	6.727			
840	93.86	6.142			
870	95.94	4.064			
900	96.45	3.55			
930	97.46	2.541			
960	98.07	1.933			
990	98.66	1.344			
1020	98.4	1.604			
1050	98.91	1.088			
1080	99.64	0.363			
1110	98.67	1.327			
1140	99.03	0.969			
1170	100.1	-0.104			
1200	99.37	0.631			