Sistema di galleggiamento con tubi in polietilene estrusi, nervati, rinforzati e riempiti di polistirolo.

Sistema di galleggiamento con tubi in polietilene estrusi, nervati, rinforzati e riempiti di polistirolo.

Brevetto italiano N. 102016000058416 del 07/06/2016

Riassunto

Il grave ritardo nello sviluppo dello sfruttamento delle risorse marine e nella protezione globale dell'ambiente è dovuto a molti fattori, tra i quali anche l'assenza di sistemi economici e inaffondabili di galleggiamento. Tuttavia, tali sistemi non potevano essere studiati nel dettaglio senza intravedere soluzioni tecniche che possano portare alla colonizzazione in massa delle piane oceaniche. Infatti, attualmente, non ha senso questa colonizzazione, essendo le piane oceaniche inospitali per la vita umana, sia perché la dissalazione dell'acqua non è sostenibile, sia perché anche dal punto di vista alimentare, le piane oceaniche non sono produttive. La produzione di pesce si concentra nelle zone vicine alle coste, dove i venti e le correnti marine consentono la produzione di fito plancton e zoo plancton, e quindi la produzione di cibo per la grande varietà di specie ittiche e per gli uomini. Ma le cose potrebbero cambiare perché con l'invenzione degli "impianti galleggianti, idroelettrici, dissalatori, estrattori di calcio e carbonio

dalle acque marine profonde” sarà possibile tale colonizzazione e quindi, urge anche un sistema sostenibile e affidabile di galleggiamento. Infatti, studiando un impianto galleggiante che produce energia desalinizza le acque e solleva in superficie una parte delle acque profonde, ricche di calcio carbonio solubilizzati in tali acque, automaticamente produciamo in superficie fitoplancton e alcalinità, incrementando la pescosità e combattendo l’acidificazione delle acque e il riscaldamento globale. In tale progetto sono stati inseriti i tubi trafilati nervati in polietilene a bassa densità, insufflati di polistirolo espanso, per rendere inaffondabili gli impianti. Ovviamente, dovranno essere rese inaffondabili anche le isole galleggianti che si collegheranno a questi impianti e le strade, ugualmente galleggianti, che serviranno da collegamenti. Pertanto, i pur validi sistemi di galleggiamento esistenti, utilizzati per la realizzazione di cantieri marini, dovranno cedere il posto a produzioni di grande serie che possono essere realizzate soltanto per estrusione. Anche il trasporto in mare di tali tubi deve essere economico e sostenibile, assemblando, in cantieri navali le strutture galleggianti più importanti e ingombranti e trasportandole sul posto per mezzo di rimorchiatori.

.**DESCRIZIONE**

Allo stato dell’arte, sebbene esistano valide tecnologie di galleggiamento con elementi modulari in polietilene accoppiabili in senso verticale e orizzontale per mezzo di profilati in acciaio zincato o inox, questi moduli, realizzati per stampaggio, hanno un alto costo di produzione. Possono essere utilizzati, come lo sono, per realizzare case galleggianti, cantieri marini e lacustri, strade provvisorie etc. Ma per un impiego di grande serie, come quello ipotizzato per la realizzazione degli “impianti galleggianti,

idroelettrici, dissalatori, estrattori di calcio e carbonio dalle acque marine profonde” e le attività indotte che comporteranno, si ritiene molto più economica la seguente soluzione, che prevede di ricavare gli elementi galleggianti direttamente per estrusione, come gli attuali tubi di polietilene, con la sola differenza che tali tubi saranno prodotti con nervature esterne forate a passi regolari, in modo da poterli accoppiare tra loro e alle strutture metalliche di contenimento o da sostenere, nelle svariate possibili composizioni. Inoltre, all’interno dei tubi possono essere inserite delle nervature a raggiera in profilati tubolari, montate su un asse tubolare centrale, disposte a passo regolare in funzione della profondità di immersione, certificate con apposita relazione di calcolo sulla resistenza del materiale in polietilene e metallico. Infine, i tubi saranno resi inaffondabili mediante il riempimento di polistirolo espanso sinterizzato, il quale ha una massa volumica compresa fra 10 e 40 Kg/mc, ed è quindi mediamente costituito dal 98% di aria e solo dal 2% di materiale strutturale di puro idrocarburo. Pertanto un eventuale danneggiamento di un tubo di galleggiamento, non provocherebbe l’immediato riempimento di acqua e l’affondamento, ma consentirebbe ambi margini di tempo per riparare il danno o sostituire il tubo danneggiato. Considerando che i tubi ricavati per estrusione possono essere prodotti di qualsiasi lunghezza, per economizzare i costi, non è azzardata l’ipotesi di realizzare gli stabilimenti di produzione vicino al mare, di assemblare i sistemi in cantieri navali costieri adiacenti, di rimorchiarli e trasportarli direttamente nella zona di lavoro definitiva, dove sarebbe più difficile e costoso il lavoro di assemblaggio, in generale. Ma, soprattutto, nel caso specifico degli “impianti galleggianti, idroelettrici, dissalatori, estrattori di calcio e carbonio dalle acque marine profonde”, per la complessità e l’importanza del lavoro da effettuare, è preferibile che la piattaforma cantiere, così come rappresentata nella Fig. 1, sia assemblata in un cantiere navale con tutte le attrezzature di montaggio riportate nella

legenda (carriponte, cilindri oleodinamici, soppalco di lavoro colonne di argani elettrici) e trasportata sul posto da un rimorchiatore.

La Fig.1 mostra il punto di partenza, cioè il cantiere galleggiante dal quale nasce un “impianto galleggiante, idroelettrico, dissalatore, estrattore di calcio e carbonio dalle acque marine profonde”. Questo impianto per poter estrarre il calcio e carbonio solubilizzati dalle alte pressioni idrostatiche nelle acque profonde deve scendere oltre i 3000 metri di profondità. Supponendo di realizzare un impianto che scende a 6000 metri, con tubazioni in acciaio Dn 1400, dal punto di vista della resistenza meccanica, le due tubazioni parallele per la lunghezza di 6 km Dn 1400 che servono per realizzare l’impianto possono essere della serie Api 5LX, grado X 70 con uno spessore di 10,31 mm, in acciaio con le seguenti caratteristiche: Ks = 70.000 p.s.i = 49,2 Kg/mm2; Kr = 82.000 p.s.i. = 57,6 Kg/mm^2. L’acqua marina ha una densità di 1,025 kg/L pertanto a 6.000 m di profondità marina esercitano una pressione sul fondale pari a 6150 m di colonna d’acqua (1,025*6000) = 615 Kg/cm^2 = 6,15 kg mm^2. Pertanto la sollecitazione che esercita l’acqua sul materiale delle tubazioni è molto inferiore al carico minimo di snervamento. Questo significa che le tubazioni non possono essere deformate se i tubi sono pieni di acqua, pur avendo spessori minimi. Infatti, il problema da risolvere sono le sollecitazioni dovute al peso è consigliabile usare tubi di alta qualità con bassi spessori. Il tubo X 70 Dn 1400 preso in considerazione ha lo spessore minimo della serie (10.31) e pesa 358,73 kg/m, che maggiorati del 15% per tener conto delle flange controventi etc., l’intero carico diventa (12.000*358.7*1,15) pari a kg 4.950.474, sottratto della spinta idrostatica verso l’alto, pari a (4.950.474*1,05/7,8) pari a 666.410 Kg, avremo un peso totale finale 3.767.710 kg, con una sezione resistente di circa 92.096 mm2 (1.422,4*3.14*10,31*2) che avrebbe una

sollecitazione massima nei tubi posti superiormente (che sostengono l'intero carico) di 40,91 kg/mm2 (3.767.710/92.096).

Non esiste al mondo nessuna gru che possa sostenere il peso di quasi quattro milioni di kg, pertanto, per poter realizzare l'impianto che solleva il calcio e il carbonio dalle acque profonde è necessario realizzare sulla piattaforma un cantiere provvisorio con le attrezzature di montaggio che servono alla posa in opera delle tubazioni.

Al centro di questa piattaforma si realizza il foro di immersione (ih), di dimensioni tali da contenere i cilindri di sollevamento (hc) con la corsa utile di 6 m, sulla quale saranno montati una gru a ponte (bc) con tre paranchi, che servono per il montaggio e il trasporto in verticale di barre di tubi lunghe 12 m, la relativa struttura portante (ssbc), i telai a più piani portanti, Ogni piano contiene un argano elettrico con la relativa fune (sr). Quindi i tubi che sono calati nelle profondità marine mentre sono montati e nell'assetto definitivo sono sostenuti contemporaneamente dall'alto e dai quattro lati della piattaforma. I punti di sospensione laterali aumentano man mano che aumenta la profondità di immersione, sia per sostenere il carico, sia per contenere la sollecitazione laterale, dovuta alle correnti marine, sia per contenere la sollecitazione unitaria di trazione, dovuta al peso dei tubi. Le flange, visibili dai disegni, saranno saldate perché le sezioni dei bulloni rappresentano un punto debole nella resistenza a trazione. Le flange saranno di tipo speciale, utilizzate come supporti di sostegno per la calata delle tubazioni (dt-ut), per collegare le controventature e i tiri delle funi (sr). Considerando che il peso a metro lineare dei tubi in acqua con flange e controventi è stimato in circa 314 kg (3.767.710/12000), ogni barra di tubo da 12 m, compresi gli accessori pesa circa 3768

kg. Pertanto, se realizziamo un collegamento alla piattaforma ogni 60 m di profondità con corde del diametro di 30 mm, carico di rottura complessivo Kg 218.700 (3 x 72.900) sosteniamo l'intero peso dei 60 m (kg 18.400) con un coefficiente di sicurezza pari a 11,6 senza considerare il carico sostenuto dal tubo stesso, come abbiamo visto comporterebbe una sollecitazione di trazione di 40,91 kg/mm2.

Come si vede dalla Fig. 1 la struttura galleggiante utilizza un sistema oleodinamico per la movimentazione in verticale della colonna dei tubi (dt) e (dp), costituito da due cilindri oleodinamici verticali a semplice effetto (hc) con una corsa di circa 6 m, i quali scaricando l'olio idraulico nel serbatoio della centralina idraulica (othcu), abbassano gli steli dei cilindri e fanno abbassare l'intera colonna di tubi man mano che si assemblano e si montano anche le controventature con l'aiuto della gru a ponte (bc) e del soppalco (ls). Le tubazioni saranno preassemblate in fabbrica con le flange di supporto in elementi da 12 m. verniciate con cicli di resine epossidiche all'interno e all'esterno, lasciando soltanto i bordi da saldare in opera non verniciati che saranno verniciati in opera con lo stesso ciclo. Le controventature saranno zincate a caldo. Il calo delle tubazioni assemblate avverrà poggiando la colonna sulle staffe (hcb) montate sul telaio (sf) poste di traverso al foro d'immersione (ih). Il telaio (sf) è movimentato dai cilindri oleodinamici (hc) incassati nella struttura del foro di immersione (hi). Le staffe (hcb) sono dimensionate per il sostegno dell'intero carico (3.767.710 kg,). Supponendo di lavorare con una pressione di 250 bar per sostenere tutti carichi durante il montaggio. La sezione di ogni cilindro sarà circa 7535 cm2 (3.767.710 /2*250), a cui corrisponde un diametro interno di 98 cm. Una gru a ponte con tre paranchi con portata adeguata al sollevamento dei tubi e controventi alimenta gli elementi da assemblare e calare nel mare con l'aiuto di un soppalco (ls) che consente di lavorare su due

piani. Per ridurre la sollecitazione dovuta al peso dei tubi sopra stimate, sono state previste tre funi (sr), gia sopra citate) che collegano le singole barre dei tubi alla piattaforma di galleggiamento (sbp). Queste funi (sr) provenienti dagli argani contenuti nei telai a più piani (tcpwr) sistemati sul perimetro esterno della piattaforma galleggiante superiore, aggirano la struttura ed entrano nel foro di immersione (ih) e i capicorda con moschettoni sono sovrapposti sul perimetro del foro d'immersione su corrispondenti sei pioli, secondo l'ordine di immersione che dovranno avere nella discesa delle tubazioni. Infatti, ogni sessanta metri (pari a 5 barre di tubazioni), sei corde si agganceranno alle flange nervate, tre per ogni tubo, mentre il lato interno sarà collegato con i controventi (br). Pertanto, avremo n. 600 postazioni di argani (6000/60*6) disposte 150 per ogni lato della piattaforma (sbp) con i capicorda già portati vicino alla fossa di immersione. Non potendo avvolgere tutta la corda su un solo argano, ogni telaio (tcpwr) porta più argani sovrapposti Quando si esaurisce la corda di un argano viene svincolata e collegata con elementi di giunzione all'argano del piano inferiore, fino a che l'intero telaio non si esaurisce e viene sostituito. Le corde che partono dalla periferia della piattaforma (mftp-sdp) non solo servono per alleggerire la trazione assiale dei tubi ma anche per controventare l'intera colonna in tutte le direzioni. Ovviamente, anche le ancore tipo navali (na) potranno essere calate con postazioni di argani (tvpwr) poste alla periferia della struttura galleggiante.

A montaggio ultimato si sosterrà il carico con staffe a morsetto fisso (cb) sulla struttura inferiore (a questo scopo l'ultima barra di tubazioni sarà flangiata con una sufficiente quantità di bulloni) e si fisseranno stabilmente tutti i capicorda delle 600 postazioni di argani sulla periferia della struttura inferiore. Dopo la posa in opera delle tubazioni che scendono nei fondali si fissano definitivamente sulla

struttura metallica della piattaforma e si smontano tutte le attrezzature di cantiere, al posto delle quali si monta l'impianto di dissalazione, come si vede dalla Fig. 2.

La legenda seguente usa acronimi in lingua inglese con traduzione in Italiano.

(apos) abyssal plain ocean seabed = fondale piana abissale oceanica; (bc) bridge crane = gru a ponte; (bcb) bracket cross bracing = staffa per controventatura; (br) bracing = controventatura; (cb) clamp brackets = staffe a morsetto; (dt) descent tube = tubo di discesa; (f) filter = filtro; (fsp) flange for support pipe = flange per supporto tubazioni; (hc) hydraulic cylinder = cilindro oleodinamico; (hcb) hydraulic clamp brackets = staffe a morsetto oleodinamiche; (hcbf) hydraulic clamp brackets fixed on supporting base platform = staffe a morsetto oleodinamiche fissate sulla piattaforma di base portante; (ih) immersion hole = foro d'immersione; (itia) intubate turbine with incorporate alternator = turbina intubata con alternatore incorporato; (ls) loft in steel = soppalco in acciaio; (mftp) modular floating tube made in polyethylene = tubi galleggianti modulari in polietilene; (na) navy anchor = ancora marina; (osip) overturned submergible intubated pump = elettropompa sommergibile intubata capovolta: (othcu) oil tank and hydraulic control unit = serbatoio olio e centralina oleodinamica; (sbp) supporting base platform = piattaforma di base portante; (sfep) special flanged end pieces = pezzi speciali flangiati di accoppiamento terminale; (ssbc) support structure bridge crane = struttura di sostegno gru a ponte; (tvdwi) throttling venturi deep water intake = stozzatura venturi per aspirazione acque profonde; (tcpwr) transportable chassis with many electric winches for the descent of the ropes = telaio trasportabile con molti argani elettrici per la discesa delle funi; (ut) uphill tube = tubo di salita; (wl) water level =

livello acqua.

Pur calcolando con precisione i pesi dei tubi da sostenere e dell'impianto di dissalazione definitivo, l'immersione della piattaforma nell'assetto definitivo si accerta soltanto alla fine del montaggio di tutti i tubi sospesi che scendono nelle profondità oceaniche, dopo lo smontaggio delle attrezzature di cantiere e il montaggio al loro posto dell'impianto di dissalazione. Per realizzare l'assetto definitivo del piano di galleggiamento della piattaforma, una percentuale dei tubi di galleggiamento posti superiormente dovrà essere riempita con aria compressa alla pressione di esercizio dell'immersione massima prevista. Alla fine del lavoro, tramite un attacco filettato, con valvola di by pass, l'aria potrà essere sostituita con acqua, se la piattaforma deve immergersi maggiormente nell'acqua. Se invece la piattaforma deve salire si devono aggiungere alla struttura altri elementi modulari galleggianti.

Non si entra nel merito del processo di produzione del tubo ma si individua soltanto la tecnologia di produzione, in quanto, l'estrusione occupa una posizione preminente per versatilità e vastità d'impiego. L'estrusione è un'operazione tecnologica che opera in continuo e in condizioni stazionarie per produrre diversi tipi di manufatti caratterizzati da sezioni simmetriche o asimmetriche che si ripetono identicamente lungo l'asse di estrusione. Nelle linee essenziali, la produzione di un tubo in polietilene è molto semplice. Una linea di produzione di un tubo di polietilene è costituita da una tramoggia di carico dei granuli del materiale polimerico che alimenta un estrusore, che è costituito da una pompa a vite che ruota, con accoppiamento molto preciso, all'interno di un cilindro riscaldato. Tra il cilindro ed il nocciolo della vite si trova il materiale fuso da estrudere che viene quindi forzato ad uscire attraverso una testa di estrusione. Il

materiale fuso ruota ad una velocità inferiore a quella della vite e quindi viene spinto in avanti dalle creste dei filetti della vite e viene quindi forzato ad uscire attraverso una testa di estrusione. Avendo previsto di realizzare un tubo con delle nervature forate che servono per il rinforzo del tubo e per i montaggi, i fori devono essere effettuati per mezzo di una punzonatura all'inizio della entrata nella testa di estrusione, quando il materiale è ancora plastico, in sincronia con un eventuale rallentamento della velocità di avanzamento del materiale nella testa di estrusione. Non ha importanza se per esigenze di lavorazione la punzonatura produrrà delle asole al posto dei fori. La funzione che devono svolgere i fori o le asole è identica.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche di un tubo in polietilene a bassa e alta densità

(LDPE) (HDPE)

Peso specifico a 23 gradi C. (g/ cm3) 0,917 – 0, 925 0,95 – 0,96

Punto di fusione cristallografico (°C) 105 – 115 125 – 135

Resistenza a trazione (kg /cm^2)
80 – 170 250 -350

Allungamento a rottura (%)

400 – 650 100 – 300

Rigidità flessionale (kg / cm^2)
800 – 900 9.000 – 12.000

Considerando che i tubi in polietilene, per galleggiamento devono essere di dimensioni abbastanza grandi per svolgere la loro funzione potrebbero anche essere usati, parzialmente, come tubi di discesa e salita delle acque che estraggono il calcio e il carbonio dalle profondità oceaniche. Infatti, Se raffrontiamo la resistenza alla rottura tra il tubo (HDPE) di 250 Kg / cm2 = 2,5 Kg / mm2 rispetto all'acciaio Api 5LX che ha un carico di rottura di 57,6 Kg/mm2, possiamo dire che l'acciaio è ventitré volte più resistente del polietilene ad alta densità, ma considerando che le tubazioni di polietilene si realizzano con spessori almeno quattro volte superiori a quelli dell'acciaio, possiamo dire che la differenza di resistenza si riduce a circa 5,75 volte. Ma considerando anche che le sollecitazioni statiche potrebbero anche essere raddoppiate nell'acciaio senza gravi problemi, possiamo asserire con certezza, che un terzo del percorso in profondità dei 6000 m previsti nell'esempio di impianto considerato, si può realizzare con tubazioni HDPE, alleggerendo il carico da sostenere di un terzo, essendo le tubazioni in HDPE più leggere dell'acqua. Inoltre, considerando che il polietilene è un polimero sintetico a base di carbonio non è consigliabile utilizzarlo con le altissime pressioni che potrebbero indurre a fenomeni di dissoluzione della molecola sintetizzata. Nel caso di impiego delle tubazioni HDPE come tubi di discesa e risalita negli impianti di estrazione del calcio e carbonio dalle profondità oceaniche, il passaggio dall'acciaio al polietilene si realizza per mezzo di accoppiamento flangiati e tutto il carico assiale dovuto al peso dei tubi in acciaio sottostanti deve essere supportato dagli argani periferici

della piattaforma (tcswr) non dai cilindri oleodinamici centrali (hc), anche durante la fase di montaggio. Le nervature forate dei tubi, concepite per il montaggio delle soluzioni galleggianti saranno utilissime anche per l'impiego suddetto, sia per il sostegno, sia per l'irrigidimento laterale.

Per l'impiego dei tubi come galleggianti, è stato previsto il rinforzo interno degli stessi mediante una raggiera di profilati in acciaio, con sei raggi, coincidenti con le nervature esterne, dove saranno applicati i carichi e i collegamenti meccanici. La raggiera sarà montata e fissata su un asse tubolare e fissata con viti a mordente sullo stesso, mentre la parte periferica dei raggi è tenuta insieme da una fascia di lamiera calandrata. Si riporta la legenda del disegno:

(1)Tubo in polietilene diametro esterno 1500 spessore 30 mm; (2) nervatura esterna del tubo in polietilene 80*30 con fori di montaggio; (3) lamiera calandrata 100* 5 mm diametro esterno 1434; (4) tondo di acciaio diametro 20 mm; (5) Tubo liscio diametro 70, lung. 80, spessore 3 mm; (6) tubo liscio diametro 60 spessore 3 mm lunghezza uguale al tubo 1.

Come sopra accennato i tubi di galleggiamento per l'importanza che assumeranno dovranno essere certificati sia per il materiale esterno polietilene a bassa o alta densità, sia con relazioni di calcolo riguardanti i rinforzi interni, in modo da poter individuare anche la immersione massima degli stessi. Inoltre, dopo il montaggio dei rinforzi interni i tubi saranno riempiti di polistirolo espanso, e dopo l'evaporazione del gas di espansione tappati definitivamente con lastre circolari saldate di polietilene. Il polistirolo espanso non aumenterà la resistenza meccanica dei tubi ma

impedirà l’entrata dell’acqua nel caso di rottura per lungo tempo per consentire la riparazione del danno senza pericoli di affondamento.

Il Polistirolo Espanso Sinterizzato (EPS) si ricava dal Polistirene (chimicamente chiamato PS) è una delle principali materie plastiche che derivano dal petrolio. L’EPS è un materiale espanso rigido di peso ridotto, derivato dal petrolio composto esclusivamente da atomi di carbonio e di idrogeno. E’ una struttura a celle chiuse in grado di trattenere al loro interno l’aria. Allo stato compatto il Polistirene è un materiale rigido, incolore, trasparente che trova applicazione soprattutto nell’imballaggio e in quei campi che richiedono un polimero di facile lavorabilità, trasparenza, di buone prestazioni termo-meccaniche. L’EPS è una delle forme più importanti in cui è impiegato il Polistirene. Per ottenerlo si scioglie nel Polistirene un agente espandente (comunemente pentano) e lo si tratta con altri additivi per conferirgli caratteristiche di resistenza al fuoco. Il prodotto si presenta in forma di granuli d’aspetto vetroso (perle), di varia granulometria (0,3-2,8 mm) secondo gli impieghi cui è destinato.

L’espansione, ossia il processo chimico-fisico che porta alla formazione delle “perle” di polistirolo, avviene tramite somministrazione di energia al polistirene espandibile – la materia prima – senza utilizzo di CFC. Mettendo a contatto le perle così ottenute con vapore acqueo a temperatura superiore ai 90° C, il pentano in esse contenuto si espande causando un aumento del loro volume iniziale fino a 20-25 volte e facendo formare al loro interno una struttura a celle chiuse che trattiene al proprio interno l’aria e conferisce al prodotto le sue eccellenti proprietà di isolante termico.

Per ottenere l’EPS è comunque necessaria un’ulteriore operazione chiamata “sinterizzazione” che è il processo di saldatura e di compattazione delle perle di polistirene espanso; la si attua sottoponendo nuovamente i granuli all’azione del vapore acqueo che li unisce fra loro, fino a formare innumerevoli articoli: blocchi di alcuni metri, particolari stampati mediante un processo termoplastico di “iniezione”, ecc. Per conferire ai prodotti precise caratteristiche tecniche vengono aggiunti vari additivi. Per l’idrorepellenza si impiegano degli stereati.

Il polistirene espanso sinterizzato ha generalmente massa volumica compresa fra 10 e 40 Kg/mc, ed è quindi mediamente costituito dal 98% di aria e solo dal 2% di materiale strutturale di puro idrocarburo. Il pentano utilizzato per l’espansione, evapora al termine del processo nel quale, contro ogni luogo comune, non vengono usati i clorofluorocarburi dannosi per la fascia di ozono.

Caratteristiche tecniche

La densità del polistirolo espanso è compresa tra 0,02 e 0,06 g/cm3.

Il polistirolo termoplastico è fisiologicamente innocuo e consentito anche per imballaggi di prodotti alimentari. Lo stesso vale anche per il materiale termoisolante. Nella produzione di EPS non vengono usati, né sono mai stati usati, i clorofluorocarburi – CFC – dannosi per la fascia di ozono che circonda la nostra atmosfera. L’EPS è privo di valori nutritivi in grado di sostenere la crescita dei funghi, batteri o altri microorganismi quindi non marcisce o ammuffisce. L’EPS non costituisce nutrimento per alcun essere

vivente. Il polistirolo non brucia a fiamma viva, ma rammollisce a partire da 95 °C e a 230 °C sprigiona prodotti di decomposizione che sono infiammabili; tra i 450 °C e i 500 °C si incendia spontaneamente. Nella combustione di polistirolo si formano gas di odore acre (CO, stirolo, benzolo, toluolo, agenti antifiamma) che però non sono tossici.

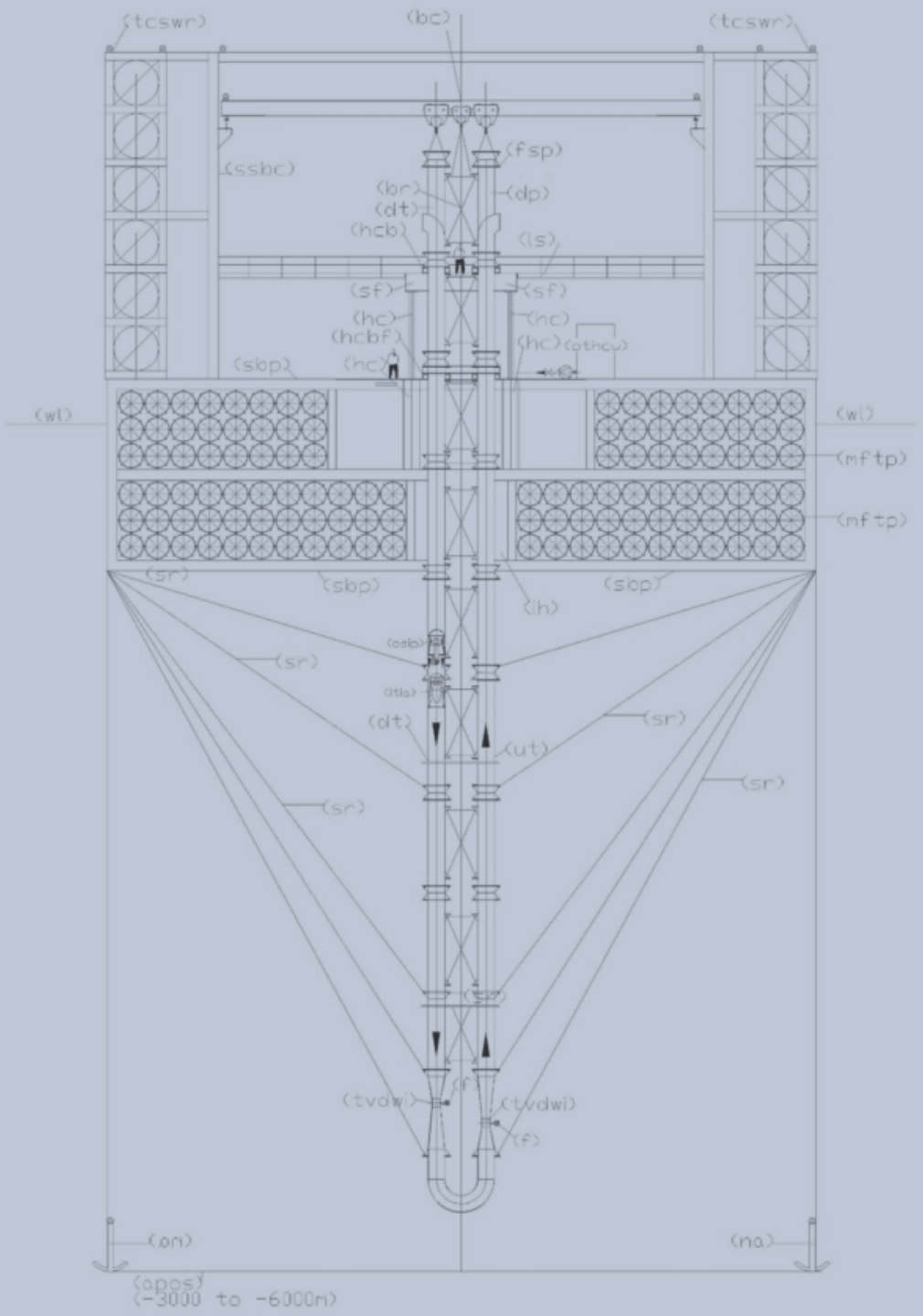
(tcswr)
(bc)
(tcswr)
(fsp)
(ssbc)
(br)
(dp)
(dt)
(hcb)
(ls)
(sf)
(sf)
(hc)
(hc)
(hcbf)
(hc)
(othcu)
(slop)
(hc)
(wl)
(wl)
(mftp)
(nftp)
(sr)
(slop)
(slop)
(ih)
(osb)
(sr)
(itla)
(dt)
(ut)
(sr)
(sr)
(sr)
(tvdwl)
(f)
(tvdwi)
(f)
(om)
(na)
(apos)
(-3000 to -6000m)

Fig. 1

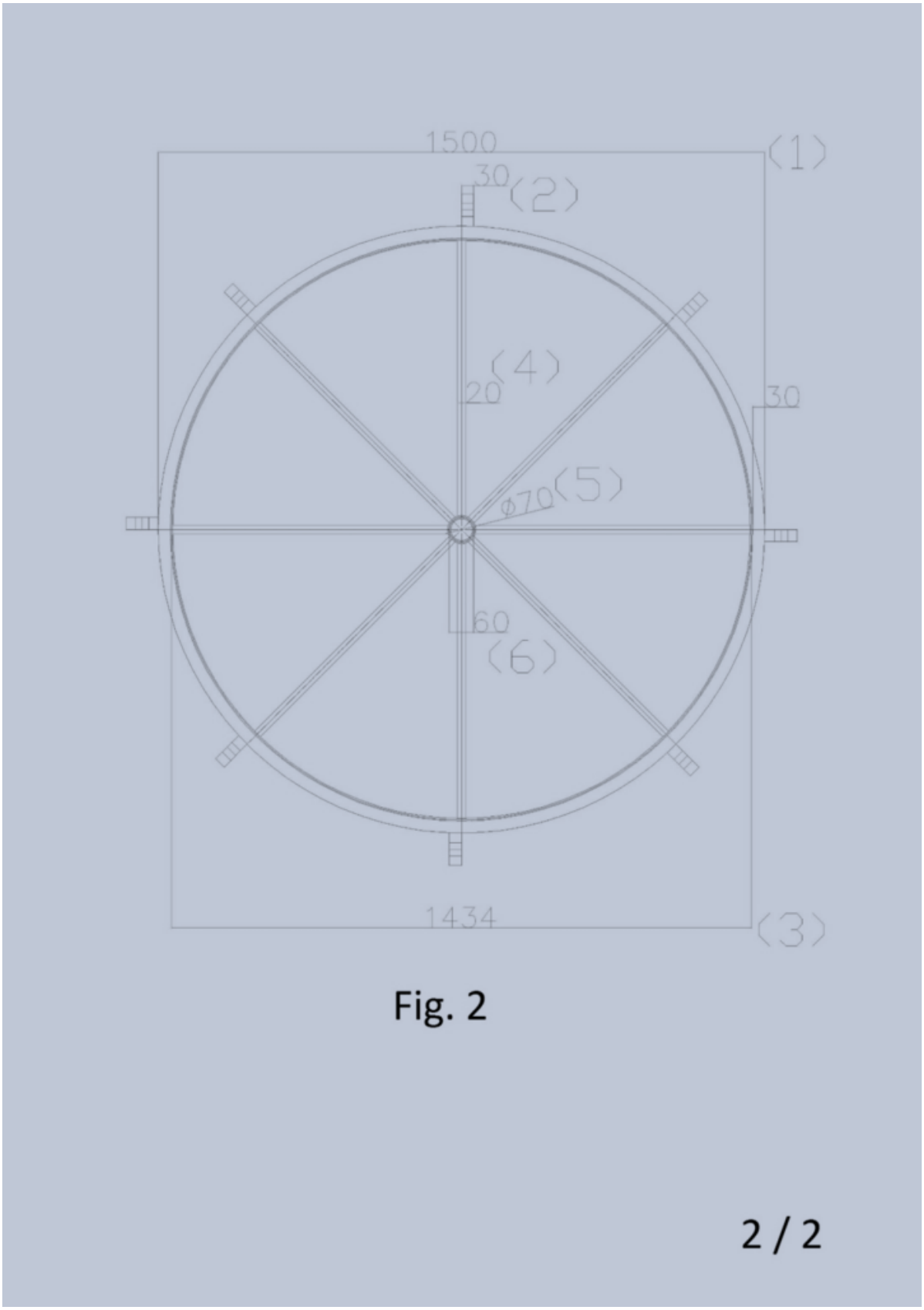

Fig. 2

Luigi Antonio Pezone