

# Green Casting Life Project: un'analisi delle fonderie italiane

## CONTESTO

L'industria fusoria rappresenta una risorsa strategica di cui l'Europa non può assolutamente privarsi pur essendo al contempo una delle attività industriali con il maggior impatto ambientale. Con la consapevolezza di ciò, le aziende europee del settore sono da anni impegnate nella ricerca di soluzioni tecnologiche che siano in grado di migliorare le loro performance ambientali. Secondo quanto riportato dal CAEF (Committee of Associations of European Foundries), la principale associazione europea di categoria, la produzione europea di getti ferrosi è la seconda più grande a livello mondiale, posizionandosi alle spalle della sola Cina e davanti all'India [1], come visibile nell'aerogramma in Fig. 1.

Oltre all'aspetto delle emissioni inquinanti, le fonderie ferrose impattano molto anche dal punto di vista energetico, tant'è che appartengono alla categoria delle EII, le industrie ad alto consumo di energia.

Nel 2020, il comparto della fonderia era composto da 1652 fonderie ferrose, produttrici di 9.1 milioni di tonnellate di getti [1]. Negli anni successivi sono stati raggiunti nuovamente i livelli produttivi registrati in era pre-Covid 19, pari a 11.5 milioni (dato del 2019).

La produzione di getti è fondamentale per molte attività industriali che dipendono da essa, specialmente per i settori dell'automotive, ferroviario e della meccanica in generale. Data l'evidente importanza rivestita da questo settore, è intenzione dell'Unione Europea migliorarne la produttività e la competitività rendendolo meno dipendente da paesi terzi, implementando al contempo soluzioni ecologiche che consentano di ridurre l'impatto ambientale. Tra queste, una delle più interessanti è rappresentata dall'introduzione dei leganti inorganici per la produzione di forme e anime: si tratta di una sfida complessa, che, tuttavia, rappresenterebbe un primo significativo passo verso un futuro più sostenibile. Oggigiorno, sono disponibili sistemi leganti innovativi che sono in grado di superare le

## Green Casting Life Project: an analysis of Italian foundries

### CONTEXT

The foundry industry is a strategic resource which Europe absolutely cannot do without, albeit one of the industrial activities with the greatest environmental impact. Conscious of this, European companies in the sector have been engaged for years on the search for technological solutions able to improve their long-term performance. According to that reported by the CAEF (Committee of Associations of European Foundries), the leading trade association, European production of ferrous castings is the second largest in the world, on the heels of just China and ahead of India [1], as visible in the aerogram in Fig. 1.

In addition to polluting emissions, ferrous foundries have a major impact also from an energy perspective to the point that they belong to the category of EII, energy intensive industries.

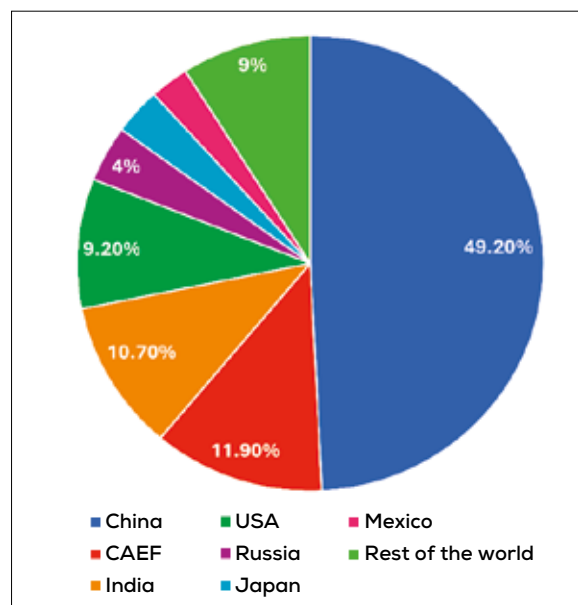


Fig. 1 - Distribuzione per paese della produzione mondiale di getti ferrosi [1].

Fig. 1 - Distribution of world ferrous castings production by country [1].

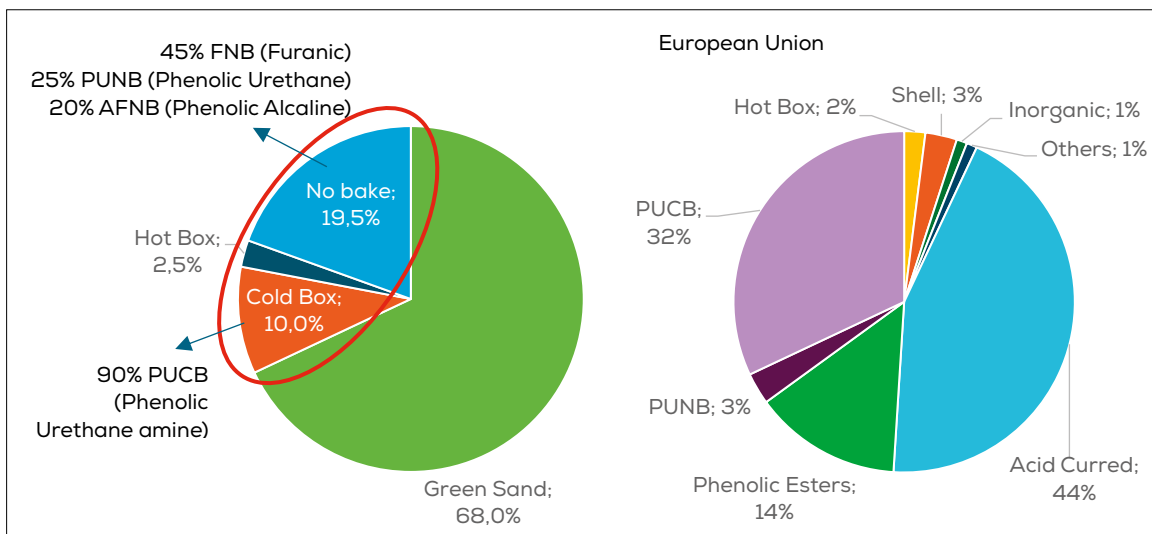


Fig. 2 - A sx, metodi di formatura degli stampi; a dx, metodi di produzione delle anime (fonderie europee).  
 Fig. 2 - On the left, mould production methods; on the right, core production methods (European foundries).

difficoltà di sterrabilità, resistenza e finitura superficiale tipiche delle anime prodotte con tecnologie inorganiche.

Attualmente la maggior parte delle fonderie europee utilizza per la produzione dei getti il metodo di formatura con terra verde e anime organiche. Solamente l'1% delle fonderie utilizza sistemi inorganici per le forme e le anime (Huttenes Albertus, 2018) e la maggior parte di queste produce getti in metalli leggeri, specialmente alluminio. La Fig. 2 mostra la suddivisione dei diversi metodi impiegati nelle fonderie europee. A sinistra riporta i metodi di indurimento impiegati per produrre gli stampi: come evidente, la tecnica di formatura più impiegata è quella a terra verde, ma anche la tecnica no-bake ha una certa rilevanza. A destra, invece, è rappresentata nel dettaglio la suddivisione dei leganti utilizzati per la formatura delle anime.

In Tab. 1 sono riassunti i metodi utilizzati.

Durante la colata delle leghe ferrose sono raggiunte temperature comprese tra i 1400-1550°C, per cui i leganti organici presenti nelle anime e il carbone utilizzato per le forme subiscono processi di degradazione termica (pirolisi e ossidazione incompleta) che portano alla formazione di composti tossici (NO<sub>x</sub> e particolato ultra sottile), cancerogeni (Idrocarburi policiclici aromatici) e composti mutageni (benzene, toluene e xylene) che sono potenzialmente cancerogene. In aggiunta a queste emissioni indesiderabili, occorre considerare l'enorme quantità di rifiuti prodotti: il 90% delle fonderie ferrose europee utilizza sabbia naturale come materiale inerte per la produzione di anime

In 2020, the foundry sector was composed of 1,652 ferrous foundries, producing 9.1 million tons of castings [1]. In subsequent years, pre-Covid 19 production levels were reached, equal to 11.5 million (2019 data).

The production of castings is fundamental for any industries that depend on it, particularly for the automotive, railway and mechanical industries in general. Given the clear importance of this sector, the European Union intends to improve its productivity and competitiveness, making it less dependent on third countries, implementing at the same time ecological solutions that allow it to reduce its environmental impact. One of the most interesting is the introduction of inorganic binders for the production of moulds and cores. A complex challenge which, nonetheless, would be a first important step towards a more sustainable future. Nowadays, innovative binding systems are available that can overcome the typical problems of shaking out, resistance and surface finish of cores produced using inorganic technologies.

Currently, most European foundries use mouldings with green sands and organic cores for the production of castings. Only 1% of foundries use inorganic systems for moulds and cores (Huttenes Albertus, 2018) and most of these produce castings in light metals, especially aluminium. Fig. 2 shows the division of the different methods used in European foundries. The left-hand side shows the hardening methods used to produce moulds: clearly, the most used moulding technique is with green sands, with the no-bake technique having a

e stampi, generando più di 6 milioni di tonnellate di sabbia esausta per anno, che rappresentano tra il 60 e l'85 % dei rifiuti solidi prodotti delle fonderie.

**DETTAGLI DEL PROGETTO**

Il progetto Green Casting Life (LIFE21-EN-V-FI-101074439) ha l'obiettivo di dimostrare la possibilità di impiegare leganti inorganici al posto dei leganti organici tradizionalmente utilizzati nelle fonderie ferrose. Esso si colloca nel più ampio contesto dell'European Green Deal, un piano con cui l'Unione Europea ambisce a raggiungere la neutralità climatica del settore industriale attraverso una transizione progressiva ma profonda, mantenendone al contempo intatta la competitività. In particolare, uno dei traguardi a cui il progetto ambisce è rendere il settore della fonderia a emissioni nulle entro il 2050.

certain importance. On the right are the details of the division of binders used for moulding the cores. Table 1 summarises the methods used.

During the casting of ferrous alloys temperatures between 1400-1550°C are reached, hence the organic binders present in the cores and the charcoal used for the moulds undergo thermal degradation processes (pyrolysis and incomplete oxidation) which lead to the formation of toxic composites (NO<sub>x</sub> and ultra-fine particles), carcinogenics (Polycyclic aromatic hydrocarbons) and mutagens (benzene, toluene and xylene) which are potentially carcinogenic. In addition to these undesirable emissions, it is necessary to consider the huge quantity of waste produced: 90% of European ferrous foundries use natural sand as an inert material for the production of cores and moulds, generating more than 6 million tons of spent sands per

Famiglia Family	Descrizione Description	Leganti usati Binders used
SELF SETTING (No bake)	<p>Processo chimico in cui la miscela di sabbia silicea e resina/legante è mescolata con un catalizzatore liquido che reagisce a temperatura ambiente. In Europa, circa il 70% delle fonderie lavora con leganti chimici, utilizzando il metodo NO BAKE per la produzione distampi e anime.</p> <p><i>Chemical process in which the blend of silica sand and resin/binder is mixed with a liquid catalyst that reacts at room temperature. In Europe, about 70% of foundries work with chemical binders, using the NO BAKE method to produce moulds and cores.</i></p>	<p>PUNB: resine fenoliche uretaniche no bake; Indurimento con acidi: leganti furanici; Esteri Fenolici: alcalini fenolici (noti come Alphaset).</p> <p><i>PUNB: phenolic urethanes no bake; Hardening with acids: furanic binders; Phenolic Esters: phenolic alkalines (known as Alphaset)</i></p>
COLD BOX (Indurimento con gas) <i>(hardening with gas)</i>	<p>La miscela di sabbia silicea e resina è indurita dal contatto con un catalizzatore gassoso (CO<sub>2</sub>, ammine, ecc.).</p> <p><i>The blend of silica sand and resin hardens upon contact with a gas catalyst (CO<sub>2</sub>, amines, etc.)</i></p>	<p>PUCB: resine fenoliche uretaniche cold box, impiegate soprattutto per anime da usare in processi con terra verde.</p> <p><i>PUCB: phenolic resins urethanes cold-box, used mainly for cores to be used in processes with green sand.</i></p>
HOT BOX (Indurimento con calore) <i>(hardening with heat)</i>	<p>La miscela di sabbia silicea e resina reagisce in presenza di calore, indurendosi. Il processo è chiamato "hot box" quando le temperature variano tra 180-280°C e "warm box" tra i 100-160°C.</p> <p><i>The blend of silica sand and resin reacts in the presence of heat, by hardening. The process is called "hot box" when the temperatures vary between 180-280°C and "warm box" between 100-160°C.</i></p>	<p>UREA-modified: resine ad alcol furfurilico e resine fenoliche.</p> <p><i>UREA-modified: furfuryl alcohol resins and phenolic resins.</i></p>

Tab. 1 - Principali tecnologie produttive usate in UE [1].  
Tab. 1 - Main production technologies used in the EU [1]

A tal proposito, l'uso di leganti inorganici può avere risvolti molto positivi sulle prestazioni ambientali delle fonderie ferrose, consentendo di diminuire le emissioni pericolose (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM2,5 Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, BTEX, ecc.) prodotte nel processo di colata, migliorare la qualità dell'aria interna delle fabbriche e ridurre la quantità di rifiuti pericolosi incrementando il riutilizzo della sabbia di scarto. Quest'ultimo aspetto è molto importante, considerando che annualmente in EU sono destinate allo smaltimento ben 6 milioni di tonnellate di sabbia esausta.

Questo inquinamento rappresenta un grave rischio per la salute dei lavoratori e per la qualità dell'aria dei centri urbani in cui sono presenti gli stabilimenti, oltre a rappresentare anche una sfida che mette a dura prova la sopravvivenza delle aziende stesse operanti nel settore. Ridurre l'impatto ambientale di detto settore industriale è infatti fondamentale anche per poter consentire alle fonderie di continuare a operare, garantendo lavoro a migliaia di persone (circa 260 mila lavoratori secondo la European Foundry Association).

Per raggiungere tale ambizioso obiettivo, il Green Casting Life prevede la collaborazione di fonderie e aziende del settore provenienti da tutta Europa, in modo da poter avere una copertura geografica tale da garantire che le diverse realtà produttive, ognuna caratterizzata dalle proprie peculiarità, riescano a entrare agevolmente in contatto e scambiare le conoscenze e l'esperienza maturate in anni di attività. Il progetto ha una durata di 42 mesi: è stato avviato a settembre 2022 e la sua conclusione è fissata per febbraio 2026. I partner coinvolti sono circa 15 e provengono da Finlandia, Spagna, Polonia, Estonia, Repubblica Ceca, Italia, Germania e Francia. Nella Fig. 3 è riportata una cartina su cui sono indicati i partner del progetto e il relativo paese di appartenenza.

Gli attori principali del progetto sono le cosiddette fonderie "ammiraglie", il cui logo è evidenziato nella mappa sottostante con un contorno rosso. Si tratta di sei fonderie (provenienti da Spagna, Finlandia, Polonia, Estonia e Italia) che hanno il compito di testare su scala industriale diversi leganti inorganici, identificando i cambiamenti nel processo e gli investimenti necessari a sostenere la transizione. Identificando pregi e difetti dei singoli leganti, le fonderie hanno anche la possibilità di identificare il prodotto che più si addice alle proprie esigenze produttive.

I leganti da testare sono forniti dalle aziende pro-

year, which is between 60 and 85% of solid waste produced by foundries.

#### PROJECT DETAILS

The Green Casting Life (LIFE21-ENV-FI-101074439) project has the goal of showing the options of using inorganic binders to replace the organic binders traditionally used in ferrous foundries. This forms part of the broadest context of the European Green Deal, a plan with which the European Union seeks to reach climate neutrality in the industrial sector through a progressive yet profound transition, while maintaining competitiveness intact. In particular, one of the goals of the project is to bring the foundry sector down to zero emissions by 2050.

In this respect, the use of inorganic binders can have highly positive effects on the environmental performance of ferrous foundries, allowing hazardous emissions (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM2,5 Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, BTEX, etc.), produced in the casting process, to be reduced, the quality of the air inside factories to be improved and the quantity of hazardous waste to be reduced, increasing the reuse of waste sand. The latter aspect is very important, considering that every year in the EU no fewer than 6 million tons of spent sands are disposed of.

This pollution is a serious risk for the health of workers and for the quality of the air in the urban centres where the factories are located, in addition to also representing a challenge that puts the survival of the same companies operating in the sector to the test. Reducing the environmental impact of the said industry is in fact fundamental also in order to allow foundries to keep working, guaranteeing jobs for thousands of people (about 260,000 according to the European Foundry Association).

To achieve that ambitious goal, the Green Casting Life project envisages the collaboration of foundries and companies in the sector from all over Europe, so that the geographical coverage is such that the different manufacturers, each with their own distinctive features, can easily make contact and exchange knowledge and experiences gained over the years. The project has a duration of 42 months. Launched in September 2022 and ending in February 2026. The partners involved are about 15 and come from Finland, Spain, Poland, Estonia, Czech Republic, Italy, Germany and France. In Fig. 3 is a map indicating all of the partners in the project and the relative country.

The project's main players are what are known

duttrici partecipanti al progetto, che hanno così la possibilità di testare a turno i prodotti nelle fonderie ammiraglie.

Il progetto è la naturale prosecuzione di un lavoro iniziato già nel 2017 con il progetto Green Foundry Life, ugualmente finanziato dall'Unione Europea ma realizzato su scala più ridotta rispetto al Green Casting Life, dal momento che vedeva la partecipazione di solo 3 fonderie pilota. Il Green Foundry Life è stato però molto importante perché ha mostrato come sul corretto utilizzo di un determinato legante inorganico incidano molti fattori, come la tipologia di sabbia, il metodo di formatura e la temperatura e l'umidità ambientale. È per questo motivo che il progetto Green Casting ha intenzione di eseguire molti pre-test, perché è evidente che rappresentino l'unico modo che si ha per verificare la possibilità o meno di impiego di un certo legante in una determinata azienda.

Per quanto concerne l'inquinamento, il progetto Green Casting Life si pone di raggiungere i seguenti obiettivi ambientali:

- La riduzione delle emissioni totali in aria dai processi di fusione di: 95% di VOC, 95% SO<sub>2</sub>, BTEX per il 95%, NO<sub>x</sub> per il 20%, formaldeide per 70%,

as the "flagship" foundries, whose logo is marked on the map below with a red border. They are six foundries (from Spain, Finland, Poland, Estonia and Italy) that have the task of testing different inorganic binders on an industrial scale, identifying the changes in the process and the investments necessary to support the transition. By identifying the merits and shortcomings of each binder, foundries also have the chance to identify the product that is most suited to its production requirements.

The binders to be tested are provided by the manufacturing companies involved in the project, which thus have the chance to test their products in turn in the flagship foundries.

The project is the natural continuation of the work started in 2017 with the project Green Foundry Life, also funded by the European Union but carried out on a smaller scale than Green Casting Life, with only three pilot foundries taking part. Green Foundry Life however was very important as it showed how many factors affect the correct use of a certain inorganic binder, such as the type of sand, the moulding method and the ambient temperature and humidity. That is why the Green Casting project intends to carry out many



Fig. 3 - Cartina con i partner e i paesi di provenienza.  
Fig. 3 - Map with partners and countries of origin.

fenoli per il 95% materiali di particolato per il 90%.

- La creazione di un ambiente più salutare per i lavoratori con il miglioramento della qualità dell'aria del 70-90% (CO, VOC, SO<sub>2</sub>, PM, BTEX, formaldeide, fenoli).
- La riduzione delle sostanze inquinanti nei rifiuti dell'80-90% (DOC, fenoli, fluoruro, concentrazione di BTEX)
- Diminuzione dell'ammontare di terre di scarto da smaltire del 90% nelle fonderie partner.

Nel dettaglio, le attività del progetto sono le seguenti:

1. Impiego dei leganti inorganici su scala industriale nelle 6 fonderie ammiraglie;
2. Valutare la potenziale riduzione dell'inquinamento tramite la misurazione delle emissioni e della qualità dell'aria negli ambienti di lavoro, prima e dopo l'utilizzo dei composti inorganici;
3. Provare a utilizzare i leganti inorganici in altre 15 fonderie "seguaci" nei paesi di provenienza dei partner (FI, PL, DE, ES, FR, CZ e IT e gli altri);
4. Preparazione di un questionario da inviare ad almeno 200 fonderie ferrose individuate e ricevere almeno 100 questionari compilati;
5. Organizzazione di 2 workshop di formazione in paesi partner (con la produzione di video e materiale multimediale per scopi formativi);
6. Dimostrazioni dell'uso dei metodi di rigenerazione della sabbia esausta;

Quest'ultimo punto riveste un ruolo molto importante perché il progetto Green Casting LIFE è stato concepito per essere in linea con il piano di azione Circular economy action plan, uno dei punti principali del già citato European Green Deal (COM(2019) final 640), che ambisce a ridurre la quantità di scarti prodotti dal settore industriale. Nello specifico, il Circular Economy Action plan è un piano d'azione rivolto alla gestione e al riutilizzo dei rifiuti, in modo da poter ridurre la quantità annua prodotta nei paesi dell'unione. In particolare, il progetto Green Casting cerca di attenersi a queste indicazioni indagando sui possibili metodi di recupero delle sabbie da fonderia esauste, sia attraverso la rigenerazione per il riutilizzo nei processi di fonderia e sia attraverso l'impiego come materia prima in altri ambiti, come ad esempio la costruzione di strade o il green building.

### RISULTATI DELLE ANALISI

Nell'ambito del progetto è stato condotto un sondaggio, tramite questionario, con l'obiettivo di intervistare almeno 200 fonderie ferrose in tutta

*pre-tests, because it is clear that they are the only way to check whether or not a certain binder can be used in a certain company.*

*As regards pollution, the Green Casting Life project sets out to achieve the following environmental goals:*

- *Reduction of total emissions into the air from casting processes by: 95% of VOC, 95% SO<sub>2</sub>, BTEX by 95%, NO<sub>x</sub> by 20%, formaldehyde by 70%, phenols by 95% particulate materials by 90%.*
- *The creation of a healthier environment for workers with a 70-90% improvement in air quality (CO, VOC, SO<sub>2</sub>, PM, BTEX, formaldehyde, phenols).*
- *The reduction in pollutants in waste by 80-90% (DOC, phenols, fluoride, BTEX concentration)*
- *90% reduction in the quantity of spent sands for disposal in partner foundries.*

*In detail, the project activities are as follows:*

1. *Industrial-scale use of inorganic binders in the six flagship foundries;*
2. *Evaluate the potential reduction in pollution through measuring emissions and air quality in the workplace, before and after the use of inorganic compounds;*
3. *Try to use inorganic binders in 15 other "participating" foundries in the partners' countries of origin (FI, PL, DE, ES, FR, CZ and IT and others);*
4. *Prepare a questionnaire to send to at least 200 ferrous foundries and receive at least 100 completed questionnaires;*
5. *Organise two training workshops in the partner countries (with the production of videos and multimedia material for training purposes);*
6. *Show how to regenerate spent sands.*

*The latter point plays a highly important role since the Green Casting LIFE project was conceived to be in line with the Circular economy action plan, one of the main points of the aforementioned European Green Deal (COM(2019) final 640), which aims to reduce the quantity of waste produced by industries.*

*Specifically, the Circular Economy Action plan addresses the management and reuse of waste, so as to be able to reduce the quantity produced per year in EU countries. In particular, the Green Casting project seeks to adhere to these indications by investigating the possible ways of recovering spent foundry sands, both through regeneration for reuse in foundry processes as well as through its use as a raw material in other fields, e.g. road building or green building.*

Europa, in modo da raccogliere informazioni riguardo la loro produzione e il loro rapporto con l'utilizzo di leganti organici. Per l'Italia, l'Assofond si è premurata della diffusione del questionario pubblicandolo sul suo sito web, consentendo di raggiungere un'ampia platea. Grazie a questa collaborazione, sono state raccolte le risposte di 20 aziende. I dati ottenuti hanno consentito di tracciare un profilo molto interessante delle fonderie del nostro paese. Nelle pagine seguenti sono riportati sotto forma di grafico le informazioni più significative ricavate dalle risposte al questionario fornite dalle 20 fonderie intervistate.

#### RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano Assofond, nella persona del dott. Roberto Lanzani, per il prezioso sostegno, tutt'ora in corso, dimostrato nei confronti delle iniziative del progetto. ■

**Stefano Saetta, Gianluca Fratta**, Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Perugia.

Le ricerche menzionate in questo documento sono finanziate dal Programma LIFE dell'Unione Europea, Green Casting LIFE Project (LIFE21-ENV-FI-Project101074439). Le opinioni espresse sono tuttavia solo quelle dell'autore/i e non riflettono necessariamente quelle dell'Unione europea o CINEA. Né l'Unione europea né l'autorità che concede l'aiuto possono esserne responsabili.

#### RESULTS OF THE ANALYSES

*As part of the project, a questionnaire survey was conducted with the goal of interviewing at least 200 ferrous foundries all over Europe, so as to collect information about their production and their relationship with the use of organic binders. For Italy, Assofond took care of the distribution of the questionnaire by publishing it on its website, thus reaching a wide audience. Thanks to this collaboration, answers from 20 companies were collected. The data obtained made it possible to draw a very interesting profile of the foundries in our country. The most significant information from the questionnaire responses of the 20 foundries surveyed is shown in the graph in the following pages.*

#### ACKNOWLEDGEMENTS

*The authors thank Assofond, in the person of Roberto Lanzani, for his valuable and ongoing support for the project initiatives. ■*

**Stefano Saetta, Gianluca Fratta**, Engineering Department, University of Perugia.

*The searches mentioned in this paper are funded by the European Union LIFE Program, Green Casting LIFE Project (LIFE21-ENV-FI-Project101074439). Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.*

### BIBLIOGRAFIA / BIBLIOGRAPHY

- [1] 2020 CAEF. *The european foundry industry at a glance*. <https://www.caef.eu/statistics/>, Last accessed on 2024-03-05.



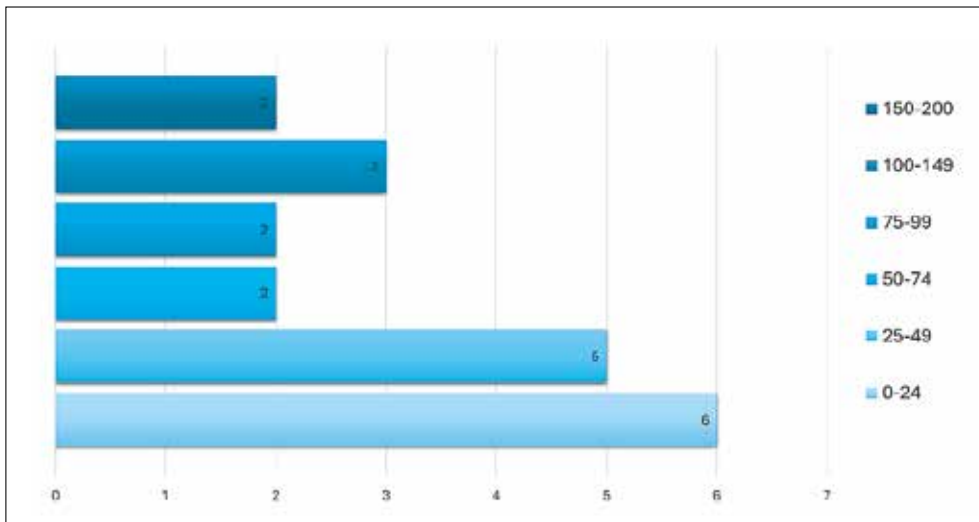
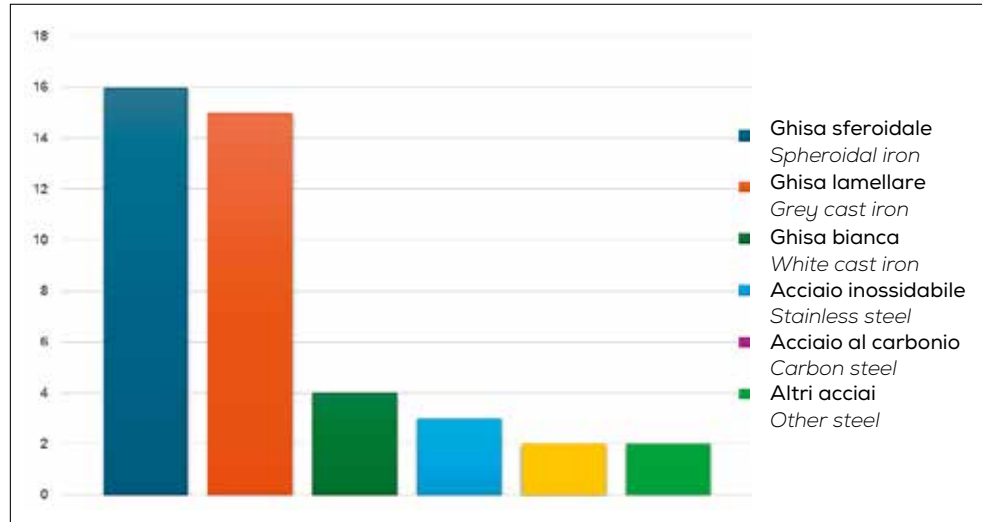
Per ulteriori informazioni sul progetto è possibile visitare la pagina web dell'Assofond al seguente link:

*For more information about the project, visit the Assofond web page at the following link:*

<https://www.assofond.it/-/seconda-edizione-di-green-casting-life>.

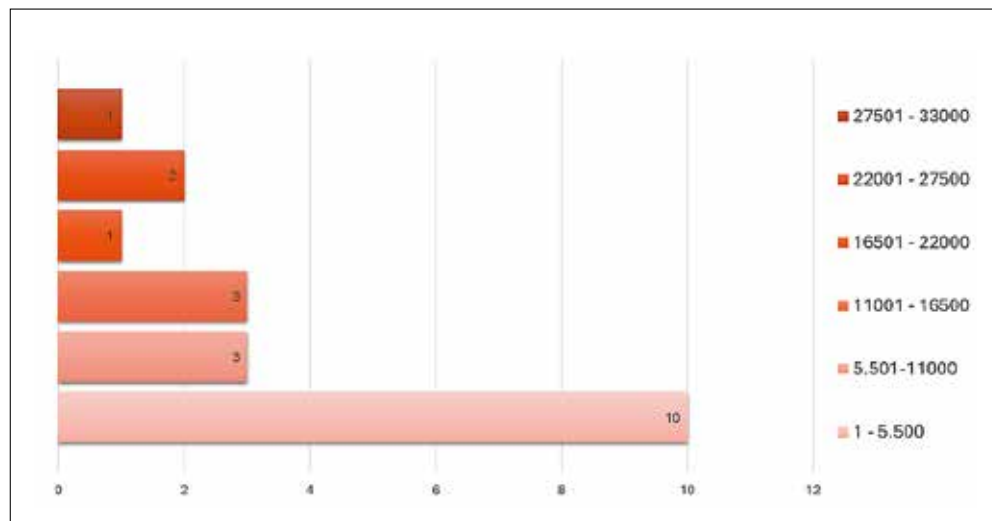
Informazioni ricavate dalle fonderie intervistate / Information from the foundries interviewed

Leghe ferrose prodotte dalle fonderie intervistate. N.B. la maggior parte delle fonderie produce più di una lega. Ferrous alloys produced by the foundries interviewed. N.B. most of the foundries produce more than one alloy.



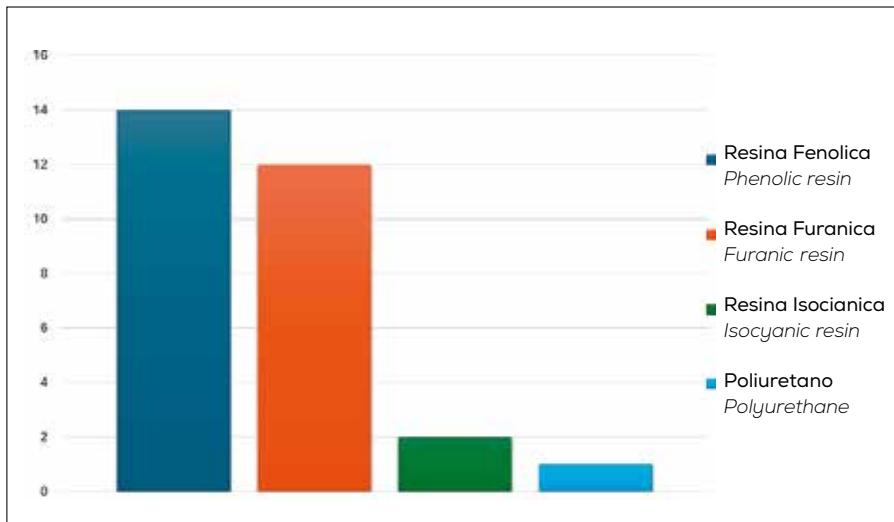
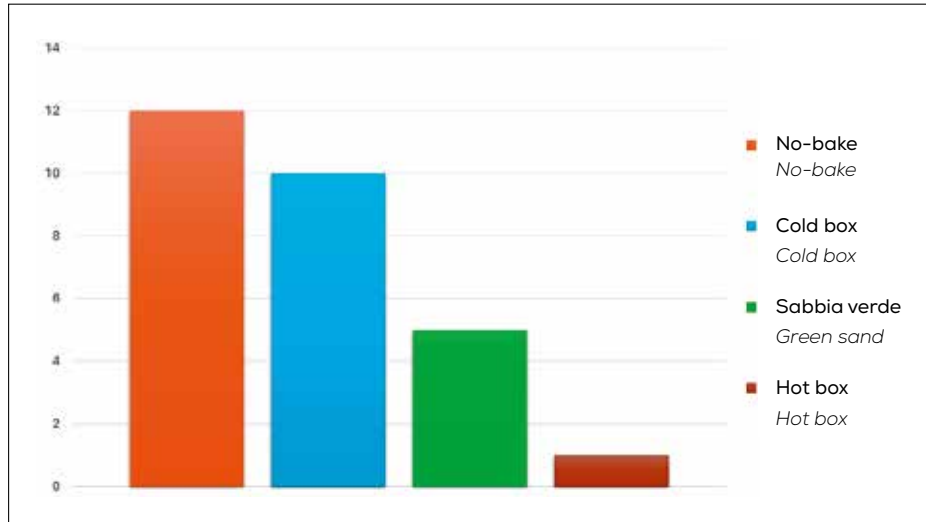
Dipendenti impiegati nelle fonderie intervistate. Employees in the surveyed foundries.

Produzione annua delle fonderie intervistate (tonnellate/anno). Annual production of the foundries surveyed (tons/year).



Informazioni ricavate dalle fonderie intervistate / Information from the foundries interviewed

Processo di formatura utilizzato nelle fonderie intervistate.  
 N.B. la maggior parte delle fonderie utilizza più di una tecnica.  
*Moulding process used by the surveyed foundries.  
 N.B. most of the foundries use more than one technique.*



Leganti utilizzati per la produzione di anime nelle fonderie intervistate. È possibile notare come nessuna delle aziende utilizzi leganti inorganici.  
 N.B. la maggior parte delle fonderie utilizza più di una resina.  
*Binders used to produce cores in the foundries. It can be seen that none of the surveyed foundries use inorganic binders  
 N.B. most of the foundries use more than one resin.*

Tipologia di legante per la formatura degli stampi utilizzati nelle fonderie intervistate.  
 N.B. la maggior parte delle fonderie utilizza più di un legante.  
*Binder used for forming moulds in the surveyed foundries.  
 N.B. most of the foundries use more than one binder.*

