

Circularità nel settore delle costruzioni: modelli organizzativi basati sul *re-manufacturing*

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Ricerca avanzata (Under 35)

Anna Dalla Valle¹, Nazly Atta¹, Luca Macri², Sara Ratti³,

¹ Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

² Dipartimento di Design, Politecnico di Milano, Italia

³ Dipartimento di Ingegneria Gestionale, Politecnico di Milano, Italia

anna.dalla@polimi.it

nazly.atta@polimi.it

luca.macri@polimi.it

sara.ratti@polimi.it

Abstract. A differenza di altri settori industriali, che già applicano pratiche sostenibili di *re-manufacturing*, il settore delle costruzioni tarda ad avviare sperimentazioni. In quest'ottica, il paper introduce i risultati chiave del progetto Re-NetTA, condotto dal Politecnico di Milano e finanziato da Fondazione Cariplo (2018-0991), che intende delineare le condizioni necessarie per attivare processi circolari nell'edilizia terziaria. Al fine di estendere la vita dei prodotti da costruzione, il paper propone tre modelli circolari basati sul *re-manufacturing*. Sviluppati con *stakeholder* ed esperti in un approccio intersettoriale e multidisciplinare, i modelli proposti rappresentano un contributo verso pratiche progettuali e organizzative sostenibili di prodotti da costruzione.

Parole chiave: Economia circolare; Modelli organizzativi; *Design for Re-manufacturing*; Edifici terziari; Settore delle costruzioni.

Introduzione

Il *re-manufacturing* è generalmente definito come il processo di ripristino di un prodotto, che non è più in grado di svolgere la sua funzione, ad uno stato funzionale pari al nuovo (*“as new”*) mediante la rilavorazione dei suoi componenti attraverso il consumo minimo di materiale ed energia (Bernat, 2019; Gunasekara *et al.*, 2018). I prodotti rilavorati hanno una garanzia pari almeno a quella dei prodotti originali (Ijomah, 2008) e garantiscono prestazioni e qualità elevate rispetto ad altre strategie di fine vita (Sundin and Bras, 2005; King *et al.*, 2006; Parker and Butler, 2007; Özer, 2012; Paterson *et al.*, 2017).

Attualmente il *re-manufacturing* rappresenta una pratica affermata e consolidata in diversi settori (Benoy *et al.*, 2014), come aerospaziale, automobilistico, elettronico, navale e ferroviario (Parker *et al.*, 2015; Butzer and Schötz, 2016). Tali industrie manifestano una naturale propensione verso il *re-manufacturing*, poiché caratterizzate da (Yang *et al.*, 2018):

- prodotti durevoli, generalmente costituiti da materiali di alto valore;
- prodotti con cicli tecnologici stabili, più lunghi dei cicli di vita utile;
- tecnologie di rilavorazione disponibili ed economiche;
- potenzialità dei prodotti ad essere noleggiati o forniti come servizio piuttosto che come hardware.

Inoltre, le pratiche di *re-manufacturing* sono attualmente diffuse nelle industrie che hanno adottato soluzioni di *Product Service Systems* (PSS), volte ad offrire al cliente il servizio del prodotto senza concederne la proprietà (Gallo *et al.*, 2012; Vezzoli *et al.*, 2018). In questa prospettiva, quando un prodotto risulta obsoleto oppure non è più in grado di garantire la propria funzione viene rilavorato per essere utilizzato da altri clienti, soddisfacendo obiettivi condivisi di longevità, durata e prestazioni (King *et al.*, 2006; Özer, 2012). Le tendenze attuali rivelano come il *re-manufacturing* sia un'attività implementata non solo come strategia circolare di fine vita ma anche durante il ciclo di vita di un prodotto, quando il valore economico dello stesso è ancora elevato e le rilavorazioni sono in grado di offrire un aumento significativo delle performance (Ardente *et al.*, 2018; D'Adamo and Rosa, 2016).

In questo contesto, il paper introduce un set di *key feature* in grado di descrivere modelli circolari e propone nuovi modelli organizzativi per il *re-manufacturing* di prodotti edili con l'obiettivo di allungarne la vita utile, quali risultati del progetto Re-NetTA *“Re-manufacturing Networks for Tertiary Architectures”*.

Circularity within the construction sector: organisational models based on re-manufacturing

Abstract. Unlike other industrial sectors that already apply re-manufacturing, the construction sector is slow to experiment with these sustainable practices. Hence, this paper introduces key results of the Re-NetTA project, conducted at Politecnico di Milano and funded by Fondazione Cariplo (2018-0991), which intends to outline the conditions necessary to activate circular processes in the field of tertiary construction. In order to extend the life of construction products, the paper proposes three circular models based on re-manufacturing. Developed with stakeholders and experts in an inter-sectoral and multidisciplinary approach, the proposed models represent a contribution towards sustainable design and organisational practices of construction products.

Keywords: Circular economy; Organisational models; *Design for re-manufacturing*; Tertiary buildings; Construction sector.

Introduction

Re-manufacturing is generally intended as the restoring process of a product that is no longer able to perform its function to a like-new functional state, by rebuilding and replacing its component parts with minimum consumption of materials and energy (Bernat, 2019; Gunasekara *et al.*, 2018). Re-manufactured products have a warranty at least equal to the original one (Ijomah, 2008) and they ensure high performance and quality compared to other end-of-life strategies (Sundin and Bras, 2005; King *et al.*, 2006; Parker and Butler, 2007; Özer, 2012; Paterson *et al.*, 2017).

Nowadays, re-manufacturing represents a well-established practice in several sectors (Benoy *et al.*, 2014), such as aerospace, automotive, electronics, machinery, marine, rail (Parker *et al.*, 2015; Butzer and Schötz, 2016). These sectors show an intrinsic aptitude for

re-manufacturing, since they are characterised by (Yang *et al.*, 2018):

- durable products, generally constituted by high-value materials;
- stable technology cycles, longer than the use cycle;
- available regeneration technology;
- potential of products to be leased or delivered as a service rather than as hardware.

Moreover, re-manufacturing practices are currently spread in industries which have implemented *Product-Service-Systems* (PSS) solutions, aimed at offering the customer the service of the product without granting the property (Gallo *et al.*, 2012; Vezzoli *et al.*, 2018). In this perspective, as the product becomes obsolete or no longer able to ensure its performance, it is recovered to be used by other clients, achieving shared goals of longevity, durability and performance (King *et al.*, 2006;

Circularità: *background e key feature*

Oggi una delle principali priorità dell'UE è promuovere pratiche di *re-manufacturing* e riuso nel settore delle costruzioni, poiché riconosciute come strategie più sostenibili del riciclo (Eurostat, 2016; European Commission, 2020). In questa prospettiva, il progetto Re-NetTA si propone di attivare processi circolari rigenerativi basati su strategie di *re-manufacturing* e riuso di prodotti edili derivanti da edifici terziari al fine di ridurre la produzione di rifiuti provenienti da interventi di manutenzione, rinnovo e demolizione. L'obiettivo è mantenere nel tempo il valore ambientale ed economico dei prodotti una volta rimossi dagli edifici, allungandone la vita utile e la fruibilità con minori consumi ed emissioni possibili (Talamo *et al.*, 2019). Infatti, soprattutto nell'ambito delle architetture terziarie, è possibile distinguere alcuni prodotti caratterizzati da brevi cicli di utilizzo, quindi da frequenti sostituzioni (es. finiture, partizioni leggere, attrezzature, arredi, allestimenti), destinati a diventare rifiuti seppur ancora performanti e lontani dal fine vita utile (Rose and Stegemann, 2018). Le architetture terziarie (es. uffici, strutture ricettive, fieristiche, *retail*, *temporary shop*) risultano essere un interessante terreno di prova in quanto esiste una proporzionalità diretta tra il numero di compravendite e il numero di rinnovi interni dovuti all'accelerata obsolescenza causata dai frequenti cambi di titolarità e *rebranding* (OMI, 2017). Rispetto a questo tema, il *paper* evidenzia un quadro interpretativo in grado di descrivere modelli organizzativi circolari, sviluppato attraverso la mappatura di pratiche virtuose di *re-manufacturing* in diversi settori industriali. Il *framework* è costituito da nove *key feature*, articolate in diverse possibili configurazioni (Tab. 1). Lo scopo è duplice. Da un lato, i modelli organizzativi

Özer, 2012). Current trends reveal how re-manufacturing is an activity implemented not only as a circular strategy of end-of-life but also along the product life cycle, when the economic value of the product is high and reprocessing is capable of delivering a significant increase in performance (Ardente *et al.*, 2018; D'Adamo and Rosa, 2016). In this context, the article presents a set of key features able to describe circular models and proposes new organisational models for the re-manufacturing of building products with the goal of product life extension, as results from the project Re-NetTA "Re-manufacturing Networks for Tertiary Architectures".

Circularity: background and key features

To date, one of the key priorities at EU level is the fostering of re-manufac-

turing and reuse practices within the construction sector, since recognised as more sustainable strategies than recycling (Eurostat, 2016; European Commission, 2020). Here, the Re-NetTA project aims to activate regenerative circular processes based on re-manufacturing and reuse strategies in the field of tertiary building renovation, in order to reduce the generation of waste from maintenance, renewal and demolition activities. The goal is to maintain over time the environmental and economic value embedded into manufactured products once they are removed from buildings, extending their useful life and usability with the lowest possible consumption and emissions (Talamo *et al.*, 2019). Indeed, especially within tertiary buildings, it is possible to distinguish a set of products characterised by short-use cycles and thus frequent renewals (i.e.

esistenti possono essere descritti come la combinazione di tali *key feature*. Dall'altro, il *framework* delineato rappresenta un'opportunità per lo sviluppo di nuovi modelli organizzativi circolari, a partire da diverse combinazioni delle *key feature*.

Proposta di modelli organizzativi basati sul *re-manufacturing* per il settore delle costruzioni

Elemento determinante per l'applicazione di pratiche di economia circolare è la definizione di modelli organizzativi, intesi come insieme di soluzioni strategiche e operative con cui avviene la creazione di valore (Osterwalder and Pigneur, 2010). In questa prospettiva, nell'ambito del settore delle costruzioni emergono da letteratura e dall'analisi di pratiche professionali alcuni approcci innovativi volti ad estendere la vita utile dei prodotti. Tali approcci possono promuovere lo sviluppo di nuovi modelli organizzativi, utili alla diffusione di pratiche circolari virtuose nei contesti di edilizia terziaria.

In particolare, il primo approccio implica un cambio di paradigma verso pratiche non più orientate alla vendita del prodotto ma all'offerta del prodotto come servizio "*as-a-service*". Il cliente passa dall'essere "consumatore" di un prodotto a diventare un "utente" che utilizza il servizio pagandolo con formule *pay-per-use* o *pay-per-period*. In questo modo la proprietà del prodotto non viene trasferita al cliente ma resta al fornitore, secondo una logica di "*disown ownership*".

Un secondo approccio vede il concetto di simbiosi industriale, individuando nuove opportunità di mercato che sfruttano sinergie cross- e inter-settoriali in chiave "rifiuto-risorsa" (Talamo and Migliore, 2017). I prodotti di scarto di un settore diventano

finishes, internal partitions, equipment, furnishings, fittings), intended to become waste although still performing and far from the end-of-life (Rose and Stegemann, 2018). Tertiary architectures (office, accommodation, exhibition, retail and temporary facilities) turn out to be an interesting testing ground, since a direct proportionality is evidenced between the number of sales and internal renewals due to the accelerated obsolescence caused by frequent changes of ownership and rebranding activities (OMI, 2017). In this regard, the paper presents an interpretative framework able to describe circular organisational models, developed by the deepening of virtuous re-manufacturing practices established within the different industrial sectors. The framework is constituted by nine key features, articulated in multiple possible configurations (Tab.

1). The aim is twofold. On the one hand, the existing organisational models may be described as the combination of these key features. On the other hand, the proposed framework represents the opportunity for the development of a new circular organisational model, starting from different configurations of key features.

Proposal of organisational models based on re-manufacturing for the construction sector

A crucial issue for the application of circular economy practices is the definition of organisational models, understood as a set of strategic and operational solutions with which the creation of value occurs (Osterwalder and Pigneur, 2010). In this perspective, some innovative approaches aimed at extending the useful life of products emerge from literature and from the exploration of

| Key features | Configurations | Description |
|--|---|--|
| 1. Original product design | Product designed for remanufacturing | Products are designed to be collected and remanufactured after the first use cycle (e.g. reversible technologies, interchangeable components, modularity, etc). |
| | Product not designed for remanufacturing but with facilitating features | Remanufacturing is facilitated by some components features (e.g. standard dimensions, modular structure, availability of spare parts on the market, etc). |
| | Product not designed for remanufacturing | Original products have no evidence of design features that facilitate remanufacturing or even generate barriers to it. |
| 2. Product procurement | Surcharge-based mechanism | At the sale the customer pays a surcharge that is fully paid back at the return of product at the end of use. |
| | Buy-back mechanism | The customer is offered a price for returning the used product at the end of use. |
| | Direct-order mechanism | Remanufacturing is activated by a direct order for a substitution of the used product with a remanufactured one that guarantees same or upgraded performance compared to the original product. |
| | Leasing mechanism | By maintaining product ownership to provider, a leasing scheme obliges the return of product from customer enabling the activation of circular strategies. |
| 3. Product collection | Enabled by "collectors" activity | Reverse product flows supported by logistics operators acting as reference points for picking and stocking specific post-consumption goods, easing the possibility for remanufacturers to get the cores. |
| | Performed autonomously by remanufacturers | Remanufacturer manages autonomously the physical retrieval of cores due to the market proximity and the logistics infrastructure. |
| | Hybrid solutions | Dealers represent intermediate collection points between manufacturing and the final market, for both customers returning post-consumption products and for remanufacturers obtaining necessary cores for remanufacturing. |
| 4. Remanufacturer actors | Original Equipment Remanufacturer OEM/OER | Firm responsible for remanufacturing its own manufactured product, exploiting potential production processes, existing market share and resource synergies. |
| | Contracted remanufacturer | Firm responsible for remanufacturing activity and bound by contract with the original equipment manufacturer. |
| | Independent remanufacturer | Firms responsible for remanufacturing products with little or no contact with the original equipment manufacturer. |
| 5. Re-actioned product design | Product re-designed for remanufacturing | During remanufacturing process, specific design choices are implemented to facilitate future remanufacturing operations (e.g. integrated monitoring systems, iron out of original flaws, product-history tracking). |
| | Product not re-designed for remanufacturing but with facilitating features | Remanufacturing process introduces new features to the product that do not directly facilitating successive remanufacturing practices but ease some steps of the process. |
| | Product not re-designed for remanufacturing | Interventions made during remanufacturing process do not aimed at introducing facilitating features, but simply at restoring product performances based on market requirements and opportunities. |
| 6. Product-service distribution | With a partner intermediation | Close cooperation between remanufacturers and external partners, in charge of the delivery of remanufactured products to final market and of providing lifecycle services to customers. |
| | With a dealer intermediation | Network integrated with a commercial third-party, aimed at the delivery of remanufactured products to the market (e.g. due to lack of market proximity). |
| | Performed autonomously by remanufacturer | Remanufacturers directly access the market through an internalized distribution system, managing autonomously the delivery of products but also the connected offered services. |
| 7. Product ownership | Ownership is transferred to customers | Ownership is completely transferred from manufacturer/provider to customer, through a traditional sale offer. |
| | Ownership is retained by providers | Ownership (and usually lifecycle responsibilities) is retained by manufacturer/provider, interested in the extension of products lifespan. |
| | Ownership is transferred to customers with provider extended responsibilities | Ownership is transferred to customers but with the extension of manufacturer/provider responsibilities (e.g. extended warranties, after-sale included services, etc). |
| 8. Revenue configuration | Traditional single payment | Simple sale transition based on single payment for the purchase of product. |
| | Deposit-based single payment (with surcharge) | Within a sale transition based on a single payment, a percentage is considered as a deposit that is refunded if particular conditions are satisfied (e.g. customer bring back the product after use). |
| | Performance payment | Payment modalities quantified on the basis of performance accessed by customer (e.g. Pay-per-use, Pay-per-time, Pay-per-period, etc), without necessarily imply a sale transition and potentially deferred in time. |
| 9. Market destination and segment | Same market destination and segment as original product | Market destinations is the same as original product as well as the targeted market segment, since the remanufactured product entails the same function of the original with no significant differences in terms of product value and thus the same client of original product is willing to accept remanufactured product. |
| | Same market destination but different segment as original product | Remanufactured products are targeted to a different market segment, since perceived differently from the original product customers. |
| | Different market destination from original product | Remanufactured products are repurposed to be targeted to a different market, not competing with the original product. |

risorse per un altro, creando interconnessioni in grado di ottimizzare la gestione delle risorse.

A partire da tali considerazioni, il paper propone tre nuovi modelli organizzativi di *re-manufacturing* al fine di promuovere la circolarità nell'industria delle costruzioni e, in particolare, nel settore terziario:

1. Contratto di noleggio a supporto del *re-manufacturing*;
 2. Soluzione *all-inclusive* a supporto del *re-manufacturing*;
 3. *Repurposing* di prodotto come strategia di *re-manufacturing*.
- Essi sono stati messi in evidenza a partire dalla combinazione delle diverse *key feature* sulla base delle *best practice* in atto nel settore delle costruzioni ma anche proprie dei settori industriali dove il *re-manufacturing* risulta applicato in modo più maturo e strutturato (Benoy *et al.*, 2014). Tali modelli sono stati in seguito sviluppati attraverso il coinvolgimento delle principali categorie di *stakeholder* (es. investitori e committenze, produttori, imprese di costruzione, installatori, facility manager) tramite tavole rotonde. Questo confronto diretto ha consentito di evidenziare le principali barriere che hanno ad oggi limitato la diffusione di pratiche circolari nel settore e le possibili leve utili al loro superamento.

Contratto di noleggio a supporto del re-manufacturing

Il primo modello (Fig. 1) individua nel contratto di noleggio una strategia di attivazione di pratiche di *re-manufacturing* per l'estensione della vita utile di prodotti. I prodotti noleggiati che a fine uso hanno ancora performance residue vengono rilavorati, superando la visione "usa e getta" a favore di quella di "multi-uso". In quest'ottica, i produttori originali co-progettano i prodotti in collaborazione con un *provider*, responsabile di offrirli

professional practices within the construction sector. These approaches can promote the development of new organisational models, useful for the dissemination of virtuous circular practices in tertiary building contexts. In particular, the first approach implies a paradigm shift towards practices no longer oriented to the sale but rather to the offer of product "as a service". The client switches from being the "consumer" of a product to become the "user" who accesses the service by paying for it with *pay-per-use* or *pay-per-period* formulas. In this way, the ownership of products is not transferred to the customer but remains with the provider, according to the logic of "disown ownership".

The second approach is based on the concept of industrial symbiosis, identifying new market opportunities that exploit cross- and inter-sectoral synergies following the logic of "waste-re-

source" (Talamo and Migliore, 2017). Waste products of one sector become resources for another, creating interconnections capable of optimising the management of resources.

In light of these considerations, the paper proposes three new organisational models of re-manufacturing, in order to promote circularity in the construction sector and, in particular, in tertiary architectures:

1. Rent contract as a support for re-manufacturing;
2. All-inclusive solution to support re-manufacturing;
3. Product *repurposing* as a re-manufacturing strategy.

They are outlined starting from the combination of the different key features on the basis of the best practices in place in the construction sector but also in other industrial sectors where re-manufacturing appears more mature

and structured (Benoy *et al.*, 2014). Such models have been further developed through the involvement of the main stakeholder categories (e.g. investors and clients, manufacturers, construction companies, installers, facility managers) by means of roundtable sessions. This dialogue has made it possible to highlight the main barriers that currently limit the dissemination of circular practices in the sector as well as the possible levers useful for overcoming them.

L'offerta di prodotti a noleggio (senza cessione di proprietà) intende sensibilizzare *provider* e produttori verso la progettazione e realizzazione di prodotti caratterizzati da elevata durabilità e manutenibilità che consentono, quindi, più cicli di utilizzo prima di giungere al fine vita. Inoltre, si presume che tale aspetto possa comportare un'estensione nel tempo dei benefici legati a ciascun prodotto in termini ambientali ed economici.

Soluzione all-inclusive a supporto del re-manufacturing

Il secondo modello organizzativo (Fig. 2) prevede che il prodotto sia venduto al cliente insieme ad un *set* di servizi, eseguiti durante l'uso del prodotto, volti ad estenderne la vita utile. Essi comprendono ad esempio: pulizia, riparazione, manutenzione, sostituzione e rilavorazione. La forte partnership tra *provider*, ovvero il fornitore del prodotto, e rilavoratore, ovvero il fornitore dei servizi connessi al prodotto, rappresenta un elemento abilitante di questo modello. Da un lato il provider, allo scopo di fornire soluzioni *all-inclusive* necessita di un soggetto, quale il rilavoratore, con abilità e competenze tecnico-operativo non solo nel campo della manutenzione (piccoli interventi) ma anche relative ai processi di *re-manufacturing* (interventi pesanti). Dall'altro, il rilavoratore al fine di intercettare una fetta di domanda maggiore

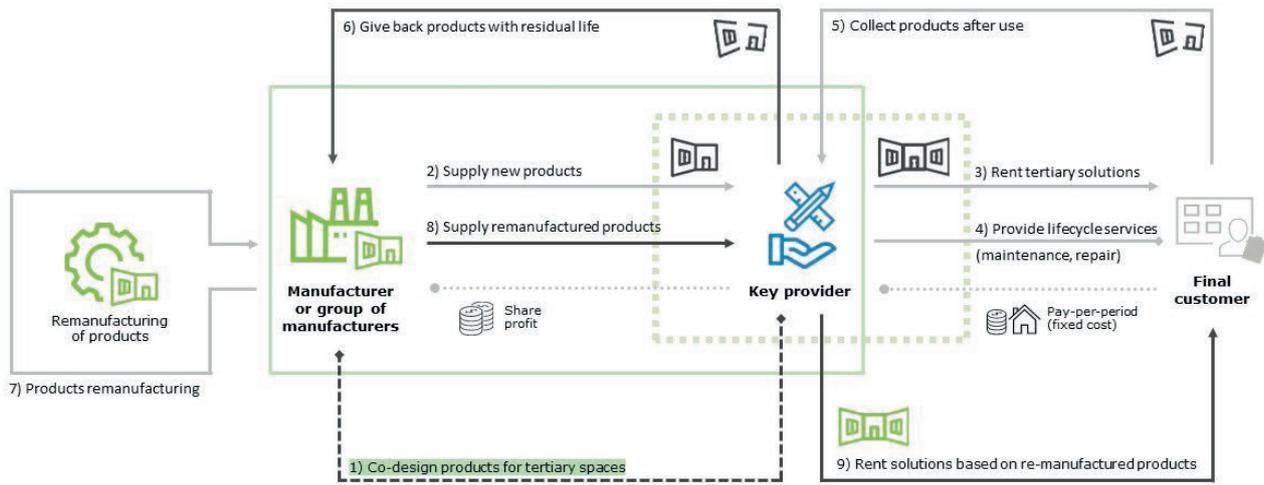
and structured (Benoy *et al.*, 2014). Such models have been further developed through the involvement of the main stakeholder categories (e.g. investors and clients, manufacturers, construction companies, installers, facility managers) by means of roundtable sessions. This dialogue has made it possible to highlight the main barriers that currently limit the dissemination of circular practices in the sector as well as the possible levers useful for overcoming them.

Rent contract as a support for re-manufacturing

The first model (Fig. 1) proposes the rental contract as a strategy for activating re-manufacturing practices in order to extend the lifespan of products. The rented products that still have end-of-use residual performance are remanufactured, overcoming the "single use" vision in favour of a "multiple-use" one.

Following this approach, the original manufacturer co-designs the products in collaboration with a provider, responsible for offering them for rent. It also recovers the products after use to return them to the manufacturer, who carries out the re-manufacturing activity. In this way, used products are brought back to the original performance conditions, to be then rented by new customers, thus activating a circular value chain. The key role of producers is highlighted, given their responsibility in implementing re-manufacturing processes on products collected after use. The offer of products for rent (without transfer of ownership) aims to sensitise providers and producers towards the design and manufacture of products characterised by high durability and maintainability, allowing more use cycles before reaching the end-of-life. This may lead to an extension over

BM1 – Rent contract as support for re-manufacturing



stringe una partnership con il *provider* beneficiando della sua attività di commercializzazione dei prodotti con soluzioni *all-inclusive*.

A differenza del primo modello, che mira a favorire più cicli di utilizzo dello stesso prodotto anche da parte di clienti diversi, questo modello intende estendere il più possibile il ciclo di utilizzo del prodotto con benefici sia in termini ambientali che di *network*. Infatti, con l'obiettivo di fare coincidere la durata di utilizzo con quella di vita utile del prodotto (minimizzando

così lo spreco di performance residue), il modello favorisce la creazione di rapporti commerciali *win-win* di lungo termine sia tra *provider* e rilavoratore sia tra questi e il cliente (fidelizzazione).

Repurposing di prodotto come opportunità per il re-manufacturing

Il terzo modello proposto (Fig. 3) individua il *repurposing* come strategia circolare in grado di promuovere l'attivazione di pratiche di simbiosi industriale nel settore delle costruzioni. Si tratta

time of environmental and economic benefits related to each product.

All-inclusive solution to support re-manufacturing

The second organisational model (Fig. 2) implies that the product is sold to the customer together with a set of services, performed during the product use phase, aimed at extending its useful life. These services include, for instance: cleaning, repair, maintenance, replacement and re-manufacturing. The strong partnership between the provider, i.e. the supplier of the product, and the re-manufacturer, i.e. the supplier of the services connected to the product, represents an enabling element of this model. On the one hand, in order to offer all-inclusive solutions, the provider needs the support of a re-manufacturer, with technical-operational skills and competences in the

field of maintenance and re-manufacturing operations. On the other hand, in order to intercept a greater share of demand, the re-manufacturer establishes a partnership with the provider, benefiting from its activity of commercialising products with all-inclusive solutions.

Unlike the first model, which aims to enable more use cycles of the same product even by different customers, this model has the goal of extending the product use cycle as much as possible with benefits in both environmental and networking terms. Indeed, with the aim of matching the duration of use and the useful life of the product (thus minimising the waste of residual performance), the model favours the creation of long-term win-win commercial relationships between the provider and the re-manufacturer and with the customer (loyalty strategy).

Product repurposing as a re-manufacturing strategy

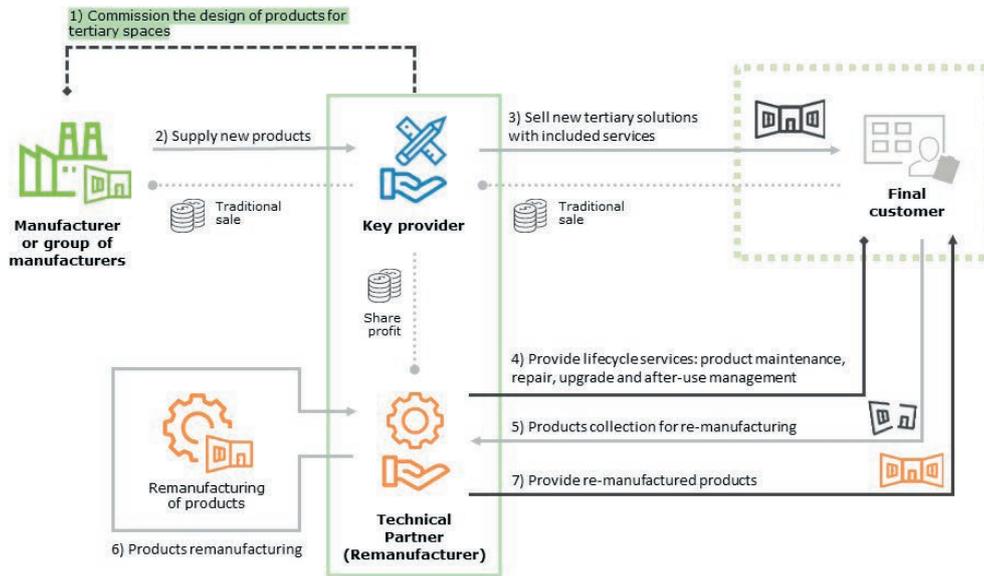
The third proposed model (Fig. 3) identifies repurposing as a circular strategy capable of promoting the activation of industrial symbiosis practices within the construction sector. Repurposing is a strategy that implies the change of function of the original post-consumer product for subsequent placing in alternative markets. This activity makes it possible to intercept products destined to become waste before their disposal, transforming them into potential resources for production processes of the same market or of others. The recovery of post-consumer products is carried out by the provider, who in this case also acts as re-manufacturer, dealing with the technical-operational activities related to repurposing. Another key figure is the dealer, who is a market interme-

diary in charge of the distribution of re-manufactured products – through repurposing – to end customers with a sale that includes a deposit. In this way, the user itself is economically incentivised to return the products after use. The dealer then returns post-consumer products to the provider, responsible for carrying out re-manufacturing activities to extend their use in the second market.

For its innovative nature, this model requires a greater commitment by the involved stakeholders. On the offer side, the re-manufacturer must have an in-depth knowledge of the product and of the opportunities for redesigning and re-manufacturing it. On the demand side, customers are required to be particularly sensitive to the issue of circularity, useful for increasing the acceptability of reconverted and re-manufactured products.

BM2 – All-inclusive service as support for re-manufacturing

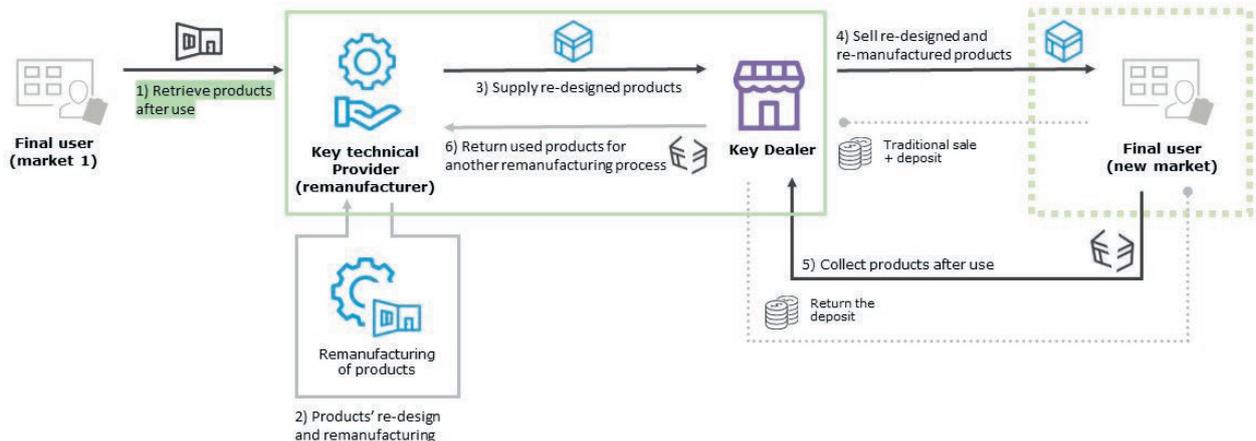
| 02



LEGENDA Information —◆— Labour —◆— Finance ●●● Material —▶— Primary — Secondary — Partnership of providers Product ownership

BM3 – Re-manufacturing as repurpose strategy

| 03



LEGENDA Information —◆— Labour —◆— Finance ●●● Material —▶— Primary — Secondary — Partnership of providers Product ownership

di una strategia che implica il cambio di funzione del prodotto originario post-consumo per la successiva immissione in mercati alternativi. Tale attività consente di intercettare i prodotti destinati ad essere rifiuti prima della loro dismissione per trasformarli in possibili risorse nell'ambito di processi produttivi dello stesso mercato o di mercati altri. Il recupero dei prodotti post-consumo viene eseguito da parte del *provider*, che qui è anche rilavoratore, ossia si occupa delle attività tecnico-operative legate al *repurposing*. Un'altra figura chiave è quella del *dealer*, ovvero un intermediario commerciale incaricato della distribuzione dei prodotti rilavorati secondo *repurposing* verso clienti finali tramite una vendita con cauzione (deposito). In questo modo, l'utente stesso risulta economicamente incentivato a restituire i prodotti dopo l'utilizzo. Il *dealer* restituisce poi prodotti post-consumo al *provider*, responsabile di svolgere attività di *re-manufacturing* per estenderne l'utilizzo nel mercato secondo.

Dato il carattere innovativo, questo modello richiede un maggiore impegno da parte dei soggetti coinvolti. Dal lato offerta, al rilavoratore è richiesta una profonda conoscenza del prodotto e delle opportunità di riprogettazione e rilavorazione dello stesso. Dal lato domanda, ai clienti è richiesta una particolare sensibilità al tema della circolarità, utile a incrementare l'accettabilità dei prodotti riconvertiti e rilavorati.

Considerazioni e analisi critica dei modelli organizzativi proposti

evidenziato alcuni principali barriere e bisogni per la loro implementazione.

I modelli organizzativi proposti sono stati esplorati con il coinvolgimento di *stakeholder* ed esperti di settore, che hanno

Discussion and critical analysis of the proposed organisational models

The proposed organisational models were explored with the engagement of stakeholders and experts of the field, who highlighted some main barriers and needs to enable their implementation.

Specifically, one of the main identified barriers is represented by product customisation and branding. If, on the one hand, these phenomena meet customer needs that ask for *ad-hoc* products and exclusive usages more and more, on the other hand, they limit the possibility for product re-manufacturing and reuse. In this regard, it is possible to highlight two causes: the product design protection and the customer decision. In the first case, the product cannot be re-manufactured due to the presence either of a design patent or of a registered trademark. While in the

latter case, re-manufacturing is hindered by company policies that often entail the product's demolition as an unavoidable end-of-life scenario, neglecting possible circular alternatives. Another emerging issue is represented by the flow of materials coming from maintenance, renewal or demolition processes of tertiary buildings. In many cases, this volume is not sufficient to justify new industrial processes. This is also due to the unstable demand, which is often difficult to predict in terms of quantities and product typology. Nonetheless, even in the case of significant demand volumes, it is necessary to demonstrate the economic advantage in adopting a re-manufactured product, since if it results in equal or lower quality but is more expensive than the new one, it will rarely be reinstated into the market.

Another significant aspect concerns the product certifications, which define the

In particolare, una delle principali barriere riscontrate riguarda la personalizzazione e il *branding* dei prodotti. Se da un lato, tale pratica incontra le richieste dei clienti che sempre più richiedono prodotti customizzati *ad-hoc* e ad uso esclusivo della loro azienda, dall'altro essa limita le possibilità di rilavorazione e riutilizzo dei prodotti. A riguardo, si osservano due cause: la protezione del design di prodotto e la decisione del cliente. Nel primo caso il prodotto non è rilavorabile poiché brevettato o soggetto a marchi registrati. Nel secondo caso, il *re-manufacturing* del prodotto è ostacolato dalle regole di policy aziendale che spesso prevedono come unico scenario di fine vita lo smaltimento in discarica, senza tenere in considerazione possibili alternative circolari.

Un'altra problematica emersa riguarda il volume di prodotti in uscita da processi di manutenzione, rinnovo o demolizione di edifici terziari. In molti casi tale volume non risulta essere sufficiente per giustificare nuovi processi industriali, anche a fronte dell'instabilità della domanda spesso difficile da prevedere in termini di quantità per tipologia di prodotto. Tuttavia, anche nel caso in cui i numeri sono favorevoli si rende necessario dimostrare il vantaggio economico nell'utilizzo di prodotti rilavorati, poiché se il prodotto rilavorato risulta di qualità uguale o inferiore ma più costoso di quello nuovo difficilmente potrà essere immesso nuovamente sul mercato.

Aspetto da non trascurare è inoltre quello relativo alle certificazioni di prodotto che definiscono le responsabilità in termini di qualità e prestazioni. Questa tematica assume una rilevanza particolare nell'ambito del terzo modello organizzativo proposto "*Repurposing* di prodotto come opportunità per il *re-manufacturing*", in quanto esso prevede il cambio di funzione del prodotto originario e l'attestazione di requisiti prestazionali differenti per

responsibilities in terms of quality and performance. This issue gains particular relevance in the third proposed organisational model, i.e. "Product repurposing as a re-manufacturing strategy", since it entails the original product repurposing, as well as the certification of new performance requirements for placing the repurposed product on an alternative market. In this regard, the current existing regulatory framework does not provide support to obtain adequate certifications to allow the second use of products characterised by residual performances. Moreover, the involved stakeholders identified significant criticalities and risks associated with the responsibility for products whose origin is unknown and whose performance cannot be measured and certified. This barrier opens up the issue of monitoring the conditions of products during their useful life, which is a resource-consuming and poorly prac-

tised activity, but necessary for tracking product information for new future uses. Faced with these barriers, specific priority needs for the activation of the proposed circular organisational models are identified. Among these, some needs are already acknowledged within literature and professional practices, such as the definition of solutions based on the balance between product modularity and customisation. Indeed, it is widely recognised that modularity and standardisation of technical elements facilitate assembling and disassembling processes, product retrieval in the market, as well as maintenance and replacement operations. In particular, these characteristics may represent a potential lever for the activation of the first proposed organisational model, i.e. "Rent contract as a support for re-manufacturing", since the short-term rental implies frequent assembly/

l'immissione in un mercato alternativo. In questo senso, l'attuale normativa vigente tarda, infatti, a fornire supporto all'ottenimento di adeguate certificazioni volte al secondo utilizzo dei prodotti caratterizzati da performance residue. Inoltre, gli stakeholder rilevano criticità e rischi significativi rispetto all'assunzione di responsabilità sui prodotti di cui non si conosce l'origine e di cui non è possibile misurarne e certificarne le prestazioni. Tale difficoltà apre al tema del monitoraggio delle condizioni dei prodotti in fase di esercizio, oneroso e scarsamente praticato ma indispensabile al fine di tracciare le informazioni dei prodotti per nuovi futuri utilizzi.

A fronte di queste barriere, si individuano alcuni bisogni prioritari per l'attivazione dei modelli organizzativi proposti. Tra questi, alcuni risultano già noti e condivisi in letteratura e nelle pratiche professionali, come ad esempio la definizione di soluzioni di compromesso tra modularità e personalizzazione dei prodotti. Infatti, è riconosciuto come la modularità e la standardizzazione degli elementi tecnici agevola le attività di assemblaggio e disassemblaggio, il reperimento dei prodotti sul mercato e le operazioni di manutenzione e sostituzione. In particolare, queste caratteristiche possono rappresentare una leva all'attivazione del primo modello proposto "Contratto di noleggio a supporto del *re-manufacturing*", in quanto il noleggio a breve termine implica frequenti operazioni di montaggio/smontaggio da effettuarsi in tempi ristretti e senza alterare l'integrità dei prodotti. Inoltre, l'utilizzo di prodotti standardizzati favorisce la ricollocazione degli stessi in diversi contesti incrementandone i cicli di utilizzo a servizio di un maggior numero di clienti. Altri bisogni appaiono oggi poco approfonditi nonostante la loro cruciale importanza quali elementi abilitanti di modelli circolari. Gli *stakeholder*, in-

disassembly activities to be carried out in short timeframes and without altering the product's integrity. Moreover, the use of standardised products favours the relocation of these products in multiple contexts, increasing the number of use cycles serving a greater number of customers.

Other needs appear to be less explored so far, despite their relevance as circular model enablers. Indeed, stakeholders express a growing demand for both procedure and methodological guidelines – needed to understand the real possibilities of product re-manufacturing – and regulatory frameworks, aimed at defining new procedures and new bodies for re-manufactured product certifications (e.g. controlled value chain label).

Moreover, re-manufacturing requires the definition of new professional figures that own adequate cross-sectoral skills, including know-how on sustainability,

circular economy and eco-design, as well as competence on technical and operational aspects linked to the building process along the whole product life cycle.

A further identified need concerns the policy tools and incentives oriented to promote re-manufacturing activities and "green" requirements within tender procedures. In particular, the strategic role of the latter to raise awareness on circular practices is unanimously recognised by the involved offer-side and demand-side stakeholders.

Conclusions

The growing attention on the issues of circular economy and re-manufacturing is evidenced by a variety of experiences in different business sectors. The construction sector acknowledges the importance of such practices in order to achieve environmental and economic sustainability goals. With

fatti, esprimono una crescente domanda sia di linee guida procedurali e metodologiche, utili a comprendere le reali possibilità di *re-manufacturing* dei prodotti, sia di apparati normativi volti a definire nuove procedure e soggetti preposti alla certificazione di prodotti rilavorati (es. etichetta di filiera controllata). Inoltre, le pratiche di *re-manufacturing*, oltre a rendere necessaria la creazione di reti di *stakeholder*, richiedono la definizione di nuove figure professionali dotate di competenze trasversali che includono sia le tematiche di sostenibilità, economia circolare ed eco-design, sia gli aspetti tecnico-operativi legati alle fasi del processo edilizio lungo l'intero ciclo di vita del prodotto. Una ulteriore esigenza riguarda gli strumenti di *policy* e incentivi a supporto della promozione delle attività di *re-manufacturing* e requisiti "green" nell'ambito delle gare di appalto. In particolare, queste ultime sono ritenute dagli stakeholder strategiche al fine di sensibilizzare la domanda rispetto alle pratiche circolari, stimolando di conseguenza anche l'offerta.

Conclusioni

L'attuale attenzione ai temi dell'economia circolare e del *re-manufacturing* è testimoniata da molteplici esperienze in diversi settori di *business*. Il settore delle costruzioni riconosce l'importanza di tali pratiche al fine di raggiungere obiettivi di sostenibilità ambientale ed economica. Con l'intento di fornire un contributo utile a promuovere modelli circolari nel settore, il paper identifica chiavi interpretative di approcci circolari innovativi e modelli organizzativi basati sul *re-manufacturing*. Il confronto con stakeholder ed esperti di settore ha condotto all'individuazione dei principali bisogni degli operatori, che aprono a diverse linee di ricerca.

the aim of providing a useful input for promoting circular models within the sector, the paper presents the key features of innovative circular approaches and organisational models based on re-manufacturing. The dialogue with stakeholders and experts in the field has led to the identification of the main needs of operators, opening up different research outlooks.

Firstly, the development of tools to raise awareness and guide design, supply and management operators, including procedural and methodological guidelines to support administrative, certification and contractual processes related to the implementation of re-manufacturing practices. Secondly, the drawing up of innovative *design for re-manufacturing* practices aimed at offering reversible building products, thus easily disassembled and with rework potential, in order

to multiply the use cycles. Finally, the creation of a supply chain for re-manufacturing, based on aggregative forms of collaboration able to overcome the natural fragmentation of traditional organisational structures.

These outlooks constitute an opportunity for *networks* between heterogeneous operators (customers, designers, artisan networks and the third sector), identifying new synergies necessary to establish the market conditions useful for the activation of circular re-manufacturing practices in the construction sector.

NOTES

⁰ The article, whose proponents are researchers under 35, after having passed the abstract acceptance phase and the subsequent refereeing carried out in a "double blind" mode, obtained from the Techne Board a deserving evaluation for its publication with the No-Pay logic.

In primo luogo, lo sviluppo di strumenti per sensibilizzare e orientare gli operatori della progettazione, fornitura e gestione, tra cui linee guida procedurali e metodologiche a supporto dei processi amministrativi, certificativi e contrattuali legati all'implementazione di pratiche di *re-manufacturing*. In secondo luogo, la definizione di pratiche innovative di *design for re-manufacturing* orientate all'offerta di prodotti edilizi reversibili, quindi facilmente disassemblabili e con potenzialità di rilavorazione, volte a moltiplicare i cicli di utilizzo. Infine, la creazione di una filiera per il *re-manufacturing*, basata su forme aggregative di collaborazione in grado di superare la naturale frammentazione delle strutture tradizionali.

Tali prospettive rappresentano una occasione di *network* tra operatori eterogenei (clienti, progettisti, reti di artigiani e terzo settore), individuando nuove sinergie necessarie per instaurare le condizioni di mercato utili all'attivazione di pratiche circolari di *re-manufacturing* nel settore delle costruzioni.

NOTE

^o L'articolo, i cui proponenti sono ricercatori *under 35*, dopo aver superato la fase di accettazione dell'abstract e il successivo referaggio effettuato con modalità "double blind", ha ottenuto, da parte del Board di Techne, una valutazione meritevole per la sua pubblicazione con la logica *No-Pay*.

REFERENCES

- Ardente F., Peiró, L.T., Mathieux, F. and Polverini, D. (2018), "Accounting for the environmental benefits of remanufactured products: Method and application", *Journal of cleaner production*, Vol. 198, pp.1545-1558.
- Benoy, A., Owen, L. and Folkerson, M. (2014), *Triple Win: The Economic Social and Environmental Case for Remanufacturing*, All Party Parliamentary Sustainable Resource Group and All Party Parliamentary Manufacturing Group, London, UK.
- Bernat, P. (2019), "Reducing Confusion, Disagreement around Service Terms and Definitions", *Biomedical instrumentation & technology*, Vol. 53, n. 2, pp.160-160.
- Butzer, S. and Schötz, S. (2016), "Map of re-manufacturing processes landscape", European Remanufacturing Network, available at: https://www.remanufacturing.eu/assets/pdfs/ERN_DeliverableReport_WP3_Processes_final_for_upload-1.pdf (accessed 8 February 2021).
- D'Adamo, I. and Rosa, P. (2016), "Remanufacturing in industry: advices from the field", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 86, n. 9-12, pp. 2575-2584.
- European Commission (2020), "Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe", available at: https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf (accessed 8 February 2021).
- Gallo, M., Romano, E. and Santillo, L.C. (2012), "A perspective on remanufacturing business: issues and opportunities", *International trade from economic and policy perspective*, Vol. 209.
- Gunasekara, H., Gamage, J. and Punchihewa, H. (2018), "Remanufacture for Sustainability: A review of the barriers and the solutions to promote remanufacturing", *Proceedings of International Conference on Production and Operations Management Society (POMS)*, pp. 1-7.
- Ijomah, W.L. (2008), "A tool to improve training and operational effectiveness in remanufacturing", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 21, n.6, pp. 676-701.
- King, A.M., Burgess, S.C., Ijomah W. and McMahon C.A. (2006), "Reducing waste: repair, recondition, remanufacture or recycle?", *Sustainable development*, Vol. 14, n. 4, pp. 257-267.
- Osservatorio del Mercato Immobiliare (2017), *Rapporto Immobiliare 2017. Immobili a destinazione terziaria, commerciale e produttiva*. Pubblicazioni OMI.
- Osterwalder, A. and Pigneur, Y. (2010), *Business Model Generation*, Osterwalder & Pigneur, Lausanne, Switzerland.
- Özer, H.S. (2012), "A review of the literature on process innovation in remanufacturing", *International Review of Management and Marketing*, Vol. 2, n. 3, pp. 139-155.
- Parker, D. and Butler, P. (2007), *An introduction to remanufacturing*. Oakdene Hollins Ltd, Aylesbury, UK.
- Parker, D., Riley, K., Robinson, S., Symington, H., Tewson, J., Jansson, K. and Peck, D. (2015), "Remanufacturing market study", European Remanufacturing Network, available at: <https://www.remanufacturing.eu/assets/pdfs/remanufacturing-market-study.pdf> (accessed 8 February 2021).
- Paterson, D.A., Ijomah, W.L. and Windmill, J.F. (2017), "End-of-life decision tool with emphasis on remanufacturing", *Journal of Cleaner production*, Vol. 148, pp. 653-664.
- Rose, C.M. and Stegemann, J.A. (2018), "Characterising existing buildings as material banks (E-BAMB) to enable component reuse", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability*, Vol. 172, n. 3, pp. 129-140.
- Sundin, E. and Bras, B. (2005), "Making functional sales environmentally and economically beneficial through product remanufacturing", *Journal of cleaner production*, Vol. 13, n. 9, pp. 913-925.
- Talamo, C. and Migliore, M. (2017), *Le utilità dell'inutile. Economia circolare e strategie di riciclo dei rifiuti pre-consumo per il settore edilizio*, Maggioli.
- Talamo, C., Lavagna, M., Monticelli, C., Atta, N., Giorgi, S. and Viscuso, S. (2019), "Re-NetTA. Re-manufacturing networks for tertiary architectures", in Della Torre, S., Cattaneo, S., Lenzi, C. and Zanelli, A. (Eds.), *Regeneration of the Built Environment from a Circular Economy Perspective*, Springer Nature, pp. 303-314.
- Vezzoli, C., Ceschin, F., Osanjo, L., M'Rithaa, M.K., Moalosi, R., Nakazibwe, V. and Carel Diehl, J. (2018), *Designing sustainable energy for all: sustainable product-service system design applied to distributed renewable energy*, Springer Nature.
- Yang, S.A.R., Kaminski, J. and Pepin, H. (2018), "Opportunities for industry 4.0 to support remanufacturing", *Applied Sciences*, Vol. 8, n. 7, pp. 1177.