

EDUCAZIONE E CARRIERA ACCADEMICA

- **Professore a Contratto** 2023 - oggi
 - Università: Università di Bologna – Dipartimento di Ingegneria Industriale
 - Corso: *Laboratorio di materiali compositi - LM Ingegneria Meccanica - UNIBO*.
- **Ricercatore a tempo determinato Senior (RTD-B)** 2022 - 2023
 - Università: Università di Bologna – Dipartimento di Ingegneria Industriale
 - Progetto: *“Sviluppo di materiali compositi self-sensing tramite integrazione di nanofibre piezoelettriche”*.
- **Ricercatore a tempo determinato Junior (RTD-A)** 2019 - 2021
 - Università: Università di Bologna – Dipartimento di Ingegneria Industriale
 - Progetto: *“MyLeg – Smart and intuitive osseointegrated transfemoral prosthesis embodying advanced dynamic behaviors”* (Horizon 2020).
- **Assegnista di Ricerca:** 2017 - 2018
 - Università: Università di Bologna – Dipartimento di Ingegneria Industriale
 - Progetto: *“Smart composite laminates”* (PRIN 2015).
- **Dottorato:** 2014 - 2016
 - Università: Università di Bologna – Dipartimento di Ingegneria Industriale
 - Supervisor: Andrea Zucchelli, Giangiacomo Minak e Chiara Gualandi
 - Tesi: *“Fracture toughening and self-healing of composite laminates by nanofibrous mats interleaving”*.
- **Assegnista di ricerca:** 2012 - 2013
 - Università: Università di Bologna – Dipartimento di Ingegneria Industriale
 - Progetto: *“SPACEBOND”*: Sviluppo di una procedura teorico sperimentale per la messa a punto di giunzioni incollate per impiego aerospaziale.
- **Laurea Specialistica in Ingegneria Meccanica:** 2009 - 2012
 - Università: Università di Bologna – Dipartimento di Ingegneria Industriale
 - Tesi: *“Studio dell’interazione fluido-struttura di pannelli in materiale composito”*.
 - Voto: 106/110

DESCRIZIONE ATTIVITÀ DI RICERCA

La sua attività di ricerca si concentra fin dagli albori sullo studio e sviluppo di materiali compositi avanzati, con finalità applicative nei campi di interesse della Costruzione di Macchine.

Durante la tesi di laurea studia numericamente e sperimentalmente il comportamento dinamico di strutture in materiale composito immerse in un fluido; i risultati ottenuti sono stati oggetto di presentazione ad un convegno nazionale ed uno internazionale [55].

Terminata la tesi entra a far parte del gruppo di ricerca multidisciplinare sull’electrospinning (Research Group on Electrospinning, RGE) in cui collaborano i dipartimenti di Ingegneria Industriale (Prof. A. Zucchelli), Ingegneria Elettrica e dell’Informazione (Prof. D. Fabiani), Chimica (Prof.ssa M. L. Focarete) e Chimica Industriale (Prof. L. Giorgini) dell’Università di Bologna. Con alcuni membri del gruppo di ricerca RGE partecipa alla creazione della start-up Spinbow s.r.l. – Electrospinning Technology (<http://www.spinbow.it>) contribuendo alla progettazione delle macchine per l’electrospinning.

Nel corso del dottorato di ricerca, si dedica allo sviluppo e caratterizzazione meccanica di materiali compositi laminati avanzati ottenuti tramite l'integrazione in essi di tessuti nanofibrosi. Il fine è quello di prolungarne la vita utile incrementandone la resistenza alla deaminazione, punto particolarmente critico per tali materiali, a causa della loro natura.

In particolare, sviluppa un processo di fabbricazione per l'integrazione dei tessuti nanofibrosi all'interno dei laminati compositi, che ha permesso di incrementare la tenacità inter-laminare in maniera consistente ($G_I = +250\%$) e ripetibile [56] rispetto ai risultati fino ad allora riportati in letteratura ($G_I = +60 \pm 40\%$). Successivamente in collaborazione con il Dipartimento di Chimica G. Ciamician e di Chimica Industriale dell'Università di Bologna realizza, mediante elettrofilatura, tessuti nanofibrosi con diverse tipologie di polimeri (Nylon, PVDF, Nomex, PCL) e ne analizza la capacità di contrastare la delaminazione [37], [43], [49]. Studia sperimentalmente l'effetto dello spessore del tessuto nanostrutturato sulla tenacità a frattura in Modo I e Modo II di laminati compositi di tipo unidirezionale e woven [38], [44]. Ne caratterizza quindi il comportamento a fatica all'insorgere della delaminazione e alla sua propagazione [34], [45], [46]. Investiga l'incremento della resistenza all'impatto per diverse tipologie di laminati geometrie e condizioni al contorno [35], [48]. Mentre, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Aereospaziale di TU Delft (Paesi Bassi), durante un periodo di ricerca di cinque mesi trascorsi all'estero, sviluppa un sistema auto-riparante core-shell per laminati compositi [56]¹. Parallelamente in collaborazione con l'Università di Parma trova nuova applicazione dei tessuti nanofibrosi per incrementare la tenacità a modo I di giunti metallici con adesivi epossidici [27], [32], [40].

Concluso il dottorato, partecipa come assegnista di ricerca al progetto nazionale PRIN "Smart Composite Laminates" durante il quale approfondisce le sue conoscenze nel campo dei materiali compositi self-sensing per applicazioni di structural health monitoring. Contemporaneamente, assume l'incarico di corresponsabile del laboratorio di Electrospinning Industriale, partner del gruppo di ricerca RGE. Parallelamente nell'ambito del progetto europeo Marie Skłodowska-Curie studia il comportamento a frattura di componenti polimerici e metallici prodotti per manifattura additiva, tramite l'ausilio di tecniche di correlazione d'immagine (DIC) [21], [39].

Nel 2019 partecipa nel ruolo di ricercatore a tempo determinato di tipo A (Junior) al progetto europeo Horizon 2020 MyLeg per lo sviluppo di materiali compositi avanzati per protesi robotiche di arti inferiori. Nell'ambito del progetto sviluppa una protesi di piede in materiale composito a rigidità variabile in grado di adattarsi alle diverse task che gli utilizzatori si trovano a compiere quotidianamente (camminare, correre, salire e scendere pendii e scale) senza la necessità di doverla sostituire ogni qual volta con una specifica. Tale invenzione è frutto di brevetto attualmente in fase finale di revisione ed estensione a livello internazionale.

Inoltre in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Elettrica e di Chimica dell'Università di Bologna e l'Università di Groningen, sviluppa un laminato composito nanostrutturato con proprietà self-sensing. Il materiale, grazie all'integrazione di un tessuto nanofibroso in PVDF-TrFE (con proprietà piezoelettriche) ed elettrodi in alluminio (che ne raccolgono il segnale), permette di rilevare un impatto sulla sua intera superficie e quindi monitorarne in tempo reale il suo stato di salute. Ne studia quindi la risposta piezoelettrica all'impatto sia sperimentalmente che analiticamente e dimostra che delle nanofibre piezoelettriche non degrada le proprietà meccaniche del laminato ospitante al contrario di quanto generalmente accade con i sensori tradizionali di dimensioni sub-millimetriche [57].

Dal 2022 le sue ricerche nell'ambito delle protesi in materiale composito e dei laminati self-sensing proseguono nel ruolo di ricercatore a tempo determinato di tipo B (Senior).

Grazie alla collaborazione di un dottorando, un assegnista ed un borsista di ricerca sviluppano un sistema di controllo per la protesi di piede a rigidità variabile basato su reti neurali. Inoltre tramite il bando AlmaValue recentemente vinto potranno potenzialmente sviluppare la protesi da TRL3 a 6.

Contemporaneamente prosegue nella ricerca dei materiali compositi self-sensing tramite l'integrazione di nanofibre piezoelettriche sia polimeriche che ceramiche, oltre a micropolveri in PZT. Grazie alla collaborazione con un dottorando ed un assegnista di ricerca, sviluppa ed ottimizza tramite modelli analitici

materiali compositi self sensing sempre più sensibili in grado di localizzare il punto d' impatto in un laminato, tramite la propagazione di onde elastiche o conferire sensibilità al tatto a pelli artificiali per applicazioni di soft robotics [58]–[60].

Parallelamente collabora con il Dipartimento di Chimica Industriale dell'Università di Bologna allo sviluppo di nanofibre in gomma nitrilica per incrementare ulteriormente la resistenza alla delaminazione ($G_I=+480\%$) e le proprietà smorzanti ($\tan\delta = +800\%$) dei laminati compositi [23], [24].

Oltre al filone di ricerca principale, focalizzato sullo sviluppo di nano tecnologie per i materiali compositi, si occupa più in generale della loro caratterizzazione meccanica e dinamica [22], [36], [51]–[53]. Inoltre, progetta ed ottimizza componenti in materiale composito, grazie all'ausilio di modelli analitici e numerici. Tra i diversi esempi troviamo la progettazione di una sospensione a balestra in composito per l'auto ad energia solare Emilia 4, vincitrice nella sua categoria dell'American Solar Challenge 2018 [19], [26], [30]. Recentemente per Emilia 5 ha sviluppato una sospensione in composito priva di giunti uniball grazie all'impiego di elementi flessibili (flexure).

Infine, grazie alla collaborazione con aziende del territorio, trova applicazione in progetti industriali delle competenze e scoperte ottenute nella ricerca scientifica di base sopra descritta. Ne sono esempio i progetti regionali POR-FERS GREENBUS e i-LBBox di cui è stato Principal Investigator (PI) per lo sviluppo di un pacco batteria in materiale composito ultraleggero con funzionalità self-sensing.

Nel 2022 in collaborazione con alcuni colleghi del dipartimento di Ingegneria Industriale e Ingegneria elettrica fonda LiBER, spin-off dell'Università di Bologna per la fabbricazione di pacchi batteria modulari e personalizzabili per il settore OEM.

L'esperienza acquisita nella progettazione di componenti in materiale composito è infine trasmessa agli studenti della Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica dell'Università di Bologna attraverso il corso "Laboratorio di Progettazione con Materiali Compositi".

PUBBLICAZIONI

Parametri bibliometrici fonte Scopus (aggiornati a luglio 2023):

- **Publicazioni: 63** di cui 38 su riviste Internazionali dotate di Impact Factor
- **Citazioni: 938 (798 escluse le autocitazioni)**
- **h-index: 18**

Elenco delle pubblicazioni:

- [1] T. M. Brugo, D. Crocchio, M. De Agostinis, S. Fini, G. Olmi, and A. Zucchelli, "On the impact strength of adhesive bonded pin-and-collar joints," *Int J Adhes Adhes*, vol. 122, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.ijadhadh.2023.103334.
- [2] G. Selleri et al., "Self-Sensing Soft Skin Based on Piezoelectric Nanofibers," *Polymers (Basel)*, vol. 15, no. 2, 2023, doi: 10.3390/polym15020280.
- [3] D. Cocchi et al., "Nano-vascularized polymers: how nanochannels impact the mechanical behaviour at the macroscale," *Nano Today*, vol. 46, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.nantod.2022.101610.
- [4] C. Boi et al., "One year of surgical mask testing at the University of Bologna labs: Lessons learned from data analysis," *Sep Purif Technol*, vol. 294, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.seppur.2022.121180.
- [5] M. E. Gino et al., "On the design of a piezoelectric self-sensing smart composite laminate," *Mater Des*, vol. 219, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.matdes.2022.110783.
- [6] J. Tabucol et al., "Structural fea-based design and functionality verification methodology of energy-storing-and-releasing prosthetic feet," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.3390/app12010097.
- [7] E. Maccaferri et al., "New Application Field of Polyethylene Oxide: PEO Nanofibers as Epoxy Toughener for Effective CFRP Delamination Resistance Improvement," *ACS Omega*, vol. 7, no. 27, pp. 23189–23200, Jul. 2022, doi: 10.1021/acsomega.2c01189.
- [8] G. Selleri et al., "Self-sensing composite material based on piezoelectric nanofibers," *Mater Des*, vol. 219, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.matdes.2022.110787.
- [9] E. Maccaferri et al., "Is Graphene Always Effective in Reinforcing Composites? The Case of Highly Graphene-Modified Thermoplastic Nanofibers and Their Unfortunate Application in CFRP Laminates," *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 24, 2022, doi: 10.3390/polym14245565.
- [10] E. Maccaferri et al., "Rubber-enhanced polyamide nanofibers for a significant improvement of CFRP interlaminar fracture toughness," *Sci Rep*, vol. 12, no. 1, 2022, doi: 10.1038/s41598-022-25287-y.
- [11] J. Tabucol et al., "The Functionality Verification through Pilot Human Subject Testing of MyFlex- δ : An ESR Foot Prosthesis with Spherical Ankle Joint," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 9, 2022, doi: 10.3390/app12094575.

- [12] E. MacCafferri, L. Mazzocchetti, T. Benelli, T. M. Brugo, A. Zucchelli, and L. Giorgini, "Self-Assembled NBR/Nomex Nanofibers as Lightweight Rubbery Nonwovens for Hindering Delamination in Epoxy CFRPs," *ACS Appl Mater Interfaces*, vol. 14, no. 1, 2022, doi: 10.1021/acsami.1c17643.
- [13] T. M. Brugo et al., "Self-sensing hybrid composite laminate by piezoelectric nanofibers interleaving," *Compos B Eng*, vol. 212, 2021, doi: 10.1016/j.compositesb.2021.108673.
- [14] G. Selleri, D. Fabiani, A. Zucchelli, T. M. Brugo, F. Grolli, and L. Bordoni, "Development of flexible sensors based on piezoelectric nanofibers," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials*, 2021. doi: 10.1109/ICPADM49635.2021.9493957.
- [15] L. Raimondi, T. M. Brugo, and A. Zucchelli, "Fiber misalignment analysis in PCM-UD composite materials by Full Field Nodal Method," *Composites Part C: Open Access*, vol. 5, 2021, doi: 10.1016/j.jcomc.2021.100151.
- [16] E. Maccaferri et al., "How Nanofibers Carry the Load: Toward a Universal and Reliable Approach for Tensile Testing of Polymeric Nanofibrous Membranes," *Macromol Mater Eng*, vol. 306, no. 7, 2021, doi: 10.1002/mame.202100183.
- [17] E. Maccaferri, L. Mazzocchetti, T. Benelli, T. M. Brugo, A. Zucchelli, and L. Giorgini, "Rubbery-modified cfrps with improved mode i fracture toughness: Effect of nanofibrous mat grammage and positioning on $\tan\delta$ behaviour," *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 12, 2021, doi: 10.3390/polym13121918.
- [18] T. M. Brugo, I. Campione, and G. Minak, "Investigation by digital image correlation of mixed-mode I and II fracture behavior of polymeric IASCB specimens with additive manufactured crack-like notch," *Materials*, vol. 14, no. 5, 2021, doi: 10.3390/ma14051084.
- [19] D. Cocchi, L. Raimondi, T. M. Brugo, and A. Zucchelli, "A systematic material-oriented design approach for lightweight components and the CFRP motor wheel case study," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 109, no. 7–8, pp. 2133–2153, 2020, doi: 10.1007/s00170-020-05756-2.
- [20] M. Povo, J. Tabucol, T. M. Brugo, and A. Zucchelli, "Electrical Resistance Curing Method for Hybrid Metal-CFRP Tubes," *Applied Composite Materials*, vol. 27, no. 4, pp. 375–389, 2020, doi: 10.1007/s10443-020-09818-2.
- [21] I. Campione, T. M. Brugo, G. Minak, J. J. Tomić, N. Bogojević, and S. Č. Kostić, "Investigation by digital image correlation of mixed mode i and ii fracture behavior of metallic IASCB specimens with additive manufactured crack-like notch," *Metals (Basel)*, vol. 10, no. 3, pp. 1–13, 2020, doi: 10.3390/met10030400.
- [22] M. Povo, T. M. Brugo, and A. Zucchelli, "Numerical and Experimental Investigation of Aluminum/CFRP Hybrid Tubes with Rubber-like Interlayer," *Applied Composite Materials*, vol. 27, no. 3, pp. 269–283, 2020, doi: 10.1007/s10443-020-09808-4.
- [23] E. Maccaferri, L. Mazzocchetti, T. Benelli, T. M. Brugo, A. Zucchelli, and L. Giorgini, "Rubbery nanofibers by co-electrospinning of almost immiscible NBR and PCL blends," *Mater Des*, vol. 186, p. 108210, 2020, doi: 10.1016/j.matdes.2019.108210.
- [24] E. Maccaferri, L. Mazzocchetti, T. Benelli, T. M. Brugo, A. Zucchelli, and L. Giorgini, "Rubbery nanofibrous interleaves enhance fracture toughness and damping of CFRP laminates," *Mater Des*, vol. 195, p. 109049, 2020, doi: 10.1016/j.matdes.2020.109049.
- [25] H. Saghafi, R. Palazzetti, H. Heidary, T. M. Brugo, A. Zucchelli, and G. Minak, "Toughening behavior of carbon/epoxy laminates interleaved by PSF/PVDF composite nanofibers," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 16, pp. 1–12, 2020, doi: 10.3390/app10165618.
- [26] G. Minak, T. M. Brugo, C. Fragassa, A. Pavlovic, F. V. De Camargo, and N. Zavatta, "Structural design and manufacturing of a cruiser class solar vehicle," *Journal of Visualized Experiments*, vol. 2019, no. 143, 2019, doi: 10.3791/58525.
- [27] D. Cocchi et al., "Characterization of aluminum alloy-epoxy bonded joints with nanofibers obtained by electrospinning," *Journal of Adhesion*, vol. 96, no. 1–4, pp. 384–401, 2019, doi: 10.1080/00218464.2019.1666716.
- [28] H. Saghafi, A. R. Moallemzadeh, A. Zucchelli, T. M. Brugo, and G. Minak, "Shear mode of fracture in composite laminates toughened by polyvinylidene fluoride nanofibers," *Compos Struct*, vol. 227, no. August, 2019, doi: 10.1016/j.compstruct.2019.111327.
- [29] T. M. Brugo, F. Musiari, A. Pirondi, A. Zucchelli, D. Cocchi, and D. Menozzi, "Development and fracture toughness characterization of a nylon nanomat epoxy adhesive reinforcement," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, vol. 233, no. 3, pp. 465–474, 2019, doi: 10.1177/1464420718807733.
- [30] G. Minak, T. M. Brugo, and C. Fragassa, "Ultra-High-Molecular-Weight Polyethylene Rods as an Effective Design Solution for the Suspensions of a Cruiser-Class Solar Vehicle," *Int J Polym Sci*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/8317093.
- [31] H. Saghafi, G. Minak, A. Zucchelli, T. M. Brugo, and H. Heidary, "Comparing various toughening mechanisms occurred in nanomodified laminates under impact loading," *Compos B Eng*, vol. 174, no. January, p. 106964, 2019, doi: 10.1016/j.compositesb.2019.106964.
- [32] F. Musiari, A. Pirondi, A. Zucchelli, J. Belcari, and T. M. Brugo, "Experimental investigation on the enhancement of Mode I fracture toughness of adhesive bonded joints by electrospun nanofibers," *J Adhes*, vol. 94, no. 11, pp. 974–990, 2018, doi: 10.1080/00218464.2017.1402301.
- [33] M. Povo et al., "Design and manufacture of hybrid aluminum/composite co-cured tubes with viscoelastic interface layer," *Procedia Structural Integrity*, vol. 12, pp. 196–203, 2018, doi: 10.1016/j.prostr.2018.11.095.
- [34] D. Fabiani et al., "Piezoelectric Nanofibers for Integration in Multifunctional Materials," in *Annual Report - Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, CEIDP, IEEE*, 2018, pp. 14–17. doi: 10.1109/CEIDP.2018.8544896.
- [35] T. Brugo et al., "Study on Mode I fatigue behaviour of Nylon 6,6 nanoreinforced CFRP laminates," *Compos Struct*, vol. 164, pp. 51–57, 2017, doi: 10.1016/j.compstruct.2016.12.070.
- [36] H. Zarei, T. Brugo, J. Belcari, H. Bisadi, G. Minak, and A. Zucchelli, "Low velocity impact damage assessment of GLARE fiber-metal laminates interleaved by Nylon 6,6 nanofiber mats," *Compos Struct*, vol. 167, pp. 123–131, 2017, doi: 10.1016/j.compstruct.2017.01.079.

- [37] I. Živković, C. Fragassa, A. Pavlović, and T. Brugo, "Influence of moisture absorption on the impact properties of flax, basalt and hybrid flax/basalt fiber reinforced green composites," *Compos B Eng*, vol. 111, pp. 148–164, 2017, doi: 10.1016/j.compositesb.2016.12.018.
- [38] M. Fotouhi et al., "Effect of PVDF nanofibers on the fracture behavior of composite laminates for high-speed woodworking machines," *Proc Inst Mech Eng C J Mech Eng Sci*, vol. 231, no. 1, pp. 31–43, 2017, doi: 10.1177/0954406216650711.
- [39] H. Saghafi, S. R. Ghaffarian, T. M. Brugo, G. Minak, A. Zucchelli, and H. A. Saghafi, "The effect of nanofibrous membrane thickness on fracture behaviour of modified composite laminates – A numerical and experimental study," *Compos B Eng*, vol. 101, pp. 116–123, 2016, doi: 10.1016/j.compositesb.2016.07.007.
- [40] T. Brugo, R. Palazzetti, S. Ciric-Kostic, X. T. Yan, G. Minak, and A. Zucchelli, "Fracture mechanics of laser sintered cracked polyamide for a new method to induce cracks by additive manufacturing," *Polym Test*, vol. 50, pp. 301–308, 2016, doi: 10.1016/j.polymertesting.2016.01.024.
- [41] F. Musiari et al., "Feasibility study of adhesive bonding reinforcement by electrospun nanofibers," *Procedia Structural Integrity*, vol. 2, pp. 112–119, 2016, doi: 10.1016/j.prostr.2016.06.015.
- [42] D. Croccolo, T. M. Brugo, M. De Agostinis, S. Fini, and G. Olmi, "Experimental Characterization and Finite Element Modeling of Film," in *IMECE 2016*, 2016, pp. 1–10.
- [43] H. Saghafi, T. M. Brugo, A. Zucchelli, C. Fragassa, and G. Minak, "Comparison of the effect of preload and curvature of composite laminate under impact loading," *FME Transactions*, vol. 44, no. 4, pp. 353–357, 2016, doi: 10.5937/fmet1604353S.
- [44] L. Mazzocchetti et al., "Poly- m -aramid nanofiber mats: Production for application as structural modifiers in CFRP laminates," in *AIP Conference Proceedings*, 2016. doi: 10.1063/1.4949591.
- [45] T. Brugo and R. Palazzetti, "The effect of thickness of Nylon 6,6 nanofibrous mat on Modes I–II fracture mechanics of UD and woven composite laminates," *Compos Struct*, 2016, doi: 10.1016/j.compstruct.2016.07.034.
- [46] T. Brugo et al., "A study on fatigue behavior of nanointerleaved woven CFRP," in *ECCM 2016 - Proceeding of the 17th European Conference on Composite Materials*, 2016.
- [47] T. M. Brugo, G. Minak, A. Zucchelli, H. Saghafi, and M. Fotouhi, "An Investigation on the Fatigue based Delamination of Woven Carbon-epoxy Composite Laminates Reinforced with Polyamide Nanofibers," *Procedia Eng*, vol. 109, pp. 65–72, 2015, doi: 10.1016/j.proeng.2015.06.208.
- [48] E. Poodts, D. Ghelli, T. Brugo, R. Panciroli, and G. Minak, "Experimental characterization of a fiber metal laminate for underwater applications," *Compos Struct*, vol. 129, p. 36, 2015, doi: 10.1016/j.compstruct.2015.03.046.
- [49] H. Saghafi, T. Brugo, G. Minak, and A. Zucchelli, "Improvement the impact damage resistance of composite materials by interleaving polycaprolactone nanofibers," *Engineering Solid Mechanics*, vol. 3, no. 1, pp. 21–26, 2015, doi: 10.5267/j.esm.2014.12.003.
- [50] H. Saghafi, T. Brugo, G. Minak, and A. Zucchelli, "The effect of PVDF nanofibers on mode-I fracture toughness of composite materials," *Compos B Eng*, vol. 72, pp. 213–216, 2015, doi: 10.1016/j.compositesb.2014.12.015.
- [51] M. Palanca, T. M. Brugo, and L. Cristofolini, "Use of digital image correlation to investigate the biomechanics of the vertebra," in *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 2015. doi: 10.1142/S0219519415400047.
- [52] H. Saghafi, T. Brugo, G. Minak, and A. Zucchelli, "The effect of pre-stress on impact response of concave and convex composite laminates," in *Procedia Engineering*, 2014, pp. 109–116. doi: 10.1016/j.proeng.2014.11.133.
- [53] H. Saghafi, G. Minak, T. Brugo, and A. Zucchelli, "The influence of pre-stress and curvature on impact response of curved composite laminates," in *16th European Conference on Composite Materials, ECCM 2014*, 2014.
- [54] E. Poodts, D. Ghelli, T. M. Brugo, R. Panciroli, and G. Minak, "Impact properties of water exposed gfrp laminates with outermost steel layers," in *ICCM International Conferences on Composite Materials*, 2013, pp. 2680–2691.
- [55] T. M. Brugo, S. Ćirić-Kostić, E. Poodts, and G. Minak, "Fracture mechanics by selective laser sintering," in *30th DANUBIA-ADRIA Symposium on Advances in Experimental Mechanics, DAS 2013 - Proceedings*, 2013, pp. 177–178.
- [56] T. Brugo, R. Panciroli, and G. Minak, "Study of the dynamic behavior of plates immersed in a fluid," in *11th IMEKO TC15 Youth Symposium on Experimental Solid Mechanics 2012*, 2012, pp. 34–39.
- [57] T. M. Brugo, "Fracture toughening and self-healing of composite laminates by nanofibrous mats interleaving," PhD Thesis, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, 2017.

CONFERENZE

- T. M. Brugo, D. Cocchi, E. Maccaferri, A. Zucchelli, D. Fabiani, L. Mazzocchetti, L. Giorgini, "Nanostructured self-sensing piezoelectric composite laminate", *European Conference on Composite Materials: Composites Meet Sustainability, ECCM 2022*, Lausanne Switzerland, (2022).
- T. M. Brugo; M. E. Gino; G. Selleri; F. Zonzini, N. Testoni; L. De Marchi; A. Zucchelli; M. L. Focarete; D. Fabiani, "Sviluppo di un laminato composito self-sensing additivato con particelle in PZT per la localizzazione del punto d'impatto", *51° AIAS*, Padova, Italy (2022).
- T. M. Brugo; M. E. Gino; D. Cocchi; N. Testoni; L. De Marchi; A. Zucchelli; M. L. Focarete, "Sviluppo di un laminato composito self-sensing additivato con particelle in PZT", *50° AIAS*, Virtual (2021).
- T. M. Brugo, D. Cocchi, E. Maccaferri, A. Zucchelli, D. Fabiani, "Studio del comportamento ad impatto di un laminato composito self sensing nanostrutturato", *49° AIAS*, Genova, Italy (2020).
- T. M. Brugo, D. Cocchi, E. Maccaferri, "Sviluppo di un materiale composito self-sensing mediante integrazione con tessuti nano fibrosi piezoelettrici", *48° AIAS*, Perugia, Italy (2019)

- T. M. Brugo, D. Cocchi, A. Zucchelli, F. Grolli, G. Selleri, M. Speranza, D. Fabiani, E. Maccaferri, L. Mazzocchetti, L. Giorgini, I. Falco, A. Marrani, "Piezoelectric nanofibrous mat for self-sensing composite materials" *EUPOC 2019*, Como, Italy (2019).
- D. Fabiani, F. Grolli, M. Speranza, S. V. Suraci, T. M. Brugo, A. Zucchelli, E. Maccaferri, "Piezoelectric Nanofibers for Integration in Multifunctional Materials" *IEEE 2018*, Cancun, Mexico (2018).
- M. Povolo, L. Raimondi, T. M. Brugo, A. Pagani, D. Comand, L. Pirazzini, A. Zucchelli, "Design and manufacture of hybrid aluminum/composite co-cured tubes with viscoelastic interface layer". *47° AIAS*, Villa san Giovanni (RC), Italy (2018).
- H. Saghafi, T. Brugo, G. Minak, A. Zucchelli, "The effect of pre-stress on impact response of concave & convex composite laminates", *International Symposium on Dynamic Response and Failure of Composite Materials (DRAF)*, Ischia, Italy (2014).
- T. M. Brugo, R. Panciroli, C. Cerretani, "Validation of a shape-sensing measurement system based on optical fiber bragg grating by comparison with measurements of digital image correlation", *43° AIAS*, Rimini, Italy (2014).
- T. M. Brugo, G. A. Kokubu, R. Palazzetti E. Poodts, "Long fiber composite coil spring for lightweight application", *13th YESM*, Prague, Czech Republic (2014).
- T. M. Brugo, R. Panciroli, G. Minak. "Study of the dynamic behavior of plates immersed in a fluid", *11th Youth Symposium on Experimental Solid Mechanics (YESM)*, Brasov, Romania (2012).
- T. M. Brugo, R. Panciroli. "Study of the dynamic behavior of plates immersed in a fluid", *41° Convegno Associazione Italiana per l'Analisi delle Sollecitazioni (AIAS)*, Vicenza, Italy (2012).

PROGETTI DI RICERCA

- 2022-2023 PNR - Alma Idea - "Self-Sensing Composite laminate by Piezoelectric particles interleaving and conductive Carbon fibre functionalization" (CUP J45F21002000001). Principal Investigator (PI).
- 2018-2023 Horizon 2020 "MyLeg - Smart and intuitive osseointegrated transfemoral prosthesis embodying advanced dynamic behaviours" (grant n. 780871). Co-principal Investigator (Co-PI) nel ruolo di RTD-A del W.P.3 "Mechatronic design and realization of the MyLeg transfemoral prosthesis" e W.P.4 "Development of novel composite materials".
- 2017-2018 Horizon 2020 Marie Skłodowska-Curie "A_MADAM - Advanced Design for Optimal Dynamic Properties of Additive Manufacturing Products" (grant n. 734455). Early Stage Researcher.
- 2017-2018 PRIN 2015 - "Smart Composite Laminates": (prot. n. 2015RT8Y45). Assegnista di ricerca.

PROGETTI DI RICERCA APPLICATA

Collabora con diverse aziende del territorio per ricerche commissionate su tematiche di comune interesse, sia attraverso il Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIN) che attraverso il centro interdipartimentale per la Ricerca Industriale - Meccanica Avanzata e Materiali (CIRI – MAM).

I temi di ricerca spaziano dell'ottimizzazione strutturale di macchine automatiche e veicoli tramite analisi numerica cineto-elasto dinamica, alla caratterizzazione di materiali compositi e componenti per il settore automotive, allo sviluppo di modelli sperimentali per la compensazione delle dilatazioni termiche in macchine CNC. Recentemente si è focalizzato sulla progettazione di pacchi batterie ultraleggeri in materiale composito con proprietà self-sensing. Di seguito l'elenco dei progetti:

- 2022-2023 Horizon 2020 "Advanced Materials & Manufacturing United for LightwEight – AMULET: Modular Fiber Reinforced Battery – MFrB. " (grant n. 101005435). Principal Investigator (PI) per conto di LIBER s.r.l..
- 2020-oggi POR-FESR Emilia-Romagna – GREENBUS – "Progettazione, sviluppo prototipale e testing di innovativi autobus Full Electric e Hybrid". Principal Investigator (PI).
- 2019-oggi POR-FESR Emilia-Romagna - i-LBBox (Intelligent Lightweighth Battery Box) – "Studio e sviluppo di materiali innovativi e tecnologie produttive automatizzate per la realizzazione di Battery Box per la mobilità sostenibile". Principal Investigator (PI).
- 2018 GIULIANI (BUCCI INDUSTRIES): Sviluppo e validazione sperimentale di un modello polinomiale per la compensazione dell'errore termico di macchine utensili CNC.
- 2017 CT-PACK: Ottimizzazione strutturale di un Delta robot e del telaio di supporto, tramite analisi FEM e sperimentale. Risultato: oscillazione massima del telaio ridotta ad un terzo.
- 2016 DUCATI MOTO GP: Test di impatto a bassa velocità sulla protezione del radiatore.

- 2014 *PININFARINA*: Analisi sperimentale del comportamento statico-dinamico di un laminato ibrido carbonio-kevlar, destinato alla realizzazione della cella di sicurezza di una vettura sportiva.
- 2012 *AUTOCAR*: Simulazione FEM dinamica del test di stabilità di un telaio per autocarro (UNI EN 12642 XL) e ottimizzazione strutturale.

ULTERIORI ATTIVITÀ DI RICERCA

- 2020-oggi Auto solare "*EMILIA 5*". Sviluppo sospensione in composito priva di giunti uniball grazie all'impiego di elementi flessibili (flexure).
- 2018-oggi Corresponsabile del laboratorio di Electrospinning Industriale, partner del Gruppo di Ricerca interdipartimentale sulla tecnologia dell'Electrospinning (RGE-UniBo).
- 2017 Auto solare "*EMILIA 4*": progettazione della sospensione a balestra in materiale composito
- 2016 Dottorando in visita alla facoltà di Aerospace Engineering di TU Delft. Progetto: "*Development of a self-healing system for composite laminates based on core shell nanofibers*".
- 2015 Sviluppo di una piattaforma di forza per l'analisi della camminata (Gait analysis) tramite metodi numerici ed analitici.
- 2013 Auto solare "*EMILIA 3*": progettazione della sospensione a balestra in materiale composito e simulazione del crash test.

BORSE DI STUDIO E RICONOSCIMENTI

- 2018 American Solar Challenge: "Emilia 4 winner of the solar cruiser category and award for the design and fabrication". In particolare il candidato si è occupato della progettazione di una innovativa sospensione a balestra interamente in composito.
- 2016 Programma Marco Polo: borsa di studio per 6 mesi di ricerca presso il dipartimento di Ingegneria Aerospaziale di TU Delft sulla base del progetto presentato.
- 2015 "*Summer School on Fatigue and Damage Mechanics of Composite Materials*", Vicenza, Italia 13-17 Luglio: borsa di studio sulla base del Curriculum.
- 2015 "*Fracture mechanics for laminated composite structures*", Aalborg, Danimarca 18-22 Maggio: borsa di studio sulla base dei risultati del test finale.

SPIN-OFF E BREVETTI

- 2022-oggi Socio fondatore dello spin-off dell'Università di Bologna LiBER s.r.l. per la fabbricazione di pacchi batteria modulari e personalizzabili per il settore OEM (<https://www.liberbattery.it/>) e responsabile unità sviluppo e progettazione meccanica.
- 2012-oggi Partecipazione alla creazione della start-up Spinbow s.r.l. - Electrospinning Technology (<http://www.spinbow.it>) azienda fondata nel 2012 a seguito della collaborazione tra società del territorio e l'Università di Bologna. Il candidato ha contribuito alla progettazione delle macchine di electrospinning, commercializzate da parte di Spinbow.
- 2022 Co-inventore del brevetto per invenzione industriale (domanda n. 102022000000485) "Impianto protesico della tipologia ESR e metodo per regolare l'impianto protesico". Inventori: T.M. Brugo, M. Leopaldi, A. Zucchelli, J. Tabucol. Depositato in Italia in data 13-01-2022 e richiesta estensione PTC in data 10-01-2023.
- 2019 Co-inventore del brevetto per invenzione industriale n. PS102019000005408, "Giunto Polimerico per Sospensioni Meccaniche di Veicoli Terrestri Leggeri". Inventori: G. Minak, C. Fragassa, T.M. Brugo, D. Peghetti, A. Pavlovic, G. Baschetti. Depositato in Italia in data 29-04-19.

ATTIVITÀ DIDATTICA

Contribuisce all'insegnamento nei corsi di laurea e laurea magistrale in Ingegneria Meccanica, nel settore scientifico disciplinare Progettazione Meccanica e Costruzioni di Macchine presso l'Università di Bologna. In particolare, durante il dottorato, svolge esercitazioni per i corsi di laurea "Tecnica delle Costruzioni Meccaniche" e laurea magistrale "Costruzioni di Macchine" del Campus di Forlì.

Concluso il dottorato insegna per due anni il secondo modulo di "Costruzioni di Macchine" per il corso di laurea magistrale del Campus di Forlì, durante il quale introduce gli studenti al Metodo agli Elementi finiti. Da tre anni tiene il corso "Laboratorio di Progettazione con Materiali Compositi" in cui insegna agli studenti della laurea magistrale in Ingegneria Meccanica dell'Università di Bologna la progettazione e verifica sperimentale di componenti realizzati in materiale composito, tramite un'introduzione teorica e la sua successiva applicazione su progetti sviluppati in collaborazione con le aziende del territorio. Sul corso gli studenti hanno espresso giudizi positivi con una percentuale superiore alla media del CdS e dell'area VRA. È inoltre stato relatore / correlatore di oltre 26 tesi di laurea e laurea magistrale in Ingegneria Meccanica, dell'Automazione, Energetica e Chimica. Di seguito l'elenco dei corsi tenuti:

- 2022-2023 Progettazione con Materiali Compositi - Master in Materiali Compositi Ma.Co.F – Università di Bologna (14 ore).
- 2018-2023 Laboratorio di Progettazione con Materiali Compositi - Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica - Università di Bologna (6 CFU).
- 2019 *Full Field Strain Measurement by Digital Image Correlation - Seminario per il corso di Dottorato DIMSAI - Università di Bologna (4 ore).*
- 2017-2019 *Costruzioni di Macchine: Introduzione al Metodo agli Elementi Finiti - Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica - Università di Bologna Campus di Forlì (3 CFU).*
- 2014-2016 *Costruzioni di Macchine: Esercitazioni - Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica - Università di Bologna Campus di Forlì (~ 9 ore/anno).*
- 2015 *Introduzione ai Materiali Compositi - corso aziendale per conto di GIMA del gruppo IMA (8 ore)*
- 2013-2015 *Tecnica delle Costruzioni Meccaniche: Esercitazioni - Laurea in Ingegneria Meccanica - Università di Bologna Campus di Forlì (~ 6 ore/anno).*

ABILITÀ RILEVANTI

- **Abilitazione scientifica professore II fascia settore 09/A3** (Bando D.D. 2175/2018)
- **Disegno CAD:** SolidWorks, SpaceClaim.
- **Programmazione:** MATLAB, Mathematica, LabVIEW.
- **Analisi FEM:** ANSYS Workbench e APDL, Ls-Dyna.
- **Analisi sperimentali:** Test meccanici (metalli e laminati compositi), Estensimetria, Correlazione di Immagine (DIC), Test di meccanica della frattura (statica e fatica), Analisi modale, Impatti a bassa velocità, Analisi meccanica dinamica (DMA), Termica differenziale (DSC) Termo gravimetrica (TGA).
- **Lingue:** Italiano:C2; Inglese: C1; Francese: B1.

LUOGO E DATA

Bologna, 15-01-2024

FIRMA