

MINI CARRELLATA STORICA SULL'ARO

(Prima parte)

di Faustolo Rambelli

L'autorespiratore ad ossigeno (ARO) è quell'oggetto che quasi tutti i subacquei conoscono principalmente per tre ragioni. La prima perché reso famoso dall'utilizzo che ne fecero gli incursori della Marina Militare Italiana durante la II^a G.M. per le loro eroiche imprese; la seconda perché, nell'immediato dopoguerra, non essendo ancora disponibile su larga scala l'autorespiratore ad aria, fu l'apparecchio utilizzato dai sommozzatori della prima generazione, per le loro attività commerciali (l'esecuzione dei primi lavori subacquei in concorrenza al palombaro) o amatoriali (principalmente caccia subacquea) e, terzo, perché da alcuni anni a questa parte sono di moda i rebreather e l'ARO, appunto, è il primo rebreather della storia.

In letteratura la scoperta dell'elemento ossigeno (dal greco "oxis" + "genes" che significa generatore di acido) è sempre stata incertamente attribuita a tre grandi: il Lavoisier, il Priestley ed lo Scheele.

Ma è ormai certo ed assodato che è il farmacista, chimico Carl Wilhem Scheele (1742-1786), svedese ¹⁾ che tra le diverse scoperte nell'ambito dei gas da lui effettuate durante la sua vita, scopre l'elemento ossigeno tra il 1772 ed il 1773. Poi, esattamente nel 1774, anche il chimico inglese Joseph Priestley (1733-1804), indipendentemente da Scheele, arriva alla stessa scoperta.

Va invece al francese Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), morto ghigliottinato nel periodo del Terrore, l'indubbio merito di scoprire, qualche anno dopo, alcuni importanti fenomeni legati all'ossigeno. Scopre infatti: a) la funzione dell'ossigeno nella combustione; b) l'esatta composizione dell'acqua e dell'aria; c) che gli organismi assorbono l'ossigeno dall'aria che respirano emettendo anidride carbonica (CO₂), mentre l'azoto (N) rimane invariato; d) che il consumo di ossigeno aumenta con la digestione, col lavoro e quando diminuisce la temperatura esterna.

NOTE

1 - Scheele era cittadino svedese ma in realtà era nato nel nord della Germania che a quel tempo era parte della Svezia.

HISTORICAL MINI-ROUND UP OF "ARO" INFLUENCE ON DIVING IN ENGLAND

(Part I)

by Faustolo Rambelli

translation of Rosetta Vallucci & Barbara Camanzi

The oxygen rebreathing apparatus (ARO from the Italian AutoRespiratore a Ossigeno) is well known by almost all divers for the three following reasons. First, it became famous during World War II when it was used by the Italian Navy frog men, with their heroic ventures. Second, as in the immediate post 2nd World War, the scuba was not fully available, the ARO was used by all divers of the first generation, for commercial activities (the first underwater works carried out with the ARO, in competition with the "hard hat divers") or sporting (mainly spearfishing). Third, because since few years the rebreathers are fashionable and the ARO is indeed the first one in history.

In literature it was always uncertain to whom to confer the discovery of the oxygen (from the Greek "oxis" + "genes", that means acid producer), the three names usually quoted were Lavoisier, Priestley and Scheele. Today it is certain that is the Swedish chemical pharmacist Carl Wilhem Scheele (1742-1786) ¹⁾ that made the discovery of oxygen in 1772-1773, together with other important ones, always regarding gases. Only one year later, in 1774, the English chemist Joseph Priestley (1733-1804) made the same discovery, independently from Scheele. It is to Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), executed at the guillotine during the "period of terror", that goes the undoubted merit of discovering, few years later, some important phenomenon linked to oxygen. In fact he discovered: A) the role of oxygen in the combustion; B) the exact composition of air and water; C) that all

1 - Scheele held the Swedish citizenship, also if he was in reality born in north Germany, which was at that time part of Sweden.

A seguito di queste scoperte tantissimi ricercatori si dedicano allo studio dell'ossigeno e delle sue proprietà per le possibilità che queste avrebbero potuto riservare nel campo della fisica, della chimica e della medicina. Ed è in questo ultimo campo, tra l'altro, che molti fisici valutano la possibilità di curare con l'ossigeno alcune malattie introducendo così l'ossigenoterapia (normobarica, logicamente), come si usa tuttora. In quel periodo inoltre si progettano e si costruiscono i primi sommergibili, con gli infiniti problemi ad essi connessi. Uno dei principali è naturalmente quello di fornire aria fresca per l'equipaggio, eliminando quella viziata, la cui unica soluzione in quel periodo è costituita da due tubi con mantici, che collegano lo scafo alla superficie (mandata e scarico). La soluzione che si persegue, dopo le scoperte di Lavoisier, è logicamente quella chimica: individuare un sistema sicuro ed efficace per eliminare l'anidride carbonica prodotta dall'equipaggio e rifornire d'ossigeno l'ambiente. Problemi ai quali si trovano valide soluzioni tant'è che verso il 1810 nel sommergibile francese "Nautile Ipotalatique" i tubi di aerazione, per la prima volta nella storia, vengono abbandonati.

Ritornando al campo dell'immersione arriviamo ad una data importante. E' infatti il 18 giugno 1808 che Pierre-Marie Toubolic, francese, brevetta la sua "macchina per immersione" battezzata "Ichtyosandre" (uomo-pesce) (fig.1) uno scafandro ad ossigeno ²⁾ che, al momento delle nostre attuali conoscenze risulta essere il primo tentativo in assoluto di utilizzare questo gas per l'immersione libera. Alla base di questa invenzione c'è quanto Toubolic stesso scrive: "*..Ho creduto che fornendo in uno spazio dove l'ossigeno sarebbe stato consumato una nuova dose di gas ossigeno, ristabilirei il fenomeno come esisteva in natura precedentemente. Io mi sono reso fornitore del gas necessario al rimpiazzo di quello consumato ...*".

Toubolic non ha comunque previsto nessun sistema di assorbimento dell'anidride carbonica per cui ogni tanto ci si limita a sollevare la "... macchina d'immersione ..." fuori dall'acqua, si

the living organisms absorb oxygen from the air when they breathe, releasing carbon dioxide Co₂, while the nitrogen amount stays unchanged; D) that the consume of oxygen rises with digestion, with work and when the external temperature drops. Following these discoveries, countless researchers devoted themselves to the study of oxygen and its properties, to investigate its usefulness in the fields of chemistry, physics and medicine. In the last sector, thus, many physicists took into consideration the possibility of treating some diseases with oxygen, introducing the "oxygen therapy" (normobaric, logically), still in use today.

Furthermore of that period are the project and realisation of the first submarines, along with the never-ending problems connected. One of the most important was to supply fresh air to the crew and to eliminate the exhaled one. The only solution available at that time was to connect the tower to the surface with two pipes provided with bellows (one for the charge and the other for the discharge). The solution undertaken after the Lavoisier discovery was obviously the chemical one: to identify a safe and efficient system, capable of eliminating the carbon dioxide and of supplying oxygen. These problems were solved and in fact around 1810 in the submarine "Nautile Ipotalatique", the aeration pipes are eliminated for the first time in history.

Speaking about diving once again, we reach a very important date. It is in fact on the 18th of June 1808 that the French Pierre Marie Toubolic, patented his "diving machine", named "Ichtyosandre" (fish man) (fig.1), that, to nowadays knowledge, was an oxygen diving suit, capable, for the very first time, of using this gas for free diving ²⁾. Toubolic wrote: "*I believed that by supplying a new dose of oxygen in a space where it would had been consumed, I could restore the phenomenon as it was previously. I was just the supplier of the necessary gas, able to replace the used up.*" On the other end, Toubolic did not provide any system for the

2 – La scoperta dell'esistenza di questo primo ARO e del suo brevetto la si deve al ricercatore francese Daniel David, noto ai nostri lettori per i suoi articoli apparsi più volte su questa rivista. La sua relazione su l'Ichtyosandre è stata pubblicata, per la prima volta in Italia, su HDS NOTIZIE n° 18 del gennaio 2001.

2 - The discovery of the existence of the 1st ARO is due to the French researcher Daniel David, known to our readers for many articles already published in this magazine. His work on the Ichtyosandre was published for the first time in Italy on HDS NOTIZIE n.18 on January 2001.

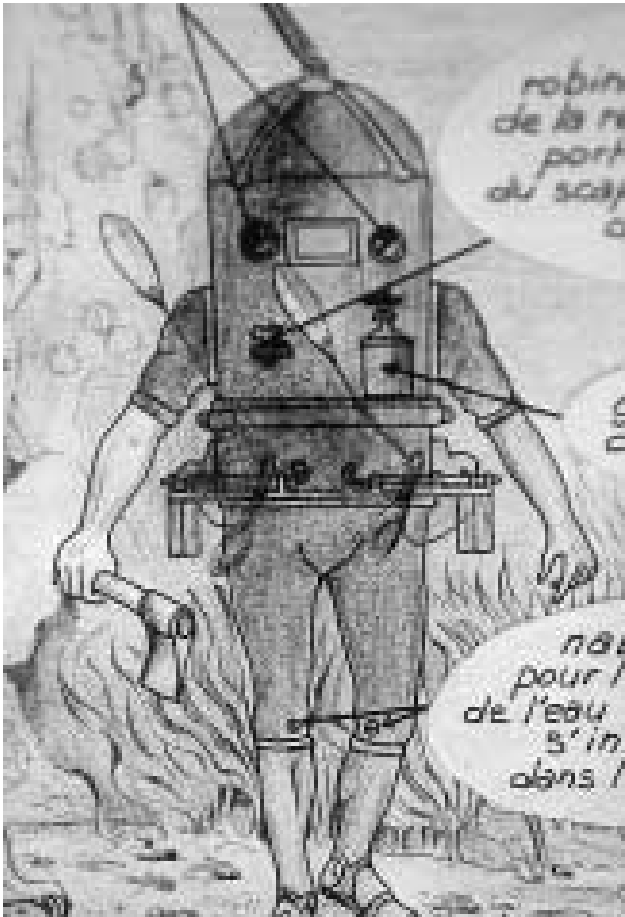


Fig.1 – Il primo autorespiratore ad ossigeno che si conosca: l'“Ichtyosandre” (uomo-pesce) di Pierre-Marie Touboulic del 1808, ricostruito dal ricercatore Daniel David sulla base dei disegni allegati al brevetto dell'apparecchio. Questo ARO non possedeva però nessun marchingegno per l'eliminazione della CO₂, cosa che fu introdotta da De Saint-Simon-Siccard col suo ARO del 1849 (da HDS NOTIZIE n° 18, gennaio 2001)

Fig. 1 - The “Ichtyosandre” (fish-man), is the 1st known oxygen rebreather, built by Pierre Marie Touboulic in 1808, rebuilt by Daniel David on the basis of drawings enclosed in the patent. This ARO did not have any device for eliminating the CO₂, which was instead introduced by De Saint-Simon Siccard in his ARO in 1849 (from HDS NOTIZIE n.18, January 2001).

svitano i due tappi a vite che si trovano a fianco dell'oblò e si ventila l'interno a mezzo di un mantice. Pratica questa del tutto simile a quella della botte/scafandro del palombaro inglese John Lethbridge del 1715.

Non si sa con esattezza se questo Hychtiosandre sia poi diventato operativo. Touboulic riferisce solo: “...l'ho fatto costruire in cuoio ... su questi dati verificati da un gran numero di esperienze ...” Dopo l'esperienza di Touboulic del 1808 occorre aspettare prima il 1842 quando un altro francese, Sandala, ipotizza un sistema di respirazione dove l'aria respirata dal palombaro viene integrata con O₂ e la CO₂ assorbita da reagenti chimici, ma non esistono prove che tale apparecchio sia stato realizzato, e poi la grande data, il 1849, anno in cui De Saint-Simon Sicard, anch'egli francese,

absorption of the carbon dioxide. So that the operation was limited to raise the “diving machine” out of the water, unscrewing the 2 screw plugs placed in the flank of the porthole and ventilating the interior through a bellows. The English diver John Lethbridge with his “barrel-dive suit” performed a similar practice in 1715. It is unknown if this Hychtiosandre became later operational. Touboulic only says: “ I wanted it made of leather.. upon data checked in a great number of experiences..”.

After the Toubolic experience in 1808, we have to wait for other two important events: in 1842 another French, Sandala, designs a new breathing system where the air breathed by the diver is integrated with O₂ and CO₂ absorbed by chemical agents. There is no evidence of the realisation of this apparatus. Then, the important date, 1849, year in which the French De Saint-Simon Siccard patented, built and made operational the first real ARO. This is an autonomous breathing system, with an oxygen tank and a canister with chemical reagents, able to absorb the carbon dioxide produced.

This apparatus was named “Submarine Rescue Apparatus”. It was positioned on the diver back and it consisted of 2 oxygen cylinders situated on the flanks of a special container, filled with chemical agents for the absorption of carbon dioxide; the diver helmet was part of the apparatus. This apparatus was modified later on. The helmet was detached from the ARO and located in the back, connected to the helmet by 2 hoses. These extensible hoses reach the inner side of the helmet forming two copper pipes that are alternatively used by the diver to inhale and exhale. The opening and closing of the tanks was controlled by a valve located on the shoulder. As reported by the magazine “L'Illustration-Journal Universel” of the 30th of April 1853, on the 10th the same month, the diver Grandchamp performed with this apparatus a practice demonstration in the Seine river, in the presence of a French Navy Committee and hundreds of onlookers, remaining in the water for one and half hour (fig. 2) ³⁾.

But, as always happened until the discovery of the fins, Siccard ARO disappeared, together with

3 - Daniel David was the discoverer of this apparatus. David report was published in HDS NOTIZIE n.13, on October 1999.

brevetta, costruisce e rende operativo il primo vero ARO, inteso come quel sistema di respirazione autonomo con bombola di ossigeno e contenitore con i reagenti chimici in grado di assorbire l'anidride carbonica prodotta.

Questo apparecchio si chiama "Apparecchio di salvataggio sottomarino". E' posto sulla schiena del palombaro ed è formato da due bombole per l'ossigeno poste ai lati di un contenitore contenente i reagenti chimici per assorbire l'anidride carbonica ed è un tutt'uno con l'elmo da palombaro.

L' "Apparecchio di salvataggio sottomarino" viene poi modificato. L'elmo è staccato dall'ARO e posto sulla schiena a cui è collegato con due tubi flessibili. Questi tubi si prolungano all'interno dell'elmo in due tubi di piombo usati alternativamente dal palombaro per inspirare ed espirare. L'apertura e la chiusura delle bombole avveniva tramite una valvola posta sulla spalla.

Come riportato in un lungo servizio de "L'illustration-Journal Universel" del 30 aprile 1853, il 10 dello stesso mese, con questo apparecchio, il palombaro Grandchamp fa una dimostrazione pratica nella Senna, davanti ad una commissione della Marina Francese e centinaia di curiosi, restando immerso per un'ora e mezza (fig.2) ³⁾.

Ma come sempre è successo fino a quando non sono state inventate le pinne, anche l'ARO di Sicard, come tutti i seguenti pur validi sistemi di respirazione autonoma inventati, sia ad O₂ sia ad aria, per lavorare sott'acqua, scomparve nel nulla. Il motivo è semplicemente da ricercarsi nel fatto che allora sott'acqua ci si andava solo per lavoro e questi apparecchi, oltre alla loro autonomia, tra l'altro molto scarsa, non avevano nessun altro vantaggio pratico rispetto allo scafandro da palombaro rifornito in continuo di aria fresca dalla superficie, che aveva autonomia illimitata e quindi molto più adatto allo scopo dell'immersione.

Dobbiamo quindi prendere atto che sono le pinne la vera, unica, grande invenzione del XX° secolo nel mondo della subacquea, e non l'auto-respiratore. Sono loro che hanno permesso all'uomo di muoversi sott'acqua nelle tre dimensioni. Senza di esse ancor oggi, pur con le nostre



Fig.2 – L' "Apparecchio di salvataggio sottomarino" del 1853 di M. de Saint Simon Siccard, il primo ARO perfettamente funzionante (da L'illustration-Journal Universel del 30 aprile 1853).

Fig.2 - The "Submarine rescue apparatus" of 1853 of M. De Saint Simon Siccard, the 1st ARO perfectly operating (from "L'illustration-Journal Universel" of the 30th of April 1853).

the following self-breathing systems created for underwater work, independently if they were based on O₂ or air. The motivation is simply the fact that at that time, the only purpose of diving was for jobs and these types of apparatus did not have any practical benefit, except their autonomy moreover scarce. In comparison, the standard diving suit, continuously supplied from the surface with fresh air, with no time limits, was more suitable for such type of diving.

We must then admit that, speaking about the underwater world, the fins are the real, unique and great discovery of the 20th century, and not the scuba. It is thanks to the fins that the diver is able to move in three dimensions. Without them, even with the today most sophisticated equipment, or autonomous or supplied from the surface, we could only walk the sea bed like the hard hat diver with his dress two hundred years old, or like Francesco De Marchi and Gulielmo Da Lorena that, with the helmet invented by the last of the two, in 1535 were exploring the 1st of the

3 - Anche la scoperta di questo apparecchio la dobbiamo a Daniel David e la sua relazione è apparsa su HDS NOTIZIE n°13 di ottobre 1999.

sofisticatissime attrezzature, autonome od alimentate dalla superficie, saremmo infatti costretti a camminare sul fondale come il palombaro con lo scafandro di duecento anni fa o come Francesco De Marchi e Guliemo da Lorena che, con l'elmo aperto inventato da quest'ultimo, nel 1535 esploravano la prima delle due Navi Romane sul fondale del Lago di Nemi.

Un altro anno importantissimo per l'argomento trattato è il 1878 anno in cui il fisiologo Paul Bert (1833-1886), fu anche ministro della pubblica istruzione francese, scopre la tossicità dell'ossigeno respirato sotto pressione ed Henry Fleuss, in associazione con la Siebe, Gorman & Co., inventa, o meglio reinventa, l'ARO per ambienti tossici e lavori subacquei.

Il primo apparecchio è realizzato modificando uno scafandro da palombaro con l'elmo a doppia parete che costituisce il serbatoio dell'ossigeno,

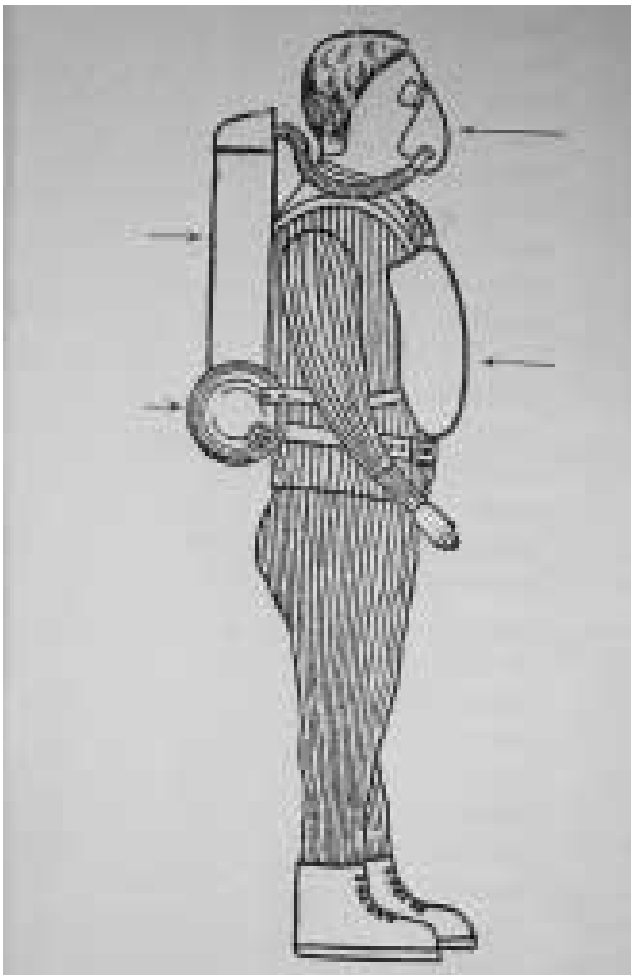


Fig.3 – Il terzo ARO realizzato da Henry Fleuss, in associazione con la Siebe, Gorman & Co. (si tratta di una modificazione del secondo mentre il primo era uno scafandro da palombaro modificato). (da "Deep Diving and Submarine Operations – 1935)

Fig.3 - The third ARO realised by Henry Fleuss, in association with Siebe, Gorman & Co. (it is a modification of the second one, the first one was a modified standard dress). (From "Deep Diving and Submarine Operations" - 1935).

2 Roman ships at the bottom of the Lago di Nemi.

Another important year is 1878, when the physiologist Paul Bert (1833-1886), former minister of the French Public Education, discovers the toxicity of the oxygen

breathed under pressure. In the same year Henry Fleuss, in association with the society "Siebe Gorman & Co", invented, or better, reinvented the "ARO" for toxic habitats and underwater jobs.

The first apparatus is realised by modifying a standard diving suit with double walled helmet acting as oxygen tank, while 2 other tanks stuffed with sponges soaked in a caustic soda solution are positioned on the breast and in the back of the diver.

Fleuss focused then his attention on toxic habitats and mine works and therefore invented a second breathing apparatus. Its structure is a copper tank for the O₂, filled with 30 atmospheres, located in horizontal position on the back; over the tank is positioned the lung sack and a CO₂ scrubber canister, connected through 2 corrugates to the mask that was covering the entire face.

The third apparatus is a modification of the second one. Fleuss moves the lung sack on the front position of the operator (fig.3), replaces the full-face mask with simple glasses and provides the 2 corrugates with a mouthpiece equipped with a valve and the operator with a nose clip.

The fourth apparatus is for diving. Fleuss puts the oxygen tank along with the canister on the back of a standard diving dress with standard helmet. The apparatus does not have the lung sack because the same flexible dress takes its place. In the following years many underwater works are performed with this new ARO, but later on, the interest in this ARO drops, together with the research.

It is in 1902 that the society "Siebe Gorman & Co." brushes up the project. Fleuss is called to collaborate and also thanks to the incredible intuitions of Robert Henry Davis (note 4), the

4 - Sir Robert Henry Davis (1870-1965) begins his collaboration with Siebe, Gorman & Co. as shop-boy at the age of 12. Later in 1894, at the age of 24, he became the manager and in 1924 the major shareholder. It is thanks to his skills and intuition that the firm obtained the greatest success. He retires only when reaches the age of 94, after 82 years of uninterrupted work.

mentre sul petto e sulla schiena sono sistemati due serbatoi pieni di spugne imbevute di una soluzione di soda caustica.

L'attenzione di Fleuss è poi attratta dai lavori in miniera ed in ambienti tossici per cui inventa un secondo apparecchio di respirazione. Questo consiste in un insieme, formato da una bombola di rame per O₂ caricata a 30 atm, posta sulla schiena in orizzontale e sopra di questa sono posti il sacco polmone ed il contenitore per l'assorbente della CO₂ collegati, tramite due corrugati, alla maschera che copre l'intero volto.

Il terzo apparecchio è una modifica del secondo. Fleuss sposta il sacco polmone sul davanti dell'operatore (fig.3), sostituisce poi la maschera granfacciale con semplici occhiali, dota i corrugati di un boccaglio con rubinetto, e l'operatore di uno stringinaso.

Il quarto apparecchio è per immersione. Fleuss applica la bombola per l'ossigeno ed il filtro alla schiena di un normale scafandro da palombaro con elmo standard. Il tutto è privo del sacco polmone in quanto lo stesso vestito flessibile ne fa le veci.

Con questo nuovo ARO negli anni seguenti si eseguono diversi lavori ma poi l'interesse per questo apparecchio diminuisce così come la ricerca su di esso.

Nel 1902 però la Siebe, Gorman & Co. rispolvera il progetto. Chiama Fleuss a collaborare e l'ARO, grazie anche alle formidabili intuizioni di Robert Henry Davis ⁴⁾ è notevolmente migliorato tant'è che i due nuovi modelli per lavori in ambienti tossici o miniere, il "Proto" ed il "Salvus" del 1906 (fig.4) sono adottati dalle forze armate di UK, USA e dei loro Alleati.

Durante e subito dopo la 1^a G.M. l'uso dell'ARO, di cui si è ormai individuato l'esatto schema funzionale, comincia a diffondersi, sia per i lavori in ambienti tossici e sia per i lavori subacquei applicato allo scafandro da palombaro. La Siebe Gorman, dal 1906, e la Dräger, qualche anno dopo, costruiscono diversi modelli di ARO applicati a scafandri, taluni anche con

4 – Sir Robert Henry Davis (1870-1965) all'età di 12 anni comincia a lavorare con la Siebe, Gorman & Co. come ragazzo di bottega. Ne divenne direttore generale nel 1894 a soli 24 anni e nel 1924 il maggior azionista. E' stato il principale artefice, per le sue particolari intuizioni e doti, del successo della ditta. Si ritira dalla ditta e dal lavoro solo nel 1964, all'età di 94 anni e dopo 82 anni di ininterrotto servizio.



Fig.4 – Il "Salvus" realizzato dalla Siebe, Gorman & Co. assieme al "Proto" nei primi anni del 1900 ed adottati dalle forze armate di UK, USA e dai loro alleati per operazioni in ambienti tossici. (da "Deep Diving and Submarine Operations" - 1935)

Fig.4 - The "Salvus", realised by Siebe, Gorman & Co. along with the "Proto" in the 1st part of 1900, adopted by the UK, the US Navy and their allies for operations in toxic ambient (From "Deep Diving and Submarine Operations" - 1935).

ARO is improved so much that the 2 models "Proto" and "Salvus" of 1906 (fig.4), for works in mines and in toxic habitats, are used by the Army of USA, UK and their allies.

Once discovered the functional scheme of ARO where it is simply attached to the standard diving suit, its use begins to spread out, during and immediately after the 1st World War, both for works in toxic habitats and for underwater operations. The Siebe Gorman since 1906 and the Draeger few years later build different models of ARO to be attached to the hard diving suits. Some of them are equipped with 2 tanks, one filled with oxygen and the other with air, allowing the diver, by mixing the content of the two gases

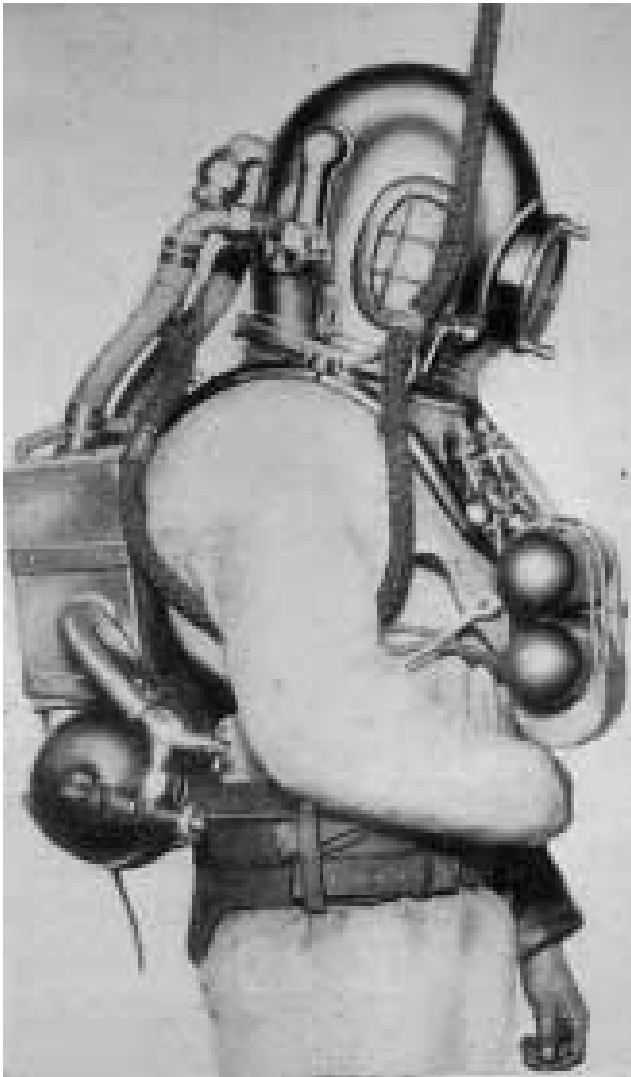


Fig.5 – L'ARO applicato allo scafandro da palombaro. Questo modello realizzato dalla Siebe, Gorman & Co. ai primi del 1900 è simile ad analoghi prodotti della Draeger tedesca. Lo scafandro è equipaggiato con bombole d'aria e d'ossigeno, con il contenitore dell'assorbente della CO₂, ma privo di sacco polmone in quanto è lo scafandro stesso che assolve a questa funzione. Miscelando aria ed O₂ il palombaro può immergersi fino a 45 m per diversi minuti. Vera e propria immersione NITROX di cent'anni fa (da "Deep Diving and Submarine Operations – 1935")

Fig.5 - The ARO attached to the hard diving suit. This model, realised by Siebe, Gorman & Co. in the 1st part of 1900, is similar to the one built by the German "Draeger". The hard suit is equipped with tanks for air and oxygen, along with the canister of absorbent for CO₂, but it does not have a lung sack, as the suit performs the same function. Mixing the air with CO₂ the hard diver could dive down to 45 metres for several minutes. A real nitrox dive dated back one hundred years. (From "Deep Diving and Submarine Operations" - 1935).

due bombole, una d'ossigeno ed una d'aria, con cui il palombaro, miscelando i contenuti, poteva effettuare immersioni fino a 40-45 m. (fig.5). Vere e proprie immersioni con nitrox di cent'anni fa. Resta però il fatto che l'autonomia dell'ARO applicato allo scafandro flessibile da palombaro è solo un'illusione. Infatti il palombaro, per motivi di sicurezza, è sempre e comunque vincolato alla superficie dalla braga e talvolta anche

(fig.5), to reach depths of 40-45 meters. The true first dives with nitrox dated back one hundred years. But the autonomy of an ARO applied to the flexible dive suit of the hard diver is just an illusion. In fact the diver, for safety reasons, is always bound to the surface by the safe drawer and sometime by the phone wire. Therefore this system was slowly abandoned ⁵⁾.

During the years 1920 and 1930 the ARO system is used to realise armoured diving suit inside which, as we know, the diver breathes at atmospheric pressure. The system to supply fresh air to the diver through two classic hoses (charge and discharge), that was adopted since the first model, the Hoppenstedt suit of 1717 (see HDS News N.22 - febr.2002), is now abandoned. In 1923 the German firm Nufeldt et Kuhnke builds the first articulated, equipped with external oxygen tanks and provided inside with manometers, pressure gauge, thermometer, depth gauge, nose piece mask or mouth piece and CO₂ scrubber canister. In Italy, the two firms Gabanna from Torino and Galeazzi from La Spezia produce the articulated with such autonomous breathing system (see HDS News N.14 of Jan.2000). The Italian Navy adopted the model of the second firm until few years ago ⁶⁾.

Meanwhile, the firm Siebe Gorman realises, starting before WW1 (1911), particular models to be used in case of an emergency escape from a submarine. The "Submarine Escape Apparatus" of Davis, is the real first ARO, as we nowadays conceive it. Thanks to the never-ending research, the apparatus has improved and some of them are now equipped with overpressure valve in the lung sack while others have an extensible length of canvas in order to slow down the speed during an emergency (fig.6). Even more, the ARO produced by realises are the only

5 – As the use of the standard suit for underwater works, along with that of the security sling, disappeared, many jobs were performed in a sort of free dive and without any contact with the surface, until not long ago. Today, in respect of the safety regulations and ordinances of harbour offices, commercial divers (now called in Italy: OTS from the Italian Operatore Tecnico Subaqueo - underwater technical operators) must wear full-face masks or integral helmets and umbilical, even for operation in shallow water. Exactly like the old hard hat diver.

6 - One "articulated armoured dress" Galeazzi, is on display at the National Museum of Underwater Activities in Marina di Ravenna (Ravenna) www.hdsitalia.com.

dal cavo del telefono, per cui questo sistema è pian piano abbandonato ⁵⁾.

Negli anni 1920-30 il sistema ARO è adottato anche nella costruzione degli scafandri rigidi articolati al cui interno, come sappiamo, il palombaro respira a pressione atmosferica. Viene abbandonato il sistema di fornire aria fresca al palombaro tramite i classici due tubi (mandata-scarico) in auge fin dal loro primo modello: lo scafandro di Hoppenstedt del 1717 (vedi HDS NOTIZIE n° 22 feb. 2002). Nel 1923 la ditta tedesca Nufeldt et Kuhnke costruisce il primo articolato con le bombole d'ossigeno applicate esternamente e dotato all'interno di manometri, di regolatore di pressione, di termometro, di profonditàmetro, di maschera oronasale o boccaglio e del contenitore per l'assorbente della CO₂. In Italia gli articolati con tale sistema di respirazione autonoma sono realizzati dalla ditta Gabanna di Torino (vedi HDS NOTIZIE n° 14 del gennaio 2000) e dalla ditta Galeazzi della Spezia adottati, questi ultimi, dalla Marina Militare Italiana e rimasti in servizio fino a pochi anni fa ⁶⁾.

La Siebe Gorman intanto costruisce già da prima della 1^a G.M. (1911) particolari modelli di apparecchi per l'uscita in emergenza dai sommergibili, il "Davis Submarine Escape apparatus", il primo vero ARO così come noi ora lo concepiamo. La continua ricerca porta sempre a nuove migliorie ed è così che alcuni modelli di apparecchi Davis vengono dotati di valvola di sovrappressione nel sacco polmone ed altri anche di un telo estensibile per rallentare la velocità di risalita in emergenza (fig.6).

Ma non solo gli ARO della Siebe Gorman sono in quel periodo disponibili sul mercato.

La Draeger nel 1912 costruisce il suo primo esemplare di ARO, il "Gegenlunge" ("Contropolmone", così chiamato perché l'ossigeno passa avanti/indietro dai polmoni del sommozzatore al sacco dell'autorespiratore) per l'uscita

5 – Con la scomparsa, avvenuta pochi decenni fa, dell'uso dello scafandro per eseguire lavori subacquei era scomparso anche l'uso della braga di sicurezza. Per cui tanti lavori subacquei sono stati eseguiti da sommozzatori in immersione libera (cioè non in collegamento con la superficie) come purtroppo talvolta si fa tuttora. Ora, nel rispetto delle normative di sicurezza e di quanto stabilito dalle ordinanze di alcune Capitanerie di Porto, per eseguire lavori subacquei, anche di basso fondale, il sommozzatore (l'OTS - Operatore Tecnico Subacqueo) deve usare maschera granfacciale, od elmo integrale, ed ombelicale. Esattamente come il vecchio palombaro.

6 – Uno "scafandro rigido articolato" Galeazzi, è esposto presso il Museo Nazionale delle Attività Subacquee di Marina di Ravenna (RA).



Fig.6 – Il "Davis submarine escape apparatus" (apparecchio Davis di sfuggita dai sommergibili) che fu adottato anche dalla Marina Italiana per i propri sommergibili. Questo ARO possedeva una valvola di sovrappressione nel sacco ed un telo estensibile per rallentare la velocità della risalita in emergenza. (da "Deep Diving and Submarine Operations – 1935)

Fig.6 - The "Davis Submarine Escape Apparatus", that was used even by the Italian Navy on their submarines. This ARO was equipped with an overpressure valve in the sack and an extensible tissue in order to slow down the speed during ascent in an emergency (From "Deep Diving and Submarine Operations" - 1935):

one available on the market. The firm Draeger in 1912 builds his first model, the "Gegenlunge" (the counter lung, so called because the oxygen transits ahead and back from the diver lungs to the rebreather sack) for the emergency escape from U-boats, modified to give many different models during the following years. With no doubt, in our opinion the most famous of these ARO is the "Tauchretter" model, patented by Draeger in June 1942. The legendary Hans Hass used it from that year onward and his team during expedition dives for underwater filming and it was often appearing in his films and books.

Until the 2nd World War, the reason for impro-

in emergenza dagli U-Boat, che negli anni seguenti viene via via modificato in diversi altri modelli. Per noi il più famoso e conosciuto di questi ARO è logicamente il modello "Tauchretter" brevettato dalla Dräger nel giugno del 1942 in quanto, a cominciare dallo stesso anno, è quello usato dal leggendario Hans Hass durante le sue numerosissime spedizioni, e che spesso appare nelle immagini dei suoi libri e film.

Fino alla II[^]G.M. il motivo per cui si è sempre cercato di migliorare l'ARO è sempre stato il salvataggio in emergenza degli equipaggi dei sommergibili. Ancora in data 17 febbraio 1932, R.H. Davis in una delle sue tante domande per brevettare in Italia uno dei suoi ARO scrive:

"... la presente invenzione riguarda perfezionamenti negli apparecchi o relativi apparecchi di salvataggio da sottomarini, cioè a dire apparecchi da venir indossati da una persona che fugga attraverso l'acqua da una posizione di immersione in questa, e permettenti di respirare mentre essa si porta verso la superficie ed aiutarla pure a mantenerla galleggiante dopo che ha raggiunto la superficie..." è evidente quindi che Davis stesso e nessun altro fino a quel momento aveva preso in considerazione la possibilità di utilizzare sott'acqua questi pratici e leggeri apparecchi per altri usi.

Anche negli USA la storia degli ARO è legata all'uscita in emergenza dai sommergibili. Uno dei primissimi apparecchi, è il "Momsen lung" ("Polmone Momsen"), inventato da Charles Bowers Momsen, ufficiale della US Navy che divenne poi famoso nel 1939 quando, con la torretta sommergibile da lui inventata, fu tratto in salvo l'equipaggio del sommergibile Squalus affondato in 73 metri di fondale. Il "Momsen" fu collaudato nel 1928 ed adottato dalla U.S.Navy nel 1929 con una prima fornitura di 700 esemplari. Questo semi-ARO d'emergenza (fig.7) era composto da un sacco polmone, con valvola di sovrappressione, posto sul davanti dell'operatore, con all'interno il contenitore dell'assorbente per la CO₂ e due corrugati collegati al boccaglio per la respirazione ciclica. La sua caratteristica principale era la mancanza della bombola. Prima dell'uscita dal sommergibile, il sacco polmone veniva riempito di ossigeno travasandolo direttamente dalle bombole di scorta del sommergibile, quantità più che sufficiente per una risalita in emergenza.

ving the ARO was the recovering of the submarine crews during an emergency. R.H. Davis, on the 17th of Feb. 1932, questioning and thinking about the patenting of one of his ARO in Italy wrote: " *This invention regards improvements in apparatus or relative apparatus for recovering from a submarine, which means apparatus that can be worn by a person escaping through the water, from a diving position and allowing to breath during ascent to the surface, as well as helping on keeping the floating once reached the surface*". It is so clear that Davis alone and nobody else up to that moment took into consideration the possibility of using under water this light, practical apparatus designed for other purposes.



Fig.7 – L'Aro "Momsen" adottato nel 1929 dalla U.S. NAVY per l'uscita in emergenza dai suoi sommergibili. Era privo di bombola. Prima dell'uscita il sacco veniva riempito di ossigeno travasandolo direttamente dalle bombole di scorta del sommergibile. (da un ritaglio di giornale di cui non si conosce la provenienza)

Fig.7 - The ARO "Momsen", adopted in 1929 by the US Navy for the emergency escape from their submarines. Without tank. Prior the escape, the sack was filled with oxygen poured off directly from the submarine stock bottles (from a page of a newspaper without name and date).



Fig. 8 – L'ARO "modello 49" della ditta I.A.C. una consociata della Pirelli, che nel 1935 si aggiudicò la prima fornitura di ARO alla Marina Militare Italiana per gli incursori piloti dei Siluri a Lenta Corsa (SLC) meglio conosciuti come "maiali" (da "I mezzi d'assalto" – 1992).

Fig. 8 - The ARO "Model 49" of I.A.C., an associated of Pirelli, that in 1935 was awarded a contract for supplying the first ARO to the Italian Marine Navy, for the raiders of the Slow Course Torpedo, best known as "maiale" (pig) (From "I mezzi d'assalto" - 1992).

Ma la Marina Militare Italiana, come quella Inglese, Francese e di tante altre nazioni, quale dotazione per gli equipaggi dei sommergibili adotta il "Davis Submarine Escape Apparatus" della Siebe, Gormann & Co.. Ed è, molto probabilmente, a seguito della disponibilità di questo apparecchio e delle forti tensioni che si stavano allora creando in Mediterraneo tra l'Italia e l'Inghilterra che Teseo Tesei e Elios Toschi, riprendendo il progetto della "Mignatta" (Rossetti e Paolucci nel 1918 affondarono la *Viribus Unitis* nel porto di Pola operando a cavalcioni del siluro "Mignatta" con la testa fuori dall'acqua in quanto senza autorespiratori) maturarono l'idea del Siluro a Lenta Corsa (SLC) universalmente conosciuto come "maiale", condotto in immersione da sommozzatori dotati di ARO a lunga autonomia.

La costruzione dei "maiali" inizia nelle Officine S. Bartolomeo della Spezia nel 1935 e parallelamente "...in seguito a diversi incidenti avvenuti durante l'uso dell'autorespiratore da immersione Davis, in dotazione allora sui sommergibili..." (I mezzi d'assalto – pag. 11) la Marina isti-

In the USA too, the ARO history is linked to the emergency escape from. One of the first apparatus is the "Momsen Lung", invented by Charles Bowers Momsen, US Navy Officer. He became famous in 1939 when, using his submersible tower, it was possible to rescue the crew of the *Squalus* Submarine, sunk at a depth of 73 metres. The *Momsen Lung* was tested in 1928 and adopted by the U.S. Navy in 1929, with a first supply of 700 units. This emergency "semi-ARO" (fig.7) consisted in one lung sack, along with an overpressure valve located in front of the operator. Inside it the CO2 scrubber canister, along with 2 corrugates, linked to the mouthpiece for cycling breathing. The main characteristic was the absence of the tank. Just before the escape from the submarine, the lung sack was filled with oxygen, transferred directly from



Fig.9 – Un incursore della MMI, pilota di "maiale" con un ARO Pirelli a grande autonomia, dotato di due bombole d'ossigeno (Museo Nazionale delle Attività Subacquee).

Fig.9 – A raider of the Italian Marine Navy, pilot of "maiale", with one ARO with great autonomy produced by Pirelli and supplied with 2 oxygen tanks (National Museum of Underwater Activities).

tuisce una speciale Commissione con l'incarico di studiare le nuove caratteristiche tecniche che dovrà avere l'ARO per i piloti dei "maiali" ed indice una gara d'appalto tra ditte italiane per la sua fornitura. La gara è vinta dalla ditta "I.A.C.", una consociata della Pirelli che già costruisce attrezzature da palombaro, che nel 1935 fornisce alla Marina un primo quantitativo di ARO "modello 49" (fig.8) con cui gli incursori cominciano gli allenamenti. L'uso del "modello 49" evidenzia la necessità di ulteriori miglioramenti che portano alla costruzione del "modello 49/bis" che diventa l'ARO di base degli incursori. Durante la II[^]GM vengono poi prodotti diversi altri modelli di ARO, sia dalla Pirelli stessa (fig.9) sia dalla SALVAS (fig.10).

A questo punto, dopo che anche gli inglesi nel 1942 riescono a costruirsi il loro primo "maiale", che chiamano "charriot", seguiti da tedeschi, americani e giapponesi, l'ARO diviene di uso corrente ed ogni nazione sviluppa i suoi modelli. Solo la Francia, stranamente, fa eccezione, tant'è che ancora negli anni 1950 i suoi "nageurs de combat" utilizzano ARO italiani (il Pirelli) oppure inglesi (il Davis o il Dunlop).

(continua)



Fig.10 – Un ARO della SALVAS indossato da un manichino incursore della MMI completo di maschera granfacciale (Museo Nazionale delle Attività Subacquee).

Fig.10 - One ARO produced by SALVAS, worn by one dummy raider of the Italian Marine Navy, completed with full-face mask (National Museum of Underwater Activities).

the submarine emergency tanks, in a quantity that was more than enough for the emergency ascent.

Despite this, the "Davis Submarine Apparatus" of Siebe Gorman is the one adopted by the Italian Navy, U.K., France and many other nations, as outfit for submarine crews. The availability of the apparatus and the strong tensions raising in the Mediterranean sea between Italy and England were probably the reason why Teseo Tesei and Elios Toschi developed the idea of the SLC (from the Italian Siluro a Lenta Corsa), "slow run torpedo". They re-elaborated the "Mignatta project": Rossetti and Paolucci, in 1918, sunk the "Viribus Unitis" in the Pola harbour, riding the torpedo "Mignatta", with their heads out of the water, being without rebreather. Divers equipped with long autonomy ARO leaded this SLC apparatus, best known as "maiale" (pig), underwater.

The construction of the "pigs" starts in 1935, in "Officine San Bartolomeo" at La Spezia and "... following several accidents occurred during the use of the Davis rebreather, used at that time on submarines..." (I mezzi d'assalto - pag.11) the Navy establishes a special Committee, with the purpose of studying the technical characteristics that the ARO to be used by the "pig" pilots must have. Meanwhile there is a call for tenders among the Italian firms, in order to choose the official supplier. I.A.C., a firm associated with Pirelli, is the winner. I.A.C, already producer of standard diver equipment, in 1935 supplies the Navy with the first batch of ARO, mod. 49 (fig.8), with which the raiders start training. The use of mod. 49 points out the need of further improvements, leading to the realisation of the mod. 49 bis, which became the official ARO of the raiders. During the 2nd World War further models were produced, by Pirelli itself, (fig.9) and by Salvas (fig.10).

In 1942 England too realises its first "Pig", called "Chariot", followed by the Germans, Americans and Japanese; ARO become of common use and each nation develops its own model. The only exception being France, where the "nageurs de combat" use since the early 50's, the Italian ARO (produced by Pirelli), or the English one (models Davis or Dunlop).