

Le biblioteche digitali: origini ed evoluzioni storiche
Leonardo Candela, Donatella Castelli, Pasquale Pagano
Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "A. Faedo" (ISTI)
Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)
via G. Moruzzi, 1
56124 Pisa Italy

Le biblioteche digitali hanno assunto un ruolo fondamentale nella nostra società, chiamata oggi, significativamente, società della conoscenza. Questo nome segnala il superamento della "società dell'informazione" per la quale le biblioteche digitali promettevano, ed oggi stanno realizzando, un accesso universale all'informazione contenuta in biblioteche, musei e archivi. Per la società di oggi, infatti, le tecnologie introdotte con le biblioteche digitali stanno rivoluzionando l'intero percorso che porta dall'informazione alla conoscenza. Di tali tecnologie questo articolo intende fare la storia, partendo dai primi tentativi di realizzazione di sistemi digitali principalmente caratterizzati da funzionalità "bibliotecarie" e approdando infine alla presentazione della complessa realtà odierna, nella quale le biblioteche digitali di primitiva concezione si mescolano con sistemi capaci di dare supporto in tutte le fasi di produzione della conoscenza.

1. Introduzione

Per lungo tempo il nome di "biblioteche digitali" ha evocato l'equivalente digitale delle biblioteche tradizionali. Tuttavia i sistemi chiamati "biblioteche digitali" hanno attraversato profonde trasformazioni dal tempo della loro prima comparsa, e sono divenuti oggi sistemi complessi, connessi in rete, usati per la comunicazione e la collaborazione di comunità distribuite su scala planetaria. E gli "oggetti digitali" che essi trattano non sono più l'equivalente digitale dei documenti cartacei, ma un'intera gamma di tipologie che vanno dalle osservazioni satellitari alle immagini, ai video, ai programmi: cioè qualsiasi tipo di oggetto, anche multimediale, che una comunità definisca appropriato ai suoi bisogni di lavoro e comunicazione.

L'evoluzione delle biblioteche digitali non è stata lineare, essendo stata influenzata sia dalla diversità delle discipline che hanno contribuito alla loro concezione, sia dalle diverse esigenze delle comunità per le quali le prime biblioteche digitali sono state costruite. Per queste ragioni, la storia delle biblioteche digitali, iniziata approssimativamente venti anni fa, appare come la storia di sistemi assai diversi fra loro, per scopi e funzionalità. I loro cambiamenti non hanno avuto un percorso comune, perciò in questa storia la parola "evoluzione" è usata per significare non il

miglioramento di un sistema rispetto ai precedenti, bensì la nascita di una nuova concezione di biblioteca digitale, corrispondente a nuove esigenze. Come vedremo, la maggior parte dei sistemi descritti in questo articolo sono ancora oggi funzionanti come originariamente concepiti, sebbene realizzati con soluzioni tecnologiche diverse dalle originali.

Questo articolo narra quindi la storia delle concezioni delle biblioteche digitali, ma vuole anche offrire una panoramica delle attività attualmente in corso e discutere le motivazioni dei profondi mutamenti che si prevedono nel vicinissimo futuro. Gli argomenti trattati saranno: origini delle biblioteche digitali; biblioteche digitali come strumenti per la condivisione di contenuti; sistemi di gestione per biblioteche digitali; biblioteche digitali come ambienti di ricerca virtuali (Virtual Research Environment), infrastrutture ed ecosistemi di infrastrutture; ai quali seguiranno le conclusioni.

L'Europa ha dato un grande contributo allo sviluppo del settore delle biblioteche digitali, perciò, senza tralasciare i riferimenti alle ricerche e alle realizzazioni di altri paesi, i maggiori dettagli saranno dedicati alle attività di ricerca europee, che hanno avuto larga diffusione e significativi risultati grazie all'attenzione che a questo settore hanno dato i programmi della Commissione Europea.

2. Le origini delle biblioteche digitali

Quando ancora non esistevano i supporti digitali, Vannevar Bush aveva immaginato di memorizzare intere collezioni di documenti (libri, riviste, ma anche appunti, fotografie) su microfilm perché potessero essere raccolti e manipolati meccanicamente¹. Quando le comunicazioni in rete incominciavano appena ad essere concepite, J. C. R. Licklider già pensava al loro uso per “*anticipated advances in information storage and retrieval*”², idee poi compiutamente espresse nel suo “Library of the Future”³. Con queste brevi note anche questo articolo vuole rendere omaggio ai due “visionari” dalle cui intuizioni iniziano quasi tutte le “storie” sulle biblioteche digitali⁴, per trattare però, immediatamente dopo, del sistema che può essere considerato il primo prototipo di biblioteca digitale.

Questo primo sistema, “e-print archive”, attivato nell'agosto del 1991, fu concepito per rispondere all'esigenza, fortemente sentita dalla comunità dei fisici, di rendere la comunicazione scientifica più efficace ed economica. Esso fu realizzato come un archivio di documenti digitali accessibile attraverso un catalogo di metadati; adesso è universalmente conosciuto come *arXiv*⁵.

Benché condizionato dalla tecnologia del suo tempo, *arXiv* ha rappresentato il modello a cui ispirarsi per ottenere significativi cambiamenti nella comunicazione

¹ Bush, V. (1945). “As We May Think”. *Atlantic Monthly* 176, pp. 101-108

² J. C. R. Licklider (1960) , “Man-Computer Symbiosis”, *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, volume HFE-1, pp. 4-11

³ Licklider, J. C. R. (1965). *Libraries of the Future*. Cambridge: The MIT Press

⁴ cfr. , ad esempio, Tammaro, A.M. (2005), “Che cos'è una biblioteca digitale?” , *Digitalia*, Rivista del Digitale nei Beni Culturali, n. 0, pp.14-30

⁵ Ginsparg, P. (1994). “First Steps Towards Electronic Research Communication”. *Computers in Physics* 8(4), pp. 390-396

scientifico ad ampio raggio e può essere considerato per questo il primo prototipo dei sistemi chiamati poi (*institutional repository systems*)⁶ - che in questo testo tradurremo con sistemi di *repository* (per archivi istituzionali) - cioè quei sistemi gestiti direttamente o indirettamente da una istituzione per la pubblicazione e la disseminazione di oggetti digitali prodotti dalla sua attività. Inoltre, la sua rapida accettazione, benché facilitata dalla cultura dei *pre-print*, caratteristica della comunità dei fisici, ha probabilmente aperto la strada alle tematiche dell'accesso aperto ai risultati della ricerca pubblica, ufficializzate nel 2003 dalla dichiarazione di Berlino⁷ ed ora fortemente promosse anche dall'Unione Europea⁸.

I primi sistemi di *repository* furono basati su una architettura molto semplice, e la loro semplicità contribuì a che numerose comunità scientifiche ne progettassero la costruzione. Esempi significativi di tali progetti sono il progetto statunitense *ETDs* (Electronic Thesis and Dissertations repositories)⁹, iniziato nel 1996, e gli europei *CogPrints* (Cognitive Science e-print Archive)¹⁰ e *RePEc* (Research Papers in Economics)¹¹ ambedue iniziati nel 1997. Il progetto *ETDs* ha dato luogo alla *Networked Digital Library of Theses and Dissertations (NDLTD)*¹², un'organizzazione internazionale, tuttora attiva, che registra e permette di rintracciare le tesi. *CogPrints* fu invece concepito presso l'Università di Southampton allo scopo di permettere l'auto-archiviazione da parte dei membri della comunità degli scienziati cognitivisti. Nel 2000 *CogPrints* fu reso conforme ai requisiti del protocollo *OAI*¹³ e diffuso con il nome di *EPrints Digital Repository Software*. Il software *EPrints* permette una agevole costruzione e gestione dei *repository* concepiti per l'accesso aperto, e per la sua semplicità riscuote tuttora un grande successo.

Anche *RePEc* fu inizialmente concepito come un archivio ad accesso aperto per uno specifico campo disciplinare. Nella sua originaria concezione comparivano tuttavia principi che si sarebbero affermati con forza negli anni successivi. Infatti, nel 1997 Thomas Krichel, il principale progettista del sistema, descriveva il progetto di *RePEc* con le seguenti parole: “*Distributed archives should offer metadata about digital objects (mainly working papers); the data from all archives should form one single logical database despite the fact that it should be held on different servers; users could access the data through many interfaces; providers of archives should offer their data to all interfaces at the same time.*”

⁶ Lynch, C. A. (2003). “Institutional Repositories: Essential Infrastructure for Scholarship in the Digital Age”. *ARL: A Bimonthly Report*, no. 226, pp. 1-7. <http://www.arl.org/resources/pubs/br/br226/br226ir.shtml>

⁷ Berlin Declaration on Open Access to Knowledge in the Sciences and Humanities <http://oa.mpg.de/openaccess-berlin/berlindeclaration.html>

⁸ Council of The European Union (2007). “Scientific information in the digital age - Council conclusions”. In: *Competitiveness (Internal Market, Industry and Research)*, 2832nd Council Meeting Press Release, Brussels, 22-23 November, pp. 37-43.

⁹ Fox, E.A.; Eaton, J.L.; McMillan, G.; Kipp, N.A.; Weiss, L.; Arce, E. and Guyer S. (1996). “National Digital Library of Theses and Dissertations: A Scalable and Sustainable Approach to Unlock University Resources”. *D-Lib Magazine*, September 1996. <http://www.dlib.org/dlib/september96/theses/09fox.html>

¹⁰ *CogPrints: Cognitive Sciences ePrint Archive*. <http://www.ukoln.ac.uk/services/elib/projects/cogprints/>

¹¹ *RePEc: Research Papers in Economics*. <http://repec.org/>

¹² *NDLTD: Networked Digital Library of Theses and Dissertations*. <http://www.ndltd.org/>

¹³ Protocollo definito dalla Open Archives Initiative. Vedi Sez. 3

I sistemi finora descritti, sebbene ancora operativi in versioni tecnologicamente e funzionalmente aggiornate, rappresentano forme embrionali di biblioteche digitali poiché le loro funzionalità si limitano alla pubblicazione (*self-publishing*) di semplici oggetti informativi e alla loro ricerca attraverso forme elementari di ricerca e *browsing*.

Parallelamente ai sistemi di *repository* venivano però progettati e sviluppati altri sistemi che, pur condividendo con i *repository* le funzionalità di ricerca e recupero degli oggetti digitali, erano orientati ad ampliare le tipologie di servizi e funzionalità da offrire agli utenti. Più precisamente, l'idea di base era estendere e potenziare le funzionalità dei sistemi di recupero dell'informazione così da renderli capaci di elaborare e permettere accesso, a ricchi prodotti digitali oltre che a dati bibliografici.

Le attività di progetto si rivolsero perciò alla realizzazione di nuovi sistemi che potessero offrire agli studiosi le funzionalità di una biblioteca tradizionale (raccolta, organizzazione e ricerca delle informazioni) in un contesto di collezioni distribuite di oggetti digitali fruibili in rete in modo agevole¹⁴.

Le iniziative che dettero avvio a tali sistemi furono la statunitense *Digital Library Initiative* (DLI), mentre la scena europea fu caratterizzata sia da iniziative nazionali, come la eLib del Regno Unito, ma soprattutto da progetti finanziati dalla Commissione Europea¹⁵, ivi inclusa la rete di eccellenza DELOS¹⁶ dedicata alla tematica delle biblioteche digitali.

Nel periodo 1994-1998, i programmi finanziati dalla DLI furono rivolti alla realizzazione di sei biblioteche digitali con funzionalità estremamente innovative¹⁷. Ad esempio, la *Alexandria Digital Library* sperimentava tecnologie per fare ricerche su collezioni distribuite di fotografie aeree, immagini satellitari e mappe, attraverso interrogazioni geo-referenziate. A differenza della *Alexandria Digital Library*, la cui attività è stata assunta dal *National Geospatial Digital Archive*, nessuna delle biblioteche digitali realizzate nel contesto del DLI è ancora attiva, ma le soluzioni proposte e le tecnologie sviluppate, così come le risorse informative accumulate, hanno costituito un patrimonio che è stato largamente sfruttato per successive sofisticate realizzazioni. Google, ad esempio, è il frutto dell'esperienza fatta da due giovani ricercatori in uno di tali progetti.

¹⁴ Belkin, N. (1999) "Understanding and Supporting Multiple Information Seeking Behaviours in a Single Interface Framework". *Proceedings of the Eight Delos Workshop: User Interfaces in Digital Libraries*, ERCIM, pp. 11-18

¹⁵ Griffin, S.; Peters, C.; Thanos, C. (2005) "Toward the new-generation digital libraries: recommendations of the NSF/EU-DELOS working groups". *International Journal on Digital Libraries*, 5(4), pp. 253-254

¹⁶ DELOS Network of Excellence on Digital Libraries <http://www.delos.info>

¹⁷ I sei progetti, tutti descritti nel fascicolo 4 della rivista *Communications of the ACM*, vol.38, 1995, furono: Informedia Digital Video Library (Christel, M.; Kanade, T.; Mauldin, M.; Reddy, R.; Sirbu, M.; Stevens, S.; Wactlar, H.), pp 57-58; Stanford Digital Library Project (The Stanford Digital Libraries Group), pp. 59-60; California Environmental Digital Library (Wilensky, R.) p. 60 ; Alexandria Digital Library (Smith, R.S. and Frew, T.), pp.61-62; Interspace (Schatz, B.), pp. 62-63; University of Michigan Digital Library (Crum, L.), pp. 63-64

Come già accennato, la scena europea è stata caratterizzata dalla presenza dell'organizzazione DELOS, che iniziò le sue attività alla fine degli anni '90 con il *Delos Working Group*, dapprima, e con la *DELOS Thematic Network*, negli anni 2000-2003, con un finanziamento del Quinto programma Quadro della Commissione Europea. In tutto questo periodo, l'obiettivo principale di DELOS è stato l'avanzamento delle ricerche sulle biblioteche digitali attraverso il coordinamento delle attività che in questo campo venivano svolte dai maggiori istituti di ricerca europei. Uno dei suoi maggiori risultati fu la firma di una collaborazione formale con la statunitense *National Science Foundation* e la creazione di cinque gruppi di lavoro nei quali svolgere questa collaborazione. I gruppi di lavoro affrontarono una serie di importanti tematiche di ordine sociale, tecnico ed economico, pubblicando i risultati in un numero speciale dell'*International Journal of Digital Libraries*¹⁸ sotto forma di raccomandazioni riguardanti interoperabilità, metadati, diritti di proprietà intellettuale, economia e accesso multilingue. L'ultima fase della evoluzione di DELOS fu la sua trasformazione nella *DELOS Network of Excellence*, decisa dal Settimo Programma Quadro (2004-2007). Il coronamento della sua missione di integrazione e coordinamento delle attività di ricerca europee è stata la definizione del *DELOS Digital Library Reference Model*¹⁹, che ha costituito il primo tentativo di descrivere in modo formalizzato le entità caratterizzanti il mondo delle biblioteche digitali.

Oltre al contributo per la creazione di una comunità di ricerca europea nel campo delle biblioteche digitali, tra i meriti di DELOS vanno ricordati l'organizzazione di importanti eventi e strutture di carattere continuativo, quali ECDL²⁰, CLEF²¹ e INEX²², e i significativi suggerimenti, dati in forma di prototipi o *road maps*, che hanno anticipato molte azioni della Commissione Europea nel campo delle biblioteche digitali.

Accanto alle iniziative di DELOS, in Europa presero avvio, con il finanziamento della Commissione Europea²³, numerose attività dedicate allo sviluppo di sistemi che potessero essere qualificati come "vere" biblioteche digitali. I progetti avevano carattere esplorativo ed erano rivolti ad indagare alcune specifiche caratteristiche. Ad esempio il progetto *ECHO (European Chronicles On-Line)*²⁴ aveva come obiettivo lo

¹⁸ Griffin, S.; Peters, C.; Thanos, C. (2005). op. cit.

¹⁹ Candela, L.; Castelli, D.; Ferro, N.; Ioannidis, Y.; Koutrika, G.; Meghini, C.; Pagano, P.; Ross, S.; Soergel, D.; Agosti, M.; Dobрева, M.; Katifori, V. & Schuldt, H. (2007). *The DELOS Digital Library Reference Model - Foundations for Digital Libraries*. DELOS: a Network of Excellence on Digital Libraries [S.l.]: Information Society Technologies. Vedi anche: Candela, L., Castelli, D. (2009), "Una teoria fondazionale per le biblioteche digitali: Il DELOS Digital Library Reference Model". *DigiItalia*, 4(1), 44-82.

²⁰ *The European Conference on Digital Libraries*. This annual conference rapidly became the main forum for the European DL community to present and discuss their research ideas and results.

²¹ Cross Language Evaluation Forum. <http://www.clef-campaign.org/>

²² Initiative for the Evaluation of XML Retrieval. <http://inex.is.informatik.uni-duisburg.de/>

²³ L'unità *Cultural Heritage Applications* dell'*Information Society Directorate-General* della Commissione Europea ha incluso le biblioteche digitali fra i temi di ricerca dell'area "DigiCult" (Digital Heritage and Cultural Content) del suo Quinto Programma Quadro (1998-2002). Questa area tematica è stata mantenuta anche nel Sesto Programma Quadro (2002-2006) e nel Settimo (2007-2013).

²⁴ Savino, P. and Peters, C. (2004). "ECHO: a digital library for historical film archives". *International Journal on Digital Libraries* 4(1), pp 3-7

sviluppo di una architettura distribuita su cui costruire una biblioteca digitale di film storici. Nel progetto sono state realizzate nuove modalità di ricerca di sequenze di film, basate sul contenuto audio-visivo, e servizi per il recupero di documenti multilingue. Ancora su tale tema, il progetto *COLLATE (Collaboratory for Annotation, Indexing and Retrieval of Digitized Historical Archive Material)*²⁵ aveva sviluppato un ambiente di lavoro collaborativo su archivi di film storici, comprendenti foto, frammenti di film e documenti di interventi censori. Questo ambiente collaborativo, dedicato a ricercatori e utenti finali, prevedeva l'uso interattivo degli archivi per il loro aggiornamento e per la valutazione del loro contenuto. Un altro progetto, *Artiste (An Integrated Art Analysis and Navigation Environment)*²⁶, era rivolto all'intera e variegata comunità interessata alle immagini d'arte (dagli attori del mercato dell'informazione multimediale agli utenti) sviluppando un sistema avanzato per memorizzare, classificare, connettere e confrontare immagini d'arte. L'ambiente creato da Artiste rendeva possibile, ad esempio, un'estrazione automatica di metadati basata sull'iconografia, sullo stile pittorico, etc., la navigazione dei documenti in base al loro contenuto, la ricerca su collezioni di archivi distribuiti rispettandone i relativi diritti di possesso.

I progetti finanziati dalla DLI, così come quelli finanziati dal Quinto Programma Quadro della Commissione Europea, avevano carattere principalmente esplorativo, perciò i loro maggiori sforzi furono rivolti sia alla implementazione di sistemi prototipali integrando risultati ottenuti in diversi campi disciplinari, sia alla sperimentazione di tali sistemi in un contesto applicativo specifico. Così ogni progetto ebbe come fine o il soddisfacimento dei bisogni di una specifica comunità, o la progettazione e implementazione di funzionalità per trattare uno specifico tipo di informazione. Non c'è da sorprendersi, quindi, se la maggioranza dei sistemi di "prima generazione" furono costruiti appositamente per applicazioni che possiamo definire "monolitiche"²⁷ che, oltre ad essere di difficile installazione, non potevano essere riusate, configurate o adattate a contesti diversi da quello inizialmente previsto²⁸.

Tra i primi tentativi di superare l'approccio monolitico alla realizzazione dei sistemi si distinguono il sistema *NCSTRL (Networked Computer Science Technical Research Library)*²⁹, e la tecnologia *Dienst*³⁰ sulla quale tale sistema era costruito. Dienst si basava su principi del tutto innovativi in quel periodo, cioè architettura aperta,

²⁵ Thiel, U.; Brocks, H.; Frommholz, I.; Dirsch-Weigand, A.; Keiper, J.; Stein, A.; Neuhold, E. (2004). "COLLATE: A collaboratory supporting research on historic European film". *International Journal on Digital Libraries* 4(1), pp 8-12

²⁶ Allen, P.; Vaccaro, R.; Presutti, G. (2000) "ARTISTE: An Integrated Art Analysis and Navigation Environment". *Cultivate Interactive* (1), <http://www.cultivate-int.org/issue1/artiste/>

²⁷ Sono così definite le applicazioni per le quali sono collocati sullo stesso *server* sia i processi che implementano le funzionalità sia il contenuto informativo da queste gestito.

²⁸ Ioannidis, Y.; Maier, D.; Abiteboul, S.; Buneman, P.; Davidson, S.; Fox, E.; Halevy, A.; Knoblock, C.; Rabitti, F.; Schek, H.; Weikum, G. (2005). "Digital library information-technology infrastructures". *International Journal of Digital Libraries*, 5(4), pp. 266-274

²⁹ Davis, J.R. and Lagoze, C. (2000). "NCSTRL: design and development of a globally distributed digital library". *Journal of the American Society for Information Science*, 51(3), pp. 273-280

³⁰ Davis, J.R. and Lagoze, C. (1995). "Dienst: an architecture for distributed document libraries". *Communications of the ACM* 38(4), p 47

federazione e distribuzione. Secondo questi principi, i) l'intera funzionalità di una biblioteca digitale deve essere disponibile in forma di unità funzionali distinte, ognuna delle quali renda riconoscibile la sua semantica attraverso un protocollo "aperto"; ii) i sistemi per biblioteche digitali sono costruiti attraverso la composizione di queste unità funzionali e nuove funzionalità possono essere realizzate implementando servizi a valore aggiunto, interagenti con i servizi già esistenti attraverso un protocollo definito; iii) i componenti e il contenuto di una biblioteca digitale possono essere distribuiti in tutta la rete Internet, ma devono essere presentati all'utente come appartenenti ad un unico sistema. NCSTRL ha avuto un grande diffusione negli Stati Uniti. Tre anni dopo il suo avvio, le sue collezioni contenevano circa 22.000 documenti provenienti da 118 diverse istituzioni.

Nell'Agosto del 1995, l'*European Research Consortium for Informatics and Mathematics (ERCIM)* richiese di partecipare alla rete NCSTRL al fine di costruire una biblioteca digitale europea federata a questa rete: l'*European Technical Report Digital Library (ETRDL)*³¹. La realizzazione di ETRDL presentò numerosi problemi di ordine architeturale e funzionale, che furono risolti modificando l'architettura del sistema Dienst con criteri che affrontavano per la prima volta le tematiche della realizzazione di biblioteche su scala globale³²: oltre ai problemi tecnici dati dalla connettività, fu affrontato il concetto di "collezione", di estrema rilevanza per organizzare e rendere più facilmente fruibili spazi informativi globali. ETRDL ha rappresentato, in Europa, la prima esperienza di progetto e realizzazione di una biblioteca digitale operante su scala europea. Durante la raccolta dei requisiti delle diverse comunità partecipanti ad ERCIM risultò con evidenza che queste comunità avevano specifiche esigenze³³, solo in parte coperte dalle funzionalità di Dienst. Esse riguardavano soprattutto meccanismi per la sottomissione³⁴ on-line e la classificazione dei documenti, e la possibilità di interagire con il sistema in lingue diverse dall'inglese.

La tecnologia di ETRDL fu progettata e implementata in modo che il sistema fosse interoperabile con NCSTRL. Così gli utenti di ETRDL potevano svolgere ricerche anche negli archivi residenti oltre Atlantico, oltre a godere delle funzionalità per loro stessi specificamente realizzate. Fra queste, la funzione di sottomissione on-line dei

³¹ Biagioni, S.; Borbinha, J.L.; Ferber, R.; Hansen, P.; Kapidakis, S.; Kovacs, L.; Roos, F.; Vercoustre, A.-M. (1998). "The ERCIM Technical Reference Digital Library". *Research and Advanced Technology for Digital Libraries, Proceedings of the Second European Conference on Digital Libraries, ECDL '98, Heraklion, Crete, Greece, Lecture Notes in Computer Science*, Springer, pp. 21-23

³² Lagoze, C.; Fielding, D.; and Payette, S. (1998) "Making Global Digital Libraries Work: Collection Services, Connectivity Regions, and Collection Views". *Proceedings of the 3rd ACM International Conference on Digital Libraries, June 23-26, 1998, Pittsburgh, PA, USA*, pp 134-143

³³ Andreoni, A.; Baldacci, M.B.; Biagioni, S.; Carlesi, C.; Castelli, D.; Pagano, P. and Peters, C. (1999). "Developing a European Technical Reference Digital Library. *Research and Advanced Technology for Digital Libraries, Proceedings of the Second European Conference on Digital Libraries, ECDL '99, Paris, France, Lecture Notes in Computer Science*, Springer, pp. 343-362

³⁴ Con questo termine, ormai largamente usato anche in italiano, si comprendono tutte le fasi per la pubblicazione di un documento in una biblioteca digitale, e quindi la sua presentazione e descrizione da parte dell'autore, la valutazione da parte dei *referee*, i controlli di carattere formale da parte dell'amministratore della biblioteca e le comunicazioni relative a tutti questi passi.

documenti fu una caratteristica che distinse ETRDL dalla maggioranza dei sistemi contemporanei, nei quali i documenti erano semplicemente immessi con procedure attivate dal bibliotecario o dall'utente.

I progetti e le iniziative appena descritti hanno caratterizzato il tempo in cui può essere collocata la nascita del campo delle biblioteche digitali. Una volta definito, esso ha iniziato ad evolversi, come accade per ogni altro settore di ricerca. La sua evoluzione, tuttavia, si è svolta in modo spontaneo e multiforme, così, malgrado sia stato elaborato un "modello di riferimento" per le entità di questo campo, ancora oggi il termine "biblioteche digitali" evoca impressioni diverse nei diversi addetti ai lavori, esattamente come succedeva nel passato³⁵. E' opportuno quindi descrivere l'evoluzione del campo delle biblioteche digitali inquadrandone sistemi e progetti in tre categorie: la prima comprenderà sistemi e progetti dedicati ad applicare su larga scala il principio di condivisione delle risorse informative; la seconda sarà dedicata alle attività per la definizione e sviluppo di sistemi-software di tipo "general purpose" (Digital Library Management Systems³⁶) capaci di rendere più semplice la costruzione e la messa in opera di biblioteche digitali; la terza, infine, descriverà come il processo di sviluppo stia portando oggi alla realizzazione di nuovi ambienti di ricerca – chiamati *e-Infrastructure* - nei quali tutti i ricercatori condividono l'accesso a risorse quali dati, strumenti, risorse di calcolo e di comunicazione, indipendentemente dal luogo in cui risiedono.

3. Le biblioteche digitali come strumenti per la condivisione di contenuti

La realizzazione di una biblioteca digitale simile a quelle descritte nella sezione precedente richiedeva un enorme consumo di risorse, perché ciascun nuovo sistema veniva realizzato creando da zero sia il suo contenuto che il software per la sua gestione. Alla fine degli anni '90, le diffuse esperienze d'uso di architetture distribuite e la presenza di innumerevoli archivi indipendenti di grande valore informativo fecero sorgere l'idea di costruire biblioteche digitali di grandi dimensioni riusando il contenuto raccolto (e già organizzato) in archivi già esistenti. Questo obiettivo non era privo di ostacoli, il maggiore dei quali era certamente l'esigenza di realizzare l'interoperabilità fra archivi diversi e distribuiti, cosicché si potesse accedere e usare il loro contenuto in modo uniforme.

Un problema simile era già stato affrontato per i cataloghi in linea, e risolto con l'adozione del protocollo Z39.50^{37,38}, ma l'applicazione di una simile tecnologia anche agli archivi digitali fu considerata, in quel periodo, costosa e difficilmente realizzabile su vasta scala. Per identificare principi e meccanismi finalizzati all'interoperabilità degli archivi fu organizzato, nel 1999, un incontro (il *Santa Fe Meeting*) nel quale furono fissati principi tecnico-organizzativi fondamentali per assicurare l'interoperabilità fra archivi istituzionali e fu fondata l' *Open Archives Initiative*

³⁵ Fox, E.A.; Akscyn, R.M.; Furuta, R.K. and Legget, J.J. (1995). "Digital Libraries". *Communications of the ACM* 38(4), pp. 23-28

³⁶ Ioannidis *et al.* (2005) op. cit.

³⁷ Z39.50 Maintenance Agency web page <http://www.loc.gov/z3950/agency/>

³⁸ Miller, P. (1999). "Z39.50 for All". *Ariadne* 21. <http://www.ariadne.ac.uk/issue21/z3950/>

(OAI)³⁹. I principi organizzativi definivano due possibili ruoli che ciascuna organizzazione poteva svolgere nella comunicazione, quello di “fornitore di dati” (*data provider*) o quello di fornitore di servizi (*service provider*). I fornitori di dati avevano il compito di curare sia il deposito che la pubblicazione delle risorse di informazione, e di “esporre” i metadati delle risorse in forma adatta ad essere raccolti (*harvested*) dai fornitori di servizi ad esse interessati. I fornitori di servizi, d’altra parte, avevano il compito di raccogliere i metadati dai fornitori di dati e di organizzare su questi i servizi che ritenessero utili a potenziali utenti, ad esempio interfacce di ricerca, servizi di “*peer review*” e simili. La cooperazione fra fornitori di dati e fornitori di servizi doveva avvenire in base a regole definite in un protocollo, (inizialmente costituito da un sottoinsieme del protocollo *Dienst*) ora conosciuto come *Open Archive Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH)*⁴⁰. L’OAI-PMH è un protocollo molto semplice, che permette sei operazioni di richiesta – da parte del fornitore di servizi – e sei corrispondenti risposte da parte del fornitore di dati. Proprio per la sua semplicità e per il costo relativamente basso della sua implementazione, il protocollo si è grandemente diffuso fino a diventare uno standard *de facto*.

Una delle prime esperienze di implementazione di un servizio di ricerca in grande scala su fornitori di dati è stata fatta dal progetto *The European Library (TEL)*⁴¹, iniziato nel 2001. Obiettivo principale di TEL era verificare la fattibilità di un servizio di tipo nuovo, pan-europeo, capace di dare accesso alla totalità delle risorse delle biblioteche nazionali d’Europa. Il primo ostacolo di tipo tecnico affrontato dal progetto fu rappresentato dalla diversità di accesso alle risorse delle biblioteche nazionali partecipanti. Non tutte offrivano accesso ai dati bibliografici attraverso il protocollo Z39.50; non tutte registravano nei cataloghi in linea tutte le loro collezioni. Così il primo compito di TEL fu la ricerca di una soluzione che permettesse la ricerca integrata sull’insieme dei metadati di tutte le collezioni. Questa soluzione fu inizialmente identificata nell’uso di Z39.50 per i cataloghi in linea (OPAC)⁴² che avevano implementato questo protocollo, e nell’uso dell’ *Hypertext Transfer Protocol (HTTP)* per raccogliere i metadati delle risorse non disponibili attraverso Z39.50 al fine di costruire un indice centrale di tali risorse. Il protocollo HTTP fu tuttavia abbandonato dopo la pubblicazione del protocollo OAI-PMH, che fu adottato da TEL per i medesimi fini. Il progetto TEL è terminato nel 2004, ed oggi il sistema, nella versione 2.2.0, offre servizi web sulla totalità delle risorse - digitali e non - di quarantacinque biblioteche nazionali; la ricerca è gratuita, mentre il rilascio di documenti digitali può avvenire dietro pagamento.

³⁹ Van de Sompel, H. and Lagoze, C. (2000). “The Santa Fe Convention of the Open Archives Initiative”. *D-Lib Magazine*, 6(2). <http://www.dlib.org/dlib/february00/vandesompel-oai/02vandesompel-oai.html>

⁴⁰ Lagoze, C. and Van de Sompel, H. (2001). “The open archives initiative: building a low-barrier interoperability framework”. Proceedings of the first ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries, ACM Press, pp. 54-62

⁴¹ Woldering, B. (2004) “The European Library: Integrated access to the national libraries of Europe”. *Ariadne* 38 <http://www.ariadne.ac.uk/issue38/woldering/>

⁴² Altelman, K.; Linema, E. and Pace, A.K. (2006). “Toward a Twenty-First-Century Library Catalog”. *Information Technology & Libraries* 25(3), pp. 128-139

Un'altra importante iniziativa per costruire servizi operanti su archivi diversi è stato il progetto *DARE-Digital Academic Repositories*⁴³, intrapreso nel 2003 dalle università e dalla Biblioteca Nazionale dei Paesi Bassi con l'obiettivo di memorizzare tutti gli oggetti digitali prodotti dalla ricerca olandese in una rete comune di archivi istituzionali al fine di facilitarne la disseminazione. Per arrivare alla federazione degli archivi istituzionali furono fissate linee-guida che facilitassero la cooperazione e l'interoperabilità, permettendo così la realizzazione di servizi operanti su tutti gli archivi della rete. Le linee-guida imponevano una serie di standard ai quali le organizzazioni partecipanti dovevano allinearsi: principalmente il protocollo OAI-PMH e i metadati definiti nel Dublin Core Metadata Elements Set⁴⁴; a quest'ultimo poteva aggiungersi, in via opzionale, un insieme di metadati Dublin Core qualificati, scelto appositamente per il progetto. Compito degli archivi partecipanti era la conversione dei loro metadati dal formato interno a quello definito per DARE e l'esposizione di tali metadati alle operazioni del protocollo OAI-PMH. Nessuna condizione era invece imposta sul formato degli oggetti digitali; tuttavia essi dovevano essere raggiungibili attraverso il protocollo HTTP oppure tramite una pagina Web. Dal 2008 i servizi di DARE sono accessibili attraverso il portale NARCIS⁴⁵.

Iniziative tese ad aggregare contenuti informativi sparsi in una pletora di archivi e di sistemi continueranno ad esistere probabilmente a lungo per una serie di motivi, il principale dei quali è naturalmente l'esistenza di un gran numero di archivi diversi – istituzionali e non – insieme alla natura sempre più multidisciplinare della nostra società. A riprova di ciò è il fatto che TEL e DARE sono i precursori di due importanti iniziative, rispettivamente *Europeana*⁴⁶ e *DRIVER*⁴⁷, lanciate dalla Commissione Europea pochi anni dopo.

Europeana è una rete tematica finanziata dal programma eContentplus, facente parte della i2010 Initiative⁴⁸. Originariamente chiamato *EDLnet (European digital library network)*, Europeana iniziò nel 2007 con la partecipazione di 100 istituzioni culturali e scientifiche e di esperti di tecnologia dell'informazione provenienti da tutta l'Europa. Obiettivo di Europeana è fornire accesso alla produzione scientifica e culturale europea attraverso un unico portale. La prima versione del servizio, presentata nel 2008, ha realizzato semplici funzionalità di ricerca e recupero in uno spazio informativo di circa due milioni di oggetti digitali scelti da musei, biblioteche, archivi e collezioni di materiale audio-video, raccolti attraverso il protocollo OAI-PMH. La sua prima versione operativa, chiamata "Reno", è prevista per Luglio 2010;

⁴³ Kuil van der, A. and Feijen, M. (2004) "The Dawning of the Dutch Network of Digital Academic REpositories (DARE): A Shared Experience". *Ariadne*, Issue 41
<http://www.ariadne.ac.uk/issue41/vanderkuil/>

⁴⁴ Il vocabolario di quindici elementi descrittivi sviluppato dalla *Dublin Core Metadata Initiative* (<http://dublincore.org>).

⁴⁵ NARCIS (<http://www.narcis.info/>) provides access to more than 240,000 scientific publications (the majority of them are open access publications), more than 6,000 data sets, and information on researchers (expertise), research projects and research institutes in the Netherlands

⁴⁶ Europeana <http://www.europeana.eu>

⁴⁷ Digital Repository Infrastructure Vision for European Research. www.driver-community.eu

⁴⁸ Europe's Information Society – i2010: Digital Libraries Initiative
http://ec.europa.eu/information_society/activities/digital_libraries/index_en.htm

entro il 2010 essa dovrebbe offrire a qualsiasi utente l'accesso a oltre sei milioni di documenti multimediali, che includono audio, immagini, libri, record archivistici e film. "Reno" sarà seguita, in Aprile 2011, da una versione più sofisticata (chiamata "Danubio"), provvista di maggior contenuto e di un insieme di funzionalità più ricco. Europeana è stata progettata per servire tipologie di utenti molto diverse. Essa sarà perciò capace di soddisfare curiosità occasionali e bisogni informativi degli studenti di scuole primarie e secondarie, ma anche di dare a studenti e insegnanti universitari informazioni certificate, scaricabili per essere utilizzate in corsi accademici, e, inoltre, di offrire a ricercatori ed esperti servizi specializzati per ricercare, verificare e annotare informazioni. Nel contesto di Europeana sono definiti fornitori di dati di tipo speciale, cioè gli *aggregatori*, che hanno il compito di fornire ad Europeana contenuto informativo raccolto da altri fornitori di dati. Ad esempio, *Culture.fr* è il maggiore di tali aggregatori, raccogliendo contenuto da circa 480 organizzazioni culturali francesi, compreso il Louvre e il Musée d'Orsay. Gli oggetti digitali raccolti da Europeana nel suo spazio informativo sono costituiti da *surrogati* degli oggetti originali custoditi nei siti dei fornitori. Tali surrogati possono contenere elementi degli oggetti digitali originali (ad esempio, indice del contenuto, indice dei termini dell'intero testo, brani musicali o video, etc); quindi Europeana sarà capace di rilasciare oggetti digitali oltreché metadati. Le maggiori difficoltà che Europeana sta affrontando per raggiungere i suoi obiettivi provengono dall'eterogeneità del suo ambiente, che pone grandi problemi di interoperabilità, ma naturalmente grande attenzione deve essere dedicata alla soluzione di problemi di scalabilità, qualità del servizio e sostenibilità del suo portale.

DRIVER è un altro esempio di biblioteca digitale funzionante su contenuto informativo raccolto da un grande numero di fornitori esterni. La biblioteca è il risultato di due progetti consecutivi, finanziati dalla Commissione Europea nel periodo 2006-2009 per creare le condizioni tecnico-organizzative atte alla costruzione di una infrastruttura europea di archivi digitali⁴⁹. Lo strumento organizzativo creato per rispondere ai requisiti dell'iniziativa è la confederazione⁵⁰. I partner dell'organizzazione rappresentano *repository* di comunità europee e internazionali, come quelli costruiti su base tematica, fornitori di sistemi e fornitori di servizi, organizzazioni politiche e di ricerca che condividono l'obiettivo DRIVER, cioè dare alle istituzioni di ricerca di tutto il mondo i mezzi per rendere accessibili in modo "aperto" tutte le loro pubblicazioni attraverso archivi istituzionali. Per rispondere a questa finalità, DRIVER aiuta a sviluppare gli archivi su principi condivisi, definendo linee-guida e ricercando pratiche di lavoro che favoriscano la realizzazione di una infrastruttura di archivi caratterizzata da affidabilità e persistenza. Per gli aspetti tecnici, DRIVER si basa sulla tecnologia *D-Net*⁵¹, una tecnologia innovativa nel

⁴⁹ Jones, S. and Manghi, P. (2009). "DRIVER: the Digital Repository Infrastructure Vision for European Research". *Zero-in e-Infrastructure News Magazine, EU FP7 Funded Project BELIEF-II, Issue2*, pp. 23-24. <http://www.beliefproject.org/zero-in/zero-in-second-edition-emagazine/driver-the-digital-repository-infrastructure-vision-for-european-research>

⁵⁰ La confederazione viene attualmente indicata col nome di "*DRIVER Confederation*", ma questo nome sarà probabilmente cambiato per tener conto del futuro diverso contesto internazionale di DRIVER, che comprenderà Stati Uniti, Canada, America Latina, Cina, Giappone, India e Africa.

⁵¹ D-NET. http://www.driver-repository.eu/D-NET_release

contesto dei sistemi di aggregazione di archivi, orientata alla realizzazione di infrastrutture di biblioteche digitali (vedi Sez. 5). D-Net si basa su un'architettura orientata ai servizi (SOA), nella quale le risorse distribuite e condivise sono implementate come *Web Services* standard e le applicazioni consistono di insiemi di servizi interagenti l'uno con gli altri. Questa tecnologia offre servizi sia ai fornitori di dati, che possono usarla per condividere più facilmente il loro contenuto, sia ai fornitori di servizi, che sono agevolati nella costruzione di biblioteche digitali capaci di sfruttare i contenuti digitali aggregati da DRIVER. Attualmente il servizio DRIVER dà accesso a circa un milione di record provenienti da più di 200 archivi residenti in 27 paesi. DRIVER supporta inoltre tre biblioteche digitali per specifiche applicazioni: il portale nazionale del Belgio, che permette la ricerca sugli archivi della Federazione Belga; il portale nazionale *Recolecta*, per gli archivi della Federazione Spagnola; e infine il portale generale DRIVER, che dà accesso all'intero spazio informativo attraverso funzionalità avanzate.

Gli attuali servizi di Europeana e DRIVER operano su uno spazio informativo costituito da record di metadati; i due sistemi, cioè, raccolgono metadati dai fornitori attraverso il protocollo OAI-PMH e forniscono i loro servizi sfruttando tali metadati. Il protocollo OAI-PMH tuttavia soffre di gravi limiti nel caso debba essere usato per la comunicazione di oggetti di più ricca struttura e contenuto, come quelli che sono oggi al centro della ricerca e della comunicazione scientifica^{52 53}. Degli stessi limiti, ovviamente, soffrono i servizi che lo usano. In particolare essi danno accesso al contenuto digitale associato ai metadati (quando possibile) sfruttando l'indirizzo URL o qualche altra informazione contenuta nei metadati. Questa modalità di accesso agli oggetti digitali presenta tuttavia due gravi problemi: i) manca un protocollo standard per l'accesso agli oggetti digitali; ii) non è data la possibilità di accedere a oggetti composti poiché non si conosce la loro struttura né le relazioni esistenti tra le loro parti. Una soluzione a questi problemi può venire dallo standard *OAI-ORE*⁵⁴, rilasciato nella versione 1.0 nel 2008 dalla Open Archives Initiative: basato su standard Web, esso è finalizzato al trattamento di aggregazioni di risorse Web. Queste aggregazioni, chiamate anche *oggetti digitali composti*, possono combinare risorse distribuite aventi diverse tipologie, quali testi, immagini, dati e video, così come accade nei prodotti di ricerca avanzati.

Sia Europeana che DRIVER hanno già pianificato di ricorrere a tecnologie *à la* OAI-ORE per trattare oggetti digitali composti.

Tutte le iniziative e tutti i sistemi descritti in questa Sezione sono orientati alla *condivisione dei contenuti informativi*. La maggior parte di essi sono anche il frutto di un grande sforzo organizzativo, essendo basati sulla partecipazione cooperativa dei fornitori di contenuto. La condivisione dei contenuti informativi, insieme al corrispondente modello organizzativo, viene oggi considerata strategica per ridurre i costi delle biblioteche digitali, costi principalmente dovuti alla selezione, digitalizzazione, descrizione e cura delle risorse di informazione. Tuttavia la sua generalizzazione è problematica perché i sistemi proprietari esistenti sono basati su

⁵² Van de Sompel, H.; Payette, S.; Erickson, J.; Lagoze, C. and Warner, S. (2004). "Rethinking Scholarly Communication – Building the Systems that Scholars Deserve". *D-Lib Magazine*, 9(10), <http://www.dlib.org/dlib/september04/vandesompel/09vandesompel.html>

⁵³ Van de Sompel, H.; Lagoze, C.; Bekaert, J.; Liu, X.; Payette, S. and Warner, S. (2006). "An Interoperable Fabric for Scholarly Value Chains". *D-Lib Magazine*, 12(10), <http://dlib.org/dlib/october06/vandesompel/10vandesompel.html>

⁵⁴ Open Archives Initiatives – Object Reuse and Exchange <http://www.openarchives.org/ore>

una grande varietà di modelli e usano diverse ontologie, e quindi rendono difficoltoso affrontare le tematiche dell'interoperabilità in modo sistematico. Il programma di ricerca DL.org⁵⁵, scaturito dall'attività di DELOS e recentemente finanziato dalla Commissione Europea, sta aprendo la strada alla soluzione di questi problemi, con l'obiettivo di rendere fattibile l'implementazione di infrastrutture globali per biblioteche digitali.

4. Sistemi di gestione per biblioteche digitali

Il riuso dei contenuti informativi non è stata l'unica strategia posta in essere per ridurre i costi di costruzione delle biblioteche digitali. Un altro importante passo verso questo obiettivo è stato fatto con la concezione di *sistemi per la gestione di biblioteche digitali* (DLMS - Digital Library Management Systems), cioè sistemi software appositamente strutturati per (i) costruire e amministrare una biblioteca digitale provvista di tutte le funzionalità considerate fondamentali per il suo funzionamento; ii) accogliere e integrare software aggiuntivo per realizzare funzionalità nuove, più specializzate o più avanzate⁵⁶. Così una biblioteca digitale può essere costruita configurando ed attivando un DLMS e quindi caricando le risorse informative – o raccogliendole da archivi esistenti. In questo modo vengono largamente semplificati e diminuiti i costi di realizzazione e viene raggiunta, nelle generalità dei casi, una migliore qualità dei servizi.

Questi sistemi di generale applicazione hanno iniziato a comparire all'inizio del 2000, sebbene provvisti solo di una parte delle caratteristiche che erano alla base della loro concezione. Le maggiori differenze fra questi primi sistemi riguardavano la classe delle funzionalità offerte, la tipologia del modello di oggetto informativo che erano capaci di gestire, e il grado di "apertura" della loro architettura.

Forme primitive di DLMS sono stati i sistemi di gestione di *repository*: in generale, essi sono configurabili in misura molto variabile e, una volta installati, offrono all'amministratore di sistema una gamma limitata di funzionalità. Inoltre, sono centralizzati e raramente estensibili.

Il miglior rappresentante di questa classe di sistemi è *DSpace*⁵⁷, sviluppato dalla biblioteca del Massachusetts Institute of Technology e dai laboratori Hewlett-Packard a partire dal 2000. Il sistema, concepito per la gestione di *repository* istituzionali, aveva fra i suoi obiettivi: i) la sottomissione degli oggetti digitali sia attraverso una procedura interattiva sia attraverso diversi programmi di caricamento; ii) la distribuzione del patrimonio digitale sul Web e la sua ricerca e recupero attraverso un sistema di recupero dell'informazione; infine, iii) preservare il patrimonio digitale nel lungo periodo⁵⁸. L'organizzazione delle informazioni all'interno di DSpace riflette la

⁵⁵ Castelli, D. and Parker, S. (2009). "DL.org: A Coordination Action on Digital Library Interoperability, Best Practices and Modelling Foundations". *ERCIM News*, 77, p. 65. <http://ercim-news.ercim.org/en77>

⁵⁶ Candela, L. *et al.* (2008) *op. cit.*

⁵⁷ Smith, M.; Barton, M.; Bass, M.; Branschofsky, M.; McClellan, G.; Stuve, D.; Tansley, R. and Walker, J.H. (2003). "DSpace – An Open Source Dynamic Digital Repository". *D-Lib Magazine*, 9(1), <http://www.dlib.org/dlib/january03/smith/01smith.html>

⁵⁸ Tansley, R.; Bass, M. and Smith, M. (2003). "DSpace as an Open Archival Information System: Current Status and Future Directions". *Research and Advanced Technology for*

struttura di una tipica organizzazione di ricerca. Il *Repository* è organizzato in comunità (ciascuna corrispondente a un laboratorio, centro o dipartimento), le comunità mantengono le collezioni (cioè raggruppamenti di oggetti digitali correlati in qualche forma), e ciascuna collezione è composta degli elementi-base di informazione. Dspace è molto diffuso⁵⁹ e molto apprezzato per la sua efficienza e per la semplicità delle sue procedure di installazione e di uso. Tuttavia la sua limitata flessibilità lo rende adatto solo a specifici ambienti applicativi.

La flessibilità è stata invece il maggior obiettivo perseguito dai progettisti del sistema *FEDORA (Flexible Extensible Digital Object Repository Architecture)*⁶⁰, sviluppato circa nello stesso periodo in cui veniva introdotto DSpace. Fedora fu originariamente progettato dal Digital Library Research Group presso la Cornell University con un finanziamento della National Science Foundation; successivamente il suo sviluppo proseguì in collaborazione con la biblioteca della University of Virginia Library, finanziata dalla Fondazione Andrew W. Mellon. A differenza di altri sistemi di gestione di *repository* – generalmente sistemi “chiavi in mano” utilizzabili da un’interfaccia utente-sistema non modificabile - FEDORA è stato concepito quale sistema-base su cui costruire una varietà di sistemi e applicazioni per utenti finali, cioè come servizio usabile per costruire applicazioni più sofisticate. Per questo obiettivo FEDORA è stato implementato come un insieme di *Web Services* che rendono possibile programmare sia la manipolazione di oggetti informativi sia la ricerca e l’accesso a rappresentazioni multiple di tali oggetti⁶¹. È inoltre molto flessibile anche il modello degli oggetti informativi supportati da FEDORA, che permette l’espressione di molte tipologie di oggetti digitali compositi.

Nel marzo del 2009 da FEDORA e DSpace è nata una nuova organizzazione, *DuraSpace*⁶², il cui obiettivo è assumere una posizione preminente nello sviluppo di tecnologie innovative “open source” da offrire all’intera comunità delle organizzazioni che trattano, conservano e danno accesso all’informazione digitale.

Sia DSpace che Fedora sono stati essenzialmente progettati per gestire *repository*. Tra i primi ad abbandonare questa concezione di sistema di gestione è stato *OpenDLib*⁶³, sviluppato a Pisa dal Consiglio Nazionale delle Ricerche a partire dal 2000. Il progetto di OpenDLib è nato come risposta al forte bisogno di un sistema software non specializzato, che potesse cioè essere modificato per adattarsi alle esigenze dei

Digital Libraries, Proceedings of the 7th European Conference on Digital Libraries, ECDL 2003, Trondheim, Norway, Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp. 446-460

⁵⁹ A list of known DSpace instances is reported in the DSpace website (<http://www.dspace.org/index.php/DSpace-Instances/Repository-List.html>). In August 2009 this list contains more than 600 repositories.

⁶⁰ Payette, S. and Lagoze, C. (1998). “Flexible and Extensible Digital Object and Repository Architecture (FEDORA)”. *Research and Advanced Technology for Digital Libraries, Proceedings of the Second European Conference on Digital Libraries, ECDL '98, Crete, Greece*, Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp. 41-59

⁶¹ Payette, S. & Thornton, S. (2002). “The Mellon Fedora Project: Digital Library Architecture Meets XML and Web Services”. *Research and Advanced Technology for Digital Libraries, Proceedings of the 6th European Conference on Digital Libraries, ECDL 2002, Rome, Italy*, Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp. 406-421

⁶² DuraSpace. <http://duraspace.org>

⁶³ Castelli, D. and Pagano, P. (2002). “OpenDLib: A Digital Library Service System”. *Research and Advanced Technology for Digital Libraries, Proceedings of the 6th European Conference on Digital Libraries, ECDL 2002, Rome, Italy*, Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp. 292-308

diversi scenari in cui le biblioteche digitali possono essere applicate. Il sistema è stato esplicitamente progettato per i) rilasciare i servizi di base per la sottomissione, descrizione, indicizzazione, ricerca, *browsing*, recupero, preservazione e visualizzazione di oggetti informativi; ii) offrire altri servizi specialistici quali il controllo degli accessi sui singoli oggetti informativi e la gestione di tali oggetti con specifiche modalità dettate dall'utente, riguardanti, ad esempio, le versioni o i risultati di una ricerca o di una sessione di lavoro; iii) accogliere nuovi moduli software per accrescere le sue funzionalità, riguardanti non soltanto servizi, ma anche i formati di metadati, le specifiche caratteristiche delle comunità di utenti, etc.⁶⁴ OpenDLib gestisce gli oggetti informativi con un modello molto flessibile⁶⁵ con cui è possibile rappresentare oggetti strutturati, multimediali e di diverse lingue in modo appropriato al loro tipo di contenuto. Sua caratteristica innovativa è l'introduzione del concetto di *collezioni virtuali*⁶⁶. Una collezione virtuale è definita in base a criteri logici perciò solo raramente corrisponde ad una collezione fisica. Ogni collezione ha una propria politica di accesso e viene dinamicamente alimentata dai nuovi oggetti digitali inseriti nel sistema, quando essi soddisfino i criteri di definizione della collezione. Oltre alle funzioni dedicate agli utenti finali per pubblicare e utilizzare oggetti digitali, OpenDLib mette a disposizione degli amministratori della biblioteca digitale una serie di servizi per la preservazione degli oggetti digitali, per la loro revisione, per la gestione di profili di utente e di gruppi di utenti, per attivare e gestire i servizi ospitati dai diversi *server*. Tutte queste caratteristiche innovative hanno reso OpenDLib il primo vero esemplare di quella classe di software che la comunità di ricerca ha iniziato più tardi a chiamare "Digital Library Management System"^{67,68}, variando di poco l'attributo di "Digital Library Service System" con cui è stato originariamente caratterizzato OpenDLib.

A partire dal 2000 incominciarono ad essere realizzati anche altri sistemi non specificamente dedicati alla gestione di *repository*. Infatti, col procedere dello sviluppo delle biblioteche digitali e con l'espandersi del loro uso divenne evidente che le biblioteche digitali stavano offrendo possibilità inimmaginabili nel mondo bibliotecario, potendo diventare strumenti capaci di gestire l'intero ciclo della produzione scientifica, e quindi non solo la ricerca di informazioni rilevanti, ma anche l'analisi di queste informazioni e la produzione di nuova informazione da pubblicarsi e diffondersi per l'uso generale. I primi sistemi orientati a questa visione furono

⁶⁴ Castelli, D. and Pagano, P. (2003). "A System for Building Expandable Digital Libraries". *ACM/IEEE 2003 Joint Conference on Digital Libraries (JCDL 2003), 27-31 May 2003, Houston, Texas, USA, Proceedings*. IEEE Computer Society, pp. 335-345

⁶⁵ Candela, L.; Castelli, D.; Pagano, P. and Simi, M. (2003). "From Heterogeneous Information Spaces to Virtual Documents". *Digital Libraries: Implementing Strategies and Sharing Experiences, 8th International Conference on Asian Digital Libraries, ICADL 2005, Bangkok, Thailand, December 12-15, 2005, Proceedings*, Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp. 11-22

⁶⁶ Candela, L.; Castelli, D. and Pagano, P. (2003). "A Service for Supporting Virtual Views of Large Heterogeneous Digital Libraries". *Research and Advanced Technology for Digital Libraries, Proceedings of the 7th European Conference on Digital Libraries, ECDL 2003, Trondheim, Norway*, Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp. 362-373

⁶⁷ Ioannidis *et al.* (2005) op. cit.

⁶⁸ Candela, L. *et al.* (2008) op. cit.

Cyclades e *Scholnet*⁶⁹, ambedue finanziati dal Quinto Programma Quadro della Commissione Europea all'inizio del 2000. Obiettivo dei due progetti era estendere le potenzialità delle biblioteche digitali con funzionalità orientate alla comunicazione e collaborazione fra studiosi. Scholnet aveva un insieme di servizi specializzati per disseminare documentazione tecnica e renderla immediatamente fruibile all'interno di una comunità multilingue distribuita in tutto il mondo. Il sistema aveva servizi tradizionali capaci però di trattare documenti multimediali come video di seminari (eventualmente sincronizzati con le corrispondenti *slide* testuali); oltre a questi, offriva anche servizi innovativi quali l'annotazione dei documenti: questo servizio permetteva di apporre ai documenti, o a loro parti, note testuali, valutazioni, riferimenti, etc., decidendone le modalità di accesso, se pubblico o riservato a gruppi definiti. Il sistema aveva inoltre una funzione di ricerca multilingue (gli utenti potevano formulare le interrogazioni nella loro lingua e ricevere in risposta anche documenti in altre lingue) e un servizio di disseminazione selettiva dei documenti. Obiettivo del progetto *Cyclades*, invece, era realizzare un ambiente virtuale di collaborazione nel quale potessero svolgere il loro lavoro sia singoli scienziati che comunità di ricerca. In particolare il sistema metteva a disposizione funzionalità per accedere, attraverso il protocollo OAI-PMH, ad archivi di grandi dimensioni, di diversa natura e di diverse discipline, distribuiti nel Web. Particolari funzionalità riguardavano la costruzione di collezioni (con meccanismi per strutturare dinamicamente l'intero spazio informativo in collezioni significative, rispondenti ai criteri di singole comunità), la personalizzazione e la raccomandazione (con la disseminazione automatica dei nuovi oggetti digitali in base a profili di utente costruiti dinamicamente), e il supporto al lavoro cooperativo⁷⁰ (con la possibilità di definire spazi di lavoro condivisi, dove potessero essere trattati documenti, raccomandazioni, collegamenti, annotazioni, valutazioni etc.)^{71 72}.

Una categoria particolare di DLMS è rappresentata dai sistemi che rendono possibile la costruzione di biblioteche digitali assemblandone diversi componenti. Un notevole esempio di tale tipologia di sistemi è il *DelosDLMS*⁷³, sviluppato nel contesto di *DELOS*⁷⁴ per integrare in un unico sistema i servizi realizzati da vari membri della sua comunità. Il nucleo centrale di questo sistema è costituito da un "orchestratore" che collega i singoli componenti per svolgere le funzionalità volute attraverso una catena di interventi dei singoli servizi.

⁶⁹ Castelli, D.; Pagano, P. and Straccia, U. (2001). "Scholnet and Cyclades: Extending the Role of Digital Libraries". *D-Lib Magazine*, 7(4), <http://www.dlib.org/dlib/april01/04inbrief.html> - CASTELLI

⁷⁰ Straccia, U. and Thanos, C. (2004). "An open collaborative virtual archive environment". *International Journal on Digital Libraries*, 4(1), pp. 23-24

⁷¹ Candela, L. and Straccia, U. (2003). "The Personalized, Collaborative Digital Library Environment *Cyclades* and Its Collections Management". *Distributed Multimedia Information Retrieval, SIGIR 2003 Workshop on Distributed Information Retrieval, Toronto, Canada, August 1, 2003, Revised Selected and Invited Papers*, Lecture Notes in Computer Science, pp. 156-172

⁷² Avancini, H.; Candela, L. and Straccia, U. (2007). "Recommenders in a personalized, collaborative digital library environment". *Journal of Intelligent Information Systems*, 28(3), pp. 253-283

⁷³ Ioannidis, Y.; Milano, D.; Schek, H.J. and Schuldt, H. (2008). "DelosDLMS". *International Journal on Digital Libraries*, 9(2), pp. 101-114

⁷⁴ Thanos, C. (2009). op. cit.

La razionalità dei motivi che hanno portato alla realizzazione dei DLMS è apparsa evidente quando, aumentando la richiesta di biblioteche digitali di vario tipo, si è pensato alla loro costruzione su base industriale. Analizzando le caratteristiche di realizzazione dei primi sistemi – essenzialmente costruiti *ex novo* per uno scopo particolare – ci si è accorti che un tale approccio non è appropriato né sostenibile se si vuole affrontare un contesto orientato alla produzione⁷⁵. Tuttavia la mancanza di una comune concezione delle funzionalità “proprie” di una biblioteca digitale, e quindi anche dei loro sistemi di gestione, ha portato alla eterogeneità dei sistemi finora descritti. Oggi sono pochi i sistemi definibili come “veri” DLMS, capaci, cioè, di sviluppare e rendere operative biblioteche digitali ricche delle funzionalità richieste da specifici contesti applicativi. Malgrado ciò, il principio che è stato alla base della loro costruzione, cioè la condivisione delle risorse⁷⁶, è universalmente riconosciuto come un principio valevole per ridurre i costi di sviluppo e i costi operativi delle biblioteche digitali. Su tale principio, inoltre, si è fondata la nozione di *e-infrastructure*, la nuova frontiera raggiunta dalle biblioteche digitali nella loro evoluzione.

5 – Biblioteche digitali come ambienti di ricerca virtuali (Virtual Research Environments), infrastrutture ed ecosistemi di infrastrutture

L’attività scientifica è svolta oggi attraverso la collaborazione di individui e organismi autonomi, sparsi in tutto il mondo. Le collaborazioni sono frequentemente interdisciplinari e richiedono accesso a un’ampia varietà di dati e a strumenti specialistici per analizzarli ed elaborarli. Se le biblioteche digitali sembrano, in linea di principio, tecnologie adatte a supportare queste nuove modalità di collaborazione, in pratica la loro realizzazione si rivela troppo dispendiosa⁷⁷. Queste modalità di collaborazione scientifica, infatti, si basano su un ampio campo di risorse applicative eterogenee e in continua evoluzione, rappresentate da dati e servizi di difficile integrazione essendo ciascuno di essi usualmente concepito per soddisfare le specifiche esigenze dell’organizzazione da cui è stato sviluppato. Inoltre, il nucleo delle funzionalità implementato da tali applicazioni (ad esempio, analisi, trasformazione ed estrazione di informazioni da grandi masse di dati eterogenei distribuiti) richiede una grande potenza di calcolo, raramente disponibile in una singola organizzazione se non grazie ad un notevole investimento in tali tipologie di risorse. Per queste ragioni, lo sviluppo di un ambiente di supporto alla ricerca che sia in grado di soddisfare le esigenze odierne si rivela un compito complesso e dispendioso, che solo poche organizzazioni possono affrontare singolarmente.

⁷⁵ Ioannidis *et al.* (2005) *op. cit.*

⁷⁶ Il concetto di “risorsa” deve intendersi in senso astratto ed estremamente generico poiché con questo termine si indicano tutte le entità del mondo delle biblioteche digitali. Così con “condivisione delle risorse” (*resource sharing*) ci si riferisce alla possibilità di usare, per un sistema, contenuto, funzionalità, risorse umane etc., costruite per un altro sistema.

⁷⁷ Il principio e le tecnologie per il *content sharing* (cf. Sez. 3) e i DLMS Systems (cf. Sez. 4) sono strumenti validi anche in questo contesto, ma non sono ancora sufficientemente maturi per affrontare tutti i problemi dei variegati scenari che la *e-Science* presenta.

La condivisione delle risorse permette un approccio sostenibile allo sviluppo di tali tipologie di sistemi, mentre una nuova forma organizzativa in grado di garantire interoperabilità e accesso uniforme alla grande massa di risorse disponibili si sta diffondendo. Tale forma organizzativa prende il nome di *e-infrastructure*⁷⁸ e si basa su soluzioni tecnologiche sviluppate e mantenute da organizzazioni riconosciute capaci di garantire la loro manutenzione e la qualità dei servizi offerti. Questo approccio ha cambiato radicalmente i criteri organizzativi delle nuove biblioteche digitali, quelle concepite per supportare scenari di eScience, e ha anche fortemente influito su tutti gli attori del campo.

Le *e-infrastructure* possono facilitare la realizzazione di biblioteche digitali in misura diversa. La maggioranza delle *e-infrastructure* realizzate fino ad oggi offrono strumenti per la cura e l'accesso alle risorse di uno specifico tipo. Generalmente si basano su un modello organizzativo nel quale i fornitori di risorse si accordano per condividere, a certe condizioni, le risorse che essi mantengono e curano nelle proprie sedi: pubblicazioni, materiale multimediale, dati sperimentali o catturati da sensori, strumenti per l'elaborazione di tali dati, risorse di calcolo e memorizzazione. Un esempio tipico di questa classe di *e-Infrastructure* è quella costruita dal progetto *IMPACT*⁷⁹, che offre meccanismi per aggregare, rendere omogenei, curare, e dare accesso a dati contenuti in differenti archivi di genomi e proteomi, così che essi possano essere usati in molteplici scenari applicativi. Sfruttando tali meccanismi, le biblioteche digitali dedicate alle scienze della vita possono affidare all'*e-infrastructure* *IMPACT* la creazione del loro spazio informativo invece di crearlo e mantenerlo operativo esse stesse. Altro esempio di notevole interesse è l'*e-infrastructure* *GENESI-DR*⁸⁰, costruita dal progetto omonimo. Questa non solo armonizza e dà accesso uniforme ai dati collezionati da vari sensori posti su satelliti, ma permette anche l'utilizzo di risorse di calcolo e servizi con cui processare la mole di dati raccolti dai satelliti per generare prodotti quali mappe di distribuzione di certi valori, ad esempio della temperatura dei mari in superficie (Sea Surface Temperature). Chiaramente, lo sfruttamento di queste possibilità riduce di molto il costo di sviluppo di singole biblioteche digitali realizzando economie di scala.

Nuove funzionalità caratterizzano invece la *D4Science e-Infrastructure*⁸¹. Essa infatti permette di costruire dinamicamente e di mantenere operative biblioteche digitali chiamate ambienti di ricerca virtuali, o *Virtual Research Environment (VRE)*⁸². I VRE sono costruiti per rispondere alle specifiche esigenze di un certo scenario scientifico,

⁷⁸ Con il termine 'e-Infrastructure' ci si riferisce a ambienti di ricerca nei quali tutti i ricercatori – che lavorino nella loro istituzione o siano impegnati in qualche iniziativa nazionale o internazionale – condividono l'accesso a dati, strumenti, risorse di calcolo e comunicazione indipendentemente dalla loro collocazione.

<http://cordis.europa.eu/fp7/ict/e-infrastructure/>

⁷⁹ IMproving Protein Annotation through Coordination and Technology, <http://www.ebi.ac.uk/impact/page.php>

⁸⁰ Ground European Network for Earth Science Interoperations - Digital Repositories, <http://www.genesi-dr.eu/>

⁸¹ DIstributed colLaboratories Infrastructure on Grid ENabled Technology for Science, <http://www.d4science.eu>

⁸² Assante, M.; Candela, L.; Castelli, D.; Frosini, L.; Lelii, L.; Manghi, P.; Manzi, A.; Pagano, P. and Simi, M. (2008). "An Extensible Virtual Digital Libraries Generator". *Research and Advanced Technology for Digital Libraries, Proceedings of the 12th European Conference on Digital Libraries, ECDL 2008, Aarhus, Denmark*, Lecture Notes in Computer Science, pp. 122-134

sono mantenuti per il periodo necessario a soddisfare queste esigenze e quindi dismessi – ad esempio quando un progetto giunge a conclusione. La D4Science *e-Infrastructure* opera come un intermediario fra fornitori e utenti di risorse⁸³. Nella versione corrente, essa aiuta i fornitori di risorse a “mettere sul mercato” i loro prodotti, mentre aiuta gli utenti delle risorse, cioè le comunità scientifiche, a sfruttare tali risorse organizzandole per la creazione di proprie VRE. A questo scopo, l’*e-Infrastructure* fornisce alle comunità supporto tecnico e logistico che le renda capaci di costruire, mantenere e monitorare i loro VRE col minor possibile intervento umano. Fra questi strumenti di supporto si possono citare le procedure interattive per scegliere le risorse da includere nel VRE selezionandole dall’intero patrimonio a disposizione. Una volta selezionate, tali risorse sono organizzate e manipolate dall’*e-Infrastructure* al fine di renderle operative all’interno del VRE; ad esempio, i servizi sono attivati dinamicamente su specifici *server*, anche questi acquisiti tramite l’*e-Infrastructure*, il sistema ne attiva il monitoraggio e, quando necessario, rialloca le risorse al fine di garantire la qualità del servizio attesa. Tutto questo in modo trasparente agli utenti.

Ciascuna delle *e-Infrastructure* sopra descritte esegue i suoi servizi su un certo insieme di risorse. Sebbene questa soluzione faciliti notevolmente la costruzione di biblioteche digitali che usino le risorse appartenenti a quell’insieme, risulta con sempre maggior evidenza che le richieste della ricerca interdisciplinare non possono essere soddisfatte entro i confini di una singola *e-Infrastructure*, anche se geograficamente estesa e capace di aggregare molte risorse. Ci si aspetta piuttosto che la collaborazione richieda di attraversare risorse di diverse discipline, possedute da organizzazioni di paesi diversi, condizioni che richiedono interazioni fra una molteplicità di *e-Infrastructure*.

La risposta a questa richiesta non può certamente essere data incorporando in una singola *e-Infrastructure* globale tutte le infrastrutture appartenenti alle varie comunità o dedicate alle diverse tematiche. Ci sono innumerevoli fattori di ordine finanziario, organizzativo e tecnico che impediscono una tale soluzione; perciò tutta la comunità scientifica ha recentemente riconosciuto la necessità di un ulteriore passo avanti rispetto alle soluzioni infrastrutturali sperimentate fino ad oggi, identificandolo nella implementazione di un modello organizzativo flessibile che permetta interoperabilità e cooperazione senza imporre l’adeguamento ad un modello unico per tutti. A questo modello organizzativo si è dato il nome di *Knowledge Ecosystem*⁸⁴. In un *Knowledge Ecosystem*, le singole *e-Infrastructure*, benché indipendenti, non sono isolate ma interagiscono e si influenzano le une con le altre. Esse possono condividere non solo informazioni ma anche servizi per analizzarle ed elaborarle. In tale ecosistema, inoltre, le singole biblioteche digitali possono offrire alla comunità dei loro utenti specifiche funzionalità ricorrendo al supporto da parte di altre componenti dell’ecosistema, con un procedimento di esternalizzazione rivolto all’ecosistema nel suo insieme. Lo sfruttamento delle risorse aggregate nell’ecosistema può perciò rendere disponibili applicazioni innovative anche a comunità servite da biblioteche digitali che sarebbero altrimenti escluse dal processo evolutivo attualmente in corso

⁸³ Qui per risorse si intendono generiche entità condivisibili, sia fisiche (per esempio, risorse di calcolo) che digitali (per esempio, software, dati) che possono interagire con altre risorse per svolgere funzioni in supporto ai loro richiedenti, siano essi persone o sistemi automatici.

⁸⁴ Castelli, D. (2009). “Creating a research library that preserves the past, present and curates the future”. *GRL2020 Asia, Position Papers, 24-25 February 2009, Taipei, Taiwan*, pp. 11-12

non potendone affrontare rischi e costi. Attualmente la realizzazione di un *Knowledge Ecosystem* è oggetto di ricerca da parte del progetto D4Science-II⁸⁵, e richiederà un notevole sforzo organizzativo, specialmente per affrontare i temi dell'interoperabilità, ovviamente di grande importanza in questo contesto.

6. Conclusioni

Come abbiamo cercato di mostrare in questo articolo, la storia delle evoluzioni delle biblioteche digitali è caratterizzata da successi ma anche difficoltà, dovute al campo multidisciplinare in cui sono state chiamate ad operare e agli approcci pragmatici e esplorativi a lungo adottati. I primi tentativi di costruzione di biblioteche digitali furono fatti prendendo a prestito soluzioni e approcci di altre discipline – soprattutto gestione dei dati e scienze bibliotecarie – con l'obiettivo di sperimentarne l'uso per la produzione e comunicazione delle conoscenze. Le sinergie che si sono stabilite fra queste discipline e quelle proprie del campo delle biblioteche digitali hanno permesso a questo campo di accumulare conoscenze ed esperienze e di raggiungere un grado di sviluppo equivalente a quello di discipline simili. Tuttavia, la mancanza di un proprio fondamento teorico ha caratterizzato questo settore ed è stata una delle cause dell'insuccesso di alcune iniziative, impedendo così ulteriori sviluppi del settore e addirittura convincendo molti degli addetti ai lavori della necessità di cambiarne il nome^{86 87}. Nel 2005 la questione dei fondamenti è però stata affrontata dalla Rete di Eccellenza DELOS, con una iniziativa che, grazie alle conoscenze accumulate dai gruppi di ricerca europei nel contesto delle attività di DELOS e alle collaborazioni internazionali stabilite in questo stesso contesto, ha portato a due documenti che rappresentano un importante passo dell'opera di fondazione: il *Digital Library Manifesto*⁸⁸ e il *DELOS Digital Library Reference Model*⁸⁹. Questi due documenti introducono ai concetti principali, agli assiomi e alle relazioni che caratterizzano il settore delle biblioteche digitali indipendentemente dai dettagli tecnici o implementativi delle loro realizzazioni e si propongono come punti di partenza per lo sviluppo di una teoria per biblioteche digitali.

Le biblioteche digitali, con il loro continuo processo evolutivo, hanno influenzato tutti i settori che creano, memorizzano, trasmettono e usano conoscenze. Questo articolo ne ha tracciato la storia attraverso le sue tappe fondamentali caratterizzate da due fenomeni, reciprocamente influenti, che hanno accompagnato tutta la loro evoluzione: la nuova concezione di biblioteche digitali in corrispondenza della disponibilità di

⁸⁵ D4Science-II is a project recently founded, whose starting date is October 2009.

⁸⁶ Ioannidis, Y. (2005). "Digital libraries at a crossroad". *International Journal of Digital Libraries*, 5(4), pp. 255-265

⁸⁷ Atkins, D.E.; Droegemeier, K.K.; Feldman, S.I.; Garcia-Molina, H.; Klein, M.L.; Messerschmitt, D.G.; Messina, P.; Ostriker, J.P.; Wright, M.H. (2003). "Revolutionizing Science and Engineering through Cyberinfrastructure". *Report of the National Science Foundation Blue-Ribbon Advisory Panel on Cyberinfrastructure*

⁸⁸ Candela, L.; Castelli, D.; Ioannidis, Y.; Koutrika, Y.; Meghini, C.; Pagano, P.; Ross, S.; Schek, H. and Schuldt, H. (2006). "The Digital Library Manifesto". DELOS: a Network of Excellence on Digital Libraries.

⁸⁹ Candela, Let al., (2007). op. cit. Vedi anche: Candela, L., Castelli, D. (2009), "Una teoria fondazionale per le biblioteche digitali: Il DELOS Digital Library Reference Model". *DigItalia*, 4(1), 44-82.

nuove tecnologie e l'emergere di nuove esigenze da parte degli utenti in presenza di nuove possibili funzionalità.

Il primo passo è rappresentato dall'evoluzione dell'architettura dei primi sistemi di *repository* avvenuta con il sistema Dienst e la sua architettura distribuita. Il secondo, dalla concezione di tecnologie che hanno permesso interoperabilità fra sistemi diversi, come è accaduto con la *Open Archives Initiative*. L'interoperabilità ha permesso di attuare il principio del *content sharing*, che costituisce la base sui cui si poggiano molte delle biblioteche digitali di larga scala attualmente esistenti. La concezione dei DLMS ha reso possibile la diffusione delle biblioteche digitali anche in ambienti istituzionali privi delle risorse per costruire autonomamente una tale tipologia di sistema informativo. A partire dal 2000, progetti come Cyclades e Scholnet, hanno aperto la strada a funzionalità molto diverse da quelle tradizionalmente offerte dalle biblioteche digitali, tali da far percepire queste come ambienti ideali per la collaborazione e produzione scientifica. Infine, sono stati presentati i traguardi ambiziosi dell'attuale attività di ricerca del settore dei sistemi per biblioteche digitali: *e-Infrastructure*, *Virtual Research Environment*, e *Ecosystem*.

Queste grandi trasformazioni del concetto di "biblioteca digitale" dovranno necessariamente essere accompagnate da un ripensamento del ruolo delle biblioteche, e, conseguentemente, dei bibliotecari ad esse addetti. Le nuove biblioteche, infatti, non avranno più il solo ruolo di supporto alla ricerca di materiale informativo, ma costituiranno una delle attive componenti di un nuovo tipo di struttura organizzativa, chiamata "*knowledge ecosystem*"⁹⁰, verso cui si stanno muovendo le attività di ricerca di oggi.

Concludiamo questo articolo riportando il testo di un "messaggio" proveniente dal *Global Research Library 2020*⁹¹ tenuto nel Febbraio 2009 a Taipei (Taiwan), dove un gruppo selezionato di esperti del settore era chiamato a concepire le caratteristiche delle biblioteche di larga scala di supporto alla ricerca (global research library). Tale messaggio recita: "*Knowledge organization, discovery, and experimentation are becoming a central part of research itself, not just passively supporting research, but actively or proactively stimulating, articulating, framing, guiding, and assessing research along the way right as the research is evolving. Research productivity in the future relies on this knowledge service infrastructure, and a new service mechanism is urgently needed to develop the infrastructure and to provide customized organizing, discovering, and computation services*"⁹².

Acknowledgements

Molti ringraziamenti a Maria Bruna Baldacci per i suoi suggerimenti e il suo aiuto.

⁹⁰ Castelli, D. (2009). "Creating a research library that preserves the past, present and curates the future". *GRL2020 Asia, Position Papers, 24-25 February 2009, Taipei, Taiwan*, pp. 11-12

⁹¹ GRL2020 Asia, 2009. www.grl2020.net

⁹² Zhang, X. (2009). "Research Library 2020: Toward Knowledge Collaboratory". *GRL2020 Asia, Position Papers, 24-25 February 2009, Taipei, Taiwan*, pp. 69-71