

# A new toolbox for waterborne energy-curable biobased coatings

Una nuova “scatola di attrezzi” per rivestimenti bio a base acquosa e fotoreticolabili

Michel Tielemans - ALLNEX

## SUSTAINABILITY FROM BIOBASED FEEDSTOCK

Nowadays, the market is responding fast to ecological concerns. The demand for sustainable innovation is met when human creativity positively affects our ecosystem and this will be a key driver for the new economic models to come<sup>(1)</sup>.

We at allnex decided to exploit our sustainable core technologies with the vision of green chemistry<sup>(2)</sup> as illustrated in Figure 1 and aiming to minimize environmental impact. Allnex ECOWISE™ initiative was created to articulate a product range around five derived sustainability pillars being (I) Energy efficiency (II) Air emissions (III) Circular economy (IV) Safer materials and (V) Renewable sourcing.

The announced depletion of fossil resources as well as the release of greenhouse gas in the atmosphere during product life cycle constitute the most relevant challenges of the chemical industry today.

The use of renewable raw materials along the value chain is thus of paramount importance. Fortunately, mother nature uses plants as reactors and sun as energy to produce biomass. A part is already consumed by bio-refineries delivering chemicals for the synthesis of bio-based polymers.

Alternative chemical platforms derived from abundant biomass or biowaste – like natural oils and carbohydrates – are increasingly exploited.

The consistent and cost-effective availability of renewable raw materials will become central during this conversion period but the economy of scale will gradually push the prices down while concurrently

## LA SOSTENIBILITÀ GRAZIE A MATERIE PRIME DI ORIGINE NATURALE

Attualmente, il mercato sta facendo fronte attivamente alla diffusa preoccupazione per l'ecologia. La domanda di innovazioni sostenibili è soddisfatta quando la creatività dell'uomo influisce positivamente sul nostro ecosistema diventando un fattore determinante per la nascita di nuovi modelli economici.<sup>(1)</sup> Allnex ha deciso di utilizzare nuove importanti tecnologie sostenibili con la visione di processi chimici “verdi”<sup>(2)</sup>, come illustrato in Figura 1 mirando a ridurre al minimo l'impatto sull'ambiente. L'iniziativa di Allnex con marchi ECOWISE® è stata lanciata per articolare la serie dei prodotti su cinque pilastri della sostenibilità: (I) Efficienza energetica; (II) Emissioni aeree; (III) Economia circolare; (IV) Materiali più sicuri; (V) Risorse rinnovabili.

La carenza annunciata delle risorse fossili e l'emissione dei gas serra nell'atmosfera durante il ciclo di vita del prodotto rappresentano le maggiori sfide a cui l'industria deve far fronte al presente.

L'utilizzo delle materie prime rinnovabili lungo la catena di valore riveste un'importanza fondamentale.

Fortunatamente, madre natura utilizza le piante come reattori e il sole come fonte energetica per produrre la biomassa.

Una parte viene già consumata dalle bioraffinerie che producono prodotti chimici per la sintesi di polimeri a base bio. Oggigiorno sono sempre più utilizzate piattaforme chimiche alternative de-

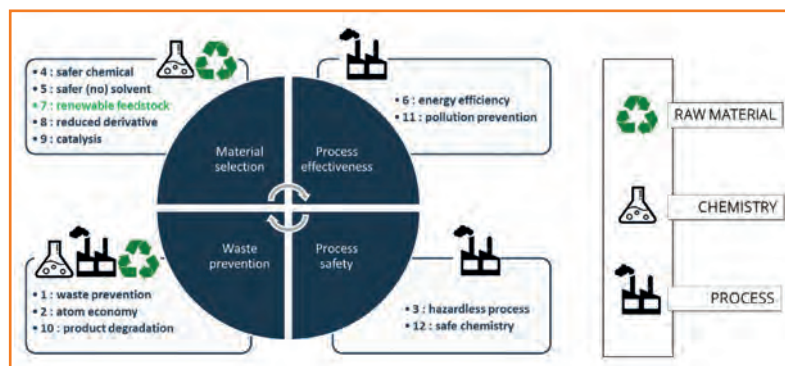


Fig. 1 The 12 principles of green chemistry revisited for goal-directed sustainable product innovation (be ECOWISE®)

I 12 principi della chimica verde rivisitati ai fini dell'innovazione del prodotto sostenibile (ECOWISE®)

broadening the offering for truly novel molecules against traditional petrochemicals. The sustainability value of biopolymers can be quantified by measuring their biogenic carbon content with the use of the ASTM D6866 standard. Due to the carbon footprint neutrality – that considers that carbon dioxide released in the atmosphere is coming from an equivalent quantity fixed by plants during their photosynthesis – the biogenic carbon can be stoichiometrically translated into carbon dioxide emission savings (Atmospheric Carbon Uptake). This vision can be enlarged from cradle to grave within a complete Life Cycle Analysis of the product, used to assess the cumulative environmental impact associated with extraction, processing, usage and disposal of the product. The biomass balance concept is also finding its place today with a certified sustainable advantage coming from biomaterial allocation.

#### INCREASING THE BIOBASED CARBON CONTENT

Energy-curable polyurethane dispersions re-combine in one single basket the substantial benefits of their parent technologies and boost coating sustainability and

*rivanti da abbondanti biomasse o materiali di scarto naturali come gli oli naturali e i carboidrati. La disponibilità consistente e ad efficacia di costi delle materie prime rinnovabili diventerà essenziale durante questo periodo di transizione, ma l'economia in scala determinerà una diminuzione dei prezzi ampliando l'offerta di molecole veramente nuove contro i materiali petrolchimici.*

*Il valore della sostenibilità dei biopolimeri può essere quantificato misurando il contenuto di carbonio di origine biogenica adottando la normativa ASTM D6866. Per via della neutralità dell'impronta di carbonio, secondo cui il biossido di carbonio rilasciato nell'atmosfera proviene da una quantità equivalente creata dalle piante durante il processo di fotosintesi, il carbonio di origine biogenica può essere tramutato in base al principio stechiometrico, in un risparmio di emissioni di biossido di carbonio (accumulo di carbonio atmosferico).*

*Questa visione può essere estesa dall'inizio alla fine del ciclo completo di Analisi del Ciclo di Vita, utilizzata per valutare l'impatto ambientale cumulativo associato alle operazioni di estrazione, trattamento, uso e smaltimento del prodotto. Il*



**immea**  
DOSATRICI e CONFEZIONATRICI

**IMMEA DOSATRICI Srl** DOSATRICI e CONFEZIONATRICI  
PER PRODOTTI CHIMICI LIQUIDI

Via Borsellino, 27 - 25038 Rovato (BS) ITALY - Tel. +39 030 7721454 r.a. - [www.immea.com](http://www.immea.com) - [info@immea.eu](mailto:info@immea.eu)

performance to the next level of requirements.

They minimize their environmental impact due to their waterborne nature and their low level of volatile organic compounds. Their minimum film formation temperature (MFFT) is low and does not require the use of additional coalescing solvents that contribute to an increased air emission<sup>(3,4)</sup>.

Acrylic acid is still not commercially available as a biomolecule – with a direct consequence for energy-curable products that have to renounce for such an easy drop-in. New bio-based building blocks were investigated to increase the biogenic carbon content while maintaining the high resistance and durability of the coatings. The target molecule should contain a high biocarbon content associated with the right functionality and the appropriate equivalent weight – small molecules are not likely to bring a significant amount of biocarbon in the polymer. Notably, it should be easily available at a cost that permits an affordable price positioning at the desired performance level. The concepts of green chemistry were finally sharpening the development efforts for using safer aids of polymerization and processes reducing environmental impact.

In the journey to develop new biobased polymers, we were faced with the problem of keeping an elevated hardness after cure while increasing the overall biocarbon content. The bigger biomolecules impact the molecular weight and branching with a subsequent decrease of the total level of reactive unsaturation in the final product. Some new hardness envelopes defined a suitable operational zone for product development. Depending on the polymer architecture, it was appropriate to stabilize the product in the form of a dispersion or an emulsion in water.

#### NEW BIOBASED PRODUCTS IN THE SPOT LIGHT

The company's new experimental biobased energy-curable products incorporate high biogenic carbon levels in an innovative bio-based polymer<sup>(5)</sup>. They can be used by spray application on wood to which they bring a warm appealing aspect with good mechanical and chemical resistance. They exclude chemicals of concern – in particular solvents, tin, bisphenol A, methylisothiazolinone or alkylphenol ethoxylate. The main wet product characteristics are disclosed in Table 1 and some comparative cured coating data are provided in Table 2.

The IRR 1070 is a stable dispersion recommended for clear and white top coat application on wood. The product contains ~46% of biogenic carbon (ASTM D6866) corresponding to an Atmospheric Carbon Uptake of 1160 g CO<sub>2</sub>/kg of polymer. It is only slightly tacky before cure and develops an immediate hardness after energy curing,

*principio del bilanciamento della biomassa trova applicazione al presente con il vantaggio della sostenibilità certificata, derivante dall'allocazione del biomateriale.*

#### INCREMENTO DEL CONTENUTO DI CARBONIO DI ORIGINE NATURALE

*Le dispersioni poliuretaniche fotoreticolabili ricombinano in un unico gruppo i vantaggi sostanziali delle tecnologie associate incentivando la sostenibilità e la prestazione del rivestimento ad un livello superiore dei requisiti previsti.*

*In questo modo viene ridotto al minimo l'impatto ambientale grazie al loro carattere acquoso e al basso livello di composti organici volatili. La loro temperatura di filmazione minima (MFFT) è bassa e non richiede l'utilizzo di solventi coalescenti aggiuntivi che contribuiscono all'incremento di emissioni aeree<sup>(3,4)</sup>.*

*L'acido acrilico non è ancora disponibile in commercio come biomolecola, con la diretta conseguenza della possibilità di ottenere prodotti fotoreticolabili, rinunciando ad una facile integrazione immediata. Per aumentare il contenuto di carbonio di origine biogenica, mantenendo però l'alta resistenza e la durabilità dei rivestimenti, sono stati studiati i nuovi blocchi da costruzione di origine naturale.*

*La molecola a cui si mira dovrebbe contenere un elevato contenuto di biocarbonio associato alla corretta funzionalità e al peso equivalente appropriato, infatti le molecole di piccole dimensioni non determinano presumibilmente una quantità significativa di biocarbonio nel polimero. Notoriamente, essa dovrebbe essere ampiamente disponibile ad un costo tale da consentirne un prezzo contenuto, posizionandosi al livello prestazionale desiderabile. I principi della chimica verde hanno acuito gli sforzi nelle attività di sviluppo di strumenti più sicuri per il processo di polimerizzazione e di riduzione dell'impatto ambientale.*

*Nel percorso di sviluppo di nuovi polimeri di origine biologica, si è affrontato il problema di mantenere una elevata durezza dopo la reticolazione incrementando il contenuto globale di biocarbonio. Le biomolecole più grandi impattano il peso molecolare determinando la conseguente riduzione del livello totale di insaturazione reattiva del prodotto finale. Alcune nuove soluzioni della durezza hanno definito l'area operativa idonea per lo sviluppo del prodotto. In base alla struttura del polimero, si è ritenuto appropriato stabilizzare il prodotto nella forma di una dispersione o di una emulsione in acqua.*

#### AL CENTRO DELL'ATTENZIONE I NUOVI PRODOTTI DI ORIGINE NATURALE

*I nuovi prodotti bio fotoreticolabili sperimentali incorporano alte quantità di carbonio di origine biogenico in un polimero*

	IRR 1070	IRR 1074
Solid content (%)	≈ 35	≈ 45
Viscosity (mPa.s)	≤ 100	≤ 200
pH	≈ 7,3	≈ 7,0
Average particle size (nm)	≤ 100	≤ 150
MFFT (°C)	≤ 0	≤ 0
Stability 60°C (day)	>10	>10

**Tab. 1 Wet properties of IRR 1070 and IRR 1074**  
**Bagnabilità di IRR 1070 e IRR 1074**

	IRR 1070	IRR 1074
Elongation (%)	≈ 5	≈ 7.5
Tensile strength (MPa)	≈ 46	≈ 8
Young Modulus (MPa)	≈ 1300	≈ 190
Tg (°C) by DMA	≈ 90	≈ 41
Persoz Hardness (s)	≈ 270	≈ 75
Pencil Hardness	1H	HB-F

**Tab. 2 Cured properties of IRR 1070 and IRR 1074**  
**Reticolazione di IRR 1070 e IRR 1074**

meaning that there is no oxidative drying necessary to reach the full coating performance.

The IRR 1074 is a stable emulsion recommended for flexible primers on wood as for cost-effective blending in clear coating formulations. The product contains ~75% of biogenic carbon (ASTM D6866) corresponding to an Atmospheric Carbon Uptake of 1991 g CO<sub>2</sub>/kg of polymer. It is constructed to provide a low droplet size for optimized colloidal stability and favorable thixotropic response in the presence of rheology modifiers. It is tacky (wet) and partially water re-soluble before cure while building immediate harness upon energy curing. It presents moderate resistance properties but being valorized by favorable wood wetting (anfeuerung) with easy sanding operation.

The two experimental products were formulated with photo-initiator(s) and rheology modifier with the optional presence of white pigment paste. They were applied by spray on beech panels (alternatively by Meyer bar on glass or Leneta®) – then followed with drying and energy curing

a base bio innovativo<sup>(5)</sup>. Essi possono essere utilizzati con applicazione a spruzzo su legno a cui forniscono un gradevole effetto caldo oltre ad una buona resistenza meccanica e agli agenti chimici.

Essi non contengono prodotti chimici pericolosi, in particolare solventi, organostagno, bisfenolo A, metilsotiazolinone o alchilfenol-etossilati.

Le principali caratteristiche del prodotto sono elencate in Tabella 1 ed alcuni dati comparativi del rivestimento reticolato sono forniti in Tabella 2.

IRR 1070 è una dispersione stabile consigliata per applicazioni di finiture bianche e trasparenti. Il prodotto contiene il ~46% di carbonio di origine biogenica (ASTM D6866), corrispondente ad un accumulo di carbonio atmosferico pari a 1160 CO<sub>2</sub>/kg di polimero. E' soltanto un po' colloso prima della reticolazione e sviluppa una durezza immediata dopo il processo, a significare che non è necessaria l'essiccazione ossidativa per raggiungere la piena prestazione del rivestimento.

IRR 1074 è un'emulsione stabile consigliata per primer flessibili su legno come miscela ad efficacia di costi nelle formulazioni trasparenti di rivestimenti. Il prodotto contiene il ~75% di carbonio di origine biogenica (ASTM D6866)

corrispondente ad un accumulo di carbonio atmosferico pari a 1991 g CO<sub>2</sub>/kg di polimero.

E' strutturato in modo da fornire la dimensione ridotta di una gocciolina per una stabilità colloidale ottimizzata e una risposta tissotropica favorevole in presenza dei modificatori di reologia.

E' colloso (bagnato) e parzialmente ri-solubile in acqua prima della reticolazione e sviluppa una durezza immediata durante il processo di fotoreticolazione. Presenta una resistenza moderata ma valorizzata da una bagnabilità del legno vantaggiosa (anfeuerung). L'assenza dell'obbligatorietà dell'etichettatura dipende dai risultati del test per la valutazione dell'irritazione di occhi e cute.

I due prodotti sperimentali sono stati formulati con fotoiniziatori e modificatore di reologia con la presenza opzionale di una pasta di pigmento bianca.

Sono stati applicati a spruzzo su pannelli di faggio (alternati con asta Meyer su vetro o Leneta®, a cui ha fatto seguito l'essiccazione e la fotoreticolazione prima di eseguire il test

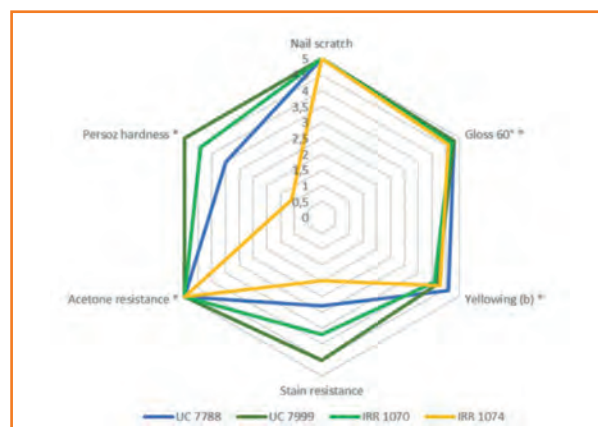
before performance testing. The product performance was compared with internal biobased benchmarks UCECOAT® 7999 (~22% biogenic carbon) and UCECOAT® 7788 (~1% biogenic carbon) using a normalized scaling (0-5, 5=best). Protocols details are available from the author.

The coatings show almost no observable differences for gloss, yellowing, solvent resistance and nail scratch resistance – these values being at a strong level for wood enrichment. As expected, more significant differences are recorded for stain resistance and hardness – profiling the product either as top coat (IRR 1070) or as primer (IRR 1074). The results are indicated in Figure 2.

In another investigation, it is shown that the IRR 1070 can not only be used as an all-around product for robust and cost-effective application – but that it can be profitably formulated with UCECOAT® 7999 to increase the overall coating resistance (decreasing somewhat the biogenic carbon content) or with IRR 1074 to increase the biogenic carbon content (decreasing somewhat the overall coating resistance). The results are indicated in Figure 3.

### FROM PRIMER TO TOPCOAT APPLICATIONS

Allnex three biobased products can be conveniently blended in all proportions to achieve the desired balance of biocarbon content and coating performance for clear and pigmented coating applications on wood. It is thus possible to consider a toolbox to potentially address any coating demand in an effective manner. The response curves for a 3-components blending design of experiment were obtained using JMP® software considering that the sum of the weight fraction of each liquid component is always equal to 1.



**Fig. 2 Comparative normalized performance of new IRR 1070 – IRR 1074 bio-products versus benchmark (UCECOAT® 7788 - 7999)**

**Prestazione comparata normalizzata dei nuovi prodotti bio IRR 1070 – IRR 1074 in funzione del campione di riferimento (UCECOAT® 7788 - 7999)**

*prestazionale. La prestazione del prodotto è stata comparata con i due prodotti di riferimento di origine naturale UCECOAT® 7999 (~22% carbonio di origine biogenica) e UCECOAT® 7788 (~1% carbonio di origine biogenica) utilizzando un metodo scalare normalizzato (0-5, 5=migliore). I dettagli del protocollo sono disponibili facendo richiesta agli autori.*

*I rivestimenti non presentano quasi del tutto differenze visibili in quanto a brillantezza, ingiallimento, resistenza al solvente e resistenza alla scalfittura all'unghia, valori che si collocano ad un livello elevato per la valorizzazione del legno.*

*Come previsto, sono state registrate differenze più significative per quanto riguarda la resistenza alla macchia e la durezza, che descrivono il prodotto sia come finitura (IRR 1070) o come primer (IRR 1074). I risultati sono riportati in Figura 2.*

*In un'altra attività di ricerca, è stato dimostrato che IRR 1070 non può essere usato soltanto come prodotto universale per applicazioni resistenti e dai costi contenuti, ma che può essere formulato con efficacia con UCECOAT® 7999 per incrementare la resistenza generale del rivestimento (diminuendo in qualche misura il contenuto di carbonio di origine biogenica) oppure con IRR 1074 per aumentare il contenuto di carbonio biogenico (riducendo in una certa misura la resistenza generale del rivestimento). I risultati sono elencati in Figura 3.*



**Fig. 3 (Left) Comparative normalized performance of IRR 1070 alone and formulated with UCECOAT® 7999. (Right) Comparative normalized performance of IRR 1070 alone and formulated with IRR 1074**

**(A sinistra) Prestazione normalizzata comparata di IRR 1070 da solo e formulato con UCECOAT® 7999. (A destra) Prestazione normalizzata comparata di IRR 1070 da solo e formulato con IRR 1074**

In Figure 4, the zone below the blue line represent blends with a biogenic carbon content above 50%; the zone above the red line represents blends with a Persoz hardness superior to 270s.

The operational zone for this example is thus situated between red and blue lines, with a sweet spot point indicating 50 parts of IRR 1070, 35 parts of IRR 1074 and 15 parts of UCECOAT® 7999.

### CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

Allnex builds on sustainable innovation with a product portfolio supporting United Nations Sustainable Development Goals.

Our new prototypes have been designed to reach the highest levels of biocarbon associated with a clear-cut value proposition. They deliver immediate coating performance after energy cure for primer and top coat application. They can be blended to provide a toolbox delivering the right performance with the suitable carbon footprint reduction.

### SELECTED REFERENCES

- (1) Pushing Innovation Boundaries for a Sustainable Future, Michel Tielemans, Surface Coating International, 3|2021, 167.
- (2) Green Chemistry, Anastas and Warner, Oxford University Press, 1998
- (3) Novel Water-Based Energy-Curable PU Dispersions Extend Sustainable Product Offering for Wood, Michel Tielemans et al., Paint & Coating Industry, 2|2019, 22-25.
- (4) Novel Bio-based Energy Curable Polyurethane Dispersions Enhance Coating Sustainability, Michel Tielemans et al., UV+EB Technology Journal, 03|2020, 18-23.
- (5) Proceedings of the European Coating Show Conference, Michel Tielemans et al., 09|2021.

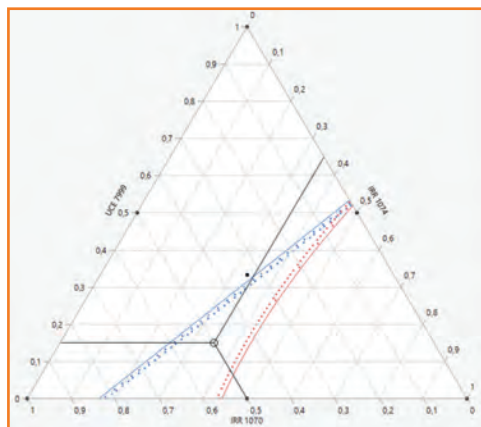


Fig. 4 Response curves for a 3-components blending design of experiment using JMP® software

*Curve della risposta di miscela a 3 componenti dell'esperimento, con l'ausilio del software JMP®*

### DAL PRIMER ALLE APPLICAZIONI DELLA FINITURA

*I tre prodotti bio presentati possono essere miscelati convenientemente in tutte le proporzioni per ottenere il bilanciamento desiderato del contenuto di biocarbonio e la prestazione del rivestimento nelle applicazioni di rivestimenti trasparenti e pigmentate su legno.*

*E' quindi possibile considerare una serie di strumenti utili per soddisfare in modo efficace qualsiasi requisito del rivestimento.*

*Le curve della risposta della composizione di una miscela di 3 componenti dell'esperimento sono state ottenute utilizzando il software JMP® calcolando che la somma della*

*frazione di peso di ogni componente liquido è sempre uguale ad 1. In Figura 4, l'area sottostante la linea blu indica le miscele con un contenuto di carbonio bio superiore al 50%; l'area al di sopra della linea rossa rappresenta le miscele con una durezza Persoz superiore a 270s. L'area operativa di questo esempio si situa quindi fra le linee rossa e blu con un punto di equilibrio che indica 50 parti di IRR 1070, 35 parti di IRR 1074 e 15 parti di UCECOAT 7999.*

### CONCLUSIONI E PREVISIONI PER IL FUTURO

*Allnex si è consolidate facendo leva sull'innovazione sostenibile con il portafoglio prodotti ECOWISE™, a sostegno degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite. I prototipi utilizzati sono stati progettati per raggiungere i massimi livelli di biocarbonio, associati alla proposta della massima trasparenza.*

*Essi offrono una prestazione immediata del rivestimento dopo il processo di reticolazione in applicazioni di primer e di finiture. Essi possono essere miscelati e fornire una vera e propria "scatola degli attrezzi" fornendo così la corretta prestazione e la riduzione dell'impronta di carbonio idonea.*



RICERCA PERSONALE COMMERCIALE

Azienda di Calvisano (Bs) produttrice gelcoats cerca addetto commerciale per vendita prodotti Italia/estero settore vetroresina (gelcoats, paste coloranti, mastici, resine, fibre di vetro ecc.) e ricerca nuovi clienti. Preferibile conoscenza di almeno due lingue straniere ed esperienza nel settore. Inviare CV in formato PDF a: poly3@poly3.it.