

Il progetto 4CH e le tecnologie abilitanti nella salvaguardia del Patrimonio Culturale

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Andrea Boeri, <https://orcid.org/0000-0003-1390-2030>
Serena Orlandi, <https://orcid.org/0000-0003-0868-3080>
Rossella Roversi, <https://orcid.org/0000-0002-6192-3437>
Beatrice Turillazzi, <https://orcid.org/0000-0001-5864-2055>
Dipartimento di Architettura, Università di Bologna, Italia

andrea.boeri@unibo.it
serena.orlandi4@unibo.it
rossella.roversi@unibo.it
beatrice.turillazzi@unibo.it

Abstract. L'uso delle tecnologie digitali rappresenta un campo di indagine e sperimentazione aperto e in rapidissima evoluzione. Il presente contributo affronta il loro ruolo nelle attività di salvaguardia del Patrimonio Culturale (PC), attingendo ai risultati di ricerca del progetto H2020 "4CH-Competence Centre for the Conservation of Cultural Heritage" (CC) [GA 101004468]. 4CH muove dalla visione *human-centric* della trasformazione digitale auspicata dall'UE e prevede un approccio interdisciplinare, che combina saperi teorici e pratici, il tutto a supporto di una riflessione sul ruolo delle tecnologie abilitanti, sulle nuove competenze loro associate, sui relativi approcci alla conservazione e valorizzazione del PC e sulla loro integrazione nella cultura tecnica consolidata.

Parole chiave: Competence Centre; Salvaguardia delle risorse culturali; Digitalizzazione; Tecnologie abilitanti; Patrimonio Culturale.

Introduzione

La trasformazione digitale nel settore della salvaguardia e valorizzazione del Patrimonio Culturale (PC), intesa sia come processo volto alla creazione di entità e basi di dati, sia come risultato dell'applicazione di specifiche tecnologie, può rappresentare un fattore chiave per rispondere in maniera olistica, collaborativa e integrata alle esigenze, in costante mutazione, mosse dalle sfide globali che impattano sui beni culturali e naturali, vista la loro fragilità e limitata capacità adattiva (Europeana, 2020; Barbuti and De Bari, 2020).

Il positivo e innovativo supporto fornito dalla digitalizzazione è riconosciuto in molteplici ambiti che includono, ad esempio, le attività di amministrazione, gestione e manutenzione, il monitoraggio attivo del degrado ambientale e la valutazione dei rischi connessi, la ricostruzione dei beni danneggiati o andati distrutti, e la conservazione della memoria (Danesh and Rajabi, 2022).

The 4CH project and enabling technologies for safeguarding the Cultural Heritage

Abstract. The use of digital technologies is an open and very rapidly evolving field of investigation and experimentation. This paper addresses their role in Cultural Heritage (CH) safeguarding activities, drawing on the research results of the H2020 project "4CH-Competence Centre for the Conservation of Cultural Heritage" (CC) [GA 101004468]. 4CH moves from the human-centric vision of digital transformation, advocated by the EU, and envisages an interdisciplinary approach, combining theoretical and practical knowledge, all in support of a reflection on the role of enabling technologies, the new skills associated with them, the CH preservation and enhancement related approaches, and their integration into the established technical culture.

Keywords: Competence Centre; Safeguarding cultural resources; Digitisation; Enabling technologies; Cultural Heritage.

Tra le tecnologie in più rapida e significativa evoluzione, la digitalizzazione 3D, l'*Information and Communication Technology* (ICT), *Augmented Reality* (AV) e *Virtual Reality* (VR), consentono forme efficaci di visualizzazione, ma soprattutto abilitano l'integrazione tra dati spaziali e altre informazioni, storiche e/o dinamiche, generando così nuovi contenuti. Applicazioni che aprono alla creazione di servizi a supporto di musealizzazione, turismo e educazione, favorendo un approccio più accessibile nella forma stessa di esperire cultura e PC, offrendo un terreno di cooperazione tra i diversi attori coinvolti, quali, istituzioni, operatori economici, ricercatori, cittadini, studenti, visitatori e turisti (Bonancini, 2011; Di Giulio *et al.*, 2019).

La digitalizzazione del PC rappresenta una sfida aperta, riconosciuta e affrontata a livello europeo attraverso programmi di finanziamento, politiche di indirizzo e azioni mirate alla sperimentazione delle tecnologie digitali più innovative nel settore culturale e creativo.

Infrastrutture di ricerca con un particolare focus sul PC – come, ad esempio, DARIAH (<https://www.dariah.eu/>), CLARIN (<https://www.clarin.eu/>) o E-RISH (<http://www.e-rihs.eu/>) – hanno contribuito all'accesso e alla conoscenza di strumenti e servizi digitali, mentre numerosi progetti Europei hanno riportato un impatto significativo in termini di implementazione di applicazioni, linee guida, protocolli, modelli e piattaforme – come ad esempio ARIADNEplus (<https://ariadne-infrastructure.eu/>), 3D-ICONS (<http://3dicons-project.eu/>) o Europeaana (<https://www.europeana.eu/it>), per citarne solo alcuni.

Introduction

The digital transformation in the sector of safeguarding and enhancing Cultural Heritage (CH), intended both as a process aimed at the creation of entities and databases, and as a result of the application of specific technologies, can be a key factor to respond in a holistic, collaborative and integrated way to the constantly changing needs moved by the global challenges that impact on cultural and natural heritage, given their fragility and limited adaptive capacity (Europeana, 2020; Barbuti and De Bari, 2020).

The positive and innovative support provided by digitisation is recognised in many areas including, for example, administration, management and maintenance, active monitoring of environmental degradation and risk assessment, the reconstruction of damaged or destroyed CH assets, and the preser-

vation of memory (Danesh and Rajabi, 2022). Among the most rapidly and significantly evolving technologies, 3D digitisation, Information and Communication Technology (ICT), Augmented Reality (AV) and Virtual Reality (VR) allow effective forms of visualisation but, above all, they enable integration between spatial data and other historical and/or dynamic information, thus generating new content. Applications that open up to the creation of services supporting musealisation, tourism and education, encouraging a more accessible approach to experiencing culture and CH, offering a terrain of cooperation between the different actors involved, such as, institutions, economic operators, researchers, citizens, students, visitors and tourists (Bonancini, 2011; Di Giulio *et al.*, 2019).

The digitisation of CH is an open challenge, recognised and addressed at

Il valore riconosciuto alle tecnologie e alle competenze digitali avanzate nell'economia e nella società emerge dagli obiettivi del programma di finanziamento "Digital Europe (DIGITAL)" - sviluppato nella cornice del più generale "DIGITAL Europe Work Programme 2021-2022" (EP and the Council of the European Union, 2021). Il progetto prevede la creazione di un comune *data space* europeo che include il PC tra gli ambiti di interesse individuati: una piattaforma aperta che sosterrà la trasformazione digitale, promuovendo l'accessibilità di set di dati di alto valore, la creazione e il riutilizzo di contenuti nei settori culturali e creativi attraverso la cooperazione intersettoriale e transfrontaliera. Un obiettivo ambizioso che solleva problematiche condivise di tipo tecnologico, di coordinamento, di condivisione, di copyright, di standardizzazione delle procedure, ed evidenzia il necessario miglioramento delle competenze degli operatori (in particolare, in materia di gestione e analisi dei dati, *Artificial Intelligence* (AI), digitalizzazione avanzata, modellazione 3D e tecnologie di realtà aumentata) attraverso programmi di formazione, scambio delle migliori pratiche e collaborazione tra le istituzioni, oltre che la definizione di aggiornate strategie per accelerare la trasformazione digitale del settore. Beni culturali a rischio, edifici, siti e monumenti più visitati dovranno essere in gran parte digitalizzati in 3D entro il 2030, tenendo in considerazione aspetti quali fruitori, alta qualità e preservazione a lungo termine delle risorse (EC, 2021). Una prima risposta a tali raccomandazioni può essere riscontrata nelle risorse impegnate dai programmi di investimento dei Piani Nazionali di Ripresa e Resilienza di alcuni stati membri che prevedono specifiche azioni e strumenti a supporto della digitalizzazione delle risorse culturali (EC, 2022).

European level through funding programmes, policies and actions aimed at testing the most innovative digital technologies in the cultural and creative sector.

Research infrastructures with a particular focus on CH – such as DARIAH (<https://www.dariah.eu/>), CLARIN (<https://www.clarin.eu/>) or E-RISH (<http://www.e-rihs.eu/>) – contributed to the access and knowledge of digital tools and services; while several European projects have reported a significant impact in terms of implementation of applications, guidelines, protocols, models and platforms – such as ARIADNEplus (<https://ariadne-infrastructure.eu/>), 3D-ICONS (<http://3dicons-project.eu/>) or Europeana (<https://www.europeana.eu/it>), to name a few.

The value of advanced digital technologies and skills in the economy and

society emerges from the objectives of the funding programme "Digital Europe (DIGITAL)" – developed within the framework of the most general "DIGITAL Europe Work Programme 2021-2022" (EP and the Council of the European Union, 2021). The project envisages the creation of a common European data space that includes CH among the identified areas of interest: an open platform that will support the digital transformation, promoting the accessibility of high value data sets, the creation and re-use of content in the cultural and creative sectors through cross-sectoral and cross-border cooperation.

An ambitious goal that raises shared issues of technology, coordination, sharing, copyright, standardisation of procedures, and highlights the necessary improvement of operators' skills (in particular, on data management

Lo scenario descritto rimarca l'importanza di definire condizioni comuni su cui fondare il processo di digitalizzazione di beni, servizi e processi che possano migliorare la gestione e la conservazione del patrimonio, capaci di integrare le nuove tecnologie con quelle più consolidate, oltre a soddisfare i bisogni di un ampio target di utenti. Rispetto a tale quadro, le attività di ricerca del progetto Horizon 2020 "4CH – Competence Centre for the Conservation of Cultural Heritage" (GA 101004468, <https://www.4ch-project.eu/>) rappresentano un valido contributo alla riflessione sui diversi aspetti correlati al ruolo delle tecnologie digitali abilitanti applicate alla salvaguardia del PC.

Il ruolo delle tecnologie digitali per il progetto 4CH

Il progetto 4CH, avviatosi nel gennaio 2021 e di durata triennale, lavora alla definizione del quadro metodologico, procedurale e organizzativo per la creazione di un Centro Europeo di Competenza (CC) sui Beni Culturali. La missione del futuro centro sarà fornire consulenza, supporto e servizi all'ampio bacino di utenti del settore, promuovendo l'uso delle tecnologie integrate più all'avanguardia, sviluppando standard e protocolli per facilitarne l'uso più appropriato, trasferendo conoscenze su scienze del patrimonio, opportunità di finanziamento e buone pratiche a livello europeo e internazionale, facilitando il coordinamento e la collaborazione, interdisciplinare e interistituzionale. Una particolare attenzione è rivolta alla modellazione 3D e a soluzioni ICT per la documentazione, la conservazione, la mitigazione del rischio, la preservazione e la valorizzazione di monumenti e siti (Maietti *et al.*, 2021).

4CH costituirà un'infrastruttura di networking su tre livelli, and analysis, Artificial Intelligence (AI), advanced digitisation, 3D modelling and augmented reality technologies) through training programmes, exchange of best practices, and collaboration between institutions, and the definition of up-to-date strategies to accelerate the digital transformation of the sector. It is an ambitious goal that raises common issues related to technology, coordination, sharing, copyright, standardisation of procedures, and highlights the necessary improvement of professional skills (in particular, in the field of management and data analysis, Artificial Intelligence (AI), advanced digitisation, 3D modelling and augmented reality technologies) through training programmes, exchange of best practices, and collaboration between institutions, and the definition of up-to-date strategies to accelerate the digital transformation

4CH costituirà un'infrastruttura di networking su tre livelli,

of the sector. At-risk cultural heritage, most visited buildings, sites and monuments will have to be largely digitised in 3D by 2030, considering aspects such as, users, high quality and long-term preservation of the resources (EC, 2021).

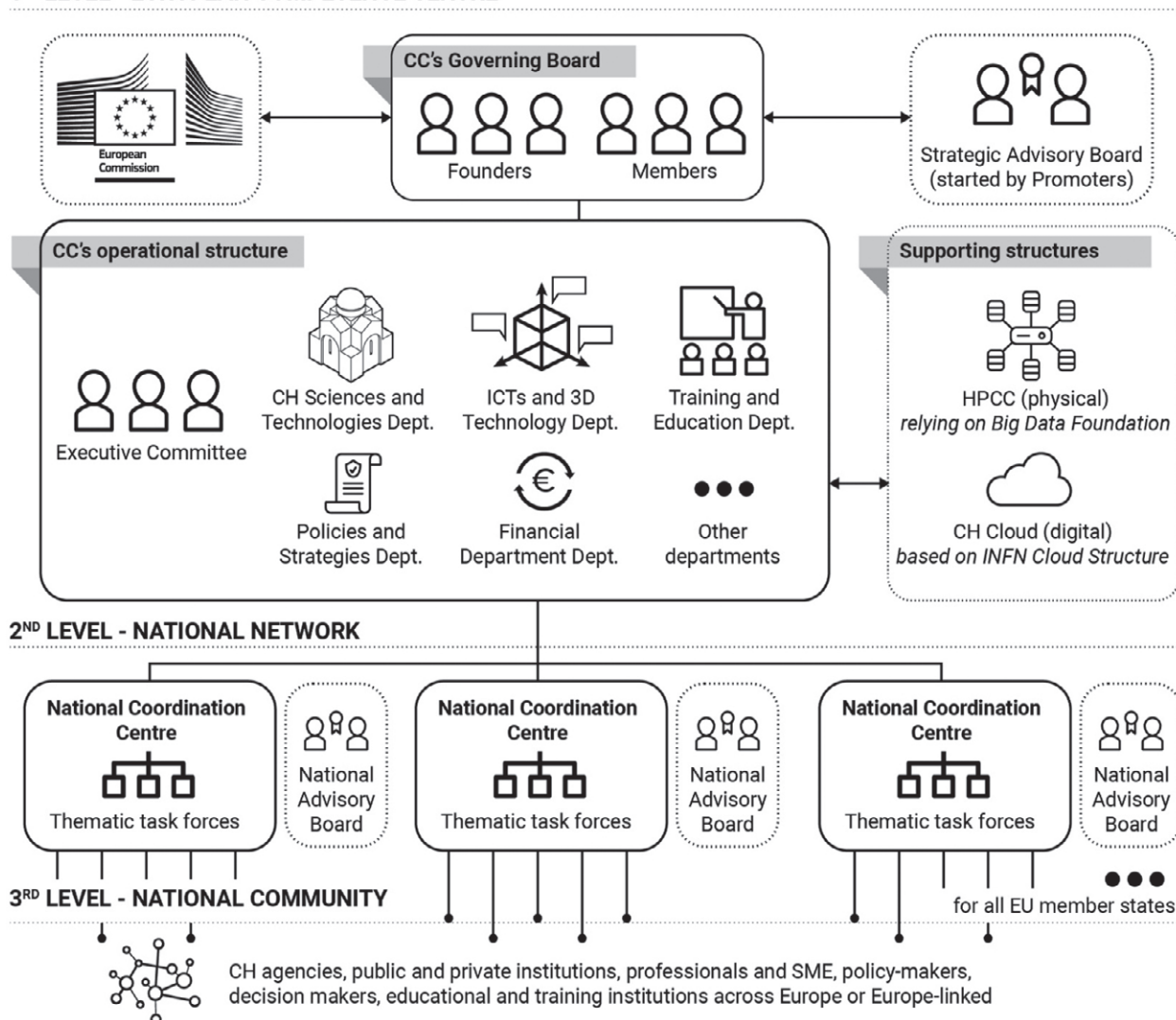
A first response to these recommendations can be recognised in the investment programmes of the National Recovery and Resilience Plans presented by some member states that provide specific actions and tools to support the digitisation of CH (EC, 2022).

The above scenario underlines the importance of defining common conditions on which to base the process of digitisation of CH assets, services and processes that can improve the management and conservation of heritage, capable of integrating new technologies with more consolidated ones, as well as meeting the needs of a broad

definita da un *hub* centrale, il Centro di Competenza Europeo (livello 1), in grado di operare in sinergia con una rete di nodi nazionali (livello 2). Il network nazionale sarà affidato a *cluster* di istituzioni, enti e centri di ricerca, sia pubblici sia privati, capaci di rispondere alle specifiche condizioni degli Stati di appartenenza in termini legali, amministrativi, finanziari, gestionali, di coordinamento con gli archivi locali, e così via. Inoltre, vi collaboreranno le comunità nazionali di professionisti e PMI, associazioni, industrie creative e dell'ospitalità, *policy-makers*, ed enti che si occupano di digitalizzazione, creazione di contenuti culturali, servizi educativi e turistici (livello 3) (Fig. 1). In termini di servizi strettamente correlati all'uso di tecnologie e strumenti, 4CH include tra i suoi obiettivi la realizzazione di

due strutture operative esterne. La prima è uno spazio digitale collaborativo, il "Cultural Heritage Cloud", che renderà disponibili repository di dati e metadati, standard e linee guida per l'acquisizione, la gestione, la conservazione e il riuso di tali risorse, un portfolio di *software* e strumenti digitali (compresa la necessaria formazione), nonché ulteriori risorse e applicativi funzionali alla ricerca e agli interventi sui Beni Culturali. La seconda è il centro "High Performance Computing", uno spazio fisico, che si appoggerà a un'altra infrastruttura HPCC già operativa che sfrutterà i servizi sviluppati da 4CH (Fig. 2). Il CC promuoverà l'applicazione di soluzioni e tecnologie ICT all'avanguardia, inclusa la modellazione 3D, *digital twins*, VR, *cloud computing*, AI, IoT, riconoscendone il potenziale in di-

01 | 1ST LEVEL - EUROPEAN COMPETENCE CENTRE



versi campi di applicazione come la documentazione, la conservazione, il monitoraggio, la manutenzione, la mitigazione dei rischi e la prevenzione da disastri naturali e azioni antropiche, tra cui inquinamento, riscaldamento globale e conflitti bellici (Niccolucci *et al.*, 2022). Oltre che per tali ambiti più “tradizionali”, 4CH riconosce e promuove il valore e il ruolo delle tecnologie abilitanti come supporto per la comunicazione, la formazione, l’educazione, l’accessibilità e il coinvolgimento degli utenti, aprendosi a nuove sperimentazioni e applicazioni.

Verso una base di conoscenza per la salvaguardia, la conservazione e la valorizzazione del Patrimonio Culturale

zione del PC.

Con l’obiettivo di trarre indicazioni e lezioni utili a delineare la struttura, requisiti e missione del futuro CC, le attività preliminari hanno interessato lo studio di una selezione di 51 centri e istituzioni operanti a livello Europeo e internazionale, tra cui *Research Infrastructures*, istituti di restauro, biblioteche e aggregatori digitali, ecc. (Fig. 3). Tra i diversi aspetti, sono stati indagati il ricorso a strumenti e tecnologie per la creazione, gestione e conservazione di basi di dati, oltre che per il coinvolgimento dell’ampio ecosistema delle parti interessate (istituzioni pubbliche, ricercatori e centri di ricerca, decisori politici, università, aziende, enti, industrie, associazioni, professionisti e cittadini).

target audience. In this context, the research activities of the Horizon 2020 project “4CH – Competence Centre for the Conservation of Cultural Heritage” (GA 101004468, <https://www.4ch-project.eu/>) provide a valuable contribution to address a reflection on the different aspects related to the role of digital enabling technologies applied to safeguarding the CH.

The role of digital technologies for the 4CH project

The 4CH project, launched in January 2021 and lasting three years, works on defining the methodological, procedural and organisational framework for the creation of a European Competence Centre (CC) on Cultural Heritage. The mission of the future CC will be to provide advice, support and services to the wide range of users of the sector, promoting the most advanced

Definire la visione e le attività del futuro CC Europeo impone al progetto 4CH una riflessione sul ruolo delle tecnologie digitali ed ICT nelle diverse attività che afferiscono a conservazione, preservazione e valorizzazione

integrated technologies, developing standards and protocols to facilitate their appropriate use, transferring knowledge on heritage sciences, funding opportunities and best practices at European and international level, facilitating the interdisciplinary and interinstitutional coordination and collaboration. Particular attention is paid to 3D modelling and ICT solutions for documentation, conservation, risk mitigation, preservation and enhancement of monuments and sites (Maietti *et al.*, 2021).

4CH will constitute a triple-level networking infrastructure, defined by a central hub, the European Competence Centre (level 1) able to operate in synergy with a network of national nodes (level 2). The national network will be entrusted to clusters of institutions, bodies and research centres, both public and private, capable of

La costruzione della base di conoscenza è stata integrata da un’analisi di buone pratiche, progetti Europei, documenti di indirizzo e programmi dedicati alla salvaguardia del PC. L’esito è una raccolta di risorse bibliografiche, un portfolio di casi studio e un abaco di tecnologie, strumenti, processi, figure e professionalità coinvolte, soluzioni, campi di applicazione che potranno essere integrati alle raccomandazioni del CC. La strategia di mappatura ha seguito una apposita metodologia, volta in primis all’individuazione dei criteri di selezione per le informazioni da analizzare, organizzate e restituite criticamente utilizzando matrici elaborate ad hoc (Fig. 4).

Vista l’estensione del concetto di PC, la definizione di un quadro descrittivo delle tipologie di patrimonio indagato (costruzioni antiche, siti archeologici, spazi urbani, paesaggio, ecc.) e delle molteplici categorie operative di intervento riconducibili a tutela, conservazione e valorizzazione del PC (documentazione, comunicazione, diagnostica, consolidamento, rinforzo, riutilizzo adattivo, accessibilità, programmi educativi e di formazione, partnership e networking, ecc.), così come estrapolate dai documenti più rilevanti sulla salvaguardia del PC (es. Carte, programmi, linee guida, ecc.), ha supportato le successive fasi di analisi e comparazione dei risultati, oltre che aver facilitato la verifica della rappresentatività del campione di casi.

I risultati sono stati ordinati su base tematica individuando cinque macrocategorie descrittive del principale portato innovativo fornito dagli interventi analizzati:

1. innovazione digitale;
2. sviluppo e/o sperimentazione di tecniche e metodologie;
3. trasferibilità;
4. politiche e strategie di governance;

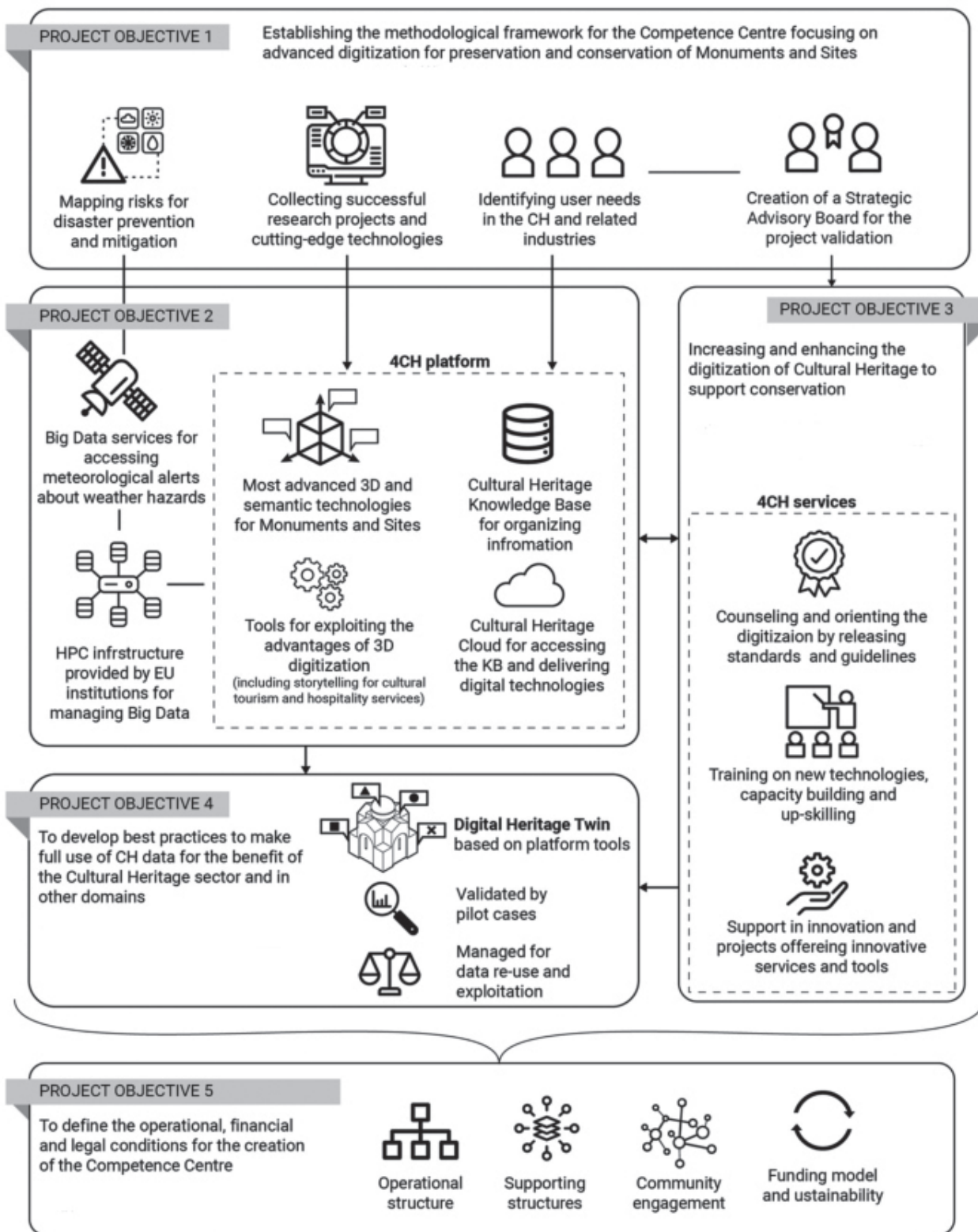
responding to the specific conditions of the States in terms of legal, administrative, financial and management aspects, coordination with local archives, and so on. Furthermore, the national communities of professionals and SMEs, associations, creative and hospitality industries, policymakers, and bodies that deal with digitisation, creation of cultural content, educational and tourism services will collaborate (level 3) (Fig. 1).

In terms of services closely related to the use of technologies and tools, 4CH includes among its objectives the creation of two external operating structures. The first is a collaborative digital space, the “Cultural Heritage Cloud”, which will make available repositories of data and metadata, standards and guidelines for the acquisition, management, storage and reuse of these resources, a portfolio of software and

digital tools (including the necessary training), as well as additional resources and applications functional to research and interventions on CH. The second structure is the ‘High Performance Computing Centre’, a physical space, which will rely on an already operational HPCC infrastructure that will exploit the services developed by 4CH (Fig. 2).

The CC will promote the application of cutting-edge ICT solutions and technologies, including 3D modelling, digital twins, VR, cloud computing, AI and IoT, recognising their potential in different fields of application, such as documentation, storage, monitoring, maintenance, risk mitigation and prevention of natural disasters and anthropic actions, including pollution, global warming and conflict (Niccolucci *et al.*, 2022). In addition to these more “traditional” areas, 4CH

02 |



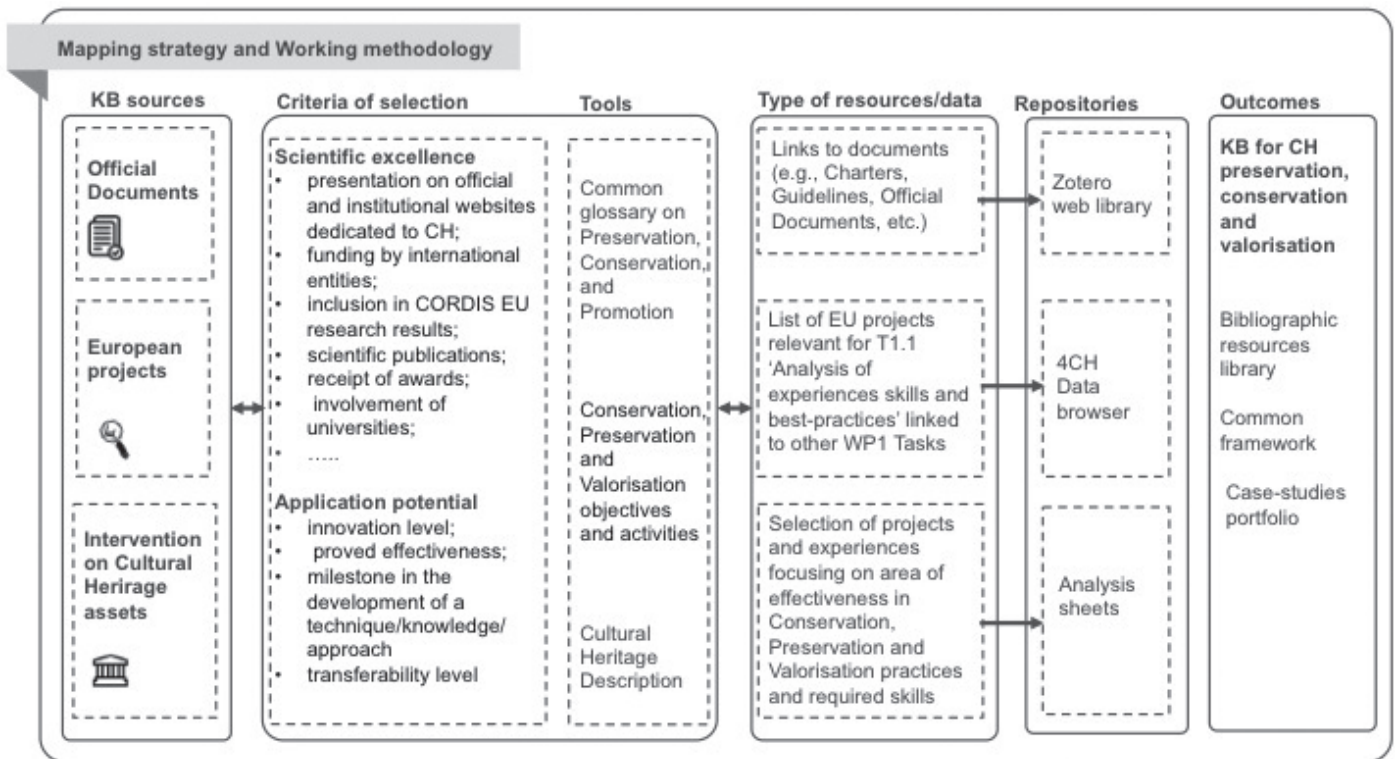
5. coinvolgimento di un ampio target di attori e stakeholders, sfruttamento del PC come risorsa sociale ed economica, pratiche di innovazione sociale.

Le macrocategorie rispondono alle caratteristiche in comune tra più buone pratiche, dimostrando il carattere trasversale del-

le azioni sul PC, come emerge ad esempio dal frequente ricorso alle tecnologie digitali come medium tra processi e ambiti di intervento.

La digitalizzazione si conferma come efficace dispositivo di documentazione, visualizzazione e conseguente valorizzazione

Nr.	Name	Main field	Nr.	Name	Main field
European Commission Competence Centres			EU-funded projects		
1	Competence Centre on Behavioural Insights	Behavioural Insights	27	European Cybersecurity Network (CONCORDIA, ECHO, SPARTA, CyberSec4Europe)	Cybersecurity
2	Competence Centre on Foresight	Foresight	28	EuroCC project - National Competence Centre (NCC)	High Performance Computing
3	Competence Centre on Microeconomic Evaluation - ME	Microeconomic	Digital Innovation Hubs		
4	Competence Centre on Text Mining and Analysis - TMA	Text Mining and Analysis	29	Digital Innovation Hubs (DIHs)	Digital infrastructures and innovation
5	Competence Centre on Modelling - MOD	Modelling	Documentation Centres on Cultural Heritage		
6	Competence Centre on Technology Transfer - TT	Technology Transfer	30	Europeana	Cultural Heritage
7	Competence Centre on Composite Indicators and Scoreboards - COIN	Composite Indicators and Scoreboards	31	France Archive	Cultural Heritage
8	Competence Center on Cybersecurity Industrial, Technology and Research	Cybersecurity	32	CulturaItalia	Cultural Heritage
European Commission Knowledge Centres			33	General Catalogue of Cultural Properties (Italy)	Cultural Heritage
9	Knowledge Centre for Bioeconomy	Biodiversity and Bioeconomy	34	Institute for Cataloguing and Documentation (ICCD)	Cultural Heritage
10	Knowledge Centre for Biodiversity	Biodiversity and Bioeconomy	35	Central Institute for the Union Catalogue of Italian libraries and for bibliographic information (ICCU)	Cultural Heritage
11	Disaster Risk Management Knowledge Centre	Disaster Risk	36	Archaeology Data Service	Cultural Heritage
12	Knowledge Centre for Food Fraud and Quality	Food	37	Digital Public Library of America	Cultural Heritage
13	Knowledge Centre for Global Food and Nutrition Security	Food	38	MUSEU – HUB	Cultural Heritage
14	Health Promotion and Disease Prevention Knowledge Gateway	Health	39	La Plateforme Ouverte du Patrimoine (POP)	Cultural Heritage
15	Knowledge Centre on Migration and Demography	Migration and Demography	40	Connecting Archaeology and Architecture in Europe (CARARE)	Cultural Heritage
16	Knowledge Centre for Territorial Policies	Policies	Other national and international centres on Cultural Heritage		
European Commission Knowledge Services			41	Spanish cultural Heritage Institute Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE)	Cultural Heritage
17	AI Watch	Artificial Intelligence	42	Centro per la Conservazione ed il Restauro dei Beni Culturali "La Venaria Reale" (CCR)	Cultural Heritage
National Competence Centres (European)			43	Istituto Centrale per il Restauro (ICR)	Cultural Heritage
18	Spanish National Renewable Energy Centre CENER	Renewable Energy	44	Opificio delle Pietre Dure (OPD)	Cultural Heritage
19	Bi-Rex	Industry 4.0	45	Getty Center	Cultural Heritage
20	Italian Computing Data Infrastructure (ICDI) Competence Center	Digital infrastructures and innovation	46	Le laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH)	Cultural Heritage
21	Dutch National Centre of Expertise and Repository for Research Data (DANS)	Cultural Heritage	47	The Centre for Research and Restoration of the Museums of France (C2RMF)	Cultural Heritage
Research infrastructures			48	Docomomo international	Cultural Heritage
22	Digital Research Infrastructure for the Arts and Humanities - DARIAH	Cultural Heritage	49	The Discovery Programme: Centre for Archaeology and Innovation Ireland	Cultural Heritage
23	European Research Infrastructure for Language Resources and Technology - CLARIN	Languages	50	Transport Infrastructure Ireland, Archaeology and Heritage section	Cultural Heritage
24	Open AIRE	Open Access Research	51	Institutul Național al Patrimoniului (INP)	Cultural Heritage
25	CINECA	High Performance Computing			
26	Consortium of European Social Science Data Archives (CESSDA)	Social science			



ne del PC, in particolare quando finalizzata a comunicazione e forme di accessibilità, in situ e da remoto.

Le tecnologie ICT, a servizio di repositories/database online, rivelano il proprio potenziale abilitante per attività di conoscenza/ricerca ed educazione, rivolte ad ampie tipologie di utenti, agevolando l'accesso e il riuso di dati, così come emerge dalle applicazioni sviluppate dal progetto INCEPTION all'Ospedale degli Innocenti di Firenze (INCEPTION, 2019) - mappato come

recognises and promotes the value and role of the enabling technologies as support for communication, training, education, accessibility and involvement of a broad target of users, opening up to new experimentations and applications.

Towards a knowledge base for safeguarding, conservation and enhancement of Cultural Heritage

Setting up the vision and activities of the future European CC requires the 4CH project to reflect on the role of digital and ICT technologies in the various activities related to the safeguarding, preservation and enhancement of CH.

With the aim of drawing useful indications and lessons to outline the structure, requirements and mission of the future CC, the preliminary steps involved the study of a selection of 51

centres and institutions operating at European and international level, including Research Infrastructures, restoration institutes, libraries and digital aggregators, etc. (Fig. 3).

Among the different aspects, the use of tools and technologies for the creation, management and conservation of databases was investigated, as well as for the involvement of the large ecosystem of stakeholders (public institutions, researchers and research centres, policymakers, universities, companies, organisations, industries, associations, professionals and citizens).

The knowledge base was integrated with an analysis of best practices, European projects, steering documents and programmes dedicated to CH protection. The outcome is a collection of bibliographic resources, a portfolio of case studies and an abacus of technologies, tools, processes, actors and

relevante per quattro categorie su cinque.

Il coinvolgimento degli stakeholders anche in termini di co-progettazione e co-gestione del PC, si configura sia come obiettivo sia come impatto nelle esperienze riguardanti piattaforme transdisciplinari che combinano la visualizzazione 3D ad altri dati per una miglior comprensione del bene, consentendo interazione, personalizzazione di ricerca ed approfondimento, talvolta passando attraverso il gioco. Un

professionals involved, solutions, areas of application that can be integrated to the recommendations of the CC.

The mapping strategy followed a specific methodology, aimed primarily at identifying the selection criteria for the information to be analysed, critically organised and returned using ad hoc matrices (Fig. 4).

Considering the multiplicity of the CH concept, the definition of a descriptive framework of the investigated heritage types (e.g. ancient buildings, archaeological sites, urban spaces, landscape, etc.) and the several operational categories of intervention related to the protection, conservation and enhancement of the CH (e.g. documentation, communication, diagnostics, consolidation, reinforcement, adaptive reuse, accessibility, educational and training programmes, partnerships and networking, etc.), as extrapolated

from the most relevant documents on safeguarding CH (e.g. Charters, programmes, guidelines, etc.), supported the subsequent phases of analysis and comparison of results, and facilitated the assessment of representativeness of the sample cases.

The results were sorted on a thematic basis by identifying five descriptive macro-categories of the main innovative contribution provided by the interventions analysed:

1. digital innovation;
2. development and/or experimentation of techniques and methodologies;
3. transferability;
4. governance policies and strategies;
5. involvement of a broad target of actors and stakeholders, exploitation of CH as a social and economic resource, practices of social innovation.

esempio è il progetto sviluppato dal Cyprus Institute per la Pafos Gate a Nicosia, selezionato tra le migliori pratiche internazionali di co-creazione di spazi pubblici (Cyprus Institute, 2017). Oltre che per l'innovazione digitale, il caso studio è significativo in termini di networking e di scambio con le comunità di riferimento.

Alcuni contributi mostrano lo sfruttamento del *digital twin* ai fini di monitoraggio e previsione dei rischi in monumenti e siti, abilitando la pianificazione delle relative scelte di prevenzione e mitigazione, o facilitando scelte di musealizzazione sulla base della simulazione dei percorsi dei visitatori, come sperimentato per il sito archeologico di Choirokoitia, Cyprus (4CH, 2022).

La ricostruzione digitale, supportata dalla realtà aumentata, tecnologie 3D e sistemi di geolocalizzazione, può offrire un'esperienza non convenzionale del PC a 360°, capace di integrare dato storico e condizione attuale, di cui il progetto "Streetmuseum" a Londra rappresenta una significativa applicazione nel settore della musealizzazione (Panciroli *et al.*, 2017).

Altri strumenti abilitanti mappati includono portali integrati per la comunicazione e la promozione del turismo culturale basati sui social media. Essi rappresentano modelli potenzialmente trasferibili e replicabili, come quello attivato per la Piattaforma di Integrazione Digitale "SmartLand@Pompei" nell'ambito del "Grande Progetto Pompei" (2017).

I risultati raccolti forniscono un contributo che mette in risalto il potenziale abilitante delle tecnologie sia in campi di applicazione tradizionali sia in quelli non convenzionali, oltre che porre l'accento sulle competenze, multidisciplinari e integrate, che tali scenari richiedono.

In merito a quest'ultimo punto, anche ai fini della definizione

dei servizi erogati dal CC, l'analisi su esperienze e buone pratiche è stata integrata dall'identificazione di specifiche *skills*, intese come abilità di applicare conoscenze e competenze, cognitive e pratiche, associate per ciascun intervento ai diversi ambiti che ne determinano il potenziale di innovazione (Fig. 5).

Ad esempio, si conferma l'importanza progressivamente assunta da conoscenze tecnologiche/digitali a supporto di attività legate a documentazione, ricerca storico-bibliografica e monitoraggio. Ciò che emerge è inoltre il crescente ricorso a *skills* riguardanti comunicazione, formazione ed educazione, mappatura delle esigenze degli utenti, coinvolgimento e partecipazione delle comunità.

Il quadro risultante attesta, quindi, da un lato la dimensione complessa e transdisciplinare del PC e dall'altro riconosce il valore abilitante di strumenti come ICT, 3D, realtà virtuale, cloud, ecc. – e relative abilità – come trasversale rispetto alle molteplici attività che si riferiscono al PC. Le buone pratiche selezionate come casi studio rappresentano un valido supporto per comprendere come il ruolo di tali tecnologie, in costante evoluzione, vada oltre l'aspetto puramente tecnico e specialistico, dimostrando il proprio potenziale in molteplici ambiti di applicazione, soprattutto come supporto a processi e sperimentazioni innovative ai fini della salvaguardia e della valorizzazione del PC, nella sua dimensione materiale e immateriale.

Conclusioni

La digitalizzazione è oramai riconosciuta come strumento efficace per la conservazione e valorizzazione del PC, tanto da far parte delle strategie chiave dell'UE: la *Digital Strategy* prevede in tempi rapidissimi l'incremento delle risorse digitali e la crea-

The macro-categories respond to the common characteristics of several best practices, demonstrating the transversality of the actions on CH, as evidenced for instance by the frequent use of digital technologies as a medium between processes and fields of intervention.

Digitisation is confirmed as an effective device for documentation, visualisation and consequent enhancement of CH, in particular when aimed at communication and forms of accessibility, both on site and remotely.

ICT technologies, supporting online repositories/databases, reveal their enabling potential for knowledge/research and education activities, intended for a broader audience of users, facilitating access and reuse of data, as it comes up from the applications developed by the INCEPTION project on the Ospedale degli Innocenti

in Florence (INCEPTION, 2019), mapped as relevant for four categories out of five.

The involvement of stakeholders, also in terms of co-design and co-management of CH, appears both as an objective and as an impact in the analysed experiences regarding transdisciplinary platforms that combine 3D visualisation with other data for a better understanding of the asset, allowing interaction, personalisation of research and in-depth studies, sometimes relaying on gaming. An example is the project developed by the Cyprus Institute for the Pafos Gate in Nicosia, selected among the best international practices of co-creation of public spaces (Cyprus Institute, 2017). In addition to digital innovation, the case study is significant in terms of networking and exchange with local communities.

Some contributions show the exploita-

tion of the digital twin for monitoring and forecasting risks in monuments and sites, enabling the planning of the related solutions of prevention and mitigation, or facilitating musealisation design choices based on the simulation of visitor routes, as experienced for the archaeological site of Choirokoitia, Cyprus (4CH, 2022).

The digital reconstruction, supported by augmented reality, 3D technologies and geolocation systems, can offer an unconventional 360-degree experience of CH, capable of integrating historical data and current condition, with respect to which the 'Streetmuseum' project in London represents a significant application in the museum sector (Panciroli *et al.*, 2017).

Other enabling tools mapped include integrated portals for communication and promotion of cultural tourism based on social media. They are poten-

tially transferable and replicable models, such as the one activated for the Digital Integration Platform "SmartLand@Pompei" as part of the 'Great Pompeii Project' (2017).

The collected results provide a contribution that highlights the enabling potential of technologies in both traditional and unconventional fields of application, as well as acknowledging the multidisciplinary and integrated skills that such scenarios require.

Regarding the latter point, also for the purposes of defining the services provided by the CC, the analysis of experience and best practice has been complemented by the identification of specific skills, meant as the ability to apply knowledge and competence, both cognitive and practical, associated to the different areas that determine the innovation potential for each intervention (Fig. 5).

05 | Tabella di sintesi per l'analisi delle buone pratiche elaborata nell'ambito delle attività di ricerca del WP1. Le azioni di conservazione, preservazione e valorizzazione del PC sono associate alle cinque aree di rilevanza individuate. Le celle sono state riempite fornendo informazioni sulle 'abilità' coinvolte. (Crediti: 4CH_Gruppo di Ricerca Task 1.1).

Example of a synthesis table from the standard sheet used for the analysis of best practice developed as part of the research activities of WP1. The operational activities of conservation, preservation and enhancement of CH are associated with the five areas of relevance identified. The cells were filled with information about the skills involved. (Credits: 4CH_T1.1 Research Team).

05 | **4. SYNTHESIS SHEET** BP_007

			(select from list) (add text)	Area of effectiveness in Conservation, Preservation and Valorisation practices					
Conservation	Preservation	Valorisation	Activities	DIGITAL INNOVATION	DEVELOPMENT AND/OR EXPERIMENTATION OF TECHNIQUES AND METHODOLOGIES	TRANSFERABILITY	POLICIES AND GOVERNANCE STRATEGIES	ENGAGEMENT, EXPLOITATION AND SOCIAL INNOVATION	
•	•	•	Historic and bibliographic research	Skills on digitalisation					
•	•	•	Studies on CH	Skills on digitalisation					
•	•	•	Documentation of CH	Skills on digitalisation					
•	•	•	Communication of CH	Skills on digitalisation				Skills on mapping and analysis of users' needs and requirements	
•	•		Preventive conservation						
•	•		Diagnostic activities						
•	•		Identification of the risks and deterioration patterns						
•	•		Materials conservation tests						
•	•		Pre-consolidation, cleaning, consolidation and protection of CH materials						
•	•		Reinforcement of CH buildings						
•	•		Monitoring						
•	•		Maintenance practices						
•	•		Management and administration practices						
•	•	•	Promotion and support of interventions for conservation						
•	•	•	Project of restoration						
•			Reconstruction						
	•	•	Adaptive re-use of CH						
	•	•	Accessibility						
		•	Dissemination through publications						
		•	Organisation of events and festivals						
		•	Encounters with communities						
		•	Educational activities and programmes						
		•	Creation of partnership and networking				Skills on encouraging and supporting the development of networks		
		•	Advertisements with CH						
		•	Gaming with CH						

zione di un comune e dedicato *digital data space*. La pandemia da COVID-19 ha ulteriormente accresciuto l'importanza della digitalizzazione, portando il settore dei Beni Culturali ad ampliare i servizi online e sperimentare nuove forme di accesso all'offerta culturale (Vayanou *et al.*, 2020).

I risultati di ricerca del progetto 4CH apportano un contributo innovativo nel mostrare come il processo di digitalizzazione nell'ambito della salvaguardia del PC rappresenti un campo di indagine in rapidissima evoluzione, che coinvolge un sistema complesso di fattori, e debba essere affrontato seguendo un approccio olistico e aperto nel fare propri nuovi ambiti di utilizzo, strumenti, competenze e figure professionali, in modo da rispondere in maniera più efficace alle sfide globali che direttamente o indirettamente coinvolgono il patrimonio.

In un tale contesto sempre più multidisciplinare, la condivisione di basi comuni è elemento sfidante ma necessario: termini, concetti e procedure devono essere definiti e accettati tra i diversi soggetti coinvolti per evitare discrepanze semantiche e favorire lo scambio ed il riuso dei dati. Un obiettivo che implica l'integrazione di nuove conoscenze, approcci e strategie nella cultura tecnica consolidata, rispetto alla quale le tecnologie digitali possono essere complementari, consentire la gestione più efficace delle crescenti complessità e abilitare nuovi processi di prevenzione, tutela, gestione e anche progettazione degli interventi. Tale capacità abilitante si riflette nello sviluppo del potenziale d'uso in nuovi ambiti di azione e da parte di nuove professionalità, che spesso ibridano vari settori di competenza. Oltre a quelli più "tradizionali" come la ricerca, il restauro, la documentazione, ecc., la digitalizzazione del PC investe lo sviluppo economico e sociale, l'educazione, il turismo, e apre alla

For example, the importance gradually assumed by technological/digital knowledge supporting activities related to documentation, historical-bibliographic research and monitoring is confirmed. What also emerges is the increasing role of skills related to communication, training and education, mapping of user needs, involvement and participation of communities.

Hence, the resulting framework attests, on the one hand, the complex and transdisciplinary dimension CH, while, on the other, acknowledging the enabling value of tools and technologies such as ICT, 3D, virtual reality, Cloud, etc. - and related skills - as transversal with respect to the many activities related to the CH assets.

The best practices selected as case studies represent a valid support for understanding how the role of these constantly evolving technologies

goes beyond the purely technical and specialist aspect, demonstrating its potential in multiple fields of application, especially as a medium for the activation of innovative processes and experiments for safeguarding and enhancing CH in its tangible and intangible dimension.

Conclusions

Digitisation is now recognised as an effective tool for CH preservation and enhancement, so as to be part of the EU's key strategies. Indeed, the Digital Strategy provides for the rapid increase in digital resources and the creation of a dedicated common digital data space. The COVID-19 pandemic has further increased the importance of digitisation, leading the CH sector to foster online services and experiment with new forms of access to cultural activities (Vayanou *et al.*, 2020).

partecipazione e al coinvolgimento di comunità locali e industrie creative, e professionalità emergenti, come ad esempio il curatore di dati.

Il futuro CC Europeo, come strutturato dal progetto 4CH, ha l'obiettivo di contribuire alla trasformazione digitale e al processo di digitalizzazione avanzata delle risorse culturali, sfruttando le tecnologie più innovative e seguendo un approccio interdisciplinare, olistico e collaborativo tra saperi teorici e pratici, tra istituzioni e stakeholders. Come esempio del ruolo affidato da 4CH alle tecnologie abilitanti, il progetto ha recentemente lanciato l'iniziativa "SUM - Save the Ukraine Monuments" (<https://www.4ch-project.eu/sum-save-the-ukraine-monuments-video-presentation/>), collaborando con altre istituzioni e organizzazioni culturali europee per raccogliere la documentazione digitale del PC ucraino, minacciato dal conflitto bellico. Dati, contenuti e risorse sono stati duplicati e temporaneamente trasferiti su server dell'Unione Europea, rendendo contestualmente possibile la preservazione della memoria e la conservazione di preziosi documenti e informazioni a supporto di future azioni di ripristino del patrimonio a rischio.

Per il progetto 4CH, l'adozione e lo sviluppo di strumenti si integra alla messa a punto delle necessarie conoscenze, basi di dati digitali, procedure, standard e servizi a supporto delle attività di salvaguardia di monumenti e siti storici, favorendo l'attuazione di iniziative che, come auspicato dalle politiche di indirizzo Europeo, aumentino rapidamente il numero, la disponibilità e soprattutto la qualità delle risorse digitalizzate, da rendere disponibili per far fronte alle crisi globali che minacciano le risorse naturali e culturali.

The research results of the 4CH project bring an innovative contribution in showing how the digitisation process in the CH safeguarding context is a rapidly evolving field of investigation, involving a complex system of factors, and how it must be addressed following a holistic and open approach in embracing new areas of use, tools, skills and professional figures, in order to respond more effectively to global challenges that either directly or indirectly involve the CH assets.

In such a multidisciplinary context, the sharing of common bases is a challenging but necessary step. Terms, concepts and procedures must be defined and accepted among the various subjects involved, to avoid semantic discrepancies and favour the exchange and reuse of data. A commitment that implies the integration of new knowledge, approaches and strategies in the

consolidated technical culture, with respect to which digital technologies can be complementary, allow the more effective management of an increasing complexity, and enable new processes of prevention, protection, management and even design interventions. This enabling capability is reflected in the enhancement of the potential for use in new fields of action and by new professional profiles, which often hybridise various areas of expertise. In addition to more 'traditional' ones, such as research, restoration, documentation, etc. the digitisation of CH involves economic and social development, education and tourism, opening to the participation and engagement of local communities and creative industries, as well as emerging figures, such as the data curator.

The future European CC, as envisaged by the 4CH project, aims to contribute

RICONOSCIMENTI

Il progetto di ricerca “4CH-Competence Centre for the Conservation of Cultural Heritage”, cofinanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del Programma Quadro HORIZON 2020 (G.A. n. 101004468, 1 gennaio 2021 – 31 dicembre 2024), è sviluppato da un Consorzio di 19 partners provenienti da 12 paesi europei sotto la guida di INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare).

<https://www.4ch-project.eu>

REFERENCES

4CH (2022), Case Study 2: Preservation and conservation of Choirokoitia, a Neolithic settlement, Available at: <https://www.4ch-project.eu/case-study-2-preservation-and-conservation-of-choirokoitia-a-neolithic-settlement/> (Accessed on 29/11/2022).

Barbuti, N. and De Bari, M. (2020), “Digitalizzazione e Patrimonio Culturale Digitale. Ambiguità, ipotesi, definizioni”, *Aida Informazioni. Rivista di Scienze dell'informazione*, 3-4: luglio-dicembre, pp. 15-31.

Bonacini E. (2011), *Nuove tecnologie per la fruizione e valorizzazione del patrimonio culturale*, Aracne, Roma.

Cyprus Institute (2017), “Research from CyI's Virtual Environments Lab Selected Among the Best International Practices of Public Space Co-Creation”, Available at: <https://www.cyi.ac.cy/index.php/in-focus/cyi%E2%80%99s-virtual-environments-lab-research-selected-among-the-best-international-practices-of-public-space-co-creation.html> (Accessed on 29/11/2022).

Danesh, M.M. and Rajabi, A. (2022), “Importance of Digital Techniques of Documentation for the Conservation of Cultural Heritage”, in Versaci, A., Bougdah, H., Akagawa, N., Cavalagli, N. (Eds.) *Conservation of Architectural Heritage. Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham.

Di Giulio, R. et al. (2019), “ICTs for Accessing, Understanding and Safeguarding Cultural Heritage: The Experience of INCEPTION and ROCK H2020 Projects”, *International Journal of Architectural Heritage*, Vol. 15, n. 6, pp. 825-843.

to the digital transformation and the advanced digitisation process of cultural resources, exploiting the most innovative technologies, and following an interdisciplinary, holistic and collaborative approach among theoretical and practical knowledge, institutions and stakeholders.

As an example of the potential and role entrusted by 4CH to enabling technologies, the project has recently launched the ‘SUM - Save the Ukraine Monuments’ initiative (<https://www.4ch-project.eu/sum-save-the-ukraine-monuments-video-presentation/>), collaborating with other European institutions and cultural organisations to collect the digital documentation of the Ukrainian CH, threatened by the war conflict. Data, contents and resources have been duplicated and temporarily transferred to servers in the European Union, making it possible at

the same time to preserve the memory, valuable documents and information to support future actions of restoration on CH assets at risk.

For the 4CH project, the adoption and development of tools is integrated with the fine tuning of the necessary knowledge, digital databases, procedures, standards and services to support the activities of safeguarding monuments and historical sites, favouring the implementation of initiatives that, as advocated by European policies, could rapidly increase the number, availability and, above all, the quality of digitised resources, to be made available to address global crises that threaten natural and cultural resources.

ACKNOWLEDGMENTS

The research project “4CH-Competence Centre for the Conservation of Cultural Heritage”, cofounded by the

EC (2011), *Commission Recommendation of 27 October 2011 on the digitisation and online accessibility of cultural material and digital preservation (2011/711/EU)*.

EC (2021), *Commission Recommendation of 10.11.2021 on a common European data space for cultural heritage*.

EP and the Council of the European Union (2021), *Regulation (EU) 2021/694 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2021 establishing the Digital Europe Programme and repealing Decision (EU) 2015/2240*.

European Commission (2022), “Recovery and Resilience Scoreboard Thematic analysis. Culture and Creative Industries”, Available at: https://ec.europa.eu/economy_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/assets/thematic_analysis/scoreboard_thematic_analysis_culture.pdf (Accessed on 29/11/2022).

Europeana (2020), “Strategy 2020-2025, Empowering Digital Change”, Available at: https://pro.europeana.eu/files/Europeana_Professional/Publications/EU2020StrategyDigital_May2020.pdf (Accessed on 05/08/2022).

Niccolucci, F., Felicetti, A., Hermon, S. (2022), “Populating the Data Space for Cultural Heritage with Heritage Digital Twins”, *Data*, 7, 105.

Inception (2019), “Demonstration cases, Istituto degli Innocenti, Florence, Italy”, Available at: <https://www.inception-project.eu/en/demonstration-cases/istituto-degli-innocenti-florence-italy> (Accessed on 29/11/2022).

Maietti, F., Medici, M. and Ferrari, F. (2021), “Un Competence Centre europeo per la conservazione del patrimonio”, *Paesaggio Urbano*, Vol. 2, pp. 91-99.

Panciroli, C., Macaudo, A. and Russo, V. (2017), “Educating about Art by Augmented Reality: New Didactic Mediation Perspectives at School and in Museums”, *Proceedings 1*, 1107.

Vayanou, M., Chrysanthi, A., Katifori, A. and Antoniou, A. (2020), “Cultural heritage and social experiences in the times of COVID 19”, in *2020 AVI2CH Workshop on Advanced Visual Interfaces and Interactions in Cultural Heritage*, AVI2CH 2020.

European Commission under the HORIZON 2020 Framework Programme (G.A. n. 101004468, 1 January 2021 – 31 December 2024) was developed by a Consortium of 19 partners from 12 European countries under the lead of INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare).

<https://www.4ch-project.eu>