

LA GRU IDRAULICA ARMSTRONG DELL'ARSENALE DI VENEZIA

Claudio Menichelli, Alberto Lionello, Alessandra Bovolenta

Nel corso dell'Ottocento si registrò la più profonda e radicale trasformazione della cantieristica navale avvenuta dalle origini della storia della navigazione ai nostri giorni. Il progressivo abbandono del legno per la realizzazione degli scafi, a favore del ferro, e della propulsione eolica, a favore di quella a motore, determinò, infatti, in un periodo di tempo relativamente breve, modificazioni di enorme portata nelle caratteristiche delle imbarcazioni. In ambito militare il processo di trasformazione delle costruzioni navali fu ancora più profondo per gli effetti dell'incalzante succedersi di significative evoluzioni nel campo degli armamenti.

I luoghi di produzione, ricovero e manutenzione delle imbarcazioni, dovettero naturalmente adeguarsi ai cambiamenti e, di conseguenza, alle modifiche delle imbarcazioni fecero riscontro modifiche nei cantieri e negli arsenali marittimi altrettanto profonde ed evidenti.

Anche l'arsenale di Venezia dovette perciò trasformarsi, quando, a seguito dell'annessione del Veneto al regno di Italia, nel 1866, si decise che la città lagunare avrebbe dovuto mantenere, assieme a La Spezia e a Taranto il ruolo di «piazza forte e stazione navale di 1° ordine»¹, cioè di presidio militare marittimo della massima importanza. La decisione era supportata dalle garanzie di sicurezza che poteva offrire l'insediamento veneziano, dovute alle naturali caratteristiche topografiche e morfologiche della laguna, e dal vantaggio di poter già disporre di un arsenale di grandi dimensioni².

Il progetto di ampliamento e adeguamento dell'arsenale di Venezia, che venne portato a termine in circa vent'anni, prevedeva l'introduzione di spazi, costruzioni e attrezzature del tutto nuovi per il contesto e indispensabili per un arsenale moderno. In particolare erano necessari: una grande darsena per consentire le evoluzioni di navi di lunghezza superiore ai 100 metri; scali per la costruzione all'aperto delle imbarcazioni; bacini di carenaggio per le riparazioni e le operazioni di manutenzione degli scafi; banchine per le operazioni di carico, scarico e allestimento delle navi.

Gli interventi ottocenteschi determinarono un profondo cambiamento dell'arsenale, non solo per gli aspetti funzionali, ma anche per quanto attiene alla fisionomia del complesso.

L'adeguamento degli spazi e degli edifici fu affiancato, nell'arsenale di Venezia, dall'aggiornamento delle attrezzature e dei macchinari, che riguardò sia l'interno dei fabbricati che le aree di lavoro esterne. Testimonianze significative di tale processo di aggiornamento sono le macchine di sollevamento: carriponte nelle officine e nei depositi e gru di diverse dimensioni sulle banchine. Di carriponte ne esistono molti esemplari disseminati in molti edifici, che risultano però spesso menomati o con parti sostituite; un bell'esemplare integro si trova nell'officina dei *Congegnatori-aggiustatori*. Di gru se ne conservano tre esemplari: una di piccole dimensioni a

braccio obliquo alle *Nappe* (fig.1), la Fairbairn a collo d'oca da 35 tonnellate (fig.2) e la Armstrong da 160 tonnellate nella darsena grande (fig.3).

L'evoluzione dell'artiglieria, delle costruzioni navali militari e delle macchine di sollevamento nel XIX secolo

L'invenzione del cannone obice da parte della Marina Francese, che consentiva per la prima volta l'uso di proietti esplosivi per il tiro radente, determinò, a partire dal secondo decennio dell'Ottocento, una vera e propria svolta nel campo dell'artiglieria³. Furono però i cannoni rigati a retrocarica, introdotti da William Armstrong nella seconda metà del secolo, a innescare un processo evolutivo senza precedenti nel settore. Le nuove armi erano caratterizzate da un fusto costituito da più tubi di acciaio concentrici via via più corti e a sezione crescente dalla bocca alla culatta. Queste nuove potenti artiglierie accelerarono la fine degli scafi in legno che ormai avevano bisogno della protezione di spessi rivestimenti in ferro per resistere. Con la tecnologia dei cannoni cerchiati la Armstrong, nel giro di un decennio passò progressivamente e velocemente dalla costruzione di cannoni da 7 tonnellate a quella dei giganteschi cannoni da 100 tonnellate e riuscì a migliorare in modo sostanziale i congegni di tiro.

Parallelamente ai cannoni si evolvevano anche gli affusti, che dovevano diventare sempre più complessi e dotati di sistemi per assorbire la forza di rinculo dei cannoni continuamente crescente. La prima significativa evoluzione avvenne con l'adozione di affusti metallici scorrevoli su un sottoaffusto e girevoli su delle rotaie fissate sul ponte. L'affusto divenne poi solidale ad una piattaforma girevole e il cannone venne protetto dapprima con dei parapetti corazzati e successivamente con delle torrette rotanti su rulli e movimentate da meccanismi a vapore o idraulici.

L'evoluzione delle munizioni vide dapprima, con l'introduzione delle canne rigate, la scomparsa delle palle a favore di proiettili dalla forma allungata cilindrica a punta ogivale. Lo sviluppo dei proiettili avvenne quindi nella direzione dell'aumento delle dimensioni e del peso e nell'articolazione in vari tipi (granate, granate-mine, mitraglie, perforanti) per aumentare il potenziale offensivo in specifiche diverse situazioni.

I cannoni da 100 tonnellate costruiti dalla ditta Armstrong a partire dal 1876 (fig.4) rappresentavano la sintesi delle evoluzioni tecnologiche nel campo delle artiglierie navali. Avevano una lunghezza di circa 10 metri e la loro gittata era di 6500 metri con proiettili da 450 millimetri di calibro e del peso di 900 chilogrammi. Essi potevano essere sistemati a coppie entro torri girevoli corazzate.

Per quanto riguarda le costruzioni navali militari⁴ l'uso del ferro per la costruzione degli scafi delle imbarcazioni, apparve già nel 1822 in Inghilterra, ma fu a partire dal 1855, con l'introduzione del procedimento Bessemer, che consentiva una produzione economica e su vasta scala dell'acciaio,

che l'adozione degli scafi metallici cominciò ad avere un certo rilievo, fino a diventare preponderante dal 1875, con l'introduzione del sistema Martin-Siemens, che consentiva di produrre acciaio fuso omogeneo e di qualità.

L'impegno degli scafi metallici avvenne dapprima, e in misura più ampia, nella marina mercantile e successivamente in quella militare, in particolare in quella italiana, dove la prima nave in ferro venne costruita solo nel 1866. In Italia bisognerà attendere il 1873, con l'avvio a La Spezia della costruzione della corazzata Duilio, per avere una nave militare competitiva con le produzioni degli altri paesi, e a Venezia il 1885 per la prima realizzazione veramente all'avanguardia: la corazzata Francesco Morosini (fig. 5) (completata nel 1889), del peso 11.200 tonnellate, lunga 105 metri, con piastre di corazzata da 450 mm e armata con 4 cannoni Armstrong da 106 tonnellate.

Di pari passo con l'evoluzione tecnologica e delle costruzioni navali procedette, come diretta conseguenza, lo sviluppo delle macchine di sollevamento, che vide nella, ditta fondata da William George Armstrong uno dei principali protagonisti⁵.

William George Armstrong avviò la sua ricerca sulle applicazioni dell'energia idraulica agli apparecchi di sollevamento a partire dalla seconda metà degli anni '30 e la sviluppò negli anni successivi, assieme con il socio George Rendel. Un primo progetto di gru azionata idraulicamente fu da lui brevettato nel 1846 sulla banchina del suo stabilimento di Newcastle e messa in funzione per mezzo dell'acqua del fiume dell'omonima cittadina. Successivamente Armstrong applicò il proprio modello a gru di piccola e media portata fino a 30 ton, riscuotendo un notevole successo prima in Inghilterra e quindi in Europa.

La prima evoluzione di rilievo nelle sue gru idrauliche avvenne con l'introduzione dell'accumulatore idraulico, che consentiva di immagazzinare una certa quantità di fluido a pressione costante. Già nei primi anni '70, tutti i porti inglesi si dotarono di gru con accumulatore idraulico. In quegli anni vennero avviate le ricerche per produrre gru di grande portata a braccio fisso brandeggiabile per soddisfare le più recenti esigenze cantieristiche. Tali gru, dalle portate variabili tra le 100 e le 160 tonnellate, erano caratterizzate da un basamento in muratura di notevole spessore e rigidità, da una ralla di grande diametro, da un braccio reticolare di geometria essenziale e rigidissimo, da un contrappeso disposto verticalmente alla massima distanza dall'asse della gru e da un meccanismo di sollevamento che utilizzava un cilindro idraulico a grande corsa e ad azione diretta, progettato da George Rendel.

Le nove grandi gru idrauliche Armstrong

Di gru con tali caratteristiche ne furono prodotti nove esemplari, tra il 1876 e il 1905, che andarono ad equipaggiare alcuni importanti arsenali nel mondo. La prima venne installata a La Spezia nel 1876; le altre vennero installate a Bombay nel 1877, a Liverpool nel 1881, a Malta nel 1883, a

Taranto e a Venezia nel 1885, a Pozzuoli nel 1887 e due in Giappone nel 1892 e nel 1905. Le gru di Bombay, di Liverpool e un delle due installate in Giappone avevano una portata di 100 tonnellate, mentre per tutti gli altri esemplari era di 160 tonnellate.

Gli elementi di conoscenza di cui si dispone attualmente, attraverso le ricerche fatte fin ora, prevalentemente negli archivi Italiani, riguardano soprattutto le gru installate nel Mediterraneo. Nulla si sa delle gru installate in Giappone, e poche sono le notizie degli altri esemplari; si sa che comunque gran parte di esse andarono distrutte durante il secondo conflitto mondiale, mentre quelle di La Spezia e di Taranto vennero smantellate in tempi più recenti, rispettivamente nel 1969 e nel 1992. È questo il risultato di eventi di varia natura, prevalentemente legati a necessità funzionali dei cantieri, ma anche, e soprattutto per quanto riguarda le due ultime demolizioni, in ordine di tempo, di una scarsa attenzione del recente passato per il patrimonio culturale industriale.

Semberebbe comunque che l'unico esemplare superstite sia quello Veneziano e, anche per questo, come ha sottolineato di recente Norman Foster⁶, il suo recupero va assunto non solo come una operazione di particolare rilievo, ma come una necessità.

Le gru di La Spezia, Bombay, Malta e Taranto

La gru di La Spezia, la prima di grande portata della Armstrong, nacque come un'evoluzione della gru da 80 tonnellate installata nel 1875 nell'arsenale reale di Woolwich (fig. 6), della quale riprende, perfezionato, lo schema strutturale. Ulteriori evoluzioni rispetto al modello di riferimento sono rappresentate dal sistema di rotazione su pattini e ralla continui, anziché su coppie di carrelli e dal sistema di sollevamento con cilindro idraulico.

Venne commissionata dalla marina italiana nel 1875, per poter movimentare i cannoni Armstrong da 100 tonnellate destinati ad equipaggiare le corazzate classe Duilio allora in costruzione, ed entrò in funzione nel 1876.

Nella gru di La Spezia sono presenti tutti gli elementi caratteristici delle grandi gru Armstrong, quali: il basamento in muratura, la ralla con corona dentata e rulli per la rotazione, il braccio reticolare in ferro puddellato, il contrappeso a cassone in lamiera, il cilindro idraulico di sollevamento.

L'esemplare installato a Bombay nel 1877, da 100 tonnellate, presentava un'importante evoluzione tecnologica rispetto alle precedenti, costituita dal contrappeso che viene ad essere integrato nel sistema reticolare del braccio e che svolge la funzione di collegamento verticale dei due tiranti superiori con le corrispondenti aste orizzontali della piattaforma. Questa modifica strutturale, che aumenta la compattezza e la rigidità della gru, venne successivamente utilizzata in tutte le gru Armstrong di grande portata.

La gru da 160 tonnellate installata a Malta nel 1883 (fig. 7) rappresenta l'evoluzione e la sintesi delle precedenti esperienze della Armstrong di La Spezia e Bombay e divenne il modello di riferimento per le successive realizzazioni, che non si discostarono sostanzialmente nelle caratteristiche generali costruttive da essa. Con una volata di metri 15,70 e un'altezza di metri 27,3 metri, il braccio della gru di Malta è quello di maggiori dimensioni delle gru Armstrong di cui si conoscono le caratteristiche. Una peculiarità della gru di Malta, che la differenziava dalle precedenti e successive realizzazioni, era costituita dal complesso dei macchinari situati esternamente al basamento.

La Gru installata a Taranto nel 1885 (fig. 8) è sostanzialmente identica a quella di Venezia e si rimanda alla descrizione di quest'ultima per quanto riguarda le caratteristiche costruttive e materiche. Per un solo elemento si differenziava dall'esemplare veneziano: per il sistema di smaltimento dei fumi della caldaia, che venivano espulsi attraverso una canna fumaria alta 25 metri e distante 20 metri dalla gru, collegata alle macchine attraverso un condotto sotterraneo.

La gru di Venezia

L'esigenza di una gru di grande portata nell'arsenale di Venezia fu indotta nel 1881, dalla decisione della costruzione della corazzata Francesco Morosini, la prima grande nave da guerra costruita a Venezia con scafo metallico, sulla quale dovevano venire collocati 4 cannoni a retrocarica Armstrong da 106 tonnellate su torri corazzate brandeggiabili, che necessitavano di venire montati a blocchi con operazioni che richiedevano una certa precisione e stabilità di manovra. In ogni caso tale scelta rientrava nei programmi complessivi di ammodernamento degli arsenali italiani (era già stata attuata a La Spezia e si era in procinto di attuarla anche a Taranto) e, in qualche modo, faceva parte degli accordi commerciali della marina militare italiana con la Armstrong per la fornitura dei cannoni, accordi che nel 1886 avrebbero portato alla nascita a Pozzuoli di una filiale della ditta inglese⁷.

Nel 1883 la gru venne commissionata direttamente dalla Marina militare alla Armstrong, Mitchell & Co.⁸, di Newcastle-upon-Tyne, che aveva già in ordine le forniture delle artiglierie per le navi in costruzione, e fu deciso il luogo di installazione, sulla banchina orientale della grande darsena, dove era già presente la gru Fairbairn, ma in posizione più centrale rispetto al bacino e più vicina alla Porta Nuova. Per la realizzazione del basamento si rese necessaria la demolizione di un tratto di banchina di poco più di 20 metri. I lavori di fondazione della gru furono complessi e laboriosi, come riporta in modo assai preciso Felice Martini⁹. Alla quota di meno dieci metri venne impostata la palificata lignea, costituita da una corona ottagonale di pali da 3,60 metri saturata all'interno da altri pali da 2,60 metri. Sulla palificata venne gettata una platea ottagonale di 460 metri quadrati e dello spessore di 2,30 metri. Fu quindi costruito il basamento in muratura di mattoni e pietra

d'Istria. I lavori procedettero con l'installazione delle strutture e dei macchinari di sollevamento e, a partire da 1885, la gru fu in grado di iniziare a svolgere le importanti funzioni che le erano state assegnate.

Intorno al 1902, dopo l'installazione della centrale elettrica in arsenale, la gru subì una temporanea trasformazione di parte dei meccanismi. La gru rimase in funzione per circa 30 anni, fino allo scoppio della prima guerra mondiale, quando subì i primi danneggiamenti. A partire dal 1940, il cilindro di sollevamento risultava già fuori uso. In seguito continuò a svolgere la sua funzione con l'argano di sollevamento ausiliario, danneggiato nel 1946, ma subito riparato, e negli anni cinquanta del secolo scorso cessò del tutto di operare.

Caratteristiche costruttive della gru di Venezia

La gru è costituita di due parti: la struttura basamentale fissa e la struttura in elevazione mobile. La prima comprende il basamento e la ralla di brandeggio; la seconda, la piattaforma girevole, il braccio reticolare, il contrappeso e i sistemi di sollevamento.

Il basamento (fig. 9) è una costruzione in muratura di mattoni e pietra d'Istria di forma tronco-piramidale a base ottagonale. Le otto superfici esterne hanno una inclinazione sulla verticale di circa 10°, tranne quella verso l'acqua che è a piombo per favorire le operazioni di carico e scarico sulle navi. Su quattro delle otto pareti si aprono tre finestre e la porta di accesso dalla banchina. Due scale in pietra d'Istria simmetriche consentono di accedere alla parte inferiore del basamento, rivestito interamente in conci di Pietra d'Istria. Due scale in ferro conducono alla sommità del basamento, contornata da un parapetto in ferro.

Lo spazio interno (fig. 10) del basamento è circolare, coperto da una volta a sesto ribassato, con la parte centrale in conci di pietra d'Istria. Nel vano sono situati i macchinari per il funzionamento idraulico.

La ralla di brandeggio (fig. 11) è costituita da una grande corona dentata del diametro di circa 13 metri, ad elementi in ghisa, sulla quale ingrana il pignone che consente il brandeggio, e da un sistema di 96 rulli troncoconici in ghisa su bronzine.

La piattaforma girevole (fig. 12) è la parte basamentale del braccio reticolare e l'elemento che supporta il contrappeso. ha una struttura costituita da un reticolo di travi che formano un piano rettangolare di circa 13 x 7 metri. Ad essa sono solidali il pignone di brandeggio e i quattro grandi pattini in ghisa, della lunghezza di 2,5 metri per un'altezza di 80 centimetri, che consentono la rotazione sul sistema di rulli.

Il braccio reticolare è costituito da aste in ferro puddellato, con profili piatti e a elle, e fazzoletti in lamiera, connessi con chiodi ribaditi a caldo.

Il contrappeso (fig. 13) è un grosso cassone in lamiera alto 8 metri per 3,50 metri di profondità,

riempito di pietrame e ferro per un peso complessivo di 400 tonnellate, la metà dei quali è necessaria per l'equilibrio della macchina e l'altra metà per controbilanciare le 160 tonnellate di portata. Oltre alla funzione di contrappeso il cassone rappresenta l'elemento di chiusura, sollecitato a trazione, del braccio reticolare. È questa una caratteristica delle gru Armstrong più evolute, introdotta per la prima volta con la gru di Bombay nel 1877.

I sistemi di sollevamento sono due: il cilindro idraulico per carichi fino a 160 tonnellate e il paranco a catena per carichi fino a 40 tonnellate

Il cilindro idraulico (fig. 14) del peso di 35 tonnellate, ha un'altezza di circa 14 metri per un diametro di 90 centimetri; è costituito di quattro parti unite da flange ed è sospeso al braccio con due coppie di bielle, che consentono una certa possibilità di movimento lungo l'asse principale della gru.

Il paranco ausiliario (fig. 15) è un sistema tradizionale di sollevamento, azionato dalle macchine a vapore, per carichi fino a 40 tonnellate.

L'altezza di sollevamento del cilindro idraulico è di 18 metri, mentre quella del paranco è di 30 metri.

L'altezza complessiva della gru dal piano della banchina è di 36 metri.

Il progetto di conservazione

Attualmente è in fase di sviluppo un progetto di conservazione della gru curato dalla Soprintendenza di Venezia¹⁰ e finanziato dal Venice in Peril Fund¹¹, che prevede due fasi di intervento. La prima, di messa in sicurezza, di studio degli aspetti costruttivi e di funzionamento e di analisi della consistenza materiale e, la seconda, di restauro.

La prima fase prevede, come intervento principale, le operazioni di messa in sicurezza necessarie per garantire l'integrità della gru fino all'avvio degli interventi definitivi. Verrà effettuata una prima verifica generale della soglia di sicurezza delle aste metalliche, dei nodi e del sistema di rulli e pattini della ralla. Si interverrà quindi per ridurre l'insieme delle sollecitazioni sugli elementi costitutivi della gru, operando per alleggerire il contrappeso di circa 200 tonnellate, corrispondenti al potenziale carico di sollevamento della macchina di 160 tonnellate, nel rispetto dell'equilibrio statico del braccio reticolare. Verrà effettuata un'accurata pulizia del piano di imposta della struttura in elevazione per ripristinare un corretto smaltimento delle acque e un intervento di protezione superficiale dei metalli. Parallelamente si procederà a una accurata campagna di rilievi, di indagini e di ricerche storiche, per acquisire elementi utili alla definizione dell'intervento di conservazione. Il rilievo utilizzerà tecniche topografiche, fotogrammetriche e dirette oltre all'utilizzazione del sistema laser-scanner e sarà finalizzato a fornire non solo le rappresentazioni fondamentali della macchina ma anche e soprattutto elementi di dettaglio sui sistemi costruttivi che consentano di contribuire, per

gli aspetti geometrici, a valutare la consistenza materiale della gru, con particolare riferimento alle complesse tematiche della conservazione delle strutture metalliche e delle macchine.

Verranno eseguite delle indagini sui materiali volte alla definizione dello stato di conservazione ed eseguite verifiche strutturali sulla base degli elementi di conoscenza disponibili. Saranno eseguiti studi e ricerche, con i partners delle università e di Istituti di ricerca sugli aspetti di conservazione dei materiali metallici, delle tecnologie costruttive e di assemblaggio del ferro e della ghisa e sul funzionamento dei macchinari idraulici finalizzati alla definizione dell'intervento di restauro.

La seconda fase consisterà nell'intervento di conservazione vero e proprio. Sulla base degli studi effettuati e dei risultati raggiunti con le indagini verrà definito il livello raggiungibile dell'intervento di conservazione, con particolare riferimento alle possibilità di recupero, anche parziale, della funzionalità della gru salvaguardando, in ogni caso, la conservazione integrale della materia originale costitutiva della gru. In particolare si studierà se potranno essere riattivate alcune funzioni di movimento della gru, che, oltre a rendere più completo il recupero, risulterebbero vantaggiose per la conservazione. Si è comunque consapevoli, alla luce di quanto fino ad ora si è potuto osservare, che sarà sostanzialmente impossibile recuperare i meccanismi di sollevamento e che, in ogni caso, sarà molto problematica anche la riattivazione dei movimenti di rotazione del braccio sulla ralla. Si procederà infine alle operazioni di conservazione dei materiali e a definire un programma di manutenzione.

¹ F.MARTINI, *Progetti e lavori per riordinamento ed ingrandimento dell'Arsenale marittimo di Venezia – Parte prima*, Venezia, 1877, p. 14.

² Per notizie dettagliate sui progetti e i lavori di riordino dell'Arsenale di Venezia dal 1866 al 1897 si vedano: F.MARTINI, *Progetti e lavori ... Parte prima ...cit.* e F.MARTINI, *Progetti e lavori per riordinamento ed ingrandimento dell'Arsenale marittimo di Venezia – Parte seconda*, Roma, 1897; si vedano anche: LA SOCIETÀ VENETA PER IMPRESE E COSTRUZIONI PUBBLICHE, 1872-1881, *Arsenale Marittimo di Venezia*, Bassano, 1881, pp. 57-78 e Tavv. XXIX-XXXIX; C MENICHELLI, *Le trasformazioni dell'Arsenale di Venezia tra il 1866 e la prima guerra mondiale*, in: G ROSSINI (a cura di), *Venezia fra arte e guerra 1866-1918*, Milano, 2003, pp. 64-73; C MENICHELLI, *L'Arsenale moderno: dalle occupazioni straniere alla prima guerra mondiale, parte II (1866-1918)*, in: A. DINA (a cura di), *La rinascita dell'Arsenale, la fabbrica che si trasforma*, Venezia, 2004, pp. 82-89; G. BELLAVITIS, *L'Arsenale di Venezia, storia di una grande struttura urbana*, Venezia, 1983.

³ Le notizie riguardo all'evoluzione dell'artiglieria nel XIX secolo sono tratte dalle pubblicazioni citate di seguito, alle quali si rimanda per maggiori indicazioni: A. PECCHIOLI (a cura di), *La marina italiana : storia di uomini e navi*, Roma, Editalia 1987; *Il cannone da 100 tonnellate* in "Rivista Marittima", 1877 vol II; PIERSANDRO BERTI, *La corazzata Dandolo e il suo armamento* in "Rivista Marittima", 1978 vol I.

⁴ Per maggiori informazioni sulle costruzioni navali militari si vedano: F. GAY, *Le costruzioni navali dell'Arsenale di Venezia*, in "Rivista Marittima", supplemento Marzo 1989; A. PECCHIOLI (a cura di), *La marina italiana: storia di uomini e navi*, Roma, Editalia 1987; L. DE ROSA, *Industria militare, sviluppo industriale e politica per il Mezzogiorno* in "Il Mediterraneo: i luoghi e la memoria : mostra archivistica, archeologica e numismatica promossa in occasione del primo centenario dell'Arsenale militare marittimo di Taranto", Taranto, Castello Aragonese, 13 ottobre-15 novembre 1989

⁵ per un'ampia documentazione sulle macchine di sollevamento e la produzione Armstrong si vedano: E. ASCIONE, *Le macchine operatrici*, in "Trattato generale teorico-pratico dell'arte dell'ingegnere civile, industriale ed architetto", Milano, Vallardi 1910; C. BERTOLINI, *Le costruzioni metalliche dell'Ottocento. Interessi storici e problemi di conservazione di recupero edilizio*, Atti del convegno A.N.I.A.S.P.E.R., Betagamma, Roma 18-20 maggio 1989; S.K. AL NAIB AND R.J.M. CARR (edited by), *Dockland: an illustrated historical survey of life and work in east London*, London, North East London Polytechnic in conjunction with the Greater London Council 1986; *Lo Stabilimento Armstrong di Pozzuoli*, marzo 1884 depositato presso l'Istituto Storico di Cultura dell'Arma del Genio, Roma; G.F. MARTORELLI, *La industria delle costruzioni navali in Italia (1861-1911)*, in "Rivista Marittima", 1911vol I

⁶ "I write to express my extreme concern for the future of the great nineteenth century crane at the Arsenal. This iconic structure is not only aesthetically inseparable from its historic context, but it is a priceless part of the industrial heritage of Venice. It would be an unforgivable act of negligence if the permanence of this icon is not secured for present and future generations - locals and visitors alike." Sir Norman Foster

⁷ La filiale Armstrong di Pozzuoli, nata e specializzata per la produzione di cannoni fino a 160 tonnellate, fu di particolare importanza poiché, nonostante fosse sotto il controllo della casa madre, era di fatto costituita interamente da personale italiano, sia amministrativo che operaio. Essa, dalla sua nascita fornì tutti gli armamenti alla marina italiana e contribuì, in buona misura all'affrancamento dalla dipendenza dalle produzioni straniere, anche perché, per contratto, i materiali adoperati dovevano essere tutti di provenienza italiana, in particolare dalle acciaierie di Terni, che dal 1866 erano in funzione con un nuovo grande stabilimento siderurgico.

⁸ Per notizie sulla gru idraulica di Venezia e sulle altre gru Armstrong, si vedano: V. NASCÉ, A. M. ZORGNO, *La gru idraulica dell'Arsenale di Venezia*, in "Palladio - Rivista di storia dell'architettura e restauro" Anno VII, n. 14, Dicembre 1994; A. BOVOLENTA, *La grande gru idraulica dell'Arsenale di Venezia*, Tesi di Laurea IUAV, Relatore C. MENICHELLI, correlatore F. GUERRA, Venezia, 2005; A. Presotto, *Gru Armstrong, Mitchell all'Arsenale di Venezia*, Tesi di Master Università di Padova, tutors C. MENICHELLI, M. R. VALLUZZI, Padova, 2004; N. MARINI, *La fabbrica di sir William Armstrong* e C. NEGRI, *Lo stabilimento di sir William Armstrong*, in: "Rivista Marittima", 1876 vol. I e 1878 vol.

⁹ "...Quindi si procedè all'esecuzione del cavo a sezione libera entro cui si doveva procedere alle fondazione dell'opera da eseguirsi. L'escavazione ebbe luogo a mezzo del piccolo cavafango del sistema Priestman e montato sopra un puntone. Il buon fondo si trovò alla quota -10.00, cioè un grosso strato di sabbia pura, coperto da cappellaccio quasi pietrificato della grossezza di metri 0.15, attraverso il quale strato si fece luogo alla pilotazione, consistente in una coronella di forma ottagonale, nella quale furono impiegati 90 pali lunghi metri 3.60 ed entro cui ne furono infissi altri 322 lunghi metri 2.60, distribuiti uniformemente su tutta la superficie, di guisa che, per tutta l'estensione di questa, fosse accertata la quasi assoluta incompressibilità del fondo. Su questa fu gittata la platea in calcestruzzo dell'edificio..." F.MARTINI, *Progetti e lavori ... Parte seconda ...cit. p. 66.*

¹⁰ La denominazione corretta e completa dell'istituto è Soprintendenza per i beni architettonici, per il paesaggio e per il patrimonio storico, artistico ed etnoantropologico di Venezia e Laguna.

¹¹ Il progetto è curato da C. MENICHELLI e A. LIONELLO in collaborazione con l'Università IUAV di Venezia, con l'Università di Padova, con il Politecnico di Torino, con l'Istituto di Studi Militari Marittimi di Venezia e con il contributo della dott.ssa Alessandra Bovolenta, dell'arch. Alessio Presotto e dell'ing. Maria Elena Lisciotto.