

Modelli per l'edilizia ospedaliera e sanitaria: studio delle relazioni e definizione delle modularità

Giorgio Garzino
 Maurizio Marco Bocconcino
 Mariapaola Vozzola
 Angela Fanfani

Abstract

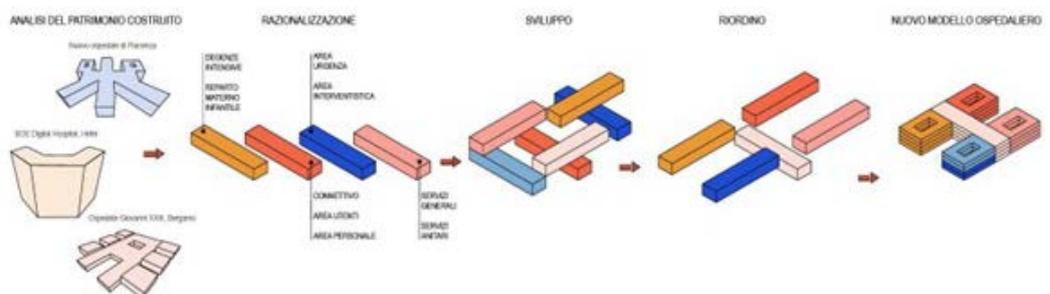
Lo studio presentato esplora l'evoluzione dell'architettura ospedaliera, analizzando modelli storici e contemporanei per definire moduli tipologici e funzionali di supporto alla redazione e alla definizione delle linee guida per la progettazione di nuove strutture sanitarie. Attraverso l'analisi di casi studio nazionali e internazionali, verranno identificate le best practices adottate per l'organizzazione degli spazi e dei flussi all'interno degli ospedali, realizzando nuove matrici relazionali e funzionali volte a rappresentare un nuovo modello ospedaliero. L'obiettivo della ricerca è quindi quello di proporre il disegno di un modello ospedaliero modulare che risponda alle esigenze attuali e future del settore sanitario.

Parole chiave

disegno e analisi dell'architettura ospedaliera, moduli tipologici, schemi funzionali, matrice delle relazioni e delle funzioni, modello ospedaliero modulare

MODELLI PER L'EDILIZIA OSPEDALIERA E SANITARIA

Studio delle relazioni e definizione delle modularità



Percorso elaborazione
 modelli per l'edilizia
 ospedaliera e sanitaria.
 Elaborazione degli autori.

Premessa

Regione Piemonte e Politecnico di Torino hanno dato avvio ad una collaborazione, attraverso un accordo di programma quadro, relativamente ad aspetti di studio, di ricerca progettuale, di trasferimento tecnologico e di formazione nel comparto sanitario ospedaliero. Gli ambiti riguardano attività di ricerca tese alla definizione di modelli progettuali, schemi e linee guida generali per le strutture sanitarie, adeguate alle contemporanee istanze di funzionamento e organizzazione per gli operatori, di comfort per i pazienti e capaci di soddisfare le istanze prestazionali connesse alle tematiche di resilienza post Covid e post Carbon. Sono previste anche attività di trasferimento tecnologico mediante supporto per la predisposizione di Documenti di Indirizzo alla Progettazione (DIP) comprensivi di Capitolato Informativo (CI) con i requisiti relativi alla modellazione informativa digitale e indicazioni per la redazione di Progetti di Fattibilità Tecnica ed Economica connessi alla specificità di singole strutture sanitarie, sia edifici di nuova realizzazione che presidi esistenti da rifunzionalizzare. Particolare attenzione è data agli aspetti di sostenibilità energetica e ambientale, di uso razionale delle risorse e dei materiali, sia in fase di costruzione che di esercizio, con indicazioni volte anche a definire modelli digitali (*digital twin*) che consentano di gestire tutte le informazioni per la gestione, la manutenzione e lo sviluppo di servizi, a partire da una base dati alimentata attraverso un approccio multi-tecnologico web DBMS-GIS-SCAN-BIM-IoT.

A questi due aspetti (definizione di modelli meta progettuali e applicazione in contesti specifici da realizzare o da rifunzionalizzare) si affiancano momenti di formazione per il personale delle Aziende Sanitarie Regionali e della Regione Piemonte, tra i quali i Direttori Amministrativi, i Responsabili delle Strutture Tecniche, i Direttori Lavori e i responsabili del progetto, i funzionari dell'area tecnica, nonché l'eventuale personale di supporto (amministrativo, sanitario e tecnico).

In questo contesto di ricerca metodologica e applicata, proponiamo due contributi al dibattito annuale UID. Il primo, qui esposto, definisce moduli tipologici ospedalieri a partire dallo studio di modelli e riferimenti in letteratura. Il secondo, dal titolo "Modelli per l'edilizia ospedaliera e sanitaria: studio dei grafi relazionali e disegno di schemi funzionali e distributivi", è relativo a un processo metodologico che consente di individuare schemi funzionali e distributivi significativi e di derivare da questi opportuni strumenti grafici a supporto di possibili percorsi progettuali, sempre a partire dallo studio di alcuni casi.

Introduzione

Alla base della realizzazione di un modello ideale c'è l'atto creativo dell'ideazione: è un'intuizione che nasce dalla volontà di ottimizzare il disegno e il funzionamento di una struttura consolidata nel tempo, una costante ricerca di miglioramento e progresso che accompagna l'umanità fin dalla sua nascita. Guardare al passato aiuta a comprendere il cambiamento, fornendo un importante bagaglio storico che permette di intuire l'inevitabile evoluzione futura. Per elaborare e sintetizzare una vasta gamma di informazioni in un'idea, l'uomo ha utilizzato il disegno come strumento per rendere tangibili i pensieri e i concetti, strutturandoli attraverso la rappresentazione e l'introduzione di un linguaggio e una codifica grafica universalmente comprensibile. Negli ultimi anni, si sta ponendo particolare attenzione alla progettazione di strutture sanitarie in grado di adattarsi alle repentine trasformazioni della società. Al fine di comprendere come poter progettare e realizzare edifici che soddisfino le emergenti necessità, è stata, in una prima fase, condotta un'analisi e una lettura critica dell'evoluzione dell'architettura ospedaliera, valutando i progressi e le limitazioni che hanno portato a miglioramenti ciclici nella storia. Dall'analisi di casi di studio, selezionati in ambito nazionale ed internazionale, sono state raccolte dati e rappresentazioni volte a delineare delle linee guida per la realizzazione di architetture ospedaliere modulari replicabili e modificabili in base alle necessità. Affrontare con successo l'integrazione tra le operazioni ospedaliere, l'igiene ambientale e la salute pubblica costituisce una sfida attuale, che richiede una sempre maggiore consapevolezza delle problematiche ambientali e sociali: la triade prevenzione, salute e igiene ambientale è fondamentale e richiede risposte adeguate da parte del sistema sanitario. Gli ospedali moderni devono non solo rispettare standard terapeutici e tecnologici avanzati, ma anche garantire sicurezza, igiene e comfort, rappresentando così i principali parametri nella progettazione.

L'obiettivo della presente ricerca è quello di definire un modello di edificio ospedaliero che, attraverso la lettura critica e l'analisi dei modelli di riferimento, definisca i moduli tipologici sia dimensionali che funzionali.

Al fine di individuare soluzioni adeguate al sistema sanitario nazionale, è essenziale analizzare il modello di convivenza sociale dall'antichità a oggi. Tale ricerca è stata effettuata grazie a testi come *La trasformazione dei luoghi della salute. Gli ospedali intelligenti di domani* [Stevan C. 1993-94], *Edilizia ospedaliera nel nostro tempo, Ospedali Moderni, Internazionali.* [Vogler P, 1964] e *Edilizia Ospedaliera: approcci metodologici e progettuali* [Capolongo S. 2006]. Nei tempi antichi, come nell'epoca greca con gli *Asclepei*, sono emersi i primi centri medici, caratterizzati da architetture imponenti e spazi aperti, miranti a praticare le cure con attenzione alla funzionalità, sicurezza e igiene. Durante l'epoca romana, le prime infermerie militari si ispiravano al modello cosiddetto a "piastra", bilanciando aree comuni e private con percorsi razionalizzati. Con l'avvento del cristianesimo, sono nati gli ospedali conventuali, dove la cura dei poveri e degli ammalati trovava spazio all'interno dei monasteri. La peste del XIV secolo ha reso urgente la ridefinizione del sistema sanitario, con l'introduzione di misure di isolamento e la consapevolezza dell'importanza dell'igiene. È emersa poi l'architettura ospedaliera illuminista, con maggiore razionalità nello spazio e attenzione all'umanizzazione dell'ambiente. Con l'avanzare della medicina, gli ospedali sono diventati sempre più complessi, portando alla nascita dei *monoblocchi* ospedalieri. Emergono così compromessi tra i vari modelli, come le strutture a *piastra/torre* o a *pettine*.

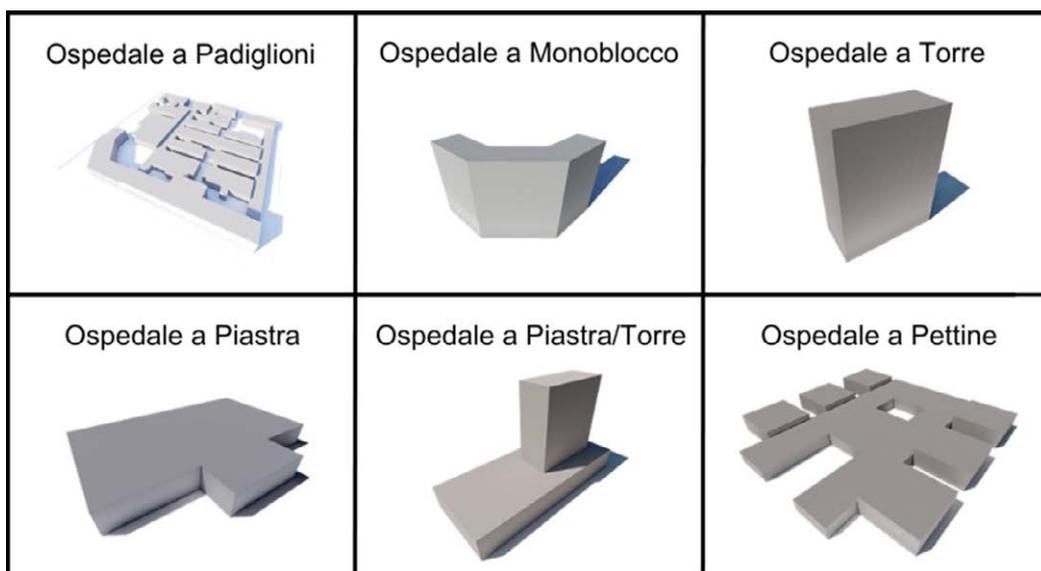


Fig. 1. Schemi tipologici delle strutture ospedaliere. Elaborazione degli autori.

Analisi di casi di studio di edifici ospedalieri contemporanei in ambito nazionale ed internazionale

Al fine di poter realizzare un quadro conoscitivo esaustivo, volto alla definizione di linee guida per la progettazione di edifici idonei ad ospitare strutture ospedaliere, è stata condotta un'analisi di casi di studio in ambito nazionale e internazionale (fig. 2).

La scelta dei casi di studio si è focalizzata principalmente su strutture ospedaliere, ancora in fase di progettazione e/o cantierizzazione, ma anche già realizzate, nel periodo compreso tra il 2010 e la seconda metà del 2023. La selezione è stata ulteriormente affinata, selezionando esclusivamente Ospedali realizzati nell'ultimo decennio, per poter confrontare i modelli dimensionali con gli attuali standard presenti nelle normative vigenti di riferimento, per leggere e definire i moduli dimensionali e le relazioni funzionali, replicabili ed adattabili alle nuove strutture ospedaliere. La lettura e l'analisi spaziale delle piante del piano terra e dei piani tipo degli edifici ospedalieri selezionati, ci ha permesso di realizzare delle letture critiche volte alla definizione di modularità, ma soprattutto dei legami funzionali, caratteristici dei reparti

N° ORDINE	NOME OSPEDALE	LOCALIZZAZIONE	POSTI LETTO
1	UMC Imaging Center	Amsterdam, Paesi Bassi	100
2	BOE Hefei Digital Hospital	Hefei, Cina	1000
3	Curacao Medical Center	Otrabanda, Curacao	300
4	Nanjing Drum Tower Hospital	Nanjing City, Cina	1600
5	UC San Diego Health Jacobs Medical Center	La Jolla, California	245
6	Ospedale di Piacenza	Piacenza, Italia	600
7	Ospedale di Novara	Novara, Italia	786
8	Ospedale Giovanni XXIII	Bergamo, Italia	1200
9	Nuovo Ospedale Apuano	Massa, Italia	300
10	Ospedale San Cataldo di Taranto	Taranto, Italia	715
11	Nuovo Ospedale Monopoli-Fasano	Monopoli, Italia	300
12	Nuovo Ospedale Andria	Andria, Italia	500
13	Nuovo ospedale di Avezzano	Avezzano, Italia	245
14	Nuovo Polo della Salute "Padova Est- San Lazzaro"	Padova, Italia	963
15	Presidio Ospedaliero S. Andrea di Vercelli	Vercelli, Italia	16
16	Nuovo Padiglione Ospedale di Cittadella	Padova, Italia	250

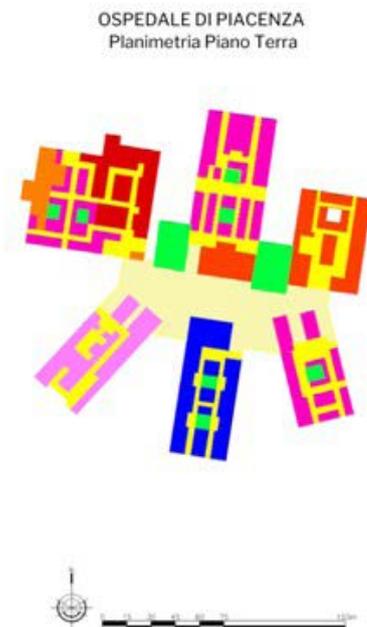


Fig. 2. Elenco e localizzazione degli ospedali analizzati dal 2010 al 2023. Elaborazione degli autori.

specialistici. In base alla tipologia di dati reperiti, per i diversi casi studio, è stato possibile, analizzare anche i layout delle unità di degenza, per consentire l'analisi modulare e funzionale di massima, al fine di poter realizzare confronti significativi e dedurre eventuali conclusioni sull'efficienza planimetrica e l'adattabilità delle stesse in ambiti diversi.

L'analisi dimensionale, spaziale e funzionale è stata propedeutica al fine di sviluppare linee guida dettagliate sulle distribuzioni planimetriche dei piani tipo e del piano terra degli ospedali di nuova generazione, oltre a delineare raccomandazioni chiave per ottimizzare l'organizzazione delle aree di degenza.

La metodologia adottata fornisce un quadro per definire linee guida basate sull'evidenza per la progettazione edilizia nel settore sanitario, tenendo conto delle migliori pratiche emerse dall'analisi delle strutture ospedaliere esaminate.



Descrizione Area	Spazio interno	Superficie lorda (mq)	
PIANO TERRA			
F-AMB	Ambulazione ordinaria		
F-AMB*	Ambulazione pediatrica		
F-BPA	Punto nascita		
F-CDI	T.I.N.		
F-CDM	Obstetrica e ginecologia	584,04	9%
F-CDP	Pediatria		
F-AD	Nati		
F-PSO	PS interno-ginecologia		
F-PSP	PS pediatrico		
F-DAD	Area ambulatorio diagnostica		
F-CPH	Radiologia	1084,62	23%
F-POL	Poliambulatorio		
F-SAN	Blocco infermeristico		
F-BSP	Blocco operatorio		
F-CHA	Chirurgia ambulatoriale		
F-END	Endoscopia		
F-CMB	Dipartimento medicina		
F-OCB	Dipartimento chirurgia		
F-PSI	Dipartimento psichiatrico	717,18	13%
F-MAI	Area malattie infettive		
F-TIN	Terapia intensiva		
F-UTIC	Unità coronarica		
F-INF	I.C. malattie infettive		
F-CEA	PS adulti		
F-SPD	Diagnostica dedicata PS	584,69	9%
F-CDE	Centro elettrocardiografia		
F-FAR	Farmacia		
F-MOR	Murgia		
F-CTR	Centro trasfusionale		
F-LAB	Laboratorio analisi		
F-ADM	Ufficio amministrativi		
F-NED	Ufficio medico		
F-ES	Emergenza	803,54	12%
F-SPO	Spogliatoi		
F-ING	Ingresso		
F-UTE	Servizi utenti	282,72	3%
F-CUC	Ristorazione - cucina		
F-AND	Magazzino e depositi		
F-BP	House keeping		
F-OF	Officina		
F-GEN	Servizi generali	588,01	9%
F-IMP	Impianti		
F-TEC	Terminologia		
F-LAV	Lavanderia		
F-COH	Coverciano generale	1818,71	26%

Fig. 3. Rappresentazione grafica e tabellare della metodologia di analisi spaziale adottata per l'analisi dei dati. Il caso di studio dell'Ospedale di Piacenza. Elaborazione degli autori.

Da una prima analisi bidimensionale dei layout, sono state rielaborate le configurazioni planimetriche del piano terra e dei piani tipo (figg. 3-5): attraverso l'uso di un codice cromatico, che trova riscontro all'interno degli studi di massima delle AFO, ovvero le Aree Funzionali Omogenee degli spazi, definite dalle *Norme per la programmazione sanitaria e per il piano sanitario triennale 1986-88* [Legge 23 Ottobre 1985, n. 595]. Dalla lettura delle planimetrie è stato possibile identificare le diverse macroaree funzionali ospedaliere, volte a definire le modularità di base delle aree ospitate nei diversi piani.

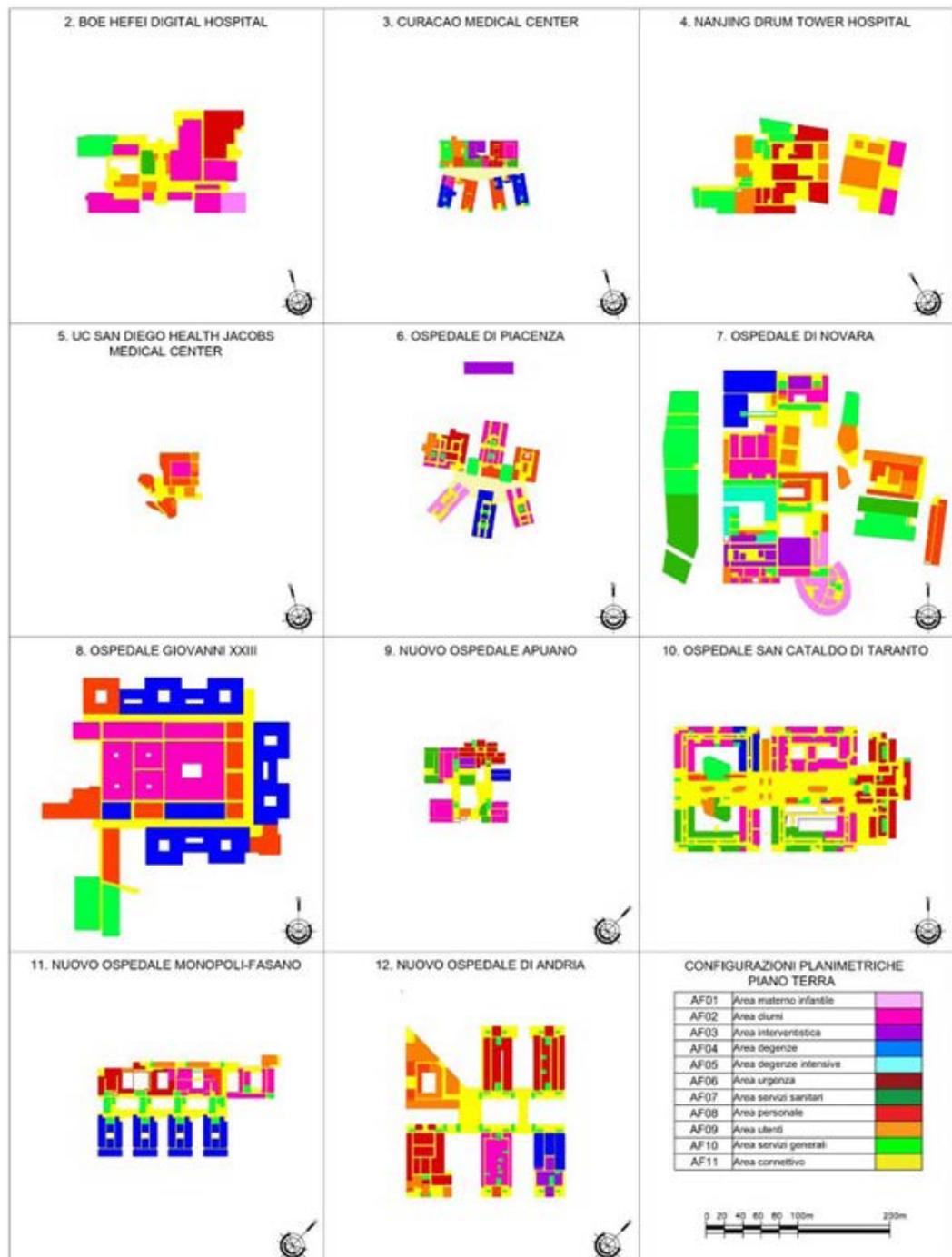


Fig. 4. Configurazioni planimetriche del Piano Terra dei casi di studio analizzati. Elaborazione degli autori.

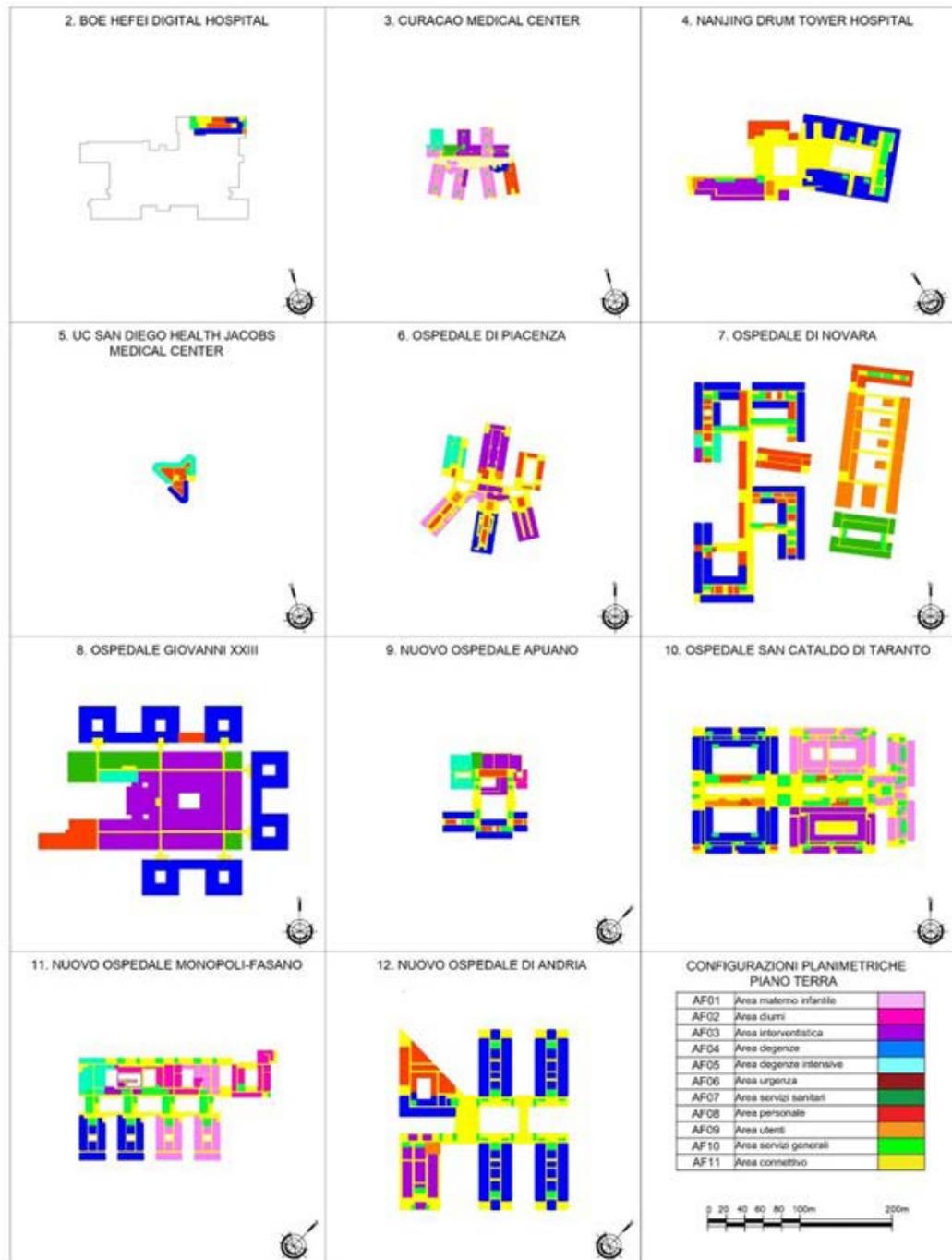


Fig. 5. Configurazioni planimetriche del Piano Tipo dei casi di studio analizzati. Elaborazione degli autori.

Prima proposta metodologica per l'analisi funzionale

L'efficace organizzazione funzionale, l'ottimizzazione dei moduli e le interconnessioni tra le diverse aree funzionali e di servizi all'interno di un ospedale rappresentano la base per una corretta progettazione dimensionale dell'edificio. L'organismo ospedaliero si basa su moduli fondamentali (AFO, fig. 3), che basano il proprio dimensionamento proporzionalmente alla tipologia e al numero di posti letto che devono essere ospitati al loro interno. Tra le AFO principali, i moduli che caratterizzano le strutture ospedaliere, definendone i moduli dimensionali e funzionali principali, sono l'area di diagnostica e cura, l'area degenza, l'area emergenza e urgenza, i servizi generali e amministrativi. Tali moduli comprendono al loro

interno sottomoduli funzionali/distributivi corrispondenti ai diversi servizi ospitati all'interno della struttura ospedaliera. E' cruciale comprendere il modello ospedaliero attraverso la correlazione e l'interazione dei diversi moduli, sia principali - corrispondenti, come detto, alle AFO - che sottomoduli funzionali, definendo le priorità legate ai flussi degli utenti interni ed esterni del complesso ospedaliero: pazienti (in patients e outpatients), personale, materiali, dati e visitatori/accompagnatori. Dall'analisi dei percorsi dei flussi degli utenti che "vivono" l'organismo ospedaliero, è possibile definire una prima matrice relazionale dei moduli che costituiscono il complesso ospedaliero. Non esiste una matrice delle relazioni spaziali perfetta in assoluto, ma è possibile creare strutture matriciali adattabili alle esigenze specifiche di ciascun progetto individuale. Si giunge così ad una proposta di matrice delle "Relazioni

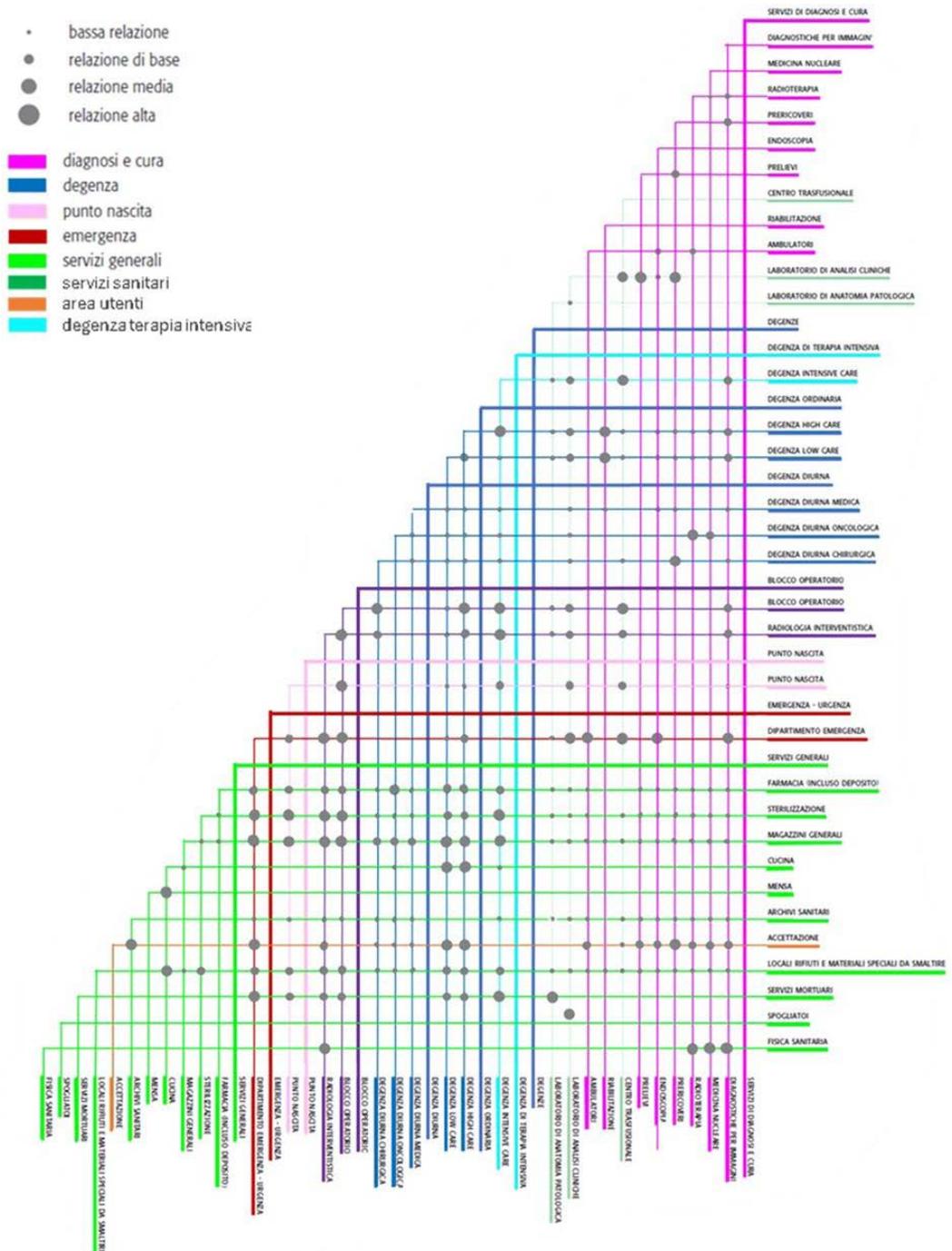


Fig. 6. Matrice delle relazioni funzionali [Rivista Monitor AGENAS 2003]. Elaborazione degli autori.

Funzionali” (fig. 6), che stabilisce il legame di funzionalità e le relazioni tra i diversi moduli funzionali primari e secondari all'interno della struttura, facilitando la determinazione della posizione in rapporto al sistema dei flussi e dei percorsi. Tale matrice è stata adattata dai “Principi guida tecnici organizzativi e gestionali per la realizzazione e gestione di ospedali ad alta tecnologia e assistenza, Agenzia Nazionale per i Servizi Sanitari Regionali, 2003”, rappresentata secondo il codice cromatico utilizzato nelle precedenti analisi (fig. 3). Attraverso l'analisi dei casi di studio, incrociando i dati all'interno della matrice relazionale, analizzando i moduli principali e secondari, è stato possibile elaborare diagrammi delle relazioni funzionali del piano terra e del piano tipo degli organismi ospedalieri, che rappresenta al suo interno sia il rapporto proporzionale che esiste tra i diversi moduli, sia i loro collegamenti funzionali e distributivi (fig. 7).

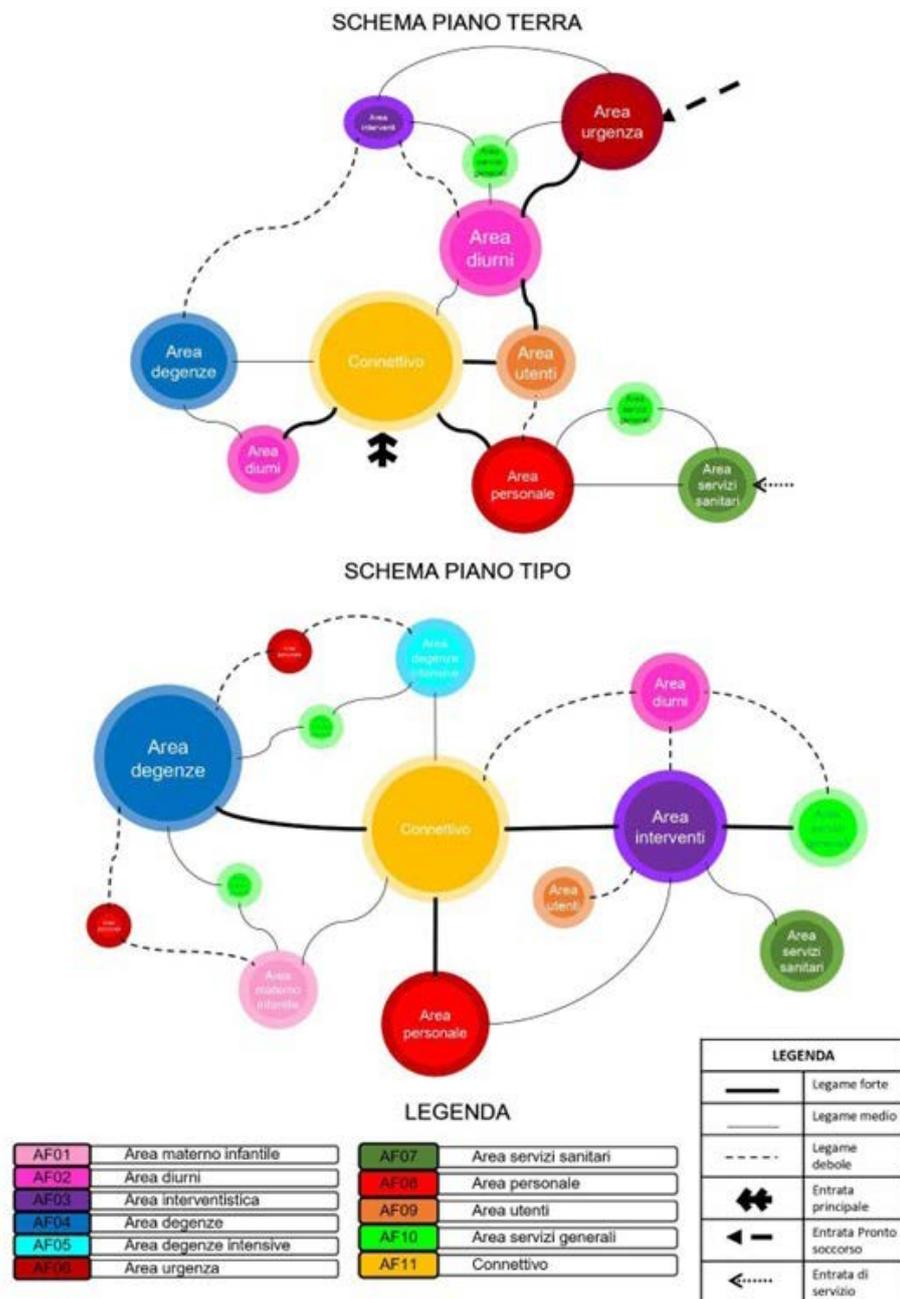


Fig. 7. Relazioni funzionali tra le Aree e i moduli al piano tipo di un edificio ospedaliero. Elaborazione degli autori.

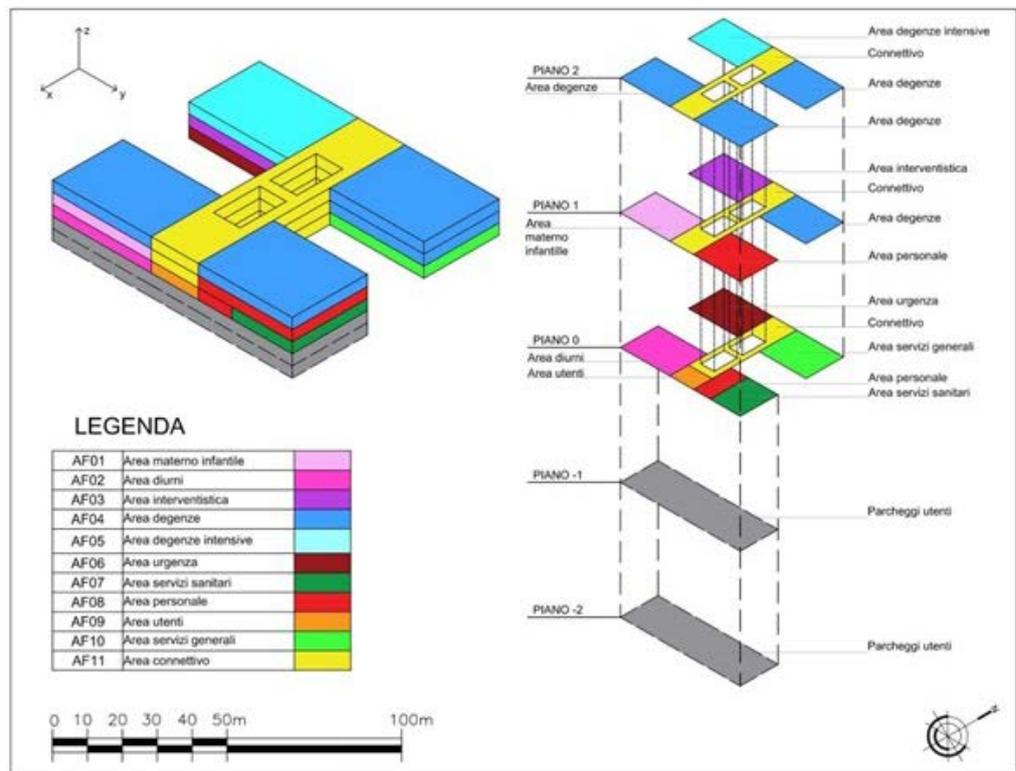


Fig. 8. Rappresentazione grafica del modello ospedaliero. Elaborazione degli autori.

Applicazione della tecnica di rappresentazione per un modello ospedaliero ideale

Dall'analisi delle informazioni raccolte dai casi di studio, viene proposto lo sviluppo di un modello ospedaliero modulare, che incorpora le best practices dei progetti architettonici contemporanei esaminati. Tra gli schemi tipologici possibili (fig. 1) emerge che il tipo a *poli-blocco* sia il più diffuso e adattabile alle diverse necessità. Tuttavia, all'interno dei diversi volumi, i moduli e i blocchi funzionali mostrano variazioni significative nell'organizzazione dei piani tra i diversi esempi, ma sono stati ripensati considerando le forti relazioni tra le diverse aree di competenza. Una prima proposta di modello ospedaliero, derivante dalle analisi dei casi di studio e dalle relative best practices progettuali adottate, è rappresentata in fig. 8. In questo modello, il modulo di collegamento diviene fondamentale, mettendo in diretto contatto i diversi moduli funzionali dell'organismo ospedaliero. Il modulo connettivo, ora non solo luogo di transito ma anche di orientamento e accoglienza, serve gli utenti facilitando il collegamento tra i vari reparti della struttura.

Dall'analisi di tutti i progetti, è stato possibile estrarre un modulo standard per un ipotetico ospedale astratto. Questo processo ha coinvolto un'attenta esplorazione delle planimetrie ospedaliere, permettendo di individuare i reparti e i singoli locali in ciascuna area. Grazie a un'analisi approfondita basata su schemi di distributivi funzionali derivanti dalla rassegna tecnica *Atti e rassegna tecnica della società ingegneri e architetti in Torino* [Cavallari-Murat 1967] a cura dell'Istituto di Architettura Tecnica del Politecnico di Torino (fig. 9). Tutte le informazioni sono state consolidate in un unico modulo, generando così una rappresentazione grafica funzionale del modello ospedaliero ideale (fig. 10).

I moduli che caratterizzano i reparti ospedalieri sono stati rappresentati con il codice cromatico utilizzato nelle diverse fasi di lettura ed analisi dei casi di studio, al fine di avere un riscontro grafico immediato dei risultati ottenuti. Dalla lettura dello schema relazionale (fig. 10) vengono immediatamente evidenziati due aspetti fondamentali:

- i flussi ospedalieri, rappresentato mediante i percorsi interni orizzontali e verticali degli utenti principali (pazienti, personale, materiali, informazioni, ecc...);
- i legami tra i diversi moduli funzionali, attraverso la rappresentazione dei diversi livelli di legami (i legami forti o deboli) tra i moduli dei reparti ospedalieri in proporzione agli spessori utilizzati.

SCHEMA FUNZIONALE DISTRIBUTIVO PER UN EDIFICIO OSPEDALIERO

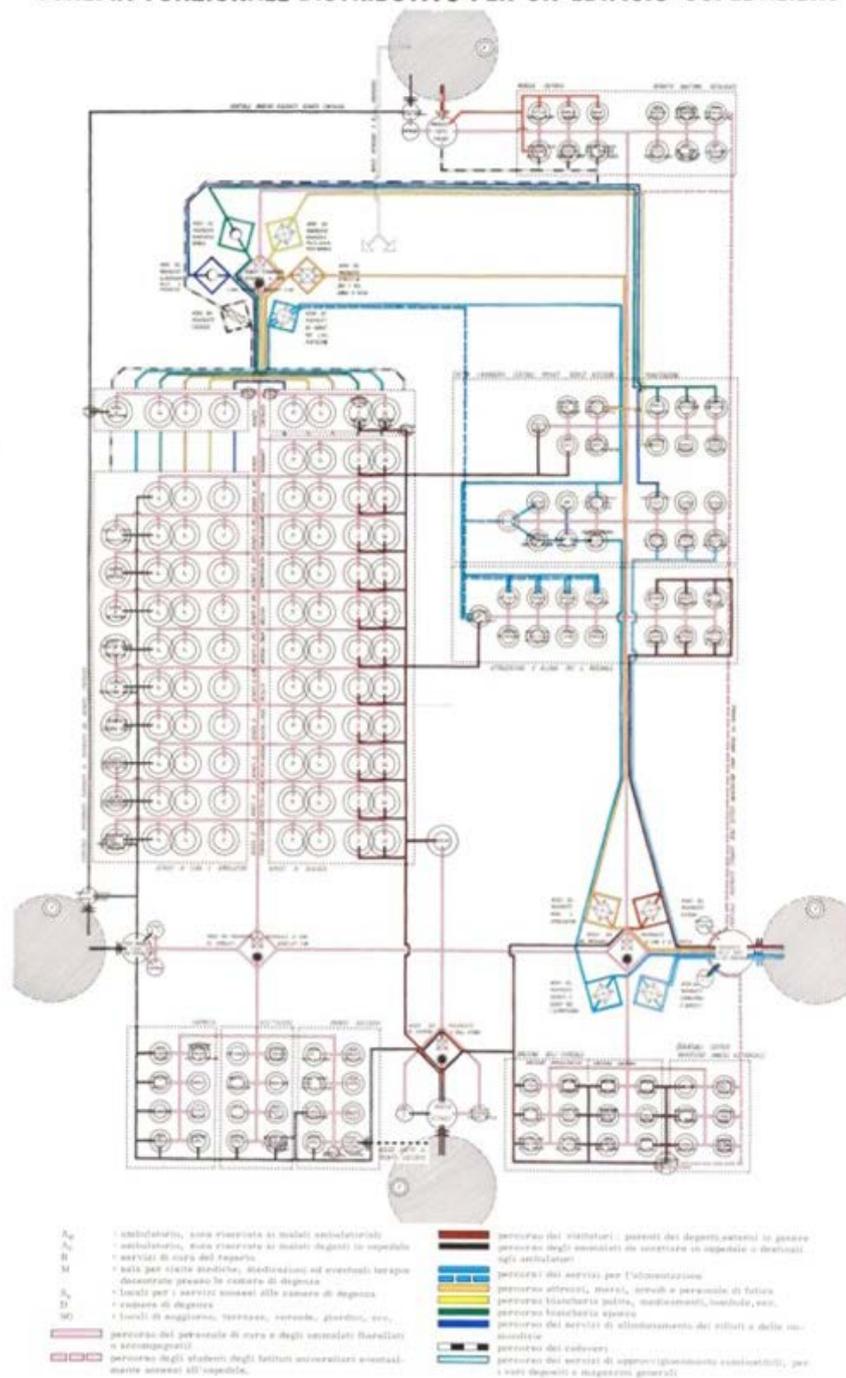


Fig. 9. Schema funzionale distributivo per un edificio ospedaliero [Cavallari Murat 1967].

Il modello ospedaliero (figg. 8, 10) indica come l'accesso alla struttura ospedaliera sia garantito mediante tre ingressi differenti, ciascuno destinato a una specifica tipologia di utenza:

- l'ingresso principale, situato in prossimità dell'atrio centrale, è destinato ai pazienti e ai visitatori esterni. Qui sono presenti servizi di accoglienza e accettazione che guidano gli utenti all'interno della struttura.
- un ingresso è diretto al pronto soccorso, fornendo un accesso immediato all'area di emergenza dove le ambulanze consegnano i pazienti al personale sanitario;
- un accesso è riservato al personale e alla movimentazione delle merci, posizionato in una zona più discreta.

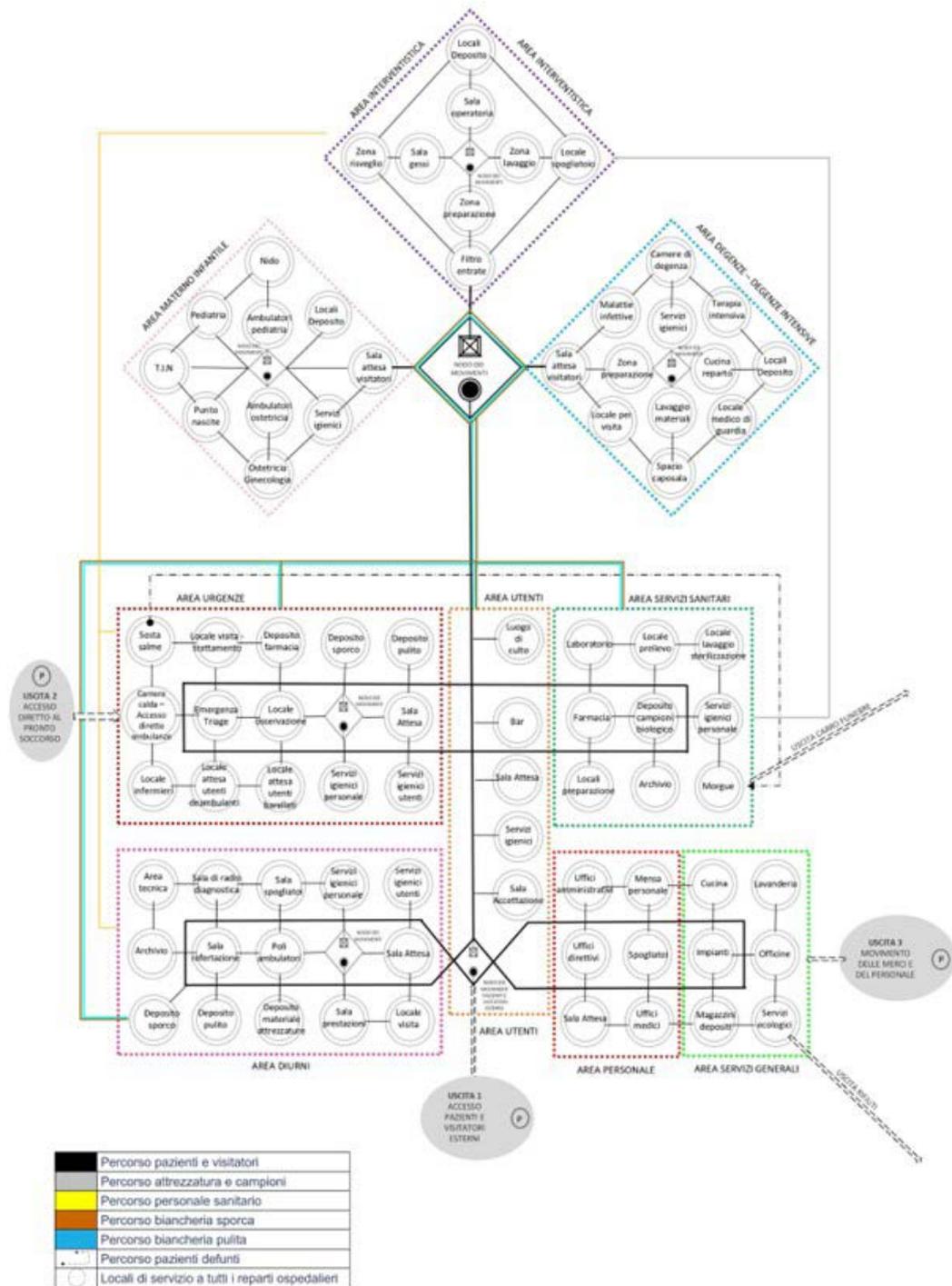


Fig. 10. Rappresentazione grafica delle relazioni interne modello ospedaliero. Elaborazione degli autori.

Un ulteriore approfondimento della modularità di base delle strutture ospedaliere, si è basata sull'analisi della modularità dei reparti di degenza: che in questo caso, basa la propria geometria e il proprio dimensionamento sulla camera di degenza: a questo scopo, per ogni caso di studio sono stati identificati la dimensioni delle camere, le aperture, l'orientamento e la flessibilità nell'aggiunta di letti in emergenza (fig. 11). La lettura dei moduli di degenza rivela diverse configurazioni spaziali: modulo a corpo doppio, triplo o quintuplo (fig. 12), ciascuna con un diverso rapporto tra i moduli distribuiti-funzionali presenti all'interno dell'unità degenza e il modulo delle camere di degenza:

- il modulo di degenza a corpo doppio presenta un corridoio centrale che collega i moduli delle camere di degenza con quelli dei locali di supporto;
- il modulo di degenza a corpo triplo ha un corridoio centrale che connette due blocchi laterali, uno per i moduli dei servizi di supporto e l'altro per le stanze di degenza;
- il modulo di degenza a corpo quintuplo, o a doppio corridoio, comprende tre moduli funzionali (moduli degenza e modulo con i locali di supporto) collegate tra loro da due corridoi. Il modulo degenza, che ospita le stanze di degenza, occupa le aree perimetrali del blocco a fine di garantire l'illuminazione naturale dei moduli, mentre al centro del blocco vengono concentrati i moduli destinati ai servizi di supporto.

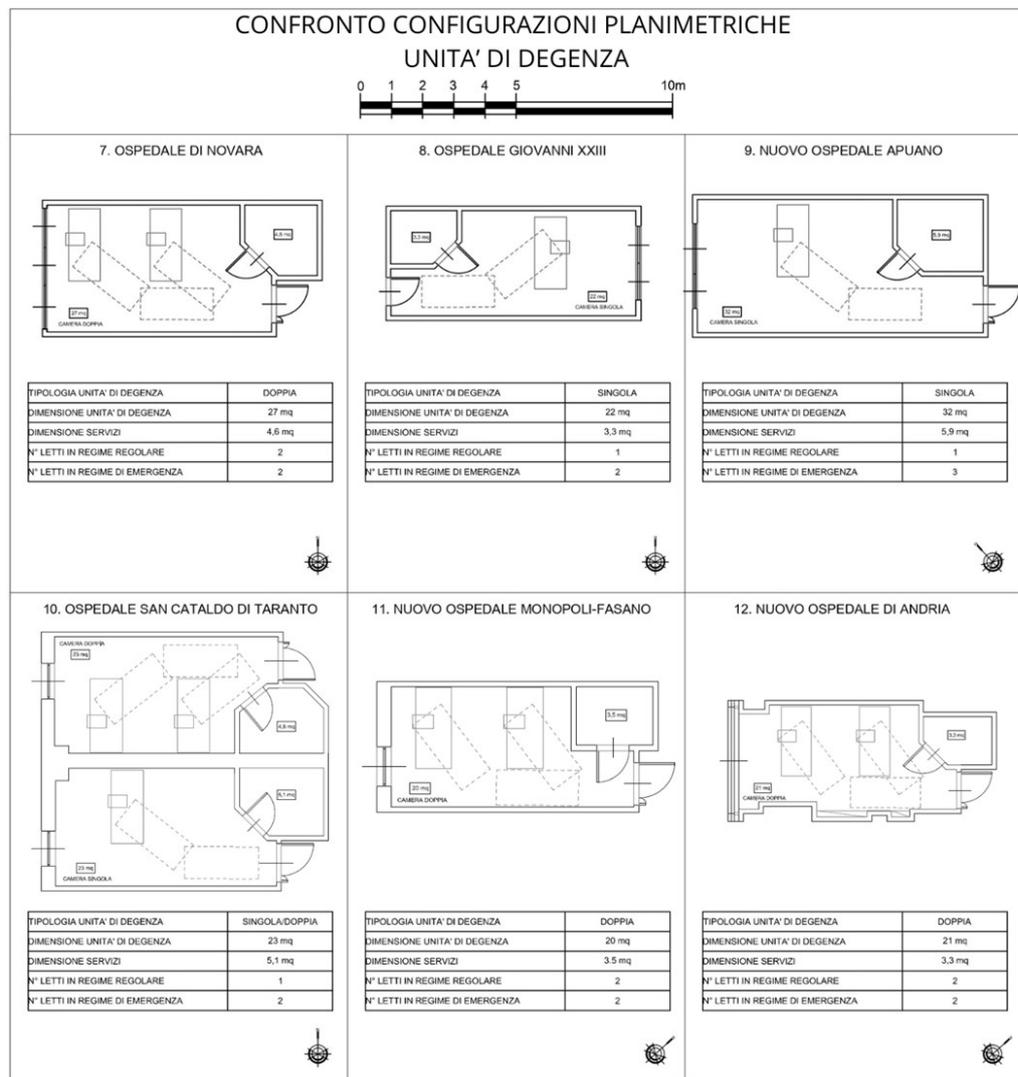


Fig. 11. Rappresentazione grafica delle planimetrie delle camere di degenza degli Ospedali analizzati. Elaborazione degli autori.

Conclusioni

Attraverso un approccio multidisciplinare che ha coniugato conoscenze storiche, approcci progettuali e esemplificazioni in ambito edilizio sanitario è stato tracciato un percorso evolutivo che ha portato alla definizione di modelli ideali per le strutture ospedaliere, basati sulla comprensione delle funzionalità e sull'espressione del quadro essenziale in termini di modularità. Dall'analisi storica degli edifici ospedalieri è emersa la necessità di adattare l'ingegneria e l'architettura sanitaria alle mutevoli esigenze della società, del contesto urbano e dell'am-

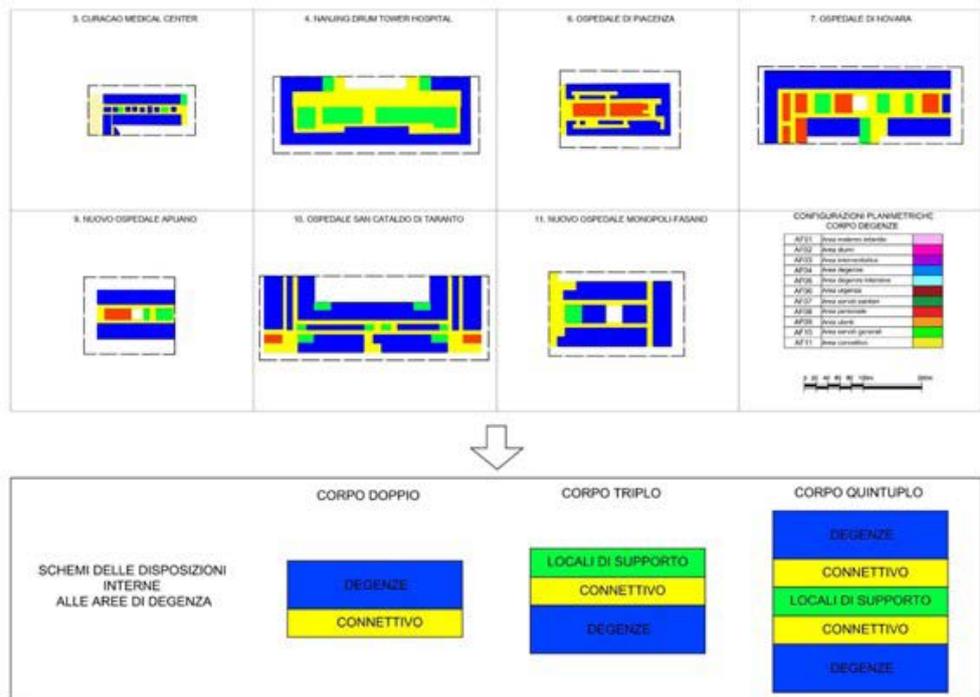


Fig. 12. Schemi delle disposizioni interne alle aree degenze. Elaborazione degli autori.

biente. Lo studio dei casi di studio di livello nazionale e internazionale ha fornito preziose informazioni sulle migliori pratiche adottate nella progettazione di nuovi edifici ospedalieri: attraverso l'analisi e la lettura delle distribuzioni planimetriche e delle relazioni funzionali, è stato possibile delineare linee guida utili per l'organizzazione degli spazi e dei flussi all'interno degli ospedali. L'ergonomia degli spazi e l'ottimizzazione dei percorsi possono infatti migliorare l'efficienza del personale e il comfort dei pazienti. Sulla base di queste conoscenze, è stata formulata una proposta di modello ospedaliero modulare, che tiene conto delle esigenze attuali e future del settore sanitario. Nella presente ricerca un'ulteriore possibilità di miglioramento dei servizi medici e della gestione delle risorse interne potrebbe essere l'implementazione di tecnologie innovative come l'utilizzo di dispositivi IoT. A questo proposito, se applicate tale tecnologie ai casi studio analizzati, queste potrebbero fornire informazioni aggiuntive da implementare nel modello ospedaliero elaborato nel presente articolo. In ultima analisi, si contribuisce al dibattito riguardante la progettazione e l'organizzazione di nuove strutture ospedaliere, fornendo un solido fondamento per l'elaborazione di nuove soluzioni. L'impostazione di questo lavoro permette l'opportunità di condurre ulteriori ricerche atte a valutare l'efficacia dei modelli proposti e a monitorare l'evoluzione delle esigenze sanitarie e sociali nel tempo. Tale approccio è finalizzato a garantire un costante adattamento e miglioramento nel contesto del settore sanitario.

Riconoscimenti

Il contributo ha preso avvio dal lavoro di collaborazione con la Regione Piemonte richiamato in premessa e dalla stesura di una tesi di laurea magistrale in Ingegneria Edile che da questa è discesa (Angela Fanfani, *Indirizzi per la progettazione di strutture ospedaliere: lettura critica di esempi rappresentativi e definizione di linee guida*. Relatori: Giorgio Garzino, Maurizio Marco Bocconcinò, Mariapaola Vozzola). Lo sviluppo e l'applicazione della ricerca qui in parte presentato ha coinvolto diversi enti e diverse competenze che il gruppo di lavoro vuole ringraziare: per la Regione Piemonte l'ing. Sandro Petrucci, dirigente del Settore Politiche investimenti della Direzione Sanità e Welfare, e l'arch. Giada Turturro, l'Azienda Zero Regione Piemonte, l'Azienda Sanitaria Locale Torino, l'Azienda Sanitaria Locale Verbania Cusio Ossola, la Città di Torino e i Comuni di Verbania Domodossola.

Riferimenti bibliografici

Stevan C. (1994). *La trasformazione dei luoghi della salute. Gli ospedali intelligenti di domani*. Politecnico di Milano.
Vogler P. (1964). *Edilizia ospedaliera nel nostro tempo, Ospedali Moderni, Internazionali*. Roma: Arti e Scienze.

Capolongo S. (2006). *Edilizia Ospedaliera: approcci metodologici e progettuali*. Milano: Hoepli.

Norme per la programmazione sanitaria e per il piano sanitario triennale 1986-88, Legge 23 Ottobre 1985, n. 595 (GU n. 260 del 05/11/1985).

Principi guida tecnici organizzativi e gestionali per la realizzazione e gestione di ospedali ad alta tecnologia e assistenza, Rivista *Monitor*, AGENAS, 2003. <<https://www.agenas.gov.it/i-quaderni-di-monitor-%E2%80%93-supplementi-alla-rivista/604-sprincipi-guida-tecnici-organizzativi-gestionali-ospedali>> (consultato il 25 luglio 2024).

Cavallari Murat A. (1967). *Atti e rassegna tecnica della società ingegneri e architetti in Torino*, vol. 21, n. 2.

Autori

Giorgio Garzino, Politecnico di Torino, giorgio.garzino@polito.it
Maurizio Marco Bocconcinò, Politecnico di Torino, maurizio.bocconcinò@polito.it
Mariapaola Vozzola, Politecnico di Torino, mariapaola.vozzola@polito.it
Angela Fanfani, Politecnico di Torino, angela.fanfani@polito.it

Per citare questo capitolo: Giorgio Garzino, Maurizio Marco Bocconcinò, Mariapaola Vozzola, Angela Fanfani (2024). Modelli per l'edilizia ospedaliera e sanitaria: studio delle relazioni e definizione delle modularità/Designs for hospital and healthcare construction: research into relationships and definition of modularity. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 415-442.

Designs for hospital and healthcare construction: research into relationships and definition of modularity

Giorgio Garzino
 Maurizio Marco Bocconcino
 Mariapaola Vozzola
 Angela Fanfani

Abstract

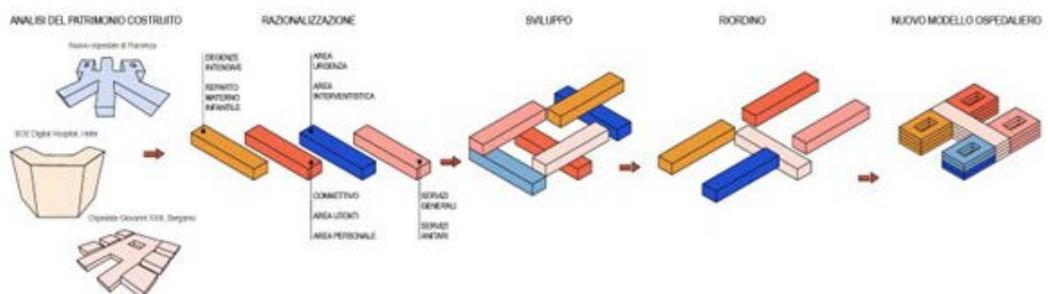
The presented study explores the evolution of hospital architecture by analyzing historical and contemporary models to define typological and functional modules that support the drafting and definition of guidelines for designing new healthcare facilities. By examining national and international case studies, the best practices for organizing spaces and flows within hospitals will be identified, creating new relational and functional matrices aimed at representing a new hospital model. The research aims to propose the design of a modular hospital model that meets the current and future needs of the healthcare sector.

Keywords

design and analysis of hospital architecture, typological modules, functional schemes, relationship and function matrix, modular hospital model

MODELLI PER L'EDILIZIA OSPEDALIERA E SANITARIA

Studio delle relazioni e definizione delle modularità



Model development
 path for hospital and
 healthcare construction.
 Elaboration by the
 authors.

Foreword

The Piedmont Region and the Politecnico di Torino have initiated a collaboration through a framework programme agreement on aspects of study, design research, technology transfer and training in the hospital healthcare sector. The areas of concern are research activities aimed at defining design models, schemes and general guidelines for healthcare facilities, which must be suitable for the simultaneous requirements of operation and organization for operators, comfortable for patients and capable of satisfying the performance requirements connected with the post-Covid and post-Carbon resilience issues. Additionally, technology transfer activities are planned to include the preparation of Design Guidance Documents (DIP) and Information Specifications (CI), which will include requirements for digital information modeling and indications for the drafting of Technical and Economic Feasibility Projects related to the specific characteristics of individual healthcare facilities, both new buildings and existing facilities to be re-functionalized.

A particular focus is placed on the aspects of energy and environmental sustainability, rational use of resources and materials, both in the construction and operational phases. Additionally, indications are provided for the definition of digital models (digital twins) that facilitate the management of all information related to the management, maintenance and development of services. This is achieved through a database fed through a multi-technological approach, comprising webDBMS-GIS-SCAN-BIM-IoT.

The two aforementioned aspects, namely the definition of meta-design models and their subsequent application in specific contexts, will be accompanied by training sessions for the staff of the Regional Health Authorities and the Piedmont Region. These training sessions will be open to Administrative Directors, Technical Structure Managers, Works Managers and Project Managers, as well as any support staff (administrative, health and technical).

In the context of methodological and applied research, we propose two contributions to the annual UID debate. The first, presented here, defines hospital typological modules starting from the study of models and references in the literature. The second (see contribution Models for hospital and healthcare construction: study of relational graphs and design of functional and distributive schemes) relates to a methodological process that makes it possible to identify significant functional and distributive schemes and to derive from these appropriate graphic tools to support possible design paths, again starting from the study of some cases.

Introduction

At the basis of the realization of an ideal model is the creative act of ideation: it is an intuition that stems from the desire to optimize the design and functioning of a structure consolidated over time, a constant search for improvement and progress that has accompanied mankind since its birth. Looking to the past helps to understand change, providing an important historical background that allows insight into the inevitable future evolution. To process and synthesize a wide range of information into an idea, man has used drawing as a tool to make thoughts and concepts tangible, structuring them through representation and the introduction of a universally comprehensible language and graphic coding. In recent years, particular attention is being paid to the design of healthcare facilities that can adapt to the sudden changes in society. In order to understand how buildings can be designed and realized to meet emerging needs, an analysis and critical reading of the evolution of hospital architecture was first conducted, assessing the advances and limitations that have led to cyclical improvements throughout history. From the analysis of selected national and international case studies, data and representations were collected in order to outline guidelines for modular hospital architectures that can be replicated and modified as required.

Successfully addressing the integration of hospital operations, environmental hygiene and public health is a current challenge, which requires an ever-increasing awareness of environmental and social issues: the triad of prevention, health and environmental hygiene is fundamental and requires adequate responses from the healthcare system. Modern hospitals must not only meet advanced therapeutic and technological standards, but also ensure safety, hygiene and comfort, thus representing the main design parameters.

The objective of this research is to define a hospital building model that, through critical

reading and analysis of reference models, defines typological modules both in terms of size and function.

In order to identify appropriate solutions for the national health system, it is essential to analyze the model of social cohabitation from antiquity to the present day. This research has been carried out thanks to texts such as *The transformation of health places. The intelligent hospitals of tomorrow* [Stevan C. 1993-94], *Hospital construction in our time, Modern Hospitals, international* [Vogler P. 1964] and *Hospital Construction: Methodological and Design Approaches* [Capolongo S. 2006]. In ancient times, as in the Greek era with the Asclepians, the first medical centers emerged, characterized by imposing architecture and open spaces, aimed at practicing care with attention to functionality, safety and hygiene. During the Roman era, the first military infirmaries were inspired by the so-called 'plate' model, balancing common and private areas with rationalized routes. With the advent of Christianity, convent hospitals emerged, where care for the poor and the sick was provided within monasteries. The plague of the 14th century made it urgent to redefine the healthcare system, with the introduction of isolation measures and an awareness of the importance of hygiene. Enlightenment hospital architecture then emerged, with greater rationality in space and attention to the humanisation of the environment. With the advancement of medicine, hospitals became increasingly complex, leading to the emergence of hospital monoblocs. Thus, compromises emerged between the various models, such as plate/tower or comb structures.



Fig. 1. Typological schemes of hospital facilities. Elaboration by the authors.

Analysis of case studies of contemporary hospital buildings in a national and international context

In order to be able to establish a comprehensive knowledge framework aimed at defining guidelines for the design of buildings suitable for hospital facilities, an analysis of case studies was carried out in a national and international context (fig. 2).

The selection of case studies was mainly focused on hospitals, still in the design and/or construction phase, but also already built, in the period between 2010 and the second half of 2023. The selection was further refined, selecting exclusively hospitals built in the last decade, in order to be able to compare the dimensional models with the current standards present in the reference regulations in force, to read and define the dimensional modules and functional relations, replicable and adaptable to the new hospital structures.

The reading and spatial analysis of the ground floor plans and model plans of the selected hospital buildings allowed us to carry out critical readings aimed at defining modularity, but above all the functional links, characteristic of specialist departments.

On the basis of the type of data found, it was also possible, for the different case studies,

N° ORDINE	NOME OSPEDALE	LOCALIZZAZIONE	POSTI LETTO
1	UMC Imaging Center	Amsterdam, Paesi Bassi	100
2	BOE Hefei Digital Hospital	Hefei, Cina	1000
3	Curacao Medical Center	Oranjestad, Curacao	300
4	Nanjing Drum Tower Hospital	Nanjing City, Cina	1600
5	UC San Diego Health Jacobs Medical Center	La Jolla, California	245
6	Ospedale di Piacenza	Piacenza, Italia	600
7	Ospedale di Novara	Novara, Italia	786
8	Ospedale Giovanni XXIII	Bergamo, Italia	1200
9	Nuovo Ospedale Asquano	Massa, Italia	300
10	Ospedale San Cataldo di Taranto	Taranto, Italia	715
11	Nuovo Ospedale Monopoli-Fasano	Monopoli, Italia	300
12	Nuovo Ospedale Andria	Andria, Italia	500
13	Nuovo ospedale di Avezzano	Avezzano, Italia	245
14	Nuovo Polo della Salute "Padova Est- San Lazzaro"	Padova, Italia	963
15	Presidio Ospedaliero S. Andrea di Vercelli	Vercelli, Italia	16
16	Nuovo Padiglione Ospedale di Cittadella	Padova, Italia	250



Fig. 2. List and location of hospitals analyzed from 2010 to 2023. Elaboration by the authors.

to analyze the layouts of the in-patient units, in order to allow the modular and functional analysis to be carried out in principia, in order to be able to make meaningful comparisons and deduce possible conclusions on the planimetric efficiency and adaptability of the same in different areas.

The dimensional, spatial and functional analysis was propaedeutic in order to develop detailed guidelines on the planimetric distributions of the typical floors and ground floor of new-generation hospitals, as well as outlining key recommendations for optimizing the organization of in-patient areas.

The methodology adopted provides a framework for establishing evidence-based guidelines for building design in the healthcare sector; taking into account the best practices that emerged from the analysis of the hospital structures examined.

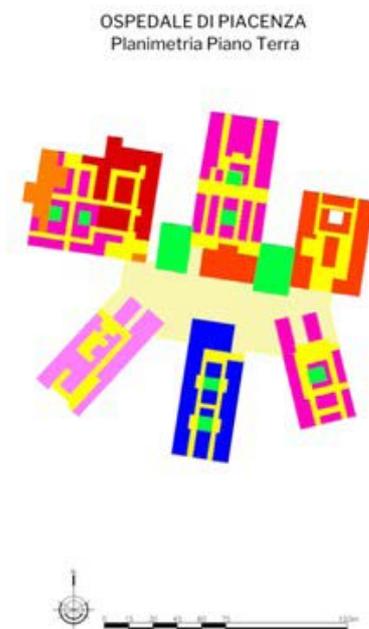


Fig. 3. Graphical and tabular representation of the spatial analysis methodology adopted for data analysis. The Piacenza Hospital case study. Elaboration by the authors.

Descrizione Area	Spazi interni	Superficie lorda (mq)	
PIANO TERRA			
NF1 - Area materno infantile	F-AM0: Ambulatorio ostetrico		
	F-AM1: Ambulatorio pediatrico		
	F-BPA: Pronto soccorso		
	F-DM: T.I.N.		
	F-DMO: Ostetricia e ginecologia	594,04	9%
NF2 - Area diurni	F-DMF: Pediatria		
	F-AD: Nati		
	F-PSO: PS neonato-ginecologia		
	F-PSF: PS pediatrico		
	F-DAD: Area ambulatorio diagnostica	1084,62	23%
NF3 - Area diagnostica infermiere	F-CP: Radiologia		
	F-POL: Poliambulatorio		
	F-SAN: Blocco infermiere		
	F-BSP: Blocco operatorio		
	F-CH: Chirurgia ambulatoriale		
NF4 - Area diagnostica infermiere	F-END: Endoscopia		
	F-DM: Dipartimento medicina		
	F-OCB: Dipartimento chirurgia		
	F-PS: Dipartimento psichiatrico		
	F-MA: Area malattie infettive	717,18	13%
NF5 - Area diagnostica infermiere	F-TN: Terapia intensiva		
	F-UTC: Unità coronarica		
	F-INT: I.C. malattie infettive		
	F-CEA: PS adulti		
	F-SPD: Diagnostica dedicata PS	594,69	9%
NF6 - Area servizi sanitari	F-CCB: Centrale elettrificazione		
	F-FAR: Farmacia		
	F-MOR: Morgue		
	F-CTR: Centro trasfusionale		
	F-LAB: Laboratorio analisi		
NF7 - Area servizi generali	F-ADM: Ufficio amministrativo		
	F-NEO: Ufficio medico		
	F-ES: Mensa	803,54	12%
	F-SPO: Spogliatoi		
	F-ING: Ingresso	282,72	3%
NF8 - Area servizi generali	F-UTE: Servizi utenti		
	F-CUC: Ristorazione - cucina		
	F-AMQ: Magazzino e depositi		
	F-BP: House keeping		
	F-OT: Officina	598,01	9%
NF9 - Area servizi generali	F-GEN: Servizi ecologici		
	F-IMP: Impianti		
	F-TEC: Tecnologie		
	F-LAV: Lavanderia		
NF11 - Correnti	F-COH: Correntone generale	1818,71	26%

From an initial two-dimensional analysis of the layouts, the planimetric configurations of the ground floor and typical floors (figg. 3-5) were re-elaborated: through the use of a chromatic code, which is reflected in the outline studies of the AFOs, i.e. the Homogeneous Functional Areas of Spaces, defined by the Rules for Health Planning and the 1986-88 three-year health plan [Law no. 595 of 23 October 1985]. By reading the plans, it was possible to identify the different hospital functional macro-areas, aimed at defining the basic modularity of the areas housed on the various floors.

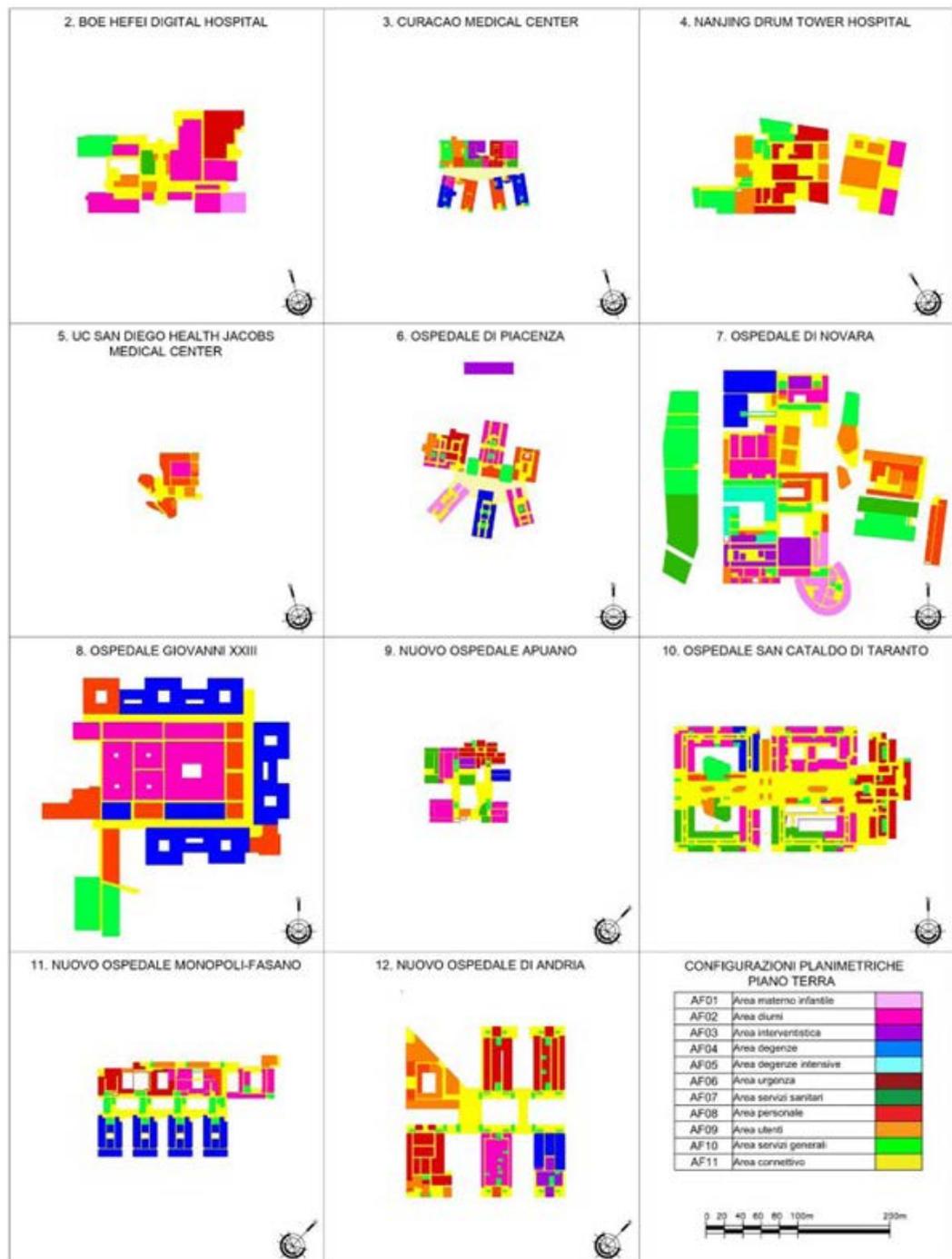


Fig. 4. Ground floor layouts of the case studies analyzed. Elaboration by the authors.

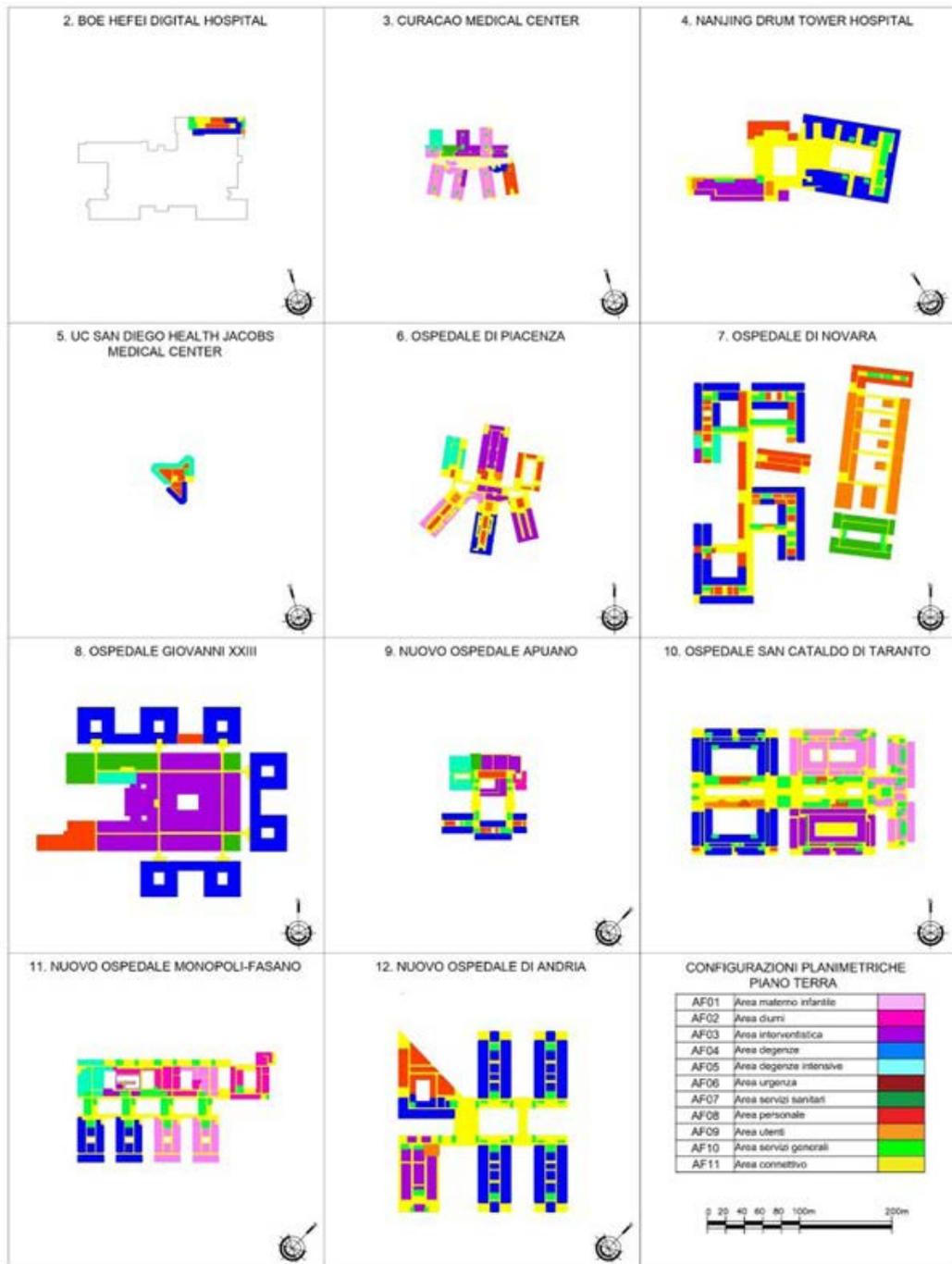


Fig. 5. Planimetric configurations of the analyzed case studies. Elaboration by the authors.

First methodological proposal for functional analysis

The effective functional organization, the optimisation of modules and the interconnections between the different functional and service areas within a hospital form the basis for a correct dimensional design of the building. The hospital organization is based on fundamental 'modules' (AFO, see fig. 3), which base their dimensioning in proportion to the type and number of beds to be accommodated within them. Among the main AFOs, the modules that characterize hospital facilities, defining their main dimensional and functional modules, are the diagnostic and treatment area, the in-patient area, the emergency and urgent care

area, and general and administrative services. These modules include within them functional/distributive sub-modules corresponding to the different services housed within the hospital structure. È It is crucial to understand the hospital model through the correlation and interaction of the different modules, both main modules - corresponding, as said, to the AFOs -and functional sub-modules, defining the priorities linked to the flows of users inside and outside the hospital complex: patients (inpatients and outpatients), staff, materials, data and visitors/accompanying persons. From the analysis of the paths of user flows that 'experience' the hospital complex, it is possible to define an initial relational matrix of the modules that make up the hospital complex. There is no absolute perfect matrix of spatial relations, but it is possible to create matrix structures adaptable to the specific needs of each individual proj-

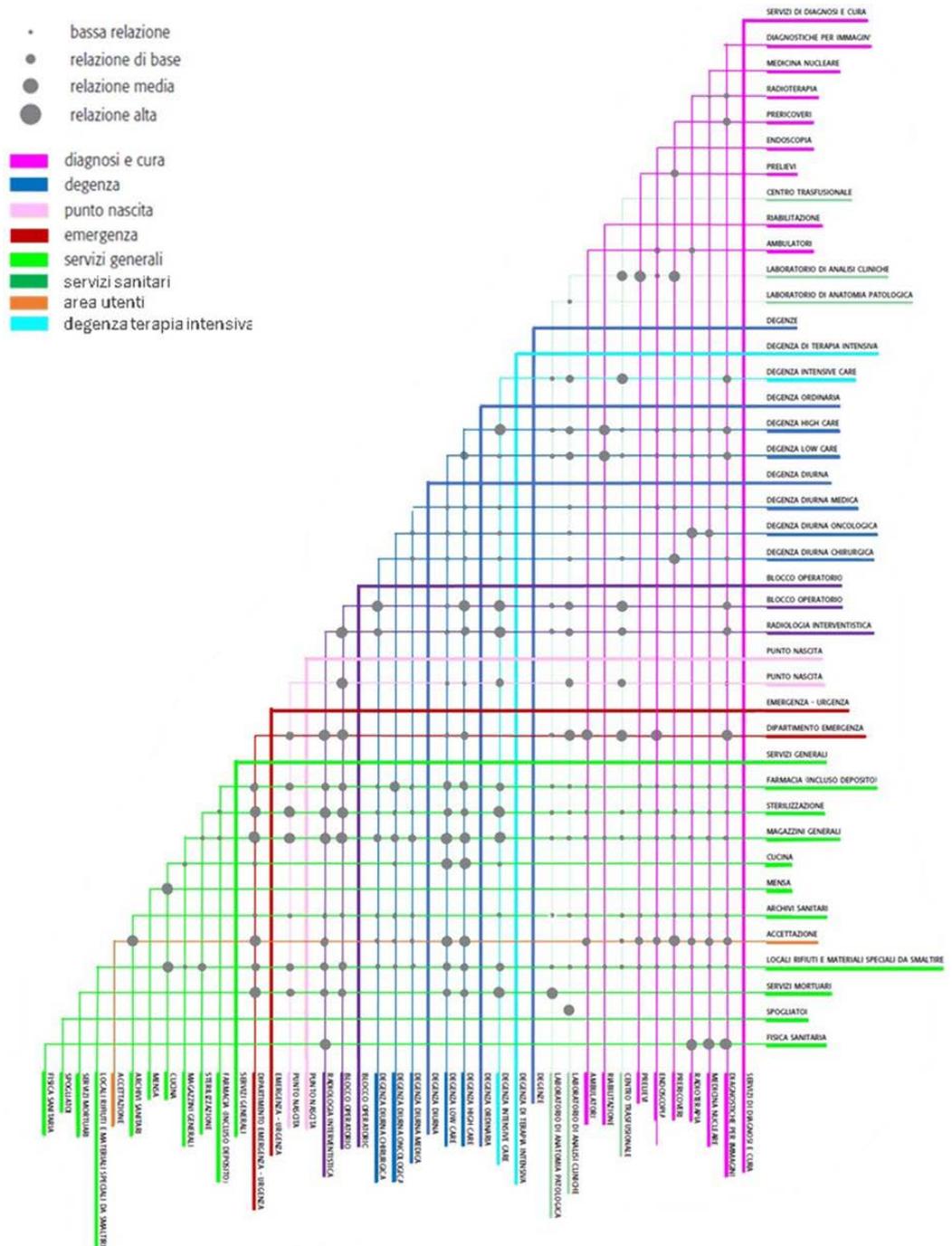


Fig. 6. Matrix of functional relationships [AGENAS Monitor Magazine 2003].

ect. This leads to a proposed matrix of 'Functional Relationships' (fig. 6), which establishes the functional link and relationships between the various primary and secondary functional modules within the structure, facilitating the determination of the position in relation to the system of flows and paths. This matrix was adapted from the 'Technical organizational and management guiding principles for the construction and management of high-technology and care hospitals, National Agency for Regional Health Services, 2003', represented according to the color code used in the previous analyses (fig. 3).

Application of the representation technique for an ideal hospital model

From the analysis of the information gathered from the case studies, the development of a modular hospital model is proposed, incorporating the best practices of the contemporary

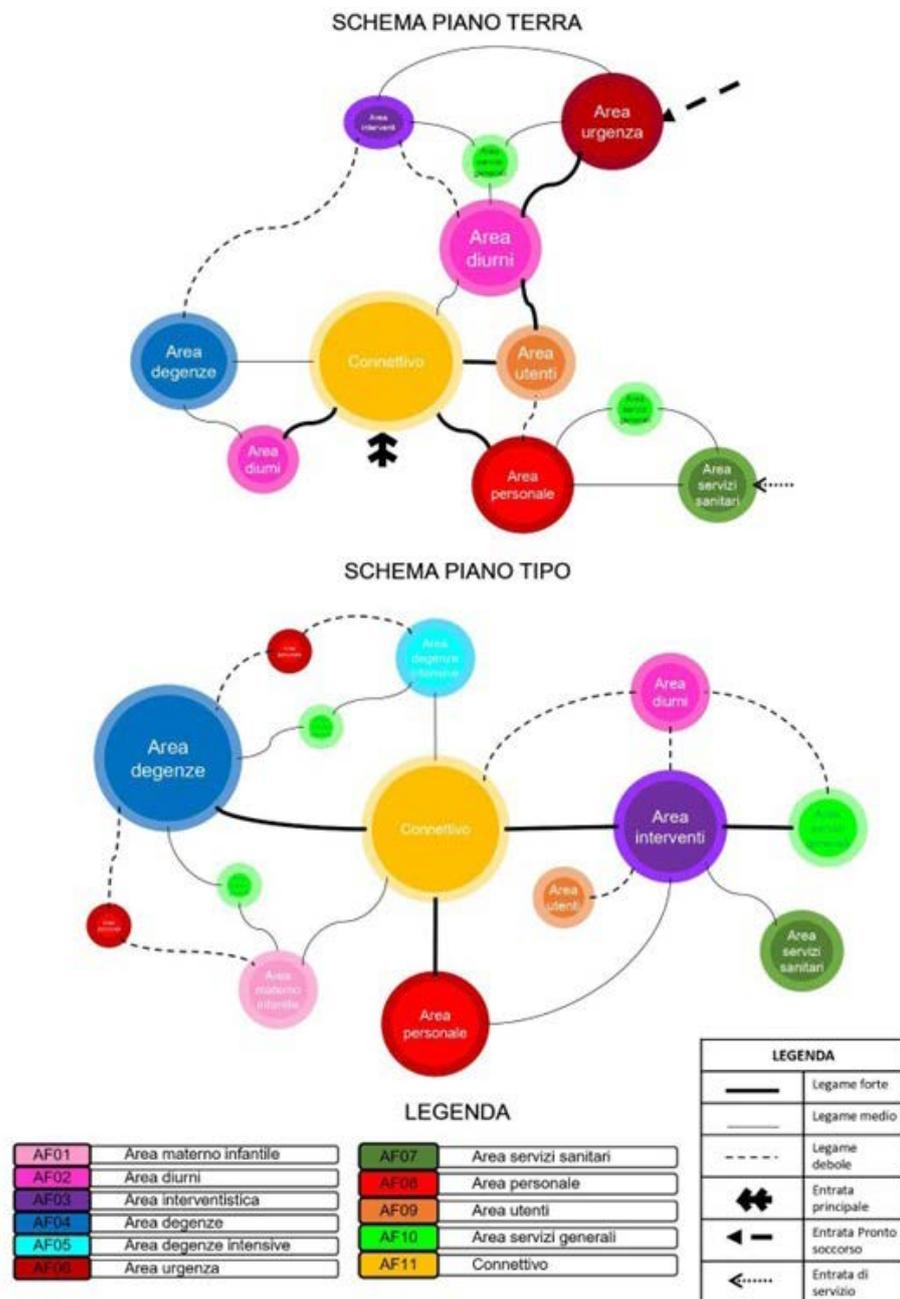


Fig. 7. Functional relationships between areas and modules on the typical floor of a hospital building. Elaboration by the authors.

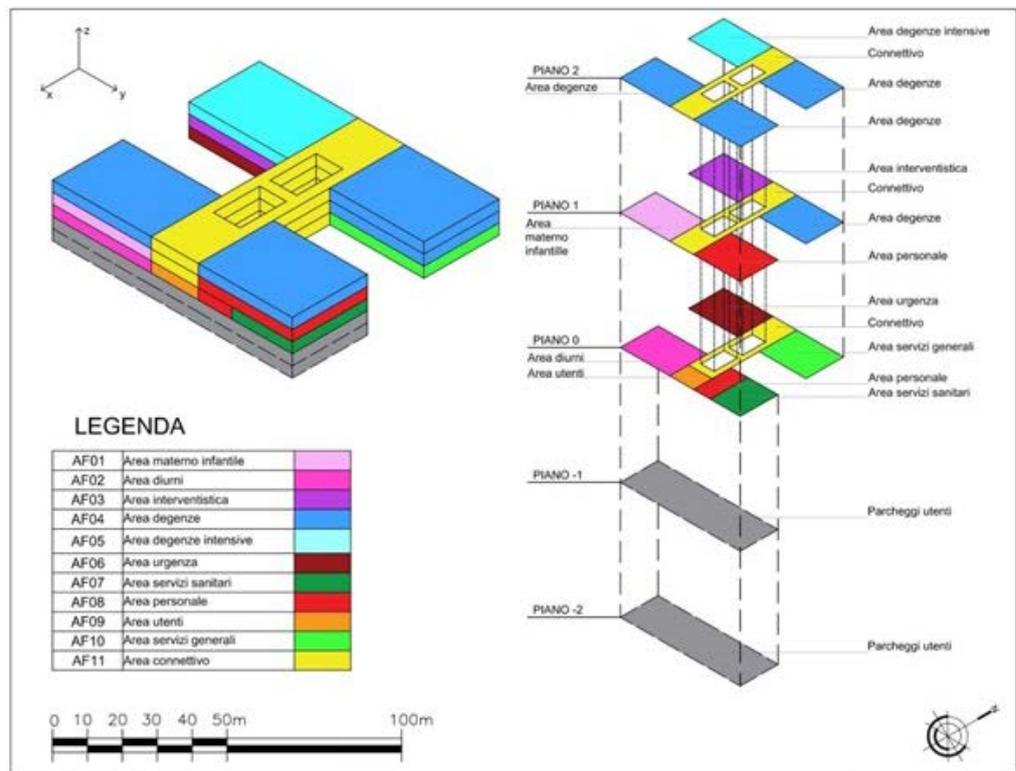


Fig. 8. Graphical representation of the hospital model. Elaboration by the authors.

architectural designs examined. Among the possible typological schemes (fig. 1), it emerges that the polyblock type is the most widespread and adaptable to different needs. However, within the different volumes, the modules and functional blocks show significant variations in the organization of the floors between the different examples. An initial proposal for a hospital model, derived from the analyses of the case studies and the relative design best practices adopted, is shown in fig. 8. In this model, the connection module becomes fundamental, bringing the various functional modules of the hospital organism into direct contact. The connection module, now not only a place of transit but also of orientation and reception, serves users by facilitating the connection between the various departments of the structure.

From the analysis of all the plans, it was possible to extract a standard farm for a hypothetical abstract hospital. This process involved a careful exploration of hospital floor plans, allowing the departments and individual rooms in each area to be identified. An in-depth analysis based on functional distribution diagrams derived from the *Atti e rassegna tecnica della società ingegneri e architetti in Torino* [Cavallari-Murat, 1967] edited by the institute of Technical Architecture of the Turin Polytechnic (fig. 9). All information was consolidated into a single farm, thus generating a functional graphic representation of the ideal hospital model (fig. 10). The modules characterizing the hospital wards have been represented with the color code used in the various reading and analysis phases of the case studies, in order to have an immediate graphic feedback of the results obtained. From the reading of the relational diagram (fig. 10) two fundamental aspects are immediately highlighted:

- the hospital flows, represented by the internal horizontal and vertical paths of the main users (patients, staff, materials, information, etc.);
- the links between the different functional modules, through the representation of the different levels of links (strong or weak links) between the modules of the hospital departments in proportion to the thicknesses used.

The hospital model depicted in Figures 8 and 10 show how access to the hospital structure is provided by three different entrances, each intended for a specific type of user:

- The main entrance, located near the central atrium, is intended for patients and external visitors. Here there are reception and admission services that guide users through the facility. one entrance is direct to the emergency room, providing

SCHEMA FUNZIONALE DISTRIBUTIVO PER UN EDIFICIO OSPEDALIERO

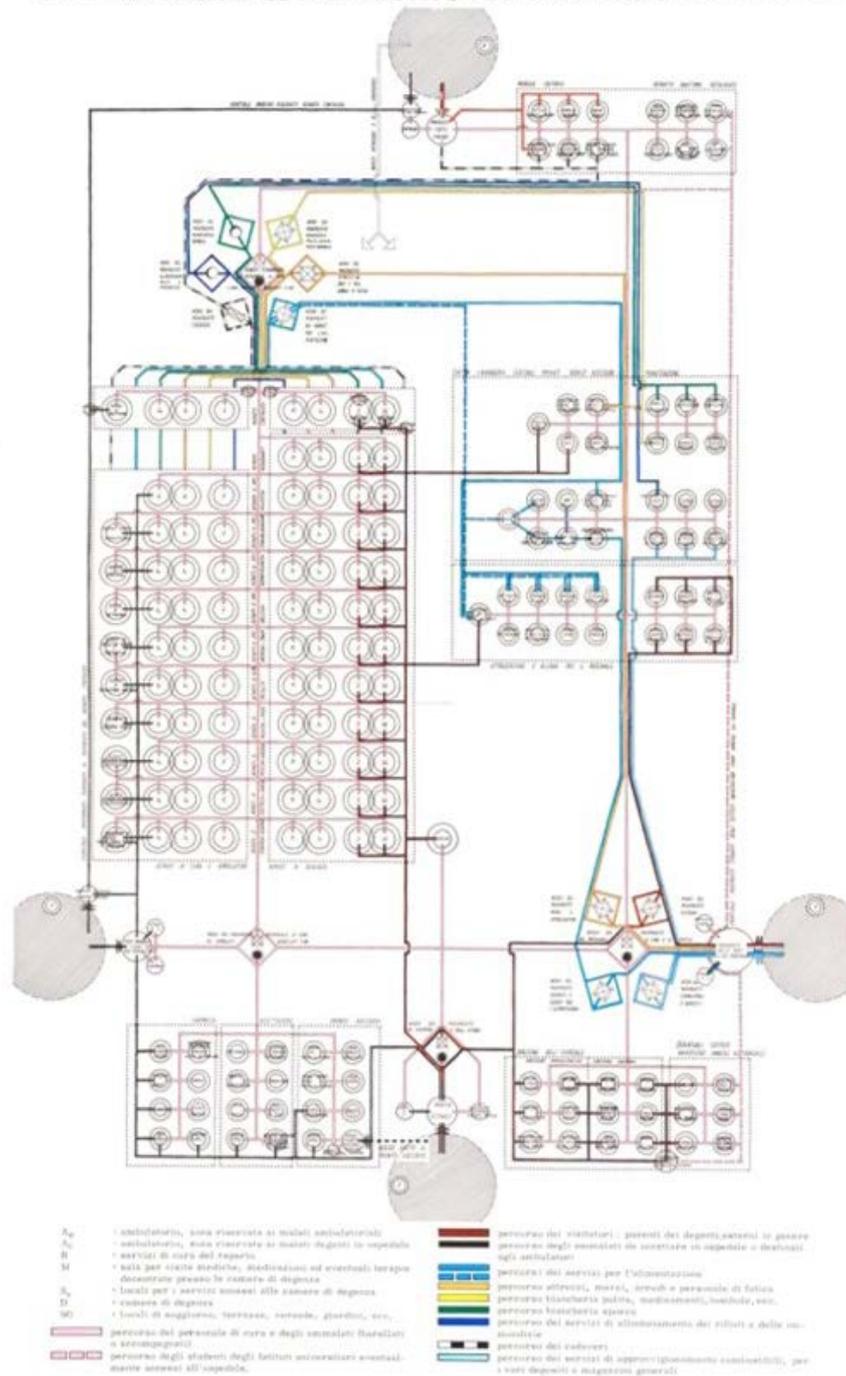


Fig. 9. Functional distribution diagram for a hospital building [Cavallari Murat 1967].

immediate access to the emergency area where ambulances hand over patients to medical personnel;

- One entrance is reserved for staff and goods handling, located in a more discreet area.

A further in-depth analysis of the basic modularity of hospital facilities was based on the analysis of the modularity of in-patient wards: in this case, it bases its geometry and dimensioning on the in-patient room: for this purpose, the size of the rooms, openings, orientation and flexibility in the addition of emergency beds were identified for each case study (fig. 11). The reading of the in-patient modules reveals different spatial configurations: double-body,

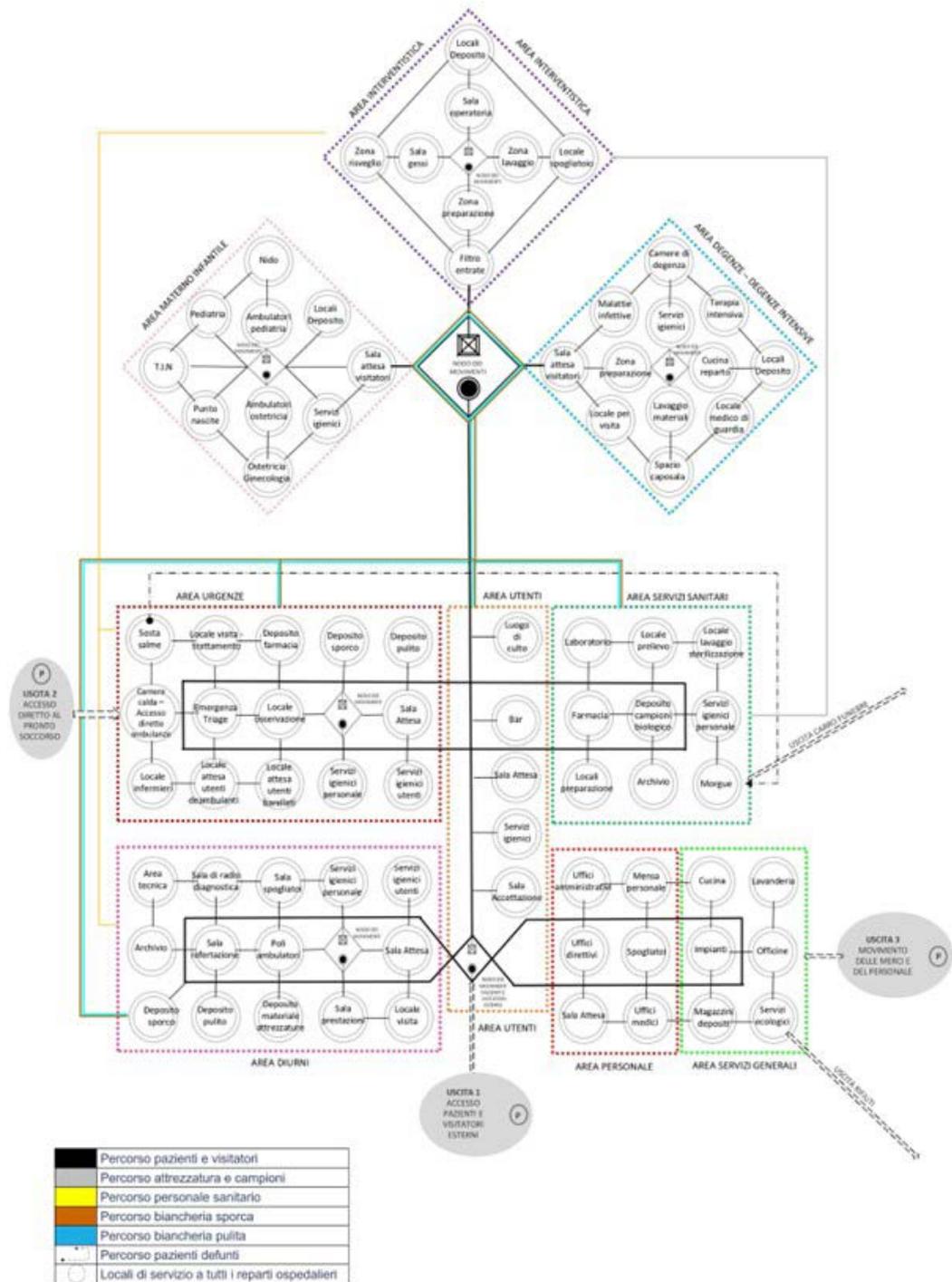


Fig. 10. Graphical representation of hospital model internal relations. Elaboration by the authors.

triple-body or quintuple-body module (fig. 12), each with a different ratio between the distributed-functional modules within the in-patient unit and the in-patient room module:

- the double-body inpatient module has a central corridor connecting the modules of the inpatient rooms with those of the support rooms;
- the triple-body inpatient module has a central corridor connecting two side blocks, one for the support services modules and the other for the patient rooms;
- the five-body, or double-corridor, inpatient module comprises three functional modules (inpatient modules and the module with the support rooms) connected

by two corridors. The inpatient module, which houses the inpatient rooms, occupies the perimeter areas of the block in order to guarantee the natural lighting of the modules, while the modules for the support services are concentrated in the center of the block.

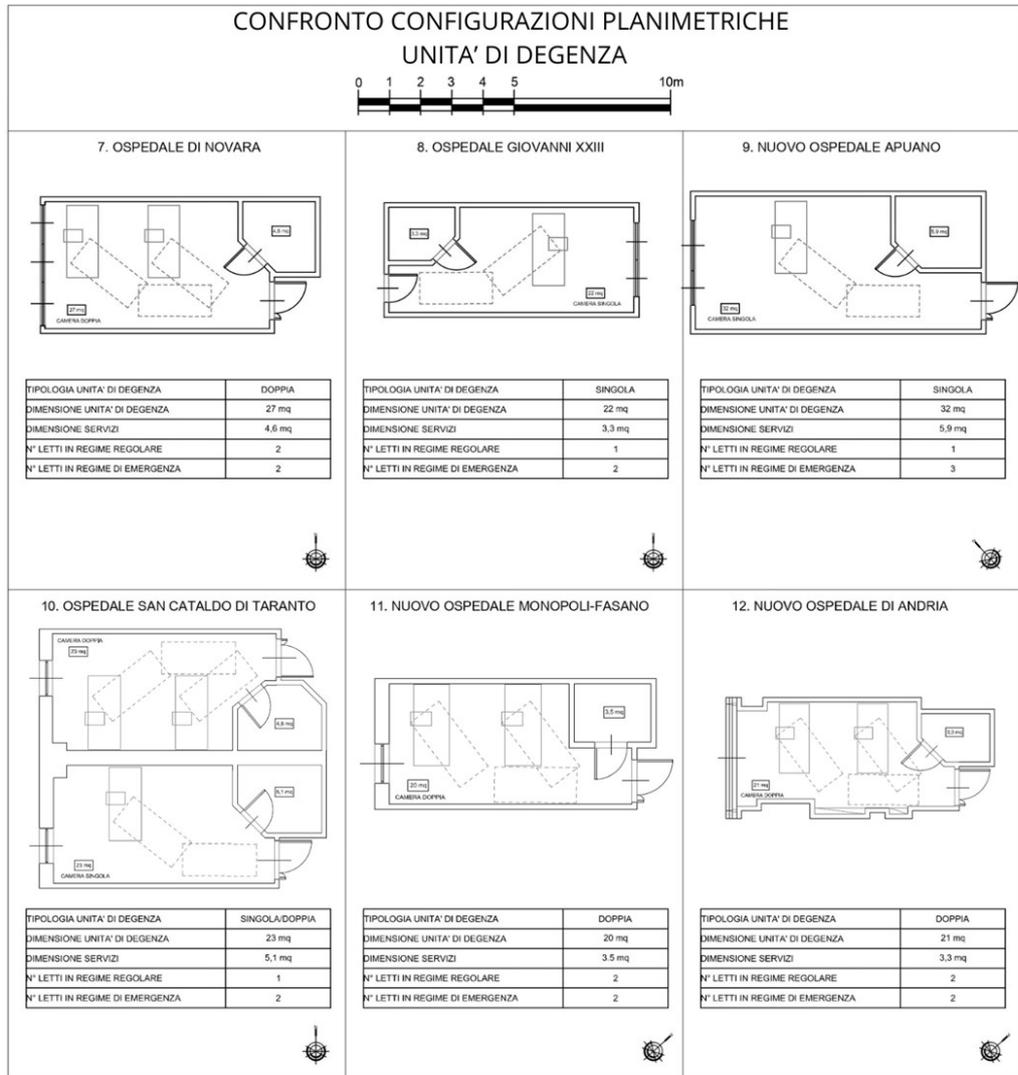


Fig. 11. Graphic representation of the hospital room floor plans of the hospitals analyzed. Elaboration by the authors.

Conclusions

Through a multi-disciplinary approach that combined historical knowledge, design approaches and examples in the field of healthcare construction, an evolutionary path was traced that led to the definition of ideal models for hospital structures, based on an understanding of functionality and the expression of the demand framework in terms of modularity. The historical analysis of hospital buildings revealed the need to adapt healthcare engineering and architecture to the changing needs of society, the urban context and the environment. The study of national and international case studies provided valuable information on the best practices adopted in the design of new hospital buildings: through the analysis and reading of planimetric distributions and functional relationships, it was possible to outline useful guidelines for the organization of spaces and flows within hospitals. The ergonomics of spaces and the optimisation of routes can indeed improve staff efficiency and patient comfort. Based on

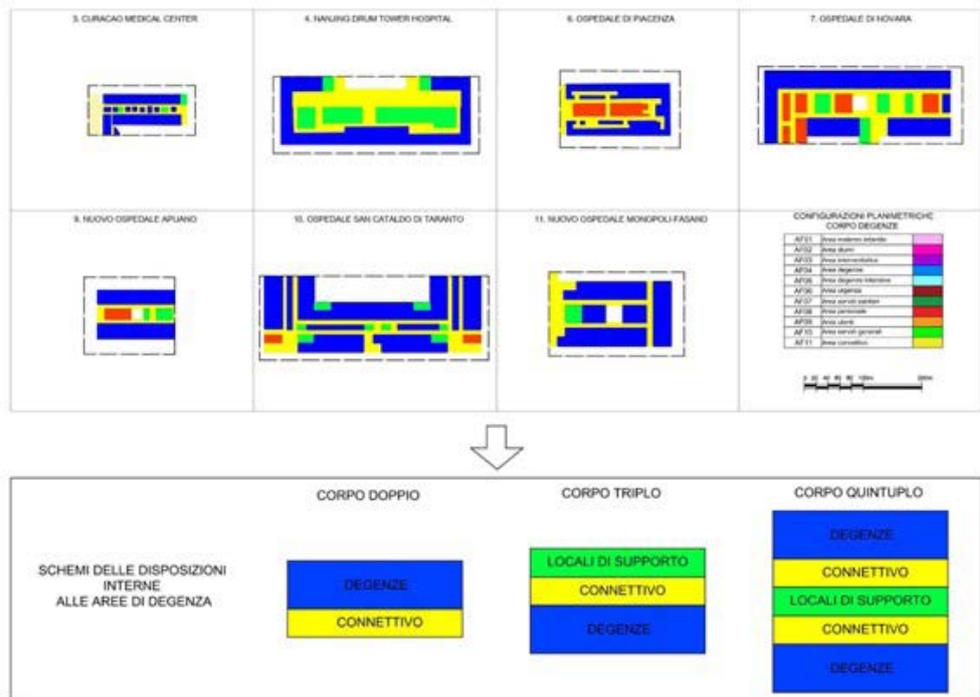


Fig. 12. Schematic diagrams of in-patient area layouts. Elaboration by the authors.

this knowledge, a proposal for a modular hospital model was formulated, which takes into account the current and future needs of the healthcare sector. In the present research, a further possibility for improving medical services and internal resource management could be the implementation of innovative technologies such as the use of IoT devices. In this regard, if applied to the case studies analyzed, such technologies could provide additional information to be implemented in the hospital model developed in this article. Ultimately, it contributes to the debate regarding the design and organization of new hospital facilities, providing a solid foundation for the development of new solutions. The approach of this paper allows the opportunity to conduct further research to evaluate the effectiveness of the proposed models and to monitor the evolution of health and social needs over time. This approach is designed to ensure constant adaptation and improvement in the context of the health sector.

Acknowledgements

The contribution started from the collaborative work with the Piedmont Region mentioned in the introduction and from the drafting of a Master's thesis in Construction Engineering that descended from it (Angela Fanfani, *Guidelines for healthcare architecture: critical reading of representative examples and definition of good practice*. Tutors: Giorgio Garzino, Maurizio Marco Bocconcinco, Mariapaola Vozzola). The development and application of the research presented here in part involved various bodies and different skills that the working group would like to thank: for the Piedmont Region, the engineer Sandro Petruzzi, manager of the investment Policies Sector of the Health and Welfare Directorate, and the architect Giada Turturro, the Azienda Zero Piedmont Region, the Local Health Authority Turin, the Local Health Authority Verbania Cusio Ossola, the City of Turin and the municipalities of Verbania and Domodossola.

References

- Stevan C. (1994). *La trasformazione dei luoghi della salute. Gli ospedali intelligenti di domani*. Politecnico di Milano.
- Vogler P. (1964). *Edilizia ospedaliera nel nostro tempo, Ospedali Moderni, Internazionali*. Roma: Arti e Scienze.
- Capolongo S. (2006). *Edilizia Ospedaliera: approcci metodologici e progettuali*. Milano: Hoepli.
- Norme per la programmazione sanitaria e per il piano sanitario triennale 1986-88, Legge 23 Ottobre 1985, n. 595 (GU n. 260 del 05/11/1985).

Principi guida tecnici organizzativi e gestionali per la realizzazione e gestione di ospedali ad alta tecnologia e assistenza, Rivista *Monitor*, AGENAS, 2003. <<https://www.agenas.gov.it/l-quaderni-di-monitor-%E2%80%93-supplementi-alla-rivista/604-sprincipi-guida-tecnici-organizzativi-gestionali-ospedali>> (consultato il 25 luglio 2024).

Cavallari Murat A. (1967). *Atti e rassegna tecnica della società ingegneri e architetti in Torino*, vol. 21, n. 2.

Authors

Giorgio Garzino, Politecnico di Torino, giorgio.garzino@polito.it
Maurizio Marco Bocconcino, Politecnico di Torino, maurizio.bocconcino@polito.it
Mariapaola Vozzola, Politecnico di Torino, mariapaola.vozzola@polito.it
Angela Fanfani, Politecnico di Torino, angela.fanfani@polito.it

To cite this chapter: Giorgio Garzino, Maurizio Marco Bocconcino, Mariapaola Vozzola, Angela Fanfani (2024). Modelli per l'edilizia ospedaliera e sanitaria: studio delle relazioni e definizione delle modularità/Designs for hospital and healthcare construction: research into relationships and definition of modularity. In Bergamo F, Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F, Liva G., Monteleone C. (Eds.). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 415-442.