

Antonio Magarò,

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi Roma Tre, Roma, Italia

antonio.magarò@uniroma3.it

Abstract. Durante la pandemia, la condizione di fragilità ha discriminato l'accesso ai percorsi di cura, senza favorire la deospedalizzazione. L'architettura ha il dovere di fornire risposte adeguate alle esigenze abitative post-Covid. La proposta raccoglie i risultati di una ricerca su modelli residenziali in grado di costituire cellule ecosistemiche interconnesse in agglomerati insediativi intelligenti. L'obiettivo è sperimentare la transizione verso la *smart city*, sfruttando l'innovazione tecno-tipologica per favorire il superamento della fragilità in casa. Si dettaglia l'evoluzione del prototipo IDEAs (*Intelligent Domestic Ecosystem for an Ageing Society*) quale modello abitativo integrato da un sistema finalizzato al monitoraggio e supporto delle attività di vita quotidiane dell'anziano fragile.

Parole chiave: Ecosistemi domestici; Utenti fragili; Abitazioni per anziani; Invecchiamento attivo; *Internet of Things*.

Introduzione

La pandemia ha messo in luce problematiche da affrontare in ottica multidisciplinare. In particolare, l'invecchiamento della popolazione ha trasformato in realtà il monito relativo al carico socioeconomico sui sistemi sanitari.

Dopo due anni, si verifica che il nesso eziologico tra l'età avanzata e la diffusione del virus è vero solo in parte, avvalorando la necessità di una visione ampia, paventata dalla ricerca non strettamente medico-sanitaria (Magarò *et al.*, 2020). Affrontare la questione dell'invecchiamento in relazione alla gravità con cui si manifesta il COVID-19, sovrappone la condizione di anzianità a quella di fragilità, offrendo una lettura semplificata e linee di intervento inadeguate.

Al primo gennaio 2019, gli over-65 costituiscono il 22,8% della popolazione italiana (ISTAT, 2019). Nonostante la pandemia, il 2021 registra un incremento (23,5%). Nel caso specifico degli over-80, colpiti da mortalità elevata da COVID-19, si verifica comunque un incremento (4,48 milioni, ovvero il 7,6% della popolazione). Pertanto, nonostante la virulenza, il processo di

invecchiamento è stato rallentato, per mortalità, esclusivamente in alcune realtà isolate (Fig. 1) (ISTAT, 2021). Tale dato non consente di stabilire eventuali rapporti causali.

Occorre consultare la banca dati dell'Istituto Superiore di Sanità per individuare un nesso tra l'età dei pazienti e il tasso di mortalità. A metà del 2020, il 95,5% dei pazienti deceduti aveva più di 65 anni, mentre l'età media dei pazienti deceduti da inizio pandemia era di circa 80 anni. Inoltre, il tasso di mortalità cresce tra i pazienti di età compresa tra 70 e 79 anni (25,8%) arrivando a punte elevate dopo gli 80 (32%) e dopo i 90 anni (29,1%) (ISS, 2020a). In generale, più del 21% dei deceduti presentava due patologie croniche e addirittura quasi il 60% era affetto da tre o più di esse. Inoltre, anche a causa di un'errata gestione dei flussi di persone, il 47,2% dei contagi è avvenuto in una RSA (ISS, 2020b).

Se da un lato tale rilettura stempera il rischio di mortalità collegato alle fasce d'età, essa impone una riflessione su quanto sia necessario definire quali-quantitativamente la fragilità, in modo che si possa intervenire in maniera multidisciplinare (Poli, 2020).

Il paper riporta alcuni risultati della ricerca pluriennale, iniziata nel 2018, sul tema delle abitazioni sicure e inclusive per anziani, condotta dal Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi Roma Tre (Responsabile Scientifico Prof. Adolfo F. L. Baratta), che ha visto la collaborazione, in alcune fasi, dell'Università degli Studi di Udine, dello IUAV di Venezia, dell'Università degli Studi di Firenze, del Politecnico di Milano, di Sapienza Università di Roma e dell'ETSAM di Madrid. In particolare, si forniscono i primi risultati relativi alla definizione di soluzioni progettuali di modelli residen-

Intelligent domestic ecosystems for frail elderly

Abstract. During the pandemic, the condition of frailty has discriminated against access to treatment paths, without favouring de-hospitalisation. Architecture has a duty to provide adequate responses to post-COVID housing needs. This proposal collects the results of research on residential models constituting interconnected ecosystem cells in smart neighbourhoods. The goal of the research is to verify the transition towards the smart city, exploiting techno-typological innovation to facilitate overcoming frailty at home. The main results include the evolution of the IDEAs prototype (Intelligent Domestic Ecosystem for an Ageing Society) as a housing model integrated by a system aimed at monitoring and supporting the daily life activities of the frail and elderly.

Keywords: Domestic ecosystems; Frail users; Housing for Elderly; Active and Assisted Living; *Internet of Things*.

Introduction

The pandemic has highlighted some shortcomings to be addressed in a multi-disciplinary perspective. In particular, the ageing of the population has transformed into reality the warning relating to the socio-economic burden on health systems.

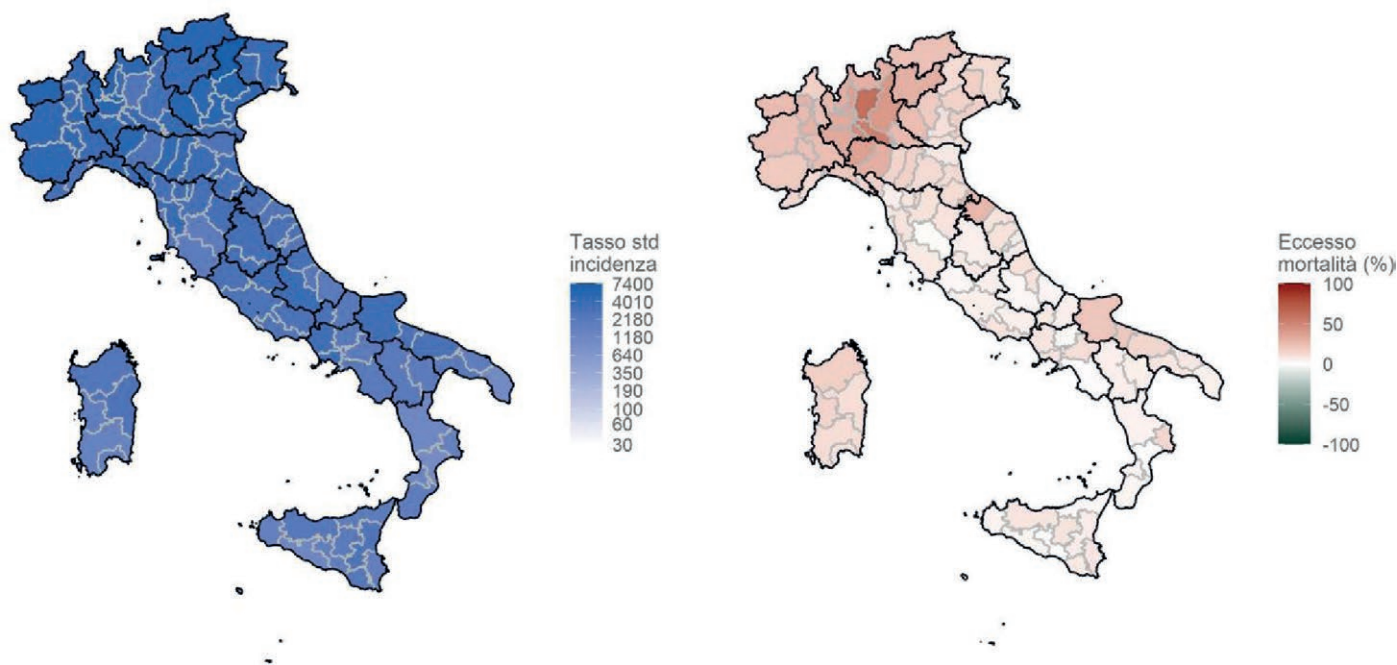
After two years, it has verified that the etiological link between age and the spread of the virus is only partially true, confirming the need for a broad vision, not strictly of a medical kind, which is feared by research (Magarò *et al.*, 2020).

Addressing the issue of ageing in relation to the severity with which COVID-19 manifests itself overlaps the condition of ageing with frailty, offering a simplified reading that reverberates in inadequate lines of intervention.

At the beginning of 2019, over-65s made up 22.8% of the Italian popula-

tion (ISTAT, 2019). Despite the pandemic, 2021 records an increase in this age group (23.5%). In the case of over-80s, affected by a high mortality rate from COVID-19, there is also an increase (4.48 million or 7.6% of the population). Despite the virulence, the ageing process has been slowed down by mortality, exclusively in some isolated situations (Fig. 1) (ISTAT, 2021). This data does not allow any direct relationships to be established.

The database of the Italian *Istituto Superiore di Sanità* needs to be consulted to identify a link between age and the mortality rate. In mid-2020, 95.5% of deceased patients were over 65, while the average age of patients who had died since the start of the pandemic was around 80. Furthermore, the mortality rate increases among patients aged between 70 and 79 (25.8%), reaching high peaks after 80 (32%) and



ziali evoluti in grado di supportare l'invecchiamento attivo dell'anziano fragile, sfruttando il trasferimento tecnologico dall'ICT all'Architettura.

In particolare, i risultati che si propongono nel presente contributo sono relativi al filone operativo/sperimentale iniziato nel 2020, che si propone di esplorare la prototipazione fisica di un modulo abitativo entro tre anni.

La ricerca, che si inserisce nel filone dell'*Active and Assisted Living* (AAL), si propone di favorire l'invecchiamento attivo degli anziani fragili attraverso l'inclusione sociale multi-scalare, relativa all'abitazione, al vicinato e alla città, introiettando i principi fondativi della *smart city* in ambito residenziale.

after 90 years (29.1%) (ISS, 2020a). In general, more than 21% of the deceased had two chronic diseases and almost 60% had three or more. In addition, also due to the incorrect management of the people flows, 47.2% of infections occurred in an RSA "Residenza Sanitaria Assistenziale" (nursing home) (ISS, 2020b).

If this reinterpretation dilutes the risk of mortality linked to age, it also requires a reflection on how much it is necessary to define the concept of frailty, associating this condition with a series of qualitative and quantitative information so it can intervene in a multi-disciplinary way (Poli, 2020).

This paper reports some results of a multiyear research project which started in 2018 on safe and inclusive housing for an ageing society, held by the Department of Architecture of the Roma Tre University (Scientific Direc-

tor Prof. Adolfo F. L. Baratta), which was conducted with the collaboration of the University of Udine, the IUAV of Venice, the University of Florence, the Polytechnic of Milan, Sapienza University of Rome and the ETSAM of Madrid. First results will be provided with regard to defining innovative design solutions capable of supporting the active ageing of the frail elderly, exploiting the technology transfer from information and communications technology to architecture for the redefinition of advanced residential models.

In particular, the results proposed in this contribution relate to the operational/experimental line started in 2020, which aims to explore the physical prototyping of a housing module within three years.

The research, which is part of the Active and Assisted Living (AAL) main

Utente fragile e anziano fragile

L'utente fragile è un profilo d'utenza all'interno del quale la popolazione anziana è sovrapponevole ad altre categorie. L'anziano fragile possiede una struttura storicizzata, a differenza dell'utente fragile, la cui definizione è contesa (Magarò, 2019). Alla fine degli anni Settanta, vi è la necessità di identificare una categoria di utenti per i quali fosse concomitante l'anzianità, una o più disabilità fisiche e condizioni di vita all'interno di un contesto sociale sfavorevole. Negli anni Ottanta, il dibattito si concentra sull'individuazione di una caratteristica in grado di identificare la fragilità, e sullo stilare una lista di indicatori a supporto di una diagnosi di fragilità. Paradossalmente, l'abbandono della cosiddetta età-di-

topic, aims to promote the active ageing of frail elderly people through multi-scalar social inclusion in relation to housing, neighbourhood and city by introjecting the founding principles of the smart city in the residential sector.

Frail user and frail elderly

Frail user (FU) is a profile within which the ageing society is comparable with other categories. The frail elderly (FE) has a historicised structure, unlike the frail user, whose definition is disputed among the different specialisms (Magarò, 2019). At the end of the 1970s, there was a need to identify a category of users for whom ageing, the presence of one or more physical disabilities and living conditions within an unfavourable social context were concomitant. In the 1980s, the debate focused on a characteristic capable of

identifying frailty and on the drawing up of a list of indicators to support a frailty's diagnosis. Paradoxically, abandoning the so-called age-dependency allows the concept of the FU to be broadened and to better limit the FE: it starts regardless of hospitalisation, favouring the performance of daily activities in daily living environments (Magarò and Baratta, 2019). These are the years in which frailty and disability begin to be distinguished, while the difference between FE and frail patients does not change: the latter group, not hospitalised, weighs on the health system to a lesser extent; however, it significantly influences public spending. This is the case in Italy, where the most onerous welfare services are age-dependent: for every euro per-capita for the mitigation of adult poverty, 6.78 are spent on the welfare of the elderly (ISTAT, 2020).

pendenza consente di ampliare il concetto di utente fragile, e circoscrivere meglio quello di anziano fragile: si inizia a prescindere dall'ospedalizzazione, favorendo le attività negli ambienti di abitudine (Magarò and Baratta, 2019). Sono gli anni in cui si distingue fragilità e disabilità, mentre non muta la differenza tra anziano fragile e paziente fragile: il primo, non ospedalizzato, grava sul sistema sanitario nazionale in maniera inferiore, tuttavia, influenza in maniera rilevante la spesa pubblica. È il caso dell'Italia, in cui i servizi più onerosi per il *welfare* sono le prestazioni età-dipendenti: per ogni euro pro-capite per la mitigazione della povertà degli adulti se ne spendono 6,78 per il *welfare* degli anziani (ISTAT, 2020).

Transizione smart, IoT ed Ecosistemi Domestici

Una *smart city* è permeata da una infrastruttura informatizzata avanzata attraverso la quale

il cittadino e l'amministrazione dialogano. Tuttavia, tale definizione rischia di rappresentare una mera applicazione di tecnologia. La ricerca di Carlo Ratti (2012) distingue tra i termini *smart* e *intelligent*. Attraverso quest'ultimo si fa riferimento all'impiego di processi cognitivi per azioni finalizzate a risolvere problemi. In questo senso, la somiglianza di tale percorso con quelli compiuti dall'intelligenza umana prevede una innovazione di processo. Viceversa, il termine *smart* fa riferimento agli strumenti per la risoluzione dei problemi, alludendo a un'innovazione di prodotto.

Tale differenza contiene la transizione verso la *smart city* e, al contempo, agevola la trasposizione di quest'ultima verso la *smart home*. Dal punto di vista trans-scalare, appare utile ridefinire la *smart city* in chiave cittadino-centrica: «una città si

Smart transition, IoT and home ecosystems

A smart city is permeated by an advanced computerised infrastructure through which the citizen and the administration communicate. This definition represents a mere application of technology. Carlo Ratti (2012) distinguishes between the terms smart and intelligent. The latter refers to the use of cognitive processes for actions aimed at problem solving. In this sense, the similarity of this path with those of human intelligence allows a process innovation. Conversely, the term smart refers to some tools for problem solving, alluding to product innovation.

This difference contains the transition to the smart city and, at the same time, facilitates the transposition of the latter towards the smart home. From a trans-scalar point of view, it appears useful

to redefine the smart city in a citizen-centric way: "a city can be defined as smart when investments in human and social capital and in connection and information infrastructures support sustainable economic development that provides a high quality of life and careful management of resources with participatory decision-making processes" (Magarò *et al.*, 2020). It shifts the attention to the different user profiles, including the FE, who can benefit from smartness to overcome the barriers of the contemporary city.

This user profile foresees that the principles of the smart city are transferred to the residential model to confer requirements of inclusion and safety, arriving at the smart homes concept. Since the 1990s, research has focused on the creation of physical, interactive environments through sensors and actuators connected into a network.

può definire *smart* quando gli investimenti nel capitale umano e sociale, nelle infrastrutture di collegamento e informatiche alimentano uno sviluppo economico sostenibile che preveda un'alta qualità della vita e una gestione oculata delle risorse, all'interno di processi decisionali partecipativi» (Magarò *et al.*, 2020). In tal modo si sposta l'attenzione sui differenti profili di utenza, tra i quali l'anziano fragile, che può fruire della *smartness* per superare le barriere della città contemporanea.

Tale profilo esigenziale prevede che i principi della *smart city* si trasferiscano al modello residenziale, per conferire requisiti di inclusione e sicurezza, addivenendo alle *smart homes*. Dagli anni Novanta, la ricerca è rivolta alla creazione di ambienti fisici e interattivi attraverso sensori e attuatori connessi in rete. Per quanto riguarda l'utente fragile, e in particolare l'anziano fragile il trasferimento tecnologico dal settore ICT a quello dell'Architettura, con lo scopo di incrementare l'AAL, favorendo la deospedalizzazione, si differenzia dalla domotica e contempla molte delle pratiche legate alla telemedicina.

Le *smart homes* implicano l'*Internet of Things* (IoT), espressione attribuita a Kevin Ashton del *Massachusetts Institute of Technology*: alla fine degli anni Novanta, egli sosteneva che una nuova generazione di computer avrebbe utilizzato le reti per lo scambio di informazioni tra le cose (Ashton, 2009). L'interoperabilità tra le cose consente di raccogliere input "dall'ambiente" con lo scopo di attuare modificazioni "dell'ambiente", soddisfacendo le esigenze di uno o più profili di utenza.

La *smart home* si caratterizza per la presenza di reti multilivello (Fig. 2) (Marcelino *et al.*, 2018):

- BAN, (*Body Area Network*), attraverso la quale una serie di sensori scambiano dati;

With regard to the FU and in particular the FE, the technological transfer from the ICT to architecture, with the aim of increasing the AAL and favouring de-hospitalisation, differs from the homeotic application relating itself to telemedicine.

Smart homes imply the presence of Internet of Things (IoT), a term attributed to Kevin Ashton of the Massachusetts Institute of Technology: in the late 1990s, he argued that a new generation of computers would use networks to exchange data and information between things (Ashton, 2009). The interoperability between things allows you to collect inputs "from the environment" with the aim of implementing changes "of the environment", satisfying the needs of one or more user profiles.

The smart home is characterised by the presence of multi-level networks (Fig.

2) (Marcelino *et al.*, 2018):

- BAN (Body Area Network), through which sensors exchange data
 - HAN (Home Area Network) that supports the IoT
 - WAN (Wide Area Network) is the proximity network between the home, the neighbourhood and the national health system.
- The HAN is a bridge between WAN and BAN. Therefore, it consists of a series of levels:
- IoT devices, capable of controlling different aspects of the quality of life of the frail elderly
 - control devices, equipped with an interface for data manipulation and for controlling IoT devices
 - storage services for remote sharing, capable of storing significant amounts of data and always accessible

- HAN, (*Home Area Network*) che supporta l’IoT;
- WAN, (*Wide Area Network*) è la rete di prossimità tra l’abitazione, il vicinato e sistema sanitario nazionale.

La HAN funziona come struttura di raccordo tra WAN e BAN. Pertanto, essa si compone di una serie di livelli:

- dispositivi IoT, in grado di controllare qualità della vita dell’anziano fragile;
- dispositivi di controllo, dotati di un’interfaccia per la manipolazione di dati e per il controllo dei dispositivi IoT;
- servizi di *storage* per la condivisione remota, in grado di conservare rilevanti quantità di dati, sempre accessibili;
- dispositivi mobili, utili al controllo della HAN, anche da remoto.

Un sistema di reti multilivello integrate nell’abitazione ha la potenzialità di trasformarsi in nodo complesso di una ulteriore rete. Essa è un ecosistema, laddove un agglomerato di cellule (i nodi *smart*) grazie a un substrato di supporto (l’infrastruttura informatica) possono relazionarsi, proliferare, garantire sicurezza e inclusione per i propri ospiti ed eventualmente espandersi generando la *smart city*.

Attraverso tale approccio *bottom-up*, si perviene a una forma di *smart city* costruita dal basso, partendo da una categoria di utenti, ovvero gli anziani fragili.

Il prototipo IDEAs

La ricerca è nella fase di progettazione e prototipazione di un

ambiente a basso costo, caratterizzato da interoperabilità ecosistemica. Il prototipo prenderà il nome di IDEAs (*Intelligent Domestic Ecosystem for an Ageing Society*).

Interoperabilità e inclusione ecosistemica, nell’ambito di por-

- mobile devices, useful for controlling the entire HAN, even remotely. A system of integrated multi-level networks in the home has the potential to become a complex node of a further network. This is an ecosystem where, thanks to a support substrate (the IT infrastructure), an agglomeration of cells (smart nodes) can relate, proliferate, ensure security and inclusion for their guests and possibly expand, generating the smart city.

Through this bottom-up approach, at the result is a smart city built from below, starting from a category of users: the FE.

The IDEAs prototype

The research is in the design phase of a low-cost environment, characterised by ecosystemic interoperability. The prototype will take the name IDEAs: an acronym for Intelligent Domestic

Ecosystem for an Ageing Society. Ecosystemic interoperability and inclusion, in the context of widespread urban portions, overcome the concept of neighbourhood, favouring the social relations of the frail elderly. In fact, through the multi-level network, IDEAs is able to maintain constant communication with caregivers and health databases, favouring assistance even in the absence of a direct call.

IDEAs (Fig. 3) consists of an in-home physical structure, integrated by a widespread hardware infrastructure (structure) and a control device consisting of a fixed unit (core) and a wearable unit (cell).

The structure is a network of sensors and actuators, in addition to complex components. The following are in test phase: temperature, humidity, atmospheric pressure, indoor air quality, presence of harmful gases, presence

zioni urbane diffuse, superano il concetto di vicinato, favorendo le relazioni sociali dell’anziano fragile. Infatti, attraverso la rete multilivello, IDEAs è in grado di mantenere una comunicazione costante con i *caregivers* e i database sanitari, favorendo l’assistenza anche in assenza di chiamata diretta.

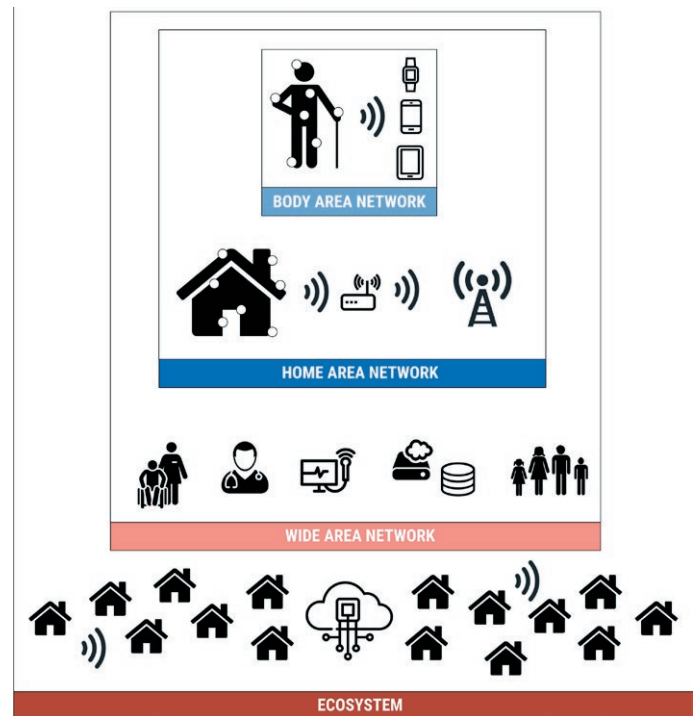
IDEAs (Fig. 3) si compone di una struttura fisica residenziale, integrata da un’infrastruttura hardware diffusa (*Structure*) e un dispositivo di controllo composto da un’unità fissa (*Core*) e una indossabile (*Cell*).

La *Structure* è una rete di sensori e attuatori, oltre ai componenti complessi. Sono attualmente in fase di test i sensori di: temperatura, umidità, pressione atmosferica, qualità dell’aria *indoor*, presenza di gas nocivi, presenza di liquidi sul pavimento, rilevatori dell’intensità luminosa, ricevitori di raggi infrarossi, rilevatori di fiamma, sensori di movimento, etc. La gamma di attuatori è altrettanto vasta (Magarò, 2020).

La *Structure* provvede anche alla gestione di schede *bluetooth*, lettori RFID, moduli GSM, moduli GPS, etc.

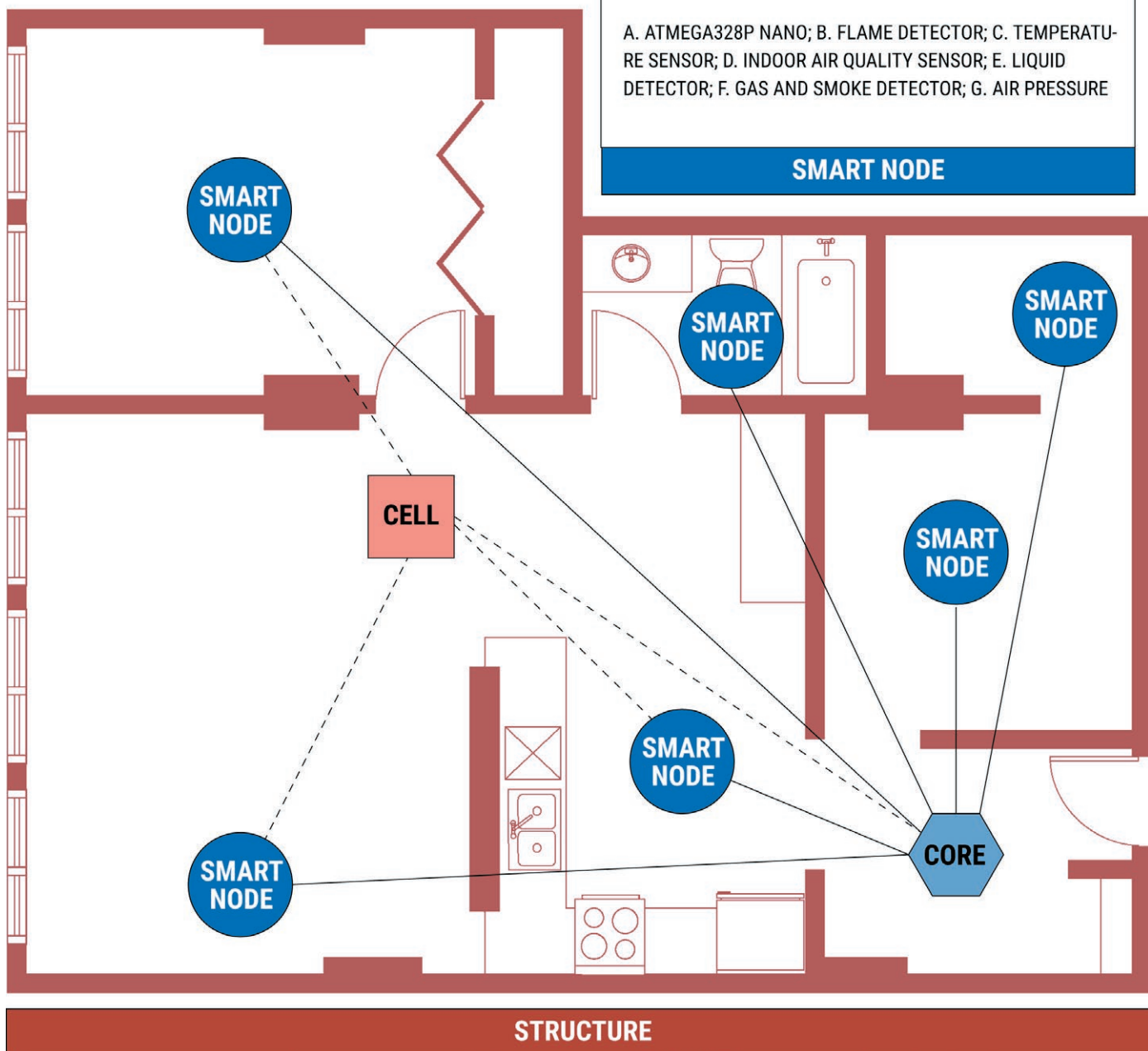
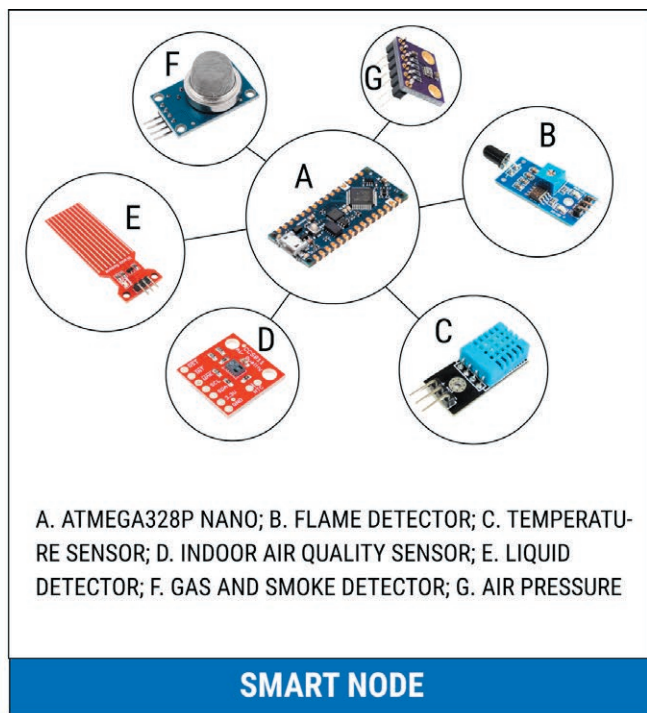
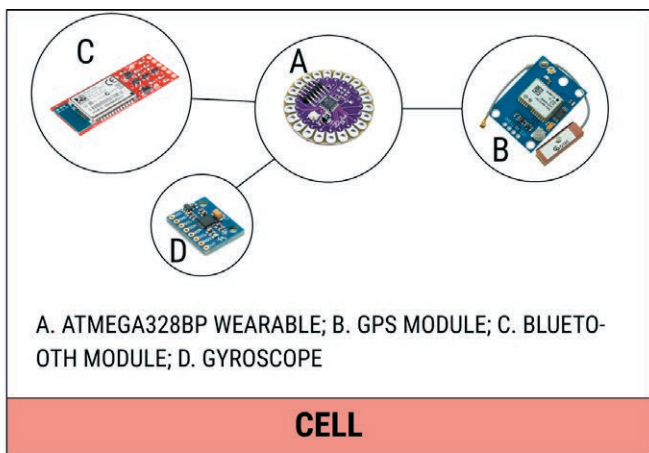
Il *Core* ospita un microcontrollore in grado di interpretare gli input provenienti dai sensori e pilotare gli attuatori. Esso è deputato a ospitare quegli attuatori preposti alla visualizzazione delle informazioni e si integra con il router domestico per garantire la connessione costante alla rete multilivello.

Structure e *Core* coadiuvano la *Cell* che è un dispositivo indossabile sul quale è montato un microcontrollore autonomo



| 02

03 |



Tab. 01 | Distanza di rilevamento
 Detection distance

e una serie di sensori con lo scopo di monitorare le condizioni dell'anziano fragile, nell'ambito della BAN. La *Cell* può registrare i dati relativi alla temperatura, alla qualità del sonno o al battito cardiaco. Inoltre, dal momento che tale dispositivo è indossabile, dotandolo di un accelerometro è possibile individuare eventuali cadute, consentendo di attivare i soccorsi. Infine, dal momento che la *Cell* è in costante comunicazione con il *Core*, è possibile che il sistema acquisisca dati relativi alla posizione dell'utente all'interno dell'ambiente domestico anche al di fuori o nella rete ecosistemica (Fig. 4).

Indoor Positioning System Con lo scopo di operare il tracciamento della posizione dell'anziano fragile nell'Ecosistema Domestico, si sperimenta un sistema di localizzazione, in relazione con il *Core* di IDEAs con impatto limitato sui consumi energetici, mediante IoT. Con lo scopo di semplificare l'elettronica della *Cell*, si è deciso di utilizzare come dispositivo tracciato uno *smartphone*. Si è optato per la tecnologia BLE, ovvero *Bluetooth Low Energy*, all'interno dei *beacon*. Sono dispositivi miniaturizzati che emettono segnali bluetooth a frequenze e potenze programmabili che possono essere rilevati dagli *smartphone*. Per essere individuato, lo *smartphone* necessita di un'applicazione specifica. Pertanto, ne è stata realizzata una con l'unica funzione di rilevare il segnale. Successivamente, sono stati eseguiti dei test per valutare la portata, la verifica degli errori di rilevazione, l'incidenza degli ostacoli, e la misura dei tempi di rilevazione. I test sono stati effettuati con frequenze di emissione del segnale BLE variabili tra 1/50 ms e 1/1000 ms, mentre la potenza è stata

of liquids on the floor, light intensity detectors, infrared ray receivers, flame detectors, motion sensors, etc. The range of actuators is even wider. The structure also manages Bluetooth cards, RFID readers, GSM modules, GPS modules, etc. The core is a microcontroller capable of interpreting the inputs coming from the sensors and driving the actuators. It is responsible for hosting those actuators that display information. It integrates with the home router to ensure constant connection to the multi-level network. These devices assist the cell, which is a wearable device on which an autonomous microcontroller is mounted, with a series of sensors for monitoring the physical and health conditions of the FE inside the BAN. If the structure acquires environmental data, the cell can record data relating to the tem-

perature, sleep quality or heartbeat of the frail elderly. Furthermore, since this device is wearable, by equipping it with an accelerometer, it is possible to identify any falls, allowing emergency services to be activated. Finally, since the cell is in constant communication with the core, it is possible for the system to acquire data relating to the user's position within the home environment as well as outside or in the ecosystem network (Fig. 4).

Indoor positioning system
 With the aim of tracing the position of the FE in the domestic ecosystem, a localisation system was tested through IoT in relation to the core of IDEAs, with limited impact on energy consumption. With the aim of simplifying the electronics of the cell, it was decided to use a smartphone as a tracked device. It opted for BLE technology, or



Transmission power [dBm]	Maximum distance declared [m]	Maximum distance outdoor [m]	Maximum distance indoor [m]
-30	1,5	2	2,5
-20	3,5	13	10
-16	7	16	14
-12	15	16	14

variata tra -16 e -20 dBm, in accordo con la letteratura (Yoon et al., 2018).

I test sulla portata sono stati effettuati sia *indoor* sia *outdoor*. Si verifica (Tab. 1) che le specifiche del prodotto sono conformi ai dati rilevati. Inoltre, si rileva che non vi sono differenze sensibili al variare della potenza.

La verifica degli errori ha previsto l'esecuzione di 100 prove alle potenze di -20 dBm e -16dBm, facendo variare la frequenza da 1/50 ms a 1/1000 ms. Si classifica come errore la mancata rilevazione del segnale. Si verifica (Fig. 5) che sia l'aumento della distanza di rilevazione sia la diminuzione della frequenza comportino un incremento dell'errore, sebbene quello più influente è la frequenza.

Nel caso della rilevazione in presenza di ostacoli, la prova è stata eseguita alla distanza fissa di 4 m (intermedia tra l'errore nul-

Bluetooth Low Energy, inside the beacons. They are miniaturised devices that emit Bluetooth signals at programmable frequencies and powers that can be detected by smartphones. To be identified, the smartphone needs a specific application. Therefore, a rudimentary one was created with the sole function of detecting the signal. Subsequently, tests were carried out to assess the range, the verification of detection errors, the incidence of obstacles and the measurement of detection times. The tests were carried out with BLE signal emission frequencies varying between 1/50 ms and 1/1000 ms, while the power varied between -16 and -20 dBm according to literature data (Yoon et al., 2018). Range tests were carried out both indoors and outdoors. It was verified (Tab. 1) that the product specifications complied with the data collected. Furthermore, it was noted that

there were no appreciable differences as the signal strength varied. The verification of errors involved the execution of 100 tests at powers of -20 dBm and -16dBm, varying the frequency from 1/50 ms to 1/1000 ms. Failure to detect the signal was classified as an error. It was found (Fig. 5) that both the increase in the detection distance and the decrease in the frequency led to an increase in the error. However, the most influential is frequency. In the case of detection in the presence of obstacles, the test was performed at a fixed distance of 4 m (intermediate between the zero error at 0 m and significant error at 8 m) by varying the frequency between 1/300 ms and 1/1000 ms. The obstacles considered were the walls, to define whether a device was in an environmental unit, and the proximity of the device or beacon to a person. The results (Tab. 2) indi-

Tab. 02 | Incidenza di ostacoli nell'errore di rilevazione
Incidence of obstacles in the detection error

Tab. 03 | Tempi di rilevazione in relazione ad errori riscontrati
Detection times and errors found

lo a 0 m e errore rilevante a 8 m) facendo variare la frequenza tra 1/300 ms e 1/1000 ms. Gli ostacoli considerati sono state le pareti, per definire se un dispositivo si trovasse o meno in una unità ambientale, e la vicinanza del dispositivo o del *beacon* con una persona. I risultati (Tab. 2) indicano che sopra la frequenza di 1/500 ms il segnale viene rilevato con errore <10% attraverso una parete di divisione di massa pari a 225 kg/m² e spessore 10 cm. Il segnale non viene rilevato se la parete raggiunge lo spessore di 20 cm e la massa di 390 kg/m².

La presenza di ostacoli di piccole dimensioni, come una persona, sono influenti alla distanza di 1 m sia dalla sorgente sia dal dispositivo tracciato. Viceversa, se questi si trovano a pochi cm dal *beacon* o dall'anziano fragile costituiscono un problema. Infine, per quanto riguarda i tempi di rilevazione (Tab. 3) essi sono direttamente proporzionali alla frequenza. Tale dato trova significato nella difficoltà nell'elaborare una quantità di segnali maggiore da parte del dispositivo, nell'unità di tempo. Si sottolinea che frequenza di rilevamento ed errore sono inversamente proporzionali. Se ne deduce che una maggiore efficacia si paga con una minore efficienza.

Conclusioni

Le correlazioni tra pandemia e fragilità dell'anziano hanno generato processi di innovazione del *welfare* territoriale. Il protrarsi dell'emergenza, in un contesto demografico inequivocabile, impone una riorganizzazione dell'abitare, assicurando integrazione tra servizi sanitari domiciliari e socio-assistenziali. Lo scopo è quello di preservare l'anziano fragile dalla malattia e dall'isolamento correlato al distanziamento sociale, favorendo

cate that above the frequency of 1/500 ms, the signal is detected with error <10% through a partition wall of mass equal to 225 k/m² and a thickness of 10 cm. The signal is not detected if the wall has a thickness of 20 cm and a mass of 390 kg/m².

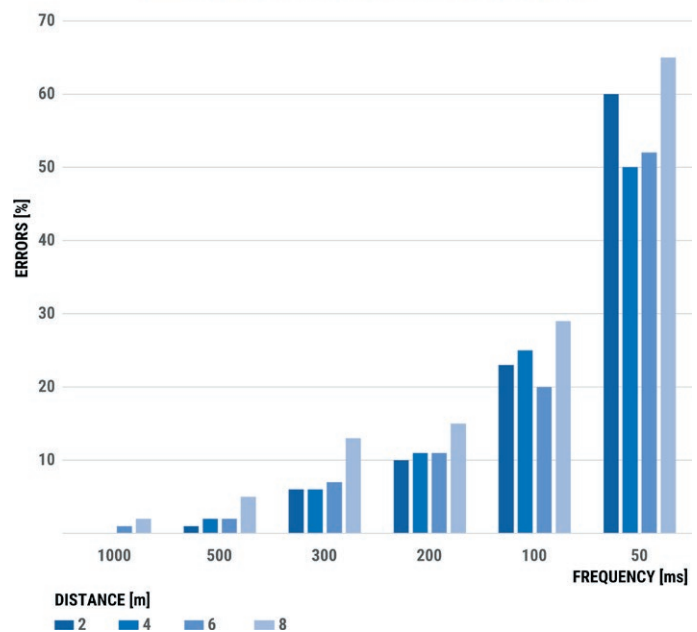
The presence of small obstacles, such as a person, are irrelevant at 1 <m both from the source and from the tracked device. Conversely, if these are located a few cm from the beacon or AF they are a problem.

Finally, as regards the detection times (Tab. 3), they are directly proportional to the frequency. This data finds meaning in the difficulty in processing a greater number of signals by the device in the unit of time. It is emphasised that the detection frequency and the error are inversely proportional. It follows that greater effectiveness pays off with less efficiency.

Conclusions

The correlations between the pandemic and the frailty of the elderly have generated innovation processes in territorial welfare. The protraction of the emergency, in an unequivocal demographic context, requires a re-organisation of housing models, ensuring integration between in-home health and social welfare services. The aim is to preserve the frail elderly not only from illness but above all from isolation related to social distancing, promoting inclusion and safety, in addition to remaining at home.

The technology transfer from ICT to architecture allows for experiments aimed at the creation of intelligent home ecosystems, capable of supporting the FEs in their daily activities. In particular, the research has set the target of defining the methods of technological integration through a



Obstacle	1/1.000 ms	1/500 ms	1/300 ms
Wall 390 kg/m ²	100%	100%	100%
Wall 225 kg/m ²	2%	8%	34%
Subject to 1m from the receiver	1%	3%	6%
Subject adjacent to the receiver	33%	45%	52%
Subject to 1m from the beacon	1%	6%	15%
Subject adjacent to the beacon	30%	24%	42%

| Tab. 02

Frequency	Average time	Minimum time	Maximum time	Error
1/500 ms	3,51 s	3,40 s	3,98 s	1%
1/300 ms	2,15 s	2,05 s	3,79 s	6%
1/200 ms	1,65 s	2,03 s	3,75 s	10%
1/100 ms	1,53 s	0,70 s	3,06 s	21%

| Tab. 03

bottom-up approach for the smart city. Currently being tested, the IDEAs prototype aims to become a low-cost modular support infrastructure, as well as open source.

The first experiments involved the verification of an indoor positioning system based on BLE technology.

Finally, before the prototyping phase, the research will focus on the possibility of displaying contents in augmented or virtual reality aimed at connecting the doctor with the FE, breaking down the barriers of social distancing, avoiding any risk linked to infections and to weakening hospital access (Formica and Magarò, 2018).

Following the completion of the research, one of the results will be the creation of a start-up in the AAL sector.

do inclusione, sicurezza e permanenza in casa. Il trasferimento tecnologico dall'ICT all'Architettura consente di operare sperimentazioni sulla creazione di Ecosistemi Domestici Intelligenti, in grado di supportare l'anziano fragile nelle attività quotidiane. In particolare, la ricerca si è posta l'obiettivo di definire le modalità di integrazione tecnologica mediante un approccio *bottom-up* alla transizione verso la *smart city*. Attualmente in fase di sperimentazione, il prototipo IDEAs si propone di diventare una infrastruttura di supporto, modulare, a basso costo, e *open-source*.

Le prime sperimentazioni hanno previsto la verifica di un *Indoor Positioning System* basato sulla tecnologia BLE.

Si sollevano alcune problematiche: nel caso di applicazione per Ecosistemi Domestici, la tecnologia va integrata con il GPS e con il WiFi per una rilevazione più accurata; inoltre, per evitare l'aggiornamento continuo, si deve collegare al *Core* un database o un *Cloud* in modo da sfruttare la localizzazione precedente per velocizzare il calcolo della successiva. Infine, il tracciamento comporta problematiche legate alla privacy, tuttavia la presenza di applicazioni installabili sul proprio *smartphone* consentono di accettare i termini di legge prima dell'uso.

Prima della prototipazione, la ricerca si concentrerà sulla possibilità di proiettare contenuti in realtà aumentata o virtuale finalizzati a connettere il medico con l'anziano fragile abbattendo le barriere del distanziamento sociale, evitando ogni rischio legato ai contagi e depotenziando gli accessi ospedalieri (Formica and Magarò, 2018).

A seguito del completamento della ricerca, uno dei risultati sarà la creazione di una *start-up* nel settore AAL.

REFERENCES

- Ashton, K. (2009), "That 'Internet of Things' thing", *RFID Journal*, Vol. 12, p.122.
- Formica, G., Magarò, A. (2018), "Abitazioni per anziani: nuove tecnologie per la fruizione dello spazio domestico", in Baratta, A. et al., (Eds.) *Abitazioni Sicure e Inclusive per Anziani*, Anteferma, Conegliano (TV), pp. 347-356.
- ISS (2020a), "Epidemia Covid-19. Aggiornamento nazionale 26 maggio 2020 ore 16.00", *Istituto Superiore di Sanità*, Roma, Italia.
- ISS (2020b), "Caratteristiche dei pazienti deceduti positivi all'infezione da SARS-CoV-2 in Italia. Dati al 28 maggio 2020", *Istituto Superiore di Sanità*, Roma, Italia.
- ISTAT (2019), "Indicatori demografici. Stime per l'anno 2018", available at: www.istat.it (accessed 17 September 2021).
- ISTAT (2020), "La spesa dei Comuni per i servizi sociali. Anno 2017", available at: <https://www.istat.it/it/files/2020/02/Report-Spesa-sociale-dei-comuni.pdf> (accessed 17 September 2021).
- ISTAT (2021), "Indicatori demografici. Anno 2020", available at: www.istat.it (accessed 17 September 2021).
- Magarò, A. (2020), *Involucri Abitabili Adattivi. Metodologia sistemica di ri-generazione urbana*. Dipartimento di Architettura, Università degli Studi Roma Tre, Roma.
- Magarò, A., Baratta, A. and Finucci, F. (2020), "Intelligent Domestic Ecosystems: Innovative Housing Models for Fragile Elderly", *European Journal of Creative Practices in Cities and Landscapes*, Vol. 3, n. 2, pp. 69-87.
- Magarò, A. (2019), "Ergonomia cognitiva negli ecosistemi domestici aumentati per un'utenza fragile" in Baratta, A. et al., (Eds.) *Abitare Inclusivo, un progetto per una vita autonoma e indipendente*, Anteferma, Conegliano (TV), pp. 340-349.
- Magarò, A. and Baratta, A. (2019), "Machine Learning e architetture sicure e inclusive per l'utenza fragile", *Agathón, International Journal of Architecture, Art and Design*, 5, pp. 109-116.
- Marcelino, I., Laza, R., Domingues, P., Gómez-Meire, S., Fdez-Riverola, F. and Pereira, A. (2018), "Active and Assisted Living Ecosystem for the Elderly", *Sensors*, Vol. 18, pp. 1245-1263.
- Poli, S. (2020), "Invecchiamento e Coronavirus: la costruzione sociale del rischio e la marginalizzazione degli anziani oltre il lockdown", *Società, mutamento, politica*, Vol. 11, pp. 21, pp. 271-280.
- Ratti, C. (2012), "Smart City", *Wired*, Vol. 3, pp. 37-45.
- Yoon, J. H., Chung, I. and Lee, Y.H. (2018), "Location estimation technique in Bluetooth beacon based indoor positioning systems", in Hwang, S.O., Tan, S.Y. and Bien, F. (Eds.) *Proceedings of the Sixth International Conference on Green and Human Information Technology*, Springer, Chiang Mai (THA), pp. 41-44.